

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ SİSMİK DAVRANIŞI ÜZERİNDE
DUVAR YÜKSEKLİĞİNİN ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS

Elif YILDIZ

HAZİRAN-2023
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ SİSMİK DAVRANIŞI ÜZERİNDE
DUVAR YÜKSEKLİĞİNİN ETKİSİ**

**EFFECT OF WALL HEIGHT ON SEISMIC BEHAVIOR OF CANTILEVER
RETAINING WALLS**

YÜKSEK LİSANS

Elif YILDIZ

**HAZİRAN-2023
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ SİSMİK DAVRANIŞI ÜZERİNDE
DUVAR YÜKSEKLİĞİNİN ETKİSİ**

**EFFECT OF WALL HEIGHT ON SEISMIC BEHAVIOR OF CANTILEVER
RETAINING WALLS**

YÜKSEK LİSANS

Elif YILDIZ

Danışman: Prof. Dr. Tufan ÇAKIR

**HAZİRAN-2023
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Konsol İstinat Duvarlarının Sismik Davranışı Üzerinde Duvar Yüksekliğinin Etkisi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

21/06/2023

.....
Elif YILDIZ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma konusunu bana öneren, her aşamada desteğini benden esirgemeyen, kıymetli görüş, bilgi ve tecrübelerini paylaşan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Tufan ÇAKIR'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamı başından beri takip eden, inceleyen ve beni destekleyen kıymetli hocalarım Arş. Gör. Kaşif Furkan ÖZTÜRK'e ve Arş. Gör. Dr. Yusuf KAYA'ya teşekkür ederim.

Her koşulda beni destekleyip yanımda olan babam Mahmut YILDIZ'a, annem Sevim YILDIZ'a, ağabeyim Oğuz YILDIZ'a ve kız kardeşim Eda YILDIZ'a teşekkür ederim.

Elif YILDIZ
GÜMÜŞHANE – 2023

ÖZET

Doğa-insan etkileşimi ve hızlı nüfus artışı nedeniyle şehir kurulumları, inşaat sektörünün ve mühendislik çalışmalarının en büyük tetikleyicilerinden biridir. Yapılan her mühendislik yapısı, hizmet ömrü boyunca doğanın dengesinin korunması ve insanların gereksinimlerinin karşılanması amacıyla hizmet etmektedir.

İstinat duvarları inşaat mühendisliği uygulamalarında farklı amaçlarla yaygın olarak kullanılan özel mühendislik yapılarıdır. İstinat duvarlarının sismik davranışının tasarım öncesinde değerlendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Zira istinat duvarı ile arka dolgu ve temel zemini arasındaki etkileşim mekanizmasının bu yapıların sismik davranışını değiştirebileceği bilinmektedir. Bu çalışmanın başlıca amacı, zemin-yapı etkileşimini dikkate alarak konsol istinat duvarlarının dinamik davranışı üzerinde duvar yüksekliği değişiminin etkilerini incelemektir. Belirtilen bu amaç doğrultusunda, üç farklı konsol duvar yüksekliği, beş farklı temel zemini koşulu ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak sonlu elemanlar yöntemine dayalı dinamik çözümlemeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, duvar dinamik davranışının yer hareketi frekans içeriği, duvar yüksekliği ve zemin-yapı etkileşimi gibi faktörlerden önemli düzeyde etkilenebileceğini göstermiştir. Dolayısıyla farklı tasarım amaçlarına yönelik olarak farklı yüklere ve zemin etkilerine maruz kalan istinat yapılarının dinamik davranışında önemli farklılıklar gözlenebileceği vurgulanabilir.

Anahtar Kelimeler: Dinamik davranış, Konsol duvar, Sonlu elemanlar yöntemi, Zemin-yapı etkileşimi

SUMMARY

City installations due to nature-human interaction and rapid population growth are one of the biggest triggers of the construction industry and engineering studies. Every engineering structure built serves the purpose of preserving the balance of nature and meeting the needs of people throughout its service life.

Retaining walls are special engineering structures that are widely used for different purposes in civil engineering applications. It is of great importance to evaluate the seismic response of retaining walls before design. Because it is known that the interaction mechanism between the retaining wall, backfill and foundation soil can change the seismic behavior of these structures. The primary target of this study is to examine the effects of wall height variation on the dynamic behavior of cantilever retaining walls considering soil-structure interaction. In line with this target stated, dynamic analyses based on the finite element method have been performed considering three different cantilever wall heights, five different subsoil conditions and three different earthquake records. The obtained results showed that the dynamic behavior of the wall can be remarkably affected by factors such as ground motion frequency content, wall height and soil-structure interaction. Accordingly, it can be highlighted that significant differences can be observed in the dynamic behavior of retaining structures subjected to different loads and soil effects for different design purposes.

Keywords: Dynamic behavior, Cantilever wall, Finite element method, Soil-structure interaction

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XVII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Dayanma Yapıları	1
1.2.1. Dayanma Yapılarının Kullanım Alanları	2
1.2.2. Dayanma Yapılarının Sınıflandırılması	3
1.3. Zemin-Yapı Etkileşimi.....	6
1.4. Literatür Araştırması	8
1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME.....	14
2.1. Önerilen Sayısal Modeller	14
2.2. Dikkate Alınan Konsol İstinat Duvarlarının Yapısal Özellikleri.....	15
2.3. Çözümlemelerde Dikkate Alınan Zemin Özellikleri	17
2.4. Çözümlemelerde Dikkate Alınan Deprem Yer Hareketleri	18
2.5. H=4.6 m (Model-1) İstinat Duvarı İçin Sismik Analiz	19
2.5.1. Model-1 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi.....	20
2.5.2. Model-1 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	23
2.6. H=6.6 m (Model-2) İstinat Duvarı İçin Sismik Analiz	36
2.6.1. Model-2 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi.....	38
2.6.2. Model-2 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	41
2.7. H=8.6 m (Model-3) İstinat Duvarı İçin Sismik Analiz	55
2.7.1. Model-3 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi.....	56
2.7.2. Model-3 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	59
2.8. Duvar Sismik Davranışı Üzerinde Duvar Yüksekliği Etkilerinin İrdelenmesi	73

2.8.1. Loma Prieta Depremi İçin İrdellemeler	73
2.8.2. Kobe Depremi İçin İrdellemeler	79
2.8.3. Coalinga Depremi İçin İrdellemeler.....	85
2.9. Duvar Sismik Davranışı Üzerinde Deprem Yer Hareketi Etkilerinin İrdelenmesi..	91
2.9.1. Model-1 İçin İrdellemeler	92
2.9.2. Model-2 İçin İrdellemeler	97
2.9.3. Model-3 İçin İrdellemeler	102
3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	109
KAYNAKÇA.....	112
ÖZGEÇMİŞ	119



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Temel zemini özellikleri	17
Tablo 2. Çözümlemelerde dikkate alınan deprem kayıtlarının özellikleri	19
Tablo 3. Model-1 için farklı deprem kayıtlarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri	20
Tablo 4. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	23
Tablo 5. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	24
Tablo 6. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	25
Tablo 7. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	26
Tablo 8. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	27
Tablo 9. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	27
Tablo 10. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	28
Tablo 11. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	29
Tablo 12. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	30
Tablo 13. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	30
Tablo 14. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	31
Tablo 15. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	32
Tablo 16. Farklı depremler altında farklı senaryolarda Model-1 için seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri	33
Tablo 17. Model-2 için farklı deprem kayıtlarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri	38

Tablo 18. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	41
Tablo 19. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	42
Tablo 20. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	43
Tablo 21. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	44
Tablo 22. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	45
Tablo 23. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	46
Tablo 24. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	47
Tablo 25. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	47
Tablo 26. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	48
Tablo 27. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	49
Tablo 28. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	50
Tablo 29. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	50
Tablo 30. Farklı depremler altında farklı senaryolarda Model-2 için seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri.....	52
Tablo 31. Model-3 için farklı deprem kayıtlarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri.....	56
Tablo 32. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	59
Tablo 33. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	59
Tablo 34. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	61

Tablo 35. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	61
Tablo 36. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	63
Tablo 37. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı ön yüzü gövde plağı boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	63
Tablo 38. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	65
Tablo 39. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler.....	65
Tablo 40. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	66
Tablo 41. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	67
Tablo 42. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	68
Tablo 43. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler	68
Tablo 44. Farklı depremler altında farklı senaryolarda Model-3 için seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri	70
Tablo 45. Loma Prieta Depremi altında konsol istinat duvarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri	73
Tablo 46. Loma Prieta Depremi altında farklı konsol duvar senaryolarında seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri	76
Tablo 47. Kobe Depremi altında konsol istinat duvarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri	80
Tablo 48. Kobe Depremi altında farklı konsol duvar senaryolarında seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri.....	82
Tablo 49. Coalinga Depremi altında konsol istinat duvarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri	85
Tablo 50. Coalinga Depremi altında farklı konsol duvar senaryolarında seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İstinat yapıları kullanım amaçları ((a), (b) ve (c) yamaç tasarımları, (d) dolgu gerektiren tasarım, (e) yarma gerektiren tasarım, (f) yapı güvenliğini sağlama, (g) eklüz veya kanal tasarımı, (h) kıyıların erozyondan korunması, (i) taşkın duvarı tasarımı, (j) köprü ayağı tasarımı) (Çakır, 2005).....	3
Şekil 2. İstinat duvarlarının sınıflandırılması.....	4
Şekil 3. Rijit dayanma yapıları (URL-1).....	4
Şekil 4. Betonarme konsol istinat duvarı kesitleri (URL-2)	5
Şekil 5. Etkileşim probleminin istinat duvarı özelinde temsili görünümü (Çakır, 2013) .	8
Şekil 6. Çözümlemelerde dikkate alınan konsol istinat duvarı kesitleri	15
Şekil 7. Çözümlemelerde dikkate alınan konsol istinat duvarı için sayısal modeller	16
Şekil 8. Dikkate alınan deprem kayıtları için ivme-zaman geçmişleri	18
Şekil 9. Model-1 istinat duvarında incelenen düğüm noktaları	19
Şekil 10. Model-1 üzerinde gerilmelerin elde edilmesi için seçilen düğüm noktaları.....	20
Şekil 11. Model-1 istinat duvarı için yükseklik boyunca elde edilen yatay yer değiştirmeler	21
Şekil 12. Model-1 istinat duvarı için tepe yer değiştirmelerinin zamanla değişimi.....	23
Şekil 13. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler	25
Şekil 14. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler	27
Şekil 15. Kobe Depremi altında Model-1 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler.....	28
Şekil 16. Kobe Depremi altında Model-1 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler.....	30
Şekil 17. Coalinga Depremi altında Model-1 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler	31
Şekil 18. Coalinga Depremi altında Model-1 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler	33
Şekil 19. Model-1 istinat duvarı için gövde plağı arka yüz x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	35
Şekil 20. Model-1 istinat duvarı için taban plağı arka yüz z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	36

Şekil 21. Model-2 istinat duvarı incelenen düğüm noktaları	37
Şekil 22. Model-2 üzerinde gerilmelerin elde edilmesi için seçilen düğüm noktaları.....	38
Şekil 23. Model-2 istinat duvarı için yükseklik boyunca elde edilen yatay yer değiş-tirmeler	39
Şekil 24. Model-2 istinat duvarı için tepe yer de-ğiş-tirmelerinin zamanla de-ğiş-imini.....	41
Şekil 25. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için x doğ-rultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler.....	43
Şekil 26. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için z doğ-rultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler	45
Şekil 27. Kobe Depremi altında Model-2 için x doğ-rultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler	47
Şekil 28. Kobe Depremi altında Model-2 için için z doğ-rultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler.....	48
Şekil 29. Coalinga Depremi altında Model-2 için x doğ-rultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler	50
Şekil 30. Coalinga Depremi altında Model-2 için z doğ-rultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler	51
Şekil 31. Model-2 istinat duvarı için gövde pla-ğı arka yüz x doğ-rultusundaki gerilmelerin zamana ba-ğ-lı de-ğiş-imini.....	53
Şekil 32. Model-2 istinat duvarı için taban pla-ğı arka yüz z doğ-rultusundaki gerilmelerin zamana ba-ğ-lı de-ğiş-imini	54
Şekil 33. Model-3 istinat duvarı incelenen düğüm noktaları	55
Şekil 34. Model-3 üzerinde gerilmelerin elde edilmesi için seçilen düğüm noktaları.....	56
Şekil 35. Model-3 istinat duvarı için yükseklik boyunca elde edilen yatay yer değiş-tirmeler.....	57
Şekil 36. Model-3 istinat duvarı için tepe yer de-ğiş-tirmelerinin zamanla de-ğiş-imini.....	58
Şekil 37. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için x doğ-rultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler	61
Şekil 38. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için z doğ-rultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler.....	62
Şekil 39. Kobe Depremi altında Model-3 için x doğ-rultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler.....	64
Şekil 40. Kobe Depremi altında Model-3 için z doğ-rultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler.....	66

Şekil 41. Coalinga Depremi altında Model-3 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler.....	68
Şekil 42. Coalinga Depremi altında Model-3 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler.....	69
Şekil 43. Model-3 istinat duvarı için gövde plağı arka yüz x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	71
Şekil 44. Model-3 istinat duvarı için taban plağı arka yüz z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	72
Şekil 45. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmeler	74
Şekil 46. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için hesaplanan tepe yer değiştirmelerin zamanla değişimi	76
Şekil 47. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	78
Şekil 48. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	79
Şekil 49. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmeler	81
Şekil 50. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için hesaplanan tepe yer değiştirmelerin zamanla değişimi	82
Şekil 51. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	84
Şekil 52. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli konsol istinat duvarlar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	85
Şekil 53. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmeler.....	86
Şekil 54. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için hesaplanan tepe yer değiştirmelerin zamanla değişimi.....	88
Şekil 55. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	90
Şekil 56. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	91
Şekil 57. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmelerin değişimi.....	92

Şekil 58. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için hesaplanan tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimi	94
Şekil 59. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı.....	95
Şekil 60. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için taban plağı arka yüzünde z doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı.....	97
Şekil 61. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmelerin değişimi	98
Şekil 62. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için hesaplanan tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimi	99
Şekil 63. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı	101
Şekil 64. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için taban plağı arka yüzünde z doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı	102
Şekil 65. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmelerin değişimi	103
Şekil 66. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için hesaplanan tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimi.....	105
Şekil 67. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı	106
Şekil 68. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için taban plağı arka yüzünde z doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı	108

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

E	: Elastisite modülü
G	: Kayma modülü
H	: Duvar yüksekliği
Model-1	: 4 m yüksekliğe sahip konsol istinat duvarı
Model-2	: 6 m yüksekliğe sahip konsol istinat duvarı
Model-3	: 8 m yüksekliğe sahip konsol istinat duvarı
PGA	: En büyük yer ivmesi
PGV	: En büyük hız değeri
S_{xb}	: Duvar gövde plağı arka yüzü x doğrultusundaki gerilme değerleri
S_{xf}	: Duvar gövde plağı ön yüzü x doğrultusundaki gerilme değerleri
S_{zo}	: Duvar taban plağı üst hat boyunca z doğrultusundaki gerilme değerleri
S_{zu}	: Duvar taban plağı alt hat boyunca z doğrultusundaki gerilme değerleri
S_{xb_m}	: Duvar arka yüzü x doğrultusundaki en büyük gerilmeler
S_{xf_m}	: Duvar ön yüzü x doğrultusundaki en büyük gerilmeler
S_{zb_m}	: Duvar arka yüzü z doğrultusundaki en büyük gerilmeler
S_{zf_m}	: Duvar ön yüzü z doğrultusundaki en büyük gerilmeler
t	: Zaman
u_t	: İstinat duvarı tepe noktasındaki yatay yer değiştirme
ν	: Poisson oranı
V_s	: Kayma dalgası hızı
V_p	: Boyuna dalga hızı
ρ	: Yoğunluk

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğa-insan etkileşimi ve hızlı nüfus artışı nedeniyle şehir kurulumları, inşaat sektörünün ve yaşam alanlarını kuran mühendislik çalışmalarının en büyük tetikleyicilerinden biridir. Yapılan her mühendislik yapısı, hizmet ömrü boyunca doğanın dengesinin korunması ve insanların gereksinimlerinin karşılanması amacına hizmet etmekte ve çeşitli etkilere maruz kalmaktadır.

Karayolu ve demiryolu inşa aşamalarında karşılaşılan sorunların başlıcalarından biri yol güzergâhındaki arazi şartlarından dolayı oluşan tabii şev açısına kıyasla daha dik açılı olan şevlerdir. Söz konusu dik açılı şevlerin göçmesini veya kaymasını engelleyerek dengeli hale getirmek amaçlı yapılan dayanma yapılarına istinat duvarı denir. Fakat çözüm olarak sunulan istinat duvarlarının yapımında da birçok farklı sorunla karşılaşılmaktadır. Bu durumun öncelikli sebebi eldeki veri eksikliğinden dolayı tasarım aşamasında gerekli duvar özelliklerinin tam anlamıyla belirlenememesidir. Dolayısıyla yeterli dayanıma sahip olamayan veya aşırı kesitlere sahip istinat duvarlarının inşa edilmesi kaçınılmaz hale gelmektedir. Ayrıca uygun şekilde tasarlanmayıp uygulanan istinat duvarları ekonomik olarak da olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Karayolu mühendisliği uygulamalarında birçok sorunun çözümünde alternatif uygulamalardan biri olan istinat duvarlarının depremlerden dolayı izin verilebilir ölçütlerin ötesinde hasar görebildiği literatürden bilinmektedir. Ayrıca istinat duvarlarının göçmesi ya da ağır zarar görmesi deprem sonrası koordine edilmesi gereken lojistik hizmetlerin aksamasına sebep olabilmektedir. Çünkü istinat duvarlarının göçmesi, depremlerin akabinde ilgili bölgelere ulaşmayı ve erken müdahaleyi zorlaştırmakta ve bu suretle kayıpların artmasına yol açabilmektedir (Çakır ve Livaoğlu, 2013).

1.2. Dayanma Yapıları

Dayanma (istinat) yapıları özellikle toprak kaymasını engellemek, kazı esnasında ve sonrasında zemini desteklemek ve şev stabilitesini sağlamak maksadıyla inşa edilen mühendislik yapılarıdır. Dayanma duvarları zemin yüzeyinde meydana gelen

değişimleri düşeye yakın bir düzlemde tutan ve zeminin tabii şev açısı ile hareket etmesini engelleyerek denge şartlarını koruyan yapı elamanları olarak da tarif edilebilir.

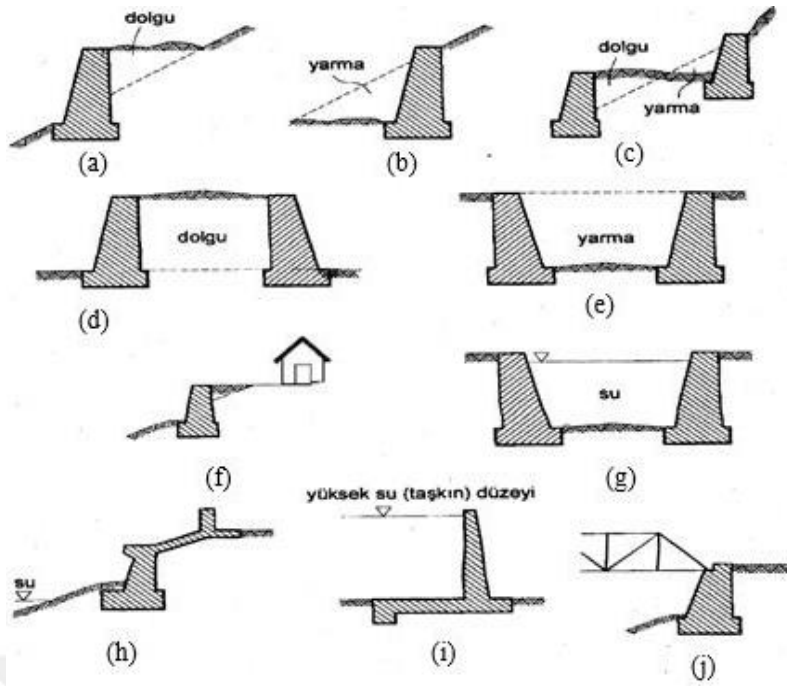
1.2.1. Dayanma Yapılarının Kullanım Alanları

İstinat duvarları; yamaçlara yapılan yollarda toprağın yola akmasını önlemek, farklı kotlardaki doğal zeminin veya dolgu zeminlerinin tabii şev açısından daha dik açılarda durmasını sağlamak, köprü ayaklarında stabiliteye katkı koymak ve kıyı yapılarında erozyondan korunmayı sağlamak gibi çeşitli amaçlarla birçok alanda uygulanmaktadır.

Depremlerin, istinat duvarlarında çoğunlukla kalıcı hasar meydana getirdiği bilinmektedir. Bazı depremlerde istinat yapılarının üzerinde oluşan hasarlar göz ardı edilebilir düzeyde kalırken bazı istinat yapılarının deprem sırası veya sonrasında göçmesi nedeniyle önemli ekonomik kayıplar ve dahası can kayıpları vuku bulmuştur (Kramer, 1996).

İstinat yapılarının kullanım amaçlarına örnekler aşağıda sıralanmakta ve Şekil 1’de gösterilmektedir.

- ✓ Dolgu ve yarma gerektiren yollarda şevleri düzenlemek
- ✓ Köprü ve yaklaşımlarında kenar ayak görevi yapmak
- ✓ Heyelan ve erozyonu önlemek
- ✓ Binaların bodrum perdelerini oluşturmak
- ✓ Eğimli arazilerde güvenli kademelendirme yapmak
- ✓ Dere ve kanal kıyılarını taşkından korunmak
- ✓ Şev stabilitesini sağlamak
- ✓ Derin kazıları ve yapıları tutmak
- ✓ Akarsu yatağını düzenlemek veya kanal yapmak



Şekil 1. İstinat yapıları kullanım amaçları ((a), (b) ve (c) yamaç tasarımları, (d) dolgu gerektiren tasarım, (e) yarma gerektiren tasarım, (f) yapı güvenliğini sağlama, (g) eklüz veya kanal tasarımı, (h) kıyıların erozyondan korunması, (i) taşkın duvarı tasarımı, (j) köprü ayağı tasarımı) (Çakır, 2005)

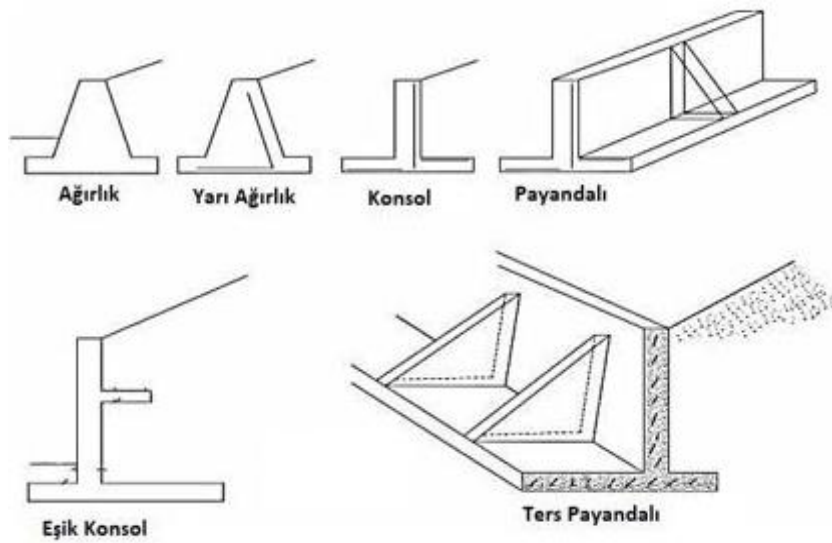
1.2.2. Dayanma Yapılarının Sınıflandırılması

Dayanma yapısının tipine karar verirken; inşası planlanan yükseklik, inşaat sahasının özellikleri, elde olan yapı malzemeleri, yeraltı su seviyesi, dolguda kullanılacak zeminin türü, bölgesel şartlara uyumluluk ve yapı fonksiyonu gibi unsurlar belirleyici olmaktadır. İstinat yapıları, yanal zemin basınçları altında meydana getirdiği yapısal davranışlar açısından uygulama alanında rijit, yarı rijit ve esnek istinat yapılar olmak üzere üç grupta incelenebilir (Şekil 2). Rijit dayanma yapıları altı başlık altında; ağırlık tipi (taş) duvarlar, yarı ağırlık duvarlar (beton), konsol (betonarme) duvarlar, hafifletme konsollu (eşikli) duvarlar, payandalı duvarlar ve ters payandalı duvarlar olarak sıralanabilir (TS-7994, 1990). Payandalar, duvar yüksekliğinin fazla olması durumunda daha ekonomik bir çözüm sunmak için duvar gövdesi ile temeli bağlayarak sistemin monolitik çalışmasını sağlamak amacıyla oluşturulur. Bu durumda sistem hem daha sağlam hem de daha çok yük taşıyabilir duruma gelir. Yarı rijit yapılar genel olarak; diyafram duvarlar, kazıklı perdeler, sandık istinat duvarları ve kafes istinat duvarları olarak sıralanabilir. Esnek dayanma yapıları grubu ise palplanş perdelerinden ve donatılı zemin dayanma yapılarından ibarettir.



Şekil 2. İstinat duvarlarının sınıflandırılması

Tez çalışmasının konusunu rijit dayanma yapılarından olan konsol duvarlar oluşturduğundan aşağıda kısaca rijit dayanma yapıları özetlenmektedir. (Şekil 3).

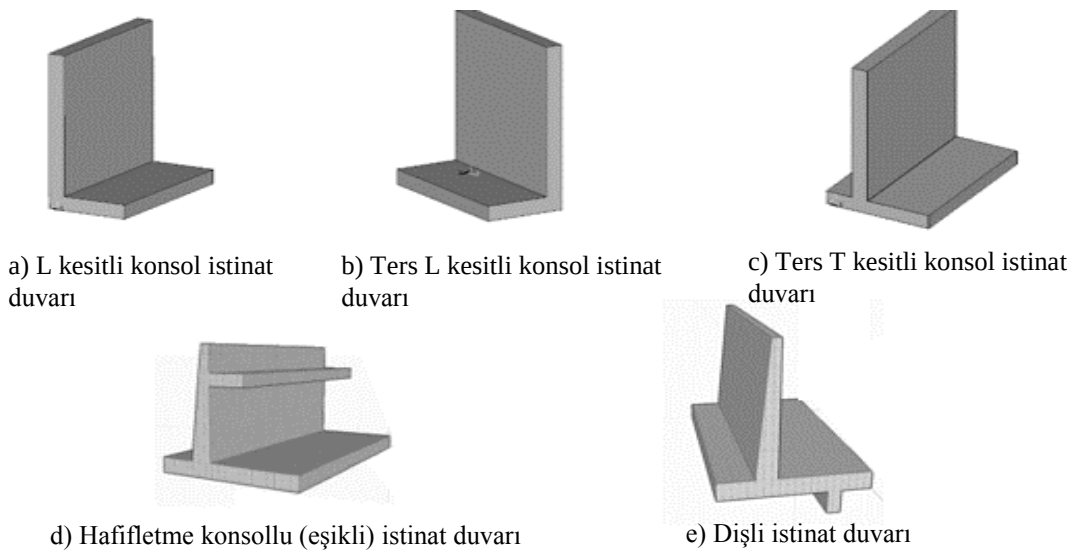


Şekil 3. Rijit dayanma yapıları (URL-1)

Ağırlık istinat duvarları tarihi en eski, en yaygın ve tasarımı en basit yapılabilen istinat duvarı çeşididir. Bu tür duvarlar harçlı veya harçsız taş örgü şeklinde yapılabilmekte ve duvar kalınlığı minimum 50 cm olmaktadır (TS-7994, 1990). Yanal zemin itkilerini kendi ağırlıkları ile karşılamaktadırlar. Taş ve betonun çekme dayanımlarının düşüklüğü sebebiyle bu yapıların 4-5 m'den daha yüksek inşa edilmesi hem ekonomik açıdan hem de güvenlik açısından tercih edilmemektedir.

Yarı ağırlık istinat duvarları, temel genişliğinin fazla olması durumunda gövde genişliğini arttırmamak amacıyla kritik bölgelere (gövdenin temele bağlandığı noktalar vb.) donatı yerleştirilerek yapılan istinat duvarlarıdır. Eklenen donatılar ile büyük yükseklikli duvarlarda kapasiteyi artırmak ve beton hacmini küçültmek amaçlanır. Yarı ağırlık istinat duvarlarında ekonomik duvar yüksekliğinin 5-6 m olduğu söylenebilir (Acarca, 2021).

Konsol istinat duvarları genellikle betonarme gövde plağı ve taban plağı olmak üzere inşa edilirler. Gövde kalınlığı ağırlık duvarlarına göre daha azdır. Konsol istinat duvarları, betonun ve donatının dayanım değerlerinin yüksek olması nedeniyle minimum kesitlerde ve 20 metreye kadar ulaşabilen yüksekliklerde yapılabilir fakat ekonomik yükseklik 7.5 metre dolaylarındadır (TS-7994, 1990). Bu duvarlarda arka çıkma (ampatman) uzun yapılarak bu çıkma üzerindeki zeminin varlığından yararlanılır. Karşı koyan kuvvetlerin yeterli düzeyde olmaması durumunda zemin itkisi nedeniyle duvar öne doğru kayabilir. Bu problemi gidermek maksadıyla temele çıkıntı (diş) inşa edilerek pasif direnç artırılabilir (TS-7994, 1990). Konsol istinat duvarları çeşitli şekillerde inşa edilebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Betonarme konsol istinat duvarı kesitleri (URL-2)

Konsol istinat duvarlarında gövde plağının ve zemin basıncının yüksek olması durumunda gövde plağı ile taban plağını bağlayan payandalara ihtiyaç duyulabilir. Payandalar duvar arka tarafında gövde ile temeli birbirine bağlayan ve belirli aralıklarla konulan kama şeklindeki destek elemanlardır. Payandalı istinat duvarları oluşacak eğilme momentini ve kesme kuvvetini azaltmak amacıyla yapılır (Das, 2011). Bu duvarlar 8-12 m yüksekliklerde ekonomik görülmektedir. 8 m’den az yüksekliğe sahip duvarlarda payanda gerekmemektedir (TS 7994, 1990).

1.3. Zemin-Yapı Etkileşimi

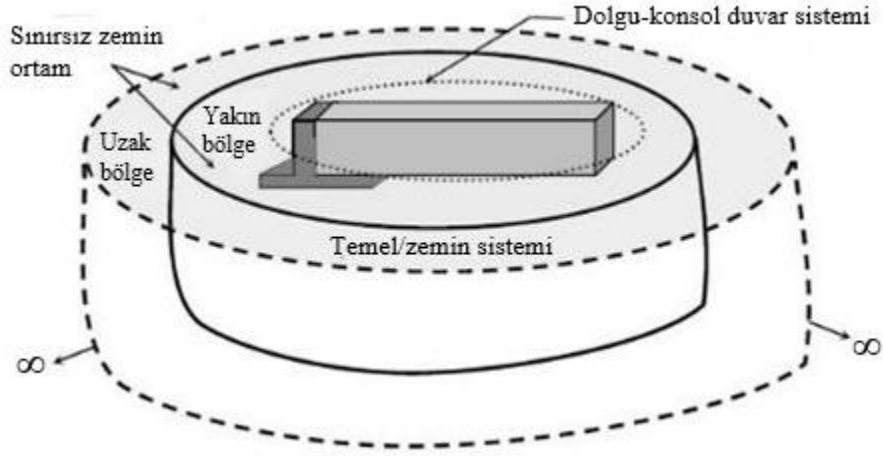
Yapının oturduğu zeminin ve dolgu sisteminin özellikleri, özellikle deprem anında yapının davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle birçok mühendislik yapısında olduğu gibi konsol duvarların da dinamik tepkisinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için etkileşim probleminin çözülmesi gerekmektedir. Fakat zeminin homojen olmayan yapısı ve etkileşim mekanizmasının birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermesi hasebiyle bu problemin analizi birtakım zorluklar içermektedir (Çakır ve Dağ, 2015). Genel bir yaklaşım tarzı ile yapının rijit bir ortama inşa edileceği ve zemine ankastre mesnetleneceği varsayımıyla çözümleme yapıldığından etkileşim göz ardı edilebilmektedir. Bu yaklaşım, kaya türü çok rijit zeminler üzerine inşa edilen yapılarda yaygın olarak tercih edilirken kil, silt, kum veya ayrılmış kayalar gibi zeminler üzerine yapılan yapılarda hatalı değerlendirmelere yol açabilmektedir (Livaoğlu, 2005; Çakır, 2010). Sismik bir etki esnasında zeminin ve yapının birbirinden farklı davranış sergilemeleri etkileşime sebep olarak bu ortamların davranışlarını birbirine bağımlı şekle getirmekte ve genel olarak etkileşim yapının periyodunu artırmaktadır.

Zemin-yapı sisteminin analizi için literatürde önerilen yöntemleri “doğrudan yöntemler” ve “çok adımlı yöntemler” olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Bu çalışma kapsamında sonlu elemanlar yaklaşımına dayalı doğrudan yöntem kullanılmıştır. Bu modelleme tarzı ile etkileşim sistemine ait kesit tesirleri, yer değiştirmeler, gerilmeler ve mod şekilleri tek bir adımda belirlenebilmektedir.

Etkileşim problemlerinde zemin, uzak bölge ve yakın bölge (sınırlı ortam) olarak iki parçaya ayrılarak modellenmektedir (Şekil 5). Yapı ve ona bitişik sınırlı zemin ortamın doğrusal olmayan davranış, sınırsız zeminin ise doğrusal davranış gösterdiği varsayılmaktadır (Aydinoğlu, 1977; Livaoğlu, 2005; Çakır, 2010). Çoğu durumda uzak bölge zemininin gerçek boyutlarının dikkate alınması suretiyle problemin çözümü

mümkün olamayacağından, bu ortam belirli bir uzaklıkta kesilerek modelleme gerçekleştirilmektedir. Doğru sonuçlara erişebilmek için bu uzaklığın çok dikkatli bir şekilde belirlenmesi ve ekonomik açıdan da modelin makul sürelerde çözülebilir olması gerekmektedir. Genel bir ifade ile zemin ortamının sonlu elemanlar ağının, temelin sağ ve soluna doğru temel genişliğinin 10 katı civarında uzatılmasının makul olacağı belirtilmektedir (Tehranizadeh, 1998; Roesset ve Kausel, 1976; Gürsoy, 2006). Derinliği ise yapının yüksekliğine ve yakınsama kriterlerine bağlı olarak belirlenebilmektedir.

Sonlu elemanlarla modellenen sınırlandırılmış zemin ortamda yayılan dalgalar, kutu etkisi nedeniyle sınırlardan yansıyarak ortama geri dönebilmekte ve sonuçları olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sorunu gidermenin yollarından biri model uçlarında sanal sınırların (viskoz sınır şartlarının) kullanılmasıdır. Viskoz sınır şartları, sınırlı zemin ortam sonlu elemanlarla modellenerek ve kesim noktaları yakınsama kriterlerine bağlı olarak yapıdan yeterince uzakta seçilerek uygulanabilmektedir. Lysmer ve Kuhlemeyer (1969) sonsuz ortamda dalgaların radyasyon yayılımından doğan enerji kaybı mekanizmasını sonlu elemanlarla idealleştirilen sınırlı bir bölgede göz önüne almayı amaç edinen bir model çalışması gerçekleştirmişlerdir. Geliştirilen modelde kaynaktan yayılan titreşim dalgalarının zemin ortamından uzaklaşırken enerji kaybını hesaba katmak üzere sonlu elemanlarla idealleştirilen bölgeyi çevreleyen sınırlarda enerji yutan viskoz sınırlar ve bunlara ait sınır şartları tanımlanmıştır. Bu viskoz sınırların belirli bir mesafede yerleştirilmesiyle teşkil edilen model analizlerde kullanılabilir. Adı geçen sınırların yapı temelinden uzaklığı ne kadar fazla olursa sonuçlardaki hatalar o kadar minimize edilmektedir (Wolf, 1988). Öte yandan zeminin sönümü ile ortamdaki dalganın hızı ve frekansı gibi değişkenlerin, viskoz sınırların yerini belirlemede önemli unsurlar olduğunu söylemek mümkündür. Lysmer ve Kuhlemeyer (1969) ilgili sınırın yapı temelinden $(3/4 \sim 1)$ Rayleigh dalga boyu mesafesinde uygulanması gerektiği sonucuna varmıştır. Hadjian vd. (1974) ağ sınırlarını viskoz sınır kullanmadan temel yarıçapının altı katı kadar uzaklıkta uygulamak gerektiğini vurgulamışlardır. Burada viskoz sınır elemanlarının verimliliğinin; boyuna ve kayma dalgası hızlarına, sonlu eleman modelinin boyutlarına, zeminin yoğunluğuna ve sonlu eleman sıklığına bağlı olarak değişebileceği ifade edilebilmektedir. Livaoğlu (2005), Çakır (2010) ve Öztürk (2018) sayısal modellerle birlikte viskoz sınırların kullanımına ilişkin teorik bilgi ve matematiksel ifadeleri çalışmalarında detaylı bir şekilde sunmuşlardır.



Şekil 5. Etkileşim probleminin istinat duvarı özelinde temsili görünümü (Çakır, 2013)

1.4. Literatür Araştırması

Etkileşim problemini irdelemek maksadıyla yapılan ilk araştırmalar 1900’lü yılların başlarına kadar uzanmaktadır (Filho vd., 1997). Zemin-yapı etkileşiminin rijit ve ağır yapılar üzerindeki etkinliğini belirlemek amacıyla 1970’lerden itibaren çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Youssef, 1998; Halbritter vd., 1998).

Dinamik zemin basınçları, dayanma yapılarının sismik tasarımında en çok karşılaşılan problemlerden biridir. Sismik bir etki esnasında yapılarda meydana gelebilecek hasarları minimize edebilmek amacıyla, sismik etkiyle tetiklenen bu basınçlardan dolayı yapılarda meydana gelebilecek yer değiştirme, dönme ve ötelenmelerin hesaplanması gerekmektedir. Çünkü deprem esnasında meydana gelen yer hareketinden dolayı dinamik zemin basınçlarında, statik basınçlardan büyüklük ve dağılım açısından farklılık görülebilmektedir.

Dayanma yapılarının analizi için kullanılan yaklaşımlar; “elastoplastik ve doğrusal olmayan teoriye dayanan çözümler”, “elastik dalga teorisine dayanan çözümler” ve “tam plastik çözümler (limit durum analizleri)” olarak sınıflandırılabilir. Bu kategorilere giren ilk araştırmalar, birçok eserde ((Nazarian ve Hadjian, 1979; Veletsos ve Younan, 1994; Theodorakopoulos vd., 2001; Gazetas vd., 2004; Psarropoulos vd., 2005; Madabhushi ve Zeng, 2007; Mylonakis vd., 2007; Giarlelis ve Mylonakis, 2011; Çakır, 2013, 2014; Liu vd., 2014; Wilson ve Elgamel, 2015; Xu vd., 2015; Lin vd., 2015, Vrettos vd., 2016; Brandenburg vd., 2017; Rainieri vd., 2017; Beskou vd., 2018; Salem vd., 2020; Chen vd., 2022; Öztürk vd., 2023) ayrıntılı bir şekilde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

Geçmişten günümüze kadar birçok çalışmada etkileşim etkisi göz önüne alınarak incelemeler gerçekleştirilmiştir. Çakır (2010) ve Öztürk (2018), çalışmalarında bu incelemelerin birçoğunu genel olarak sınıflandırmakta ve gruplar halinde

sunmaktadırlar. Bu çalışmalarda sunulan eserlere ek olarak bazı araştırmacılar da etkileşim etkilerini kapsamlı olarak değerlendirmeye çalışmıştır (Madabhushi ve Zeng, 2007; Callisto ve Soccodato, 2010; Evangelista vd., 2010; Hatzigeorgiou ve Beskos, 2010; Argyroudis vd., 2013; Güllü ve Pala, 2014).

Yukarıda belirtildiği gibi zemin-yapı etkileşimi konusunda pek çok çalışma yapılmış olup bu çalışmalarda genel olarak farklı temel/dolgu zeminleri, duvar geometrileri ve deprem frekans içerikleri dikkate alınarak yapıda oluşabilecek dinamik tepkiler ortaya konulmuştur. Bazı araştırmacılar ise laboratuvarlarda gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalar ile inceledikleri yapıların deprem davranışlarını gözlemlemişlerdir. Bir grup çalışmacı (Kloukinas vd., 2012; Ren vd., 2020; Nakajima vd., 2021) sarsma tablası deney sonuçlarına dayanarak zemin-yapı etkileşim etkileri üzerine incelemeler gerçekleştirmişlerdir. Bir grup çalışmacı ise (Al Atik ve Sitar, 2010; Bakr ve Ahmad, 2018; Zhang vd., 2019; Chen vd., 2020) santrifüj deney sonuçlarına dayanarak zemin-yapı etkileşim etkileri üzerine incelemeler gerçekleştirmişlerdir.

Günümüz tasarım yöntemlerini ve analiz prensiplerini ortaya koyan ve değişik bilim insanları tarafından gerçekleştirilen diğer çalışmalardan bazıları aşağıda kısaca özetlenmektedir.

Çakır ve Livaoglu (2013) temel zemini rijitliğindeki değişimin konsol duvarların sismik davranışı üzerindeki etkilerini gerilme ve yer değiştirme tabanlı incelemişler ve zemin rijitliğinin bu tepkiler üzerinde oldukça etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca buna benzer bazı çalışmalarda zemin-yapı etkileşiminin, deprem frekans içeriğinin, duvar esnekliğinin, duvar malzeme özelliklerindeki değişimin ve duvar konfigürasyonunun konsol istinat duvarlarının sismik davranışı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir (Çakır, 2013;2014;2017; Öztürk vd., 2023).

Kloukinas vd. (2015) konsol istinat duvarlarının tasarımı ve dinamik tepkisi üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Ölçekli modeller üzerinde gerçekleştirilen sarsma tablası testlerinin sonuçları ile teorik çözümlerden elde edilen verileri karşılaştırarak sonuçların uyumluluğunu test etmişlerdir.

Güllü ve Jaf (2016), Trabzon'da bulunan tarihi yığma kemer köprü olan Mataracı Köprüsü'nün dinamik analizini zemin-yapı etkileşimini dikkate alarak doğrusal olmayan analizlerle zaman tanım alanında gerçekleştirmişlerdir. Zemin yapı etkileşimli çözüm ile ankastre taban çözümü karşılaştırıldığında, sabit tabanlı çözüme göre etkileşimli çözümde gerilmeler neredeyse değişmeden kalırken yer değiştirme, ivme, dönme, frekans (düşük titreşim modlarında), mod şekilleri, taban kesme ve devrilme momenti tepkilerinin nispeten belirgin hale geldiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca farklı bir

çalışmada faya yakın ve faya uzak depremlerin üç boyutlu dinamik zemin-yapı etkileşimli tarihi bir yığma camiye etkisi incelenmiştir (Güllü ve Karabekmez, 2017).

Vrettos vd. (2016) bir çift rijit konsol istinat duvar tarafından tutulan ana kaya üzerindeki sürekli homojen olmayan elastik bir zemin tabakasının yatay bir sismik harekete dinamik tepkisini ve bu duvarlara etki eden sismik basıncı analitik olarak incelemişlerdir. Genel olarak zeminin homojen olmamasının etkisinin homojen zemin durumuna karşılık gelen değerlerle karşılaştırıldığında duvarlardaki sismik basınçların %10-20 oranında ve dinamik tepkinin tabandan uygulama noktasının uzaklığının %1.6-10 oranında azaldığını ifade etmişlerdir.

Cimellaro vd. (2017) saha koşullarının ve zemin-yapı etkileşiminin zayıflatma ve sönümleme (WeD, weakening and damping) tekniklerinin sismik performansı üzerine etkisini incelemişlerdir. Zemin-yapı etkileşim etkilerini analiz etmek için doğrusal tek serbestlik dereceli çelik çerçeve sistem, altı katlı bir bina, farklı zemin tipleri ve rijit bir temele sahip doğrusal 9 serbestlik dereceli kesme tipi bir yapıyı dikkate almışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda optimum sönüm dağılımını belirlemek için zemin-yapı etkileşiminin bütünleşik yeniden tasarım yaklaşımına dahil edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Beskou vd. (2018) ana kaya üzerinde çapraz anizotropik poroelastik zemin tabakasını tutan rijit duvarların sismik yatay etkiye dinamik tepkisini düzlem şekil değiştirme koşulları altında analitik olarak belirlemek için çalışmalar yapmışlardır.

Zamiran ve Osouli (2018) konsol istinat duvarının yatay yer değiştirmesini dinamik analizlerle değerlendirmişlerdir. Ayrıca yedi farklı deprem kaydı ile 0, 10 ve 30 kPa'lık üç farklı kohezyon değerine sahip dolgu sistemini dikkate alarak istinat duvarının hasar görme olasılığını belirlemek için kırılma analizi yapmışlardır. Sayısal modelleme ve kırılma analizlerinin sonucunda yapılan karşılaştırmada, dolgu kohezyonunun artmasıyla duvarın deformasyonunun ve dolayısıyla göçme olasılığının azaldığını göstermişlerdir.

Göktepe vd. (2019) zemin-yapı etkileşimi problemini dikkate alarak tam ölçekli arazi koşulları için uygun bir geometrik ölçekleme katsayısı belirlemek amacıyla küçük kapasiteli sarsma tablası testleri gerçekleştirmişlerdir. Hem gerçek sistem hem de ölçekli test modeli için siltli kum zemin üzerine yerleştirilen orta yükseklikteki betonarme yapıların dinamik davranışı üzerindeki zemin-yapı etkileşimi etkilerini, üç farklı deprem kaydı etkisinde incelemişlerdir. Küçük ölçekli sarsma masası deneylerindeki model için uygulanan büyük geometrik ölçekli katsayıların, tam ölçekli zemin-yapı sisteminin dinamik tepkisini yakalayabildiği sonucuna varmışlardır.

Santhoshkumar vd. (2019) kohezyonsuz bir dolguyu tutan eğimli konsol istinat duvarının sözde dinamik yaklaşımla birlikte gerilme özellikleri yöntemini kullanarak sismik aktif toprak basıncını hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçları literatürde bildirilen sonuçlarla karşılaştırarak sismik aktif zemin basıncı katsayılarının mevcut değerlerinin, sözde dinamik analizden elde edilen değerlerden daha yüksek olduğunu, ancak etki alanı boyunca sabit yer ivmesinin dikkate alındığı sözde statik analizden elde edilen temelde aktif toprak basıncı değerinin daha düşük (yaklaşık %5-%40) olduğunu ifade etmişlerdir.

Çakır ve Öztürk (2020) konsol istinat duvarının zemin yapı etkileşimini içerecek şekilde dinamik tepkisini incelemişlerdir. İstinat duvarının hem gerilmelerinin hem de rölatif yer değiştirmelerinin temel zemin esnekliğine bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceğini ve bu nedenle yerel zemin koşullarındaki değişimin duvar tepkisini önemli ölçüde etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Jadhav ve Prashant (2020) kayma kamasına sahip konsol istinat duvarlarının sismik yükleme altında performansını artırmak için yer değiştirmeye dayalı bir tasarım yöntemi önermişlerdir. Topuğa yerleştirilmiş kesme kamasına sahip konsol istinat duvarının öteleme yer değiştirmelerini yaklaşık %40 oranında azalttığını gözlemlemiş ve bunun en uygun tasarım olduğunu belirtmişlerdir.

Rostami vd. (2020) çelik yapılarda, farklı şekillerde yer altı boşluklarından kaynaklanan plastik mafsalların oluşumu ve yeraltı yapılarının zemin-tünel-yapı etkileşimi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda; sık yeraltı boşluklarının varlığının yer yüzeyi boyunca yer hareketlerinin büyüklüğünü etkilediğini, boşluğun derinliğinin arttıkça zemin yüzeyinin sismik tepkisi üzerindeki etkisinin kademeli olarak azaldığını ve bu nedenle yer değiştirmenin maksimum değerinin tünel tavanı ile zemin yüzeyi arasındaki boşluk minimuma indirildiğinde gerçekleştiğini ifade etmişlerdir.

Aghamolaei ve Azizkandi (2021) konsol istinat duvarlarının performansını değerlendirmek için bir dizi dinamik sonlu eleman analizi gerçekleştirmişlerdir. Sismik hareket kaynaklı yanal yer değiştirmelerin ele alındığı modellere yakın fay senaryolarına uygun çok çeşitli en büyük yer ivmeleri uygulamışlardır. Sayısal analizlere göre çoğu depremde 0,4 g'yi aşan ivmeler için duvarın yanal yer değiştirmesinin izin verilen sınırlardan daha yüksek bir değere sahip olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca hem yakın hem de uzak fay kayıtları için 0,5 g'yi aşan ivmelerde artık yer değiştirmeler duvar yüksekliğinin %5'ini aşmış ve göçme durumu oluşmuştur.

Kamal ve İnel (2021) zemin yapı etkileşimini göz önünde bulundurarak, yumuşak zeminler üzerindeki orta yükseklikte betonarme çerçeve binaların yer hareketi parametreleri ile yer değiştirme talepleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Yaygın olarak kullanılan parametrelerin, orta katlı binaların elastik olmayan yer değiştirme taleplerini yumuşak zemin sisteminde bir hasar göstergesi olarak oldukça iyi yansıttığını ifade etmişlerdir.

Sizkow ve El Shamy (2021) esnek istinat duvarı-dolgu sisteminin zaman tanım alanındaki sismik tepkisini değerlendirmek için üç boyutlu ayırık eleman yöntemine dayalı bir yaklaşım sunmuşlardır. Analizler sonucunda palplanş yanlarındaki basınç dağılımlarının duvarın dönmesiyle değiştiğini ve duvar eğildikçe kazılan taraftaki toprağın daha geniş bir bölgesindeki toprağın tüm gücünün aktif hale geldiğini görmüşlerdir. Palplanş önündeki zeminin pasif dayanımının duvarın gömülü uzunluğunun yaklaşık yarısına kadar devam ettiğini ve yapılan simülasyonlar sırasında kritik durumun hiçbir zaman gözlemlenmediğini ifade etmişlerdir. Palplanş üzerindeki maksimum dinamik ve artık pasif yanal toprak basınçlarının ve eğilme momentlerinin, başlangıçtaki statik değerlerden oldukça yüksek olduğunu ve statik değerlerin dört~altı katı düzeylerine kadar çıkabileceğini göstermişlerdir.

Tiwari ve Lam (2021) istinat duvarı ve dolgunun ölçeklendirilmiş bir modeli üzerinde sarsma tablası deneyleri yapmışlardır. Sarsma tablası deneyinde modele değişken genlikte ve karmaşıklıkta zamanla kademeli artış gösteren bir dizi darbe tipi uyarım uygulamışlardır. Sarsma tablası deneylerine paralel olarak sarsma tablası deneylerini simüle etmek için düzlem deformasyon şartlarında bir sayısal model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada hem sarsma tablası deneylerinden hem de sayısal modellerden dolgu yüzeyindeki yükseltilmiş ivmenin zaman kayıtları ile birlikte istinat duvarının rölatif yer değiştirmesinin zaman kayıtlarını elde etmeyi amaçlamışlardır. Sayısal modelden ve sarsma tablasından elde edilen rölatif yer değiştirmelerin oldukça tutarlı olduğunu belirtmişlerdir.

Tiwari ve Lam (2022) farklı granüler dolgulu ve temeli ankastre tutulu istinat duvarının yer değiştirmeye dayalı sismik davranışının değerlendirmesine ilişkin sarsma tablası deneyi yapmışlardır. Duvar arka dolgusunun özelliklerini Mohr-Coulomb malzeme modelinin üç eksenli test sonuçlarına göre düzeltme yaparak kullanmışlardır. İstinat duvarının prototipini oluşturup sarsma tablası deneyi gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca iki boyutlu doğrusal olmayan sonlu eleman modeli üzerinde de zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçları karşılaştırarak

model doğrulama çalışması yapmışlardır. Ayrıca elde edilen sonuçlara bağlı olarak duvarın yer değiştirmesini elde edebilmek için pratik bir el hesabı önermişlerdir.

1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Kentsel altyapı ihtiyaçlarının karşılanması doğrultusunda birçok mühendislik hizmeti çalışmasında inşa edilebilen istinat duvarlarının ağır hasar alması veya göçmesi, deprem sonrasında yürütülmesi elzem olan birtakım lojistik hizmetlerin aksamasına sebep olabilmektedir. Bu çerçevede istinat yapılarının da deprem davranışlarının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

İstinat duvarlarının deprem davranışının etkileşim mekanizması göz önünde bulundurularak etüt edilmesi gerekmektedir. Ayrıca farklı malzemelerin ara yüzeyleri arasındaki etkileşimi modelleyerek çözümlemelerin yapılması oldukça karmaşık işlem ve yöntemlerin kullanılmasının gerekliliğini göstermektedir. Fakat literatür incelemesinden elde edilen veriler ışığında üç boyutlu modelleme tekniklerinin kullanıldığı ve etkileşimlerin dikkate alındığı çalışmaların az olduğu söylenebilir. Bu bağlamda:

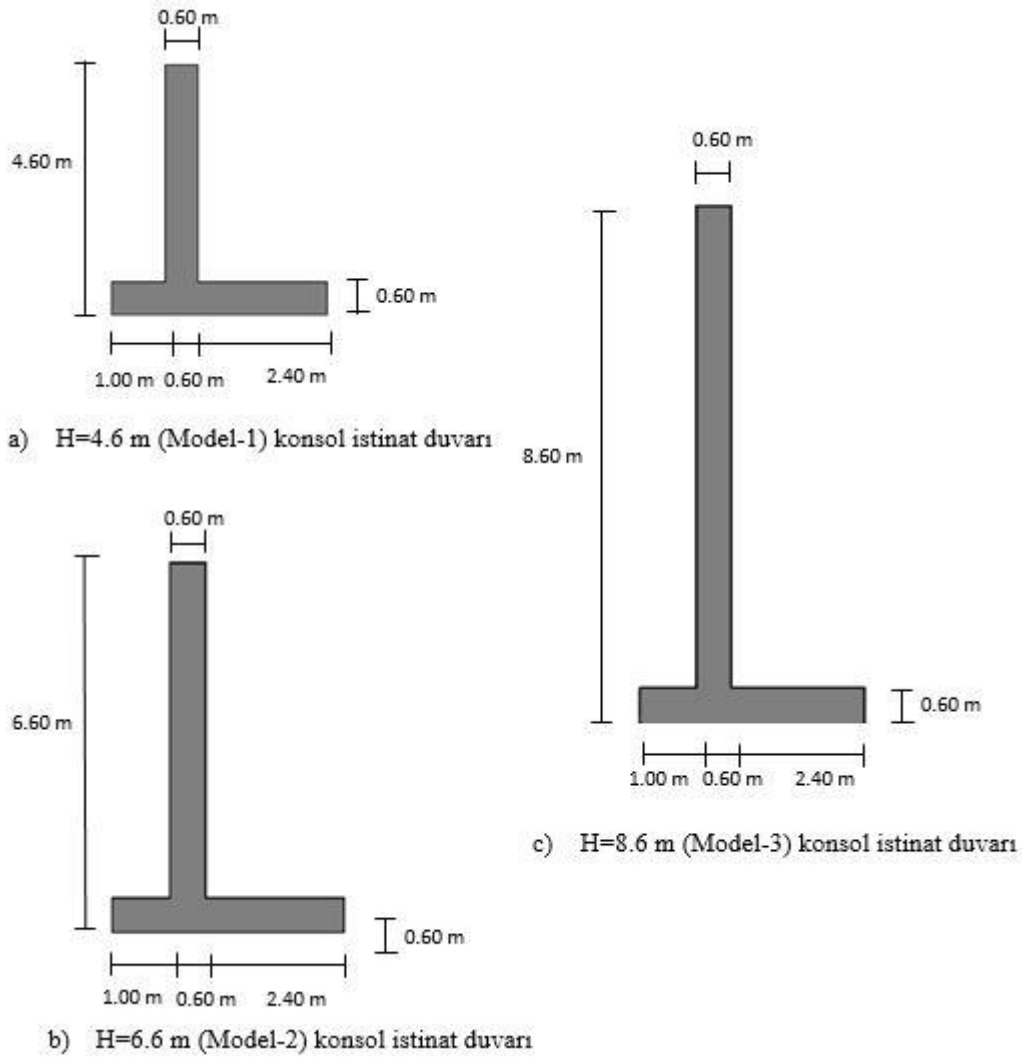
1. İncelemeye konu olan farklı gövde yüksekliklerine sahip konsol istinat duvarlarının dinamik davranışını belirlemek amacıyla etkileşim mekanizması dikkate alınarak üç boyutlu sayısal modeller geliştirmek
 2. Zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri ile deprem yer hareketi değişimi özelinde kıyaslamalı irdelemeler yapmak suretiyle dinamik tepkileri yorumlayabilmek
 3. Konsol istinat duvarı yüksekliği değişiminin duvar sismik davranışına etkilerini belirlemek,
 4. Tasarımcıya etkileşim olgusunun ve yükseklik değişiminin duvar tepkisini hangi oranlarda etkileyebileceği konusunda bir perspektif sunmak
- bu tezin başlıca amaçlarını oluşturmaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

Bu bölümde dayanma yapılarının bir çeşidi olan betonarme konsol istinat duvarlarının dinamik davranışları zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak araştırılmıştır. Sonlu eleman metoduyla oluşturulan etkileşim modellerinde farklı yüksekliklere sahip istinat duvarları ve farklı fiziksel özelliklere sahip zeminler kullanılmıştır. Dolgu-duvar ve temel zemini-duvar tabanı arasındaki etkileşimler dikkate alınarak incelemeye konu olan istinat duvarlarının dinamik davranışları üzerinde zemin-yapı etkileşiminin etkileri araştırılmıştır. Sayısal modellerin oluşturulması ve bu modellerin analizlerinin gerçekleştirilmesi için ANSYS (2015) paket programından yararlanılmıştır.

