

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK ÇOK KATLI BİR
YAPININ DİNAMİK DAVRANIŞI ÜZERİNDE ZEMİN BOYUTLARININ
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS

Hümeyra ATALAY GAZİOĞLU

OCAK-2024
GÜMÜŞHANE



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

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK ÇOK KATLI BİR
YAPININ DİNAMİK DAVRANIŞI ÜZERİNDE ZEMİN BOYUTLARININ
ETKİSİ**

**EFFECT OF SOIL DIMENSIONS ON THE DYNAMIC BEHAVIOR OF A
MULTI-STOREY BUILDING CONSIDERING SOIL-STRUCTURE
INTERACTION**

YÜKSEK LİSANS

Hümeyra ATALAY GAZİOĞLU

**OCAK-2024
GÜMÜŞHANE**



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

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ DİKKATE ALINARAK ÇOK KATLI BİR
YAPININ DİNAMİK DAVRANIŞI ÜZERİNDE ZEMİN BOYUTLARININ
ETKİSİ**

**EFFECT OF SOIL DIMENSIONS ON THE DYNAMIC BEHAVIOR OF A
MULTI-STOREY BUILDING CONSIDERING SOIL-STRUCTURE
INTERACTION**

YÜKSEK LİSANS

Hümeyra ATALAY GAZİOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Tufan ÇAKIR

**OCAK-2024
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Zemin-Yapı Etkileşimi Dikkate Alınarak Çok Katlı Bir Yapının Dinamik Davranışı Üzerinde Zemin Boyutlarının 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 saklanması için izin verdiğimi onaylarım.

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

31/01/2024

.....

Hümeysra ATALAY GAZİOĞLU

TEŞEKKÜR

“Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak çok katlı bir yapının dinamik davranışı üzerinde zemin boyutlarının etkisi” adlı bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca zaman ayırarak her aşamada bilgi, görüş ve tecrübelerini paylaşan, planlama ve tasarı konusunda yol gösterici olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Tufan ÇAKIR’a saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam boyunca karşılaştığım problemlere gerek bakış açılarıyla gerekse tecrübe ve yardımlarıyla her türlü desteği sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Kaşif Furkan ÖZTÜRK’e, Doç. Dr. Onur ARAZ’a ve sevgili arkadaşım Yüksek İnşaat Mühendisi Ali Furkan PARLAK’a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her evresinde maddi ve manevi destekleriyle beni güçlü kılan, sevgi, sabır ve inançlarıyla bu güne gelmemde en büyük rolü oynayan annem Leyla ATALAY’a, babam Muharrem ATALAY’a ve kardeşim İrem Süreyya ATALAY’a sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Bu süreç boyunca fedakârlık ve anlayışını esirgemediği ve beni her koşulda desteklediği için kıymetli eşim Cengizhan GAZİOĞLU’na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hümeysra ATALAY GAZİOĞLU
GÜMÜŞHANE – 2024

ÖZET

Geleneksel yapı tasarımında, zemin-yapı etkileşimi göz ardı edilerek yapı tepkileri sabit taban yaklaşımı ile hesaplanmaktadır. Bunun nedeni zemin-yapı etkileşiminin devrilme momentlerini ve taban kesme kuvvetlerini azaltmada olumlu bir rol oynadığı düşüncesidir. Ancak temelin dönmesi yapının yatay yer değiştirmelerini artırabilmektedir. Ayrıca zeminin esnekliği, dikkate alınan sistemin serbestlik derecesi sayısını artırmakta, etkin rijitliği azaltmakta ve periyodu uzatabilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı 10 katlı bir yapının dinamik tepkileri üzerinde; farklı zemin özelliklerinin, yer hareketi frekans muhtevasının ve zemin ortam hacminin göreceli etkilerini üç boyutlu sonlu eleman çözümlerine dayalı olarak incelemektir. Bu amaçla, farklı frekans muhtevalı üç deprem yer hareketi, farklı rijitliklere sahip üç zemin ve ankastre taban koşulu, her iki yatay doğrultuda yapının her bir yüzünden itibaren dört farklı zemin genişliği ve temel tabanından itibaren dört farklı ana kaya derinliği göz önünde bulundurularak gerilme, ivme ve yer değiştirmeler hesaplanmıştır. Modellemelerde zemin ve yapının davranışı lineer elastik olarak tanımlanmış ve zemin-yapı etkileşim mekanizması kütsüz temel yaklaşımı ile hesaba katılmıştır. Sonuçlar; söz konusu tepkilerin zemin etkileşimine, frekans muhtevasına ve ana kaya derinliğine bağlı olarak önemli mertebelerde değişebileceğini ancak zemin genişliğinin tepkiler üzerinde ihmal edilebilir düzeylerde bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapı, Dinamik davranış, Kütsüz temel yaklaşımı, Sonlu elemanlar yöntemi, Zemin-yapı etkileşimi

SUMMARY

In traditional structural design, soil-structure interaction is ignored, and structure responses are calculated with fixed base approach. This is because the soil-structure interaction is thought to play a positive role in reducing overturning moments and base shear forces. However, rocking of the foundation may increase the horizontal displacements of the structure. In addition, the soil flexibility increases the number of degrees of freedom of the system considered, reduces the effective stiffness, and can lengthen the period.

The main purpose of this study is to examine the relative effects of different soil properties, frequency content of the ground motion and soil volume on the dynamic responses of a 10-storey structure based on three-dimensional finite element analyses. For this purpose, considering three earthquake ground motions with different frequency contents, three soil conditions with different stiffnesses, fixed base condition, four different soil widths from each face of the structure in both horizontal directions, and four different bedrock depths from the foundation base, the stresses, accelerations and displacements were calculated. In the modeling, the behavior of the soil and structure was defined as linear elastic, and the soil-structure interaction mechanism was taken into account with the massless foundation approach. The results revealed that the aforementioned responses may vary significantly depending on soil interaction, frequency content and bedrock depth, but soil width has a negligible effect on the responses.

Keywords: Reinforced concrete structure, Dynamic behavior, Massless foundation approach, 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	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XXI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Zemin-Yapı Etkileşimi	2
1.3. Literatür Araştırması	3
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME	11
2.1. İncelemeye Konu Olan Yapı ve Zemin Boyutlarını Belirleme Stratejisi	11
2.2. Dikkate Alınan Zemin Koşulları ve Deprem Kayıtları	12
2.3. MODEL-1'in Analizi	14
2.3.1. MODEL-1 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli	14
2.3.2. MODEL-1'in Sismik Analizi	15
2.3.2.1. MODEL-1 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi	19
2.3.2.2. MODEL-1 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	22
2.3.2.3. MODEL-1 İçin İvmelerin İrdelenmesi	24
2.4. MODEL-2'nin Analizi	27
2.4.1. MODEL-2 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli	27
2.4.2. MODEL-2'nin Sismik Analizi	27
2.4.2.1. MODEL-2 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi	31
2.4.2.2. MODEL-2 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	33
2.4.2.3. MODEL-2 İçin İvmelerin İrdelenmesi	36
2.5. MODEL-3'ün Analizi	38
2.5.1. MODEL-3 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli	38

2.5.2. MODEL-3'ün Sismik Analizi	39
2.5.2.1. MODEL-3 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi	42
2.5.2.2. MODEL-3 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	45
2.5.2.3. MODEL-3 İçin İvmelerin İrdelenmesi	47
2.6. MODEL-4'ün Analizi	50
2.6.1. MODEL-4 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli	50
2.6.2. MODEL-4'ün Sismik Analizi	50
2.6.2.1. MODEL-4 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi	54
2.6.2.2. MODEL-4 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	56
2.6.2.3. MODEL-4 İçin İvmelerin İrdelenmesi	59
2.7. MODEL-5'in Analizi	61
2.7.1. MODEL-5 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli	61
2.7.2. MODEL-5'in Sismik Analizi	62
2.7.2.1. MODEL-5 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi	65
2.7.2.2. MODEL-5 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	68
2.7.2.3. MODEL-5 İçin İvmelerin İrdelenmesi	70
2.8. MODEL-6'nın Analizi	73
2.8.1. MODEL-6 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli	73
2.8.2. MODEL-6'nın Sismik Analizi	73
2.8.2.1. MODEL-6 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi	77
2.8.2.2. MODEL-6 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	79
2.8.2.3. MODEL-6 İçin İvmelerin İrdelenmesi	82
2.9. MODEL-7'nin Analizi	84
2.9.1. MODEL-7 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli	84
2.9.2. MODEL-7'nin Sismik Analizi	85
2.9.2.1. MODEL-7 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi	88
2.9.2.2. MODEL-7 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi	91
2.9.2.3. MODEL-7 İçin İvmelerin İrdelenmesi	93
2.10. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Zemin Boyutlarının Etkilerinin İrdelenmesi ...	96
2.10.1. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Temel Zemini Genişliği Etkilerinin İrdelenmesi	96
2.10.2. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Ana Kaya Derinliği Etkilerinin İrdelenmesi	104
2.11. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Yer Hareketi Etkilerinin İrdelenmesi	111

2.11.1. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Yer Hareketi Etkilerinin MODEL-2 İçin İrdelenmesi.....	111
2.11.2. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Yer Hareketi Etkilerinin MODEL-7 İçin İrdelenmesi	115
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	120
KAYNAKÇA.....	122
ÖZGEÇMİŞ	127



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Zemine ait özellikler	12
Tablo 2. Deprem kayıtlarına ait özellikler	12
Tablo 3. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen yer değıştirmeler	16
Tablo 4. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen yer değıştirmeler	16
Tablo 5. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen yer değıştirmeler	16
Tablo 6. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen gerilme değeri	17
Tablo 7. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen gerilme değeri	17
Tablo 8. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen gerilme değeri	17
Tablo 9. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen ivme değeri ...	18
Tablo 10. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen ivme değeri	18
Tablo 11. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen ivme değeri	18
Tablo 12. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen yer değıştirmeler	28
Tablo 13. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen yer değıştirmeler ...	28
Tablo 14. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen yer değıştirmeler	28
Tablo 15. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen gerilme değeri	29
Tablo 16. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen gerilme değeri ...	29
Tablo 17. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen gerilme değeri	29
Tablo 18. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen ivme değeri .	30
Tablo 19. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen ivme değeri	30
Tablo 20. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen ivme değeri	30
Tablo 21. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-3’ten elde edilen yer değıştirmeler	39
Tablo 22. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-3’ten elde edilen yer değıştirmeler	40