2.1. Önerilen Sayısal Modeller

Duvar yüksekliğinin sismik davranış üzerindeki etkisini belirleyebilmek için üç farklı duvar yüksekliği dikkate alınmıştır. Bu çalışmada kullanılmak üzere ele alınan duvarlar; sabit 1 m ön ampatman genişliğine, 2.4 m arka ampatman genişliğine ve 0.6 m taban plağı kalınlığına sahip olup ve bu taban plağına 0.6 m kalınlıkta gövde plağı birleşmektedir. Dikkate alınan üç farklı istinat duvarı için gövde yükseklikleri 4 m, 6 m ve 8 m olacak şekilde dikkate alınmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çözömlmelerde dikkate alınan konsol istinat duvarı kesitleri

Çalışma kapsamında Model-1, Model-2 ve Model-3 şeklinde kodlanan konsol istinat duvarları, duvar gövde plağı yüksekliği sırasıyla 4 m, 6 m ve 8 m olan konsol istinat duvarlarını ifade etmektedir.

2.2. Dikkate Alınan Konsol İstinat Duvarlarının Yapısal Özellikleri

Söz konusu modellerde, dolgu uzunluğu duvar yüksekliğinin 10 katı (Veletsos ve Younan, 1994; Psarropoulos vd., 2005) ve duvar ano boyu 6 m olacak şekilde seçilmiştir. Burada konsol istinat duvarlarının içinden en büyük yüksekliğe sahip olan $H=8.6$ m duvar yüksekliği (H =taban alt kotundan duvar tepe kotuna olan mesafe) dikkate alınarak sayısal modellerde dolgu zeminleri 86 m x 6 m x 4.6 m, 86 m x 6 m x 6.6 m ve 86 m x 6 m x 8.6 m olacak şekilde modellemeler yapılmıştır. Dolgu-duvar-temel zemini dikkate alınarak üç farklı duvar gövde plağı yüksekliğine sahip konsol istinat duvarları için oluşturulan sonlu eleman modelleri Şekil 7’de gösterilmiştir.

uzama veya burulma özelliği vardır. Boyuna doğrultuda basınç ve çekme gerilmesine karşı şekil değişimi yapabilmektedir ve tüm düğüm noktalarında x, y ve z yönlerinde şekil değiştirme yapabilme yeteneğine sahiptir. Burulma özelliği göz önüne alındığında ise üç yönde dönme hareketi olan bir elemandır. Burulma özelliğinde eğilme ve tek eksenli gerilme hesaba katılmaz.

Bu tür etkileşim problemlerinde fiziksel olarak sonsuz hacme sahip olan zemin ortam, sınırlı bir hacme sahip ortam olarak modellendiği için sınır şartlarının sonuçlarda hataya yer vermeyecek şekilde modele adapte edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde enerjinin sınırlı ortam içerisinde hapsolması ve dalgaların ortam içerisine tekrar yansması gibi sonuçları gerçekten uzaklaştıracak durumlarla karşılaşmaktadır. Bu olumsuz durumların önlenmesi maksadıyla tüm modellerde viskoz sönümleyiciler (Lysmer ve Kuhlemeyer, 1969) model sınırlarına kartezyen koordinat sisteminde monte edilmiştir.

2.3. Çözümlemelerde Dikkate Alınan Zemin Özellikleri

Analizlerde 5 farklı zemin grubu dikkate alınmıştır. Dikkate alınan zemin gruplarının özellikleri Tablo 1’de gösterilmektedir. Yapılan çalışmalara göre kayma dalgası hızı 500-600 m/s’den düşük olan zeminlere yapı inşa edildiği takdirde zemin-yapı etkileşim etkilerinin dikkate değer olduğu bilindiğinden, bu tez kapsamında bu özellikleri yansıtabilecek zemin gruplarına odaklanılmıştır (Velesztos ve Meek, 1974; Gazetas ve Mylonakis, 1998; Galal ve Naimi, 2008; Maheshwari ve Sarkar, 2011; Tabatabaiefar vd., 2013; Kamal ve İnel, 2021). Analizlerde istinat duvarına ait yoğunluk 2500 kg/m³, Poisson oranı 0.20, elastisite modülü 30000 MPa ve dolgu zeminine ait yoğunluk 1800 kg/m³, Poisson oranı 0.35, elastisite modülü 100 MPa olarak dikkate alınmıştır.

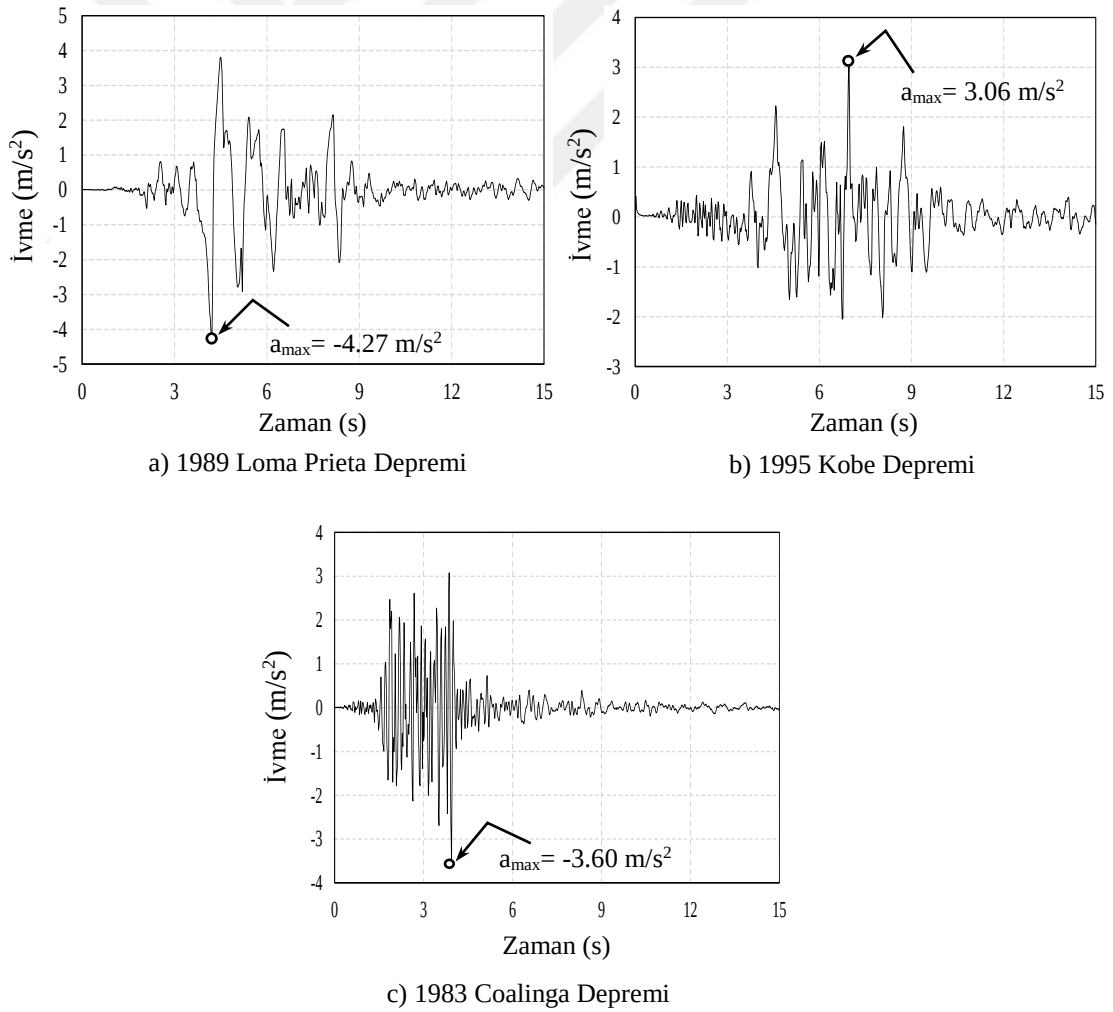
Tablo 1. Temel zemini özellikleri

Zemin	E (MPa)	G (MPa)	ν	ρ (kg/m ³)	V_s (m/s)	V_p (m/s)
S1	900	350	0.28	2100	409	740
S2	500	190	0.30	2000	310	580
S3	250	96	0.30	1900	225	421
S4	100	37	0.35	1800	143	299
S5	40	15	0.35	1700	93	194

E: Elastisite Modülü, G: Kayma Modülü, ν : Poisson Oranı, ρ : Yoğunluk, V_s : Kayma Dalgası Hızı, V_p : Boyuna Dalga Hızı

2.4. Çözömlmelerde Dikkate Alınan Deprem Yer Hareketleri

Sayısal modeller kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde 3 farklı deprem kaydı dikkate alınmıştır. Bunların ivme-zaman geçmişleri şekil 8’de ve kayıtların detayları Tablo 2’de verilmektedir. Hazırlanan modellere deprem kayıtları x doğrultusunda uygulanmıştır. Deprem kayıtlarının en büyük yer ivmesi (PGA), en büyük hız değeri (PGV) ve faya yakınlık mesafesi gibi parametreler depremin yıkıcılığı bakımından sınıflandırma yapabilmek için önemli parametrelerdir. Çalışma kapsamında deprem frekans içeriğini tanımlayabilmek için PGA/PGV oranına bağlı olarak sınıflamalar yapılmıştır. Bu orana göre deprem frekans içeriğini üç grupta sınıflandırabilmek mümkündür. Bunlar $PGA/PGV > 1.2$ şartı için yüksek, $1.2 \geq PGA/PGV \geq 0.8$ şartı için orta ve $PGA/PGV < 0.8$ şartı için düşük şeklinde sıralanabilir (akır, 2013). Bu bağlamda, seçilen deprem kayıtlarından Loma Prieta düşük, Kobe orta, Coalinga ise yüksek frekans içeriğine sahiptir.



şekil 8. Dikkate alınan deprem kayıtları için ivme-zaman geçmişleri

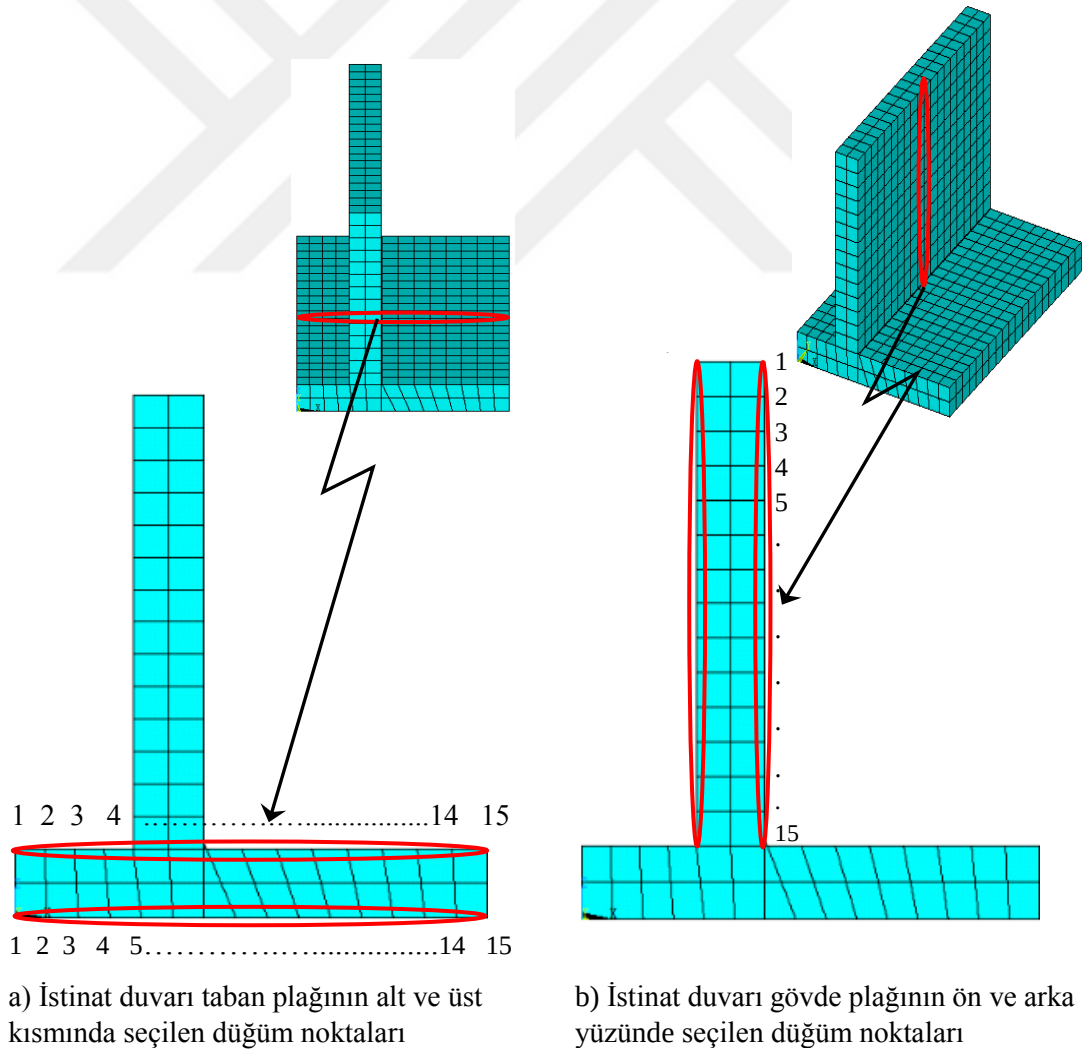
Tablo 2. Çözümlemelerde dikkate alınan deprem kayıtlarının özellikleri

Deprem Kaydı	İstasyon	Bileşen	PGA (g)	PGV (m/s)	PGA/PGV (g/m/s)	Frekans içeriği
1989 Loma Prieta	Los Gatos-Lexington Dam	LEX000	4.27	0.86	0.51	Düşük
1995 Kobe	Kobe University	KBU090	3.06	0.31	1.01	Orta
1983 Coalinga	Oil City	C-OLC360	3.60	0.10	3.71	Yüksek

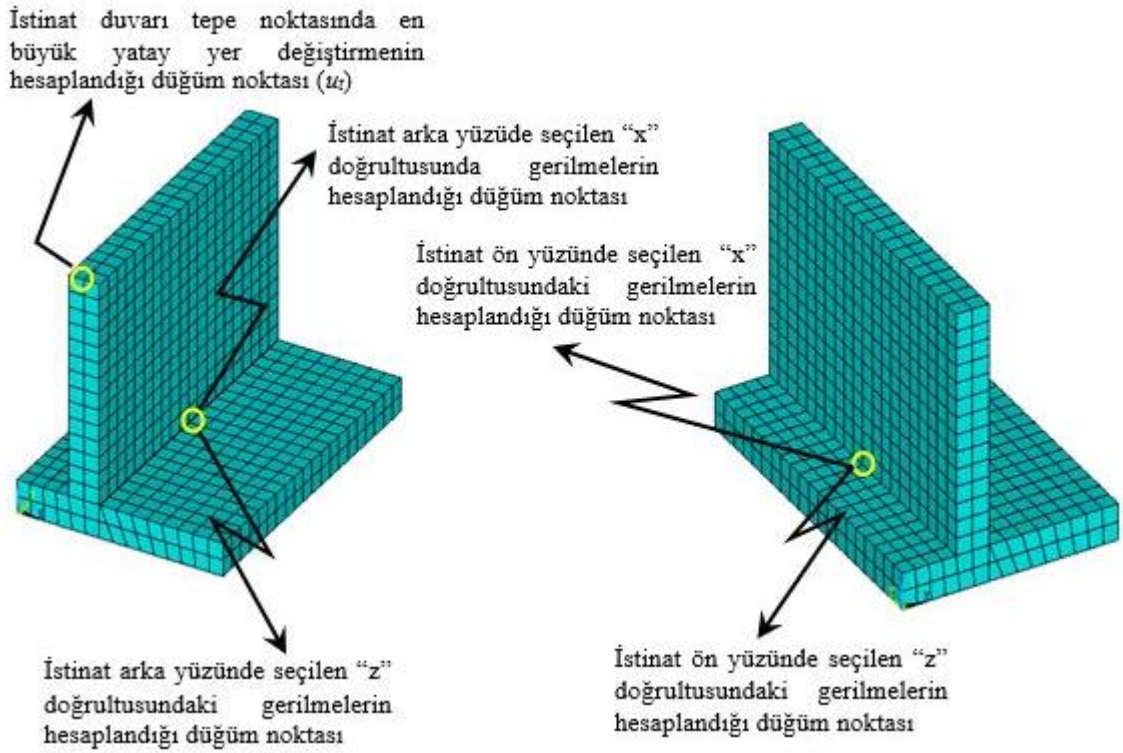
PGA: En büyük yer ivmesi, PGV: En büyük hız değeri

2.5. H=4.6 m (Model-1) İstinat Duvarı İçin Sismik Analiz

4 m gövde plağı yüksekliğine sahip konsol istinat duvarı için sayısal model aracılığıyla beş farklı zemin ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak çözümlemeler gerçekleştirilmiştir. İstinat duvarının taban plağının alt ve üst kısmında seçilen hatlar ile gövde plağının ön ve arka (dolgu tarafı) yüzlerinde seçilen hatlar boyunca tüm düğüm noktalarında meydana gelen tepkiler incelenmiştir. İncelemeye konu olan bu düğüm noktaları Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9. Model-1 istinat duvarında incelenen düğüm noktaları



Şekil 10. Model-1 üzerinde gerilmelerin elde edilmesi için seçilen düğüm noktaları

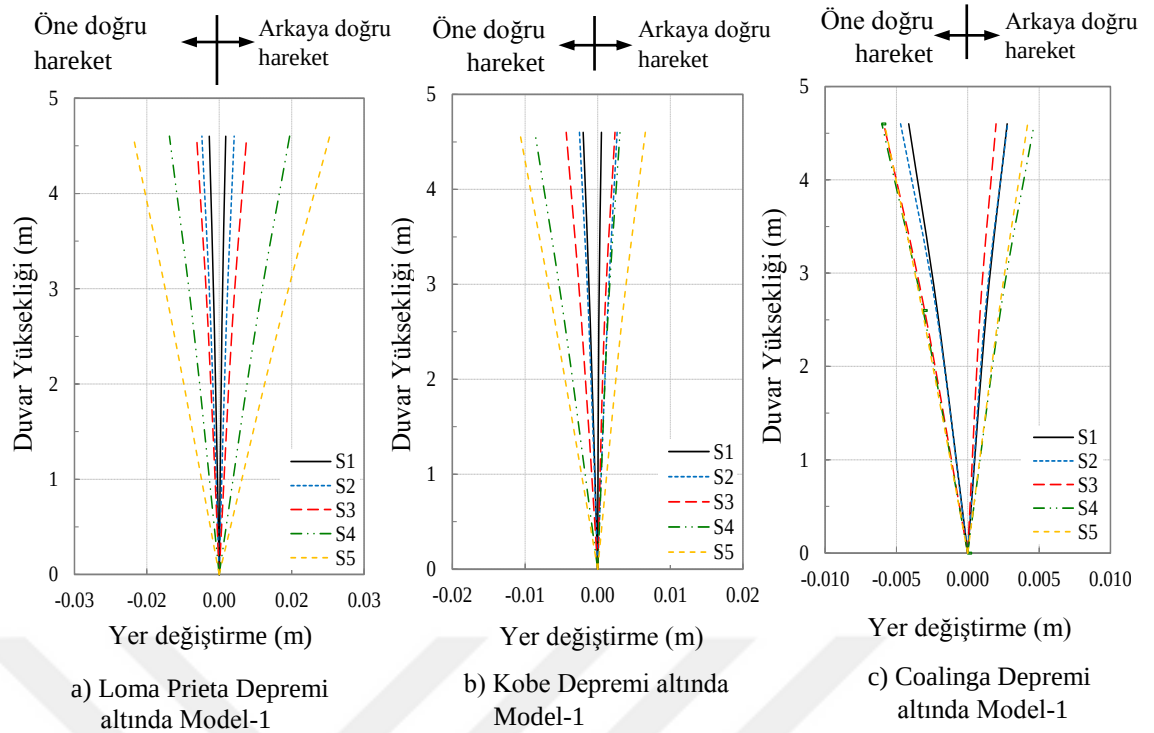
2.5.1. Model-1 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

Model-1 için istinat duvarının tepe rölatif yer değiştirmeleri beş farklı temel zemini ve üç farklı deprem kaydı için incelenmiştir. Analizlerden elde edilen en büyük rölatif tepe yer değiştirmeleri Tablo 3'te gösterilmektedir. Ayrıca dikkate alınan temel zemini ve yükleme koşulları için duvar rölatif yer değiştirmelerinin yükseklik boyunca değişimi Şekil 11'de verilmektedir. Yer değiştirmelerdeki pozitif değerler arka dolguya doğru hareketi, negatif değerler ise öne doğru (dolgudan uzağa) hareketi ifade etmektedir. Tablo 3 incelendiğinde görülebildiği gibi farklı zeminlerde en büyük rölatif yer değiştirmenin yönü değişebilmektedir. Ayrıca genellikle üç deprem yüklemesi için de zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak duvar tepe rölatif yer değiştirmelerinde genellikle artış meydana gelmektedir.

Tablo 3. Model-1 için farklı deprem kayıtlarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Deprem Kaydı	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t
Loma Prieta	8.26	-0.0021	4.64	-0.0036	4.36	0.0057	4.42	0.0146	4.50	0.0229
Kobe	7.06	-0.0020	6.88	0.0027	7.10	-0.0043	7.20	-0.0086	6.48	-0.0107
Coalinga	3.96	-0.0041	2.02	-0.0047	4.00	-0.0059	3.62	-0.0060	2.18	-0.0058

u_t : Tepe noktasının yatay yer değiştirmesi (m); t : Zaman (s)

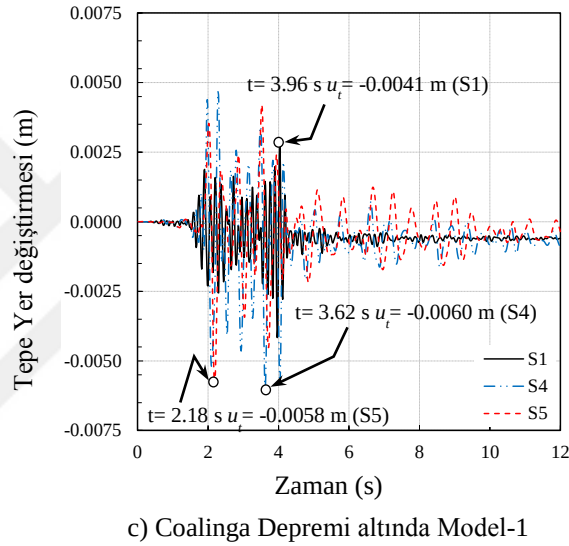
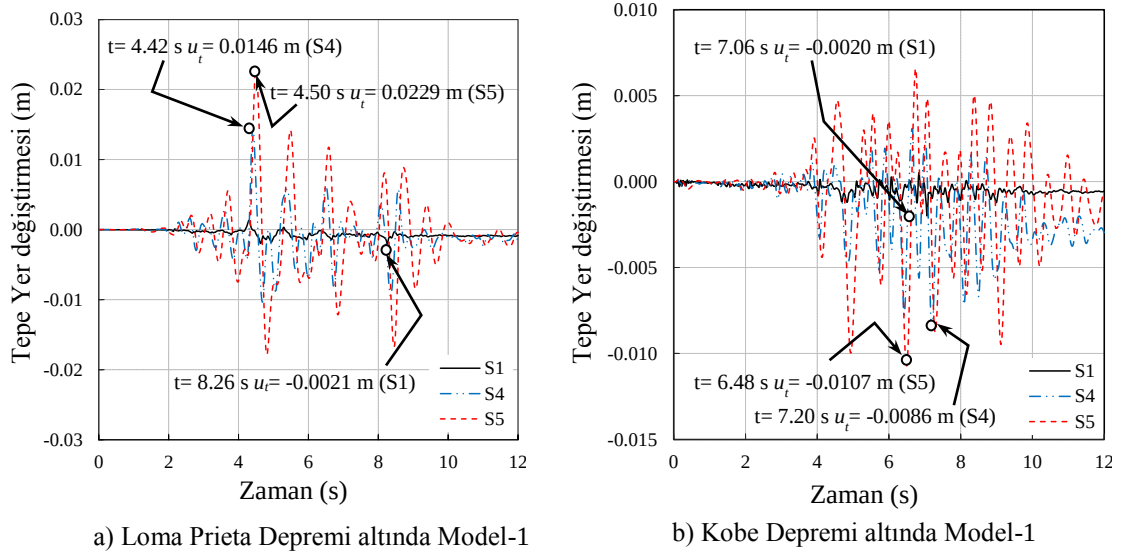


Şekil 11. Model-1 istinat duvarı için yükseklik boyunca elde edilen yatay yer değiştirmeler

Yükseklik boyunca oluşan değişimlerden, duvar sismik tepkisinin zemin şartları ve deprem kaydı değişiminden oldukça etkilendiği görülmektedir. Örneğin Şekil 11a incelendiğinde, Model-1'in yükseklik boyunca yer değiştirmelerinin zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak önemli ölçüde artış gösterdiği görülmektedir. Duvarın her iki yöne doğru da elde edilen en büyük rölatif yer değiştirmelerinin, en düşük rijitliğe sahip S5 temel zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilimin Kobe deprem yüklemesi altında da açık bir şekilde görüldüğü ve en büyük yer değiştirmelerin öne doğru hareketle S5 temel zemininde elde edildiği anlaşılmaktadır (Şekil 11b). Duvarın en büyük yer değiştirmelerinin elde edildiği hareket yönleri dikkate alındığında Şekil 11a ve Şekil 11b'de temel zeminlerinin değişimine bağlı olarak rölatif yer değiştirmelerde büyüklük bakımından farklılıklar gelişebildiği dikkat çekmektedir. Diğer yandan Şekil 11c incelendiğinde S3, S4 ve S5 temel zeminlerinde elde edilen yer değiştirmelerin önemli ölçüde birbirine yakınladığı ve rölatif yer değiştirmeler arasındaki farkın neredeyse kapandığı görülmektedir.

Yatay yer değiştirme tepkilerinin zamana göre değişimi Şekil 12'de gösterilmektedir. Şekil 12a ve Şekil 12b'den sırasıyla görülebildiği gibi, maksimum rölatif yer değiştirme, Loma Prieta ve Kobe deprem yüklemeleri için en düşük zemin rijitliğine sahip S5 temel zemininde meydana gelirken, Şekil 12c'de Coalinga deprem yüklemesi altında S4 temel zemininde meydana gelmiştir. Temel zeminindeki değişime

bağlı olarak rölatif yer değiştirmelerdeki genel değişimi daha detaylı olarak görebilmek için Şekil 12a incelendiğinde, Loma Prieta yüklemesi için maksimum yer değiştirme değeri en yüksek rijitlikli S1 temel zemininde arkaya doğru 0.0021 m iken, bu değer S4 zemininde %595'lik bir artışla öne doğru hareketle 0.0146 m, S5 temel zemininde %991 oranında bir artışla 0.0229 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Rölatif yer değiştirmelerin temel zemininin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak gösterdiği artış eğilimini Şekil 12b'yi inceleyerek yeniden görmek mümkündür. Bu bağlamda Şekil 12b incelendiğinde, Kobe Depremi için maksimum yer değiştirme S1 temel zemininde arkaya doğru hareketle 0.0020 m iken bu değer S4 temel zemininde %330 oranında bir artışla arkaya doğru hareketle 0.0086 m olarak gerçekleştiği ve bu artma eğiliminin zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak devam ederek S5 temel zemini için yine arkaya doğru hareketle %435 artışla 0.0107 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Örneklerden rahatlıkla görülebildiği gibi zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak genellikle duvar tepe rölatif yer değiştirmelerinde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine bir diğer örnek olarak Şekil 12c'yi de göstermek mümkündür. Coalinga Depremi için en büyük yatay yer değiştirme değeri S1 temel zemininde arkaya doğru hareketle 0.0041 m iken, bu değer zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak S4 temel zemininde %46 artışla arkaya doğru hareketle 0.0060 m'dir (Şekil 12c). Maksimum yer değiştirme tepkilerinin gerçekleşme zamanları S1 zemini için Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 8.26 s-7.06 s-3.96 s, S4 temel zemini için 4.42 s-7.20 s-3.62 s, S5 temel zemini için ise 4.50 s-6.48 s-2.18 s olarak görülmektedir.



Şekil 12. Model-1 istinat duvarı için tepe yer değiştirmelerinin zamanla değişimi

2.5.2. Model-1 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Beş farklı zemin ve üç farklı deprem kaydı için etkileşimin gerilmeler üzerindeki etkisini irdeleyebilmek üzere gövde plağı arka/ön yüzü ve taban plağı üst/alt kısmında seçilen düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler Tablo 4~15’de detaylı olarak sunulmaktadır. Ayrıca gerilmelerin gövde plağı ve taban plağı boyunca değişimleri Şekil 13~18’de gösterilmektedir.

Tablo 4. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	4.70	0.0020	4.72	0.0189	4.58	-0.0070	4.42	-0.0410	4.46	-0.2827
S_{xb_2}	4.78	0.0083	4.72	-0.0036	4.58	0.0156	4.44	-0.0397	4.46	0.1089
S_{xb_3}	4.56	0.0176	0.24	-0.0041	8.26	0.0091	4.50	0.0353	4.46	-0.1807

Tablo 4. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_4}	4.70	-0.0115	6.64	-0.0168	4.90	-0.0266	4.50	-0.0047	4.48	0.0403
S_{xb_5}	4.76	0.0134	4.60	-0.0119	4.90	-0.0256	4.60	0.0064	4.48	-0.0056
S_{xb_6}	4.76	-0.0371	4.60	-0.0351	5.56	-0.0173	4.40	-0.0235	2.80	0.0019
S_{xb_7}	4.76	-0.0248	4.62	-0.0359	8.26	-0.0118	4.40	0.1396	4.50	-0.0312
S_{xb_8}	4.76	-0.0183	4.62	-0.0179	4.66	-0.0102	4.40	0.1471	4.50	0.2116
S_{xb_9}	4.76	-0.0141	4.60	0.0136	4.66	-0.0095	4.40	-0.0221	4.50	-0.0328
S_{xb_10}	4.66	0.0260	4.60	0.0140	2.72	-0.0157	4.62	-0.0263	4.84	-0.0194
S_{xb_11}	4.68	0.0328	4.60	0.0173	4.64	0.0139	3.80	0.0223	4.50	-0.0743
S_{xb_12}	4.68	0.0208	4.62	-0.0186	8.38	0.0614	4.42	0.0420	4.50	0.1179
S_{xb_13}	4.66	0.0307	4.32	-0.0678	4.36	-0.0598	4.42	-0.1119	4.54	-0.0211
S_{xb_14}	4.62	-0.1138	4.32	0.3595	4.36	0.3022	4.42	0.7149	4.50	0.5991
S_{xb_15}	4.64	0.6687	4.32	-1.4888	4.36	-2.2155	4.42	-4.8359	4.50	-4.7161

t: Zaman (s); S_{xb} : Duvar gövde plağı arka yüzü x doğrultusundaki gerilme değerleri (MPa)

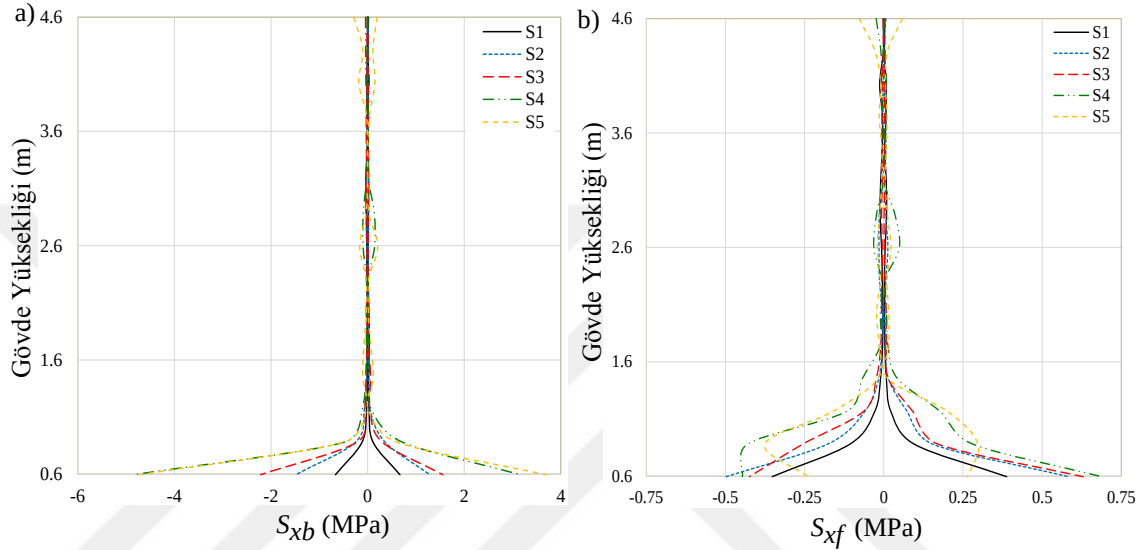
Tablo 5. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_1}	4.32	0.0022	4.72	0.0067	4.66	-0.0016	4.42	-0.0241	4.54	-0.0778
S_{xf_2}	4.70	0.0018	4.80	-0.0009	4.58	0.0042	4.42	-0.0092	4.44	-0.0275
S_{xf_3}	4.32	-0.0130	4.80	0.0013	4.52	-0.0046	4.62	0.0088	4.44	-0.0096
S_{xf_4}	4.76	0.0069	4.80	0.0066	4.52	-0.0058	4.42	0.0047	4.46	-0.0144
S_{xf_5}	4.70	-0.0051	4.60	-0.0066	4.52	-0.0053	4.42	-0.0018	4.48	0.0077
S_{xf_6}	4.76	-0.0101	4.60	-0.0068	4.52	-0.0046	4.68	-0.0016	4.48	-0.0068
S_{xf_7}	4.76	-0.0118	4.62	-0.0146	4.82	-0.0066	4.40	0.0354	4.78	-0.0128
S_{xf_8}	4.76	-0.0070	4.60	0.0130	4.66	-0.0047	4.40	0.0489	4.50	0.0225
S_{xf_9}	4.76	-0.0046	5.32	-0.0137	4.66	-0.0059	4.62	-0.0064	4.84	-0.0116
S_{xf_10}	4.54	-0.0027	4.58	-0.0040	4.36	0.0081	4.40	-0.0112	4.50	-0.0226
S_{xf_11}	4.54	-0.0040	4.64	-0.0068	4.66	-0.0095	4.40	0.0132	4.48	0.0168
S_{xf_12}	4.30	-0.0103	4.32	-0.0162	4.36	-0.0237	4.42	-0.0676	4.52	-0.0180
S_{xf_13}	4.64	-0.0282	4.32	0.0733	4.36	0.0913	4.42	0.1772	4.50	0.2008
S_{xf_14}	4.30	-0.1059	4.32	-0.1766	4.36	-0.2549	4.42	-0.4293	4.50	-0.3759
S_{xf_15}	4.30	0.3881	4.32	0.5849	4.36	0.6296	4.42	0.6888	4.52	0.2646

t: Zaman (s); S_{xf} : Duvar gövde plağı ön yüzü x doğrultusundaki gerilme değerleri (MPa)

Loma Prieta depremi altında Model-1 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkileri Tablo 4 ve Tablo 5'te gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüz üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar gövdesi üzerinden elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 13 incelendiğinde duvar gövdesi boyunca elde edilen gerilme değişimleri farklı zeminler için açıkça görülmektedir. Örneğin Şekil 13a'da hem çekme hem de basınç gerilmeleri

için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. Diğer yandan en büyük gerilmelerin kritik kesit bölgesinde farklı zemin rijitliklerine bağlı olarak farklı büyüklüklere ulaştığı anlaşılmaktadır. En büyük gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 13b incelendiğinde açıkça görülebilir. Burada zemin rijitliğindeki azalmaya bağlı olarak en büyük gerilmenin S1, S2 ve S3 zeminlerine kıyasla nispeten düşük zemin rijitliğine sahip S4 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 13. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 6. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_1}	4.30	-0.0542	4.32	-0.0726	4.36	-0.1374	4.42	-0.1907	4.50	-0.2660
S_{zo_2}	4.30	0.0961	4.32	0.1517	4.36	0.2140	4.42	0.3050	4.50	0.3043
S_{zo_3}	4.30	0.0153	4.32	0.0228	4.36	0.0296	4.42	0.0396	4.50	0.0338
S_{zo_4}	4.30	-0.0755	4.32	-0.1428	4.36	-0.1994	4.42	0.3564	4.50	-0.3062
S_{zo_5}	4.30	1.2347	4.32	2.1824	4.36	2.9403	4.42	4.9960	4.50	4.2105
S_{zo_6}	4.30	-1.6716	4.64	2.5740	4.36	-4.3055	4.42	-7.5282	4.50	-6.6874
S_{zo_7}	4.32	0.3192	4.32	0.5382	4.36	0.8035	4.42	1.1598	4.50	1.0054
S_{zo_8}	4.32	0.0783	4.34	0.1463	4.36	0.1949	4.42	0.3028	4.50	0.2788
S_{zo_9}	4.32	0.0415	4.34	0.0629	4.36	0.0969	4.42	0.1254	4.52	0.1350
S_{zo_10}	4.32	0.0308	4.34	0.0476	4.36	0.0725	4.42	0.0985	4.52	0.1080
S_{zo_11}	4.32	0.0243	4.34	0.0376	4.36	0.0575	4.42	0.0815	4.52	0.0909
S_{zo_12}	4.34	0.0187	4.34	0.0280	4.36	0.0426	4.42	0.0642	4.52	0.0749
S_{zo_13}	4.32	0.0161	4.34	0.0240	4.36	0.0382	4.42	0.0655	4.50	0.0828
S_{zo_14}	4.34	0.0274	4.34	0.0355	4.36	0.0657	4.42	0.1044	4.50	0.1383
S_{zo_15}	4.30	-0.0639	4.32	-0.0990	4.34	-0.1525	4.68	0.1243	4.88	0.1029

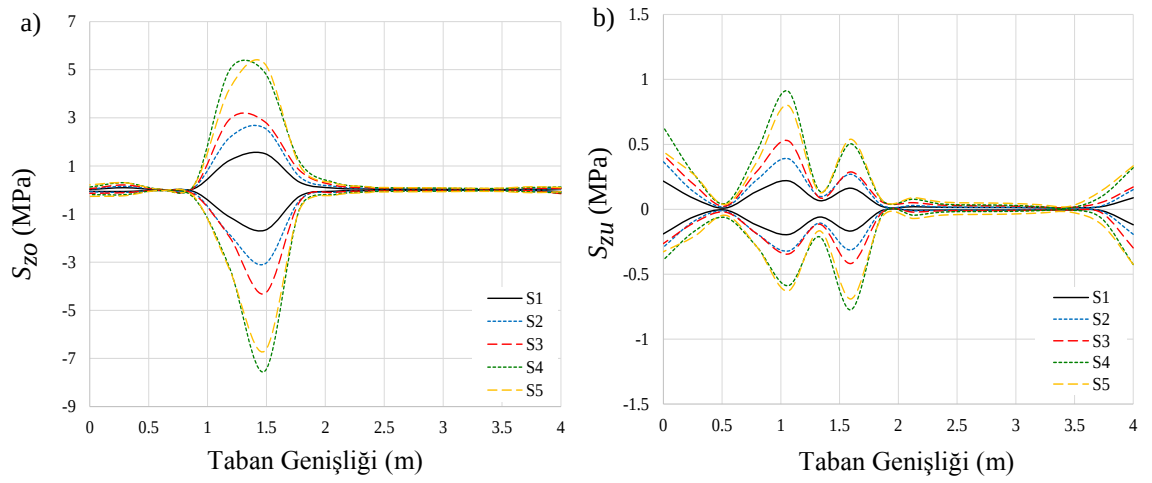
t: Zaman (s); S_{zo} : Duvar taban plağı üst hat boyunca z doğrultusundaki gerilme değerleri (MPa)

Tablo 7. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>Szu_1</i>	4.30	0.2169	4.32	0.3664	4.36	0.4185	4.42	0.6332	4.50	0.4435
<i>Szu_2</i>	4.30	0.0824	4.32	0.1319	4.36	0.1883	4.42	0.2676	4.50	0.2652
<i>Szu_3</i>	4.64	0.0102	4.64	0.2126	4.68	0.0248	4.42	-0.0641	4.48	-0.0459
<i>Szu_4</i>	4.30	0.1386	4.32	0.2284	4.36	0.2930	4.42	0.4504	4.50	0.3663
<i>Szu_5</i>	4.30	0.2190	4.32	0.3900	4.36	0.5271	4.42	0.9084	4.50	0.7983
<i>Szu_6</i>	4.64	0.0661	4.32	-0.1059	4.36	-0.1141	4.42	-0.2123	4.50	-0.1654
<i>Szu_7</i>	4.30	-0.1674	4.32	-0.3120	4.36	-0.4175	4.42	-0.7736	4.50	-0.6902
<i>Szu_8</i>	4.32	0.0207	4.34	0.0284	4.36	0.0546	4.42	0.0650	4.52	0.0690
<i>Szu_9</i>	4.32	0.0200	4.34	0.0295	4.36	0.0504	4.42	0.0776	4.52	0.0886
<i>Szu_10</i>	4.34	0.0151	4.36	0.0165	4.38	0.0305	4.42	0.0385	4.52	0.0543
<i>Szu_11</i>	4.34	0.0141	4.36	0.0151	4.38	0.0255	4.44	0.0314	4.52	0.0460
<i>Szu_12</i>	4.34	0.0117	4.36	0.0116	4.38	0.0173	4.44	0.0203	4.52	0.0353
<i>Szu_13</i>	4.34	0.0111	4.36	0.0099	4.40	0.0133	4.48	0.0109	4.56	0.0238
<i>Szu_14</i>	4.34	0.0208	4.34	0.0264	4.36	0.0534	4.42	0.0997	4.50	0.1450
<i>Szu_15</i>	4.30	-0.1194	4.32	-0.1920	4.34	-0.2972	4.40	-0.4257	4.50	-0.4241

t: Zaman (s); *Szu*: Duvar taban plağı alt hat boyunca z doğrultusundaki gerilme değerleri (MPa)

Loma Prieta depremi altında Model-1 için istinat duvar tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 6 ve Tablo 7’de gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar tabanında elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 14 incelendiğinde duvar tabanı boyunca elde edilen gerilme değişimleri farklı zeminler için açıkça görülmektedir. Örneğin Şekil 14a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hem de basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. Diğer yandan en büyük gerilmelerin kritik kesit bölgesinde farklı zemin rijitliklerine bağlı olarak farklı büyüklüklere ulaştığı anlaşılmaktadır. En büyük gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 14b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S4 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



şekil 14. Loma Prieta Depremi altında Model-1 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Tablo 8. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	7.06	0.0296	4.60	-0.0257	2.64	0.0041	3.16	0.0077	3.88	-0.0048
S_{xb_2}	7.12	0.0366	6.36	-0.0177	0.30	0.0042	3.14	0.0019	4.94	0.0016
S_{xb_3}	7.12	0.0528	4.56	0.0055	2.60	-0.0066	7.00	0.0015	6.76	-0.0010
S_{xb_4}	7.12	-0.0070	8.06	0.0477	2.10	-0.0110	7.02	0.0166	4.94	0.0004
S_{xb_5}	7.52	0.0122	4.54	-0.0073	7.10	0.0229	7.14	-0.0413	6.76	0.0046
S_{xb_6}	6.86	-0.0830	4.54	0.0127	5.46	0.1678	7.14	0.0352	6.76	-0.0532
S_{xb_7}	7.20	0.0244	4.68	0.0086	5.46	-0.0456	4.98	0.0352	5.02	0.01882
S_{xb_8}	4.72	-0.0168	8.18	0.0084	5.46	0.1818	5.64	0.0353	5.02	-0.0285
S_{xb_9}	4.70	-0.0252	7.06	-0.0132	5.46	-0.0864	5.04	0.1499	7.42	0.1048
S_{xb_10}	4.84	0.0122	7.06	-0.0128	3.92	0.0143	5.24	0.2516	8.84	-0.0858
S_{xb_11}	4.70	-0.0090	7.06	-0.0097	4.74	-0.0155	5.24	-0.0359	7.46	0.1248
S_{xb_12}	4.72	0.0143	7.08	-0.0222	4.72	-0.0247	4.74	-0.0315	4.82	-0.0273
S_{xb_13}	6.86	0.0426	6.88	-0.0236	7.08	0.0363	6.44	0.0429	6.46	0.0312
S_{xb_14}	7.06	-0.1219	6.88	0.1780	7.10	-0.1550	7.00	-0.2324	4.92	-0.2057
S_{xb_15}	7.06	0.6512	6.88	-1.1465	7.10	1.2327	7.00	1.7809	4.92	1.7259

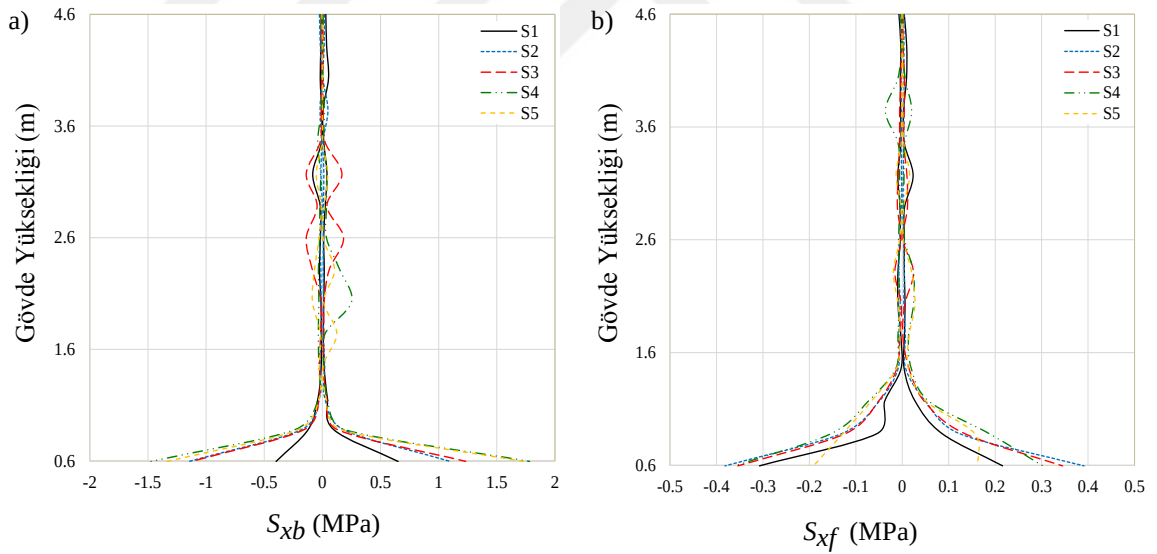
Tablo 9. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_1}	7.10	-0.0072	6.88	-0.0049	2.62	-0.0012	7.00	-0.0032	3.86	-0.0010
S_{xf_2}	7.12	0.0095	7.10	0.0034	6.92	0.0018	7.18	-0.0019	6.52	-0.0010
S_{xf_3}	7.12	0.0091	5.06	0.0036	6.90	0.0046	7.02	-0.0096	6.76	0.0008
S_{xf_4}	6.86	-0.0035	8.06	0.0038	5.46	-0.0058	7.02	-0.0365	6.76	-0.0017
S_{xf_5}	6.86	0.0044	8.06	0.0026	4.72	-0.0060	7.02	-0.0092	6.76	0.0030
S_{xf_6}	6.86	0.0233	4.60	0.0022	5.46	0.0101	5.70	-0.0058	6.76	0.0155
S_{xf_7}	4.72	-0.0049	7.06	-0.0018	5.46	0.0112	5.70	-0.0058	5.78	0.0028
S_{xf_8}	7.04	-0.0045	7.06	-0.0059	7.06	-0.0026	7.14	-0.0081	6.48	-0.0060
S_{xf_9}	4.70	-0.0094	7.06	-0.0075	5.46	0.0242	5.04	0.0242	6.74	0.0200
S_{xf_10}	4.70	-0.0092	7.06	-0.0045	7.08	0.0054	5.04	0.0242	8.84	0.0272

Tablo 9. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_11}	4.72	0.0045	7.08	-0.0076	7.10	-0.0052	5.24	0.0135	7.46	0.0141
S_{xf_12}	7.06	0.0041	6.88	-0.0093	7.08	0.0150	6.44	0.0198	6.48	0.0134
S_{xf_13}	7.06	-0.0380	6.88	0.0501	7.10	-0.0515	7.18	-0.0735	4.94	-0.0671
S_{xf_14}	7.06	0.0856	6.88	-0.1304	7.10	0.1346	7.18	0.1872	4.94	0.1557
S_{xf_15}	7.06	-0.3075	6.88	0.3914	7.10	-0.3540	7.18	-0.3611	9.12	-0.1912

Kobe depremi altında Model-1 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkileri Tablo 8 ve Tablo 9'da gösterilmektedir. Duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüzü üzerinde artış göstermektedir. Şekil 15a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hem de basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 15b incelendiğinde açıkça görülebilir. Örneğin, zemin rijitliğindeki azalmaya bağlı olarak en büyük gerilmenin yüksek zemin rijitliğine sahip S2 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 15. Kobe Depremi altında Model-1 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 10. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_1}	6.86	-0.0489	6.86	-0.0166	6.90	-0.0634	7.20	-0.1286	9.14	0.1155
S_{zo_2}	7.06	-0.0685	6.88	0.0810	6.90	0.0984	7.20	-0.1572	9.12	-0.1253
S_{zo_3}	7.06	-0.0117	6.88	0.0145	7.10	-0.0152	7.20	-0.0189	9.12	-0.0150
S_{zo_4}	7.06	0.0697	6.88	-0.1065	7.10	0.1109	7.18	0.1438	4.94	0.1241

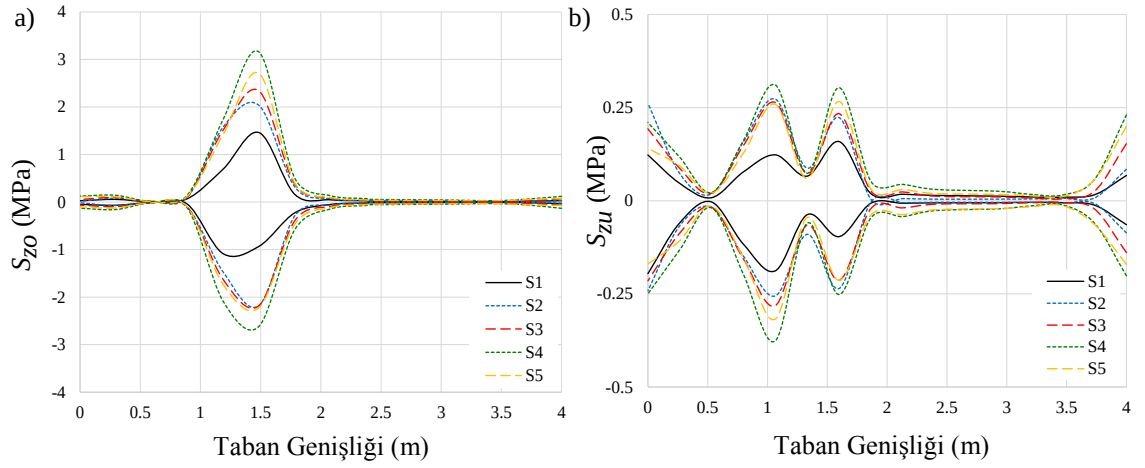
Tablo 10. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_5}	7.06	-1.0859	6.88	1.5755	7.10	-1.6254	7.18	-2.0840	4.94	-1.7358
S_{zo_6}	7.06	1.4617	6.88	-2.1781	7.10	2.3381	7.18	3.1581	4.94	2.7096
S_{zo_7}	7.06	-0.2264	6.88	0.3191	7.10	-0.3919	7.20	-0.5791	9.12	-0.4640
S_{zo_8}	7.06	-0.0500	6.88	0.0675	5.46	0.0900	7.20	-0.1431	9.12	-0.1124
S_{zo_9}	6.86	0.0290	6.88	0.0267	5.46	0.0439	7.02	0.0727	9.12	-0.0540
S_{zo_10}	6.86	0.0200	6.88	0.0188	5.46	0.0315	7.02	0.0557	9.12	-0.0435
S_{zo_11}	6.86	0.0156	6.88	0.0149	5.46	0.0252	7.20	-0.0446	9.12	-0.0376
S_{zo_12}	6.86	0.0118	6.88	0.0109	6.92	0.0190	7.20	-0.0345	9.12	-0.0315
S_{zo_13}	6.86	0.0096	6.88	0.0103	5.46	0.0175	7.20	-0.0331	9.12	-0.0346
S_{zo_14}	6.88	0.0200	7.12	-0.0095	5.46	0.0305	7.02	0.0686	9.12	-0.0643
S_{zo_15}	6.86	-0.0343	4.70	0.0304	7.10	0.0721	7.02	-0.1315	9.18	0.0773