Tablo 23. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen yer değişiklikler	40
Tablo 24. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen gerilme değerleri	40
Tablo 25. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen gerilme değerleri	41
Tablo 26. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen gerilme değerleri	41
Tablo 27. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen ivme değerleri ..	41
Tablo 28. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen ivme değerleri	42
Tablo 29. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen ivme değerleri	42
Tablo 30. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen yer değişiklikler	51
Tablo 31. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen yer değişiklikler	51
Tablo 32. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen yer değişiklikler	51
Tablo 33. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen gerilme değerleri	52
Tablo 34. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen gerilme değerleri	52
Tablo 35. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen gerilme değerleri	52
Tablo 36. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen ivme değerleri ..	53
Tablo 37. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen ivme değerleri	53
Tablo 38. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen ivme değerleri	53
Tablo 39. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen yer değişiklikler	62
Tablo 40. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen yer değişiklikler	63
Tablo 41. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen yer değişiklikler	63
Tablo 42. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen gerilme değerleri	63
Tablo 43. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen gerilme değerleri	64
Tablo 44. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen gerilme değerleri	64

Tablo 45. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen ivme değerleri ..	64
Tablo 46. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen ivme değerleri	65
Tablo 47. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen ivme değerleri	65
Tablo 48. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen yer değiştirmeler	74
Tablo 49. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen yer değiştirmeler ...	74
Tablo 50. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen yer değiştirmeler	74
Tablo 51. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen gerilme değerleri	75
Tablo 52. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen gerilme değerleri ...	75
Tablo 53. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen gerilme değerleri	75
Tablo 54. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen ivme değerleri .	76
Tablo 55. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen ivme değerleri	76
Tablo 56. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen ivme değerleri	76
Tablo 57. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen yer değiştirmeler	85
Tablo 58. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen yer değiştirmeler ...	86
Tablo 59. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen yer değiştirmeler	86
Tablo 60. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen gerilme değerleri	86
Tablo 61. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen gerilme değerleri ...	87
Tablo 62. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen gerilme değerleri	87
Tablo 63. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen ivme değerleri .	87
Tablo 64. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen ivme değerleri	88
Tablo 65. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen ivme değerleri	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Ele alınan yapıya ait kalıp planı.....	12
Şekil 2. 1983 Coalinga depremi	13
Şekil 3. 1995 Kobe depremi.....	13
Şekil 4. 1989 Loma Prieta depremi.....	13
Şekil 5. MODEL-1 için oluşturulan sonlu eleman modeli.....	15
Şekil 6. MODEL-1 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi	20
Şekil 7. MODEL-1 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	21
Şekil 8. MODEL-1 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	21
Şekil 9. MODEL-1 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	21
Şekil 10. MODEL-1 için x doğrultusunda gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi	22
Şekil 11. MODEL-1 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	23
Şekil 12. MODEL-1 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	24
Şekil 13. MODEL-1 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	24
Şekil 14. MODEL-1 için x doğrultusunda ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	25
Şekil 15. MODEL-1 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	26
Şekil 16. MODEL-1 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	26
Şekil 17. MODEL-1 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	26
Şekil 18. MODEL-2 için oluşturulan sonlu eleman modeli.....	27
Şekil 19. MODEL-2 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	31

Şekil 20. MODEL-2 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	32
Şekil 21. MODEL-2 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	32
Şekil 22. MODEL-2 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	33
Şekil 23. MODEL-2 için x doğrultusunda gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi	34
Şekil 24. MODEL-2 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	35
Şekil 25. MODEL-2 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	35
Şekil 26. MODEL-2 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	35
Şekil 27. MODEL-2 için x doğrultusunda ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	36
Şekil 28. MODEL-2 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	37
Şekil 29. MODEL-2 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	37
Şekil 30. MODEL-2 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	38
Şekil 31. MODEL-3 için oluşturulan sonlu eleman modeli.....	39
Şekil 32. MODEL-3 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	43
Şekil 33. MODEL-3 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	44
Şekil 34. MODEL-3 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	44
Şekil 35. MODEL-3 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	44
Şekil 36. MODEL-3 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi	45
Şekil 37. MODEL-3 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	46
Şekil 38. MODEL-3 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	47

Şekil 39. MODEL-3 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	47
Şekil 40. MODEL-3 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	48
Şekil 41. MODEL-3 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	49
Şekil 42. MODEL-3 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	49
Şekil 43. MODEL-3 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	49
Şekil 44. MODEL-4 için oluşturulan sonlu eleman modeli.....	50
Şekil 45. MODEL-4 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	54
Şekil 46. MODEL-4 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	55
Şekil 47. MODEL-4 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	55
Şekil 48. MODEL-4 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	56
Şekil 49. MODEL-4 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi	57
Şekil 50. MODEL-4 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	58
Şekil 51. MODEL-4 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	58
Şekil 52. MODEL-4 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	58
Şekil 53. MODEL-4 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	59
Şekil 54. MODEL-4 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	60
Şekil 55. MODEL-4 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	60
Şekil 56. MODEL-4 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	61
Şekil 57. MODEL-5 için oluşturulan sonlu eleman modeli.....	62
Şekil 58. MODEL-5 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	66

Şekil 59. MODEL-5 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	67
Şekil 60. MODEL-5 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	67
Şekil 61. MODEL-5 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	67
Şekil 63. MODEL-5 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	69
Şekil 64. MODEL-5 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	70
Şekil 65. MODEL-5 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	70
Şekil 66. MODEL-5 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	71
Şekil 67. MODEL-5 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	72
Şekil 68. MODEL-5 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	72
Şekil 69. MODEL-5 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	72
Şekil 70. MODEL-6 için oluşturulan sonlu eleman modeli.....	73
Şekil 71. MODEL-6 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	77
Şekil 72. MODEL-6 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	78
Şekil 73. MODEL-6 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	78
Şekil 74. MODEL-6 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	79
Şekil 75. MODEL-6 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi	80
Şekil 76. MODEL-6 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	81
Şekil 77. MODEL-6 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	81
Şekil 78. MODEL-6 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi	81

Şekil 79. MODEL-6 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	82
Şekil 80. MODEL-6 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	83
Şekil 81. MODEL-6 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	83
Şekil 82. MODEL-6 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	84
Şekil 83. MODEL-7 için oluşturulan sonlu eleman modeli.....	85
Şekil 84. MODEL-7 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	89
Şekil 85. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	90
Şekil 86. MODEL-7 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	90
Şekil 87. MODEL-7 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	90
Şekil 88. MODEL-7 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi	91
Şekil 89. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	92
Şekil 90. MODEL-7 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	93
Şekil 91. MODEL-7 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	93
Şekil 92. MODEL-7 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi.....	94
Şekil 93. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	95
Şekil 94. MODEL-7 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	95
Şekil 95. MODEL-7 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi	95
Şekil 96. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen yer değiştirmeler	97
Şekil 97. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi.....	98

Şekil 98. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	98
Şekil 99. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi.....	98
Şekil 100. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen gerilmeler	99
Şekil 101. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi	100
Şekil 102. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi	100
Şekil 103. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi	101
Şekil 104. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen ivmeler	102
Şekil 105. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	103
Şekil 106. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi	103
Şekil 107. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi	103
Şekil 108. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen yer değiştirmeler	104
Şekil 109. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi.....	105
Şekil 110. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi.....	105
Şekil 111. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi	106
Şekil 112. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen gerilmeler	106
Şekil 113. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi	107
Şekil 114. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi	107

Şekil 115. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi.....	108
Şekil 116. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen ivmeler	109
Şekil 117. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	110
Şekil 118. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	110
Şekil 119. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi.....	110
Şekil 120. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde elde edilen yer değiştirmeler	112
Şekil 121. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen yer değiştirmeler	112
Şekil 122. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde elde edilen gerilmeler.....	113
Şekil 123. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen gerilmeler	114
Şekil 124. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde elde edilen ivmeler.....	114
Şekil 125. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen ivmeler	115
Şekil 126. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde hesaplanan yer değiştirmeler	116
Şekil 127. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen yer değiştirmeler	116
Şekil 128. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde elde edilen gerilmeler	117
Şekil 129. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen gerilmeler	118
Şekil 130. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde elde edilen ivmeler.....	118
Şekil 131. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen ivmeler.....	119

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	: Seçili düğüm noktasında x doğrultusundaki en büyük ivme
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
E	: Elastisite modülü
G	: Kayma modülü
PGA	: En büyük yer ivmesi
PGV	: En büyük yer hızı
R	: Tepki azaltma faktörü
S	: Seçili düğüm noktasında x doğrultusundaki en büyük gerilme
SSPSI	: Sismik zemin-kazık-yapı etkileşimi
T	: Zaman
u	: En büyük yatay yer değiştirme
v_p	: Boyuna dalga hızı
v_s	: Kayma dalgası hızı
YSA	: Yapay sinir ağı
ν	: Poisson oranı
γ	: Zeminin birim hacim ağırlığı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya nüfusunun hızla artışına bağlı olarak deprem riski yüksek bölgelerde dahi yoğun yerleşim alanları oluştuğu görülmektedir. Ülkemiz de bulunduğu coğrafi konum itibarıyla aktif fay hatlarının yoğun olduğu bir bölgede yer almaktadır. Yaşadığımız bölgelerde tektonik yapıları nedeniyle birçok deprem meydana gelmekte ve yıkıcı etkilere sahip depremler önemli ölçekte can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Ülkemizde yaşanan bu yıkıcı depremlerin sonuncuları 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleridir. Ülkemizdeki en aktif fay zonlarından biri olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde meydana gelen her iki depremde yalnızca merkez üssü olan ilde değil Şanlıurfa, Diyarbakır, Adana, Adıyaman, Osmaniye, Hatay, Kilis, Malatya ve Elazığ illerinde de can ve mal kayıpları oluşmuştur. Bu bağlamda deprem gerçeğiyle yüz yüze olduğumuz ve depremlerin tam olarak ne zaman gerçekleşeceği belli olmadığı için olası bir depreme karşı gerekli koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir (Özyazgan, 2002). Yeryüzünde oldukça önemli etkiler yaratan deprem veya patlamalar sebebiyle sonsuz ortamda, dışarıdan veya içeriden etkiyen dinamik yüklemelere ve sismik dalgalara karşı yapıların emniyetli tarafta kalacak şekilde tasarlanmaları gerekmektedir (Karabörk vd., 2010).

Konuyla ilgili çalışmalar incelendiğinde, betonarme yapı tasarımında genellikle üstyapı ile temel zemin sistemi birbirlerinden bağımsız düşünülerek yapıların boyutlandırıldığı görülmektedir. Bu şartlar altında temel sistemi hesabında zemin etkileri göz önünde bulundurulurken, yapı tabanının ankastre olduğu varsayılarak zemin etkilerinin ihmal edildiği görülmektedir. Oysaki zemin etkileri sadece temeli değil tüm yapı sistemini etkilemektedir (Özgan vd., 2016). Sunulan varsayıma göre temeller yer değiştirme ve dönme yapmamaktadır. Ancak deprem gibi yapıya etkiyen dinamik bir yükleme altında temellerde çökme ve dönmeler meydana gelmektedir (Karabörk, 2009). Bu durum yapı tasarımında zemin etkisinin göz önünde bulundurulması hususunun ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Zemin etkileşimi dikkate alınarak yönetmeliğe uygun olarak tasarlanan yapılarda deprem kuvveti, zemin özellikleri ve yapı yükseklikleri dinamik tepkileri önemli ölçüde etkilemektedir.

1.2. Zemin-Yapı Etkileşimi

Zeminler ve üzerine inşa edilen yapıların dinamik davranışında, zemin-yapı etkileşim etkileri zeminlerin rijit olmadığı durumlarda büyük önem taşımaktadır. Deprem kaynaklı açığa çıkan sismik titreşimler zeminde birtakım deformasyonlar oluşturmakta ve zeminde meydana gelen bozulmalar da yapı temeli ile bir bütün olduğu için temeli etkilemektedir. Temel rijitliğinin mertebesine bağlı olarak yapı da temelden farklı oranda etkilenmektedir. Öte yandan zemin ortamın çok sıkı/rijit olması veya kaya zemin ile karşılaşılması durumlarında etkileşimin dikkate alınmadığı ankastre taban varsayımı geçerliliğini koruyabilmektedir. (Öztürk, 2023).

Günümüze değin deprem hesabı için kullanılmakta olan alışılmış yöntemler ile üst yapı dinamik etkilerini belirlemeye yardımcı deprem yönetmelikleri, zemini genelde sonsuz rijit kabul etmekte ve titreşimlerin varlığını hiçe saymaktadır (Aydınoğlu 1977). Ancak bu kabulün aksine yapı ve zemin deprem esnasında birlikte hareket etmektedir. Zeminin üst yapıya nazaran çok rijit olması durumu haricinde üst yapı ve zemin şekil değiştirebilir durumda olup, statik ve dinamik etkilere ortak tepki göstermektedir. Bu sebepten ötürü gerçek sonuçlar elde etmek adına yapı sistemleri değerlendirilirken zemin etkileri göz ardı edilmemelidir (Mamuk, 2010).

Üzerinde yaşadığımız coğrafya aktif fay hatlarının bulunduğu ve yoğun depremlerin gerçekleştiği bir konumda yer almaktadır. Günümüzde toplumların çeşitli ihtiyaçlarına karşılık verebilmek adına çok katlı binalar, kuleler, barajlar ve nükleer santraller yapılmakta ve işletilmektedir. Fonksiyonları ve güvenliklerinin sağlanması bakımından bu tür yapılar, inşaları ve yer seçimleri esnasında ilave özen gösterilmesi gereken özel yapılardır. Ancak bu tarz yapıların arazi kullanımı açısından sıkıntılı ve deprem açısından aktif olan bölgelere yakın yerlerde inşa edildiği görülmektedir (Mamuk, 2010). Yine günümüze kadar yaşanan birçok deprem ele alındığında, üst yapı temeli ve zemin yüzeyinde birbirine yakın iki noktadan alınan değerlerin birbirinden çok farklı olduğu görülmektedir. Burada depremlerin yapıyı, yapıların da zemin sistemini dolayısıyla deprem kayıtlarını etkilediği kanıtlanmaktadır. Son yıllarda yapılmakta olan teorik ve deneysel çalışma örnekleri, zemin ve depremlere karşı üst yapının verdiği karşı tepkilerin zemin ve deprem özellikleriyle birlikte üst yapı dinamik özelliklerine de bağlı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak zemin sisteminin yumuşak ya da sert olması üst yapı dinamik özellikleri ile birlikte değerlendirildiği zaman anlamlı olmaktadır (Aydınoğlu, 1997).

Deprem esnasında etkileşim nedeniyle sönüm oranlarıyla birlikte hakim titreşim periyotları da değişmektedir. Bu değişimin ortaya konulduğu mihenk taşı çalışmalardan

biri, 1985 Meksika depremini analiz eden ayrıntılı araştırmalardır. Adı geçen bu deprem incelendiğinde, zemin etkileşiminin göz ardı edildiği analizlerde yapının doğal titreşim periyodu 1 s civarında elde edilirken, etkileşimin değerlendirildiği analizlerde titreşim periyotlarının 2 s civarına çıktığı ve bu durumun büyük hasara sebep olduğu görülmektedir (Mylonakis ve Gazetas, 2000). Bu sebeple zemin-yapı etkileşimi açısından zeminlerin çok iyi tahlil edilmesi ve etkileşim mekanizmasının yöresel zemin koşulları bağlamında özenle değerlendirilmesi gerekmektedir.

1.3. Literatür Araştırması

Ülkemiz jeolojik konumu, topoğrafyası ve tektonik özellikleri nedeniyle aktif fayların etkisi altındadır. Bu faylar günümüze kadar birçok yıkıcı deprem üretmiş ve büyük miktarda can ve mal kaybına neden olmuşlardır. Bu yüzden inşa edilen yapıların olası depremleri olabildiğince az hasarla karşılaşmaları ve işlevselliklerini kaybetmemeleri mühendislik hizmetlerinin temel hareket noktasını oluşturmaktadır. Sismik yükler altında yapılar her zaman aynı tepkileri göstermemektedir. Deprem yüklemesinin ve zemin özelliklerinin değişimine bağlı olarak yapılar farklı tepkiler sergileyebilmektedir. Aşağıda genel olarak yapı ve zemin sistemlerinin değişimi sonucunda yapılarda meydana gelen dinamik tepkilerin irdelendiği çalışmalara yer verilmiştir.

Dutta vd. (2004), destekleyici zeminin temelin hareketine müsaade etmesinin yapının genel rijitliğini azalttığını ve doğal periyotlarda artışa sebep olduğunu belirtmektedir. Yaptıkları çalışmada sığ zemin üzerine oturan az katlı binaları ele almışlar ve kesme etkisinin temel ve zemin rijitlik parametrelerine bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bhattacharya vd. (2004), sıkışma nedeni ile binanın yanal rijitlik değerlerinde azalma ve doğal periyodunda artma gözlemlemişlerdir. Ayrıca zemin-yapı etkileşimi değerlendirilirken radye temel üzerine oturan yapılarda burulma etkileri ile doğal periyot ve taban kesme kuvvetlerinin etkileşim ile nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Miranda ve Taghavi (2005), deprem yer hareketine maruz kaldığında elastik veya pratik olarak elastik davranış sergileyen çok katlı binaların kat ivmelerini tahmin etmek için basitleştirilmiş bir yöntem önermişlerdir. Yöntem bir eğilme ve bir kesme kirişinin birleşiminden oluşan eş değer sürekli bir yapıya dayanmaktadır. Önerdikleri yöntemde mod şekilleri, periyot oranları ve modal katılım faktörleri için kapalı formda çözümler sunmuşlar ve yanal rijitliklerin azalmasının dinamik özellikleri fazla etkilemediğini belirtmişlerdir. Doğangün ve Livaoğlu (2006), Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te verilen