Tablo 11. Kobe Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
Szu_1	7.06	-0.1958	6.88	0.2616	7.10	-0.2148	7.18	-0.2498	4.94	-0.1699
Szu_2	7.06	-0.0606	6.88	0.0740	7.10	-0.0880	7.20	-0.1332	9.12	-0.1082
Szu_3	7.08	0.0080	6.88	-0.0179	7.10	0.0198	7.18	0.0216	4.94	0.0200
Szu_4	7.06	-0.1162	6.88	0.1572	7.10	-0.1556	7.18	-0.1966	4.94	-0.1528
Szu_5	7.06	-0.1883	6.88	0.2725	7.10	-0.2818	7.18	-0.3765	4.94	-0.3178
Szu_6	7.06	0.0660	6.88	-0.0902	7.10	0.0725	7.18	0.0736	4.92	0.0595
Szu_7	7.06	0.1588	6.88	-0.2357	7.10	0.2335	7.18	0.3034	4.92	0.2663
Szu_8	6.86	0.0187	0.008	0.0034	5.46	0.0255	7.02	0.0513	9.12	-0.0381
Szu_9	6.86	0.0174	6.90	0.0054	5.46	0.0234	7.02	0.0437	9.12	-0.0373
Szu_10	6.86	0.0142	6.84	-0.0040	5.46	0.0123	7.02	0.0302	9.12	-0.0243
Szu_11	6.10	0.0122	6.84	-0.0042	6.94	0.0102	7.02	0.0252	9.12	-0.0212
Szu_12	6.10	0.0101	7.06	0.0045	6.94	0.0072	7.02	0.0170	9.12	-0.0164
Szu_13	6.88	0.0095	6.86	-0.0064	6.94	0.0050	7.02	0.0151	9.14	-0.0132
Szu_14	6.88	0.0160	6.08	-0.0075	5.46	0.0253	7.20	-0.0601	4.94	-0.0635
Szu_15	7.04	0.0677	6.86	-0.0861	7.10	0.1527	7.20	0.2300	6.48	0.1990

Kobe depremi altında Model-1 için istinat duvarı tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 10 ve Tablo 11’de gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Şekil 16a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hem de basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 16b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S4 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 16. Kobe Depremi altında Model-1 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Tablo 12. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	2.38	-0.0385	3.62	0.0748	1.90	-0.0100	1.96	-0.0226	3.70	0.1279
S_{xb_2}	2.36	-0.0618	4.04	0.0322	2.12	0.0185	3.48	0.0051	3.70	-0.0282
S_{xb_3}	2.04	0.0282	2.74	0.0607	2.16	0.0824	1.90	-0.0027	2.16	0.0270
S_{xb_4}	3.96	0.0389	2.74	-0.0075	2.04	0.0478	2.28	-0.0207	2.16	-0.0140
S_{xb_5}	3.96	0.0136	2.40	-0.0294	2.08	0.2687	2.28	0.0606	1.88	-0.0016
S_{xb_6}	2.04	0.0092	2.40	0.2033	2.08	-0.0454	2.06	-0.0207	1.62	0.0030
S_{xb_7}	4.02	0.0094	2.40	-0.0292	2.08	-0.0290	3.66	0.0445	1.66	0.0113
S_{xb_8}	4.02	0.0112	3.60	0.0434	2.04	-0.1818	3.66	0.0536	2.20	0.0091
S_{xb_9}	4.02	0.0117	2.70	0.0212	2.08	0.1215	2.22	0.0355	2.00	0.0411
S_{xb_10}	4.02	0.0135	4.16	-0.0129	2.22	0.1259	3.66	0.0561	2.00	-0.0142
S_{xb_11}	4.02	0.0088	2.00	-0.0091	2.22	0.0504	3.66	0.0434	3.52	-0.0134
S_{xb_12}	4.02	0.0256	2.00	-0.0250	3.58	-0.0469	3.64	-0.0162	2.20	-0.0257
S_{xb_13}	4.04	-0.0411	3.64	0.0261	4.00	0.0235	2.28	0.0360	2.16	0.0057
S_{xb_14}	4.04	0.2517	2.02	-0.2824	4.00	-0.2936	3.62	-0.2430	2.18	-0.1431
S_{xb_15}	4.04	-1.5083	2.02	1.6740	4.00	1.9588	3.62	1.6475	2.18	1.1279

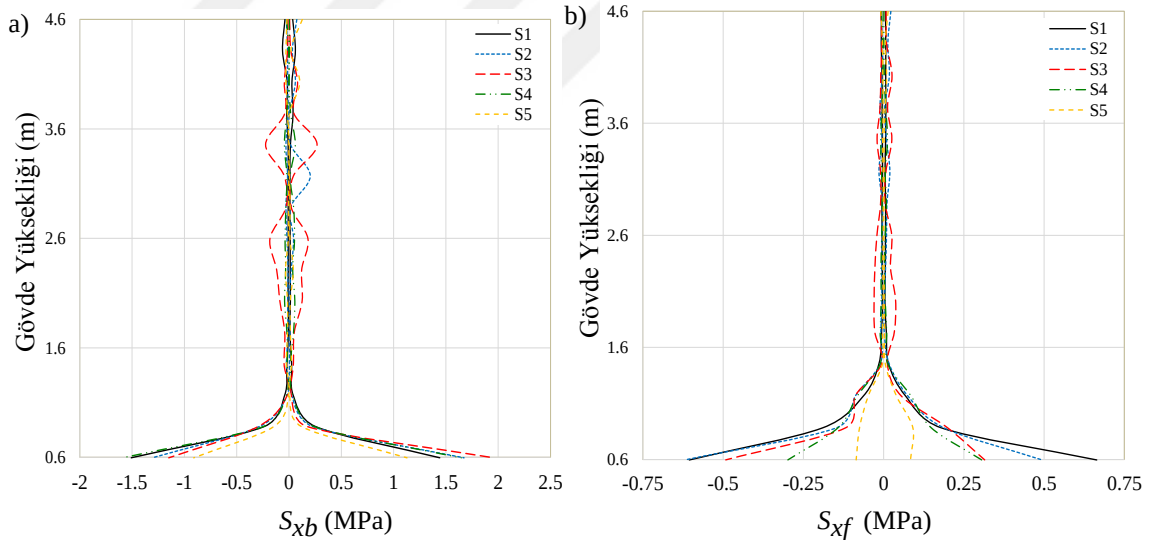
Tablo 13. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_1}	2.38	-0.0061	2.12	0.0225	3.28	-0.0089	1.96	-0.0070	3.70	0.0141
S_{xf_2}	2.22	-0.0075	2.74	0.0131	3.28	0.0090	2.08	-0.0019	2.16	0.0051
S_{xf_3}	2.04	0.0065	2.74	0.0178	3.30	0.0261	2.28	-0.0024	2.16	0.0095
S_{xf_4}	3.96	0.0068	2.40	-0.0114	2.30	0.0122	2.28	0.0065	2.16	0.0050
S_{xf_5}	3.96	0.0062	2.40	0.0088	2.08	0.0256	2.28	0.0121	2.16	-0.0030
S_{xf_6}	4.02	0.0043	2.40	0.0194	2.32	-0.0097	4.02	-0.0062	2.02	-0.0019
S_{xf_7}	4.02	0.0062	2.40	0.0103	2.30	-0.0096	3.66	0.0086	2.00	-0.0011
S_{xf_8}	4.02	0.0057	3.88	0.0090	2.08	0.0254	4.02	-0.0060	2.18	-0.0013
S_{xf_9}	4.02	0.0053	2.00	-0.0062	2.04	-0.0272	3.60	-0.0084	2.18	-0.0028
S_{xf_10}	4.02	0.0039	2.00	-0.0055	2.22	0.0371	4.02	-0.0076	2.00	0.0019
S_{xf_11}	4.02	0.0084	2.00	-0.0089	2.22	0.0334	3.62	-0.0107	2.18	-0.0040

Tablo 13. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_12}	3.96	0.0153	2.02	0.0172	2.08	0.0118	2.10	0.0127	2.18	0.0052
S_{xf_13}	4.04	0.0681	2.02	-0.0880	4.00	-0.0885	2.28	0.0850	2.18	-0.0478
S_{xf_14}	4.04	-0.1905	2.02	0.1877	4.00	0.1993	3.62	0.1484	2.18	0.0910
S_{xf_15}	4.04	0.6638	2.02	-0.6181	4.00	-0.4918	2.28	0.3051	2.20	-0.0857

Coalinga depremi altında Model-1 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkiler Tablo 12 ve Tablo 13'te gösterilmektedir. Tablolardan da görüldüğü üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüz üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Şekil 17a incelendiğinde, hem çekme hem de basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S3 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 17b incelendiğinde açıkça görülebilir. En büyük gerilmenin ise S1 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 17. Coalinga Depremi altında Model-1 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 14. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_1}	4.10	0.0565	3.64	-0.0557	4.10	-0.0820	2.30	-0.0710	2.20	0.0641
S_{zo_2}	3.96	-0.1472	2.02	-0.1358	4.00	-0.1385	3.62	-0.1074	2.18	-0.0706
S_{zo_3}	4.04	0.0250	2.02	-0.0231	4.00	-0.0208	3.62	-0.0147	2.18	-0.0078
S_{zo_4}	4.04	-0.1503	2.02	0.1608	4.00	0.1603	3.62	0.1257	2.18	0.0726
S_{zo_5}	4.04	2.3385	2.02	-2.4165	4.00	-2.3255	3.62	-1.7932	2.18	-1.0006

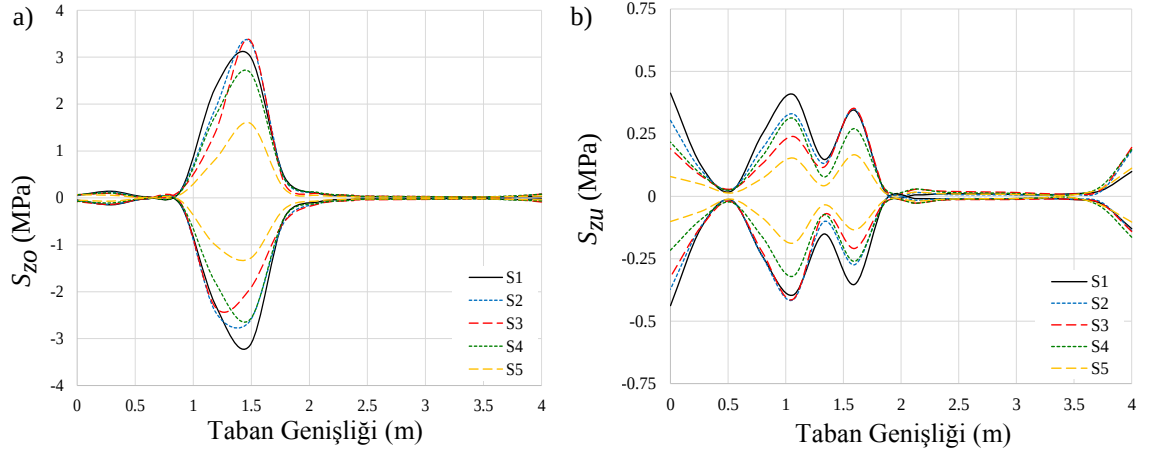
Tablo 14. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{zo_6}</i>	4.04	-3.1520	2.02	3.3440	4.00	3.3696	3.62	2.6852	2.18	1.5988
<i>S_{zo_7}</i>	4.04	0.4545	2.02	-0.5111	4.00	-0.5106	3.62	-0.4192	2.18	-0.2372
<i>S_{zo_8}</i>	4.04	0.0944	2.02	-0.1194	4.00	-0.1273	2.28	0.1132	2.18	-0.0628
<i>S_{zo_9}</i>	4.04	0.0397	2.02	-0.0470	4.00	-0.0585	2.30	0.0510	2.18	-0.0291
<i>S_{zo_10}</i>	4.04	0.0285	2.04	-0.0289	2.06	-0.0434	2.30	0.0354	2.18	-0.0230
<i>S_{zo_11}</i>	4.04	0.0235	4.08	0.0232	2.06	-0.0337	2.30	0.0291	2.18	-0.0194
<i>zo_12</i>	4.04	0.0177	4.08	0.0184	2.06	-0.0245	2.30	0.0226	2.18	-0.0159
<i>S_{zo_13}</i>	4.04	0.0159	4.08	0.0170	2.06	-0.0215	2.30	0.0227	2.18	-0.0186
<i>S_{zo_14}</i>	4.00	-0.0362	4.02	-0.0269	4.10	0.0330	3.62	-0.0436	2.20	-0.0334
<i>S_{zo_15}</i>	4.14	0.0263	2.02	0.0818	2.24	-0.0890	3.62	0.0776	3.54	-0.0423

Tablo 15. Coalinga Depremi altında Model-1 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i> (s)	Değer	<i>t</i> (s)	Değer	<i>t</i> (s)	Değer	<i>t</i> (s)	Değer	<i>t</i> (s)	Değer
<i>Szu_1</i>	3.96	-0.4378	2.02	-0.3721	4.00	-0.3232	2.28	0.2169	2.18	-0.1010
<i>Szu_2</i>	3.96	-0.1283	2.02	-0.1215	4.00	-0.1242	3.62	-0.0937	2.18	-0.0610
<i>Szu_3</i>	3.98	0.0208	2.02	0.0278	3.58	0.0292	3.62	0.0263	2.20	0.0129
<i>Szu_4</i>	4.04	0.2501	2.02	-0.2408	4.00	-0.2234	3.62	-0.1631	2.18	-0.0864
<i>Szu_5</i>	4.04	0.4081	2.02	-0.4145	4.00	-0.4123	3.62	-0.3202	2.18	-0.1878
<i>Szu_6</i>	4.04	-0.1510	2.02	0.1320	4.00	0.1170	3.62	0.0776	2.18	0.0419
<i>Szu_7</i>	4.04	-0.3525	2.02	0.3497	4.00	0.3518	3.62	0.2707	2.18	0.1664
<i>Szu_8</i>	3.96	0.0163	2.04	-0.0129	2.24	0.0250	2.30	0.0275	2.18	-0.0144
<i>Szu_9</i>	4.00	-0.0093	4.06	0.0158	2.24	0.0282	2.30	0.0298	2.18	-0.0193
<i>Szu_10</i>	4.02	-0.0106	4.02	-0.0091	4.10	0.0199	2.30	0.0159	2.18	-0.0110
<i>Szu_11</i>	4.00	-0.0095	4.02	-0.0093	4.10	0.0164	2.30	0.0124	2.18	-0.0092
<i>Szu_12</i>	4.00	-0.0085	4.02	-0.0084	4.10	0.0115	2.30	0.0079	2.18	-0.0067
<i>Szu_13</i>	4.02	-0.0123	4.04	-0.0113	4.04	-0.0124	2.34	0.0057	2.88	0.0043
<i>Szu_14</i>	4.00	-0.0286	4.02	-0.0225	4.02	-0.0276	3.62	-0.0422	2.20	-0.0350
<i>Szu_15</i>	4.02	-0.1301	2.02	0.1830	4.00	0.1955	3.62	0.1872	2.20	0.1125

Coalinga depremi altında Model-1 için istinat duvarı tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 14 ve Tablo 15'te gösterilmektedir. Tablolardan görüldüğü üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar tabanında elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 18a incelendiğinde görülebildiği gibi hem çekme hem de basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S3 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 18b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S3 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 18. Coalinga Depremi altında Model-1 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Gerilme değişimleri irdelenerek maksimum gerilme değerleri ve gerilme-zaman ilişkileri elde edilmiştir. Bu değişimler belirlenen noktalarda x (yatay) doğrultusunda Şekil 19’da ve z (düşey) doğrultusunda Şekil 20’de verilmiştir. Veriler incelendiği zaman üç deprem kaydında da oransal olarak artış/azalış ve büyüklük bakımından farklılıklar olduğu görülmektedir. Tüm tepkilerin zamanla değişimlerini vermek çalışmanın hacmini artıracığından örnek olarak seçilen S1, S4 ve S5 zeminleri için gerilme ve yer değiştirme tepkilerinin değerlendirilmesi sunulmuştur.

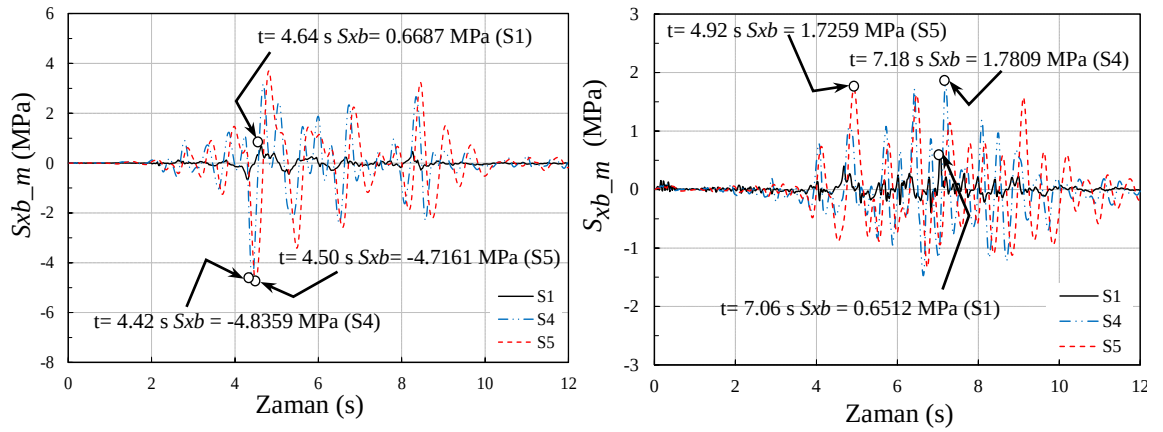
Tablo 16 incelendiğinde görülebildiği gibi farklı zeminlerde gerilmenin yönü değişebilmektedir. Ayrıca genellikle üç deprem yüklemesi için de zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak en büyük gerilmelerde genellikle artış meydana gelmektedir.

Tablo 16. Farklı depremler altında farklı senaryolarda Model-1 için seçilen noktadaki en büyük gerilme değerleri

	Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Deprem Kaydı	Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
Loma Prieta	<i>Szb_m</i>	4.30	-1.6716	4.32	-3.0670	4.36	-4.3055	4.42	-7.5282	4.50	-6.6874
	<i>Sxb_m</i>	4.64	0.6687	4.32	-1.4888	4.36	-2.2155	4.42	-4.8359	4.50	-4.7161
	<i>Szf_m</i>	4.30	1.2347	4.32	2.1824	4.36	2.9403	4.42	4.9960	4.50	4.2105
	<i>Sxf_m</i>	4.30	0.3881	4.32	0.5849	4.36	0.6296	4.42	0.6888	4.52	0.2646
Kobe	<i>Szb_m</i>	7.06	1.4617	6.88	-2.1781	7.10	2.3381	7.18	3.1581	4.94	2.7096
	<i>Sxb_m</i>	7.06	0.6512	6.88	-1.1465	7.10	1.2326	7.18	1.7809	4.92	1.7259
	<i>Szf_m</i>	7.06	-1.0859	6.88	1.5755	7.10	-1.6254	7.18	-2.0840	4.94	-1.7358
	<i>Sxf_m</i>	7.06	-0.3075	6.88	0.3914	7.10	-0.3540	7.18	-0.3611	9.12	-0.1912
Coalinga	<i>Szb_m</i>	4.04	-3.1520	2.02	3.3440	4.00	3.3696	3.62	2.6852	2.18	1.5988
	<i>Sxb_m</i>	4.04	-1.5083	2.02	1.6740	4.00	1.9588	3.62	1.6475	2.18	1.1279
	<i>Szf_m</i>	4.04	2.3385	2.02	-2.4165	4.00	-2.3255	3.62	-1.7932	2.18	-1.0006
	<i>Sxf_m</i>	4.04	0.6638	2.02	-0.6182	4.00	-0.4918	2.28	0.3051	2.18	-0.0857
<i>t</i> : Zaman (s); <i>Szb_m</i> , <i>Sxb_m</i> : Arka yüzde <i>z</i> ve <i>x</i> doğrultularında maksimum gerilmeler (MPa); <i>Szf_m</i> , <i>Sxf_m</i> : Ön yüzde <i>z</i> ve <i>x</i> doğrultularında maksimum gerilmeler (MPa)											

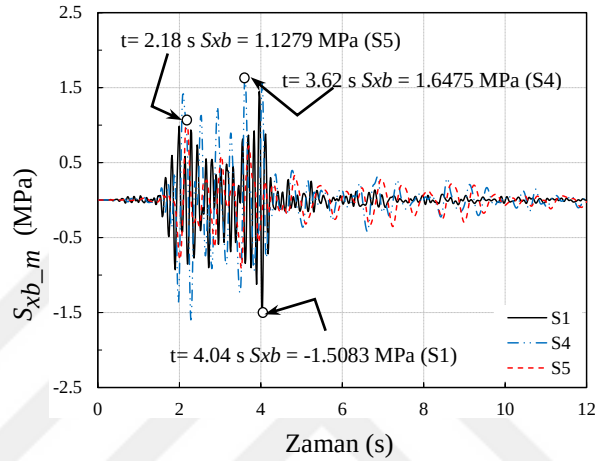
t: Zaman (s); Szb_m, Sxb_m: Arka yüzde z ve x doğrultularında maksimum gerilmeler (MPa); Szf_m, Sxf_m: Ön yüzde z ve x doğrultularında maksimum gerilmeler (MPa)

Şekil 19 incelendiğinde Loma Prieta ve Coalinga depremlerinde en büyük gerilmelerin yön değiştirdiği, Kobe Depreminde ise çekme şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Temel zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak genellikle en büyük gerilmelerde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine örnek olarak Şekil 19a incelendiğinde Loma Prieta Depremi için, S1 temel zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 0.6687 MPa, S4 temel zemininde %623'lük artışla basınç şeklinde 4.8359 MPa, S5 temel zemininde ise S4 temel zeminine göre %3'lük azalışla yine basınç şeklinde 4.7161 MPa olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 19b incelendiğinde de, Kobe Depremi için, S1 temel zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 0.6512 MPa, S4 temel zemininde %174'lük artışla çekme şeklinde 1.7809 MPa, S5 temel zemininde ise S1 temel zeminine göre %165'lik artışla yine çekme şeklinde 1.7259 MPa olduğu görülmektedir. Coalinga Depremi için, S1 temel zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 1.5083 MPa, S4 temel zemininde %9'luk artışla çekme şeklinde 1.6475 MPa, S5 temel zemininde ise S1 temel zeminine göre %25'lik azalışla yine çekme şeklinde 1.1279 MPa olduğu görülmektedir (Şekil 19c). Etkileşime bağlı olarak maksimum tepkilerin oluş zamanları da; S1 zemini için Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.64 s-7.06 s-4.04 s, S4 temel zemini için 4.42 s-7.18 s-3.62 s, S5 temel zemini için ise 4.50 s-4.92 s-2.18 s'dir.



a) Loma Prieta Depremi altında Model-1

b) Kobe Depremi altında Model-1

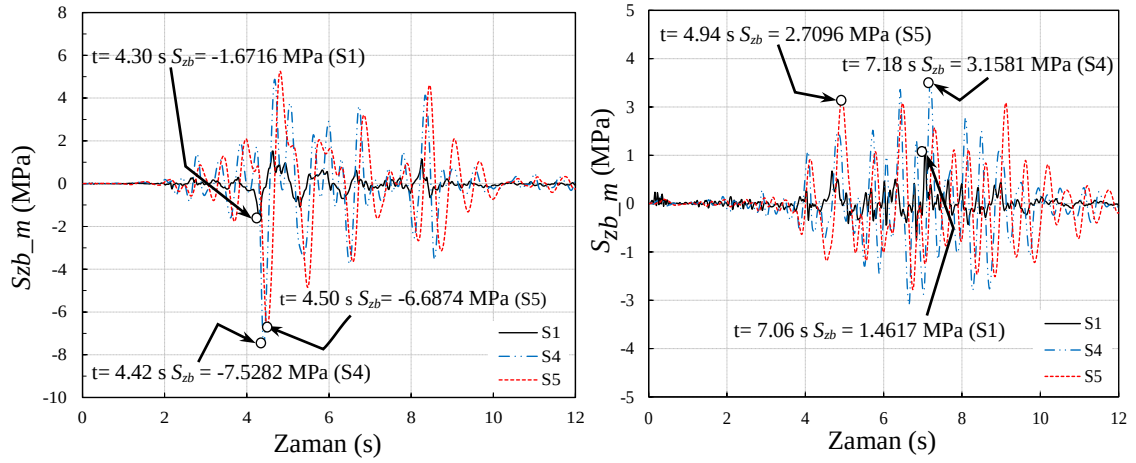


c) Coalinga Depremi altında Model-1

Şekil 19. Model-1 istinat duvarı için gövde plağı arka yüz x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

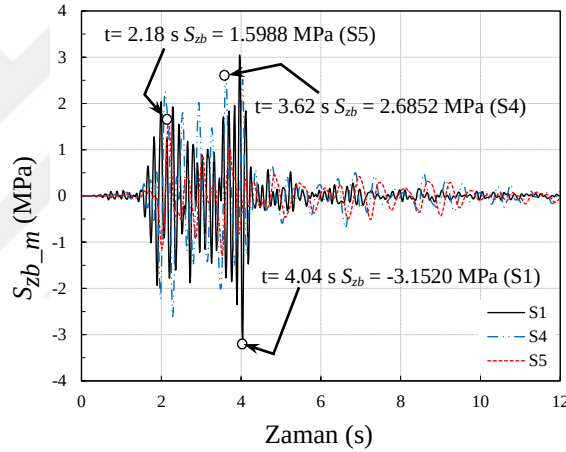
Temel zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak genellikle en büyük gerilmelerde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine örnek olarak Şekil 20a incelendiğinde Loma Prieta Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 1.6716 MPa, S4 zemininde %350'lik artışla basınç şeklinde 7.5282 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %300'lük artışla yine basınç şeklinde 6.6874 MPa olduğu görülmektedir. Şekil 20b'de Kobe Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 1.4617 MPa, S4 zemininde %116'lık artışla çekme şeklinde 3.1581 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %85'lik artışla yine çekme şeklinde 2.7096 MPa olduğu görülmektedir. Şekil 20c'de Coalinga Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 3.1520 MPa, S4 zemininde %15'lik azalışla çekme şeklinde 2.6852 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %49'luk azalışla yine çekme şeklinde 1.5532 MPa olduğu görülmektedir. Ayrıca etkileşime bağlı olarak maksimum tepkilerin oluş zamanları da, S1 zemini için Loma Prieta Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.30 s-7.06 s-4.04 s'dir. S4 zemini için bu süreler, Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla

4.42 s-7.18 s-3.62 s'dir. S5 zemini için ise bu süreler, Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.50 s-4.94 s-2.18 s'dir.



a) Loma Prieta Depremi altında Model-1

b) Kobe Depremi altında Model-1



c) Coalinga Depremi altında Model-1

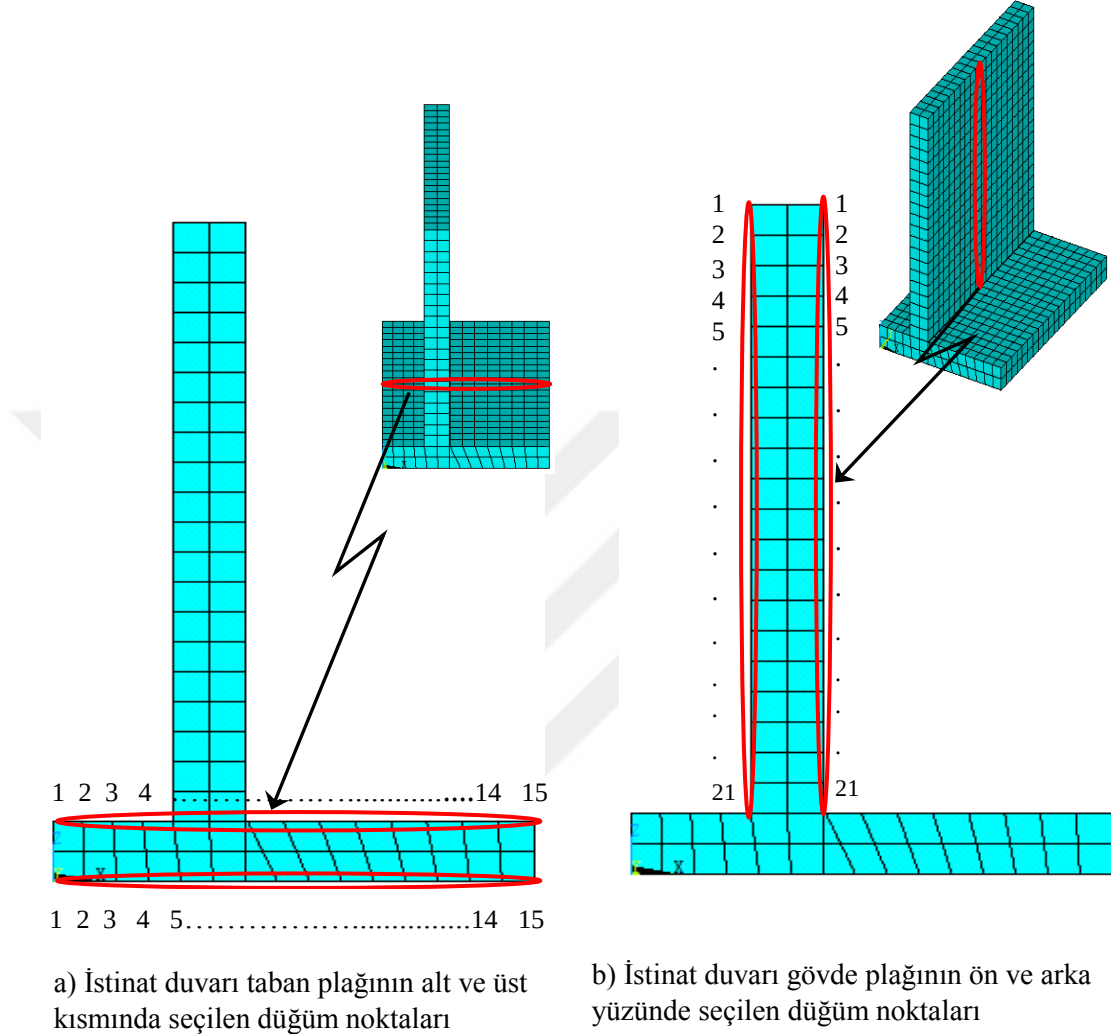
Şekil 20. Model-1 istinat duvarı için taban plağı arka yüz z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

Yapılan incelemeler doğrultusunda nispeten daha düşük rijitliğe sahip temel zeminlerinin meydana gelen dinamik tepkileri genellikle büyütebildiği, kimi zaman ise bu tepkilerde azalmalara sebep olabildiği görülmektedir. Bu husus, yer hareketi ile bölgesel saha koşullarının karşılıklı etkileşim içerisinde olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

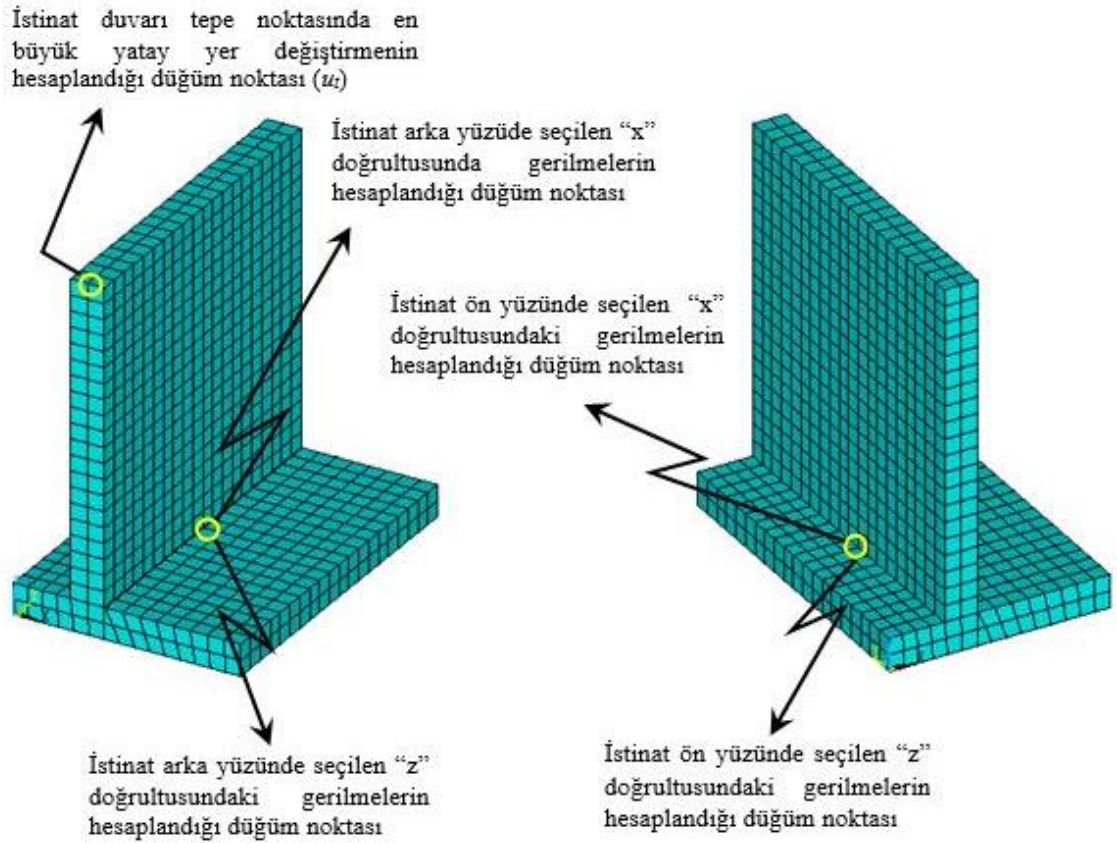
2.6. H=6.6 m (Model-2) İstinat Duvarı İçin Sismik Analiz

6 m gövde plağı yüksekliğine sahip konsol istinat duvarı için sayısal model aracılığıyla beş farklı zemin ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak çözümlemeler gerçekleştirilmiştir. İstinat duvarının taban plağının alt ve üst kısmında seçilen hatlar ile

gövde plağının ön ve arka yüzlerinde seçilen hatlar boyunca tüm düğüm noktalarında meydana gelen tepkiler incelenmiştir ve incelenen bu düğüm noktaları Şekil 21’de gösterilmiştir.



Şekil 21. Model-2 istinat duvarı incelenen düğüm noktaları



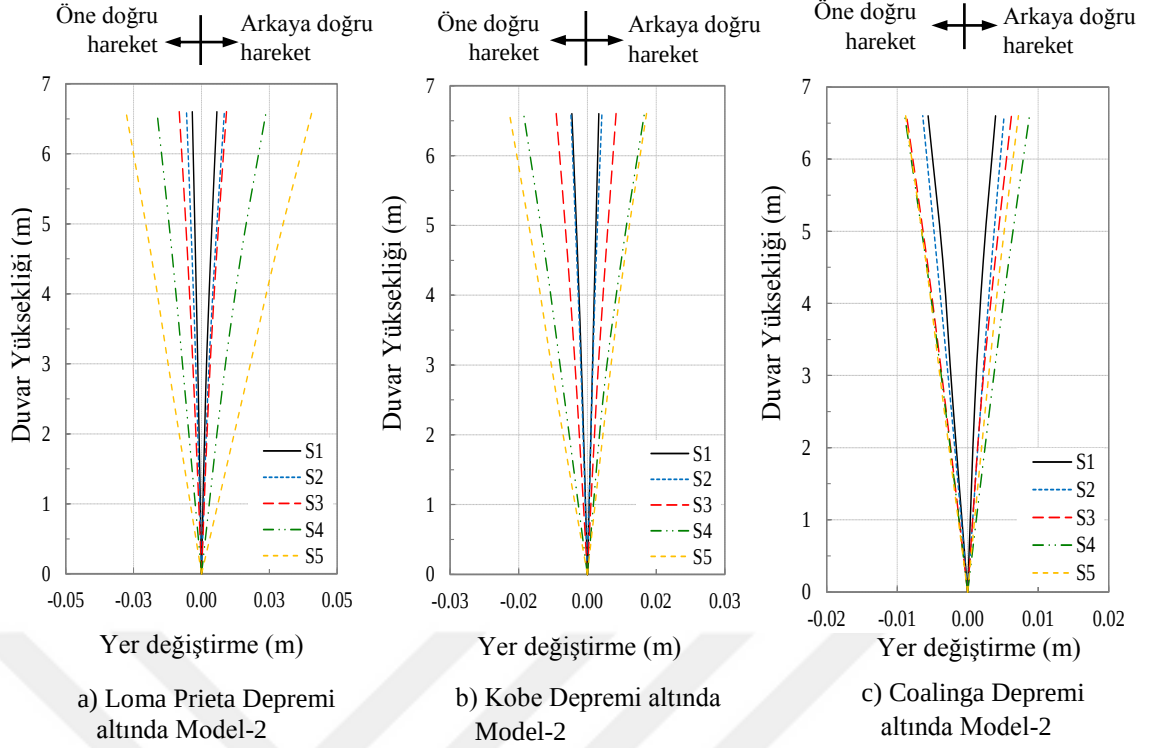
Şekil 22. Model-2 üzerinde gerilmelerin elde edilmesi için seçilen düğüm noktaları

2.6.1. Model-2 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

Model-2 istinat duvarının beş farklı temel zemini ve üç farklı deprem kaydı için en büyük rölatif tepe yer değiştirmeleri Tablo 17’de verilmektedir. Ayrıca dikkate alınan temel zemini ve yükleme koşulları için duvar rölatif yer değiştirmelerinin yükseklik boyunca değişimi Şekil 23’te verilmektedir. Tablo 17’den görüldüğü üzere farklı zeminlerde en büyük rölatif yer değiştirmenin yönü değişebilmektedir. Ayrıca genellikle üç deprem yüklemesi için de zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak duvar tepe rölatif yer değiştirmelerinde genellikle artış meydana gelmektedir.

Tablo 17. Model-2 için farklı deprem kayıtlarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Deprem Kaydı	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t
Loma Prieta	4.32	0.0057	4.34	0.0085	4.36	0.0092	4.42	0.0238	4.52	0.0407
Kobe	7.06	-0.0034	7.10	-0.0036	7.10	-0.0068	7.20	-0.0140	6.50	-0.0170
Coalinga	3.98	-0.0056	2.02	-0.0064	4.00	-0.0087	3.64	-0.0089	2.20	-0.0088

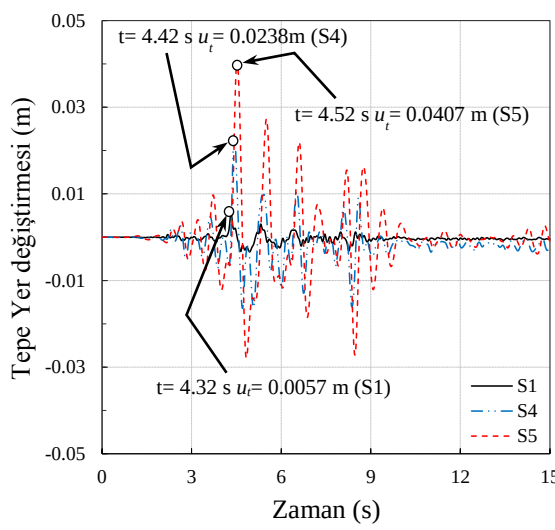


Şekil 23. Model-2 istinat duvarı için yükseklik boyunca elde edilen yatay yer değiştirmeler

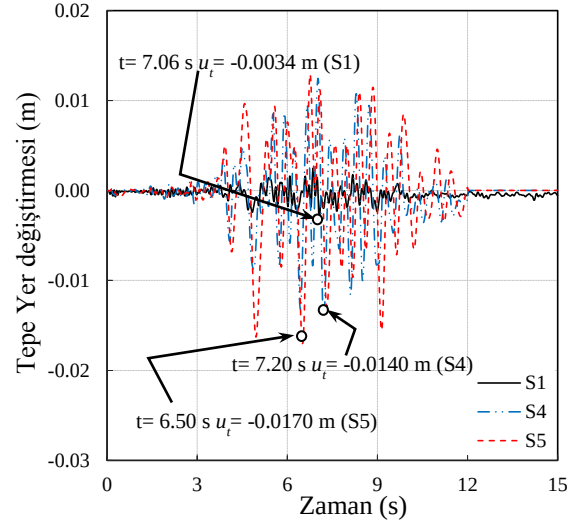
Yükseklik boyunca meydana gelen değişimlerden, duvar sismik tepkisinin zemin şartları ve deprem kaydı değişiminden oldukça etkilendiği görülmektedir. Örneğin Şekil 23a incelendiğinde, Model-2'nin yükseklik boyunca yer değiştirmelerinin zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak önemli ölçüde artış gösterdiği görülmektedir. Duvarın her iki yöne doğru da elde edilen en büyük rölatif yer değiştirmelerinin, en düşük rijitliğe sahip S5 temel zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilimin Kobe deprem yüklemesi altında da açık bir şekilde görüldüğü ve en büyük yer değiştirmelerin öne doğru hareketle S5 temel zemininde elde edildiği anlaşılmaktadır (Şekil 23b). Duvarın en büyük yer değiştirmelerinin elde edildiği hareket yönleri dikkate alındığında Şekil 23a ve Şekil 23b'de temel zeminlerinin değişimine bağlı olarak rölatif yer değiştirmelerde büyüklük bakımından farklılıklar gösterdiği dikkat çekmektedir. Diğer yandan Şekil 23c incelendiğinde S3, S4 ve S5 temel zeminlerinde elde edilen yer değiştirmelerin önemli ölçüde birbirine yakınlaştığı ve rölatif yer değiştirmeler arasındaki farkın neredeyse kapandığı görülmektedir.

Yatay yer değiştirme tepkilerinin zamana göre değişimi Şekil 24'de gösterilmektedir. Şekil 24a ve Şekil 24b'den sırasıyla görülebildiği gibi, maksimum rölatif yer değiştirme, Loma Prieta ve Kobe deprem yüklemeleri için en düşük zemin rijitliğine sahip S5 temel zemininde meydana gelirken, Şekil 24c'de Coalinga deprem

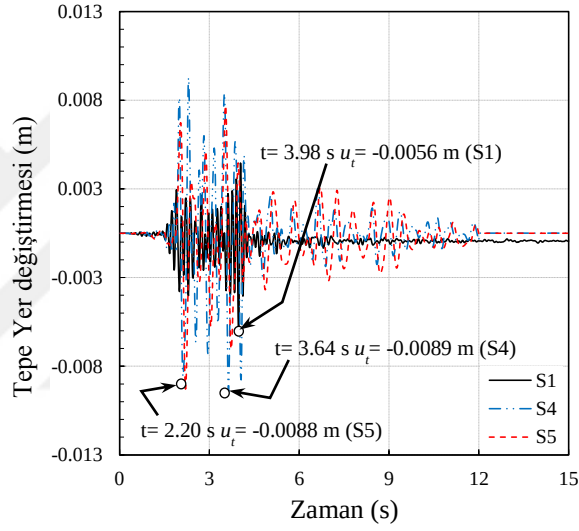
yüklemesi altında S4 temel zemininde meydana gelmiştir. Kobe ve Coalinga depremlerinde en büyük yatay yer değiştirmeler arkaya, Loma Prieta Depremi'nde ise öne doğru gerçekleşmektedir. Temel zeminindeki değişime bağlı olarak rölatif yer değiştirmelerdeki genel değişimi daha detaylı olarak görebilmek için Şekil 24a incelendiğinde, Loma Prieta Depremi için maksimum yer değiştirme değeri en yüksek rijitlikli S1 temel zemininde arkaya doğru 0.0057 m iken, bu değer S4 temel zemininde %318'lik bir artışla arkaya doğru 0.0238 m, S5 temel zemininde ise S1 temel zeminine göre %614 oranında bir artışla yine arkaya doğru 0.0407 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Rölatif yer değiştirmelerin temel zemininin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak gösterdiği artış eğilimini Şekil 24b'yi inceleyerek yeniden görmek mümkündür. Bu bağlamda Şekil 24b incelendiğinde Kobe Depremi için maksimum yer değiştirme S1 temel zemininde öne doğru 0.0034 m iken bu değer S4 temel zemininde %311 oranında bir artışla öne doğru 0.0140 m olarak gerçekleşmekte ve bu artma eğilimi zemin rijitliğinin azalmasıyla devam ederek S5 temel zemini için yine öne doğru 0.0170 m olarak hesaplanmaktadır. Örneklerden rahatlıkla görülebildiği gibi zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak genellikle duvar tepe rölatif yer değiştirmelerinde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine bir diğer örnek olarak Şekil 24c'yi de göstermek mümkündür. Coalinga Depremi için en büyük yatay yer değiştirme değeri S1 temel zemininde öne doğru 0.0056 m iken, bu değer S4 temel zemininde öne doğru 0.0089 m, S5 temel zemininde ise S4 temel zeminine göre %1 oranında bir azalışla yine öne doğru 0.0088 m olarak gerçekleşmektedir (Şekil 24c). Maksimum yer değiştirme tepkilerin gerçekleşme zamanı ise S1 zemini için Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 3.98~7.06 s, S4 temel zemini için 3.64~7.20 s ve S5 temel zemini için 2.20~6.50 s'dir.



a) Loma Prieta Depremi altında Model-2



b) Kobe Depremi altında Model-2



c) Coalinga Depremi altında Model-2

şekil 24. Model-2 istinat duvarı için tepe yer değiştirmelerinin zamanla değişimi

2.6.2. Model-2 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Beş farklı zemin ve üç farklı deprem kaydı için etkileşimin gerilmeler üzerindeki etkisini irdeleyebilmek üzere gövde plağı arka/n yüzü ve taban plağı st/alt kısmında seçilen düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler Tablo 18~29'da detaylı olarak sunulmaktadır. Ayrıca gerilmelerin gövde plağı ve taban plağı boyunca değişimleri şekil 25~30'de gösterilmektedir.

Tablo 18. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	4.54	-0.1274	4.32	-0.0527	4.30	-0.0490	4.42	-0.0383	4.52	-0.0704
S_{xb_2}	4.32	-0.0292	4.30	-0.0124	2.46	-0.0014	4.38	-0.0155	4.52	-0.0694

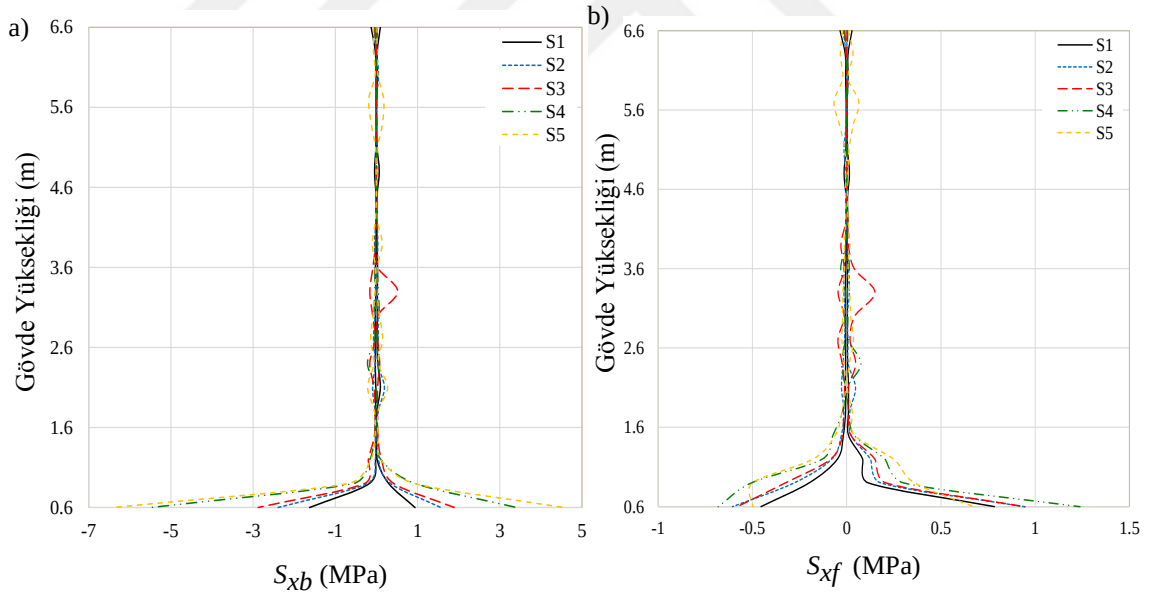
Tablo 18. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{xb_3}</i>	4.30	0.0258	4.32	0.0487	2.44	0.0008	4.32	-0.0020	5.60	0.0381
<i>S_{xb_4}</i>	4.48	-0.0092	4.32	-0.0072	2.46	0.0022	4.32	0.0142	4.46	-0.1861
<i>S_{xb_5}</i>	4.42	0.0057	0.28	-0.0012	0.42	-0.0073	4.32	-0.0024	8.44	0.1496
<i>S_{xb_6}</i>	4.56	0.0159	4.34	0.0061	0.30	-0.0030	4.46	0.0006	4.50	0.0332
<i>S_{xb_7}</i>	5.22	0.0687	0.28	0.0019	0.30	0.0014	4.66	0.0004	4.50	-0.0054
<i>S_{xb_8}</i>	4.56	0.0161	4.70	-0.0222	4.90	0.0066	4.44	0.0013	4.50	0.0008
<i>S_{xb_9}</i>	4.54	-0.0110	4.60	0.0145	8.28	-0.0154	4.70	0.0036	4.48	-0.0221
<i>S_{xb_10}</i>	4.62	0.0156	4.60	-0.0478	4.66	-0.0206	4.80	0.0247	4.48	0.1408
<i>S_{xb_11}</i>	4.74	0.0268	4.60	-0.0260	4.38	-0.0847	4.62	-0.0357	4.48	-0.0239
<i>S_{xb_12}</i>	4.90	0.0229	4.60	-0.0204	4.38	0.5179	4.62	0.0473	4.76	-0.0308
<i>S_{xb_13}</i>	4.74	-0.0248	4.62	0.0352	4.38	-0.0910	2.92	0.0677	4.50	-0.0816
<i>S_{xb_14}</i>	4.74	-0.0190	4.62	-0.0726	4.36	0.0350	4.64	-0.0442	4.50	0.1527
<i>S_{xb_15}</i>	4.74	0.0349	4.62	-0.0283	4.36	-0.1600	4.42	-0.2182	4.50	-0.0621
<i>S_{xb_16}</i>	5.10	0.0963	4.32	0.0194	4.66	-0.0559	4.44	0.0236	4.52	0.2744
<i>S_{xb_17}</i>	4.68	-0.0192	4.62	0.0434	4.66	-0.0304	4.66	-0.0134	4.52	-0.0469
<i>S_{xb_18}</i>	4.56	0.0259	4.60	-0.0310	4.66	-0.0464	8.36	-0.0498	4.76	0.0454
<i>S_{xb_19}</i>	4.56	-0.0169	4.32	0.0439	4.36	-0.1948	4.44	-0.1597	4.54	-0.1393
<i>S_{xb_20}</i>	4.32	0.2987	4.34	0.3405	4.36	0.4192	4.44	0.9464	4.52	0.9255
<i>S_{xb_21}</i>	4.32	-1.6251	4.34	-2.3938	4.36	-2.8784	4.42	-5.4833	4.52	-6.4151

Tablo 19. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca *x* doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{xf_1}</i>	4.54	-0.0351	4.32	-0.0190	4.30	-0.0139	4.42	-0.0098	4.52	-0.0214
<i>S_{xf_2}</i>	4.56	-0.0077	4.28	-0.0033	4.30	-0.0012	4.32	-0.0045	8.46	-0.0336
<i>S_{xf_3}</i>	4.30	0.0076	4.32	0.0067	4.30	0.0015	4.38	-0.0014	4.52	-0.0206
<i>S_{xf_4}</i>	4.54	-0.0031	4.32	0.0027	2.46	0.0005	4.32	0.0034	4.46	-0.0670
<i>S_{xf_5}</i>	4.52	-0.0030	4.32	-0.0041	0.40	-0.0010	4.32	0.0009	4.46	-0.0359
<i>S_{xf_6}</i>	5.22	0.0049	4.34	-0.0147	4.38	-0.0020	4.46	-0.0009	4.50	0.0118
<i>S_{xf_7}</i>	5.22	0.0148	4.34	-0.0032	4.90	0.0008	4.46	-0.0010	4.50	0.0072
<i>S_{xf_8}</i>	5.22	0.0048	4.70	-0.0044	4.38	-0.0019	4.44	-0.0021	4.50	-0.0052
<i>S_{xf_9}</i>	4.56	0.0063	4.80	-0.0029	4.36	0.0052	4.62	0.0015	4.50	0.0070
<i>S_{xf_10}</i>	4.54	-0.0034	4.60	-0.0066	4.38	-0.0311	4.64	-0.0068	4.48	0.0160
<i>S_{xf_11}</i>	4.62	-0.0054	4.60	-0.0132	4.38	0.0401	4.44	-0.0317	4.76	-0.0101
<i>S_{xf_12}</i>	4.62	-0.0069	4.34	-0.0151	4.38	0.1501	2.62	-0.0068	4.50	-0.0200
<i>S_{xf_13}</i>	4.74	-0.0063	4.60	-0.0076	4.38	0.0423	4.64	-0.0098	4.50	0.0210
<i>S_{xf_14}</i>	4.74	-0.0064	4.32	-0.0120	4.36	-0.0467	4.42	0.0106	4.50	0.0358
<i>S_{xf_15}</i>	4.62	-0.0060	4.62	-0.0194	4.36	0.0475	4.42	0.0760	4.50	0.0137
<i>S_{xf_16}</i>	5.10	0.0099	4.32	0.0468	4.66	-0.0121	5.02	-0.0084	4.74	-0.0059
<i>S_{xf_17}</i>	4.56	0.0095	4.34	0.0170	4.66	-0.0191	4.42	-0.0216	4.52	0.0293
<i>S_{xf_18}</i>	4.32	-0.0176	4.34	-0.0287	4.36	-0.0226	4.44	-0.0732	4.52	-0.0609
<i>S_{xf_19}</i>	4.32	0.0847	4.34	0.1257	4.36	0.1496	4.44	0.2025	4.52	0.2482
<i>S_{xf_20}</i>	4.32	-0.1987	4.34	-0.2782	4.36	-0.3252	4.44	-0.5050	4.52	-0.4994
<i>S_{xf_21}</i>	4.32	0.7836	4.34	0.9438	4.36	0.9461	4.44	1.2377	4.56	0.6747

Loma Prieta depremi altında Model-2 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkileri Tablo 18 ve Tablo 19’da gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüz üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar gövdesi üzerinden elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 25 incelendiğinde duvar gövdesi boyunca elde edilen gerilme değişimleri farklı zeminler için açıkça görülmektedir. Örneğin Şekil 25a’da hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. Diğer yandan en büyük gerilmelerin kritik kesit bölgesinde farklı zemin rijitliklerine bağlı olarak farklı büyüklüklere ulaştığı anlaşılmaktadır. En büyük gerilmenin ise S5 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 25b incelendiğinde açıkça görülebilir. Örneğin, zemin rijitliğindeki azalmaya bağlı olarak en büyük gerilmenin S1,S2 ve S3 zeminlerine kıyasla nispeten düşük zemin rijitliğine sahip S4 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 25. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 20. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{zo_1}</i>	4.38	0.0380	4.30	-0.0434	4.36	-0.1273	4.42	-0.1794	4.50	-0.2556
<i>S_{zo_2}</i>	4.30	0.1211	4.32	0.1685	4.36	0.2315	4.42	0.3344	4.52	0.3558
<i>S_{zo_3}</i>	4.32	0.0296	4.34	0.0353	4.36	0.0400	4.44	0.0551	4.54	0.0501
<i>S_{zo_4}</i>	4.32	-0.1650	4.34	-0.2289	4.36	-0.2533	4.44	-0.4317	4.52	-0.4399

Tablo 20. (Devamı)