tasarım spektrumlarını, Uluslararası Yapı Yönetmeliği (International Building Code), Avrupa Birliği Yönetmeliği (Eurocode 8) ve Tek Tip Yapı Yönetmeliği (Uniform Building Code) spektrumları ile mukayese etmişler ve taban kesme kuvvetleri, görelî kat ötelemeleri, yer değiştirmeler ve periyotlar üzerine irdemeler yapmışlardır. Ala (2007), zemin-yapı etkileşim mekanizmasını incelemek için zaman ortamında sonlu elemanlar yöntemine dayalı dinamik analizler yapmıştır. Yumuşak kat, zayıf kat ve kısa kolon oluşumu gibi deprem yüklemesi altında binaların yıkılmasına ya da ağır hasar almasına sebep olabilecek durumları dikkate alarak zeminin yapı davranışına etkisini değerlendirmiştir. Bu değerlendirmeleri yapabilmek maksadıyla 9 farklı binayı, 5 farklı zemin sistemini ve yer altı su seviyesini dikkate almış ve yere göre izafî yer değiştirmeleri grafiksel olarak sunmuştur. Karabörk (2009), 1999 Marmara depreminde kötü zemin özelliğine sahip ortamlarda inşa edilen birçok yapıda yapısal hasarın az olması fikrinden hareketle; üç farklı deprem yüklemesi altında, planları ve rijitlikleri aynı olan üç, altı ve on katlı yapıların sert ve yumuşak zemin üzerindeki dinamik davranışlarını SAP2000 programı ile incelemiş ve oluşturduğu modellerde yer değiştirme, iç kuvvet ve periyot değerlerini karşılaştırmıştır. Analizler sonucunda sert zemine oturan yapılarda yumuşak zemine oturan yapılara nazaran daha büyük görelî yer değiştirme meydana geldiği ve buna bağlı olarak sert zemine oturan yapılarda daha büyük yapısal hasarlar oluştuğu görölmüştür. Sonuç olarak taşıma gücü düşük olan yumuşak zeminlerde enerjinin daha fazla absorbe edilebileceği, buna bağlı olarak üst yapıya iletilen ivme tepkilerinin küçük kalabileceği, bu tür zeminler üzerindeki yapılarda zaman zaman daha az yapısal hasar meydana gelebileceği ifade edilmiştir. Tabatabaiefar ve Massumi (2010), değişik kayma dalgası hızlarına sahip üç farklı zemin ortam üzerindeki dört farklı yapı modeli için kat kesme kuvvetlerini ve yatay ötelenmeleri sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmada kütlesiz temel yaklaşımıyla oluşturulan modellerde; $375 < v_s < 750$ m/s iken sismik tasarımda etkileşim etkilerinin dikkate alınmayabileceği, $175 < v_s < 375$ m/s şartlarında yedi kattan yüksek binaların dinamik tasarımında etkileşim etkilerinin dikkate alınması gerektiği ve $v_s < 175$ m/s iken üç kattan daha yüksek binaların dinamik tasarımında etkileşim etkilerinin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Roy ve Dutta (2010), zemin-yapı etkileşimi özelinde, az katlı rijit binalarda tepki azaltma faktörlerinin (R) değerlendirilmesine odaklanmışlardır. Çalışmalarında depreme dayanıklı bina tasarımında, tasarım kuvvetlerini azaltmak amacıyla tepki azaltma faktörlerinin uygulandığını ancak az katlı binalarda bu faktörlerin etkinliğinin yeterince irdelenmediğini beyan etmişler ve özellikle rijit az katlı yapılarda etkileşim etkileri

sebebiyle sismik talebin orta mertebedeki dinamik sarsıntılarda bile kayda değer bir oranda artabileceğini vurgulamışlardır. Çelebi vd. (2012), zemin-yapı etkileşim etkilerini göz önünde bulundurarak yapılarda meydana gelen dinamik tepkilerin hesabını iki boyutlu şartlarda sonlu eleman modellemeleriyle yapmışlardır. Çalışmalarında viskoz sanal sınırlar kullanarak dalga yayılım etkilerini dikkate almışlardır. Zemin rijitliğinin artışına bağlı olarak yer hareketi frekans muhtevasının dinamik tepkileri değiştirdiğini ve değişik deprem yer hareketlerine maruz yapılarda etkileşimin derecesinin yöresel zemin koşullarına ve yapısal özelliklere bağlı olarak değişebileceğini vurgulamışlardır. Çakır ve Livaoğlu (2013), etkileşim etkilerini ve beş farklı temel zemin koşulunu göz önünde bulundurarak deprem yükleri etkisindeki dolgu-konsol istinat duvarı-temel/zemin sistemini sonlu elemanlar yöntemi ile analiz etmişler ve etkileşim mekanizmasının yapı dinamik tepkilerini büyük oranda etklediğini ve ihmal edilmemesi gerektiğini vurgulamışlardır. Derdiman (2013), zemin-yapı etkileşim etkilerini göz önünde bulundurarak çerçeve betonarme binaların sismik çözümlemelerini sonlu elemanlar yöntemi ile yapmıştır. Çalışmada farklı elastisite modüllerine sahip yedi farklı zemin üzerine inşa edilen 5, 10 ve 15 katlı binalar incelenmiş ve ilgili yapıların salınım periyotları ve ivmeleri değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre; zemin ortamın elastisite modülünün düşük olması durumunda etkileşim mekanizmasının yüksek binaların salınım periyodunu değiştirebileceği, nispeten yumuşak karakterdeki zeminlerin bina periyotlarını değiştirme kapasitesinin sert zeminlere nazaran daha fazla olduğu ve yumuşak karakterdeki zeminler üzerindeki yapıların davranışı belirlenirken etkileşim mekanizmasının mutlaka dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Tabatabaiefar vd. (2013), zemin-yapı etkileşim mekanizması özelinde, sık temele oturan moment dirençli 10 katlı çerçeve bir bina sisteminin dinamik davranışı incelemişlerdir. Çalışmada kayma dalgası hızları 600 m/s'den küçük üç farklı zemin ortam ve dört farklı deprem yüklemesi kullanılarak dinamik çözümlemeler gerçekleştirilmiş ve taban kesme kuvvetlerinin, görelî kat ötelemelerinin ve periyotların farklılaşması üzerine değerlendirmelerde bulunulmuştur. Ayrıca rijitliği nispeten düşük olan zemin ortamlara oturan yapı sistemlerinde göçme durumlarıyla karşılaşılabilmesi vurgulanmıştır. Tabatabaiefar vd. (2014), zemin-yapı etkileşimini göz önünde bulundurarak çerçeve taşıyıcı sistemli binaların sismik davranışını sonlu elemanlar yöntemi ve sarsma tablası deneyleriyle incelemişler ve deney sonuçları ile nümerik sonuçların uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Zemin-yapı etkileşim mekanizmasının yanal yer değiştirmeleri artırdığını fakat nispeten yumuşak karakterli zeminlerde yanal distorsiyonları (çarpılmaları) azalttığını ve taban kesme kuvvetlerinin esnek zemin

koşullarında ankastre sisteme nazaran azaldığını vurgulamışlardır. Tabatabaiefar ve Fatahi (2014), orta yükseklikteki moment dirençli yapılar üzerinde dinamik zemin-yapı etkileşim problemini FLAC 2D programı aracılığıyla incelemişlerdir. 5, 10 ve 15 katlı binaları dikkate alarak Avustralya standartlarına göre tanımlanan üç farklı zemin sınıfı (C_e , D_e , E_e) için söz konusu problemi irdelemişler ve özellikle D_e ve E_e zeminleri üzerine oturan moment dayanımlı bina çerçevelerinin sismik tasarımında etkileşim etkilerinin optimum yapı tasarımı açısından mutlaka dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Torabi ve Rayhani (2014), sonlu elemanlar metoduna dayalı çalışmalarında, yumuşak karaktere sahip zeminlerde zemin-yapı etkileşiminin etkinliği üzerine yapısal çözümler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada tek serbestlik dereceli yapı ve lineer olmayan elasto-plastik özelliğe sahip zemin modeli kullanılmıştır. Özellikle narin rijit yapılarda zemin-yapı etkileşimi olgusunun; doğal frekans, temel dönmesi ve taban kesme kuvveti değişimleri üzerinde oldukça etkin bir parametre olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çakır ve Kara (2015), zemin-yapı etkileşim etkilerini göz önünde bulundurarak istinat duvarı arkasındaki dolgu zemininin birim ağırlık değişiminin deprem etkisi altındaki konsol istinat duvarının davranışını nasıl ve ne oranda etkilediğini incelemişlerdir. Birbirinden farklı üç temel zemini ortamı ve dört çeşit dolgu birim ağırlığı göz önüne alınarak sonlu elemanlara dayalı dinamik çözümler yapmışlardır. Modellemelerde dolgu ile duvar arasında ara yüzey elemanları kullanmışlar ve dalga yayılımı etkilerini viskoz sönümleyicilerle hesaba katmışlardır. Etkileşim olgusunun konsol istinat duvarların tepkisi üzerinde etkin bir rol oynadığını ve bu suretle göz ardı edilmemesi gerektiğini, çalışmada dikkate alınan aralık özelinde dolgu zemininin birim ağırlığı değişiminin ise dikkate değer düzeyde bir fark oluşturmadığını ve bu değişimin ihmal edilebileceğini belirtmişlerdir. Hokmabadi vd. (2015), farklı yüksekliklere sahip yapıların dinamik tepkisi üzerinde sismik zemin-kazık-yapı etkileşiminin (SSPSI) etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında ankastre taban koşulu ile yumuşak zemindeki uç kazıklara oturan yapı modelini dikkate almışlardır. Söz konusu etkileşimin, sabit tabanlı yapılara nazaran, uç kazıklarla desteklenen yapılarda maksimum yanıl sapmaları ve bu suretle katlar arası ötelenmeleri büyüttüğünü gözlemlemişlerdir. Nguyen vd. (2016), sığ temele oturan orta yükseklikli moment dayanımlı bir yapının sismik davranışının tespiti üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada farklı boyutlardaki yüzeysel temeller üzerine oturan 15 katlı çerçeve yapının tepkileri ABAQUS yazılımı yardımıyla araştırılmış ve temel boyutlarının küçülmesiyle doğal periyot değerlerinde artma olurken taban kesme kuvvetlerinde önemli ölçüde azalma olduğu tespit edilmiştir. Ghandil ve Behnamfar

(2017), lineer olmayan davranışa sahip yumuşak zemin ortam üzerindeki moment dirençli çerçeve sistemlerin lineer olmayan tepkileri araştırmışlardır. Çalışmada zemin-yapı etkileşiminin etkilerini incelemek için direkt yöntem kullanılmış olup; görelî kat ötelemeleri, kesme kuvvetleri ve süneklik talepleri irdelenmiştir. Alt katlarda öteleme ve süneklik talebinin zemin-yapı etkileşim mekanizmasına bağılı olarak arttığı gözlenmiştir. Vicencio ve Alexander (2019), simetrik yapıda olmayan bir çift yapı arasındaki yapı-zemin-yapı etkileşim etkilerini incelemişlerdir. Adı geçen etkileşim olgusunun, asimetrik planlı yapılarda ivme tepkilerini ve yer değıştirme değıerlerini önemli ölçüde etkilediğı gözlemlenmiştir. Goktepe vd. (2019), siltli kum zemin ortam üzerindeki orta yükseklikli binaların değışik sismik yüklemelere gösterdikleri dinamik tepkileri iki boyutlu koşullarda sonlu elemanlar yaklaşımı ile hem gerçek koşullarda hem de ölçeklendirilmiş test modeli ile irdelenmiştir. Yöresel zemin ortam karakterinin ankastre sistemlere nazaran binaların deprem yüklerine karşı hassasiyetini önemli ölçüde değıştirdiğini ve yapısal tepkilerin yer hareketi frekans muhtevasından önemli ölçüde etkilendiğini tespit etmişlerdir. Cakir ve Ozturk (2020), deprem yükü etkisindeki ters T tipi konsol istinat duvarında gerçekleşen dinamik tepkileri, zemin-yapı etkileşim olgusuna dayalı değıerlendirebilmek için üç boyutlu sonlu eleman analizleri gerçekleştirmişler ve bu duvarların dinamik tepkisinin adı geçen etkileşimden önemli ölçüde etkilendiğini vurgulamışlardır. Sharma vd. (2020), zemin-yapı etkileşimine maruz çerçeve sisteme sahip betonarme yapının doğıal periyodunun belirlenmesine ilişkin incelemelerde bulunmuşlar ve elde ettikleri sonuçları kazıklı temelle desteklenen yapıların doğıal periyodunun tahmini için geliştirilen bir yapay sınır ağı (YSA) modelinde kullanmışlardır. Depreme karşı yüksek risk barındıran bölgelerde, derin temelin tipinin ve boyutunun, etkileşim olgusu nedeniyle bir deprem esnasında zemin-kazık-temel sisteminin dinamik özelliklerini değıştirilebileceğini vurgulamışlardır. Ada (2020), birbirine yakın inşa edilen binalar arasındaki yapı-zemin-yapı etkileşim olgusunun, zemin-yapı etkileşimine nazaran genellikle ihmal edildiğı fikrinden hareketle, yapı-zemin-yapı etkileşim mekanizması üzerine odaklanarak sonlu elemanlar yöntemine dayalı bir seri dinamik analiz gerçekleştirmiştir. Çalışmada simetrik plana sahip 3, 6 ve 12 katlı yapılar dikkate alarak iki binanın yan yana bulunması, kat sayılarının ve yapılar arası mesafenin değışmesi, zemin rijitliğinin ve deprem yüklemelerinin değışmesi gibi farklı durumlar için parametrik çalışmalar yapmış ve izafi yer değıştirme ve ivme tepkilerini, Fourier genliklerini ve ötelenme oranlarındaki değışimlerin mertebesini karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Özellikle yumuşak zemin ortam üzerindeki yapılar için tepkilerde belirgin farklar olduğunu gözlemlenmiş ve bu

suretle binaların birbiriyle olan etkileşiminin göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulamıştır. Syan (2021), sismik kuvvetler nedeniyle farklı yapılarda oluşan yer değiştirme değerlerini ve ötelenme oranlarını ETABS programı ile incelemiştir. Analizlerinde beş tip zemin ortam ve üç farklı yapı modeli kullanmıştır. Sismik yüklere maruz kalan binalara ait sonuçları incelendiğinde, tüm yönlerde eşit simetriye sahip yapıda yer değiştirme ve öteleme oranlarının çakıştığını, yer değiştirme değerlerinin kat yüksekliği artışına bağlı olarak artış gösterdiğini ve kaya zeminin yumuşamasına bağlı olarak yer değiştirme ve öteleme oranlarının arttığını gözlemlemiştir. Kamal vd. (2022), orta yükseklikli birbirine komşu betonarme binaların zemin-yapı etkileşimine dayalı deprem davranışlarını incelemişlerdir. 5, 8, 10, 13 ve 15 kata sahip sünekliği yüksek betonarme çerçeve yapıları, modelleme çalışmalarında lineer olmayan çerçeve eleman olarak dikkate almışlardır. Yumuşak zemin ortam üzerine inşa edilen bitişik yapıların depreme karşı tepkilerini değerlendirerek, ankastre çözüm stratejisinin geçersiz kalabileceği ve komşu binaların birbirine etkisi sebebiyle ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiği kanaatine varmışlardır. Karakostas vd. (2022), Lefkas adasında (Yunanistan) bulunan bir binanın, bodrum katında ve zemin yüzeyinde bulunan iki ivmeölçer istasyonundan elde edilen deprem verilerine bağlı sismik davranışını zemin-yapı etkileşim mekanizması özelinde incelemişlerdir. Etkileşimin kinematik kısmını analitik transfer fonksiyonuyla modellerken, atalet kısmını üç boyutlu şartlarda sonlu eleman modeliyle dikkate almışlardır. Zhang ve Far (2022), dört çeşit deprem kaydı kullanarak 20-30-40 katlı binaların davranışı üzerinde zemin-yapı etkileşim olgusunun tesirlerini incelemek amacıyla ABAQUS yazılımı ile modeller oluşturmuşlardır. Etkileşim mekanizmasına bağlı olarak yüksek katlı çerçeve yapılarda yanal sapmaların ve katlar arası ötelemelerin arttığını, ancak kat kesme kuvvetlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Öztürk (2023), menfez-dolgu ve menfez-temel zemini etkileşimlerini göz önüne alarak kutu menfezlerin dinamik davranışını üç boyutlu koşullar altında sonlu eleman modelleri ve alt sistem yaklaşımına dayalı analitik modeller vasıtasıyla incelemiştir. Farklı zemin özellikleri ve deprem kayıtları kullanarak zaman ortamında ayrıntılı dinamik çözümlemeler gerçekleştirmiş ve menfez dinamik davranışının; deprem frekans muhtevası, ara yüzey varsayımı ve menfez duvarı kalınlık değişimi gibi etmenlerden önemli ölçüde etkilendiğini vurgulamıştır. Parlak (2023), zemin-yapı etkileşimi problemini üç farklı zemin kat yüksekliğine sahip 15 katlı betonarme yapı üzerinden dört farklı zemin koşulu ve üç farklı deprem kaydı dikkate alarak ANSYS sonlu elemanlar programı ile analiz etmiştir. Modellediği yapısal sistemlerin çözümünden elde ettiği yatay yer değiştirmeleri, göreceli kat ötelemelerini, ivmeleri ve gerilmeleri

karşılaştırmalı olarak değerlendirmiş ve yapı tepkilerinin etkileşim olgusuna ve yer hareketi frekans muhtevasına bağlı olarak değişebileceğini belirtmiştir. Araz vd. (2023), farklı gömme derinlikleri ve zemin özellikleri dikkate alarak yüksek katlı bir binanın tepkilerinin azaltılması amacıyla kullanılan ayarlı kütle sönümleyicilerin optimizasyonu üzerine değerlendirmelerde bulunmuşlardır. 20 farklı deprem yer hareketi kullanılarak yapılan karşılaştırmalardan, temelin gömülme oranının ve zemin özelliklerinin optimizasyonu önemli ölçüde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Yukarıda tez konusu ile yakından ilişkili olarak özetlenmiş çalışmalara ilaveten literatürde etkileşim etkilerini konu olan birçok çalışma var olup, bunlarda genellikle farklı deprem frekans muhtevaları, yönetmelik karşılaştırmaları, farklı zemin ve kaya ortamlar, yüzeysel ve sığ temel tipleri, kat yükseklikleri, simetrik olmayan yapı geometrileri ve temel gömülme oranları dikkate alınarak yapısal sistemlerde meydana gelen sismik tepki değişimleri irdelenmeye çalışılmıştır. Bazı çalışmalarda da sarsma masası deneyleri ile etkileşim olgusu üzerine araştırmalar (Lu vd., 2001; Hoseny vd., 2022) ve farklı temel türleri ve etkileşim mekanizması dikkate alınarak sonlu elemanlar tabanlı incelemeler (Nguyen vd., 2017) yapılmıştır. Burada belirtilen çalışmalara ek olarak değişik çalışmalarda farklı parametreler açısından etkileşim etkileri değerlendirilmeye çalışılmıştır (Araz vd., 2022; Terzi ve Athanatopoulou, 2021; Qaftan vd., 2020; Zafarkhah ve Dehkordi, 2017; Lu vd., 2005; Lu vd., 2003; Mylonakis ve Gazetas, 2000; Stewart vd., 1999).

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapıların deprem etkisi altında güvenlik şartlarını sağlayarak ayakta kalması büyük önem arz etmektedir. Günümüze kadar betonarme yapılar birçok çalışmaya konu olmuş ve üzerine çok sayıda detaylı çalışma gerçekleştirilmiştir. Betonarme yapıların depremlere karşı tepkilerinin, yapım aşaması öncesinde doğru olarak hesaplanabilmesi açısından zemin-yapı etkileşim mekanizmasının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çünkü deprem esnasında yapılar, farklı zemin ortamlarda farklı dinamik tepkiler ortaya koymaktadır. Bunun yanında üç boyutlu modelleme çalışmaları deprem dalgalarının, zemin ortamının sonsuzluğundan kaynaklanan sönümlenme mekanizmasının nispeten daha doğru bir şekilde hesap edilebilmesi hususunda önemli bir yere sahiptir. Yapılan literatür araştırmasında üç boyutlu simülasyon stratejisiyle, zemin-yapı etkileşimi olgusu göz önünde bulundurularak yapısal sistemlerin sismik tepkilerinin değişimi üzerinde zemin boyutlarının ve ana kaya derinliğinin etkisi üzerine sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Bu bağlamda;

- a) İnceleme konusu yapının depreme karşı tepkilerinin hesap edilebilmesi amacıyla etkileşim etkileri dikkate alınarak üç boyutlu nümerik modeller önermek,
 - b) Zemin ortam genişliğinin artışına bağlı karşılaştırmalı irdelemeler yaparak yapının gerilme, ivme ve yer değiştirme davranışı hakkında bilgi edinebilmek,
 - c) Ana kaya derinliğinin değişimine bağlı karşılaştırmalı irdelemeler yaparak yapının gerilme, ivme ve yer değiştirme davranışı hakkında bilgi edinebilmek,
 - d) Zemin ortam rijitliğinin değişimine bağlı karşılaştırmalı irdelemeler yaparak yapının gerilme, ivme ve yer değiştirme davranışı hakkında bilgi edinebilmek,
 - e) Farklı deprem yüklerinin yapıda oluşturduğu gerilme, ivme ve yer değiştirme tepkilerindeki değişimi gözlemleyebilmek,
- bu çalışma kapsamında incelenmektedir.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