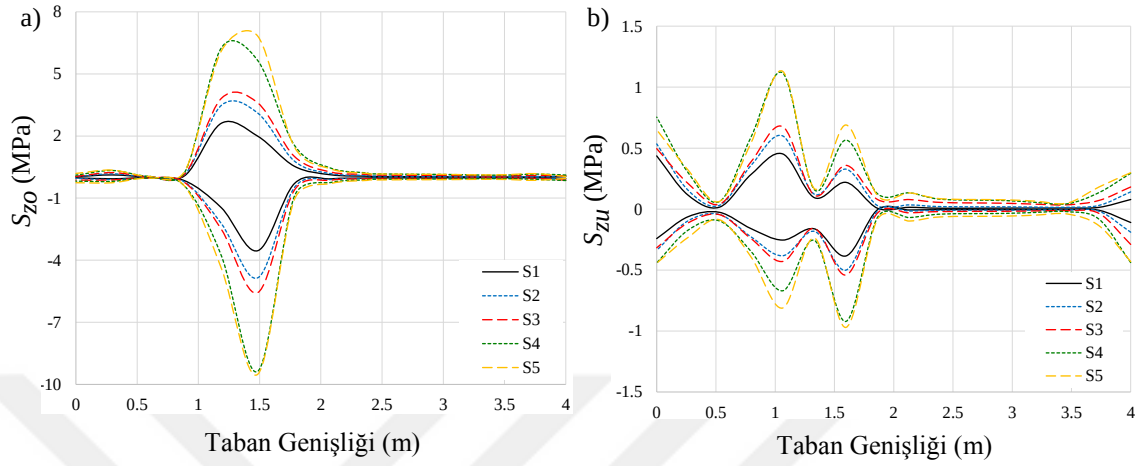
Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{zo_5}</i>	4.32	2.6177	4.34	3.4794	4.36	3.8182	4.44	6.2652	4.52	6.1108
<i>S_{zo_6}</i>	4.32	-3.5377	4.34	-4.8460	4.36	-5.5632	4.44	-9.3574	4.52	-9.5033
<i>S_{zo_7}</i>	4.32	0.5394	4.34	0.7858	4.36	1.0105	4.44	1.5544	4.52	1.4720
<i>S_{zo_8}</i>	4.32	0.1264	4.34	0.1780	4.36	0.2549	4.44	0.4461	4.54	0.4074
<i>S_{zo_9}</i>	4.32	0.0586	4.34	0.0946	4.38	0.1484	4.44	0.2135	4.54	0.1957
<i>S_{zo_10}</i>	4.32	0.0399	4.34	0.0667	4.38	0.1135	4.44	0.1709	4.54	0.1664
<i>S_{zo_11}</i>	4.32	0.0327	4.34	0.0548	4.38	0.0955	4.44	0.1440	4.54	0.1467
<i>S_{zo_12}</i>	4.34	0.0260	4.36	0.0434	4.38	0.0769	4.44	0.1168	4.54	0.1266
<i>S_{zo_13}</i>	4.32	0.0225	4.36	0.0372	4.38	0.0669	4.44	0.1082	4.54	0.1311
<i>S_{zo_14}</i>	4.34	0.0234	4.36	0.0438	4.38	0.0936	4.44	0.1602	4.52	0.1829
<i>S_{zo_15}</i>	4.22	-0.0485	4.32	-0.0753	4.34	-0.1307	4.42	-0.1479	5.24	-0.0453

Tablo 21. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>Szu_1</i>	4.32	0.4364	4.34	0.5341	4.36	0.4956	4.44	0.7540	4.54	0.6503
<i>Szu_2</i>	4.32	0.1158	4.34	0.1564	4.36	0.2107	4.42	0.3012	4.52	0.3222
<i>Szu_3</i>	4.34	-0.0265	4.34	-0.0439	4.36	-0.0457	4.44	-0.0970	4.54	-0.0872
<i>Szu_4</i>	4.32	0.2850	4.34	0.3595	4.36	0.3892	4.44	0.5937	4.54	0.5454
<i>Szu_5</i>	4.32	0.4522	4.34	0.5993	4.36	0.6759	4.44	1.1153	4.52	1.1288
<i>Szu_6</i>	4.32	-0.1619	4.34	-0.1825	4.36	-0.1583	4.44	-0.2567	4.52	-0.2364
<i>Szu_7</i>	4.32	-0.3840	4.34	-0.5001	4.36	-0.5404	4.44	-0.9212	4.52	-0.9697
<i>Szu_8</i>	4.36	0.0062	4.36	0.0279	4.38	0.0774	4.44	0.1247	4.54	0.1097
<i>Szu_9</i>	4.34	0.0148	4.36	0.0350	4.38	0.0780	4.44	0.3308	4.54	0.1329
<i>Szu_10</i>	4.36	0.0071	4.36	0.0210	4.38	0.0543	4.46	0.0808	4.54	0.0853
<i>Szu_11</i>	4.36	0.0083	4.36	0.0192	4.40	0.0478	4.46	0.0704	4.56	0.0769
<i>Szu_12</i>	4.36	0.0087	4.38	0.0171	4.40	0.0399	4.46	0.0552	4.56	0.0655
<i>Szu_13</i>	4.36	0.0090	4.38	0.0156	4.40	0.0349	4.48	0.0436	4.56	0.0500
<i>Szu_14</i>	4.34	0.0147	4.36	0.0309	4.38	0.0708	4.44	0.1354	4.52	0.1819
<i>Szu_15</i>	4.30	-0.1100	4.32	-0.1892	4.34	-0.2894	4.42	-0.4384	4.50	-0.4296

Loma Prieta depremi altında Model-2 için istinat duvarı tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 20 ve Tablo 21’de gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar tabanında elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 26 incelendiğinde duvar tabanı boyunca elde edilen gerilme değişimleri farklı zeminler için açıkça görülmektedir. Örneğin Şekil 26a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. Diğer yandan en büyük gerilmelerin kritik kesit bölgesinde farklı zemin rijitliklerine bağlı

olarak farklı büyüklüklere ulaştığı anlaşılmaktadır. En büyük gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 26b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S4 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 26. Loma Prieta Depremi altında Model-2 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

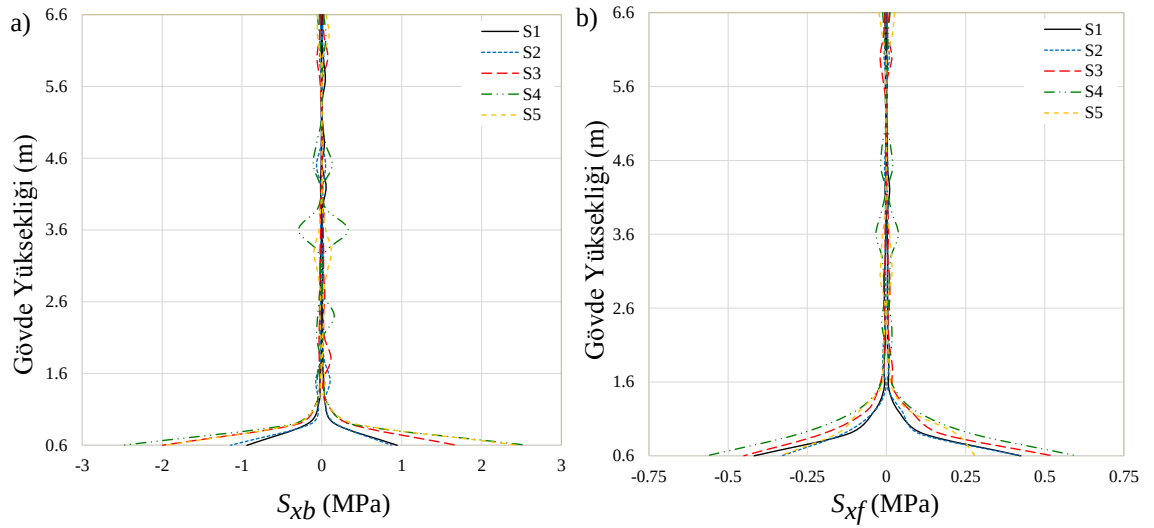
Tablo 22. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	6.98	-0.0126	1.08	-0.0322	3.78	-0.0256	5.52	-0.0547	8.86	-0.0548
S_{xb_2}	6.98	-0.0078	1.08	0.0063	3.02	0.0274	6.70	0.0528	6.50	0.0903
S_{xb_3}	1.28	0.0172	6.36	-0.0302	5.48	0.0749	5.96	0.0195	6.50	-0.0146
S_{xb_4}	1.58	0.0435	0.32	-0.0061	5.44	-0.0245	5.96	-0.0029	3.78	0.0070
S_{xb_5}	0.40	-0.0096	0.32	0.0061	5.42	-0.0055	5.82	-0.0006	4.52	-0.0070
S_{xb_6}	0.42	-0.0044	0.96	-0.0075	3.80	0.0068	7.28	0.0112	4.56	0.0038
S_{xb_7}	0.42	0.0319	7.10	0.0099	0.18	-0.0024	7.28	-0.0665	3.82	0.0016
S_{xb_8}	6.78	-0.0082	7.10	-0.0682	0.18	-0.0030	7.02	0.1302	6.76	-0.0005
S_{xb_9}	6.78	0.0532	4.76	0.0125	0.18	-0.0071	7.02	-0.0176	4.88	0.0019
S_{xb_10}	6.76	-0.0079	6.88	-0.0210	5.52	0.0261	7.02	-0.0508	4.88	-0.0149
S_{xb_11}	4.60	-0.0038	3.68	-0.0136	5.46	0.0178	7.02	0.3313	9.10	0.0487
S_{xb_12}	4.60	0.0114	4.70	-0.0114	5.46	0.0229	7.02	-0.0496	6.76	0.1179
S_{xb_13}	4.72	-0.0214	4.68	0.0055	5.46	0.0223	4.02	-0.0190	9.10	0.0629
S_{xb_14}	4.72	-0.0111	4.68	0.0131	5.46	0.0369	4.76	-0.0276	4.86	-0.0183
S_{xb_15}	4.72	-0.0095	4.68	-0.0287	4.74	-0.0269	4.24	0.1558	5.02	0.0223
S_{xb_16}	4.68	-0.0100	4.68	-0.0219	8.20	-0.0346	4.24	-0.0641	4.98	-0.0124
S_{xb_17}	4.72	-0.0084	4.70	0.0280	8.20	0.1145	4.06	-0.0193	6.46	-0.0092
S_{xb_18}	7.06	-0.0236	6.88	0.1037	4.74	-0.0263	7.18	-0.0601	9.18	0.0415
S_{xb_19}	7.06	0.0387	6.88	-0.0488	5.46	-0.0613	6.46	0.0708	6.76	-0.0579
S_{xb_20}	7.06	-0.1781	6.88	0.1710	5.46	0.3407	7.20	-0.3489	6.76	0.4053
S_{xb_21}	7.06	0.9438	6.88	-1.1439	5.46	-1.9946	7.22	2.5711	4.96	2.4713

Tablo 23. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_1}	6.98	-0.0050	1.08	-0.0045	3.06	0.0094	5.52	-0.0119	6.50	0.0257
S_{xf_2}	6.98	-0.0037	6.86	-0.0023	4.42	-0.0090	7.00	-0.0063	6.50	0.0185
S_{xf_3}	6.98	-0.0029	6.36	0.0090	5.44	-0.0200	5.52	0.0032	3.78	-0.0016
S_{xf_4}	6.98	-0.0030	6.36	0.0018	5.44	-0.0114	6.70	-0.0014	6.50	-0.0025
S_{xf_5}	0.40	-0.0031	6.36	-0.0011	5.46	0.0029	5.80	0.0014	6.50	0.0022
S_{xf_6}	0.42	0.0013	7.10	0.0022	5.46	-0.0015	6.98	-0.0016	4.58	-0.0011
S_{xf_7}	0.42	0.0031	7.10	-0.0029	0.18	-0.0007	7.28	-0.0135	3.78	0.0003
S_{xf_8}	6.76	0.0034	7.10	-0.0061	0.18	-0.0018	7.02	0.0195	9.18	0.0003
S_{xf_9}	6.78	0.0101	7.10	-0.0035	0.18	-0.0015	7.26	0.0035	9.10	0.0028
S_{xf_10}	6.76	0.0028	6.88	0.0058	8.24	0.0046	7.02	0.0168	4.88	-0.0021
S_{xf_11}	4.62	0.0026	4.68	-0.0026	5.46	0.0071	7.02	0.0374	9.12	-0.0123
S_{xf_12}	6.86	0.0042	6.88	-0.0046	5.46	0.0040	7.02	0.0145	6.76	0.0162
S_{xf_13}	7.06	-0.0064	4.70	-0.0041	5.46	0.0106	7.18	0.0094	9.12	-0.0191
S_{xf_14}	7.06	-0.0065	4.70	-0.0043	5.46	0.0104	4.76	-0.0068	4.82	-0.0059
S_{xf_15}	7.06	-0.0051	4.68	-0.0047	5.46	0.0046	5.82	0.0158	4.86	-0.0039
S_{xf_16}	7.04	-0.0041	4.68	-0.0102	8.20	0.0097	4.24	0.0165	6.66	-0.0093
S_{xf_17}	7.06	-0.0082	4.68	-0.0113	6.90	0.0190	6.40	-0.0109	4.92	-0.0100
S_{xf_18}	7.06	0.0081	4.70	0.0049	5.46	-0.0262	6.46	0.0264	9.14	0.0192
S_{xf_19}	7.06	-0.0394	6.88	0.0499	5.46	0.0782	7.20	-0.0997	9.14	-0.0869
S_{xf_20}	6.86	-0.1190	6.88	-0.1357	5.46	-0.1997	7.02	-0.2724	9.14	0.2199
S_{xf_21}	6.86	0.4244	6.88	0.4210	5.46	0.5241	7.04	0.6004	9.14	-0.3365

Kobe depremi altında Model-2 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkileri Tablo 22 ve Tablo 23'te gösterilmektedir. Duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüzü üzerinde artış göstermektedir. Şekil 27a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 27b incelendiğinde açıkça görülebilir. Örneğin, zemin rijitliğindeki azalmaya bağlı olarak en büyük gerilmenin yüksek zemin rijitliğine sahip S2 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 27. Kobe Depremi altında Model-2 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 24. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_1}	7.04	0.0257	5.88	0.0242	5.56	0.0440	7.18	0.1004	6.48	0.1079
S_{zo_2}	7.06	-0.0762	6.88	0.0821	5.46	0.1131	7.20	-0.1688	9.14	-0.1454
S_{zo_3}	6.86	0.0160	6.88	0.0157	5.46	0.0218	7.02	0.0278	9.14	-0.0220
S_{zo_4}	6.86	-0.0945	6.88	-0.1096	5.46	-0.1692	7.02	-0.2223	9.14	0.1810
S_{zo_5}	6.86	1.4756	6.88	1.6390	5.46	2.4486	7.02	3.1956	9.14	-2.5483
S_{zo_6}	6.86	-1.9894	6.88	-2.2646	5.46	-3.5046	7.02	-4.7164	9.14	3.9252
S_{zo_7}	6.86	0.2956	6.88	0.3562	5.46	0.5405	7.02	0.8508	9.14	-0.6546
S_{zo_8}	6.86	0.0584	6.88	0.0715	5.46	0.1256	7.02	0.2013	9.14	-0.1655
S_{zo_9}	6.86	0.0239	6.90	0.0304	5.48	0.0529	7.04	0.0954	9.14	-0.0863
S_{zo_10}	6.86	0.0182	6.90	0.0238	5.48	0.0427	7.04	0.0746	9.14	-0.0732
S_{zo_11}	6.86	0.0155	6.90	0.0202	5.48	0.0368	7.22	-0.0637	9.14	-0.0638
S_{zo_12}	6.86	0.0124	6.90	0.0164	5.48	0.0297	7.22	-0.0523	9.14	-0.0550
S_{zo_13}	6.86	0.0114	6.90	0.0149	5.48	0.0274	7.22	-0.0508	9.14	-0.0564
S_{zo_14}	7.02	0.0130	7.12	-0.0158	5.48	0.0294	7.04	0.0825	9.14	-0.0820
S_{zo_15}	6.96	0.0233	4.70	0.0325	7.08	0.0491	7.20	0.0926	9.22	0.0382

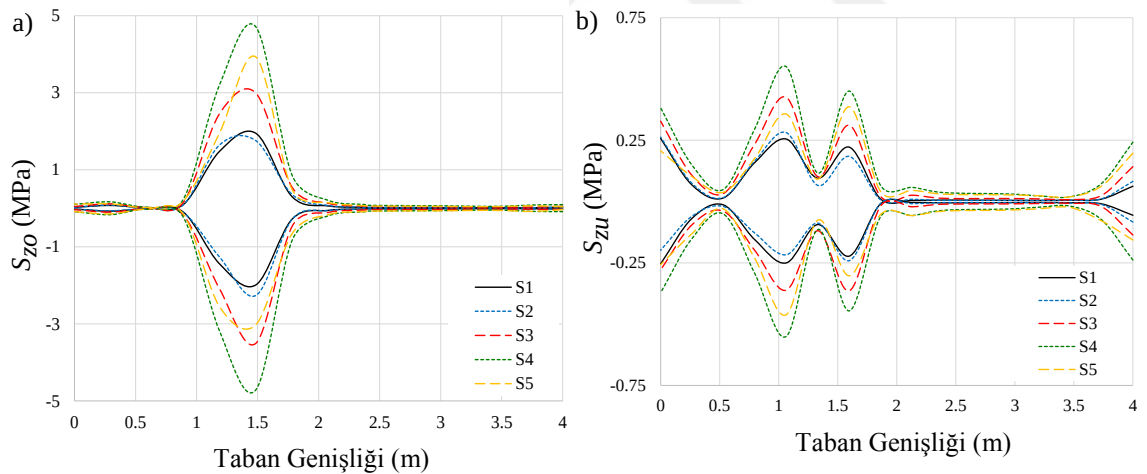
Tablo 25. Kobe Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>Szu_1</i>	6.86	0.2578	6.88	0.2630	5.46	0.3279	7.02	0.3822	9.14	-0.2572
<i>Szu_2</i>	7.06	-0.0699	6.88	0.0758	5.46	0.1078	7.20	-0.1521	9.14	-0.1319
<i>Szu_3</i>	7.08	0.0144	6.90	-0.0199	5.48	-0.0388	7.04	-0.0502	9.14	0.0379
<i>Szu_4</i>	6.86	0.1590	6.88	0.1659	5.46	0.2345	7.02	0.2964	9.14	-0.2315
<i>Szu_5</i>	6.86	0.2551	6.88	0.2813	5.46	0.4254	7.22	-0.5501	9.14	-0.4617
<i>Szu_6</i>	7.06	0.0952	6.88	-0.0879	5.46	-0.1187	7.22	0.1158	9.14	0.0916
<i>Szu_7</i>	6.86	-0.2225	6.88	0.2408	5.46	-0.3640	7.22	0.4504	9.14	0.3865
<i>Szu_8</i>	7.06	0.0100	7.12	-0.0069	5.48	0.0197	7.02	0.0638	9.14	-0.0519
<i>Szu_9</i>	7.02	0.0049	6.90	0.0095	5.48	0.0255	7.04	0.0578	9.14	-0.0573

Tablo 25. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
Szu_{10}	7.04	0.0062	6.44	-0.0047	6.96	0.0129	7.04	0.0362	9.14	-0.0391
Szu_{11}	7.04	0.0051	6.92	0.0052	6.96	0.0121	7.04	0.0310	9.14	-0.0352
Szu_{12}	7.02	0.0048	6.92	0.0050	6.96	0.0107	7.04	0.0233	9.14	-0.0297
Szu_{13}	7.02	0.0057	6.84	-0.0063	5.52	0.0078	7.06	0.0189	9.16	-0.0240
Szu_{14}	7.02	0.0100	7.12	-0.0117	5.48	0.0241	7.22	-0.0731	9.14	-0.0784
Szu_{15}	7.04	0.0626	6.86	-0.0835	7.10	0.1421	7.20	0.2420	6.48	0.1975

Kobe depremi altında Model-2 için istinat duvar tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 24 ve Tablo 25'te gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Şekil 28a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 28b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S4 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 28. Kobe Depremi altında Model-2 için için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Tablo 26. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	4.06	-0.0803	2.02	0.0337	4.00	-0.1011	3.48	-0.0345	3.48	-0.0178
S_{xb_2}	3.40	0.0211	2.02	0.0254	4.00	0.3186	3.48	-0.0279	3.48	-0.0194
S_{xb_3}	3.40	0.0508	2.02	0.0187	4.00	-0.0471	3.48	-0.0213	3.48	-0.0124
S_{xb_4}	3.90	0.0406	2.02	0.0128	1.90	-0.0093	2.12	0.0169	3.50	0.0138
S_{xb_5}	4.04	0.1106	3.54	0.0081	2.20	-0.0094	2.12	0.0132	3.70	0.0504
S_{xb_6}	4.02	0.0323	3.88	-0.0069	2.02	-0.0215	3.88	-0.0109	1.98	0.0096

Tablo 26. (Devamı)

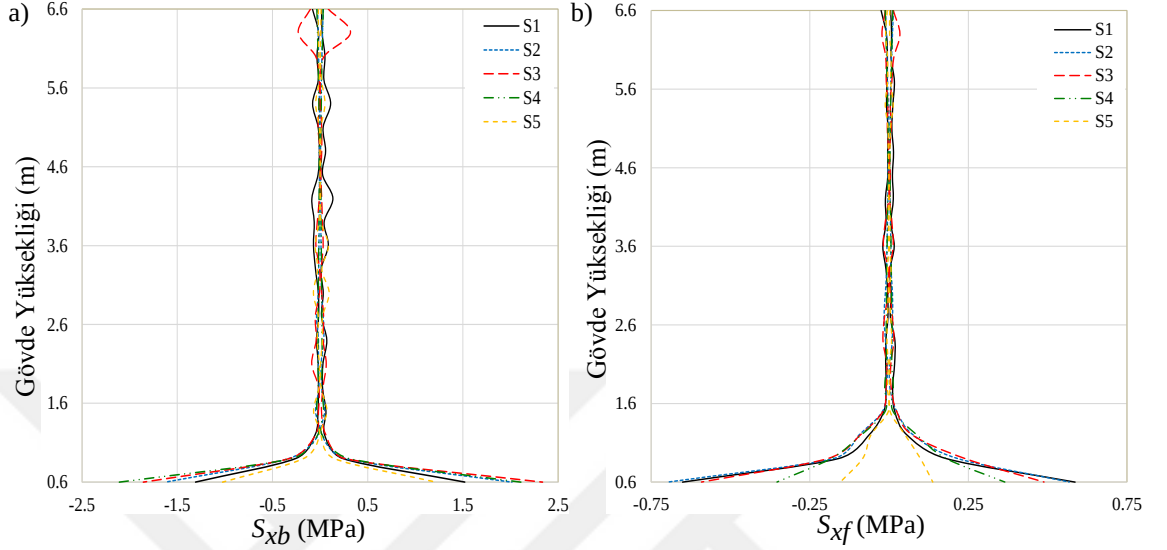
Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{xb_7}</i>	4.02	0.0579	3.86	-0.0071	1.88	0.0166	3.88	-0.0091	1.94	0.0042
<i>S_{xb_8}</i>	3.96	0.0263	3.86	-0.0077	1.90	0.0080	4.02	-0.0079	1.94	-0.0007
<i>S_{xb_9}</i>	3.94	0.1344	3.86	-0.0082	1.90	0.0166	4.02	-0.0104	1.62	0.0020
<i>S_{xb_10}</i>	4.00	-0.0617	2.02	-0.0094	3.60	-0.0302	4.02	-0.0126	2.02	-0.0125
<i>S_{xb_11}</i>	3.98	0.0861	2.02	-0.0122	3.58	-0.0445	4.02	-0.0147	2.02	0.0874
<i>S_{xb_12}</i>	4.00	-0.0481	2.02	-0.0148	3.58	0.0124	4.02	-0.0167	2.02	-0.0259
<i>S_{xb_13}</i>	3.94	0.0331	2.02	-0.0193	2.04	0.0161	4.02	-0.0185	2.02	0.0946
<i>S_{xb_14}</i>	2.42	-0.0157	3.56	-0.0378	3.58	-0.0509	4.02	-0.0201	2.24	0.0250
<i>S_{xb_15}</i>	4.04	0.0704	2.06	0.0387	3.58	-0.0418	4.02	-0.0212	3.52	-0.0308
<i>S_{xb_16}</i>	4.04	0.0301	2.00	-0.0189	2.04	-0.0884	3.62	-0.0241	2.18	-0.0090
<i>S_{xb_17}</i>	4.04	0.0256	2.02	0.0164	2.04	0.0302	4.02	-0.0193	3.52	-0.0120
<i>S_{xb_18}</i>	4.02	0.0616	2.02	-0.0480	2.08	-0.0179	3.62	-0.0383	3.52	0.0712
<i>S_{xb_19}</i>	4.04	-0.0524	3.58	0.0182	4.00	0.0604	2.30	-0.0248	2.02	0.0089
<i>S_{xb_20}</i>	3.96	-0.2552	2.02	-0.3265	4.00	-0.3206	2.30	0.3019	2.20	-0.1725
<i>S_{xb_21}</i>	3.96	1.5205	2.02	2.0149	4.00	2.3372	3.62	2.1095	2.20	1.2194

Tablo 27. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca *x* doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{xf_1}</i>	4.06	-0.0252	2.02	0.0137	4.00	0.0133	3.48	-0.0128	3.48	-0.0062
<i>S_{xf_2}</i>	3.88	-0.0086	2.02	0.0108	4.00	0.0341	3.48	-0.0102	2.16	-0.0110
<i>S_{xf_3}</i>	3.40	0.0061	2.02	0.0079	4.00	0.0147	3.48	-0.0086	3.50	0.0063
<i>S_{xf_4}</i>	3.90	0.0167	2.02	0.0054	4.00	-0.0089	2.12	0.0068	2.38	-0.0050
<i>S_{xf_5}</i>	4.04	0.0187	3.54	0.0040	2.24	-0.0039	2.12	0.0051	3.70	0.0126
<i>S_{xf_6}</i>	4.02	0.0086	3.88	-0.0029	2.02	0.0064	3.88	-0.0041	2.16	0.0039
<i>S_{xf_7}</i>	4.02	0.0139	3.86	-0.0028	3.42	-0.0012	3.88	-0.0032	3.70	-0.0028
<i>S_{xf_8}</i>	3.96	0.0104	3.86	-0.0031	1.90	0.0038	4.02	-0.0035	3.88	-0.0007
<i>S_{xf_9}</i>	3.62	0.0132	2.02	-0.0036	1.90	0.0021	4.02	-0.0046	2.02	-0.0020
<i>S_{xf_10}</i>	3.82	-0.0099	2.02	-0.0052	4.78	-0.0122	4.02	-0.0057	2.02	0.0032
<i>S_{xf_11}</i>	3.94	-0.0198	2.02	-0.0068	3.92	0.0128	4.02	-0.0066	2.18	-0.0014
<i>S_{xf_12}</i>	3.96	-0.0096	2.02	-0.0079	2.02	-0.0025	4.02	-0.0075	2.02	0.0058
<i>S_{xf_13}</i>	2.42	0.0066	2.02	-0.0118	3.58	0.0038	4.02	-0.0084	2.18	-0.0026
<i>S_{xf_14}</i>	4.02	0.0040	2.02	-0.0160	4.00	-0.0145	4.02	-0.0090	2.16	-0.0052
<i>S_{xf_15}</i>	4.04	0.0183	2.02	-0.0113	2.04	-0.0193	4.02	-0.0098	3.52	0.0076
<i>S_{xf_16}</i>	4.04	0.0172	2.00	-0.0046	4.00	-0.0073	4.02	-0.0090	2.18	-0.0029
<i>S_{xf_17}</i>	4.04	0.0111	2.00	-0.0088	4.00	-0.0097	3.62	-0.0142	2.18	-0.0055
<i>S_{xf_18}</i>	3.96	0.0178	2.02	0.0240	4.00	0.0238	2.30	-0.0126	2.18	0.0027
<i>S_{xf_19}</i>	3.96	-0.0634	2.02	-0.0946	4.00	-0.0904	3.62	-0.0878	2.20	-0.0573
<i>S_{xf_20}</i>	3.96	0.1797	2.02	0.2155	4.00	0.2385	2.30	-0.1832	2.20	0.0988
<i>S_{xf_21}</i>	3.98	-0.6514	2.02	-0.6969	4.00	-0.5918	2.30	0.3647	2.22	-0.1538

Coalinga depremi altında Model-2 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkiler Tablo 26 ve Tablo 27’de gösterilmektedir. Tablolardan da görüldüğü üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tüm zeminlerde artış göstermektedir. Şekil 29a incelendiğinde, hem

çekme hem de basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S3 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 29b incelendiğinde açıkça görülebilir, en büyük gerilmenin ise S2 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 29. Coalinga Depremi altında Model-2 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 28. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_1}	4.02	-0.0785	2.08	-0.0551	2.32	0.0525	3.62	0.0533	2.20	0.0592
S_{zo_2}	3.96	-0.1518	2.02	-0.1463	4.00	-0.1424	3.62	-0.1103	2.20	-0.0739
S_{zo_3}	3.98	-0.0246	2.02	-0.0261	4.00	-0.0245	2.30	0.0178	2.20	-0.0098
S_{zo_4}	3.96	0.1497	2.02	0.1848	4.00	0.1980	2.30	-0.1583	2.20	0.0846
S_{zo_5}	3.96	-2.3019	2.02	-2.7617	4.00	-2.8453	2.30	2.2304	2.20	-1.1886
S_{zo_6}	3.96	3.1091	2.02	3.8309	4.00	4.0817	2.30	-3.3286	2.20	1.8626
S_{zo_7}	3.96	-0.4450	2.02	-0.5680	4.00	-0.6287	2.30	0.5028	2.20	-0.2901
S_{zo_8}	4.04	0.1059	2.04	-0.1270	4.00	-0.1290	2.30	0.1284	2.20	-0.0804
S_{zo_9}	4.04	0.0532	2.04	-0.0514	4.02	-0.0552	2.30	0.0613	2.20	-0.0394
S_{zo_10}	4.04	0.0420	2.04	-0.0357	4.02	-0.0431	2.30	0.0490	2.20	-0.0302
S_{zo_11}	4.04	0.0354	2.04	-0.0299	4.02	-0.0363	232	0.0422	2.20	-0.0257
S_{zo_12}	4.04	0.0278	2.04	-0.0235	2.08	-0.0294	2.32	0.035	2.20	-0.0214
S_{zo_13}	4.04	0.0237	2.04	-0.0211	2.08	-0.0269	2.30	0.0336	2.20	-0.0233
S_{zo_14}	4.00	-0.0447	4.02	-0.0311	3.60	-0.0341	3.64	-0.0444	2.20	-0.0404
S_{zo_15}	4.00	0.0472	2.02	0.0415	2.04	0.0558	3.54	-0.0503	3.54	-0.0443

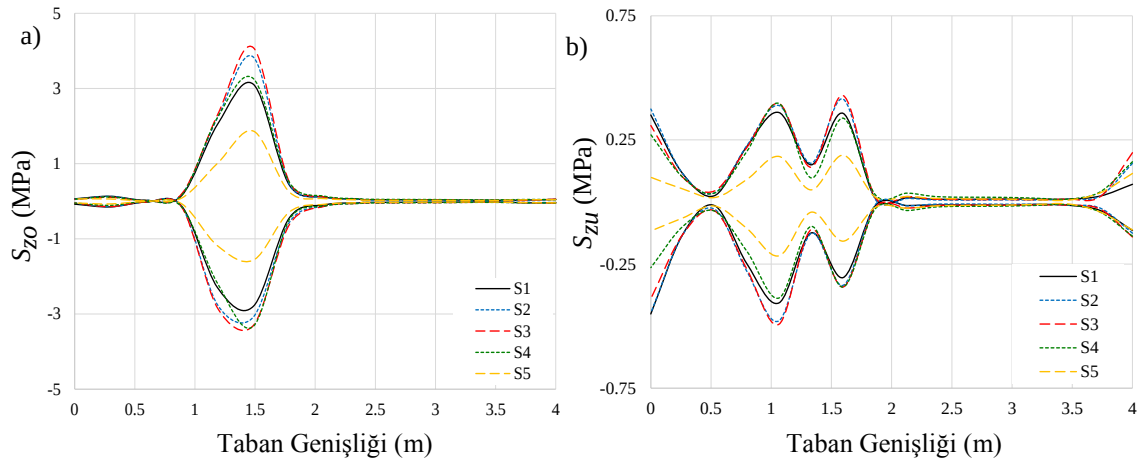
Tablo 29. Coalinga Depremi altında Model-2 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zu_1}	3.96	-0.4511	2.02	-0.4465	4.00	-0.3894	2.30	0.2711	2.20	-0.1167

Tablo 29. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
Szu_2	3.96	-0.1323	2.02	-0.1330	4.00	-0.1318	2.30	0.1003	2.20	-0.0650
Szu_3	3.98	0.0257	2.04	0.0365	4.02	0.0447	2.30	-0.0371	2.20	0.0182
Szu_4	3.96	-0.2483	2.02	-0.2791	4.00	-0.2704	2.30	0.2038	2.20	-0.1067
Szu_5	3.96	-0.4067	2.02	-0.4787	4.00	-0.4928	2.30	0.3972	2.20	-0.2172
Szu_6	3.96	0.1498	2.02	0.1559	4.00	0.1399	2.30	-0.0985	2.20	0.0490
Szu_7	3.96	0.3568	2.02	0.4139	4.00	0.4290	2.30	-0.3427	2.20	0.1887
Szu_8	4.00	-0.0146	4.02	-0.0100	3.60	-0.0216	2.32	0.0287	2.20	-0.0211
Szu_9	4.04	0.0169	2.04	-0.0155	3.60	-0.0245	2.30	0.0357	2.20	-0.0253
Szu_10	4.00	-0.0118	4.02	-0.0081	2.10	-0.0134	2.32	0.0211	2.20	-0.0152
Szu_11	4.00	-0.0119	4.04	-0.0089	2.10	-0.0132	2.32	0.0187	2.20	-0.0128
Szu_12	4.06	0.0114	4.04	-0.0090	2.10	-0.0120	2.32	0.0152	2.20	-0.0099
Szu_13	4.00	-0.0132	4.04	-0.0131	3.64	-0.0123	2.34	0.0117	2.22	-0.0079
Szu_14	4.00	-0.0344	4.02	-0.0247	4.02	-0.0288	3.64	-0.0413	2.20	-0.0406
Szu_15	4.02	-0.1146	2.02	0.1554	4.00	0.1984	3.62	0.1621	2.20	0.1151

Coalinga depremi altında Model-2 için istinat duvar tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 28 ve Tablo 29’da gösterilmektedir. Tablolardan görüldüğü üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar tabanında elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 30a incelendiğinde görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S3 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 30b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S3 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 30. Coalinga Depremi altında Model-2 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Gerilme değişimleri irdelenerek maksimum gerilme değerleri ve gerilme-zaman ilişkileri elde edilmiştir. Bu değişimler belirlenen noktalarda x (yatay) doğrultusunda şekil 31’de ve z (düşey) doğrultusunda şekil 32’de verilmiştir. Veriler incelendiği zaman üç deprem kaydında da oransal olarak artış/azalış ve büyüklük bakımından farklılıklar olduğu görölmektedir. Tüm tepkilerin zamanla değişimlerini vermek çalışmanın hacmini artıracadıından örnek olarak seçilen S1, S4 ve S5 zeminleri için gerilme ve yer değiştirme tepkilerinin değerlendirmeleri sunulmuştur.

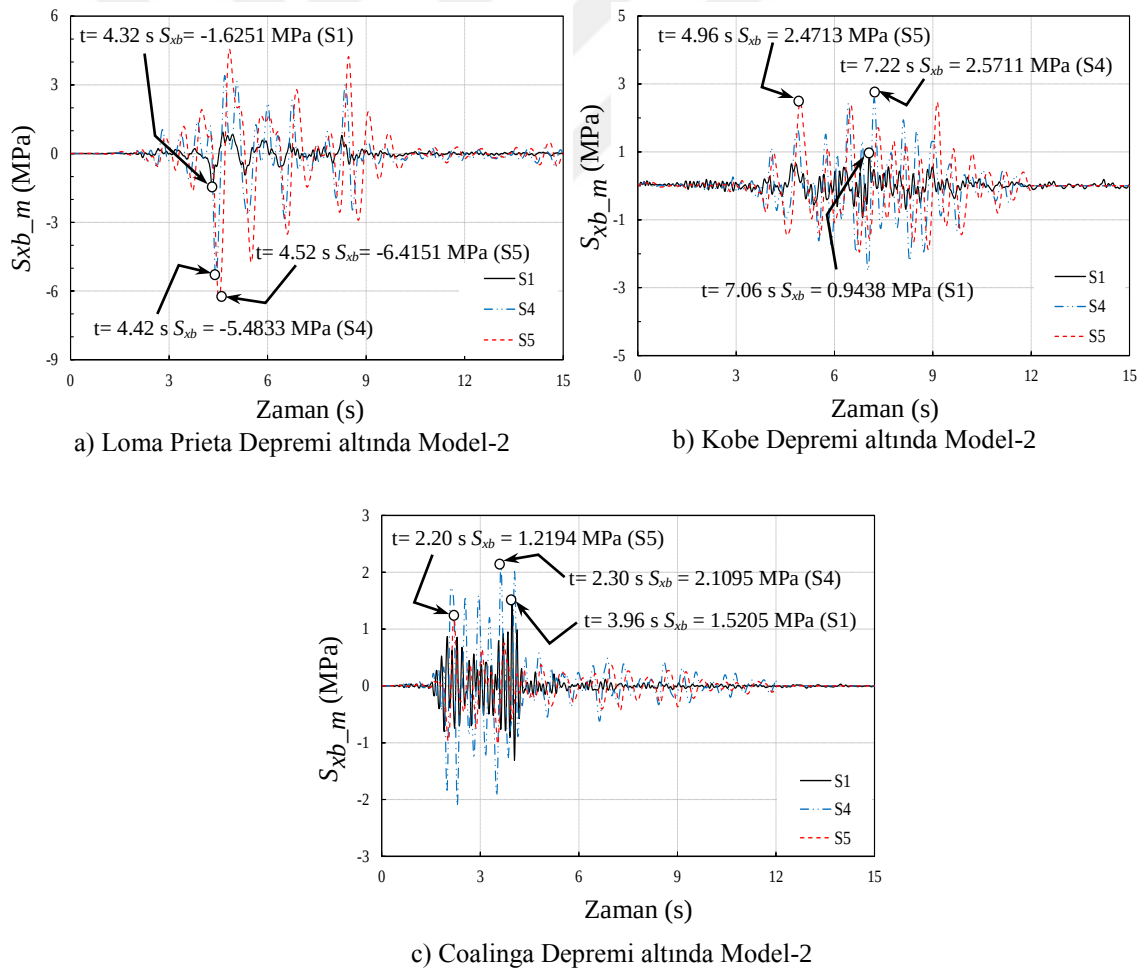
Tablo 30 incelendiğinde görölebildiği gibi farklı zeminlerde gerilmenin yönü değişebilmektedir. Ayrıca genellikle üç deprem yüklemesi için de zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak en büyük gerilmelerde genellikle artış meydana gelmektedir.

Tablo 30. Farklı depremler altında farklı senaryolarda Model-2 için seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri

Deprem Kaydı	Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
	Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
Loma Prieta	<i>Szb_m</i>	4.32	-3.5377	4.34	-4.8460	4.36	-5.5632	4.44	-9.3574	4.52	-9.5033
	<i>Sxb_m</i>	4.32	-1.6251	4.34	-2.3938	4.36	-2.8784	4.42	-5.4833	4.52	-6.4151
	<i>Szf_m</i>	4.32	2.6177	4.34	3.8182	4.36	3.8182	4.44	6.2652	4.52	6.1108
	<i>Sxf_m</i>	4.32	0.7836	4.34	0.9438	4.36	0.9461	4.44	1.2377	4.56	0.6747
Kobe	<i>Szb_m</i>	6.86	-1.9894	6.88	-2.2646	5.46	-3.5046	7.02	-4.7164	9.14	3.9252
	<i>Sxb_m</i>	7.06	0.9438	6.88	-1.1439	5.46	-1.9946	7.22	2.5711	4.96	2.4713
	<i>Szf_m</i>	6.86	1.4756	6.88	1.6390	5.46	2.4486	7.02	3.1956	9.14	-2.5483
	<i>Sxf_m</i>	6.86	0.4244	6.88	0.4210	5.46	0.5241	7.04	0.6004	9.14	-0.3365
Coalinga	<i>Szb_m</i>	3.96	3.1091	2.02	3.8309	4.00	4.0817	2.30	-3.3286	2.20	1.8626
	<i>Sxb_m</i>	3.96	1.5205	2.02	2.0149	4.00	2.3372	3.62	2.1095	2.20	1.2194
	<i>Szf_m</i>	3.96	-2.3019	2.02	-2.7617	4.00	-2.8453	2.30	2.2304	2.20	-1.1886
	<i>Sxf_m</i>	3.98	-0.6514	2.02	-0.6969	4.00	-0.5918	2.30	0.3647	2.22	-0.1538

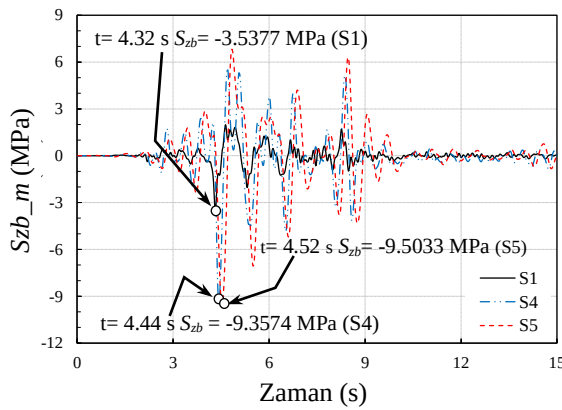
şekil 31 incelendiğinde Loma Prieta Depremi için en büyük gerilmelerin basınç, Kobe ve Coalinga depremleri için ise çekme şeklinde gerçekteştiği görölmektedir. Temel zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak en büyük gerilmelerde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine örnek olarak şekil 31a incelendiğinde Loma Prieta Depremi için S1 temel zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 1.6251 MPa, S4 temel zemininde %237’lük artışla basınç şeklinde 5.4833 MPa, S5 zemininde ise S4 temel zeminine göre yaklaşık %17’lük bir artışla yine basınç şeklinde 6.4151 MPa olduğu görölmektedir. Gerilmelerin temel zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak genellikle en büyük gerilmelerde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine örnek olarak şekil 31b incelendiğinde Kobe Depremi için S1 temel zemininde maksimum gerilmenin çekme

şeklinde 0.9438 MPa, S4 temel zemininde %172'lik artışla çekme şeklinde 2.5711 MPa, S5 temel zemininde ise S1 temel zeminine göre %162'lik artışla yine çekme şeklinde 2.4713 MPa olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 31c incelendiğinde Coalinga Depremi için gerilmelerin en büyük değerleri, S1 zemini için en büyük gerilmenin basınç şeklinde 1.5205 MPa, S4 temel zemininde %39'luk artışla çekme şeklinde 2.1095 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %20'lik azalışla yine çekme şeklinde 1.2194 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca etkileşime bağlı olarak maksimum tepkilerin oluş zamanları da, S1 zemini için Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.32-7.06-3.96 s olarak görülmektedir. S4 zemini için maksimum tepkilerin oluş zamanları Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.42-7.22-3.62 s olarak görülmektedir. S5 zemini için ise maksimum tepkilerin oluş zamanları Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.52-4.96-2.20 s olarak görülmektedir.

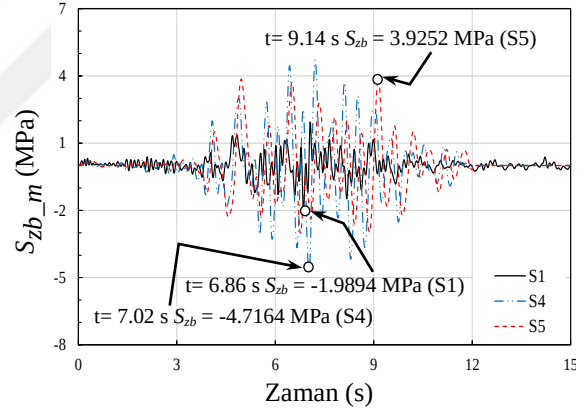


Şekil 31. Model-2 istinat duvarı için gövde plağı arka yüz x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

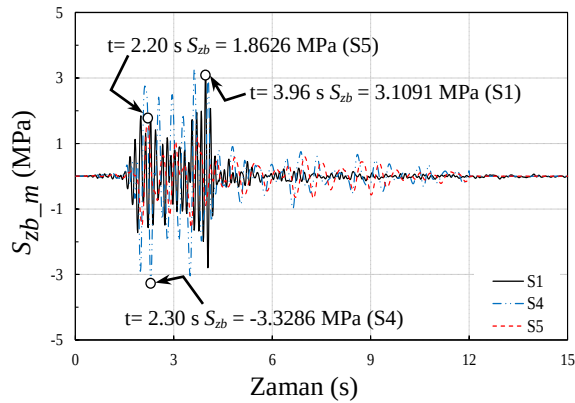
Temel zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak genellikle en büyük gerilmelerde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine örnek olarak Şekil 32a incelendiğinde Loma Prieta Depremi için S1 temel zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 3.5377 MPa, S4 zemininde %165'lik artışla basınç şeklinde 9.3574 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %169'luk artışla yine basınç şeklinde 9.5033 MPa olduğu görülmektedir. Şekil 32b'de Kobe Depremi için S1 zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 1.9894 MPa, S4 zemininde %97'lik artışla basınç şeklinde 4.7164 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %85'lik bir artışla çekme şeklinde 3.9252 MPa olduğu görülmektedir. Şekil 32c'de Coalinga Depremi için S1 zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 3.1091 MPa, S4 zemininde %7'lik artışla basınç şeklinde 3.3286 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %40'luk azalışla çekme şeklinde 1.8626 MPa olduğu görülmektedir. En büyük tepkilerin oluş zamanı ise S1 zemini için 3.96~6.88 s, S4 zemini için 2.30~7.02 s ve S5 zemini için 2.20~9.14 s'dir.



a) Loma Prieta Depremi altında Model-2



b) Kobe Depremi altında Model-2



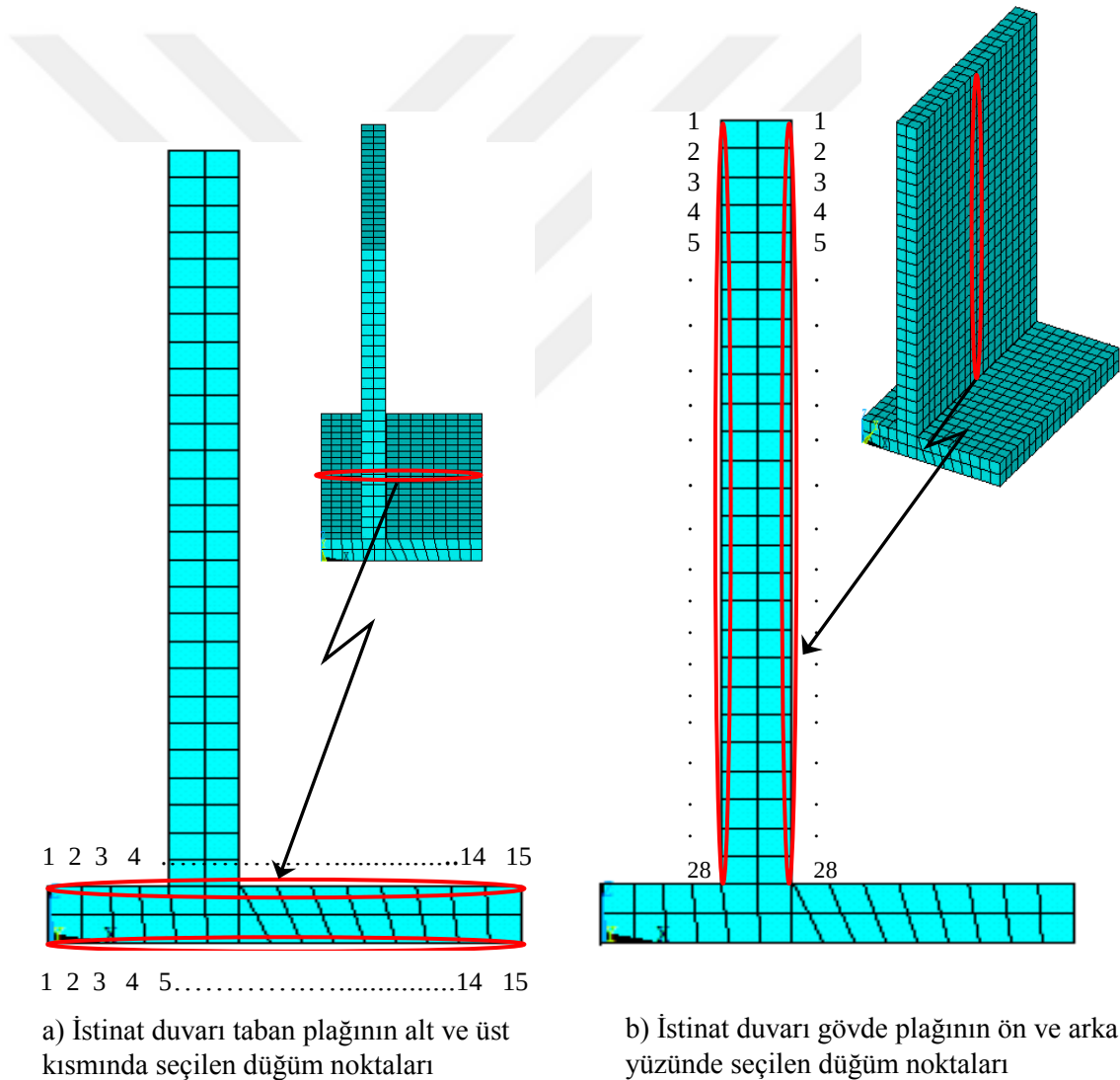
c) Coalinga Depremi altında Model-2

Şekil 32. Model-2 istinat duvarı için taban plağı arka yüz z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

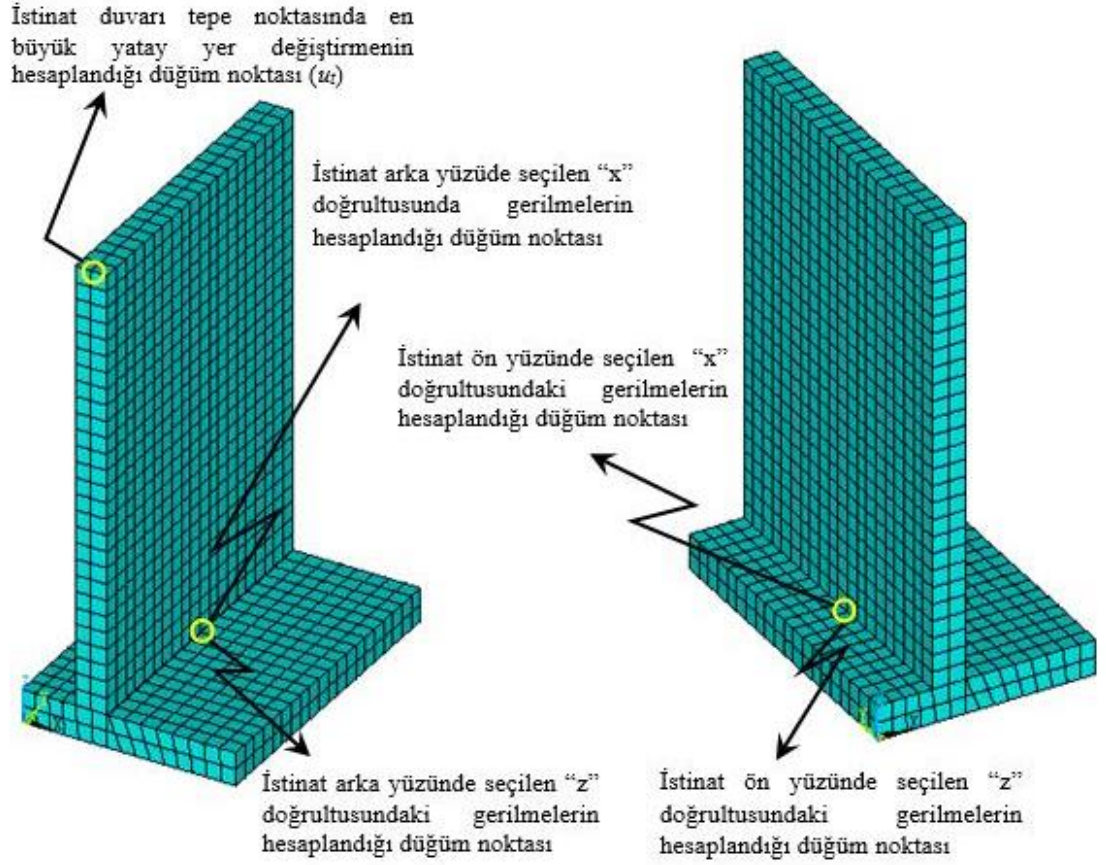
Sunulan veriler ve irdellemeler ışığında, sismik tepkilerin değişimi üzerinde etkileşim olgusunun etkin bir parametre olduğu belirgin bir şekilde görülmektedir.

2.7. H=8.6 m (Model-3) İstinat Duvarı İçin Sismik Analiz

8 m gövde plağı yüksekliğine sahip konsol istinat duvarı için sayısal model aracılığıyla beş farklı zemin ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak çözümlerler gerçekleştirilmiştir. İstinat duvarının taban plağının alt ve üst kısmında seçilen hatlar ile gövde plağının ön ve arka yüzlerinde seçilen hatlar boyunca tüm düğüm noktalarında meydana gelen tepkiler incelenmiştir ve incelemeye konu olan bu düğüm noktaları Şekil 33'te gösterilmiştir.



Şekil 33. Model-3 istinat duvarı incelenen düğüm noktaları



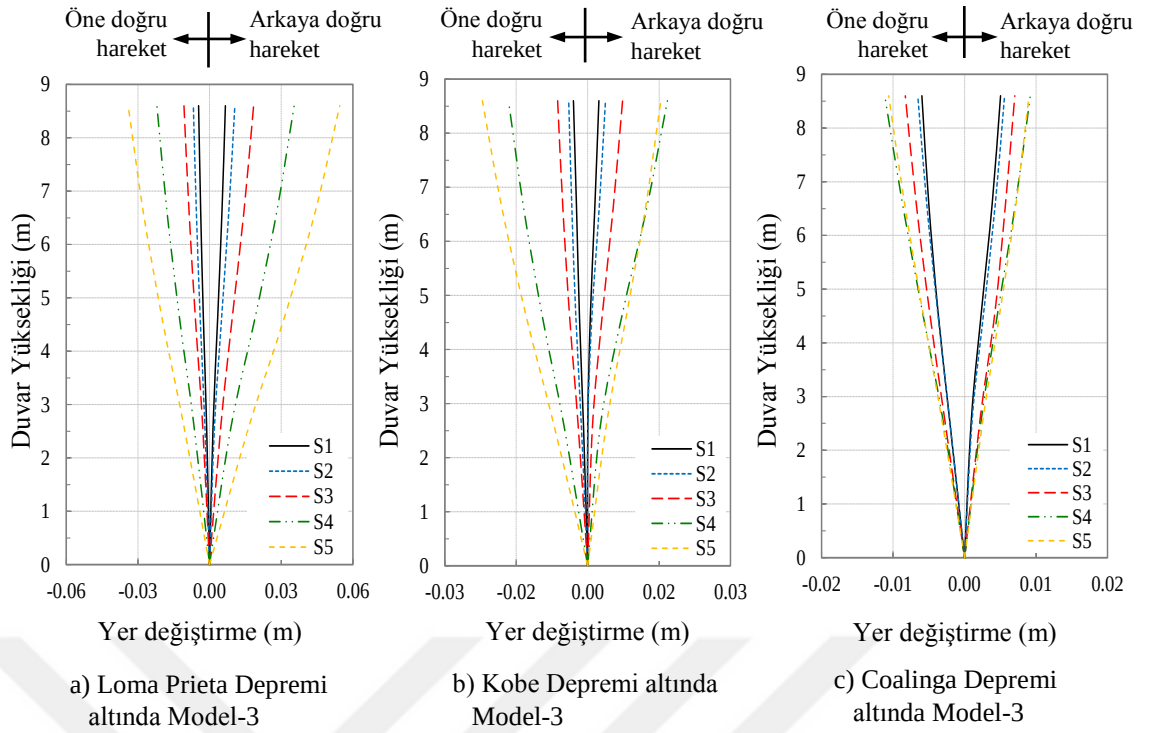
Şekil 34. Model-3 üzerinde gerilmelerin elde edilmesi için seçilen düğüm noktaları

2.7.1. Model-3 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

Model-3 için istinat duvarının beş farklı temel zemini ve üç farklı deprem kaydı için analizlerinden elde edilen en büyük rölatif tepe yer değiştirmeleri Tablo 31’de verilmektedir. Ayrıca dikkate alınan temel zemini ve yükleme koşulları için duvar rölatif yer değiştirmelerinin yükseklik boyunca değişimi, Şekil 35’de verilmektedir. Tablo 31 incelendiğinde görülebildiği gibi farklı zeminlerinde en büyük rölatif yer değiştirmenin yönü değişebilmektedir. Ayrıca genellikle üç deprem yüklemesi için de zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak duvar tepe rölatif yer değiştirmelerinde genellikle artış meydana gelmektedir.

Tablo 31. Model-3 için farklı deprem kayıtlarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Deprem Kaydı	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t
Loma Prieta	4.32	0.0066	4.34	0.0106	4.38	0.0184	4.44	0.0354	4.54	0.0544
Kobe	7.10	-0.0030	6.38	-0.0040	5.48	0.0073	7.04	0.0168	6.52	-0.0221
Coalinga	3.98	-0.0060	2.04	-0.0066	4.02	-0.0083	4.06	-0.0112	2.22	-0.0106

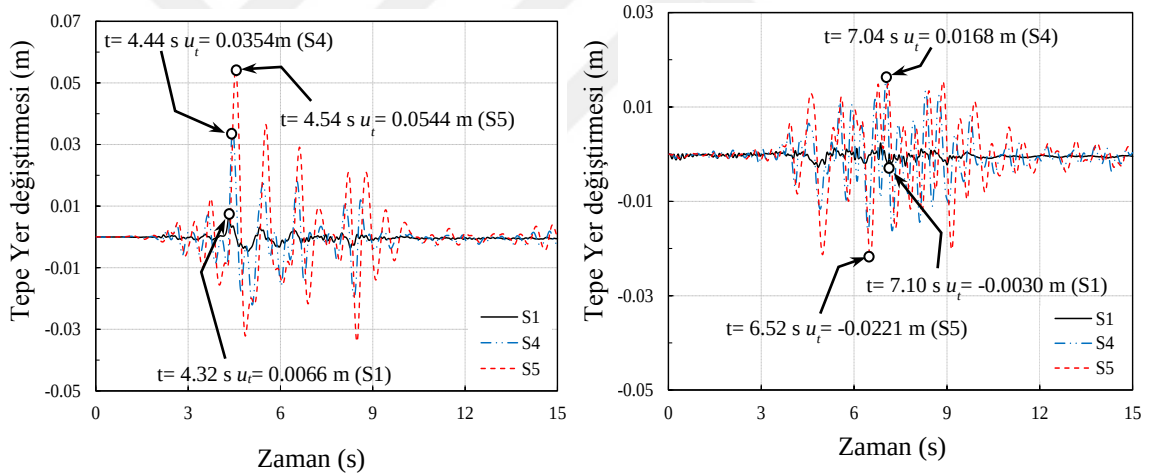


şekil 35. Model-3 istinat duvarı için yükseklik boyunca elde edilen yatay yer değiştirmeler

Yükseklik boyunca meydana gelen değişimlerden, duvar sismik tepkisinin zemin şartları ve deprem kaydı değişiminden oldukça etkilendiği görülmektedir. Örneğin şekil 35a incelendiğinde, Model-3 n yükseklik boyunca yer değiştirmelerinin zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak önemli ölçüde artış gösterdiği görülmektedir. Duvarın her iki yöne doğru da elde edilen en büyük rölatif yer değiştirmelerinin en düşük rijitliğe sahip S5 temel zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilimin Kobe deprem yüklemesi altında da açık bir şekilde görüldüğü ve en büyük yer değiştirmelerin öne doğru hareketle S5 temel zemininde elde edildiği anlaşılmaktadır (şekil 35b). Diğer yandan şekil 35c incelendiğinde en büyük rölatif yer değiştirmelerinin S4 temel zemininde elde edildiği görülmektedir.

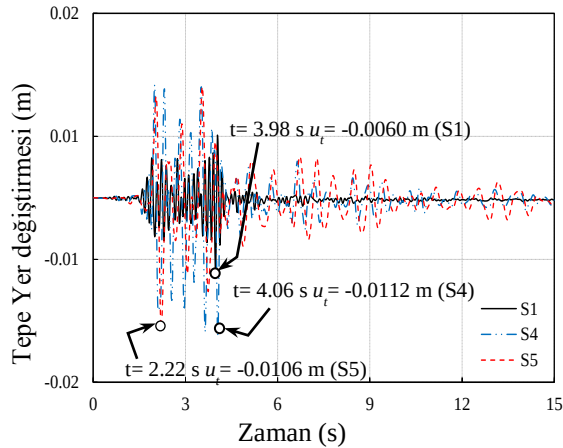
Yatay yer değiştirme tepkilerinin zamana göre değişimi şekil 36'da gösterilmektedir. şekil 36a ve şekil 36b'den sırasıyla görülebildiği gibi, maksimum rölatif yer değiştirme, Loma Prieta ve Kobe deprem yüklemeleri için en düşük zemin rijitliğine sahip S5 temel zemininde meydana gelirken, şekil 36c'de Coalinga deprem yüklemesi altında S4 temel zemininde meydana gelmiştir. Temel zeminindeki değişime bağlı olarak rölatif yer değiştirmelerdeki genel değişimi daha detaylı olarak görebilmek için şekil 36a incelendiğinde, Loma Prieta Depremi için maksimum yer değiştirme değeri en büyük rijitlikli S1 temel zemininde 0.0066 m iken, bu değer S4 zemininde %436'lık artışla 0.0354 m, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %724'lk artışla 0.0544

m olduğu görülmektedir. Rölatif yer değiştirmelerin temel zemininin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak gösterdiği artış eğilimini Şekil 36b inceleyerek yeniden görmek mümkündür. Bu bağlamda Şekil 36b incelendiğinde, Kobe Depremi için maksimum yer değiştirme S1 zemininde 0.0030 m iken bu değer S4 temel zeminde %460'lık artışla 0.0168 m olarak gerçekleşmekte ve bu artma eğilimi zemin rijitliğinin azalmasıyla devam ederek S5 zemini için 0.0221 m olarak hesaplanmaktadır. Örneklerden rahatlıkla görülebildiği gibi zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak genellikle duvar tepe rölatif yer değiştirmelerinde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine bir diğer örnek olarak Şekil 36c'yi de göstermek mümkündür. Coalinga Depremi için en büyük yatay yer değiştirme değeri S1 temel zeminde 0.0060 m iken, bu değer S4 temel zeminde %87 oranında bir artışla 0.0112 m, S5 temel zeminde ise S4 temel zeminine göre %5 oranında bir azalışla 0.0106 m olarak gerçekleşmektedir. Maksimum yer değiştirme tepkilerinin gerçekleşme zamanı ise S1 zemini için 3.98~7.10 s, S4 zemini için 4.06~7.04 s ve S5 zemini için 2.22~6.52 s'dir.



a) Loma Prieta Depremi altında Model-3

b) Kobe Depremi altında Model-3



c) Coalinga Depremi altında Model-3

Şekil 36. Model-3 istinat duvarı için tepe yer değiştirmelerinin zamanla değişimi

2.7.2. Model-3 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Beş farklı zemin ve üç farklı deprem kaydı için etkileşimin gerilmeler üzerindeki etkisini irdeleyebilmek üzere gövde plağı arka/ön yüzü ve taban plağı üst/alt kısmında seçilen düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler Tablo 32~43' te detaylı olarak sunulmaktadır. Ayrıca gerilmelerin gövde plağı ve taban plağı boyunca değışimleri Şekil 37~42' de gösterilmektedir.

Tablo 32. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	4.30	0.0177	4.34	0.1157	4.38	-0.0509	4.46	-0.1433	4.56	0.1296
S_{xb_2}	4.30	0.0542	4.34	-0.1632	4.32	0.0454	4.42	-0.2344	4.56	-0.2334
S_{xb_3}	4.32	-0.0117	4.54	0.0379	5.00	0.1732	4.40	0.0476	4.56	-0.1362
S_{xb_4}	4.46	-0.0142	4.30	0.0099	4.32	0.0311	4.46	-0.0209	4.56	-0.2165
S_{xb_5}	4.46	0.0027	4.34	0.0022	4.32	-0.0120	4.46	-0.0255	4.56	0.0653
S_{xb_6}	0.32	0.0004	4.32	0.0004	4.32	0.0029	4.40	-0.0136	4.52	0.0468
S_{xb_7}	2.18	0.0019	4.66	0.0006	2.46	-0.0008	2.62	0.0054	4.52	-0.1102
S_{xb_8}	2.18	0.0038	4.32	0.0024	4.34	0.0006	2.62	-0.0007	4.54	-0.0420
S_{xb_9}	0.32	-0.0031	4.34	-0.0302	4.34	0.0004	4.74	0.0003	8.46	0.0300
S_{xb_10}	0.32	0.0015	4.34	0.2106	4.34	0.0003	2.18	0.0004	4.54	-0.0190
S_{xb_11}	0.32	0.0044	5.32	-0.0591	4.42	-0.0004	4.44	-0.0022	4.22	0.0173
S_{xb_12}	4.68	0.0020	4.66	-0.0130	4.76	0.0007	4.44	0.0046	4.94	0.0041
S_{xb_13}	4.64	-0.0140	5.08	-0.0095	4.72	0.0034	4.44	-0.0666	4.88	-0.0024
S_{xb_14}	4.70	0.0231	5.08	0.0678	4.72	0.0065	4.44	0.4425	4.52	-0.0126
S_{xb_15}	4.78	0.0117	5.04	0.0350	4.66	0.0113	4.44	-0.1192	4.56	0.0747
S_{xb_16}	4.66	-0.0188	4.64	-0.0126	4.36	-0.0868	4.44	0.3267	4.54	-0.0278
S_{xb_17}	4.32	-0.0470	4.64	-0.0135	4.38	0.0162	4.44	-0.0612	4.54	0.0771
S_{xb_18}	4.80	-0.0207	4.34	-0.1246	4.72	0.0228	5.00	0.0237	4.54	0.1012
S_{xb_19}	4.32	-0.0501	4.64	-0.0151	4.36	0.0998	5.00	-0.0436	4.54	0.1270
S_{xb_20}	4.32	0.0777	4.64	-0.0117	4.36	0.0553	4.44	-0.0745	4.54	0.1257
S_{xb_21}	4.60	0.0152	4.94	-0.0158	4.36	0.0490	4.44	0.4754	4.54	-0.1247
S_{xb_22}	4.62	0.0139	4.94	-0.0139	4.36	0.0486	4.44	0.3606	4.54	0.1750
S_{xb_23}	4.30	0.0576	8.26	-0.0175	4.36	0.0586	4.44	-0.0594	4.54	-0.0999
S_{xb_24}	4.30	0.0268	4.80	0.0144	4.36	0.0848	4.66	-0.0842	5.00	0.0549
S_{xb_25}	4.32	0.0432	4.64	-0.0351	4.66	-0.0229	4.44	0.0606	4.56	0.2734
S_{xb_26}	4.32	-0.0376	4.34	-0.0960	4.38	-0.1156	4.46	-0.1909	4.56	-0.2038
S_{xb_27}	4.32	0.3146	4.34	0.4724	4.38	0.6096	4.44	1.0892	4.56	1.0931
S_{xb_28}	4.32	-1.7716	4.34	-2.3864	4.36	-4.4193	4.44	-6.5178	4.54	-7.4716

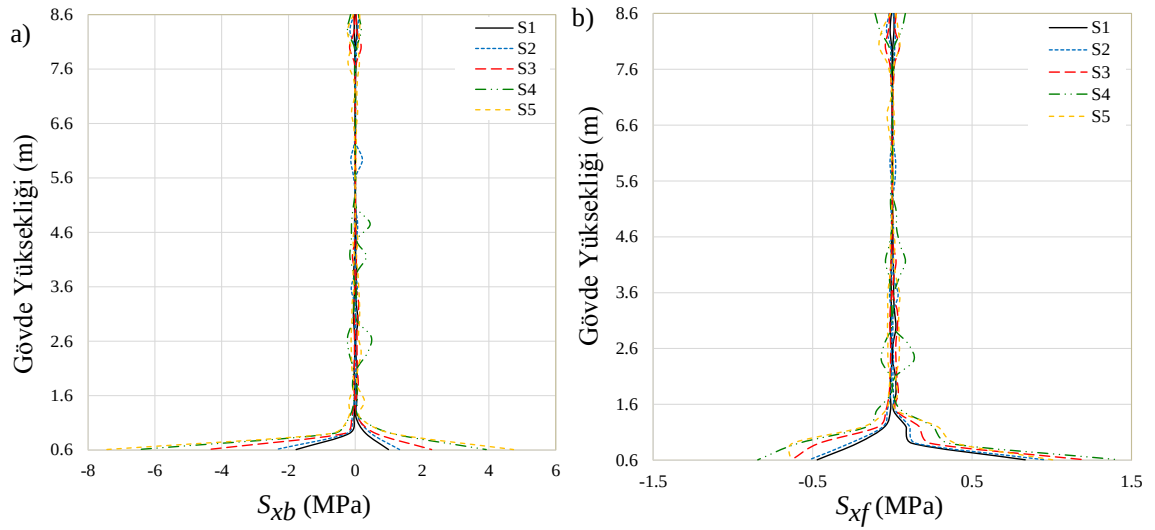
Tablo 33. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_1}	4.30	0.0090	4.32	-0.0189	4.32	0.0241	4.42	-0.1093	4.52	-0.0221
S_{xf_2}	4.32	-0.0145	4.34	-0.0366	4.38	-0.0238	4.42	-0.0799	4.56	-0.0642

Tablo 33. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{xf_3}</i>	4.32	-0.0054	5.34	0.0150	5.00	0.0443	4.48	-0.0224	4.56	-0.0833
<i>S_{xf_4}</i>	4.34	0.0029	4.34	0.0108	4.34	-0.0166	4.54	0.0094	4.54	-0.0326
<i>S_{xf_5}</i>	4.30	-0.0013	4.34	-0.0038	5.00	-0.0091	4.42	-0.0112	4.50	-0.0095
<i>S_{xf_6}</i>	4.34	-0.0061	5.00	0.0006	4.32	-0.0035	4.40	-0.0044	4.50	-0.0059
<i>S_{xf_7}</i>	2.18	0.0009	4.66	-0.0012	4.36	-0.0006	4.40	-0.0016	4.56	-0.0327
<i>S_{xf_8}</i>	0.32	-0.0009	4.34	-0.0060	4.34	-0.0007	4.40	0.0007	4.52	-0.0234
<i>S_{xf_9}</i>	0.32	-0.0009	4.34	0.0091	4.36	-0.0005	4.20	0.0002	4.50	-0.0075
<i>S_{xf_10}</i>	4.24	0.0003	4.34	0.0207	4.34	-0.0004	4.46	-0.0003	4.22	0.0054
<i>S_{xf_11}</i>	4.80	-0.0004	5.32	0.0170	4.14	0.0003	4.44	0.0038	4.22	0.0053
<i>S_{xf_12}</i>	4.70	-0.0010	4.34	-0.0056	4.76	-0.0004	4.44	-0.0120	4.86	-0.0029
<i>S_{xf_13}</i>	4.78	-0.0023	4.66	-0.0071	4.72	-0.0015	4.44	0.0249	4.60	-0.0042
<i>S_{xf_14}</i>	4.62	-0.0044	5.06	0.0068	4.38	-0.0042	4.44	0.0267	4.52	0.0051
<i>S_{xf_15}</i>	4.78	0.0040	4.64	-0.0096	4.36	0.0041	4.44	0.0487	4.52	0.0168
<i>S_{xf_16}</i>	4.32	-0.0072	4.80	0.0064	4.36	0.0226	4.44	0.0823	4.52	0.0082
<i>S_{xf_17}</i>	4.32	0.0094	4.82	-0.0066	4.36	-0.0152	4.44	0.0419	4.54	0.0242
<i>S_{xf_18}</i>	4.62	0.0073	4.34	0.0362	4.64	-0.0040	4.44	-0.0125	4.54	0.0466
<i>S_{xf_19}</i>	4.32	0.0133	4.34	0.0068	4.36	0.0305	4.46	-0.0047	4.54	0.0407
<i>S_{xf_20}</i>	4.32	0.0222	4.34	-0.0049	4.36	0.0311	4.68	-0.0054	4.54	0.0403
<i>S_{xf_21}</i>	4.78	-0.0044	4.64	-0.0057	4.36	0.0214	4.44	0.1002	4.54	0.0445
<i>S_{xf_22}</i>	4.66	-0.0021	4.34	0.0071	4.36	0.0225	4.44	0.1346	4.54	0.0416
<i>S_{xf_23}</i>	4.30	0.0195	4.78	-0.0046	4.36	0.0279	4.42	0.0162	4.52	0.0216
<i>S_{xf_24}</i>	4.30	0.0222	4.64	-0.0109	4.36	0.0372	4.78	0.0088	4.56	0.0330
<i>S_{xf_25}</i>	4.32	-0.0119	4.34	-0.0315	4.38	-0.0403	4.44	-0.0977	4.56	-0.0418
<i>S_{xf_26}</i>	4.32	0.0859	4.34	0.1094	4.38	0.1696	4.44	0.2587	4.56	0.2849
<i>S_{xf_27}</i>	4.32	-0.2189	4.34	-0.0267	4.38	-0.4602	4.44	-0.5896	4.56	-0.6264
<i>S_{xf_28}</i>	4.32	0.8334	4.34	0.9580	4.38	1.2101	4.46	1.4286	4.60	1.0049

Loma Prieta depremi altında Model-3 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkileri Tablo 32 ve Tablo 32' de gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüz üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Şekil 37a'da hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. Diğer yandan en büyük gerilmelerin kritik kesit bölgesinde farklı zemin rijitliklerine bağlı olarak farklı büyüklüklere ulaştığı anlaşılmaktadır. En büyük gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 37b incelendiğinde açıkça görülebilir. Burada zemin rijitliğindeki azalmaya bağlı olarak en büyük gerilmenin S1,S2 ve S3 zeminlerine kıyasla nispeten düşük zemin rijitliğine sahip S4 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 37. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 34. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_1}	4.38	0.0444	4.42	0.0528	4.34	-0.0871	4.40	-0.1681	4.50	-0.2575
S_{zo_2}	4.30	0.1250	4.34	0.1689	4.36	0.2601	4.44	0.3505	4.54	0.3821
S_{zo_3}	4.32	0.0310	4.34	0.0352	4.38	0.0492	4.46	0.0628	4.56	0.0606
S_{zo_4}	4.32	-0.1708	4.34	-0.2270	4.38	-0.3763	4.46	-0.5156	4.56	-0.5215
S_{zo_5}	4.32	2.7237	4.34	3.4708	4.38	5.4689	4.46	7.4125	4.56	7.3149
S_{zo_6}	4.32	-3.6893	4.34	-4.8365	4.38	-7.8287	4.46	-10.9999	4.56	-11.2416
S_{zo_7}	4.32	0.5524	4.34	0.7888	4.38	1.2484	4.46	1.7963	4.56	1.7635
S_{zo_8}	4.32	0.1254	4.34	0.2043	4.38	0.2749	4.46	0.4991	4.56	0.4905
S_{zo_9}	4.32	0.0611	4.34	0.0878	4.38	0.1338	4.46	0.2364	4.56	0.2443
S_{zo_10}	4.32	0.0460	4.36	0.0663	4.38	0.1099	4.46	0.1913	4.56	0.2114
S_{zo_11}	4.34	0.0390	4.36	0.0558	4.40	0.0969	4.46	0.1659	4.56	0.1873
S_{zo_12}	4.34	0.0322	4.36	0.0452	4.40	0.0812	4.48	0.1398	4.56	0.1646
S_{zo_13}	4.32	0.0279	4.36	0.0397	4.40	0.0734	4.46	0.1314	4.56	0.1658
S_{zo_14}	4.34	0.0255	4.36	0.0471	4.40	0.0749	4.46	0.1690	4.56	0.2074
S_{zo_15}	4.54	0.0498	4.32	-0.0774	4.50	0.0760	4.40	-0.0930	4.60	0.0788

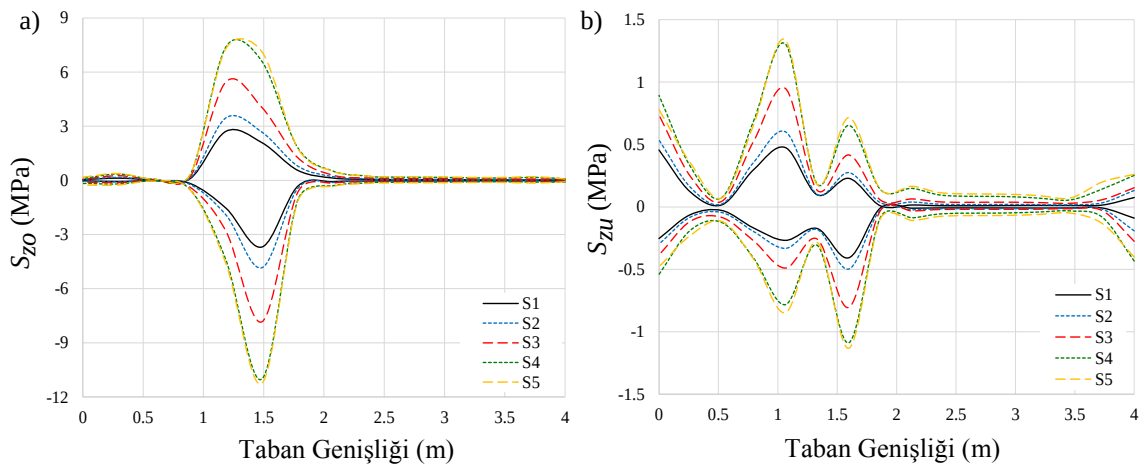
Tablo 35. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zu_1}	4.32	0.4562	4.34	0.5357	4.36	0.7366	4.46	0.8931	4.56	0.7798
S_{zu_2}	4.32	0.1205	4.34	0.1583	4.36	0.2453	4.44	0.3246	4.54	0.3536
S_{zu_3}	4.34	-0.0285	4.36	-0.0448	4.38	-0.0850	4.46	-0.1248	4.58	-0.1168
S_{zu_4}	4.32	0.2992	4.34	0.3579	4.38	0.5274	4.46	0.6911	4.56	0.6598
S_{zu_5}	4.32	0.4756	4.34	0.6016	4.38	0.9486	4.46	1.3048	4.56	1.3377
S_{zu_6}	4.32	-0.1728	4.34	-0.1811	4.38	-0.2574	4.44	-0.3069	4.56	-0.2834
S_{zu_7}	4.32	-0.4070	4.34	-0.4976	4.38	-0.8049	4.44	-1.0890	4.56	-1.1324
S_{zu_8}	4.52	0.0083	4.36	0.0342	4.40	0.0539	4.46	0.1377	4.58	0.1399
S_{zu_9}	4.34	0.0158	4.36	0.0396	4.40	0.0638	4.46	0.1482	4.56	0.1652

Tablo 35. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>Szu_10</i>	4.48	0.0097	4.36	0.0209	4.42	0.0388	4.48	0.0917	4.58	0.1108
<i>Szu_11</i>	4.48	0.0110	4.38	0.0207	4.42	0.0377	4.48	0.0824	4.58	0.1019
<i>Szu_12</i>	4.48	0.0121	4.38	0.0190	4.42	0.0348	4.48	0.0699	4.58	0.0903
<i>Szu_13</i>	4.36	0.0116	4.40	0.0175	4.44	0.0291	4.50	0.0561	4.60	0.0723
<i>Szu_14</i>	4.36	0.0154	4.36	0.0338	4.40	0.0580	4.44	0.1438	4.54	0.2005
<i>Szu_15</i>	4.28	-0.0896	4.32	-0.1913	4.36	-0.2750	4.42	-0.4334	4.50	-0.4012

Loma Prieta depremi altında Model-3 için istinat duvar tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 34 ve Tablo 35'te gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar tabanında elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 38 incelendiğinde duvar tabanı boyunca elde edilen gerilme değişimleri farklı zeminler için açıkça görülmektedir. Örneğin Şekil 38a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. Diğer yandan en büyük gerilmelerin kritik kesit bölgesinde farklı zemin rijitliklerine bağlı olarak farklı büyüklüklere ulaştığı anlaşılmaktadır. En büyük gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 38b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S4 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 38. Loma Prieta Depremi altında Model-3 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Tablo 36. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	5.66	0.0120	4.72	-0.0325	4.82	-0.0424	4.68	0.0786	6.52	0.2436
S_{xb_2}	7.14	-0.0200	5.22	0.0093	4.82	0.1374	4.60	-0.0569	6.52	-0.0702
S_{xb_3}	1.62	-0.0441	0.72	0.0054	4.82	-0.0195	7.00	0.0388	4.66	0.0220
S_{xb_4}	7.00	0.0133	1.54	0.0068	2.22	0.0280	3.86	0.0181	6.50	-0.0273
S_{xb_5}	7.00	-0.1301	1.92	0.0032	6.96	-0.0222	3.86	-0.0026	4.66	-0.0134
S_{xb_6}	7.22	0.0166	4.10	0.0145	6.96	0.1560	1.40	0.0016	6.50	-0.0241
S_{xb_7}	2.24	-0.0071	0.34	-0.0059	6.96	-0.0224	0.30	0.0009	4.56	-0.0210
S_{xb_8}	0.86	0.0361	0.90	0.0125	1.74	0.0096	0.48	0.0009	4.60	-0.0133
S_{xb_9}	2.24	0.0215	6.88	0.0049	0.24	0.0040	6.64	-0.0008	4.60	0.0022
S_{xb_10}	1.72	-0.0307	6.88	-0.0553	6.92	0.0041	8.10	0.0017	0.62	0.0003
S_{xb_11}	1.72	-0.0304	6.88	0.0054	6.92	-0.0558	6.66	-0.0014	0.62	0.0009
S_{xb_12}	7.20	0.0126	0.20	-0.0060	6.92	0.3864	7.02	0.0085	0.64	-0.0030
S_{xb_13}	7.00	-0.0578	6.44	-0.0142	6.92	-0.0556	7.02	-0.1152	4.96	0.0029
S_{xb_14}	7.00	0.4034	4.84	-0.0389	5.46	-0.0713	6.46	-0.1160	4.96	-0.0115
S_{xb_15}	7.00	-0.0576	4.76	-0.0198	4.84	0.0249	7.24	-0.0135	6.76	-0.0236
S_{xb_16}	7.22	0.0224	7.12	-0.0220	4.72	-0.0294	5.00	0.0241	9.14	0.0659
S_{xb_17}	7.22	-0.0450	7.12	0.0164	4.84	-0.0260	7.30	0.0418	9.14	-0.1629
S_{xb_18}	7.22	0.0280	4.76	0.0269	4.84	0.0260	4.98	-0.0241	9.12	0.0267
S_{xb_19}	7.22	-0.0655	4.76	-0.0916	7.08	-0.0563	6.38	-0.0289	5.08	0.0259
S_{xb_20}	4.68	-0.0249	4.76	0.0275	4.92	-0.0291	7.20	-0.0337	9.16	-0.1505
S_{xb_21}	4.68	-0.0144	4.76	0.0135	6.36	0.0193	8.10	-0.0394	9.12	0.0558
S_{xb_22}	4.76	0.0213	0.40	0.0154	4.74	-0.0862	6.50	0.0570	5.02	-0.0162
S_{xb_23}	4.70	0.0269	4.76	0.0116	4.82	-0.0406	5.46	-0.1081	4.92	-0.0173
S_{xb_24}	6.86	0.1553	2.84	0.0114	4.74	-0.0331	6.40	0.0206	4.90	-0.0215
S_{xb_25}	4.70	0.0313	4.72	-0.0137	4.86	-0.0230	7.20	-0.0448	4.96	-0.0307
S_{xb_26}	6.86	0.0704	4.80	0.0225	5.46	0.1651	7.04	-0.1634	9.18	0.0627
S_{xb_27}	7.08	-0.0830	4.88	-0.1013	4.78	-0.1301	7.04	0.3602	4.98	-0.3409
S_{xb_28}	7.08	0.5652	4.72	0.6351	5.48	-1.2646	6.44	2.5790	4.98	2.7329

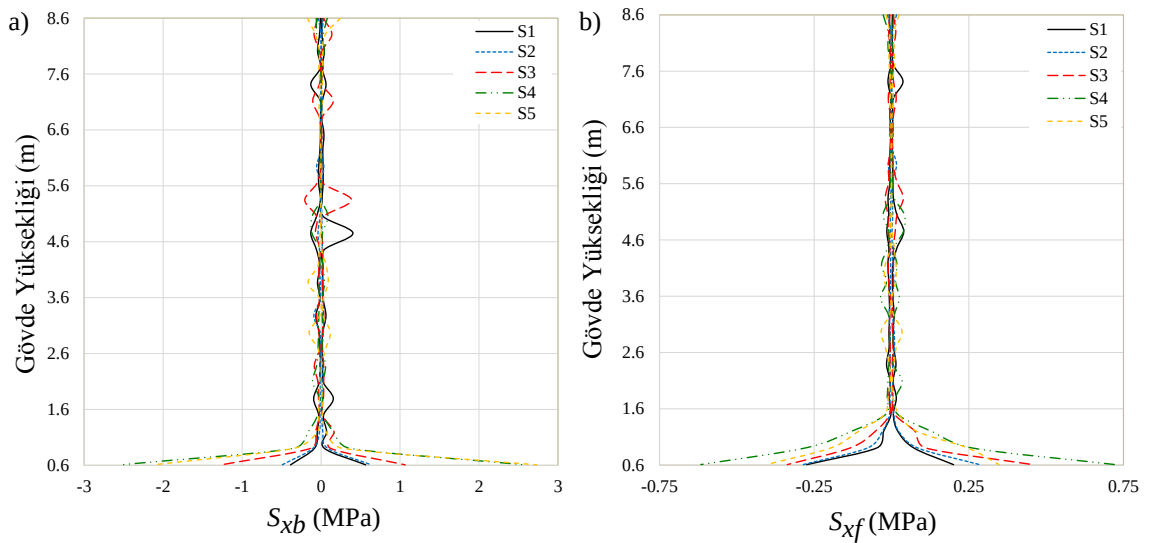
Tablo 37. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı ön yüzü gövde plağı boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_1}	1.64	-0.0074	4.72	0.0162	4.82	0.0058	7.02	-0.0269	6.52	0.0243
S_{xf_2}	7.14	-0.0051	5.22	0.0026	4.82	0.0140	4.60	-0.0116	6.50	0.0086
S_{xf_3}	7.14	-0.0055	0.72	0.0015	4.82	0.0063	6.78	-0.0111	6.50	0.0078
S_{xf_4}	7.00	0.0061	4.72	0.0012	6.96	-0.0046	4.60	0.0059	6.50	0.0102
S_{xf_5}	7.00	0.0372	1.92	0.0008	6.96	0.0067	6.64	0.0021	4.00	0.0026
S_{xf_6}	7.00	0.0063	4.10	0.0014	6.96	0.0153	4.60	-0.0011	6.50	0.0060
S_{xf_7}	7.00	-0.0050	0.34	-0.0015	6.96	0.0069	6.64	0.0005	4.56	-0.0015
S_{xf_8}	0.86	0.0037	6.88	-0.0059	6.96	-0.0046	8.10	-0.0007	4.80	0.0014
S_{xf_9}	7.06	-0.0043	6.88	0.0022	6.92	0.0040	6.64	0.0007	4.60	-0.0010
S_{xf_10}	7.06	-0.0054	6.88	0.0162	6.92	-0.0106	8.10	-0.0019	4.60	0.0004
S_{xf_11}	1.72	-0.0048	6.88	0.0027	6.92	0.0171	7.02	-0.0043	4.96	-0.0003
S_{xf_12}	7.00	-0.0111	6.88	-0.0021	6.92	0.0382	7.02	0.0087	0.64	-0.0008
S_{xf_13}	7.00	0.0175	6.44	0.0040	5.46	0.0181	7.02	0.0417	4.96	-0.0019
S_{xf_14}	7.00	0.0396	4.68	-0.0038	5.46	0.0122	6.66	0.0387	4.96	-0.0042

Tablo 37. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xf_15}	7.00	0.0174	5.10	-0.0048	5.46	0.0063	7.02	-0.0137	6.76	0.0084
S_{xf_16}	7.00	-0.0115	4.76	0.0034	4.84	-0.0104	7.02	-0.0322	9.16	-0.0200
S_{xf_17}	7.38	-0.0085	4.76	0.0077	4.84	-0.0095	7.02	-0.0160	9.14	-0.0218
S_{xf_18}	4.70	-0.0072	4.72	-0.0035	1.66	0.0060	7.02	-0.0354	8.90	-0.0030
S_{xf_19}	7.38	0.0084	4.78	-0.0077	4.72	-0.0057	7.02	-0.0100	6.76	0.0063
S_{xf_20}	4.68	-0.0081	6.88	0.0086	4.84	-0.0066	6.40	-0.0065	8.88	0.0341
S_{xf_21}	4.68	-0.0078	4.76	0.0094	7.08	0.0049	4.78	-0.0062	9.14	-0.0193
S_{xf_22}	6.86	-0.0159	4.68	-0.0044	3.96	-0.0056	7.20	-0.0086	9.18	0.0085
S_{xf_23}	6.86	0.0053	4.76	0.0045	7.08	-0.0054	5.46	0.0346	4.92	-0.0037
S_{xf_24}	6.86	0.0156	4.68	-0.0050	4.74	-0.0085	6.46	-0.0139	4.94	-0.0111
S_{xf_25}	7.00	0.0060	4.70	0.0075	4.82	0.0110	6.46	0.0212	9.16	0.0251
S_{xf_26}	7.08	-0.0255	4.72	-0.0291	5.48	0.0761	7.04	-0.1294	4.98	-0.1065
S_{xf_27}	7.08	0.0724	4.72	0.0844	5.48	-0.1334	7.04	-0.2780	4.98	0.2455
S_{xf_28}	7.08	-0.2744	4.72	-0.2856	5.48	0.4560	7.04	0.7233	9.18	-0.4050

Kobe depremi altında Model-3 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkileri Tablo 36 ve Tablo 37’de gösterilmektedir. Duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüzü üzerinde artış göstermektedir. Şekil 39a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin S5 zemininde elde edildiği görülmektedir. Benzer bir eğilim Şekil 39b incelendiğinde açıkça görülebilir. Örneğin, zemin rijitliğindeki azalmaya bağlı olarak en büyük gerilmenin yüksek zemin rijitliğine sahip S4 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 39. Kobe Depremi altında Model-3 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 38. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

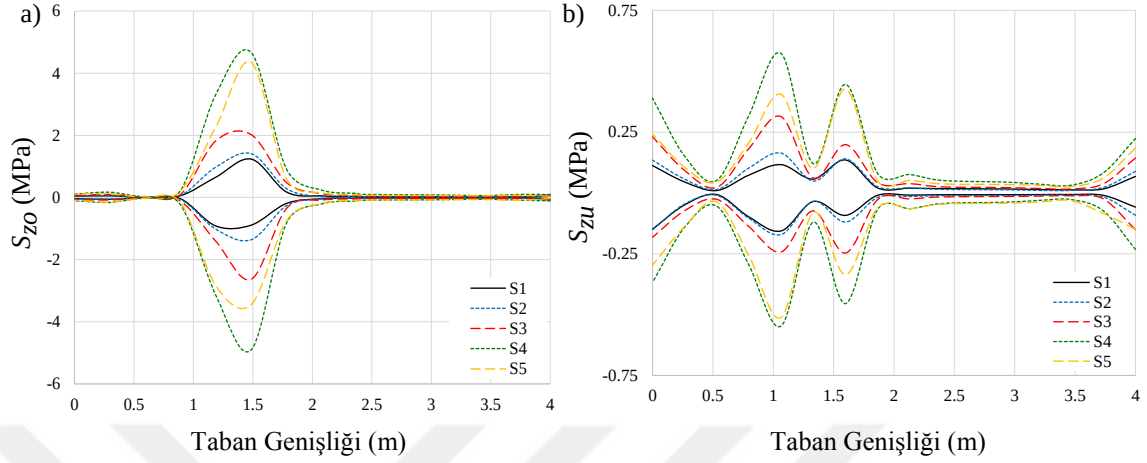
Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
<i>Szo_1</i>	7.04	0.0405	6.86	-0.0465	6.90	-0.0654	7.18	0.1085	6.48	0.1091
<i>Szo_2</i>	7.06	-0.0593	6.88	0.0655	5.46	0.1019	7.02	0.1689	9.14	-0.1518
<i>Szo_3</i>	7.08	-0.0102	6.90	0.0112	5.48	0.0186	7.04	0.0305	9.16	-0.0243
<i>Szo_4</i>	7.08	0.0580	4.88	0.0664	5.48	-0.1210	7.04	-0.2259	4.98	0.2018
<i>Szo_5</i>	7.08	-0.9170	4.88	-1.0195	5.48	1.8221	7.04	3.3118	4.98	-2.8362
<i>Szo_6</i>	7.08	1.2356	4.88	1.4128	5.48	-2.6328	7.04	-4.9040	4.98	4.3503
<i>Szo_7</i>	7.08	-0.1884	6.90	0.2856	5.48	0.4792	7.04	0.9009	9.16	-0.7426
<i>Szo_8</i>	6.86	0.0503	6.38	-0.0445	5.48	0.1252	7.04	0.2324	9.16	-0.1830
<i>Szo_9</i>	6.86	0.0331	6.90	0.0384	5.48	0.0730	7.04	0.1307	9.16	-0.0966
<i>Szo_10</i>	6.88	0.0242	6.90	0.0287	5.48	0.0500	7.04	0.0990	9.16	-0.0826
<i>Szo_11</i>	7.00	0.0202	6.90	0.0233	5.48	0.0406	7.04	0.0893	9.16	-0.0748
<i>Szo_12</i>	7.00	0.0166	6.90	0.0181	5.50	0.0319	7.06	0.0678	9.16	-0.0660
<i>Szo_13</i>	6.88	0.0132	6.90	0.0154	5.50	0.0280	7.04	0.0616	9.16	-0.0668
<i>Szo_14</i>	6.88	0.0217	6.90	0.0288	5.48	0.0458	7.04	0.0984	9.16	-0.0898
<i>Szo_15</i>	7.10	0.0388	6.88	-0.0621	6.90	-0.0870	7.02	-0.1069	7.24	0.0361

Tablo 39. Kobe Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
<i>Szu_1</i>	7.08	-0.1487	4.86	-0.1515	5.48	0.2304	7.04	0.3888	5.00	-0.2966
<i>Szu_2</i>	7.06	-0.0500	6.88	0.0575	5.46	0.0931	7.02	0.1526	9.16	-0.1389
<i>Szu_3</i>	7.08	0.0098	4.74	0.0138	5.50	-0.0260	7.06	-0.0540	5.00	0.0447
<i>Szu_4</i>	7.08	-0.0982	4.88	-0.1042	5.48	0.1820	7.04	0.3176	5.00	-0.2568
<i>Szu_5</i>	7.08	-0.1563	4.88	-0.1715	5.48	0.3136	7.04	0.5728	4.98	-0.5117
<i>Szu_6</i>	7.08	0.0568	4.72	0.0489	5.48	-0.0736	7.04	-0.1201	4.98	0.1004
<i>Szu_7</i>	7.08	0.1354	4.72	0.1400	5.48	-0.2469	7.04	-0.4548	4.98	0.4275
<i>Szu_8</i>	7.00	0.0203	6.90	0.0254	5.48	0.0415	7.04	0.0792	9.16	-0.0606
<i>Szu_9</i>	7.00	0.0196	6.90	0.0206	5.48	0.0380	7.04	0.0754	9.16	-0.0643
<i>Szu_10</i>	7.00	0.0178	6.90	0.0145	6.96	0.0248	7.04	0.0511	9.16	-0.0454
<i>Szu_11</i>	7.00	0.0162	6.90	0.0128	6.98	0.0216	7.06	0.0442	9.18	-0.0420
<i>Szu_12</i>	7.00	0.0141	6.92	0.0106	6.98	0.0182	7.06	0.0360	9.18	-0.0371
<i>Szu_13</i>	7.00	0.0128	6.92	0.0102	6.98	0.0160	7.06	0.0312	9.18	-0.0315
<i>Szu_14</i>	6.88	0.0165	6.90	0.0225	5.48	0.0370	7.04	0.0819	9.16	-0.0837
<i>Szu_15</i>	7.04	0.0677	6.88	-0.0919	6.90	-0.1508	7.02	-0.2324	6.48	0.1854

Kobe depremi altında Model-1 için istinat duvar tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 38 ve Tablo 39’da gösterilmektedir. Tablolardan anlaşıldığı üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Şekil 40a incelendiğinde, açıkça görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük

gerilmenin ise S4 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 40b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S4 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 40. Kobe Depremi altında Model-3 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Tablo 40. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı arka yüzü boyunca x doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{xb_1}	1.90	-0.0996	1.92	-0.0331	2.24	-0.0191	1.94	0.2072	2.02	-0.0091
S_{xb_2}	3.98	0.1192	1.90	-0.0256	2.10	0.0168	1.94	-0.0701	3.46	-0.0129
S_{xb_3}	1.88	0.0224	4.12	0.0602	2.10	0.0138	2.28	-0.0288	3.06	-0.0235
S_{xb_4}	4.20	0.0155	4.04	0.0132	2.10	0.0119	3.88	0.0698	3.06	0.1623
S_{xb_5}	4.02	-0.0065	2.02	0.0693	2.10	0.0104	3.96	-0.0718	3.06	-0.0234
S_{xb_6}	1.88	0.0068	2.02	0.0286	2.12	0.0091	4.04	0.4018	2.14	-0.0305
S_{xb_7}	3.96	0.0290	1.88	-0.0115	2.12	0.0081	4.04	-0.0487	2.36	-0.0102
S_{xb_8}	3.96	0.0337	1.88	0.0273	3.88	-0.0081	1.96	0.0248	2.16	-0.0113
S_{xb_9}	4.00	-0.0106	2.12	0.0499	3.88	-0.0082	2.10	0.1158	2.16	0.0782
S_{xb_10}	4.00	0.0110	1.88	0.0142	3.88	-0.0083	2.10	-0.0184	2.66	-0.0166
S_{xb_11}	4.00	-0.0120	2.14	-0.0212	3.88	-0.0082	2.24	0.0118	2.02	-0.0099
S_{xb_12}	4.00	-0.0089	4.04	-0.0231	3.94	0.0086	2.24	0.0181	2.02	0.0021
S_{xb_13}	4.00	-0.0046	1.90	0.0369	3.94	0.0090	2.60	0.0135	2.02	-0.0164
S_{xb_14}	4.00	-0.0005	2.06	-0.0216	3.94	0.0094	2.60	0.0229	2.02	0.0353
S_{xb_15}	2.00	0.0073	2.06	0.1062	4.00	-0.0098	1.98	-0.0842	3.54	0.0351
S_{xb_16}	4.00	-0.0287	2.54	0.1030	4.00	-0.0111	2.18	-0.0202	3.54	0.0364
S_{xb_17}	4.00	-0.0187	4.00	-0.0268	3.58	-0.0125	2.18	-0.0248	3.54	-0.0295
S_{xb_18}	4.04	0.0359	4.00	-0.0117	3.58	-0.0142	4.10	-0.0428	2.20	-0.0179
S_{xb_19}	2.00	-0.0233	2.04	-0.0078	3.58	-0.0161	2.08	-0.0187	2.28	0.0255
S_{xb_20}	4.00	-0.0241	2.02	0.0723	3.58	-0.0180	2.16	-0.0335	3.54	0.1123
S_{xb_21}	4.02	0.0496	4.02	0.0161	3.58	-0.0224	2.16	-0.0290	3.54	-0.0328
S_{xb_22}	4.02	0.0309	2.00	-0.0088	2.92	-0.0430	2.22	0.0536	3.54	0.1073
S_{xb_23}	4.02	0.0438	1.70	-0.0146	2.04	0.0158	3.50	0.2168	2.18	0.0143
S_{xb_24}	2.84	0.0276	2.02	0.0087	2.44	-0.0145	4.02	0.0372	2.26	0.0325
S_{xb_25}	2.00	-0.0177	2.00	-0.0273	2.44	0.0887	2.22	0.0401	3.54	0.0575

Tablo 40. (Devamı)

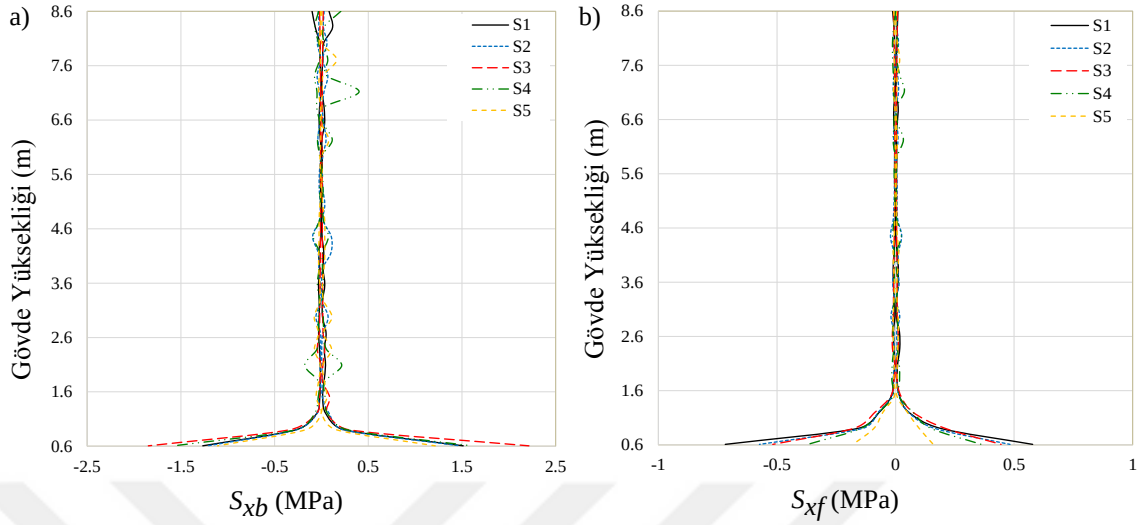
Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{xb_26}</i>	4.04	-0.0519	2.06	0.0851	3.58	0.0621	2.30	-0.0728	3.64	-0.0053
<i>S_{xb_27}</i>	3.98	-0.2696	3.56	-0.2649	4.00	-0.3367	3.50	0.2741	2.22	-0.1684
<i>S_{xb_28}</i>	3.98	1.5133	3.56	1.4818	4.00	2.2147	4.04	1.6065	2.20	1.2144

Tablo 41. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı gövde plağı ön yüzü boyunca *x* doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>S_{xf_1}</i>	1.88	-0.0122	1.92	-0.0080	2.24	-0.0085	2.28	-0.0081	3.02	-0.0078
<i>S_{xf_2}</i>	3.98	0.0075	1.90	-0.0071	2.24	-0.0075	2.28	-0.0087	3.02	-0.0057
<i>S_{xf_3}</i>	3.98	0.0050	2.02	0.0123	2.24	-0.0057	1.94	-0.0132	3.06	0.0073
<i>S_{xf_4}</i>	1.88	0.0035	2.02	0.0037	2.10	0.0049	1.98	-0.0125	3.06	0.0172
<i>S_{xf_5}</i>	1.88	0.0040	3.56	0.0087	2.22	-0.0042	4.04	0.0182	3.06	0.0068
<i>S_{xf_6}</i>	3.96	0.0016	3.56	0.0126	2.22	-0.0036	4.04	0.0375	2.18	-0.0093
<i>S_{xf_7}</i>	3.96	0.0111	2.12	-0.0027	3.88	-0.0033	3.90	-0.0065	2.18	-0.0028
<i>S_{xf_8}</i>	4.00	-0.0071	2.12	0.0056	3.88	-0.0033	1.96	0.0092	2.16	0.0033
<i>S_{xf_9}</i>	2.18	0.0032	2.12	0.0104	3.88	-0.0033	2.10	0.0334	2.16	0.0072
<i>S_{xf_10}</i>	4.00	0.0056	4.02	-0.0034	3.88	-0.0033	2.10	0.0090	2.66	0.0053
<i>S_{xf_11}</i>	2.44	0.0040	3.58	0.0047	3.94	0.0035	2.10	-0.0060	2.66	0.0029
<i>S_{xf_12}</i>	3.90	-0.0038	4.04	0.0065	3.94	0.0037	2.24	0.0045	2.16	0.0012
<i>S_{xf_13}</i>	4.00	-0.0011	2.06	-0.0066	3.92	0.0040	2.18	-0.0041	2.02	0.0041
<i>S_{xf_14}</i>	2.44	0.0018	2.02	-0.0097	4.00	-0.0047	2.18	-0.0057	2.02	0.0046
<i>S_{xf_15}</i>	4.10	-0.0027	2.06	0.0257	4.00	-0.0055	2.30	0.0246	3.54	0.0071
<i>S_{xf_16}</i>	4.04	0.0064	4.04	0.0127	4.00	-0.0063	2.50	-0.0059	3.54	0.0132
<i>S_{xf_17}</i>	4.04	0.0118	2.06	-0.0080	4.00	-0.0071	2.18	-0.0067	3.54	0.0099
<i>S_{xf_18}</i>	4.04	0.0098	2.02	0.0147	4.00	-0.0079	4.10	0.0134	2.28	0.0046
<i>S_{xf_19}</i>	4.10	-0.0053	2.00	-0.0050	4.00	-0.0087	2.08	-0.0056	2.18	-0.0070
<i>S_{xf_20}</i>	2.02	0.0027	2.02	-0.0193	4.00	-0.0088	2.16	-0.0122	3.54	0.0106
<i>S_{xf_21}</i>	4.02	0.0164	2.00	-0.0069	4.00	-0.0130	2.16	-0.0112	3.54	0.0121
<i>S_{xf_22}</i>	4.02	0.0178	2.00	-0.0068	4.00	-0.0131	3.66	0.0084	3.54	0.0081
<i>S_{xf_23}</i>	4.02	0.0088	2.00	-0.0053	2.02	-0.0031	1.98	0.0163	3.52	0.0068
<i>S_{xf_24}</i>	2.00	-0.0084	2.00	-0.0104	3.58	-0.0060	3.50	0.0173	2.18	-0.0079
<i>S_{xf_25}</i>	4.04	-0.0178	4.00	-0.0160	4.00	0.0225	3.66	0.0149	2.20	0.0058
<i>S_{xf_26}</i>	3.98	-0.0689	2.02	-0.0734	4.00	-0.0868	2.30	0.0742	2.20	-0.0535
<i>S_{xf_27}</i>	3.98	0.1889	3.56	0.1642	4.00	0.2089	3.64	0.1488	2.22	0.0994
<i>S_{xf_28}</i>	3.98	-0.7182	2.02	-0.5736	4.02	-0.5175	2.18	-0.3705	2.24	-0.1790

Coalinga depremi altında Model-3 için istinat duvarı ön ve arka yüzünden gövde yüksekliği boyunca elde edilen gerilme tepkiler Tablo 40 ve Tablo 41’de gösterilmektedir. Tablolardan da görüldüğü üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri gövdenin hem ön hem de arka yüz üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Şekil 41a incelendiğinde, hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden duvar tepesine doğru gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S3 zemininde elde edildiği görülmektedir.

Benzer bir eğilim Şekil 41b incelendiğinde açıkça görülebilir. En büyük gerilmenin ise S1 zemininde geldiği görülmektedir.



Şekil 41. Coalinga Depremi altında Model-3 için x doğrultusunda duvar gövdesinin a) arkasından, b) önünden elde edilen gerilmeler

Tablo 42. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı üst hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
S_{zo_1}	4.02	-0.0758	3.62	-0.6147	2.32	0.0620	2.28	-0.0643	2.18	0.0593
S_{zo_2}	3.96	-0.1468	2.02	-0.1254	4.00	-0.1426	2.30	0.1005	2.20	-0.0714
S_{zo_3}	3.98	0.0266	2.02	-0.2132	4.00	-0.0214	3.50	0.1562	2.22	-0.0098
S_{zo_4}	3.98	0.1507	3.56	0.1350	4.00	0.1749	3.64	0.1294	2.22	0.0829
S_{zo_5}	3.98	-2.3858	2.02	-2.0493	4.00	-2.5081	3.64	-1.8489	2.22	-1.1708
S_{zo_6}	3.98	3.2191	2.02	2.8594	4.00	3.6231	3.64	2.7478	2.22	1.8191
S_{zo_7}	3.98	-0.4798	2.02	-0.4516	4.00	-0.5342	3.50	0.4534	2.22	-0.2838
S_{zo_8}	3.98	-0.1035	2.04	-0.1114	4.00	-0.1199	3.50	0.1333	2.22	-0.0786
S_{zo_9}	3.98	-0.0448	1.94	0.0502	4.02	-0.0471	3.50	0.0636	2.22	-0.0397
S_{zo_10}	4.04	0.0331	1.94	0.0385	2.08	-0.0369	3.50	0.0510	2.22	-0.0313
S_{zo_11}	4.04	0.0286	1.94	0.0321	2.08	-0.0318	3.50	0.0424	2.22	-0.0271
S_{zo_12}	4.04	0.0236	1.94	0.0256	2.08	-0.0260	3.50	0.0348	2.22	-0.0228
S_{zo_13}	4.04	0.0222	1.94	0.0221	2.08	-0.0242	3.50	0.0329	2.22	-0.0240
S_{zo_14}	4.00	-0.4730	4.02	-0.0348	4.04	-0.0298	3.52	0.0512	2.22	-0.0400
S_{zo_15}	4.00	0.0411	2.02	0.0842	2.34	0.0470	4.04	0.0734	3.54	-0.0378

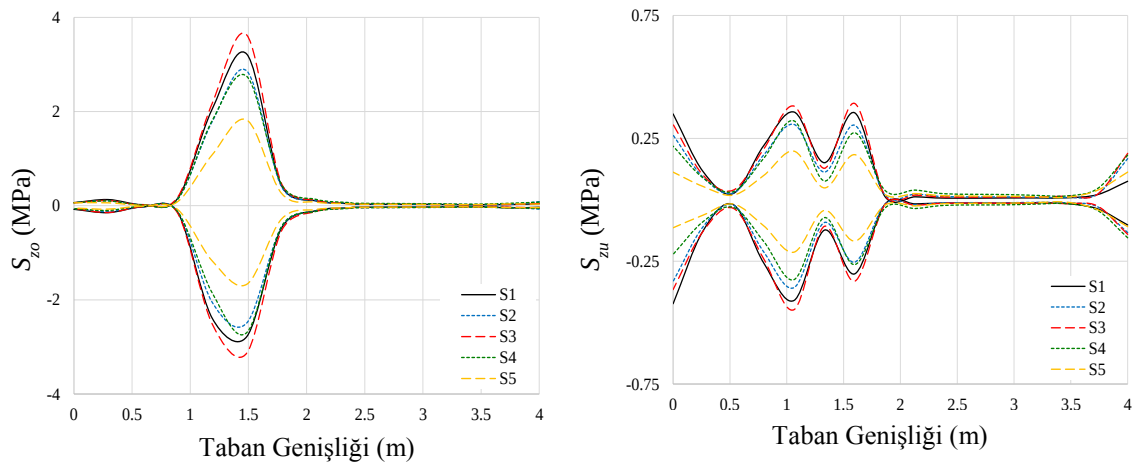
Tablo 43. Coalinga Depremi altında Model-3 için istinat duvarı taban plağı alt hattı boyunca z doğrultusunda düğüm noktalarından elde edilen gerilmeler

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer
Szu_1	3.96	-0.4230	3.56	-0.3328	4.00	-0.3655	3.64	-0.2222	2.22	-0.1141
Szu_2	3.96	-0.1268	2.02	-0.1100	4.00	-0.1287	3.64	-0.0893	2.20	-0.0629
Szu_3	3.98	0.0259	3.58	0.0279	4.02	0.0396	2.18	0.0327	2.22	0.0190
Szu_4	3.98	-0.2570	2.02	-0.2116	4.00	-0.2398	3.64	-0.1692	2.22	-0.1059

Tablo 43. (Devamı)

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
<i>Szu_5</i>	3.98	-0.4098	2.02	-0.3575	4.00	-0.4470	3.64	-0.3249	2.22	-0.2131
<i>Szu_6</i>	3.98	0.1510	3.56	0.1129	4.00	0.1284	3.64	0.0762	2.22	0.0484
<i>Szu_7</i>	3.98	0.3540	3.56	0.3037	4.00	0.3923	3.64	0.2726	2.20	0.1836
<i>Szu_8</i>	4.00	-0.0177	1.94	0.0194	2.10	-0.0196	3.50	0.0377	2.24	-0.0215
<i>Szu_9</i>	4.00	-0.0167	1.94	0.0230	2.08	0.0221	3.50	0.0391	2.22	-0.0253
<i>Szu_10</i>	4.00	-0.0134	1.94	0.0128	2.12	-0.0137	3.50	0.0241	2.04	0.0164
<i>Szu_11</i>	4.00	-0.0136	1.94	0.0120	2.12	-0.0139	3.50	0.0210	2.06	0.0145
<i>Szu_12</i>	4.00	-0.0116	4.02	-0.1019	2.12	-0.0138	2.34	0.0175	2.06	0.0123
<i>Szu_13</i>	4.00	-0.0152	4.04	-0.0125	3.64	-0.0156	2.22	-0.0159	2.06	0.0100
<i>Szu_14</i>	4.00	-0.0365	4.02	-0.0278	2.94	-0.0248	3.52	0.0448	2.20	-0.0399
<i>Szu_15</i>	4.02	-0.1025	2.02	0.1679	4.00	0.1892	3.62	0.1815	2.20	0.1127

Coalinga depremi altında Model-3 için istinat duvar tabanı alt ve üst hattı boyunca elde edilen tepkiler Tablo 42 ve Tablo 43'te gösterilmektedir. Tablolardan görüldüğü üzere duvar kritik kesitine doğru gidildikçe gerilme tepkileri tabanda hem alt hem de üst hat üzerinde önemli ölçüde tüm zeminlerde artış göstermektedir. Ayrıca zemin rijitliğindeki azalışın duvar tabanında elde edilen en büyük gerilmeleri genellikle artırdığı görülmektedir. Şekil 42a incelendiğinde görülebildiği gibi hem çekme hemde basınç gerilmeleri için kritik kesit bölgesinden uzaklaşıldıkça gerilmeler önemli ölçüde azalmaktadır. En büyük gerilmenin ise S2 zemininde elde edildiği görülmektedir. Şekil 42b incelendiğinde temel/zemin etkileşiminin sonuçları net bir şekilde görülebilir. En büyük gerilmenin ise yine benzer şekilde S3 zemininde meydana geldiğini söylemek mümkündür.