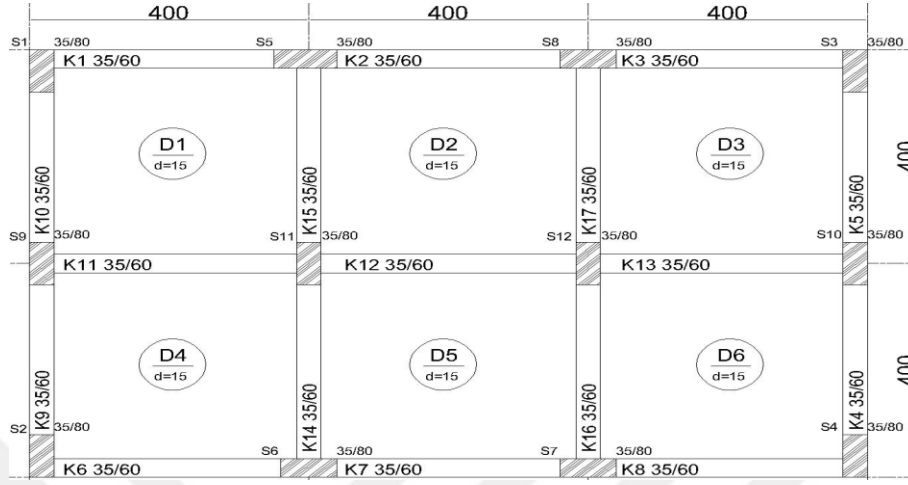
Bu çalışmada zemin-yapı etkileşimi göz önünde bulundurulmak sureti ile döşeme, kolon ve kiriş elemanlarından oluşan betonarme bir çerçeve sistemin dinamik analizleri gerçekleştirilmektedir. Bu suretle ana kaya derinliğinin ve temel zemininin yatay doğrultulardaki boyutlarının değişim gösterdiği bir ortamda aynı enkesit özelliklerine sahip on katlı betonarme bir yapının sismik yükler altındaki davranışı incelenmektedir. Yapı sisteminde meydana gelen dinamik tepkiler, üç farklı temel zemini sistemi, dört farklı ana kaya derinliği ve temel zemini genişliği için farklı frekans içeriğine sahip deprem yüklemeleri altında analiz edilmektedir. Modellemeler ve çözümlemeler gerçekleştirilirken sonlu elemanlar programı olan ANSYS'ten yararlanılmaktadır. Yapı ve zeminin malzeme davranışının doğrusal elastik olduğu varsayılmaktadır.

Kalıp planı Şekil 1'de görülmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarını belirlemek için ideCAD statik programı kullanılmaktadır. Yapılan dinamik analizlerde beton sınıfı olarak C35 betonu tercih edilmiş olup, yapının birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 , elastisite modülü 33000 MPa ve Poisson oranı 0.20 'dir.

2.1. İncelemeye Konu Olan Yapı ve Zemin Boyutlarını Belirleme Stratejisi

3 m kat yükseklikli 10 katlı yapının özellikleri sabit tutulmakla beraber zemin boyutları değiştirilerek yapı davranışının bu durumdan nasıl etkilendiği irdelenmektedir. $R=11 \text{ m}$ eş değer temel çapı olmak üzere, ana kaya derinliği (2R) sabit tutularak temel zemin genişlikleri yapının her bir yüzünden itibaren 2R, 3R, 4R ve 5R olarak alınırken, temel zemin genişliği (3R) sabit tutulmak şartı ile ana kaya derinlikleri temel tabanından itibaren R, 2R, 3R ve 4R olarak ele alınmaktadır. Yapı radye (yayılı) temelinin kalınlığı 0.80 m 'dir. Tasarlanan modellerde 2R ana kaya derinliği sabit tutulmak üzere, yapının her bir yüzünden itibaren 2R zemin genişliğinin dikkate alındığı model MODEL-1'i, 3R zemin genişliğinin dikkate alındığı model MODEL-2'yi, 4R zemin genişliğinin dikkate alındığı model MODEL-3'ü, 5R zemin genişliğinin dikkate alındığı model MODEL-4'ü temsil etmektedir. Benzer şekilde yapının her bir yüzünden itibaren 3R temel zemini genişliği sabit tutulmak üzere, ana kaya derinliğinin temel tabanından itibaren R olarak varsayıldığı model MODEL-5'i, 3R varsayıldığı model MODEL-6'yı, 4R varsayıldığı model MODEL-7'yi temsil etmektedir. Burada MODEL-2'nin ilgili analiz gruplarında çakıştığını belirtmekte yarar görülmektedir. Bu bilgiler ışığında, temel zemin boyutları MODEL-1 için $56 \text{ m} \times 52 \text{ m} \times 22.8 \text{ m}$, MODEL-2 için

78 m x 74 m x 22.8 m, MODEL-3 için 100 m x 96 m x 22.8 m, MODEL-4 için 122 m x 118 m x 22.8 m, MODEL-5 için 78 m x 74 m x 11.8 m, MODEL-6 için 78 m x 74 m x 33.8 m ve MODEL-7 için 78 m x 74 m x 44.8 m olarak ele alınmaktadır.



Şekil 1. Ele alınan yapıya ait kalıp planı

2.2. Dikkate Alınan Zemin Koşulları ve Deprem Kayıtları

Üç farklı zemin sistemi ve deprem yüklemesi dikkate alınarak parametrik analizler yapılmaktadır. Temel zemin sistemlerinin ve deprem kayıtlarının özellikleri sırasıyla Tablo 1 ve 2’de listelenmektedir. İlgili depremler frekans içeriği yönünden en büyük hız değerine (PGV) ve en büyük yer ivmesine (PGA) bağlı olarak üç kategoride toplanmaktadır. Çalışma dahilinde deprem frekans içeriği: $PGA/PGV > 1.2$ için yüksek (1983 Coalinga), $1.2 \geq PGA/PGV \geq 0.8$ için orta (1995 Kobe) ve $0.8 > PGA/PGV$ için düşük (1989 Loma Prieta) olarak tanımlanmaktadır. Bu kayıtların ivme-zaman grafikleri Şekil 2~4’te verilmektedir.

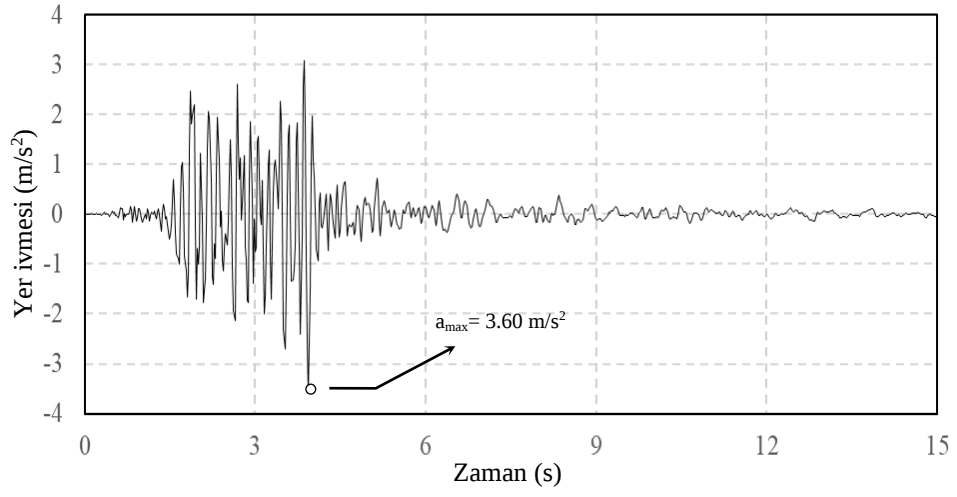
Tablo 1. Zemine ait özellikler

Zemin Sistemi	E (kN/m ²)	G (kN/m ²)	ν	γ (kN/m ³)	v_s (m/s)	v_p (m/s)
S1	500000	192308	0.30	19	318.14	595.19
S2	150000	55556	0.35	18	175.68	365.71
S3	50000	17857	0.40	17	102.49	251.05

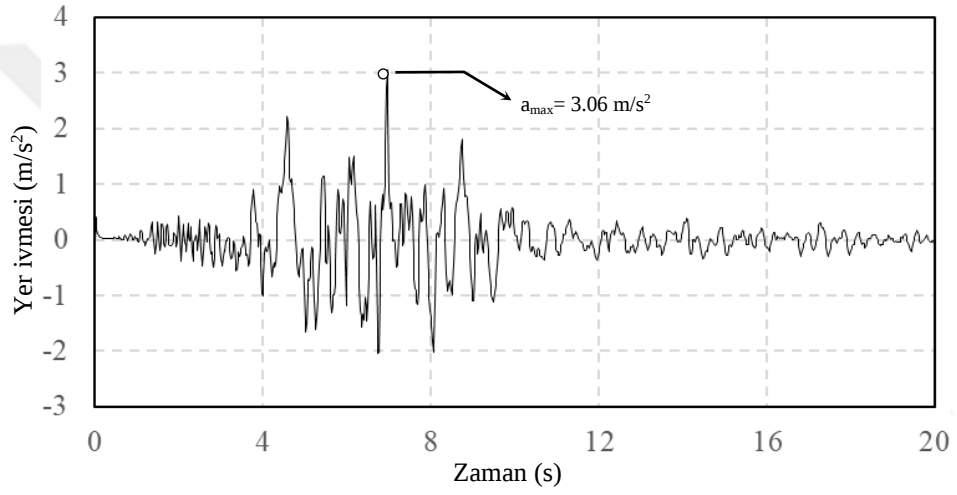
E: Elastisite Modülü, G: Kayma Modülü, ν : Poisson Oranı, γ : Zemin Birim Hacim Ağırlığı, v_s : Kayma Dalgası Hızı, v_p : Boyuna Dalga Hızı