Şekil 42. Coalinga Depremi altında Model-3 için z doğrultusunda duvar tabanının a) üstünden, b) altından elde edilen gerilmeler

Gerilme değişimleri irdelenerek maksimum gerilme değerleri ve gerilme-zaman ilişkileri elde edilmiştir. Bu değişimler belirlenen noktalarda x (yatay) doğrultusunda şekil 43'te ve z (düşey) doğrultusunda şekil 44'te verilmiştir. Veriler incelendiği zaman üç deprem kaydında da oransal olarak artış/azalış ve büyüklük bakımından farklılıklar olduğu görölmektedir. Tüm tepkilerin zamanla değişimlerini vermek çalışmanın hacmini artıracadıından örnek olarak seçilen S1, S4 ve S5 zeminleri için gerilme ve yer değiştirme tepkilerinin değerlendirmeleri sunulmuştur.

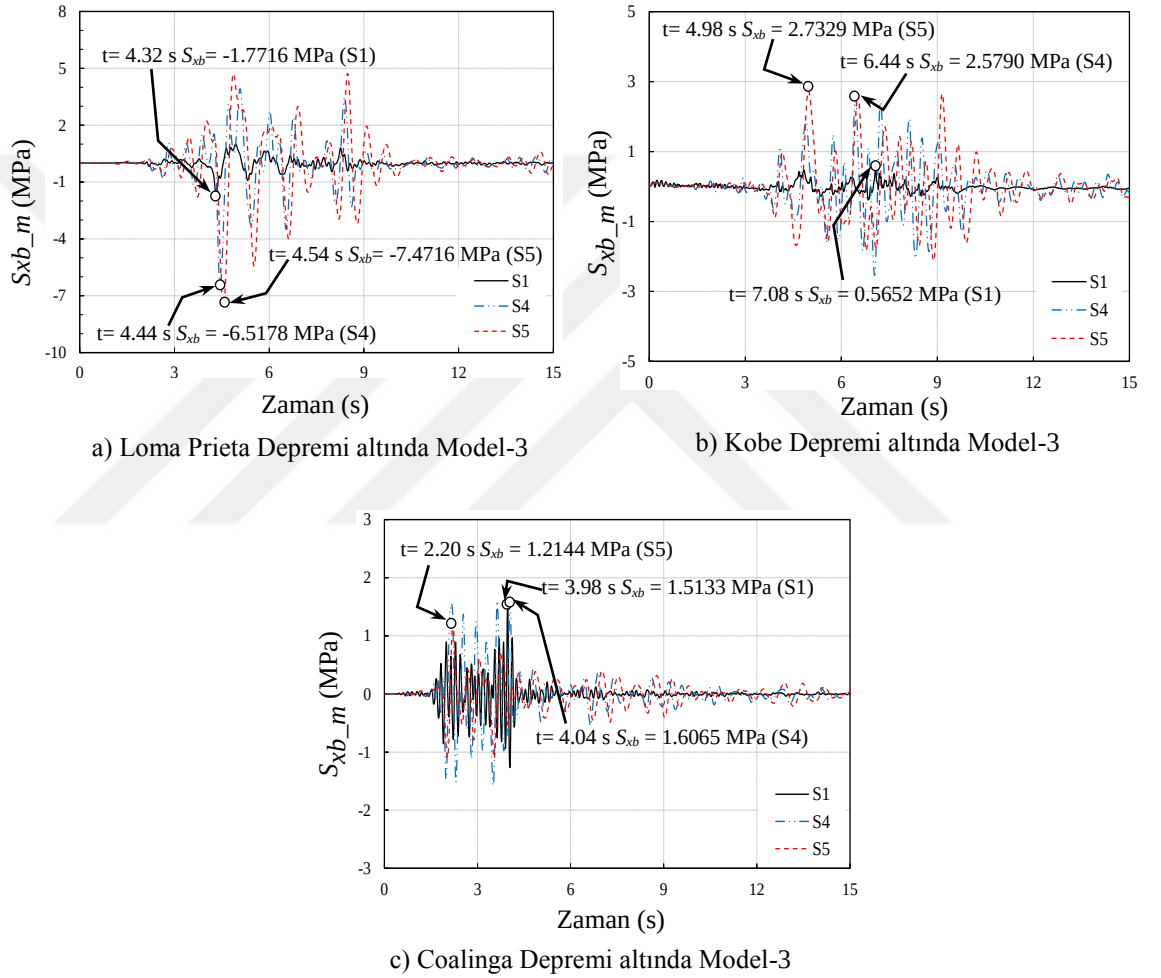
Tablo 44 incelendiğinde görölebildiği gibi farklı zeminlerde gerilmenin yönü değişebilmektedir. Ayrıca genellikle üç deprem yüklemesi için de zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak en büyük gerilmelerde genellikle artış meydana gelmektedir.

Tablo 44. Farklı depremler altında farklı senaryolarda Model-3 için seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri

Deprem Kaydı	Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
		Tepkiler	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t	Değer	t
Loma Prieta	Szb_m		4.32	-3.6893	4.34	-4.8365	4.38	-7.8287	4.46	-10.9999	4.56
	Sxb_m		4.32	-1.7716	4.34	-2.3864	4.36	-4.4193	4.44	-6.5178	4.54
	Szf_m		4.32	2.7237	4.34	3.4708	4.38	5.4689	4.46	7.4125	4.56
	Sxf_m		4.32	0.8334	4.34	0.9980	4.38	1.2101	4.46	1.4286	4.60
Kobe	Szb_m		7.08	1.2356	4.88	1.4128	5.48	-2.6328	7.04	-4.9040	4.98
	Sxb_m		7.08	0.5652	4.72	0.6351	5.48	-1.2646	6.44	2.5790	4.98
	Szf_m		7.08	-0.9170	4.88	-1.095	5.48	1.8221	7.04	3.3118	4.98
	Sxf_m		7.08	-0.2744	4.72	-0.2856	5.48	0.4560	7.04	0.7233	9.18
Coalinga	Szb_m		3.98	3.2191	2.02	2.8594	4.00	3.6231	3.64	2.7478	2.22
	Sxb_m		3.98	1.5133	3.56	1.4818	4.00	2.2147	4.04	1.6065	2.20
	Szf_m		3.98	-2.3858	2.02	-2.0493	4.00	-2.5081	3.64	-1.8489	2.22
	Sxf_m		3.98	-0.7182	2.02	-0.5736	4.02	-0.5175	2.18	-0.3706	2.24

şekil 43 incelendiğinde Loma Prieta Depreminde en büyük gerilmelerin basınç şeklinde, Kobe ve Coalinga depremlerinde ise çekme şeklinde gerçekteştiği görölmektedir. Temel zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak en büyük gerilmelerde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine örnek olarak şekil 43a incelendiğinde Loma Prieta Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 1.7716 MPa, S4 zemininde %268'lik artışla basınç şeklinde 6.5178 MPa, S5 zemininde ise S4 zeminine göre %15'lik azalışla yine basınç şeklinde 7.4716 MPa olduğu görölmektedir. Aynı şekilde şekil 43b incelendiğinde de, Kobe Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 0.5652 MPa, S4 zemininde %356'lık artışla çekme şeklinde 2.5790 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %384'lük artışla yine çekme şeklinde 2.7329 MPa olduğu görölmektedir. Coalinga Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 1.5133 MPa, S4

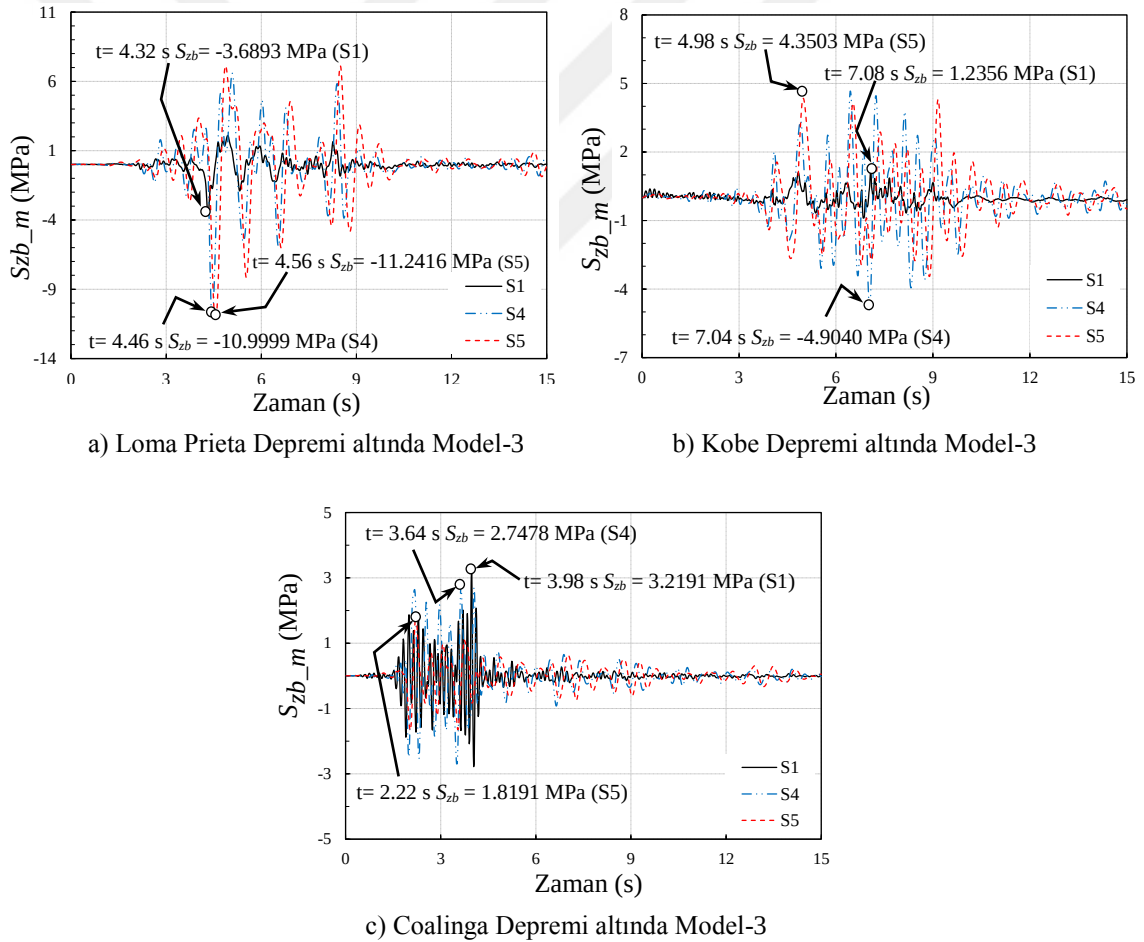
zemininde %6'lık artışla çekme şeklinde 1.6065 MPa, S5 zemininde ise S1 zeminine göre %20'lik azalışla yine çekme şeklinde 1.2144 MPa olduğu görülmektedir (Şekil 43c). En büyük tepkilerin gerçekleşme zamanları da S1 zemini için Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.32-7.08-3.98 s olarak görülmektedir. S4 zemini için en büyük tepkilerin gerçekleşme zamanları Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.44-6.44-4.04 s olarak görülmektedir. S5 zemini için ise en büyük tepkilerin gerçekleşme zamanları Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.54-4.98-2.20 s olarak görülmektedir.



Şekil 43. Model-3 istinat duvarı için gövde plağı arka yüz x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

Temel zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak en büyük gerilmelerde önemli artışlar meydana gelebilmektedir. Meydana gelen bu değişim eğilimine örnek olarak Şekil 44a incelendiğinde Loma Prieta Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin basınç şeklinde 3.6893 MPa, S4 zemininde %198'lik artışla basınç şeklinde 10.9999 MPa, S5 zemininde ise %205'lik artışla yine basınç şeklinde 11.2416 MPa

olduğu görülmektedir. Şekil 44b’de Kobe Depremi için, S1 zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 1.2356 MPa, S4 zemininde %297’lik artışla basınç şeklinde 4.9040 MPa, S5 zemininde ise %252’lik artışla yine çekme şeklinde 4.3503 MPa olduğu görülmektedir. Şekil 44c’ de ise Coalinga Depremi, S1 zemininde maksimum gerilmenin çekme şeklinde 3.2191 MPa, S4 zemininde %15’lik azalışla çekme şeklinde 2.7478 MPa, S5 zemininde ise %44’lük azalışla yine çekme şeklinde 1.8191 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Etkileşime bağlı olarak maksimum tepkilerin oluş zamanları da, S1 zemini için Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.32 s-7.08 s-3.98 s’dir. S4 temel zemini için en büyük tepkilerin gerçekleşme zamanları Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.46 s-7.04 s-3.64 s’dir. S5 temel zemini için ise en büyük tepkilerin gerçekleşme zamanları Loma Prieta, Kobe ve Coalinga deprem kayıtlarında sırasıyla 4.56 s-4.98 s-2.22 s’dir.



Şekil 44. Model-3 istinat duvarı için taban plağı arka yüz z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

Sunulan veriler ve irdelemeler ışığında, sismik tepkilerin değişimi üzerinde etkileşim mekanizmasının ne denli etkin olduğu bir kez daha görülmektedir.

2.8. Duvar Sismik Davranışı Üzerinde Duvar Yüksekliği Etkilerinin İrdelenmesi

Konsol istinat duvarının dinamik davranışını etkileyen önemli parametrelerden biri de duvar yüksekliğidir. Çalışmanın bu bölümünde üç farklı gövde yüksekliğine sahip istinat duvarı için duvar yüksekliğinin dinamik davranış üzerindeki etkileri irdelenmektedir. Burada tüm tepkilerin değişimini sunmak tez hacmini oldukça artıracağından bazı temsil edici irdelemeler vasıtasıyla genel davranış eğilimi yansıtılmaya çalışılmaktadır. Bu suretle S1, S3 ve S5 zeminleri referans alınarak tepki değişimleri sunulmuştur. Verilerin analizinden duvar yüksekliği değişimine bağlı olarak elde edilen tepkilerin eşlenik bir karakter sergilediği görülse de tepkilerin şiddetlerinde önemli mertebelerde değişiklikler göze çarpmaktadır. Ayrıca genel olarak duvar yüksekliğinin azalmasıyla en büyük yatay yer değiştirmelerin ve gerilmelerin azalma eğiliminde olduğu görülebilir. Bu değişimler, etkileşim mekanizmasına ilaveten, yüksekliğin de tasarım süreçlerinde göz önüne alınması gereken bir bileşen olduğunu göstermektedir.

2.8.1. Loma Prieta Depremi İçin İrdellemeler

Çalışmanın bu alt bölümünde duvar yükseklik değişimine bağlı olarak duvar dinamik tepkilerinin değişimi Loma Prieta yüklemesi altında incelenmiştir. Loma Prieta Depremi altında Tablo 45-46’da maksimum yatay yer değiştirmeler ve gerilmeler ile bu tepkilerin oluş süreleri verilmektedir.

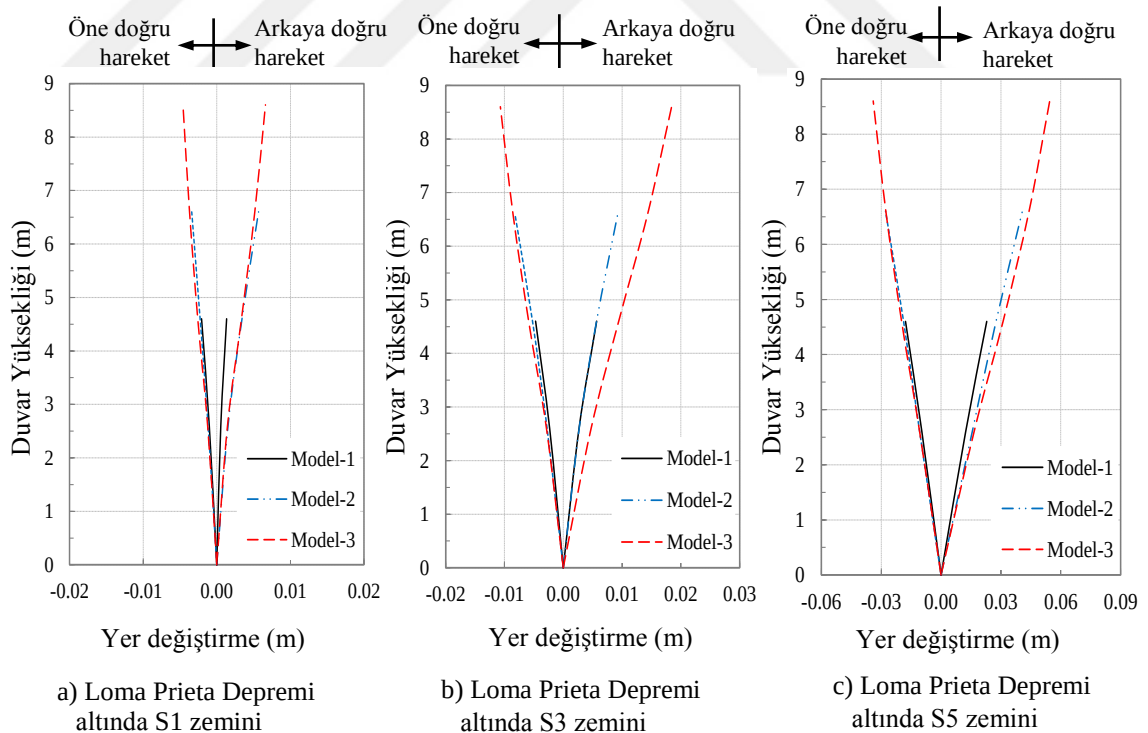
Tablo 45. Loma Prieta Depremi altında konsol istinat duvarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Model	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t
Model-1	8.26	-0.0021	4.64	-0.0036	4.36	0.0057	4.42	0.0146	4.50	0.0229
Model-2	4.32	0.0057	4.34	0.0085	4.36	0.0092	4.42	0.0238	4.52	0.0407
Model-3	4.32	0.0066	4.34	0.0106	4.38	0.0184	4.44	0.0354	4.54	0.0544

Tablo 45’te farklı temel zeminlerinde Model-1, Model-2 ve Model-3’ten Loma Prieta yüklemesi altında elde edilen en büyük tepe rölatif yer değiştirmeler gösterilmektedir. Tablo 45 incelendiğinde Loma Prieta yüklemesi altında en büyük rölatif yer değiştirmelerin dikkate alınan bütün zeminlerde sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-3, Model-2 ve Model-1’de elde edildiği görülmektedir. Ayrıca

modellerden elde edilen en büyük rölatif yer değiştirmelerin genellikle arkaya doğru hareketle elde edildiği anlaşılmaktadır.

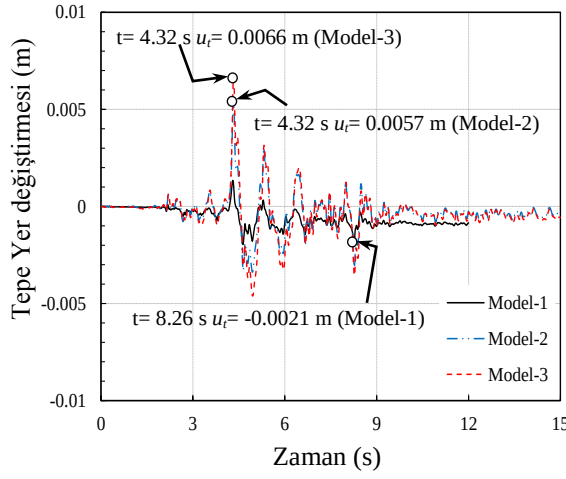
şekil 45'te seçilen temel zeminlerinde üç farklı model için duvar rölatif yer değiştirmelerinin yükseklik boyunca değişimleri gösterilmektedir. İstinat duvarının gövde yüksekliğindeki artışın duvarın yüksekliği boyunca genellikle daha büyük rölatif yer değiştirmelere sebep olabildiği şekil 45 incelendiğinde kolaylıkla görülebilmektedir. Örneğin, şekil 45a'dan maksimum rölatif tepe yer değiştirmelerin elde edildiği arkaya doğru hareket için Model-2 ve Model-3'ten elde edilen yükseklik boyunca rölatif yer değiştirmelerin, Model-1'e kıyasla önemli ölçüde büyük olduğu anlaşılmaktadır. Diğer şekillerden benzer eğilimleri gözlemlemek mümkündür. Örneğin şekil 45b incelendiğinde, duvar gövdesindeki yükseklik artışına bağlı olarak S3 zemininde Loma Prieta yüklemesi altında Model-3 için elde edilen yükseklik boyunca rölatif yer değiştirmelerin diğer modellerdeki yer değiştirmelere kıyasla önemli ölçüde artış gösterdiği görülmektedir. Bir diğer örnek olarak şekil 45c irdelenebilir. Burada da genel eğilim, büyükten küçüğe doğru belirgin olarak sırasıyla Model-3, Model-2 ve Model-1 şeklinde elde edilmektedir.



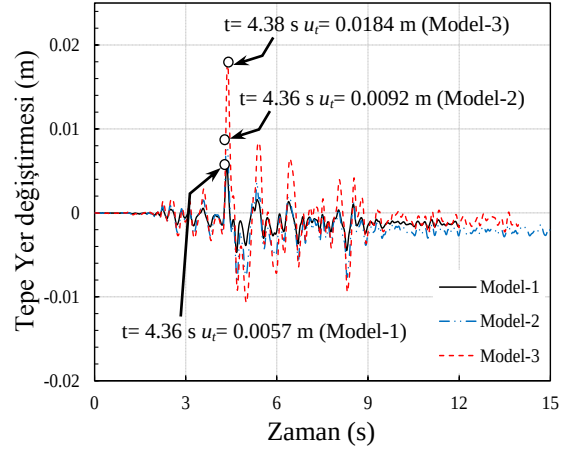
şekil 45. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmeler

şekil 46'da modellerin rölatif tepe yer değiştirmeleri üzerinde yapılan tepki karşılaştırmaları verilmiştir. Örneğin, şekil 46a'da S1 temel temel zemininde

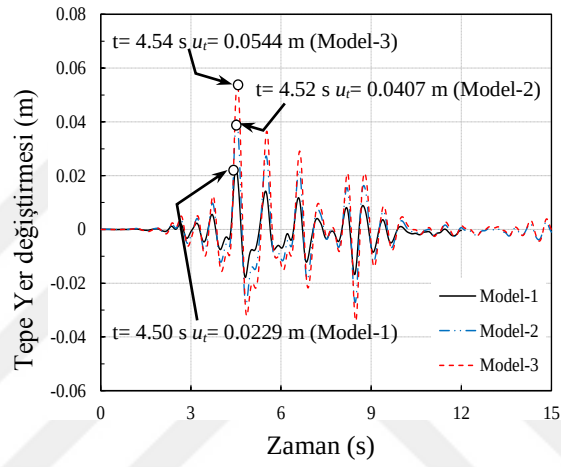
hesaplanan yer değiştirmeler irdelendiğinde, maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için arkaya doğru hareketle 0.0021 m, Model-2 için %171 oranında bir artışla öne doğru hareketle 0.0057 m olarak hesaplandığını ve Model-3 için yine öne doğru hareketle %214 oranında bir artışla 0.0066 m olarak hesaplandığını görmek mümkündür. Buna ek olarak tepkilerin oluş zamanları Model-1 için 8.26 s, Model-2 ve Model-3 için 4.32 s olarak elde edilmiştir. Modellerin rölatif tepe yer değiştirmeleri üzerinde yapılan tepki karşılaştırmalarından anlaşıldığı gibi, duvar gövde yüksekliğindeki artışa bağlı olarak en büyük rölatif tepe yer değiştirmeleri sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-3, Model-2 ve Model-1’de elde edilmiştir. Gözlemlenen bu eğilimi nispeten daha düşük rijitliğe sahip temel zeminlerinde de gözlemlemek mümkündür. Örneğin şekil 46b incelendiğinde S3 temel zemininde maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için öne doğru hareketle 0.0057 m, Model-2 için %61 oranında bir artışla öne doğru hareketle 0.0092 m olarak hesaplandığını ve Model-3 için ise yine öne doğru hareketle %223 oranında bir artışla 0.0184 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Tepkilerin oluş zamanlarının Model-1 ve Model-2 için 4.36 s, Model-3 için ise 4.38 s olduğu görülmektedir. Benzer eğilim şekil 46c’de de söz konusudur. Burada S5 temel zemininde duvar tepesinde hesaplanan maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için öne doğru hareketle 0.0229 m, Model-2 için %73 oranında bir artışla öne doğru hareketle 0.0407 m ve Model-3 için yine öne doğru hareketle %138’lik artışla 0.0544 m olduğu göze çarpmaktadır. Bu karşılaştırmalar duvar yüksekliğinin deprem etkisi altındaki yer değiştirmeler üzerinde oldukça etkili olduğuna, izin verilebilir ötelenme miktarlarına riayet edilmesi gerektiğine ve dolayısıyla yükseklik ile duvar narinliği seçiminin arazi koşullarına ve zemin durumuna bağlı olarak hassasiyetle yapılması gerektiğine işaret etmektedir.



a) Loma Prieta Depremi altında S1 zemini



b) Loma Prieta Depremi altında S3 zemini



c) Loma Prieta Depremi altında S5 zemini

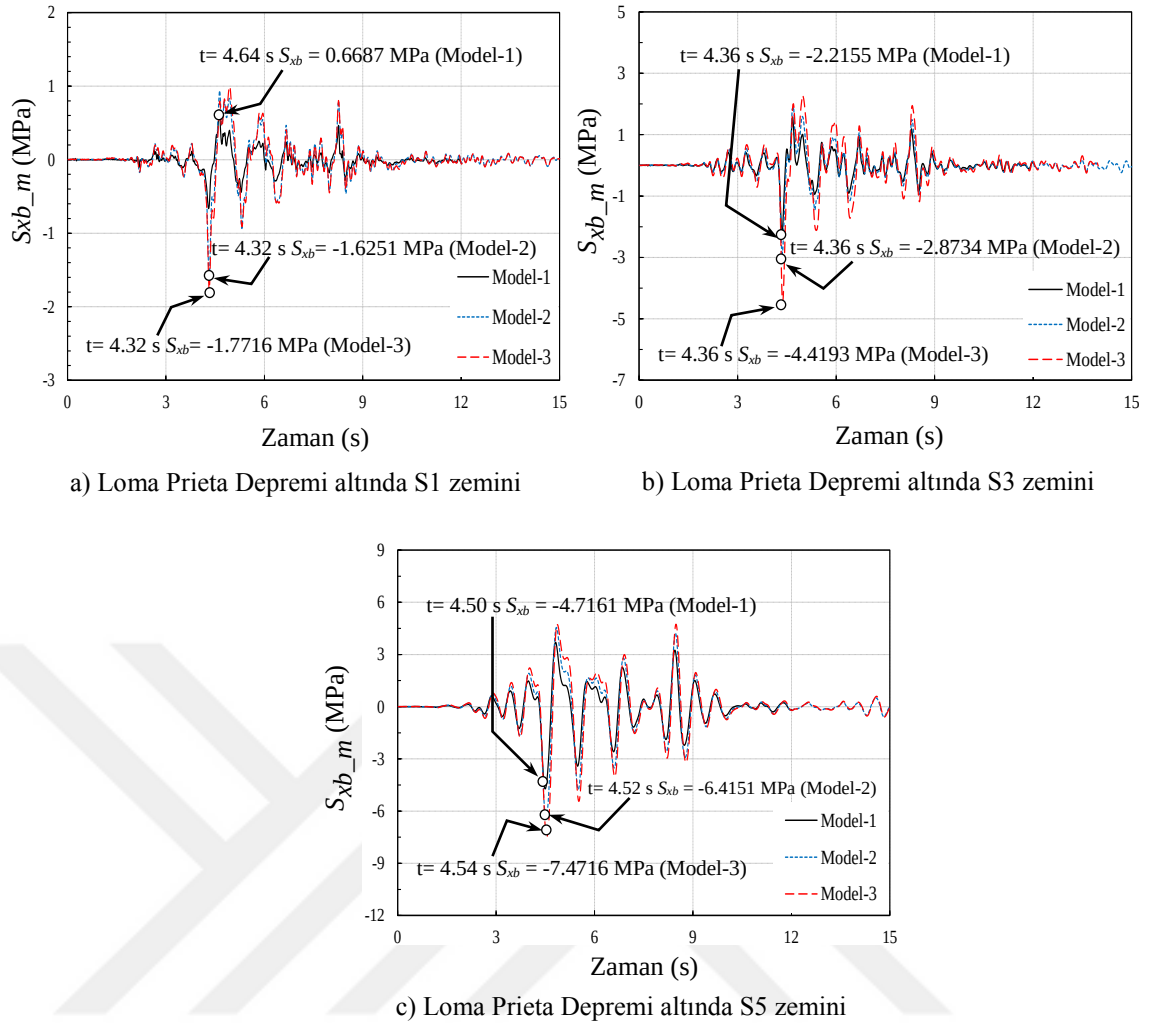
şekil 46. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için hesaplanan tepe yer değiştirmelerin zamanla değişimi

Tablo 46. Loma Prieta Depremi altında farklı konsol duvar senaryolarında seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri

	Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Model	Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
Model-1	<i>Szb_m</i>	4.30	-1.6716	4.32	-3.0670	4.36	-4.3055	4.42	-7.5282	4.50	-6.6874
	<i>Sxb_m</i>	4.64	0.6687	4.32	-1.4888	4.36	-2.2155	4.42	-4.8359	4.50	-4.7161
	<i>Szf_m</i>	4.30	1.2347	4.32	2.1824	4.36	2.9403	4.42	4.9960	4.50	4.2105
	<i>Sxf_m</i>	4.30	0.3881	4.32	0.5849	4.36	0.6296	4.42	0.6888	4.52	0.2646
Model-2	<i>Szb_m</i>	4.32	-3.5377	4.34	-4.8460	4.36	-5.5632	4.44	-9.3574	4.52	-9.5033
	<i>Sxb_m</i>	4.32	-1.6251	4.34	-2.3938	4.36	-2.8784	4.42	-5.4833	4.52	-6.4151
	<i>Szf_m</i>	4.32	2.6177	4.34	3.8182	4.36	3.8182	4.44	6.2652	4.52	6.1108
	<i>Sxf_m</i>	4.32	0.7836	4.34	0.9438	4.36	0.9461	4.44	1.2377	4.56	0.6747
Model-3	<i>Szb_m</i>	4.32	-3.6893	4.34	-4.8365	4.38	-7.8287	4.46	-10.9999	4.56	-11.2416
	<i>Sxb_m</i>	4.32	-1.7716	4.34	-2.3864	4.36	-4.4193	4.44	-6.5178	4.54	-7.4716
	<i>Szf_m</i>	4.32	2.7237	4.34	3.4708	4.38	5.4689	4.46	7.4125	4.56	7.3149
	<i>Sxf_m</i>	4.32	0.8334	4.34	0.9980	4.38	1.2101	4.46	1.4286	4.60	1.0049

Tablo 46’da Loma Prieta deprem yüklemesi altında farklı zeminlerde duvar üzerinde seçili düğüm noktalarından elde edilen en büyük gerilmeler gösterilmektedir. Bu tablo incelendiğinde genellikle gövde yüksekliğindeki artışa bağlı olarak dinamik gerilme tepkilerinin sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-3, Model-2 ve Model-1’de hesaplandığı görülmektedir. Diğer yandan etkileşime bağlı olarak S2 zemininde bu durumun tam tersi bir eğilimin gerçekleşebileceği Model-2 ve Model-3 arasında yapılan karşılaştırmalardan anlaşılmaktadır.

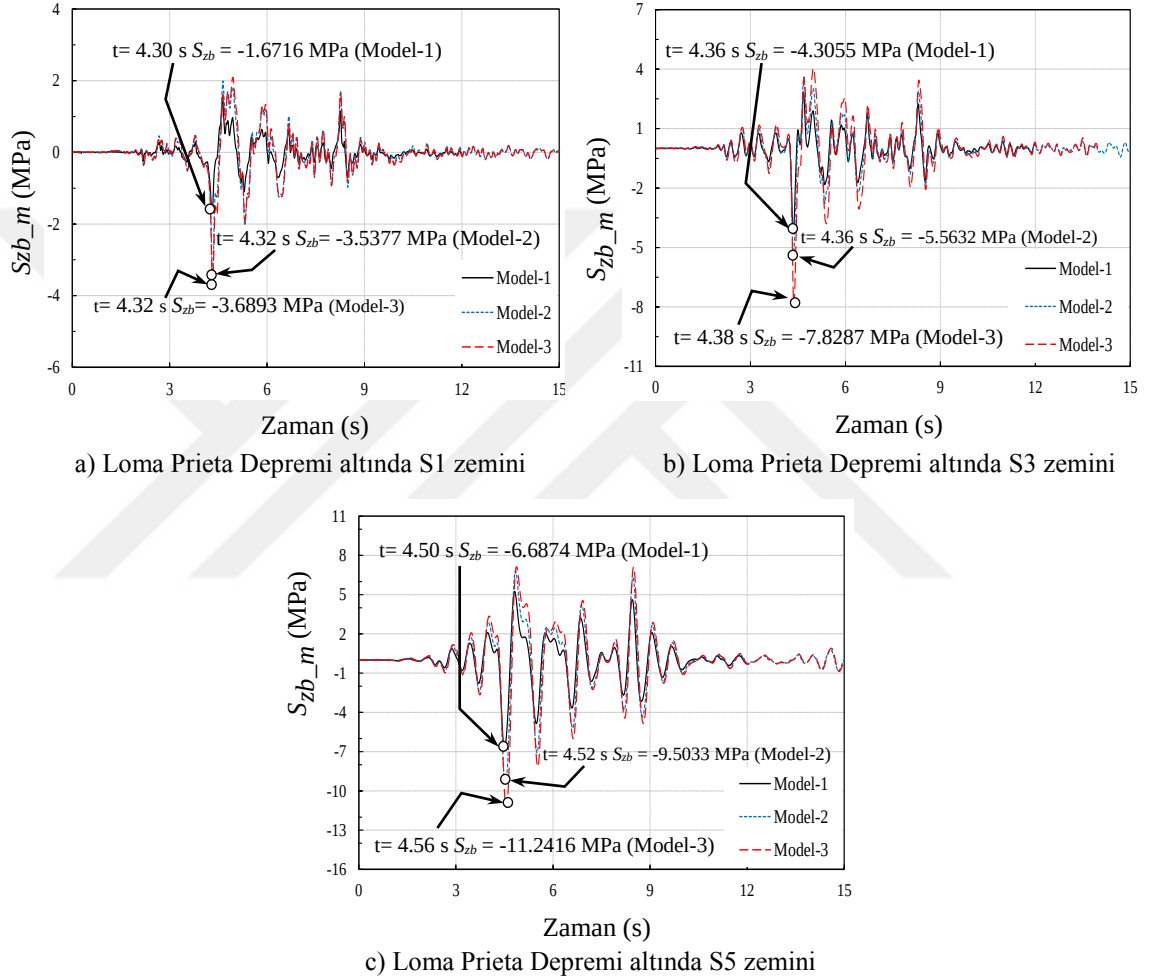
Yatay yer değiştirmeler için yapılan değerlendirmeler aynı şekilde gerilmeler için de yapılabilir. Şekil 47’de etüt edilen üç farklı model duvar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin Şekil 47a’dan, S1 zemininde pik gerilme tepkisinin Model-1 için çekme şeklinde 0.6687 MPa, Model-2 için %143’lük artışla basınç şeklinde 1.6251 MPa ve Model-3 için %165’lik artışla basınç şeklinde 1.7716 MPa hesaplandığı görülmektedir. İncelenen örnekten açıkça anlaşılabildiği gibi Model-1’den Model-3’e doğru gidildikçe seçili düğüm noktalarındaki dinamik gerilmelerde önemli bir artış meydana gelmektedir. Gerilme tepkilerinin değişimi üzerine elde edilen bu eğilimi nispeten daha düşük rijitliğe sahip zeminlerde de gözlemleyebilmek mümkündür. Örneğin Şekil 47b incelendiğinde, S3 temel zemininde pik gerilme değeri Model-1 için 2.2155 MPa seviyesinde gerçekleşirken, Model-2 için %30’luk artışla 2.8734 MPa ve Model-3 için %100’lük artışla 4.4193 MPa seviyesinde hesaplanmaktadır. Bir diğer örnek olarak Şekil 47c incelendiğinde, S5 temel zemininde duvar üzerinde seçilen düğüm noktasından elde edilen pik gerilme değerinin Model-1’de 4.7161 MPa seviyesinde elde edildiği görülürken, aynı değerin Model-2’de yaklaşık %36’lık artışla 6.4151 MPa ve Model-3’te %58 oranında artışla 7.4716 MPa seviyesinde elde edildiği görülmektedir. İlaveten pik tepkilerin oluş zamanları Model-1’de 4.36~4.64 s, Model-2’de 4.32~4.52 s ve Model-3’te 4.32~4.54 s’dir.



Şekil 47. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

Şekil 48’de incelenen üç farklı model duvar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusu için gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin Şekil 48a’da, S1 zemininde pik gerilme tepkisinin Model-1’de 1.6716 MPa, Model-2’de %112’lik artışla 3.5377 MPa ve Model-3’de %121’lik artışla 3.6893 MPa olarak vuku bulduğu görülmektedir. Hesaplanan bu maksimum gerilmeler basınç gerilmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Gerilme tepkilerinin değişimi üzerine elde edilen eğilimi nispeten daha düşük rijitliğe sahip zeminlerde de gözlemleyebilmek mümkündür. Örneğin Şekil 48b incelendiğinde, S3 temel zemininde pik gerilme değerinin Model-1’de 4.3055 MPa, Model-2’de %29’luk artışla 5.5632 MPa ve Model-3’te %82’lik artışla 7.8287 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Diğer örnekte (Şekil 48c) S5 temel zemininde pik gerilme değerinin Model-1’de 6.6874 MPa, Model-2’de %42’lik artışla 9.5033 MPa ve Model-3’te %68’lik artışla 11.2416 MPa olarak vuku bulduğu görülmektedir. Etkileşime bağlı olarak pik tepkilerin oluş zamanları S1 temel zemininde Model-1 için

4.30 s, Model-2 ve Model-3 için ise 4.32 s olarak görülmektedir. S3 zemininde pik tepkilerin oluş zamanları Model-1 ve Model-2 için 4.36 s, Model-3 için 4.38 s'dir. S5 temel zemininde pik tepkilerin oluş zamanları Model-1'de, Model-2'de ve Model-3'te sırasıyla 4.50-4.52-4.56 s'dir. Bu tartışmalar duvar yüksekliğinin deprem etkisiyle mobilize olan gerilmeler üzerinde oldukça etkili olduğuna ve dolayısıyla yükseklik ile duvar narinliği seçiminin arazi koşullarına ve zemin durumuna bağlı olarak hassasiyetle yapılması gerektiğine işaret etmektedir.



Şekil 48. Loma Prieta Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.8.2. Kobe Depremi İçin İrdellemeler

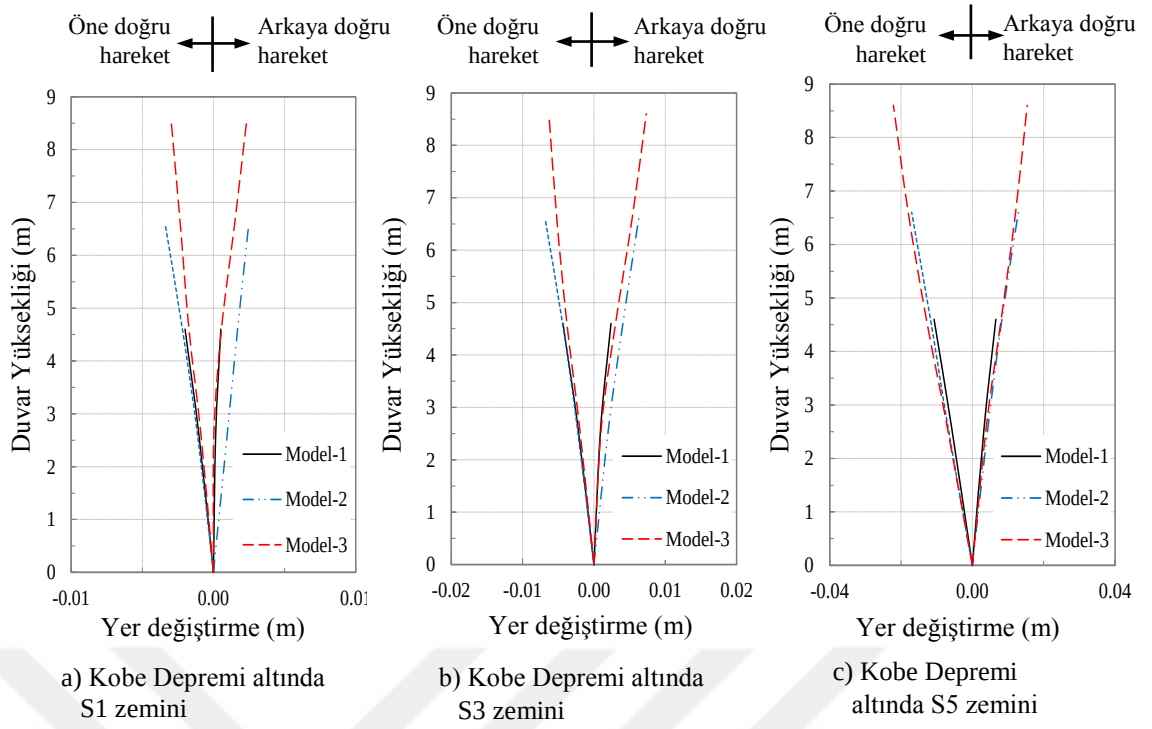
Çalışmanın bu alt bölümünde duvar yükseklik değişimine bağlı olarak duvar dinamik tepkilerinin değişimi Kobe Depremi yüklemesi altında incelenmiştir. Kobe Depremi altında Tablo 47-48'de maksimum yatay yer değiştirmeler ve gerilmeler ile bu tepkilerin oluş süreleri verilmektedir.

Tablo 47. Kobe Depremi altında konsol istinat duvarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değıştirme değeri

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Model	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t
Model-1	7.06	-0.0020	6.88	0.0027	7.10	-0.0043	7.20	-0.0086	6.48	-0.0107
Model-2	7.06	-0.0034	7.10	-0.0036	7.10	-0.0068	7.20	-0.0140	6.50	-0.0170
Model-3	7.10	-0.0030	6.38	-0.0040	5.48	0.0073	7.04	0.0168	6.52	-0.0221

Tablo 47’de farklı temel zeminlerinde Model-1, Model-2 ve Model-3’ten Kobe yüklemesi altında elde edilen en büyük tepe rölatif yer değıştirmeler gösterilmektedir. Tablo 47 incelendiğinde Kobe yüklemesi altında en büyük rölatif yer değıştirmelerin dikkate alınan bütün zeminlerde genellikle büyükten küçüğe doğru Model-3, Model-2 ve Model-1’de elde edildiği görülmektedir. Ayrıca modellerden elde edilen en büyük rölatif yer değıştirmelerin, genellikle arkaya doğru hareketle elde edildiği anlaşılmaktadır.

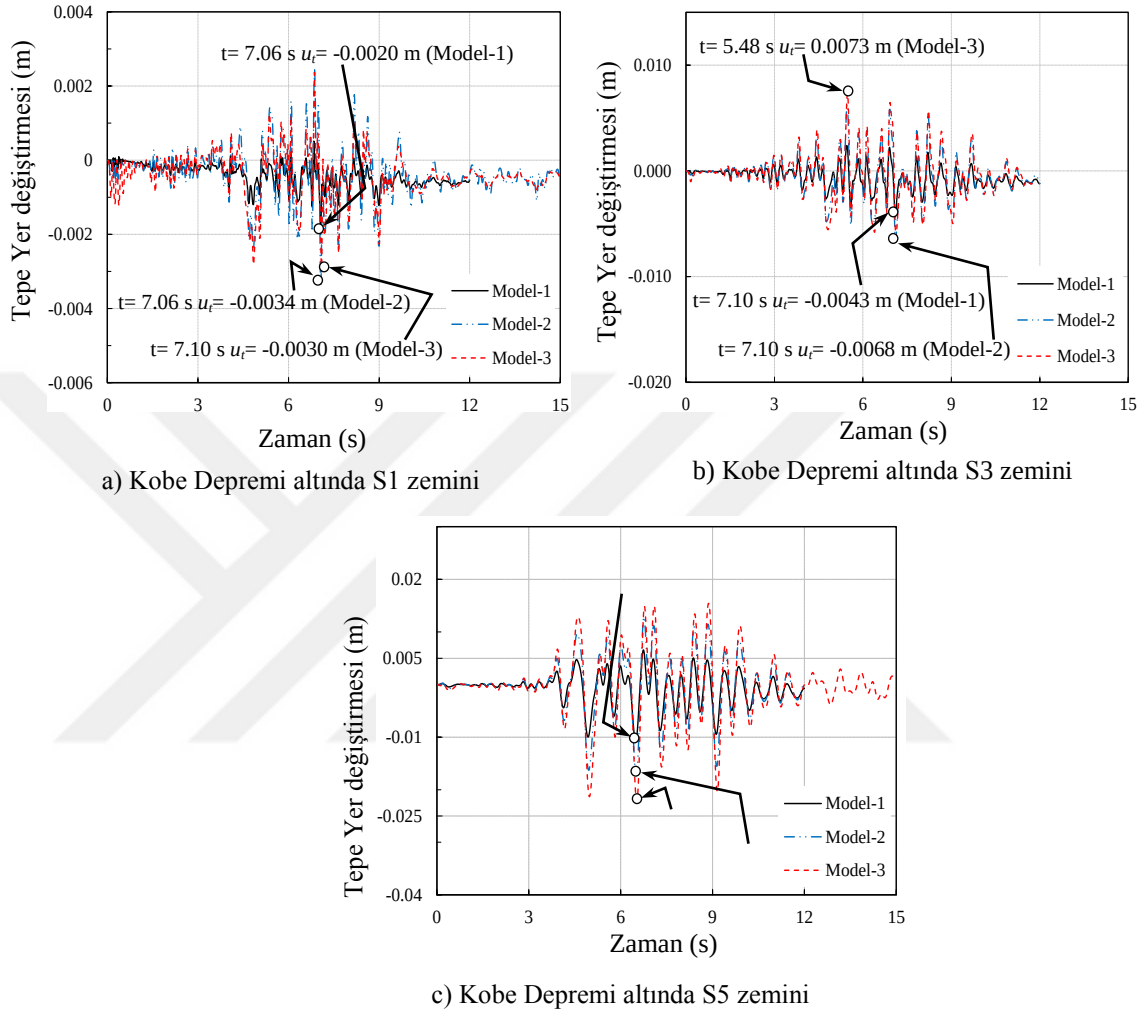
Şekil 49’da seçilen temel zeminlerinde üç farklı model için duvar rölatif yer değıştirmelerinin yükseklik boyunca değışimleri gösterilmektedir. İstinat duvarının gövde yüksekliğindeki artışın duvarın yüksekliği boyunca genellikle daha büyük rölatif yer değıştirmelere sebep olabildiği Şekil 49 incelendiğinde kolaylıkla görülebilmektedir. Örneğin, Şekil 49a’dan maksimum rölatif tepe yer değıştirmelerin elde edildiği arkaya doğru hareket için Model-2 ve Model-3’ten elde edilen yükseklik boyunca rölatif yer değıştirmelerin, Model-1’e kıyasla S4 ve S5 zeminleri için önemli ölçüde büyük olduğu anlaşılmaktadır. Diğer şkillerden benzer eğilimleri gözlemlemek mümkündür. Örneğin Şekil 49b incelendiğinde, duvar gövdesindeki yükseklik artışına bağlı olarak S3 zemininde Kobe yüklemesi altında Model-1 için elde edilen yükseklik boyunca rölatif yer değıştirmelerin Model-2 ve Model-3’ten elde edilen yer değıştirmelere kıyasla önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bir diğer örnek olarak Şekil 49c incelendiğinde de benzer eğilimi görülebilmek mümkündür. Burada da genel eğilim, büyükten küçüğe doğru belirgin olarak sırasıyla Model-3, Model-2 ve Model-1 şeklinde elde edilmektedir.



şekil 49. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmeler

şekil 50’de modellerin rölatif tepe yer değiştirmeleri üzerinde yapılan tepki karşılaştırmaları verilmiştir. şekil 50a’da S1 temel zemininde hesaplanan yatay yer değiştirmeler irdelendiğinde, maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için arkaya doğru 0.0020 m, Model-2 için %70 oranında bir artışla arkaya doğru 0.0034 m olarak hesaplandığını ve Model-3 için yine arkaya doğru %50 oranında bir artışla 0.0030 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Buna ek olarak tepkilerin gerçekleşme zamanları Model-1 ve Model-2 için 7.06 s, Model-3 için 7.10 s olarak görülmektedir. Modellerin rölatif tepe yer değiştirmeleri üzerinde yapılan tepki karşılaştırmalarından anlaşıldığı gibi, duvar gövde yüksekliğindeki artışa bağlı olarak en büyük rölatif tepe yer değiştirmeleri sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-2, Model-3 ve Model-1’de elde edilmiştir. Gözlemlenen bu eğilimi nispeten daha düşük rijitliğe sahip temel zeminlerinde de gözlemlemek mümkündür. Örneğin şekil 50b incelendiğinde S3 temel zemininde maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için arkaya doğru 0.0043 m, Model-2 için %58 oranında bir artışla yine arkaya doğru 0.0068 m olarak hesaplandığını ve Model-3 için ise öne doğru %70 oranında bir artışla 0.0073 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Tepkilerin oluş zamanlarının Model-1 ve Model-2 için 7.10 s, Model-3 için ise 5.48 s olduğu görülmektedir. Benzer eğilim şekil 50c’de de söz konusudur. Burada S5 temel zemininde duvar tepesinde hesaplanan maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için arkaya doğru

0.0107 m, Model-2 için %59'luk artışla arkaya doğru 0.0170 m olarak hesaplandığını ve Model-3 için yine arkaya doğru %107'luk artışla 0.0221 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Ve yine tepkilerin oluş zamanlarının da Model-1 için 6.48 s, Model-2 için 6.50 s ve Model-3 için de 6.52 s şeklinde olduğu görülmektedir.



Şekil 50. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için hesaplanan tepe yer değiştirmelerin zamanla değişimi

Tablo 48. Kobe Depremi altında farklı konsol duvar senaryolarında seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri

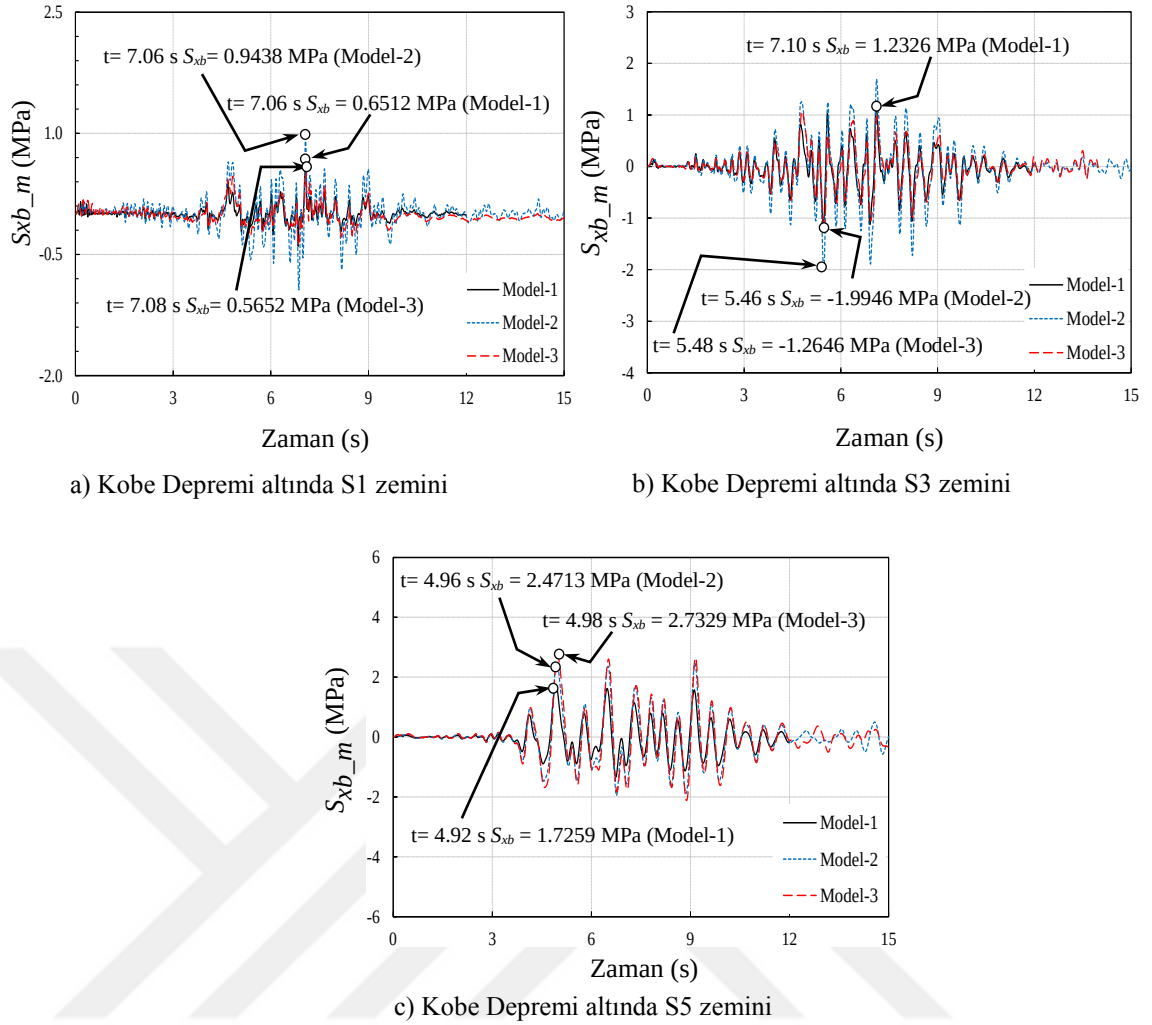
	Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Model	Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
Model-1	<i>Szb_m</i>	7.06	1.4617	6.88	-2.1781	7.10	2.3381	7.18	3.1581	4.94	2.7096
	<i>Sxb_m</i>	7.06	0.6512	6.88	-1.1465	7.10	1.2326	7.18	1.7809	4.92	1.7259
	<i>Szf_m</i>	7.06	-1.0859	6.88	1.5755	7.10	-1.6254	7.18	-2.0840	4.94	-1.7358
	<i>Sxf_m</i>	7.06	-0.3075	6.88	0.3914	7.10	-0.3540	7.18	-0.3611	9.12	-0.1912
Model-2	<i>Szb_m</i>	6.86	-1.9894	6.88	-2.2646	5.46	-3.5046	7.02	-4.7164	9.14	3.9252
	<i>Sxb_m</i>	7.06	0.9438	6.88	-1.1439	5.46	-1.9946	7.22	2.5711	4.96	2.4713
	<i>Szf_m</i>	6.86	1.4756	6.88	1.6390	5.46	2.4486	7.02	3.1956	9.14	-2.5483
	<i>Sxf_m</i>	6.86	0.4244	6.88	0.4210	5.46	0.5241	7.04	0.6004	9.14	-0.3365

Tablo 48. (Devamı)

Model	Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
	Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
Model-3	<i>Szb_m</i>	7.08	1.2356	4.88	1.4128	5.48	-2.6328	7.04	-4.9040	4.98	4.3503
	<i>Sxb_m</i>	7.08	0.5652	4.72	0.6351	5.48	-1.2646	6.44	2.5790	4.98	2.7329
	<i>Szf_m</i>	7.08	-0.9170	4.88	-1.095	5.48	1.8221	7.04	3.3118	4.98	-2.8362
	<i>Sxf_m</i>	7.08	-0.2744	4.72	-0.2856	5.48	0.4560	7.04	0.7233	9.18	-0.4050

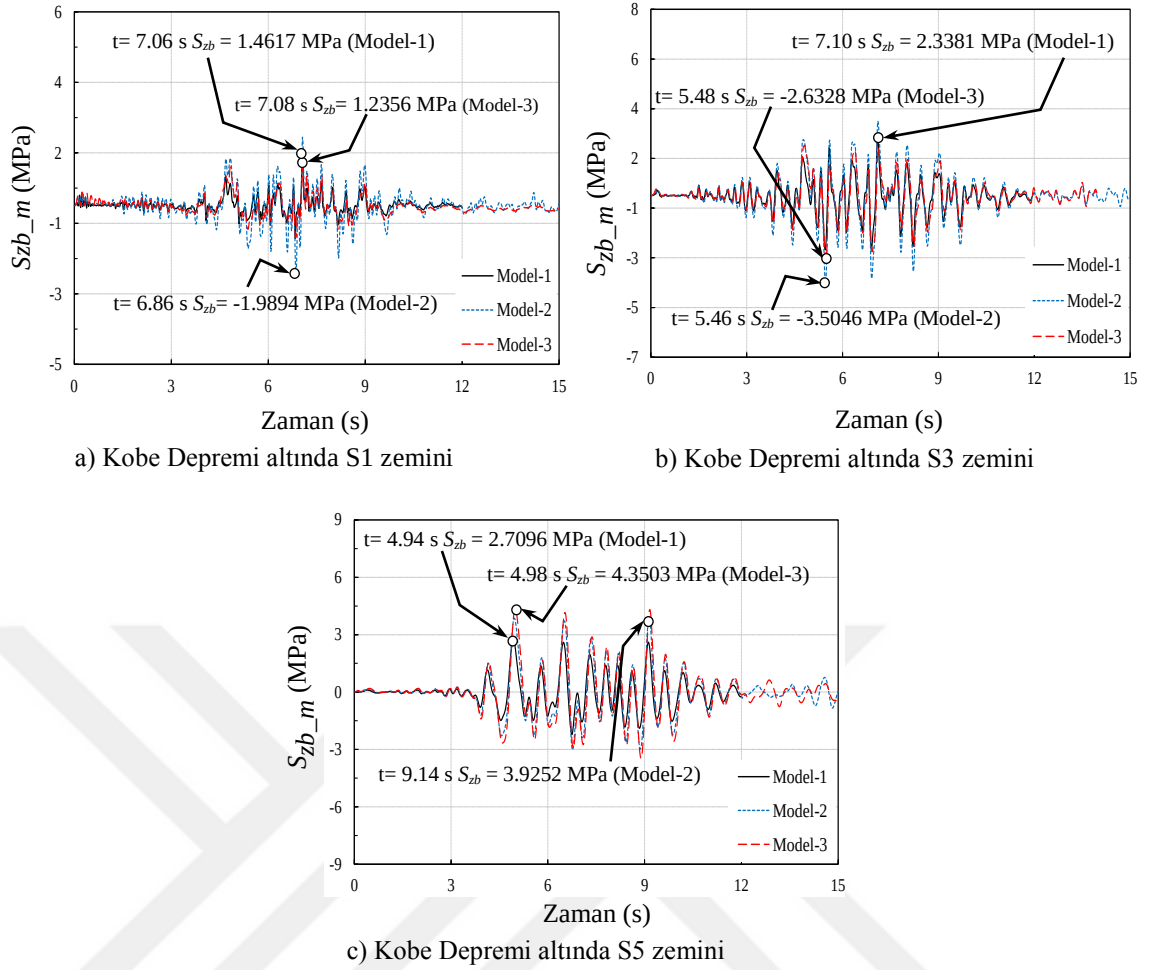
Tablo 48’de Kobe deprem yüklemesi altında farklı zeminlerde duvar üzerinde seçili düğüm noktalarından elde edilen en büyük gerilmeler gösterilmektedir. Bu tablo incelendiğinde genellikle gövde yüksekliğindeki artışa bağlı olarak dinamik gerilme tepkilerinin sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-3, Model-2 ve Model-1’de hesaplandığı görülmektedir. Diğer yandan etkileşime bağlı olarak S1, S2 ve S3 zeminlerinde bu durumun tam tersi bir eğilimin gerçekleşebileceği Model-2 ve Model-3 arasında yapılan karşılaştırmalardan anlaşılmaktadır.

Yatay yer değiştirmeler için yapılan değerlendirmeler aynı şekilde gerilmeler için de yapılabilir. Şekil 51’de etüt edilen üç farklı model duvar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin Şekil 51a’ dan, S1 zemininde pik gerilme tepkisinin Model-1 için çekme şeklinde 0.6512 MPa, Model-2 için %45’lik artışla çekme şeklinde 0.9438 MPa ve Model-2 ’ye göre Model-3 için %40’lık azalışla yine çekme şeklinde 0.5652 MPa olarak hesaplandığı görülmektedir. İncelenen örnekten açıkça anlaşılabildiği gibi Model-1’den Model-3’e doğru gidildikçe seçili düğüm noktalarındaki dinamik gerilmeler de önemli bir artış meydana gelmektedir. Gerilme tepkilerinin değişimi üzerine elde edilen bu eğilimin nispeten daha düşük rijitliğe sahip zeminlerde de gözlemleyebilmek mümkündür. Örneğin, Şekil 51b incelendiğinde, S3 zemininde pik gerilme değerinin Model-1 için 1.2326 MPa, Model-2 için %45’lik artışla 1.9946 MPa ve Model-3 için %3’lük artışla 1.2646 MPa hesaplandığı görülmektedir. Bir diğer örnek olarak Şekil 51c incelendiğinde, S5 temel zeminine ait pik gerilme değerinin Model-1 için 1.7259 MPa, Model-2 için %43’lük artışla 2.4713 MPa ve Model-3 için %58’lik artışla 2.7329 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca etkileşime bağlı olarak pik tepkilerin oluş zamanları da S1 temel zemini için Model-1 ve Model-2 için 7.06 s, Model-3 için 7.08 s olarak görülmektedir. S3 temel zemini için en büyük tepkilerin gerçekleşme zamanları Model-1, Model-2 ve Model-3 için sırasıyla 7.10 s-5.46 s-5.48 s olarak görülmektedir. S5 temel zemini için en büyük tepkilerin gerçekleşme zamanları Model-1, Model-2 ve Model-3 için yine sırasıyla 4.92 s-4.96 s-4.98 s olarak görülmektedir.



Şekil 51. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

Şekil 52’de incelenen üç farklı model duvar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusu için gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin, Şekil 52a’dan, S1 zeminine ait pik gerilme değerinin Model-1 için 1.4617 MPa, Model-2 için %36’lık artışla 1.9894 MPa ve Model-3 için %16’lık azalışla 1.2356 MPa olarak vuku bulduğu görülmektedir. Gerilme tepkilerinin değişimi üzerine elde edilen eğilimi nispeten daha düşük rijitliğe sahip zeminlerde gözlemleyebilmek mümkündür. Örneğin Şekil 52b incelendiğinde, S3 temel zeminine ait pik gerilme değerinin Model-1 için 2.3381 MPa, Model-2 için %50’lik artışla 3.5046 MPa ve Model-2’ye göre Model-3 için %25’lik azalışla 2.6328 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Diğer bir örnek olan S5 temel zeminine ait pik gerilme değerinin Model-1 için 2.7096 MPa, Model-2 için %45’lik artışla 3.9252 MPa ve Model-3 için %61’lik artışla 4.3503 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Pik tepkilerin oluş zamanı ise Model-1 için 4.94~7.10 s, Model-2 için 5.46~9.14 s ve Model-3 için 4.98~7.08 s’dir.



Şekil 52. Kobe Depremi altında farklı yükseklikli konsol istinat duvarlar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.8.3. Coalinga Depremi İçin İrdelemeler

Çalışmanın bu alt bölümünde duvar yükseklik değişimine bağlı olarak duvar dinamik tepkilerinin değişimi Coalinga Depremi yüklemesi altında incelenmiştir. Coalinga Depremi altında Tablo 49-50’de maksimum yatay yer değiştirmeler ve gerilmeler ile bu tepkilerin oluş süreleri verilmektedir.

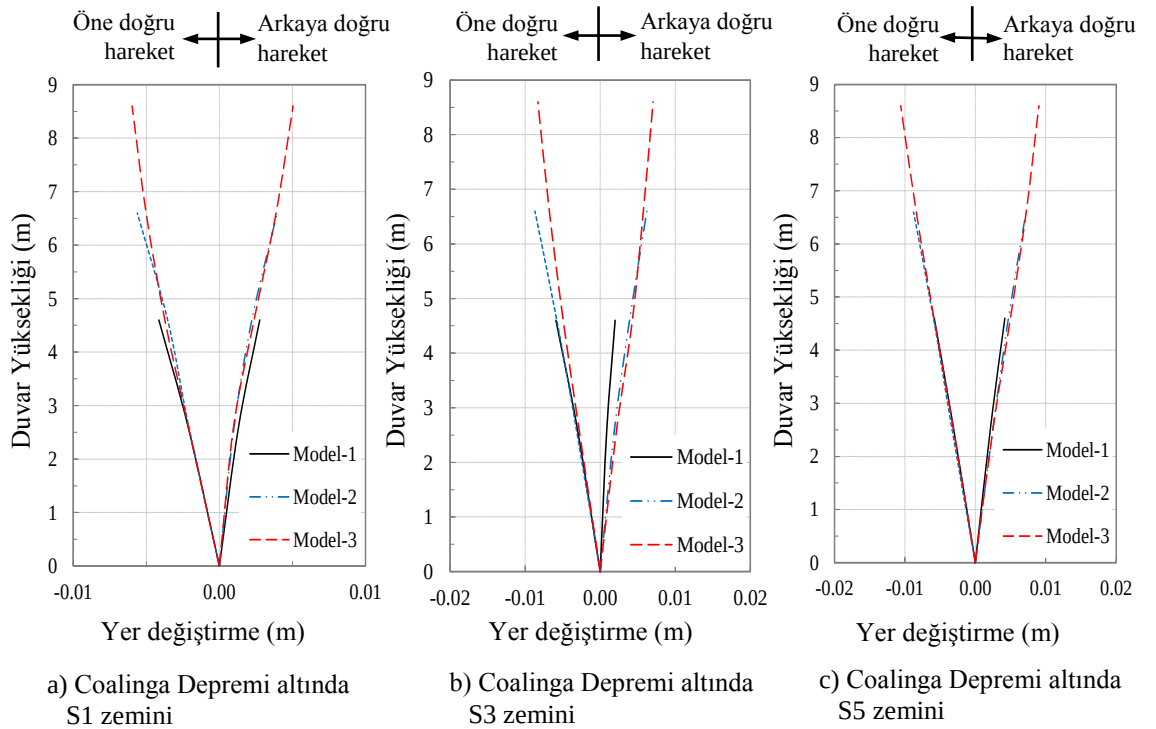
Tablo 49. Coalinga Depremi altında konsol istinat duvarında tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme değerleri

Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Model	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t	t	u_t
Model-1	3.96	-0.0041	2.02	-0.0047	4.00	-0.0059	3.62	-0.0060	2.18	-0.0058
Model-2	3.98	-0.0056	2.02	-0.0064	4.00	-0.0087	3.64	-0.0089	2.20	-0.0088
Model-3	3.98	-0.0060	2.04	-0.0066	4.02	-0.0083	4.06	-0.0112	2.22	-0.0106

Tablo 49’da farklı temel zeminlerinde Model-1, Model-2 ve Model-3’ten Coalinga yüklemesi altında elde edilen en büyük tepe rölatif yer değiştirmeler gösterilmektedir. Tablo 49 incelendiğinde Coalinga yüklemesi altında en büyük rölatif

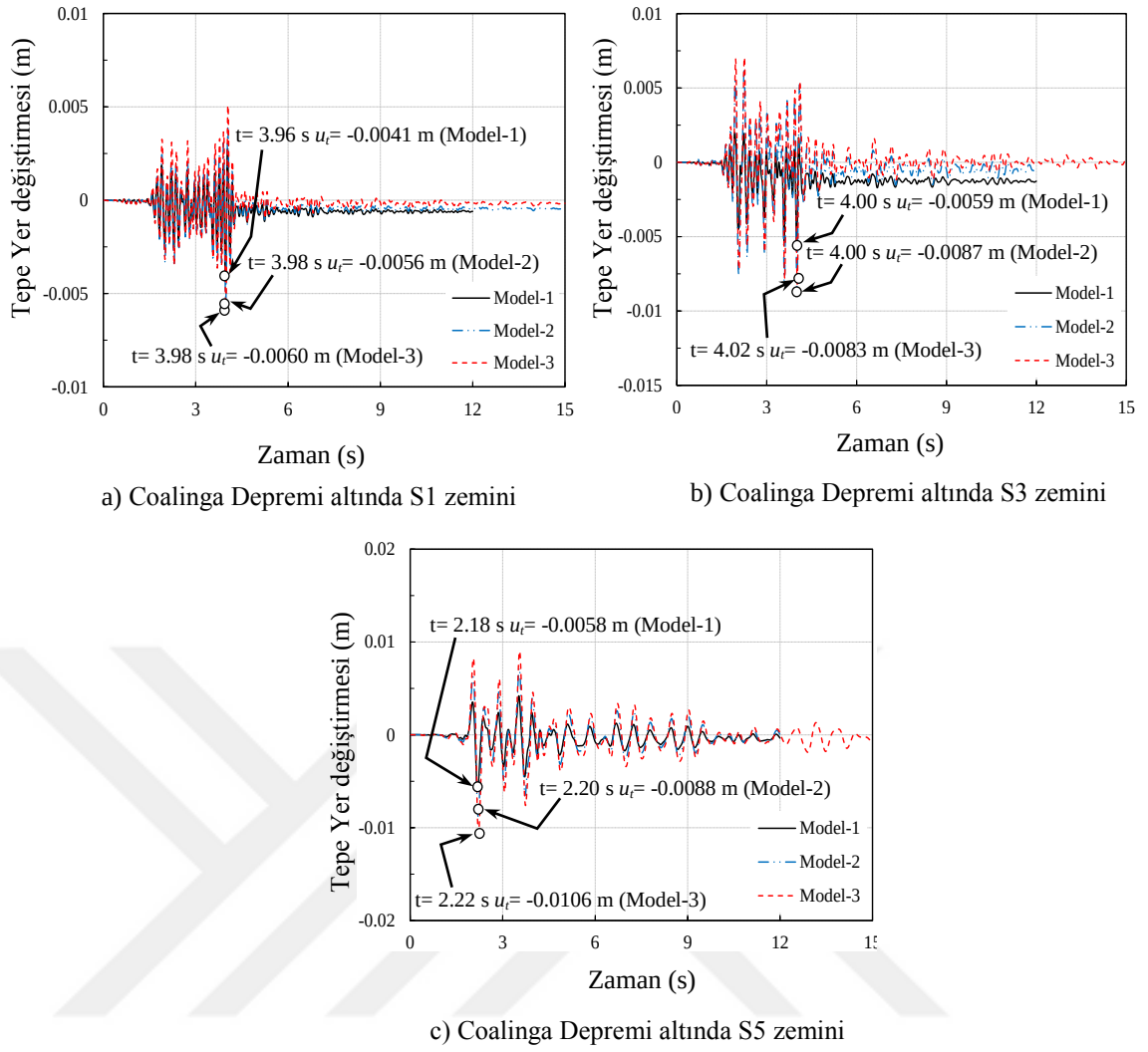
yer değiştirmelerin dikkate alınan bütün zeminlerde genellikle sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-3, Model-2 ve Model-1’de elde edildiği görölmektedir. Ayrıca modellerden elde edilen en büyük rölatif yer değiştirmelerin arkaya doğru hareketle elde edildiği anlaşılmaktadır.

şekil 53’te seçilen temel zeminlerinde üç farklı model için duvar rölatif yer değiştirmelerinin yükseklik boyunca değişimleri gösterilmektedir. İstinat duvarının gövde yüksekliğindeki artışı duvarın yüksekliği boyunca genellikle daha büyük rölatif yer değiştirmelere sebep olabildiği şekil 53 incelendiğinde kolaylıkla görölebilmektedir. Örneğin, şekil 53a’dan maksimum rölatif tepe yer değiştirmelerin elde edildiği arkaya doğru hareket için Model-2 ve Model-3’ten elde edilen yükseklik boyunca rölatif yer değiştirmelerin, Model-1’e kıyasla önemli ölçüde büyük olduğu anlaşılmaktadır. Diğer şekillerden benzer eğilimleri gözlemlemek mümkündür. Örneğin şekil 53b incelendiğinde, duvar gövdesindeki yükseklik artışına bağlı olarak S3 zemininde Coalinga yüklemesi altında Model-1 için elde edilen yükseklik boyunca rölatif yer değiştirmelerin diğer modellerdeki yer değiştirmelere kıyasla önemli ölçüde azaldığı görölmektedir. Bir diğer örnek olarak şekil 53c irdelenebilir. Burada da genel eğilim, büyükten küçüğe doğru belirgin olarak sırasıyla Model-3, Model-2 ve Model-1 şeklinde elde edilmektedir.



şekil 53. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmeler

Şekil 54'te modellerin rölatif tepe yer değiştirmeleri üzerinde yapılan tepki karşılaştırmaları verilmiştir. Örneğin, Şekil 54a'da S1 zemininde hesaplanan yer değiştirmeler irdelendiğinde, maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için arkaya doğru 0.0041 m, Model-2 için %37 oranında bir artışla arkaya doğru 0.0056 m olarak hesaplandığını ve Model-3 için yine arkaya doğru %46 oranında bir artışla 0.0060 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Buna ek olarak tepkilerin oluş zamanları Model-1 için 3.96 s, Model-2 ve Model-3 için 3.98 s olarak görülmektedir. Modellerin rölatif tepe yer değiştirmeleri üzerinde yapılan tepki karşılaştırmalarından anlaşıldığı gibi, duvar gövde yüksekliğindeki artışa bağlı olarak en büyük rölatif tepe yer değiştirmeleri sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-3, Model-2 ve Model-1'de elde edilmiştir. Gözlemlenen bu eğilimi nispeten daha düşük rijitliğe sahip temel zeminlerinde de gözlemek mümkündür. Örneğin Şekil 54b incelendiğinde S3 zemininde maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için arkaya doğru 0.0059 m, Model-2 için %48 oranında bir artışla yine arkaya doğru 0.0087 m olarak hesaplandığını ve Model-2 'ye göre Model-3 için arkaya doğru %5 oranında bir azalışla 0.0083 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Tepkilerin oluş zamanlarının Model-1 ve Model-2 için 4.00 s, Model-3 için ise 4.02 s olduğu görülmektedir. Benzer eğilim Şekil 50c'de de söz konusudur. Burada, S5 temel zemininde duvar tepesinde hesaplanan maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin zamanla değişimi incelendiğinde, maksimum yatay yer değiştirme tepkisinin Model-1 için arkaya doğru 0.0058 m, Model-2 için %52'lik artışla arkaya doğru 0.0088 m olarak hesaplandığını ve Model-3 için yine arkaya doğru %83'lük artışla 0.0106 m olduğu göze çarpmaktadır. Ve yine tepkilerin oluş zamanları Model-1 için 2.18 s, Model-2 için 2.20 s ve Model-3 için ise 2.22 s olduğu görülmektedir.



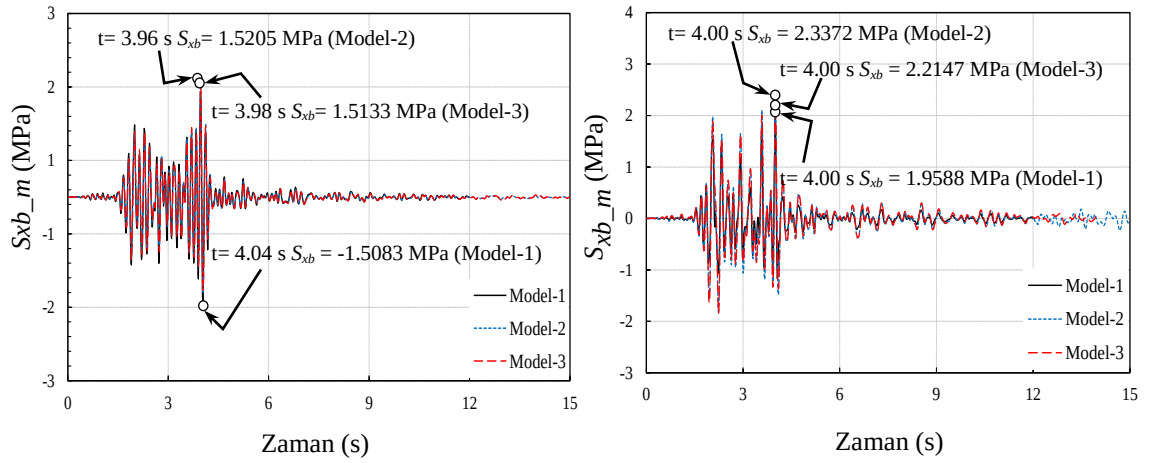
Şekil 54. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için hesaplanan tepe yer değiştirmelerin zamanla değişimini

Tablo 50. Coalinga Depremi altında farklı konsol duvar senaryolarında seçilen noktalardaki en büyük gerilme değerleri

	Zemin	S1		S2		S3		S4		S5	
Model	Tepkiler	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer	<i>t</i>	Değer
Model-1	<i>Szb_m</i>	4.04	-3.1520	2.02	3.3440	4.00	3.3696	3.62	2.6852	2.18	1.5988
	<i>Sxb_m</i>	4.04	-1.5083	2.02	1.6740	4.00	1.9588	3.62	1.6475	2.18	1.1279
	<i>Szf_m</i>	4.04	2.3385	2.02	-2.4165	4.00	-2.3255	3.62	-1.7932	2.18	-1.0006
	<i>Sxf_m</i>	4.04	0.6638	2.02	-0.6182	4.00	-0.4918	2.28	0.3051	2.18	-0.0857
Model-2	<i>Szb_m</i>	3.96	3.1091	2.02	3.8309	4.00	4.0817	2.30	-3.3286	2.20	1.8626
	<i>Sxb_m</i>	3.96	1.5205	2.02	2.0149	4.00	2.3372	2.30	2.1095	2.20	1.2194
	<i>Szf_m</i>	3.96	-2.3019	2.02	-2.7617	4.00	-2.8453	2.30	2.2304	2.20	-1.1886
	<i>Sxf_m</i>	3.98	-0.6514	2.02	-0.6969	4.00	-0.5918	2.30	0.3647	2.22	-0.1538
Model-3	<i>Szb_m</i>	3.98	3.2191	2.02	2.8594	4.00	3.6231	3.64	2.7478	2.22	1.8191
	<i>Sxb_m</i>	3.98	1.5133	3.56	1.4818	4.00	2.2147	4.04	1.6065	2.20	1.2144
	<i>Szf_m</i>	3.98	-2.3858	2.02	-2.0493	4.00	-2.5081	3.64	-1.8489	2.22	-1.1708
	<i>Sxf_m</i>	3.98	-0.7182	2.02	-0.5736	4.02	-0.5175	2.18	-0.3706	2.24	-0.1790

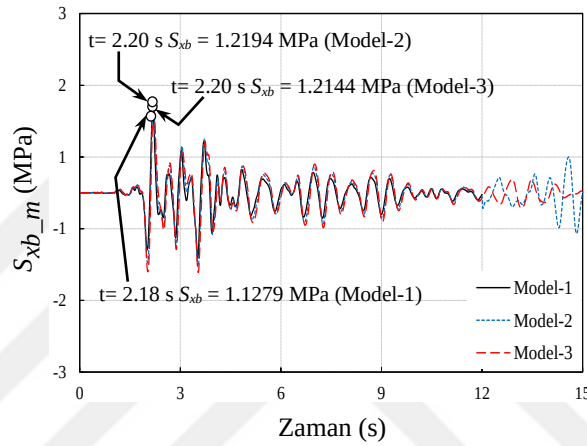
Tablo 50’de Coalinga deprem yüklemesi altında farklı zeminlerde duvar üzerinde seçili düğüm noktalarından elde edilen en büyük gerilmeler gösterilmektedir. Bu tablo incelendiğinde genellikle gövde yüksekliğindeki artışa bağlı olarak dinamik gerilme tepkilerinin sırasıyla büyükten küçüğe doğru Model-2, Model-3 ve Model-1’de hesaplandığı görülmektedir. Diğer yandan etkileşime bağlı olarak S2 zemininde bu durumun tam tersi bir eğilimin gerçekleşebileceği Model-1 ve Model-3 arasında yapılan karşılaştırmalardan anlaşılmaktadır.

Şekil 55’te incelenen üç farklı duvar yüksekliği için duvar gövde plağı arka yüzünde x doğrultusu için gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin Şekil 55’ten, S1 zemininde pik gerilme tepkisinin Model-1 için basınç şeklinde 1.5083 MPa, Model-2 için yaklaşık %8’lik artışla çekme şeklinde 1.5205 MPa ve Model-3 için %3’lük oranında artışla yine çekme şeklinde 1.5133 MPa olarak hesaplandığı görülmektedir. İncelenen örnekten açıkça anlaşılabildiği gibi Model-1’den Model-3’e doğru gidildikçe seçili düğüm noktalarındaki dinamik gerilmeler de önemli bir artış meydana gelmektedir. Gerilme tepkilerinin değişimi üzerine elde edilen bu eğilim nispeten daha düşük rijitliğe sahip zeminlerde de gözlemleyebilmek mümkündür. Örneğin, Şekil 55b incelendiğinde, S3 zemininde pik gerilme değeri Model-1 için çekme şeklinde 1.9588 MPa, Model-2 için %19’luk artışla çekme şeklinde 2.3372 MPa ve Model-3 için %13’lük artışla yine çekme şeklinde 2.2147 MPa olarak hesaplanmaktadır. Bir diğer örnek olarak Şekil 55c incelendiğinde, S5 temel zemininde duvar üzerinde seçilen düğüm noktasından elde edilen pik gerilme değerinin Model-1’de 1.1279 MPa, Model-2’de %8’lik artışla çekme şeklinde 1.2194 MPa ve Model-2 ’ye göre Model-3 için %4’lük azalışla yine çekme şeklinde 1.2144 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. İlaveten pik tepkilerin oluş zamanları da S1 zemini için Model-1, Model-2 ve Model-3 için sırasıyla 4.04 s-3.96 s-3.98 s olarak görülmektedir. S3 zemini için en büyük tepkilerin oluş zamanları Model-1, Model-2 ve Model-3 için üçünde de aynı ve 4.00 s olarak görülmektedir. S5 zemini için en büyük tepkilerin oluş zamanları Model-1 için 2.18 s, Model-2 ve Model-3 için 2.20 s olarak görülmektedir.



a) Coalinga Depremi altında S1 zemini

b) Coalinga Depremi altında S3 zemini

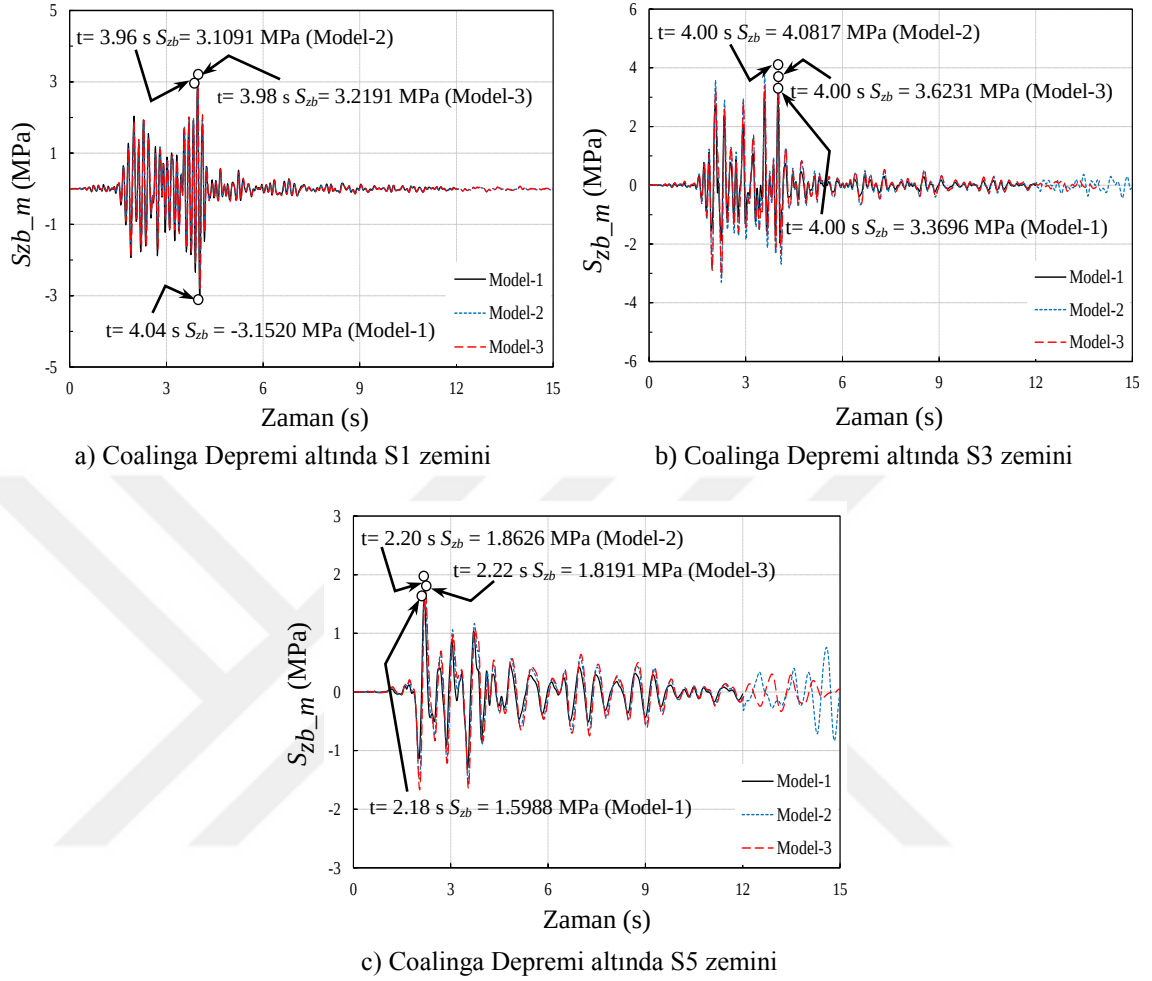


c) Coalinga Depremi altında S5 zemini

Şekil 55. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

Şekil 56'da incelenen üç farklı model duvar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusu için gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin, Şekil 56'da Şekil 56a'dan, S1 zemininde pik gerilme tepkisinin Model-1'de 3.1520 MPa, Model-2'de %1'lik azalışla çekme şeklinde 3.1091 MPa ve Model-2 'ye göre Model-3 için %4'lük artışla çekme şeklinde 3.2191 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Gerilme tepkilerinin değişimi üzerine elde edilen eğilimi nispeten daha düşük rijitliğe sahip zeminlerde de gözlemleyebilmek mümkündür. Örneğin Şekil 56b incelendiğinde, S3 temel zemininde pik gerilme değerinin Model-1'de 3.3696 MPa, Model-2'de %21'lik artışla çekme şeklinde 4.0817 MPa ve Model-3 için %8'lik artışla çekme şeklinde 3.6231 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Diğer örnekte (Şekil56c) S5 temel zemininde pik gerilme değerinin Model-1'de çekme şeklinde 1.5988 MPa, Model-2'de %17'lik artışla çekme şeklinde 1.8626 MPa ve Model-3'te %14'lük artışla yine çekme şeklinde 1.8191 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. En büyük tepkilerin oluş

zamanı ise Model-1 için 2.18~4.04 s, Model-2 için 2.20~4.00 s ve Model-3 için 2.22~4.00 s'dir.



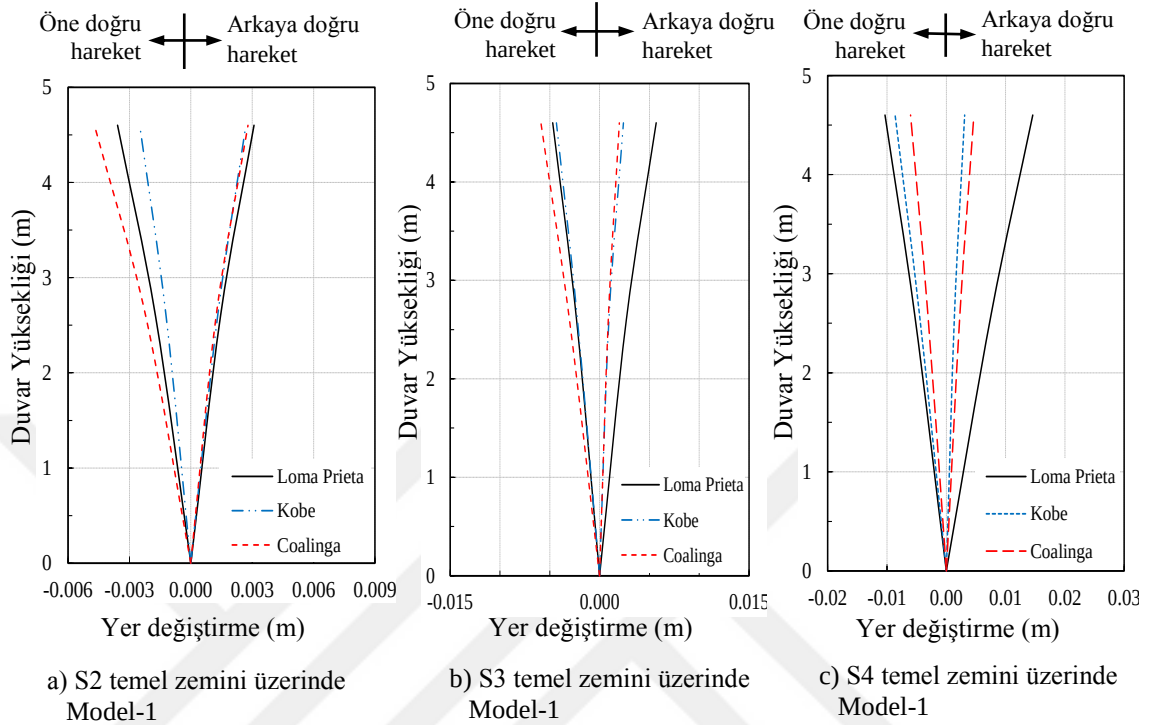
Şekil 56. Coalinga Depremi altında farklı yükseklikli duvarlar için taban plağı arka yüzünde z doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.9. Duvar Sismik Davranışı Üzerinde Deprem Yer Hareketi Etkilerinin İrdelenmesi

Çalışmanın bu bölümünde farklı deprem kayıtları altında meydana gelen gerilmeler ve yatay yer değiştirmeler ile bu tepkilerin oluş zamanlarına ilişkin irdelenmeler yapılmaktadır. Burada da tüm tepkilerin değişimini sunmak tez hacmini oldukça artıracağından bazı temsil edici irdelenmeler vasıtasıyla genel davranış eğilimi yansıtılmaya çalışılmaktadır. Bu suretle S2, S3 ve S4 zeminleri referans alınarak tepki değişimleri sunulmuştur.

2.9.1. Model-1 İçin İrdelgeler

Model-1 için Şekil 57’de yer değiştirmelerin yükseklik boyunca dağılımı verilmektedir.

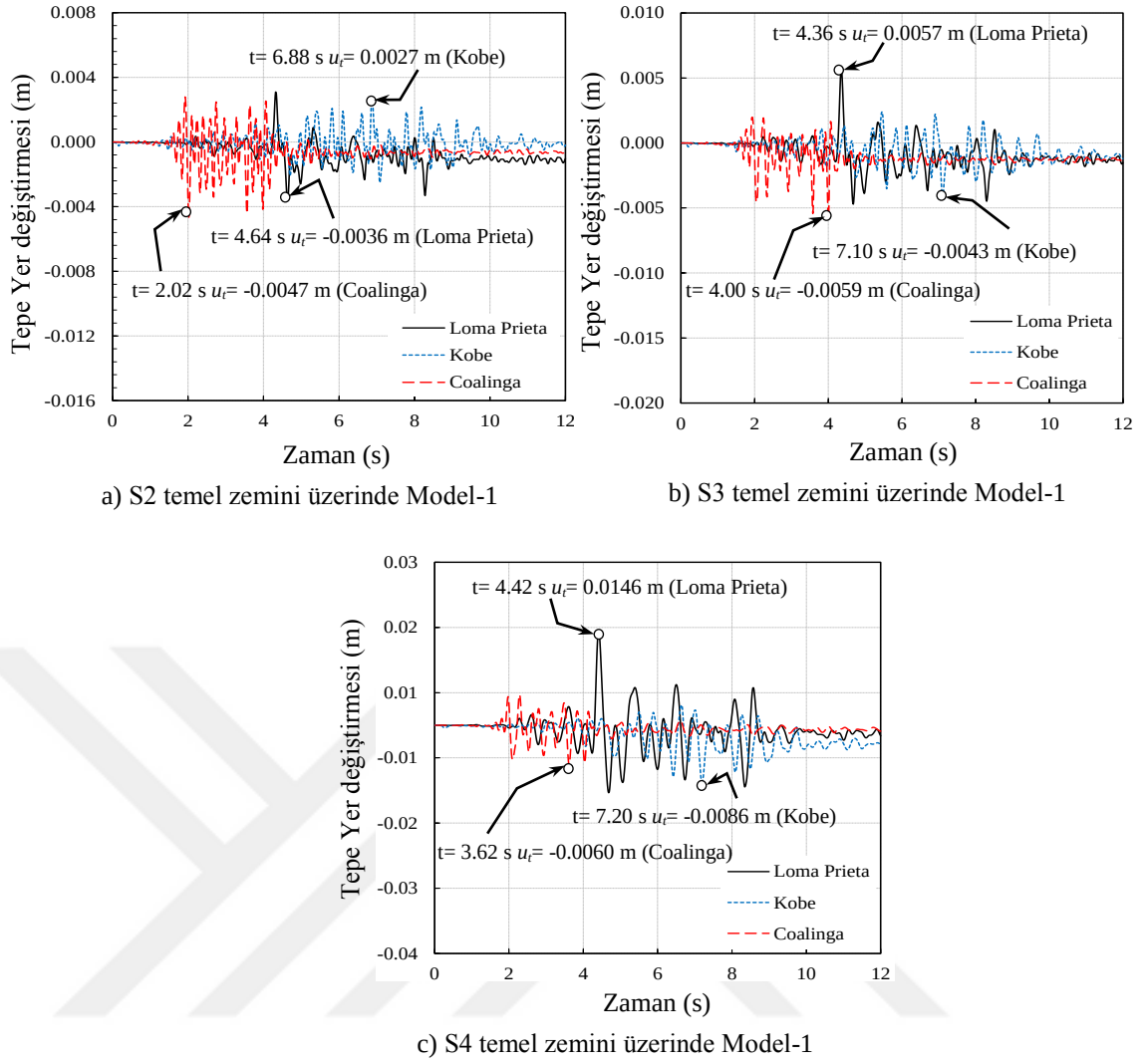


Şekil 57. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmelerin değişimi

Frekans içeriğine bağlı olarak istinat duvarı üzerindeki yer değiştirmeler önemli ölçüde değişebilmektedir. Örneğin Şekil 57a incelendiğinde S2 temel zemininde yükseklik boyunca yer değiştirmelerin öne doğru hareket doğrultusunda büyükten küçüğe doğru yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta ve orta frekans içeriğine sahip Kobe şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Benzer eğilimi S2 zeminine kıyasla nispeten daha düşük rijitliğe sahip S4 zemininde de gözlemlemek mümkündür. Şekil 57c incelendiğinde pik tepe yer değiştirmesinin gerçekleştiği arkaya hareket doğrultusunda tepkilerin büyüklüklerinin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe olarak elde edildiği anlaşılmaktadır.

Şekil 58’de farklı frekans içerikli yüklemeler altında Model-1 özelinde tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimleri verilmektedir. Şekil 58a’da S2 temel zemininde, pik yer değiştirme tepkisinin Loma Prieta Depremi için 0.0036 m, Kobe Depremi için %25’lik azalışla 0.0027 m olarak hesaplandığı ve Coalinga Depremi için Kobe Depremine nazaran %74’lk artışla 0.0047 m hesaplandığı açıktır. Rölatif tepe yer

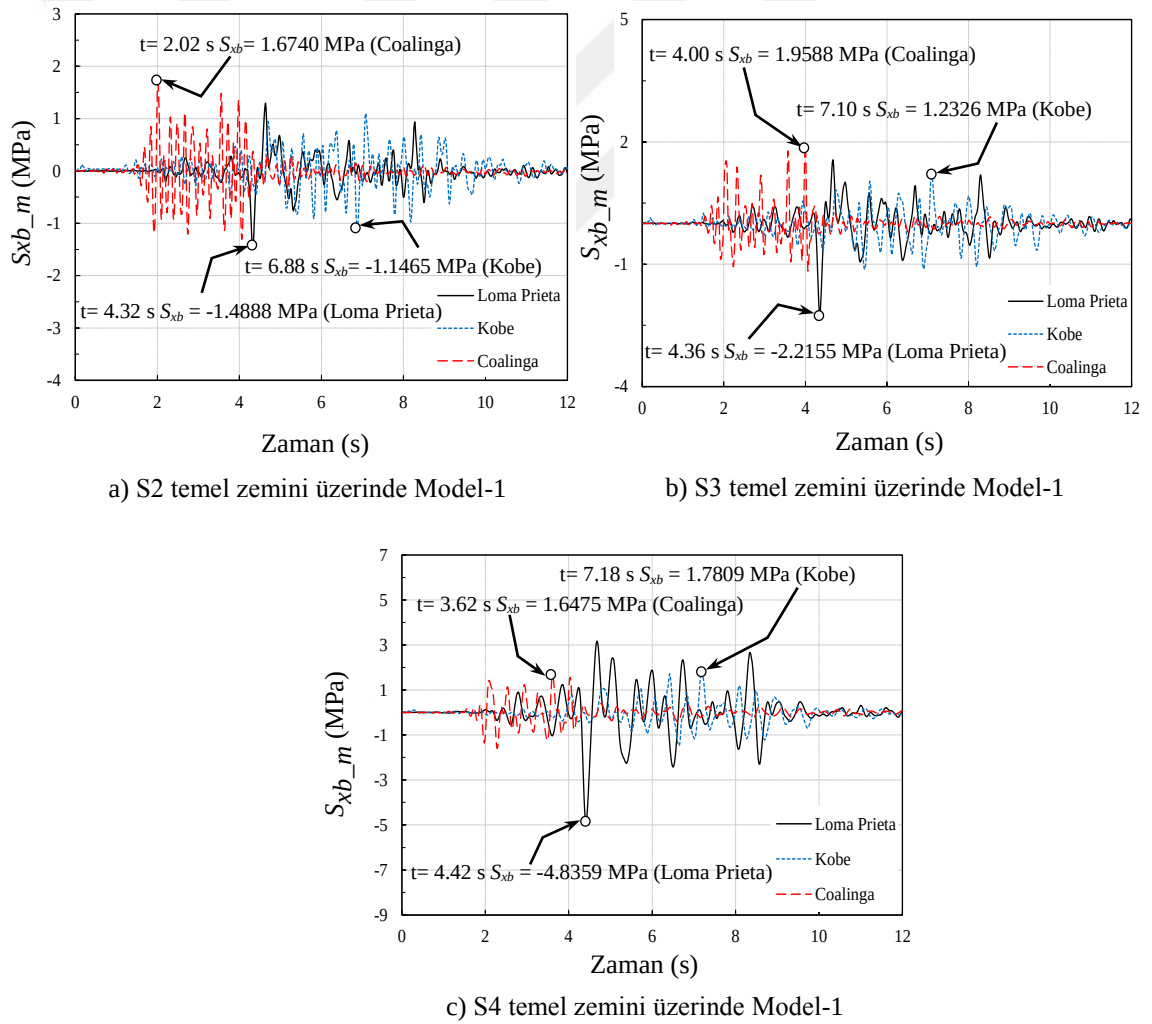
değiştirmeleri ekseninde yapılan tepki karşılaştırmalarından, frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak maksimum rölatif tepe yer değiştirmelerinin büyükten küçüğe doğru yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Aynı şekilde şekil 58b incelendiğinde S3 temel zemini için pik yatay yer değiştirmenin Loma Prieta Depremi için 0.0057 m, Kobe Depremi için %25'lik azalışla 0.0043 m olarak hesaplandığını ve Coalinga Depremi için Kobe Depremine nazaran %37'lik artışla 0.0059 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. şekil 58c'de ise pik tepkilerin frekans içeriğine dayalı sıralaması bakımından farklılık grlmekte ve pik tepkiler büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde vuku bulmaktadır. Burada S4 temel zemininde pik yer değiştirme tepkisinin Loma Prieta Depremi için 0.0146 m, Kobe Depremi için %41 ve Coalinga Depremi için %59 oranlarında azalışlarla sırasıyla 0.0086 ve 0.0060 m olarak hesaplandığını görmek mümkündür. Pik tepkilerin oluş zamanlarını ise Loma Prieta Depreminde 4.36~4.64 s, Kobe Depreminde 6.88~7.20 s ve Coalinga Depreminde 2.02~4.00 s'dir.



Şekil 58. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için hesaplanan tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimi

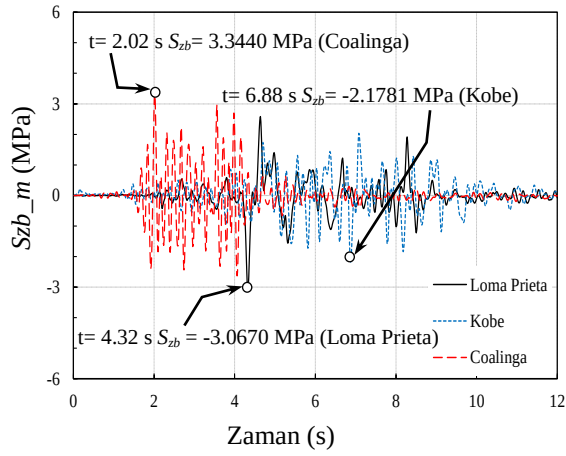
Şekil 59’da ele alınan üç farklı deprem kaydı için duvar gövde plağı arka yüzünde x doğrultusu için gerilme değerleri verilmektedir. Örneğin Şekil 59a’dan, S2 zemininde gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 1.4888 MPa, Kobe Depremi için %23’lük azalışla yine basınç şeklinde 1.1465 MPa ve Coalinga Depremi için Kobe Depremine nazaran %46’lık artışla çekme şeklinde 1.6740 MPa olarak vuku bulduğu görölmektedir. Gerilme yapılan tepki karşılaştırmalarından, frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak pik gerilmelerin büyükten küçüğe doğru yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görölmektedir. Şekil 59b’de pik tepkilerin frekans içeriğine dayalı sıralaması bakımından farklılık görölmekte ve pik gerilmeler büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulmaktadır. Burada S3 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi

için basınç şeklinde 2.2155 MPa, Kobe Depremi için %44'lük azalışla çekme şeklinde 1.2326 MPa ve Coalinga Depremi için Loma Prieta Depremine nazaran %12'lik azalışla yine çekme şeklinde 1.9588 MPa hesaplandığını görmek mümkündür. Şekil 59c'de ise frekans içeriğine dayalı sıralama bakımından pik tepkilerin büyüktür küçük doğru, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde meydana geldiği görülmektedir. Zira S4 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depreminde basınç şeklinde 4.8359 MPa, Kobe Depreminde %63'lük azalışla çekme şeklinde 1.7809 MPa ve Coalinga Depreminde Loma Prieta Depremine nazaran %66'lık azalışla yine çekme şeklinde 1.6475 MPa elde edildiği açıktır. Pik gerilmelerin oluş zamanları ise Loma Prieta Depreminde 4.32~4.42 s, Kobe Depreminde 6.88~7.18 s ve Coalinga Depreminde 2.02~4.00 s'dir.

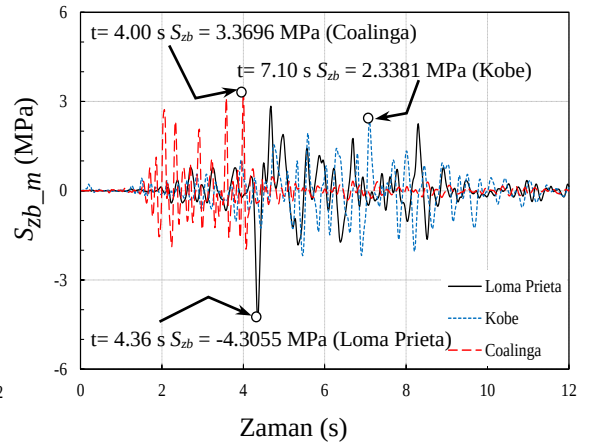


Şekil 59. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı

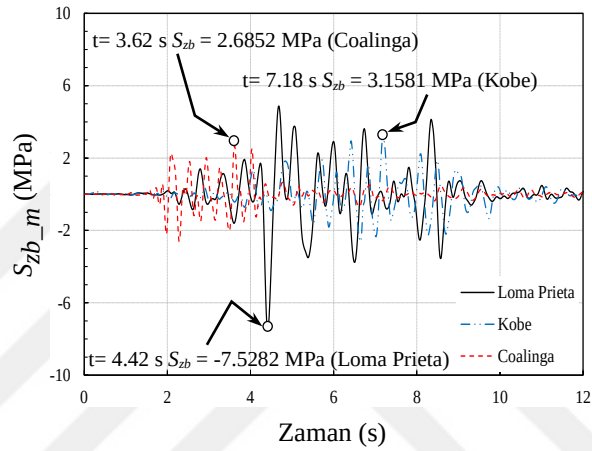
Şekil 60'da ele alınan üç farklı deprem kaydı için duvar taban plağı arka yüzünde z doğrultusu için gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin Şekil 60a'dan, S2 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 3.0670 MPa, Kobe Depremi için %29'luk azalışla yine basınç şeklinde 2.1781 MPa ve Coalinga Depremi için Kobe Depremine nazaran %53'lük artışla çekme şeklinde 3.3440 MPa olarak vuku bulduğu görülmektedir. Gerilme eksenli yapılan bu tepki karşılaştırmalarından, frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak pik gerilmelerin büyükten küçüğe doğru yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Şekil 60b'de pik tepkilerin frekans içeriğine dayalı sıralaması bakımından farklılık görülmekte ve pik gerilmeler büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulmaktadır. Burada S3 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depreminde basınç şeklinde 4.3055 MPa, Kobe Depreminde %46'lık azalışla çekme şeklinde 2.3381 MPa ve Coalinga Depreminde Loma Prieta Depremine nazaran %22'lik azalışla çekme şeklinde 3.3696 MPa hesaplandığını görmek mümkündür. Şekil 60c'de ise frekans içeriğine dayalı sıralama bakımından pik tepkilerin büyükten küçüğe doğru, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Zira S4 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depreminde basınç şeklinde 7.5282 MPa, Kobe Depreminde yaklaşık %58'lik azalışla çekme şeklinde 3.1581 MPa ve Coalinga Depreminde Loma Prieta Depremine nazaran %64'lük azalışla yine çekme şeklinde 2.6852 MPa elde edildiği açıktır.



a) S2 temel zemini üzerinde Model-1



b) S3 temel zemini üzerinde Model-1

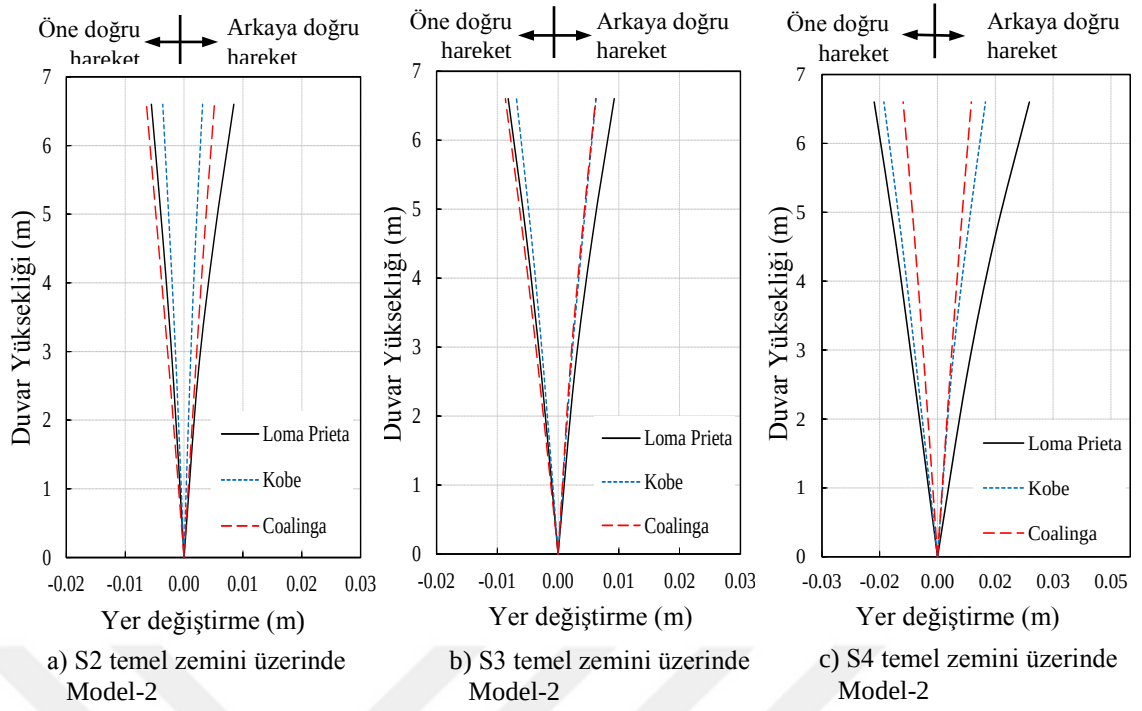


c) S4 temel zemini üzerinde Model-1

Şekil 60. Farklı kayıtlar etkisinde Model-1 için taban plağı arka yüzünde z doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı

2.9.2. Model-2 İçin İrdelemeler

Model-2 için Şekil 61'de yer değiştirmelerin yükseklik boyunca dağılımları verilmektedir.