Tablo 2. Deprem kayıtlarına ait özellikler

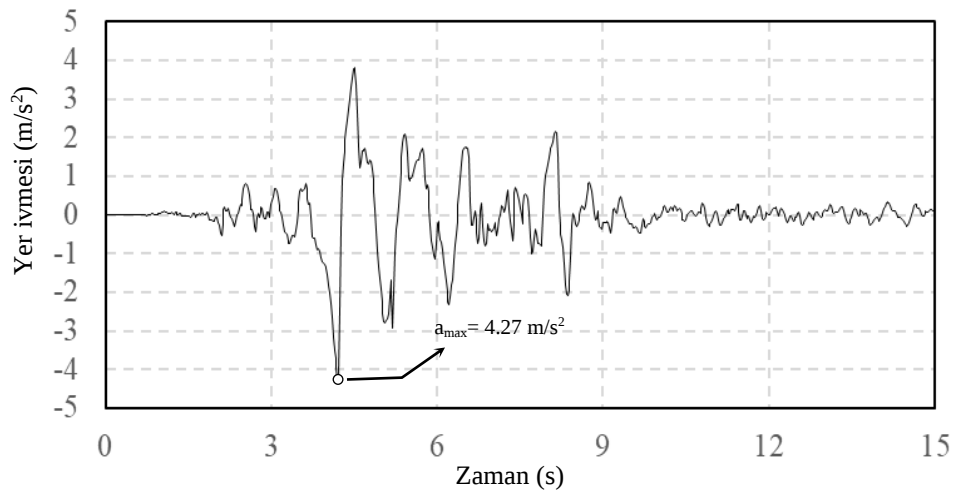
Deprem Kaydı	İstasyon	Bileşen	PGA (g)	PGV (m/s)	PGA/PGV (g/m/s)
1983 Coalinga	Oil City	C-OLC360	0.367	0.099	3.707
1995 Kobe	Kobe University	KBU090	0.312	0.309	1.010
1989 Loma Prieta	Los Gatos-Lexington Dam	LEX000	0.435	0.857	0.508



Şekil 2. 1983 Coalinga depremi



Şekil 3. 1995 Kobe depremi



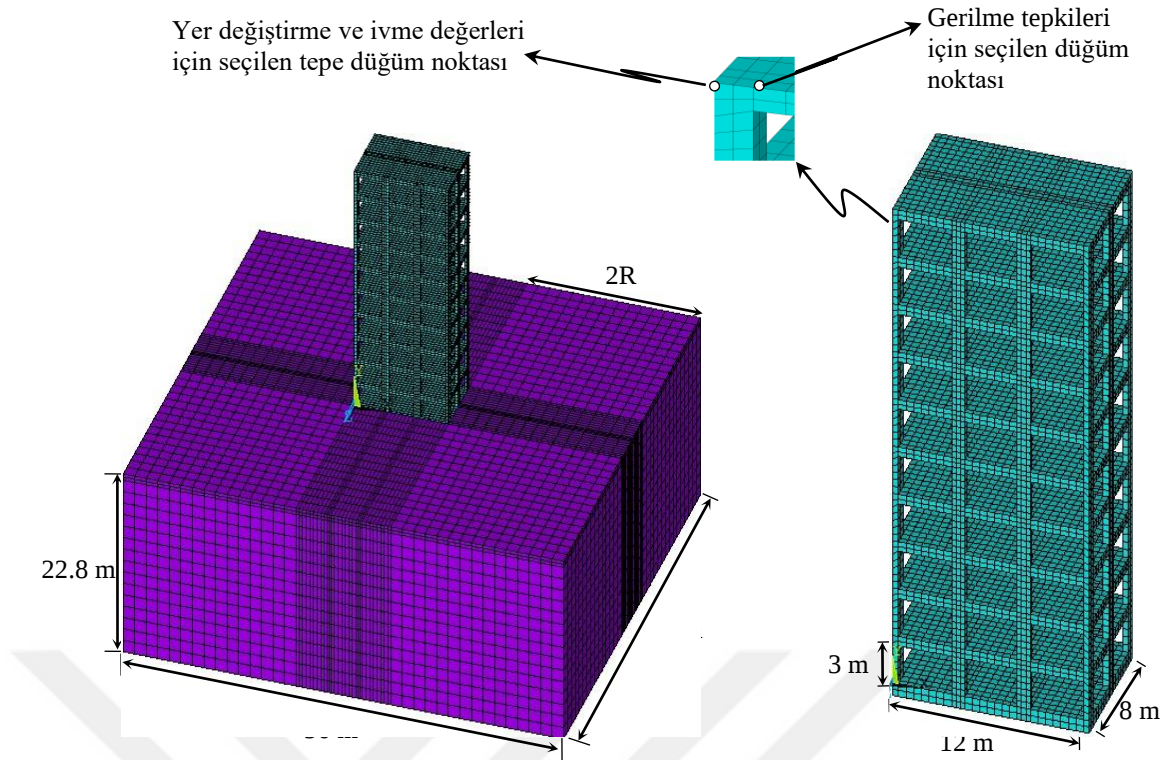
Şekil 4. 1989 Loma Prieta depremi

2.3. MODEL-1'in Analizi

Ana kayanın yapı tabanından itibaren 2R kadar derinlikte tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 2R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı yapının dinamik tepkilerini belirlemek amacıyla söz konusu zemin-yapı etkileşim sisteminin sayısal modeli oluşturulmuş ve bu model üç farklı zemin sistemi ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak dinamik analize tabi tutulmuştur. Ayrıca aynı deprem etkileri altında ankastre taban varsayımıyla da dinamik analizler yapılmıştır. Çözümlemelerde seçilen düğüm noktalarından elde edilen yatay yer değiştirme, gerilme ve ivme değerleri ile bu tepkilerin oluş zamanları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

2.3.1. MODEL-1 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli

Belirtilen şartlarda oluşturulan üç boyutlu sonlu eleman modeli Şekil 5'te sunulmaktadır. Yapının ve zeminin modellenmesinde sırası ile SOLID65 ve SOLID45 elemanları kullanılmaktadır. SOLID65 elemanı her düğümde üç ötelenme serbestliği bulunan, sekiz düğüm noktasına sahip katı bir eleman olup basınç durumunda ezilmekte, çekme durumunda ise çatlayabilmektedir. SOLID45 ise üç boyutlu katı ortam modellemesine uygun olup her düğümde üç ötelenme serbestliğine sahip sekiz düğüm noktası bulunan bir elemandır. Bu eleman; şişme, plastisite, yüksek şekil değiştirme ve sünme davranışları gösterebilmektedir (Öztürk vd., 2022).



Şekil 5. MODEL-1 için oluşturulan sonlu eleman modeli

Bu tür etkileşim problemleri analiz edilirken, sınır şartlarının gerçeği yansıtır özellikte olması son derece önemlidir. Çünkü teorik manada sonsuz olan zemin hacmi, çözüm maliyeti ve modelin doğruluk derecesi eşgüdüm halinde göz önüne alınarak sınırlı bir boyutla temsil edilmektedir. Bu da enerjinin kapalı bir bölgeye hapsedilme tehlikesini ortaya çıkarmaktadır (Çakır, 2010). Sonlu elemanlar modelinde zemin boyutlarına karar verilirken, boyut artışlarının hassasiyeti artırdığı bilinmektedir. Bu bağlamda, kütsüz temel yaklaşımı dikkate alınarak çalışmanın 2.1 bölümünde sunulan ve bu tür analizlerde kabul sınırları içerisinde değerlendirilebilecek zemin boyutlarının tepkilerde ne oranda bir değişikliğe sebep olduğunu belirlemek amacıyla çözümlemeler gerçekleştirilmektedir.

2.3.2. MODEL-1'in Sismik Analizi

Dikkate alınan zemin şartları ve deprem etkileri altında etkileşim modelinin sismik analizlerinden elde edilen en büyük yer değiştirmeler, ivmeler ve gerilmeler ile bunların oluş zamanları Tablo 3~11'de gösterilmektedir. Burada elde edilen yer değiştirmeler, zemin düzeyine göre hesaplanan göreceli (izafi (rölatif)) yer değiştirmeleri göstermektedir.

Tablo 3. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	2.84	-0.0166	3.52	-0.0196	2.02	-0.0180	3.34	0.0250
9	2.86	-0.0159	3.52	-0.0183	2.02	-0.0162	3.34	0.0227
8	2.86	-0.0148	3.52	-0.0166	2.02	-0.0139	3.34	0.0199
7	3.94	-0.0136	3.52	-0.0146	2.02	-0.0113	3.34	0.0174
6	3.94	-0.0127	3.52	-0.0122	3.52	-0.0093	3.36	0.0149
5	3.92	-0.0112	3.74	0.0099	3.86	0.0086	3.66	-0.0130
4	3.92	-0.0094	3.72	0.0086	3.86	0.0075	3.66	-0.0112
3	2.66	0.0075	3.72	0.0069	2.34	0.0060	3.66	-0.0088
2	2.66	0.0051	3.72	0.0047	2.34	0.0041	3.66	-0.0059
1	2.66	0.0023	3.72	0.0022	2.08	0.0020	3.66	-0.0029

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), u: En büyük yatay yer değiştirme (m)