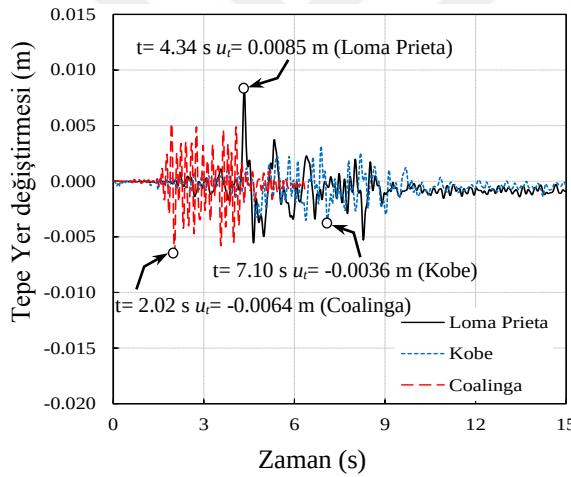


řekil 61. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için yůkseklık boyunca hesaplanan yatay yer deđiřtirmelerin deđiřimi

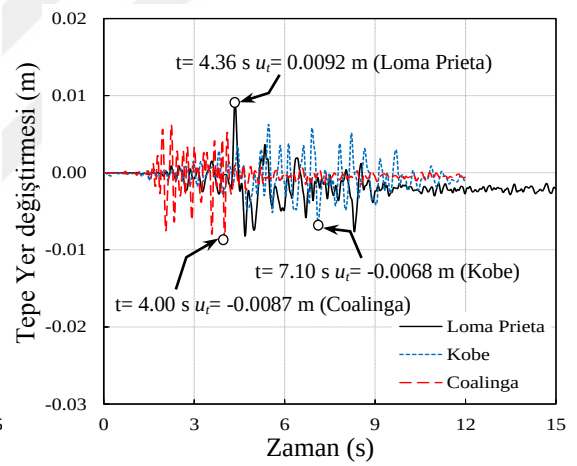
Frekans içeriğine bağlı olarak istinat duvarı ۆzerinde ki yer değiştirmeler ۆnemli ۆlۆde değişebilmektedir. ۆrneđin şekil 61a incelendiğinde S2 temel zemininde yůkseklık boyunca yer değiştirmelerin ۆne doğru hareket doğrultusunda bۆyۆkten kۆۆđe doğru yůkseklık içeriğine sahip Coalinga dۆřsek frekans içeriğine sahip Loma Prieta ve orta frekans içeriğine sahip Kobe şeklinde gerçekleştiği gۆrۆlmektedir. İncelenen ۆ farklı zemininde eğilimlerinin farklılık gۆsterdiđi g�rۆlmektedir. şekil 61b incelendiğinde ۆne doğru hareket esnasında ۆ farklı deprem yer hareketinin de değerlerinin neredeyse çakıştığını gۆzlemlemek mۆmkۆndür. şekil 61c incelendiğinde ise pik tepe yer değiştirmesinin gerçekleştiği arkaya hareket doğrultusunda tepkilerin bۆyۆklۆklerinin bۆyۆkten kۆۆđe doğru dۆřsek frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yůkseklık içeriğine sahip Coalinga olarak elde edildiği anlaşılmaktadır.

şekil 62’de farklı frekans içerikli yۆklemeler altında Model-2 ۆzelinde tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimleri verilmektedir. şekil 62a’da S2 zemininde pik yer değiştirme tepkisinin Loma Prieta Depremi için 0.0085 m, Kobe Depremi için %58’lik azalışla 0.0036 m olarak hesaplandığı ve Coalinga Depremi için %25’lik azalışla 0.0064 m olarak hesaplandığı açıktır. Rۆlatif tepe yer değiştirmeleri ekseninde yapılan tepki karşılaştırmalarından frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak maksimum rۆlatif tepe yer değiştirmelerinin bۆy�kten kۆۆđe doğru dۆřsek frekans

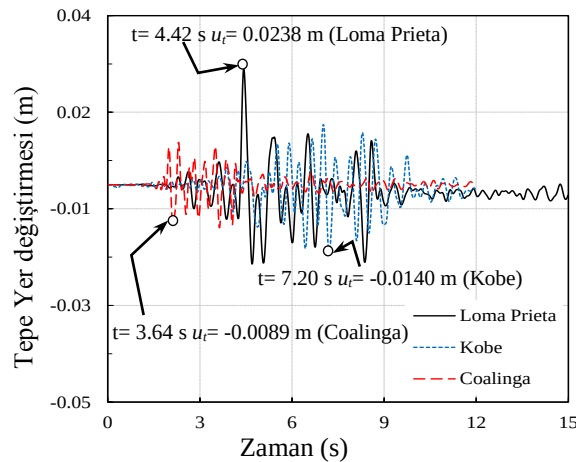
içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 62b incelendiğinde, S3 temel zemini için pik yatay yer değiştirmenin Loma Prieta Depremi için 0.0092 m, Kobe Depremi için %26'lık ve Coalinga Depremi için %5'lik azalışla 0.0068 m ve 0.0059 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Şekil 62c'de ise pik tepkilerin frekans içeriğine dayalı sıralaması bakımından farklılık görülmekte ve pik tepkiler büyükten küçüğe doğru, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde vuku bulmaktadır. Burada S4 temel zemininde pik yer değiştirme tepkisinin zamanla değişimi, en büyük yatay yer değiştirme değerinin Loma Prieta Depremi için 0.0238 m, Kobe Depremi için %41'lik azalışla 0.0140 m olarak hesaplandığını ve Coalinga Depremi için %63'lük azalışla 0.0089 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Pik tepkilerin oluş zamanları ise Loma Prieta Depremi için 4.34~4.42 s, Kobe Depremi için 7.10~7.20 s ve Coalinga Depremi için 2.02~4.00 s'dir.



a) S2 temel zemini üzerinde Model-2



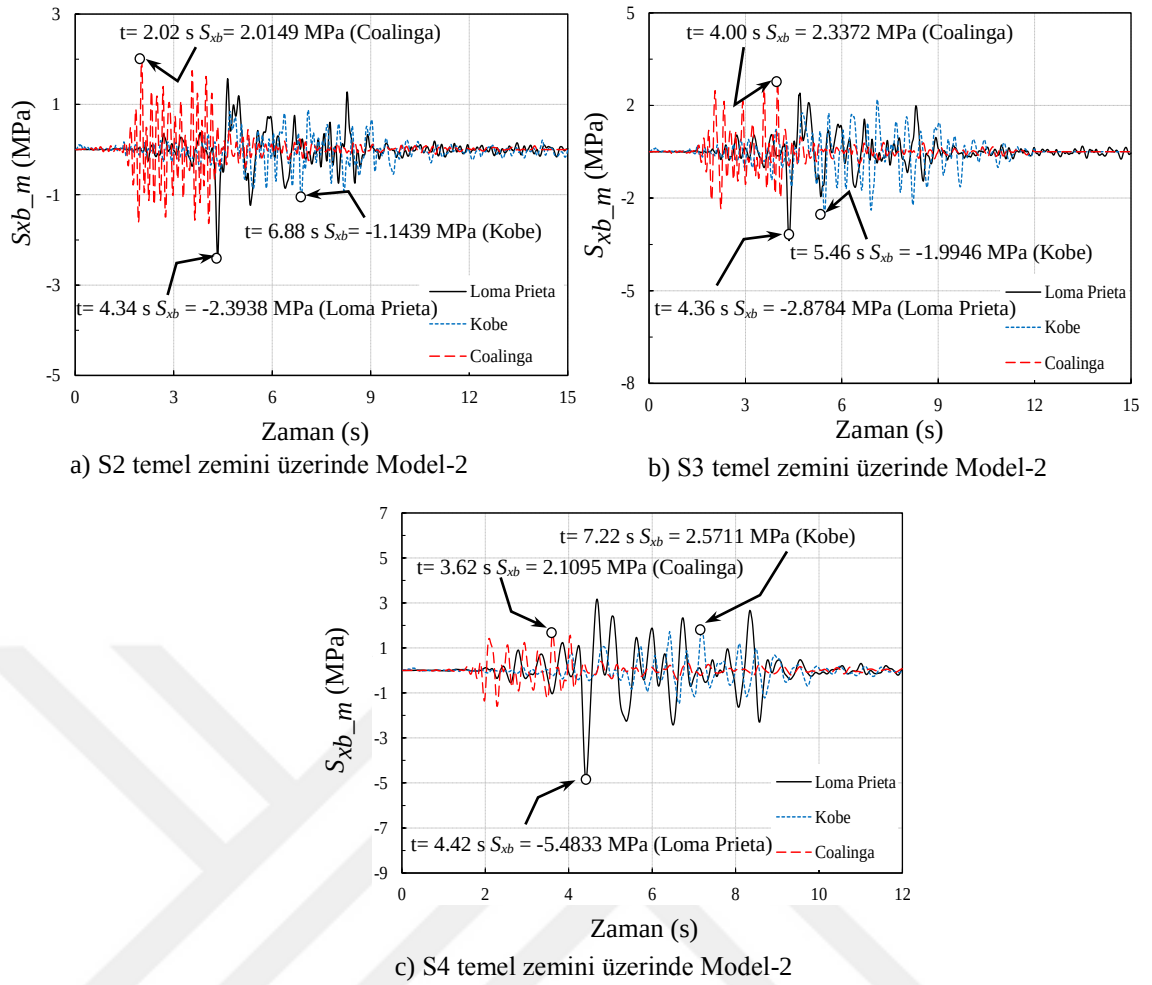
b) S3 temel zemini üzerinde Model-2



c) S4 temel zemini üzerinde Model-2

Şekil 62. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için hesaplanan tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimi

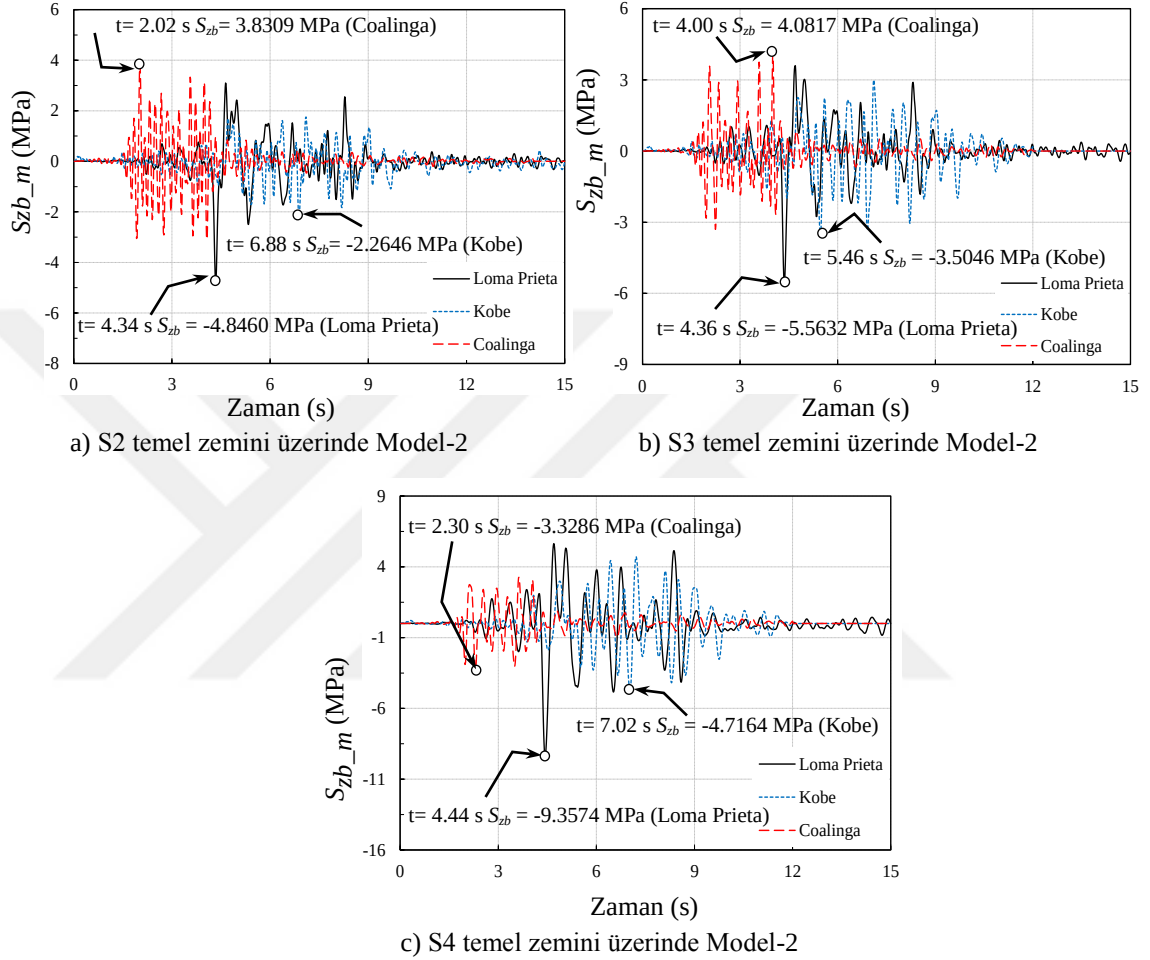
Şekil 63'te ele alınan üç farklı deprem kaydı için duvar gövde plağı arka yüzünde x doğrultusu için gerilme değerleri verilmektedir. Örneğin Şekil 63a'dan, S2 zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 2.3938 MPa, Kobe Depremi için %52'lik azalışla yine basınç şeklinde 1.1439 MPa ve Coalinga Depremi için %16'lık azalışla çekme şeklinde 2.0149 MPa olarak vuku bulduğu görülmektedir. Gerilme odaklı yapılan tepki karşılaştırmalarından frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak pik gerilmelerin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Aynı şekilde, Şekil 63b'de S3 zeminine ait en büyük gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 2.8784 MPa, Kobe Depremi için %31'lik azalışla yine basınç şeklinde 1.9946 MPa ve Coalinga Depremi için %19'luk azalışla çekme şeklinde 2.3372 MPa olarak vuku bulduğu görülmektedir. Şekil 63c' de ise frekans içeriğine dayalı sıralama bakımından pik tepkilerin büyükten küçüğe doğru, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde meydana geldiği görülmektedir. Zira S4 zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta depreminde basınç şeklinde 5.4833 MPa, Kobe Depremi için %53'lük azalışla çekme şeklinde 2.5711 MPa ve Coalinga Depremi için %62'lik azalışla yine çekme şeklinde 2.1095 MPa elde edildiği açıktır.



Şekil 63. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı

Şekil 64'te ele alınan üç farklı deprem kaydı için duvar taban plağı arka yüzünde z doğrultusu için gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin Şekil 64a'dan, S2 zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 4.8460 MPa, Kobe Depremi için yaklaşık %53 oranında azalışla yine basınç şeklinde 2.2646 MPa ve Coalinga Depremi için Kobe depremine nazaran %21'lik azalışla çekme şeklinde 3.8309 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Gerilme eksenli yapılan bu tepki karşılaştırmalarından frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak pik gerilmelerin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 64b'de de S3 zeminine ait pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 5.5632 MPa, Kobe Depremi için %37'lik azalışla yine basınç şeklinde 3.5046 MPa ve Coalinga Depremi için %27'lik azalışla çekme şeklinde 4.0817 MPa olarak vuku bulduğu görülmektedir. Şekil 64c'de ise frekans içeriğine dayalı sıralama bakımından pik tepkilerin büyükten küçüğe doğru,

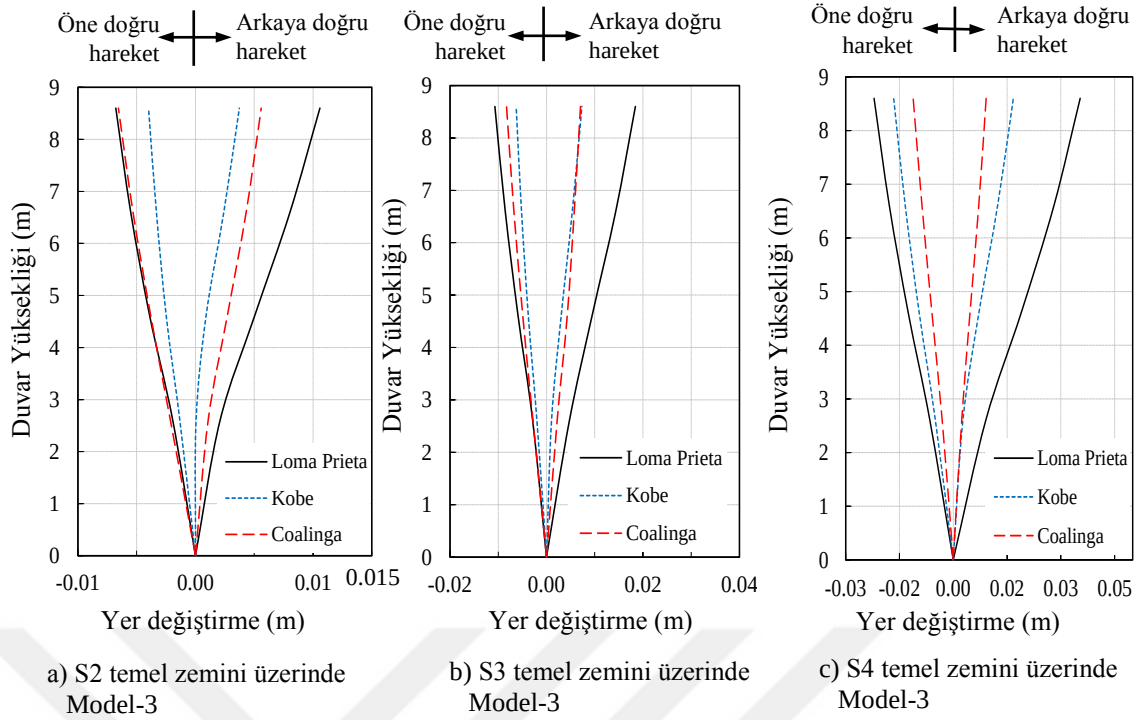
düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Zira S4 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depreminde basınç şeklinde 9.3574 MPa, Kobe Depreminde %53'lük ve Coalinga Depreminde %62'lik azalışlarla ikisinde de basınç şeklinde 4.7164 MPa ve 3.3286 MPa elde edildiği açıktır.



Şekil 64. Farklı kayıtlar etkisinde Model-2 için taban plağı arka yüzünde z doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı

2.9.3. Model-3 İçin İrdelemeler

Model-3 için Şekil 65'te yer değiştirmelerin yükseklik boyunca dağılımı verilmektedir.

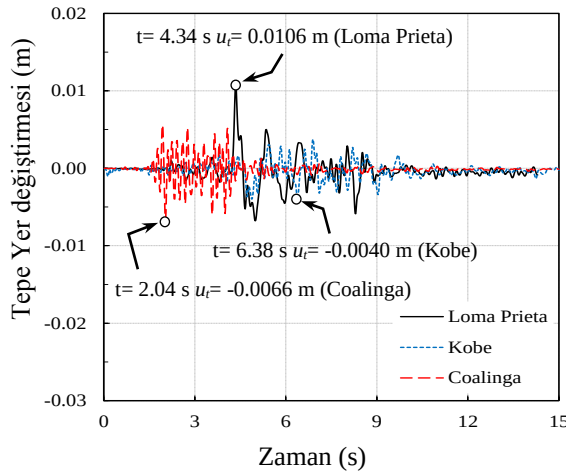


şekil 65. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için yükseklik boyunca hesaplanan yatay yer değiştirmelerin değişimi

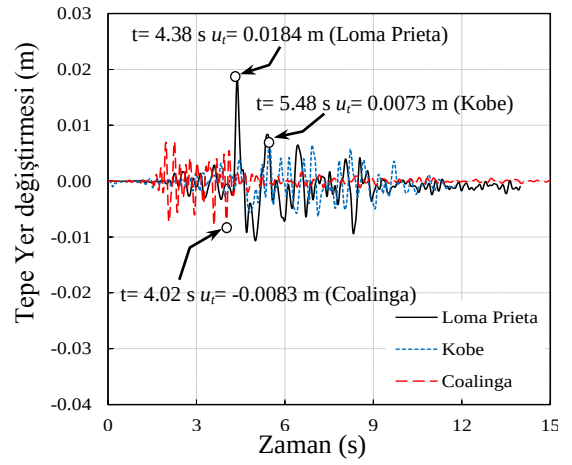
Frekans içeriğine bağlı olarak istinat duvarı üzerinde ki yer değiştirmeler önemli ölçüde değişebilmektedir. Örneğin şekil 65a incelendiğinde S2 temel zemininde yükseklik boyunca yer değiştirmelerin arkaya doğru hareket doğrultusunda büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Benzer eğilimi S2 zeminine kıyasla nispeten daha düşük rijitliğe sahip S3 zemininde de gözlemlemek mümkündür. Örneğin şekil 65b incelendiğinde, S3 zemininde en büyük duvar tepe yer değiştirmesinin gerçekleştiği arkaya hareket doğrultusunda tepkilerin büyüklüklerinin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe olarak elde edildiği anlaşılmaktadır. S4 temel zemininde ise incelenen zeminlerden farklı bir eğilim görülmektedir. şekil 65c incelendiğinde pik tepe yer değiştirmesinin gerçekleştiği arkaya ve ne hareketleri doğrultusunda tepkilerin büyüklüklerinin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga olarak elde edildiği görülmektedir.

şekil 66'da farklı frekans içerikli yüklemeler altında Model-3 özelinde tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimleri verilmektedir. şekil 66a'da S2 zemininde pik yer değiştirme tepkisinin zamanla değişimi, en büyük yatay yer değiştirme değerinin Loma Prieta Depremi için 0.0106 m, Kobe Depremi için %62, Coalinga Depremi için

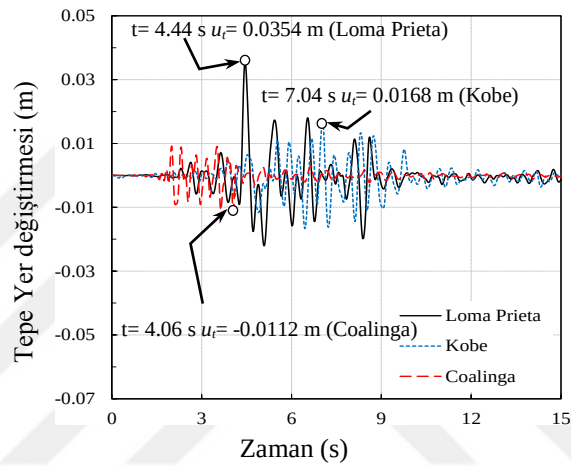
%38'lik azalışlarla 0.0040 m ve 0.0066 m olarak hesaplandığını görmek mümkündür. Rölatif tepe yer değiştirmeleri ekseninde yapılan tepki karşılaştırmalarından frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak maksimum rölatif tepe yer değiştirmelerinin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 66b incelendiğinde, S3 zemini için pik yatay yer değiştirmenin Loma Prieta Depremi için 0.0184 m, Kobe Depremi için %60'lık azalışla 0.0073 m olarak hesaplandığını ve Coalinga Depremi için Kobe Depremine nazaran %55'lik azalışla 0.0083 m olarak gerçekleştiğini görmek mümkündür. Şekil 66c'de ise pik tepkilerin frekans içeriğine dayalı sıralaması bakımından farklılık görülmekte ve pik tepkiler büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde vuku bulmaktadır. Burada S4 temel zemininde pik yer değiştirme tepkisinin Loma Prieta Depremi için 0.0354 m, Kobe Depremi için %52'lik azalışla 0.0168 m olarak hesaplandığını ve Coalinga Depremi için %68'lik azalışla 0.0112 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



a) S2 temel zemini üzerinde Model-3



b) S3 temel zemini üzerinde Model-3

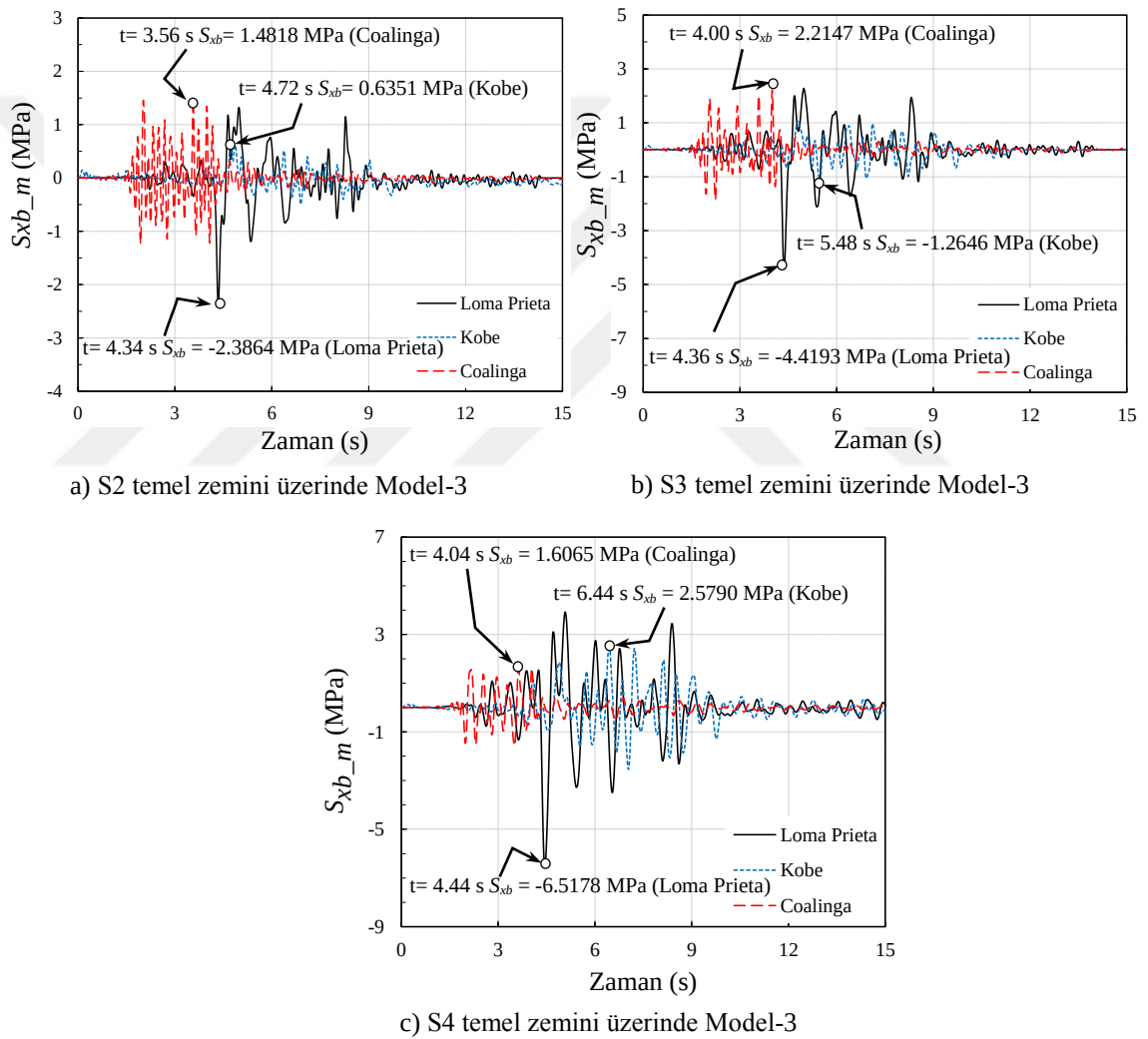


c) S4 temel zemini üzerinde Model-3

Şekil 66. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için hesaplanan tepe yer değiştirmelerinin zamansal değişimi

Şekil 67’de ele alınan üç farklı deprem kaydı için duvar gövde plağı arka yüzünde x doğrultusu için gerilme değerleri verilmektedir. Örneğin Şekil 67a’dan, S2 zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 2.3864 MPa, Kobe Depremi için %73’lük azalışla çekme şeklinde 0.6351 MPa ve Coalinga Depremi için %38’lik azalışla yine çekme şeklinde 1.4818 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Gerilme odaklı yapılan tepki karşılaştırmalarından frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak pik gerilmelerin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 67b’de ise frekans içeriği sıralaması bakımından farklılık görülmekle birlikte büyükten küçüğe doğru, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Burada S3 zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 4.4193 MPa, Kobe

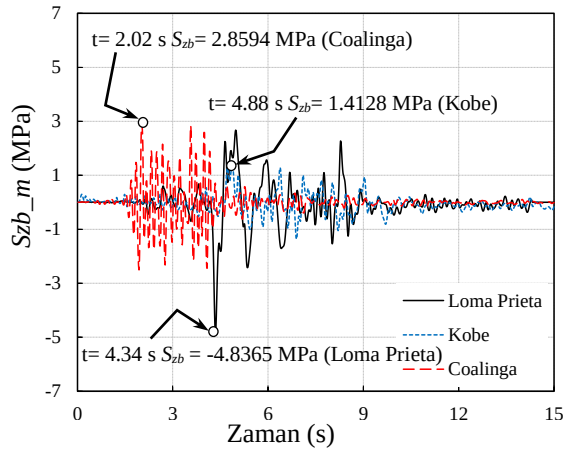
Depremi için %71'lik azalışla basınç şeklinde 1.2646 MPa ve Coalinga Depremi için %50'lik azalışla çekme şeklinde 2.2147 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 67c'de ise frekans içeriğine dayalı sıralama bakımından pik tepkilerin büyükten küçüğe doğru, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga depreminde meydana geldiği görülmektedir. Zira S4 temel zemininde ait pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 6.5178 MPa, Kobe Depremi için %60'lık azalışla çekme şeklinde 2.5790 MPa ve Coalinga Depremi için %75'lik azalışla yine çekme şeklinde 1.6065 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir.



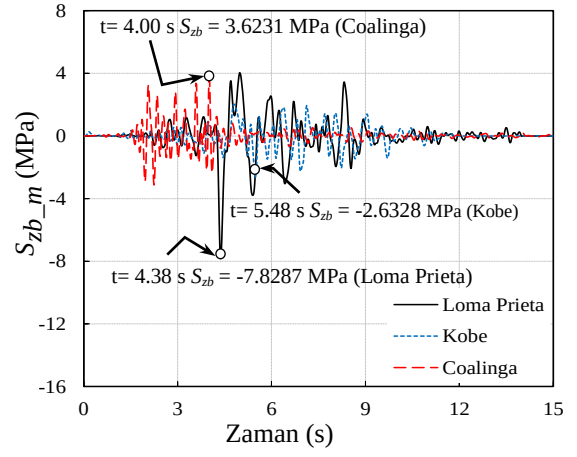
Şekil 67. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için gövde plağı arka yüzünde x doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı

Şekil 68'de ele alınan üç farklı deprem kaydı için duvar taban plağı arka yüzünde z doğrultusu için gerilme değerleri karşılaştırılmaktadır. Örneğin, Şekil 68'den, S2 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde

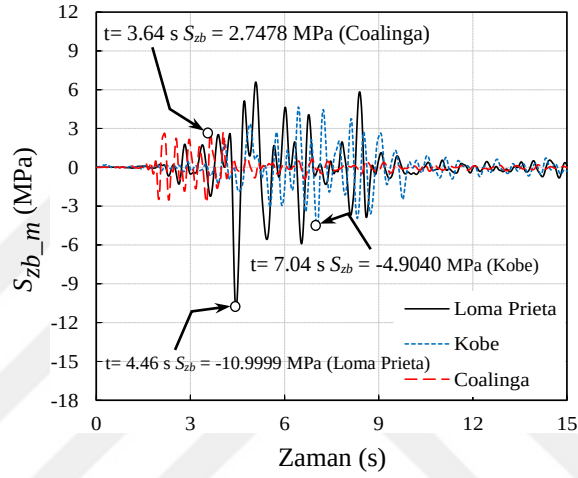
4.8365 MPa, Kobe Depremi için %71'lik azalışla çekme şeklinde 1.4128 MPa ve Coalinga Depremi için %41'lik azalışla yine çekme şeklinde 2.8594 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Gerilme eksenli yapılan bu tepki karşılaştırmalarından, frekans içeriğindeki değişime bağlı olarak pik gerilmelerin büyükten küçüğe doğru yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga, düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta ve orta frekans içeriğine sahip Kobe depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Aynı şekilde Şekil 68b'de S3 temel zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depreminde basınç şeklinde 7.8287 MPa, Kobe Depreminde için %66'luk azalışla yine basınç şeklinde 2.6328 MPa ve Coalinga Depreminde %54'lük azalışla çekme şeklinde 3.6231 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 68c' de ise frekans içeriğine dayalı sıralama bakımından pik tepkiklerin büyükten küçüğe doğru düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Zira S4 zemininde pik gerilme tepkisinin Loma Prieta Depremi için basınç şeklinde 10.9999 MPa, Kobe Depremi için %55'lik azalışla yine basınç şeklinde 4.9040 MPa ve Coalinga Depremi için %75'lik azalışla çekme şeklinde 2.7478 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir.



a) S2 temel zemini üzerinde Model-3



b) S3 temel zemini üzerinde Model-3



c) S4 temel zemini üzerinde Model-3

Şekil 68. Farklı kayıtlar etkisinde Model-3 için taban plağı arka yüzünde z doğrultusunda hesaplanan gerilmelerin zamansal dağılımı

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırma kapsamında beş çeşit zemin sınıfı, üç farklı deprem kaydı (Loma Prieta, Kobe ve Coalinga) ve üç farklı konsol duvar gövde plağı yüksekliği (4 m, 6 m ve 8 m) dikkate alınarak modellenen etkileşim sistemlerinin zaman tanım alanında dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Modellenen konsol duvarların sismik tepkisi, yapı tepe noktasının yatay yer değiştirmeleri ile gövde plağı arka yüzünde ve taban plağı üst hattında gelişen gerilmelerin maksimum değerleri baz alınarak karşılaştırmalı bir şekilde irdelenmiştir. Yer değiştirmelerin yükseklik boyunca dağılımları, rölatif yer değiştirmelerin ve gerilmelerin zamansal dağılımları grafiksel olarak sunulmuştur.

Etkileşim mekanizmasının dinamik davranış üzerindeki etkilerine ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

❖ Farklı deprem yüklemeleri altında ele alınan modellerin çözümüyle hesaplanan en büyük tepe rölatif yer değiştirmeleri, temel zeminindeki rijitlik azalışına bağlı olarak genellikle S1'den S5'e doğru artış eğilimi göstermektedir.

❖ İlgili modellerin çözümüyle elde edilen en büyük gerilmeler, temel zeminindeki rijitlik azalışına bağlı olarak genellikle S1'den S5'e doğru artış eğilimi göstermektedir.

Gövde plağı yüksekliğindeki değişimin dinamik davranış üzerindeki etkilerine ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

❖ En büyük yüksekliğe sahip Model-3'ün genellikle diğer modellere kıyasla daha büyük yer değiştirmeler üretebildiği ve en büyük yer değiştirmelerin genellikle büyükten küçüğe doğru sırasıyla Model-3, Model-2 ve Model-1'de vuku bulduğu görülmüştür. Bu durum, gövde plağı yüksekliği seçiminin tasarım süreçlerini oldukça etkileyebilecek bir unsur olduğunu göstermektedir.

❖ Farklı gövde yüksekliğine sahip konsol duvarlarda deprem esnasında gelişen gerilmeler birbirlerine kıyasla önemli ölçüde değişebilmektedir. Elde edilen en büyük gerilmelerin büyükten küçüğe doğru sırasıyla Model-3, Model-2 ve Model-1'de gerçekleştiği görülmektedir.

Deprem frekans içeriğinin dinamik davranış üzerindeki etkilerine ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

❖ Gerilme tepkilerinin üç farklı frekans içerikli deprem yüklemeleri altında önemli ölçüde değişebildiği açıktır. S1, S2 ve S3'te genellikle en büyük gerilmelerin büyükten küçüğe doğru sırasıyla düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek

frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe yüklemesi altında vuku bulduğu görülmüştür. Diğer yandan S4 ve S5'te bu gerilme tepkilerinin büyükten küçüğe doğru sıralanışı; düşük frekan içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga yüklemesi şeklinde gerçekleşmektedir.

❖ Frekans içeriğindeki değişim, rölatif yer değiştirmeler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. S1, S2 ve S3'te en büyük rölatif tepe yer değiştirmelerin genellikle büyükten küçüğe doğru sırasıyla düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga ve orta frekans içeriğine sahip Kobe yüklemesi altında vuku bulduğu görülmüştür. Diğer yandan aynı sıralamanın S4 ve S5'te düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta, orta frekans içeriğine sahip Kobe ve yüksek frekans içeriğine sahip Coalinga yüklemesi şeklinde olduğu açıktır.

Araştırmanın bir bütün olarak değerlendirilmesi neticesinde ulaşılabilecek genel sonuçlar ve getirilen öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

❖ Temel/zemin etkileşimi, duvar yüksekliği ve frekans içeriği unsurları; her bir unsurun doğrultusu, mertebesi ve tesir oranı önerilen modeller arasında farklılık göstermekle birlikte davranış değişikliğine yol açabilmektedir.

❖ Temel zemini rijitliği azaldıkça Loma Prieta ve Kobe depremlerinde gelişen rölatif tepe yer değiştirme değerinin sürekli arttığı, Coalinga depreminde ise genel olarak artış eğiliminde olduğu gözlenmektedir. Burada zemin-yapı etkileşimi nedeniyle izin verilebilir sınırları aşan yer değiştirmelerin oluşabileceği ve iç kuvvetler küçük seviyelerde olsa bile bu yer değiştirmelerin çok büyük olması durumunda duvarın stabilitesini kaybedebileceğini ifade etmek mümkündür.

❖ Koşulların aynı yönlü değişiminde (duvar yüksekliğinin artışı/azalışı, zemin rijitliğinin artışı/azalışı, PGA/PGV artışı/azalışı) dahi, gerilme ve yer değiştirme tepkilerinde kimi zaman artma kimi zaman da azalma gerçekleşmektedir. Bu durumun nedeni, deprem ile bölgesel saha şartlarının karşılıklı etkileşimine atfedilebilir. Bu karşılıklı etkileşim sebebiyle duvar tepe noktasındaki en büyük rölatif yer değiştirme tersinir bir hal alabilmektedir. Bu durum Loma Prieta yüklemesi altında Model-1 için, Kobe depremi etkisi altında Model-1 ve Model-3 için gerçekleştirilen analizlerde en büyük rölatif yer değiştirmelerin yön değiştirmesinden anlaşılabilmektedir. Belirtilen bu husus gerilme odaklı yapılan irdelemelerden de gözlemlenebilmektedir.

❖ Uygulamanın gerçekleştirileceği zeminden bağımsız olarak her saha için aynı tip projelerin uygulanması ekonomik ve güvenli olmayan bir durum ortaya çıkarabilmektedir. Bu açıdan, istinat duvarı tasarımının, yapının uygulanacağı zemine

uygun olacak şekilde yapılması mühendislik bakımından müspet bir adım olacaktır. Bunun için de, zemin incelemelerinin yönetmeliklere ve şartnamelere uygun yapılması ve zemin parametrelerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir.

❖ Bu araştırmanın bulgu ve sonuçları, burada ele alınan etkileşim modelleri ve kullanılan deprem kayıtları özelinde geçerlidir.

❖ Bu araştırma akabinde yapılacak çalışmalarda; arka dolgu uzunluğunun, kayma dayanımı parametrelerindeki değişimin, sürşarj yüklerinin, anakaya mesafesinin ve hafifletme konsolunun dinamik davranışa etkileri incelenebilir.



KAYNAKÇA

- Acarca, Ş. (2021). *Karayolu projelerinde inşa edilen konsol istinat duvarlarının incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (665624).*
- Aghamolaei, M., Azizkandi, A. S., Baziar, M. H. ve Ghavami, S. (2021). Performance-based analysis of cantilever retaining walls subjected to near-fault ground shakings. *Computers and Geotechnics*, 130, 103924.
- Akbulut, M. (2019). *Betonarme istinat duvarlarını 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine göre karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (555273).*
- Al Atik, L. ve Sitar, N. (2010). Seismic earth pressures on cantilever retaining structures. *Geotechnical Geological Engineering*, 136(10):1324–1333.
- ANSYS INC. (2015). *ANSYS mechanical APDL* [Computer software]. SAS IP.
- Argyroudis, A., Kaynia, A. M. ve Pitilakis, K. (2013). Development of fragility functions for geotechnical constructions: application to cantilever retaining walls. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 50, 106–116.
- Aydınoglu, M. N. (1977). *Üstyapı-zemin ortak sisteminin deprem hesabı. Doktora tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (2228).*
- Bakr, J. ve Ahmad, S. M. (2018). A finite element performance-based approach to correlate movement of a rigid retaining wall with seismic earth pressure. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 114, 460-479.
- Beskou, N. D., Papagiannopoulos, G. A. ve Chassiakos, A. P. (2018). Seismic analysis of rigid walls retaining a cross-anisotropic poroelastic soil layer over bedrock. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 114, 615–624.
- Brandenberg, S.J., Mylonakis, G. ve Stewart, J.P. (2017). Approximate solution for seismic earth pressures on rigid walls retaining inhomogeneous elastic soil. *Soil Dynamic and Earthquake Engineering*, 97, 468-477.
- Callisto, L. ve Soccodato, F. M. (2010). Seismic design of flexible cantilevered retaining walls. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 136(2), 344–354.
- Celep, Z. (2017). *Deprem Mühendisliğine Giriş*. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 739 s.

- Chen, F. Q., Lin, Y. J. ve Yang, J. T. (2020). Passive earth pressure of narrow cohesionless backfill against inclined rigid retaining walls under translation mode. *Soils and Foundations*, 60(5), 1226-1240.
- Chen, F. Q., Kang, W. Z., Yang, Z. W. ve Xu, L. (2022). Seismic pseudo-static active earth pressure of narrow c- ϕ soils on gravity walls under translational mode. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 161, 107437.
- Cimellaro, G. P., Lopez-Garcia, D. ve Reinhorn, A. M. (2017). Soil-structure interaction for integrated design of weakened and damped structures. *J. Earthq. Tsunami*, 11(4), 1750013.
- Çakır, T. (2005). *Donatılı zemin dayanma duvarlarının projelendirilmesi*, Yüksek lisans tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (171002).
- Çakır, T. (2010). *Zemin-depo dış duvarı-sıvı sistemlerinin deprem davranışlarının incelenmesi*, Doktora tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (275689).
- Çakır, T. (2013). Evaluation of the effect of earthquake frequency content on seismic behavior of cantilever retaining wall including soil-structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 45, 96-111.
- Çakır, T. ve Livaoğlu, R. (2013). Dolgu-konsol istinat duvarı-temel/zemin etkileşim sisteminin dinamik davranışlarının incelenmesi. XVIII. Ulusal Mekanik Kongresi, 26-30 Ağustos 2013, Manisa.
- Çakır, T. (2014). Influence of wall flexibility on dynamic response of cantilever retaining walls. *Structural Engineering and Mechanics*, 49: 1-22.
- Çakır, T. ve Dağ, S. (2015). Zemin-yapı etkileşimi ve duvar esnekliği dikkate alınarak konsol istinat duvarlarının dinamik yer değiştirme ve gerilme analizi. *Sigma*, 33(4), 577-589
- Çakır, T. ve Kara, O. (2015). Dolgu zeminine ait birim hacim ağırlık değeri değişiminin konsol bir istinat duvarının sismik davranışı üzerindeki etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 87-100.
- Çakır, T. (2017). Assessment of effect of material properties on seismic response of a cantilever wall. *Geomechanics and Engineering*, 13(4), 601-619.
- Çakır, T. ve Öztürk, K. F. (2020). An overview to the dynamic behaviour of the inverted T type cantilever retaining wall taking into account soil structure interaction phenomenon. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 11(1), 37-50.
- Das, B. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. United States, Cengage Learning Inc.

- Evangelista, A., di Santolo, A. S. ve Simonelli, A. L. (2010). Evaluation of pseudostatic active earth pressure coefficient of cantilever retaining walls. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(11), 1119–1128.
- Filho, F.V., De Barros, F.C.P., Almeida, M.C.F. ve Ferreira, W.G. (1997). Soil-structure interaction analysis of NPP containments: substructure and frequency domain methods. *Nuclear Engineering and Design*, 174, 165-176.
- Galal, K. ve Naimi, M. (2008). Effect of conditions on the response of reinforced concrete tall structures to near fault earthquakes. *The Structural Design Tall and Special Buildings*, 17(3), 541–562.
- Gazetas, G. ve Mylonakis, G. (1998). Seismic soil-structure interaction: New evidence and emerging issues. *Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, ASCE, Reston, VA, 1119–1174.
- Gazetas, G., Psarropoulos, P. N., Anastasopoulos, I. ve Gerolymos, N. (2004). Seismic behaviour of flexible retaining systems subjected to short-duration moderately strong excitation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24: 537-550.
- Giarlelis, C. ve Mylonakis, G. (2011). Interpretation of dynamic retaining wall model tests in light of elastic and plastic solutions. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31, 16-24.
- Göktepe, F., Celebi, E. ve Omid, A. J. (2019). Numerical and experimental study on scaled soil-structure model for small shaking table tests. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 119, 308-319.
- Güllü, H. ve Jaf, H. S. (2016). Full 3D nonlinear time history analysis of dynamic soil–structure interaction for a historical masonry arch bridge. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-17.
- Güllü, H. ve Karabekmez, M. (2017). Effect of near-fault and far-fault earthquakes on a historical masonry mosque through 3D dynamic soil-structure interaction. *Engineering Structures*, 152, 465-492.
- Güllü, H. ve Pala, M. (2014). On the resonance effect by dynamic soil–structure interaction: A revelation study. *Natural Hazards*, 72(2), 827–847.
- Gürsoy, Ş. (2006). *Betonarme istinat duvarlarının zemin etkileşimini de dikkate almak suretiyle, deprem yüklerine göre doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarının incelenmesi. Doktora tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye (183039).*
- Halbritter, A. L., Krutzik, N. J., Boyadjiev, Z. ve Katona, T. (1998). Dynamic analysis of VVER type nuclear power plants using different procedures for consideration of soil-structure interaction effects. *Nuclear Engineering and Design*, 182, 73-92.

- Hatzigeorgiou, G. D. ve Beskos, D. E. (2010). Soil-structure interaction effects on seismic inelastic analysis of 3-D tunnels. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30, 851–861.
- Jadhav, P. R. ve Prashant, A. (2020). Computation of seismic translational and rotational displacements of cantilever retaining wall with shear key. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 130, 105966.
- Kamal, M. ve İnel, M. (2021). Correlation between ground motion parameters and displacement demands of mid-rise RC buildings on soft soils considering soil-structure interaction. *Buildings*, 11(3), 125.
- Kloukinas, P., Penna, A., di Santolo, A. S., Bhattacharya, S., Dietz, M., Dihoru, L., Evangelista, A., Simonelli, A. L., Taylor, C. ve Mylonakis, G. (2012). Experimental investigation of dynamic behavior of cantilever retaining walls. Second International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering, May 2012, Taormina, ss. 13.08.
- Kloukinas, P., di Santolo, A. S., Penna, A., Dietz, M., Evangelista, A., Simonelli, A. L., Taylor, C. ve Mylonakis, G. (2015). Investigation of seismic response of cantilever retaining walls: Limit analysis vs shaking table testing. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 77, 432-445.
- Köktan, U., Demir, G. ve Ertek, M. (2019). Bir konsol istinat duvarının sismik davranışına yeraltı su seviyesindeki değişimlerin etkisinin incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 307-317.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall, New York
- Lin, Y. L., Leng, W. M., Yang, G. L., Zhao, L. H., Li, L. ve Yang, J. S. (2015). Seismic active earth pressure of cohesive-frictional soil on retaining wall based on a slice analysis method. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 70: 133-147.
- Liu, Q., Tian, Y. ve Deng, F. (2014). Dynamic analysis of flexible cantilever wall retaining elastic soil by a modified Vlasov–Leontiev model. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 63: 217-225.
- Livaoğlu, R. (2005). *Ayaklı depoların sıvı-yapı-zemin etkileşimleri dikkate alınarak deprem davranışlarının incelenmesi. Doktora tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (170989)*.
- Lysmer, J. ve Kuhlemeyer, R. L. (1969). Finite dynamic model for infinite media. *Engineering Mechanics Division Journal, ASCE*, 95, 859-877.

- Madabhushi, S. P. G. ve Zeng, X. (2007). Simulating seismic response of cantilever retaining walls. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 133: 539-549.
- Maheshwari, B. K. ve Sarkar, R. (2011). Seismic behavior of soil-pilestructure interaction in liquefiable soils: Parametric study. *International Journal Geomechanics*, 11(4), 335-347.
- Mylonakis, G., Kloukinas, P. ve Papantonopoulos, C. (2007). An alternative to the Monobe-Okabe equations for seismic earth pressures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 27, 957-969.
- Nakajima, S., Ozaki, T., ve Sanagawa, T. (2021). 1 g Shaking table model tests on seismic active earth pressure acting on retaining wall with cohesive backfill soil. *Soils and Foundations*, 61(5), 1251-1272.
- Nazarian, H. N. ve Hadjian, A. H. (1979). Earthquake-induced lateral soil pressures on structures. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 105: 1049-1066.
- Öztürk, K. F. (2018). *Zemin-yapı etkileşimi ve farklı duvar geometrileri dikkate alınarak konsol istinat duvarlarının sismik davranışının incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (514491).*
- Öztürk, K. F., Çakır, T. ve Araz, O. (2023). Influences of wall configurations on earthquake behavior of cantilever retaining walls considering soil-structure interaction effects. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 17(1), 2250021.
- Psarropoulos, P. N., Klonaris, G. ve Gazetas, G. (2005). Seismic earth pressures on rigid and flexible retaining walls. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 25, 795-809.
- Rainieri, C., Dey, A., Fabbrocino, G. ve de Magistris, F. S. (2017). Interpretation of the experimentally measured dynamic response of an embedded retaining wall by finite element models, *Measurement*, 104, 316-325.
- Ren, F., Huang, Q. ve Wang, G. (2020). Shaking table tests on reinforced soil retaining walls subjected to the combined effects of rainfall and earthquakes. *Engineering Geology*, 267, 105475.
- Roesset, J. M. ve Kausel, E. (1976). Dynamic soil-structure interaction. Proc. Second International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Blacksburg, Virginia, 2, 3-19.

- Rostami, A., Moghadam, A. S., Hosseini, M. ve Asghari, N. (2020). Evaluation of formation of plastic hinge and seismic behavior of steel structures due to soil-structure-tunnel interaction. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 14(3), 2050014.
- Saez, E., Lopez-Caballero, F., ve Modaressi-Farahmand-Razavi, A. (2011). Effect of the inelastic dynamic soil-structure interaction on the seismic vulnerability assessment. *Structural Safety*, 33(1), 51-63.
- Salem, A. N., Ezzeldine, O. Y. ve Amer, M. I. (2020). Seismic loading on cantilever retaining walls: full-scale dynamic analysis. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 130, 105962.
- Santhoshkumar, G., Ghosh, P. ve Murakami, A. (2019). Seismic active resistance of a tilted cantilever retaining wall considering adaptive failure mechanism. *International Journal of Geomechanics*, 19(8), 04019086.
- Sizkow, S. F. ve El Shamy, U. (2021). Discrete-element method simulations of the seismic response of flexible retaining walls. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 147(2), 04020157.
- Tabatabaiefar, H. R., Fatahi, B. ve Samali, B. (2013). Seismic behavior of building frames considering dynamic soil-structure interaction. *International Journal Geomechanics*, 13(4), 409–420.
- Tehranizadeh, M. (1998). Dynamic behavior of tall building soil-structure interaction. *Advances in Civil and Structural Engineering Computing for Practice*, Civil-Comp Press, Edinburgh, 281-288.
- Theodorakopoulos, D. D., Chassiakos, A. P. ve Beskos, D. E. (2001). Dynamic pressures on rigid cantilever walls retaining poroelastic soil media. Part I. First method of solution. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21: 315-338.
- Tiwari, R. ve Lam, N. (2021). Modelling of seismic actions in earth retaining walls and comparison with shaker table experiment. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 150, 106939.
- Tiwari, R. ve Lam, N. (2022). Displacement based seismic assessment of base restrained retaining walls. *Acta Geotechnica*, 17(8), 3675-3694.
- TS 7994 (1990). Zemin Dayanma Yapıları Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tuğrul, A. T. (2019). *İstinat yapılarının depreme dayanıklı tasarımı. Yüksek lisans tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (605101).*
- URL-1, <https://santiyede.com/istinat-duvari-nedir-tipleri-ve-kullanim-alanlari/>.
- URL-2, <https://istinatduvari.com/makaleler/istinat-duvari-cesitleri>.

- Veletsos, A. S. ve Meek, J. W. (1974). Dynamic behaviour of building-foundation systems. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 3, 121–138.
- Veletsos, A. S. ve Younan, A.H. (1994). Dynamic soil pressures on rigid vertical walls. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 23, 3, 275-301.
- Vrettos, C., Beskos, D. E. ve Triantafyllidis, T. (2016). Seismic pressures on rigid cantilever walls retaining elastic continuously non-homogeneous soil: An exact solution. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 82, 142-153.
- Wilson, P. ve Elgamal A. (2015). Shake table lateral earth pressure testing with dense c- ϕ backfill. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 71: 13-26.
- Xu, S. Y., Shamsabadi, A. ve Taciroglu, E. (2015). Evaluation of active and passive seismic earth pressures considering internal friction and cohesion. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 70: 30-47.
- Yenidoğan, H. C. (2006). *İstinat duvarlarının deprem sırasında davranışı. Yüksek lisans tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (182706).*
- Youssef, A. (1998). Seismic response of inelastic structures on compliant foundations. PhD Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Northeastern University Boston, Massachusetts.
- Zamiran, S. ve Osouli, A. (2018). Seismic motion response and fragility analyses of cantilever retaining walls with cohesive backfill. *Soils and Foundations*, 58(2), 412–426.
- Zhang, W., Chen, J. F. ve Yu, Y. (2019). Influence of toe restraint conditions on performance of geosynthetic-reinforced soil retaining walls using centrifuge model tests. *Geotextiles and Geomembranes*, 47(5), 653-661.
- Zhu, T. J., Tso, W. K. ve Heidebrecht, A. C. (1988). Effect of peak ground a/v ratio on structural damage. *Journal of Structural Engineering*, 114(5), 1019–37.

ÖZGEÇMİŞ

Elif YILDIZ. İlkokul ve ortaokulu Torul Aktaş İlköğretim Okulu'nda, liseyi ise Gümüşhane Mareşal Çakmak Anadolu Öğretmen Lisesi'nde okudu. 2016 yılında lisans öğrenimine başladığı Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi' ni ve İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2020 yılında birincilik ile bitirdi. Aynı yıl eylül ayında Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. TÜMAŞ Türk Mühendislik, Müşavirlik ve Müteahhitlik A.Ş. bünyesinde İnşaat Kontrol Mühendisi olarak çalışmaya başladı.