Tablo 4. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	9.62	0.0409	9.94	-0.0393	6.54	0.0458	7.2	-0.1192
9	9.62	0.0391	9.94	-0.0371	6.54	0.0428	7.2	-0.1096
8	9.62	0.0365	9.94	-0.0343	6.54	0.0395	7.2	-0.0993
7	9.62	0.0331	9.94	-0.0310	6.54	0.0357	7.2	-0.0882
6	9.62	0.0291	9.94	-0.0271	6.54	0.0316	7.2	-0.0767
5	9.62	0.0246	9.94	-0.0229	6.54	0.0270	7.2	-0.0647
4	9.86	-0.0197	9.92	-0.0184	6.54	0.0220	7.2	-0.0523
3	9.86	-0.0146	9.92	-0.0136	6.54	0.0167	7.2	-0.0396
2	9.86	-0.0093	9.92	-0.0088	6.54	0.0111	7.2	-0.0267
1	9.86	-0.0040	9.92	-0.0041	5.04	0.0054	7.2	-0.0139

Tablo 5. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	4.56	-0.0714	8.48	0.0815	4.60	-0.1268	5.62	-0.2567
9	4.56	-0.0682	8.48	0.0769	4.58	-0.1183	5.62	-0.2361
8	4.56	-0.0638	8.48	0.0711	4.58	-0.1085	5.62	-0.2139
7	4.56	-0.0582	8.48	0.0640	4.58	-0.0974	5.62	-0.1904
6	4.56	-0.0515	8.48	0.0559	4.58	-0.0852	5.62	-0.1655
5	4.56	-0.0438	8.48	0.0470	4.58	-0.0720	5.64	-0.1397
4	4.56	-0.0353	8.48	0.0375	4.58	-0.0581	5.64	-0.1130
3	4.56	-0.0262	8.48	0.0277	4.58	-0.0436	5.64	-0.0857
2	4.56	-0.0167	8.48	0.0178	4.58	-0.0288	5.64	-0.0579
1	4.54	-0.0073	8.48	0.0081	4.58	-0.0141	5.64	-0.0301

Tablo 6. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	2.74	-0.3973	2.74	-0.4157	2.76	-0.3767	4.08	-0.3846
9	2.74	-0.9973	2.74	-1.0458	2.76	-0.9109	4.08	-0.9483
8	2.74	-1.5401	2.74	-1.6244	3.80	-1.4210	4.08	-1.4133
7	2.48	1.8138	2.74	-1.8984	3.80	-1.7075	4.08	-1.5616
6	2.84	1.9021	3.78	-1.9629	3.80	-1.6922	4.06	-1.3728
5	2.84	1.9042	3.52	1.9881	3.54	1.6174	2.04	1.1017
4	3.94	2.0217	3.52	2.0068	3.54	1.3616	3.68	1.0379
3	3.94	2.3973	3.52	1.7830	3.86	-1.3245	3.66	1.4741
2	2.66	-2.6342	3.72	-2.1546	3.86	-1.6765	3.66	1.8368
1	2.66	-2.9102	3.72	-2.3249	3.72	-1.8466	4.16	-1.8666

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), S: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük gerilme (MPa)

Tablo 7. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	9.12	-0.3864	9.14	-0.3197	4.98	-0.2650	5.18	-0.4001
9	9.12	-1.0497	9.14	-0.8663	4.98	-0.7181	5.18	-1.0728
8	9.12	-1.8678	9.14	-1.5282	4.98	-1.2638	5.18	-1.8553
7	9.12	-2.6050	9.14	-2.1087	4.98	-1.7414	5.18	-2.5160
6	9.62	-3.2976	9.94	2.5994	4.68	2.1330	7.18	3.1149
5	9.62	-3.9070	9.94	3.0451	4.68	2.5251	7.18	3.6748
4	9.62	-4.4151	9.92	3.4191	4.66	2.8770	7.18	4.1392
3	9.62	-4.8129	9.92	3.7244	4.54	-3.2757	7.18	4.5090
2	9.86	5.1262	9.92	3.9488	4.54	-3.6526	7.20	4.8347
1	9.86	5.0597	9.94	3.8840	5.04	-3.7391	7.20	4.7986

Tablo 8. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	4.58	0.6281	8.50	-0.6613	4.60	0.6901	5.60	-0.7549
9	4.58	1.7260	8.50	-1.8043	4.60	1.8929	5.60	2.0758
8	4.58	3.1245	8.50	-3.2208	4.60	3.3924	5.60	3.7290
7	4.58	4.4424	8.50	-4.5082	4.60	4.7721	5.60	5.2617
6	4.58	5.6205	8.50	-5.5916	4.60	5.9751	5.62	6.6196
5	4.56	6.6600	8.50	-6.4484	4.60	7.0000	5.62	7.8407
4	4.56	7.6320	8.48	-7.1630	4.58	7.8758	5.62	7.8937
3	4.56	8.4616	8.48	-7.6942	4.58	8.6415	5.64	9.8009
2	4.56	9.1345	8.48	-8.0325	4.58	9.2325	5.64	10.5627
1	4.56	9.1296	8.46	-7.8167	4.56	9.1918	5.64	10.5005

Tablo 9. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	2.68	-7.1748	2.76	-7.2193	2.02	6.5850	4.08	-6.2084
9	2.68	-5.8540	3.52	5.9746	2.02	5.2954	2.88	4.4442
8	3.94	4.9051	3.52	5.6732	3.54	4.8633	2.88	3.6409
7	3.94	6.8301	3.94	5.8261	3.94	4.4263	3.99	3.8630
6	3.94	8.0271	3.94	7.2172	3.88	-5.8716	3.68	5.1915
5	3.94	8.0397	3.94	7.4674	3.88	-6.9546	3.68	5.8042
4	3.94	6.9309	3.86	-7.0055	3.88	-6.7742	4.00	-6.1164
3	2.68	-5.7067	3.86	-6.2019	3.80	6.4431	2.70	-5.5702
2	2.68	-4.1050	2.68	-4.5552	2.68	-5.1875	3.24	-5.2782
1	2.66	-2.0008	2.68	-2.3254	2.68	-3.0461	2.96	4.9983

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), a: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük ivme (m/s²)

Tablo 10. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	9.14	-7.0509	9.96	-6.0782	4.98	-4.4571	7.50	7.5737
9	9.64	-6.6242	9.96	-5.7375	6.76	4.1303	7.20	6.9137
8	9.64	-6.1927	6.76	5.3505	6.76	4.1383	7.20	6.2640
7	9.64	-5.6435	6.76	5.3786	6.76	4.0863	7.18	5.7173
6	9.64	-4.9860	6.76	5.2206	6.56	-4.0593	5.66	5.2243
5	9.64	-4.2286	6.76	4.7441	6.56	-4.1045	6.06	-4.9688
4	6.96	-3.4402	6.76	3.8307	6.56	-3.9488	6.06	-4.4487
3	6.96	-2.6788	6.54	-2.9990	6.56	-3.4182	6.06	-3.5645
2	6.96	-1.7353	6.54	-2.1748	6.56	-2.4650	6.80	-2.6976
1	6.54	-0.7940	6.54	-1.0451	6.56	-1.2676	5.28	-2.0013

Tablo 11. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-1’den elde edilen ivme değerleri

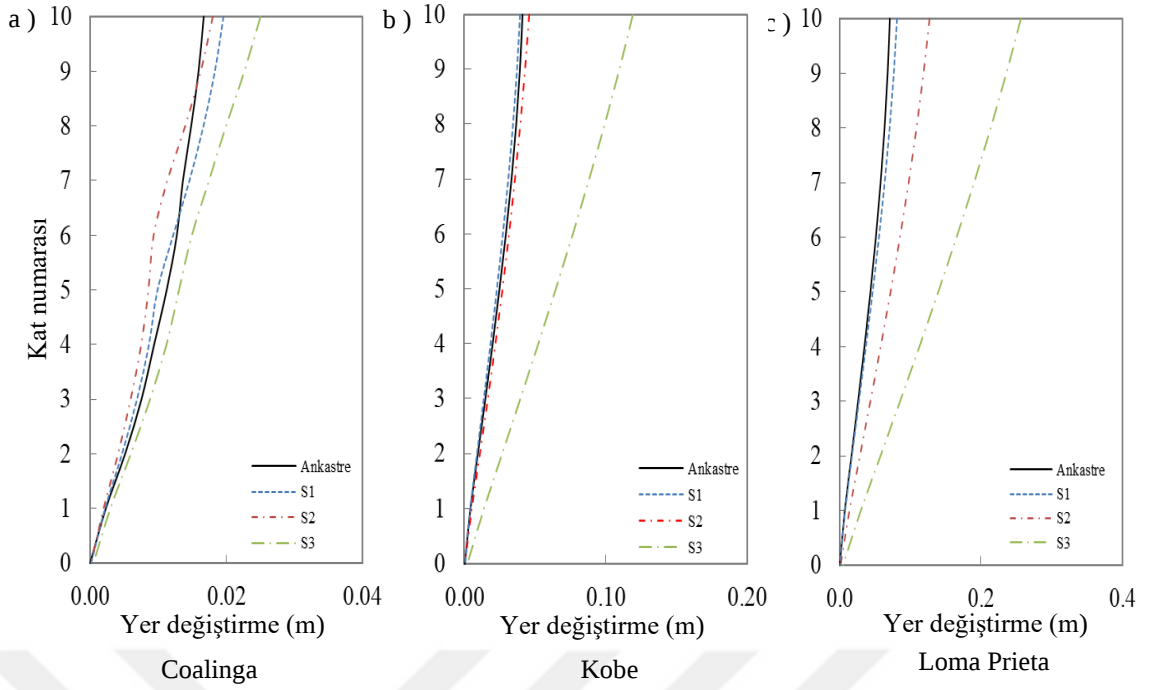
Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	4.60	9.9674	8.50	-12.2380	4.62	11.6910	5.60	13.6620
9	4.60	9.3578	8.50	-11.3770	4.62	10.6910	5.60	12.5170
8	5.52	8.7396	8.50	-10.2200	4.60	9.5455	5.60	11.2200
7	5.52	8.1203	8.48	-8.9473	4.60	8.3046	5.62	9.8024
6	5.52	7.2958	8.48	-7.6836	4.60	6.9879	5.64	8.5058
5	5.50	6.3968	8.46	-6.7521	4.60	5.6386	4.74	7.8472
4	5.50	5.4110	8.46	-5.7912	4.60	4.3029	4.74	7.1335
3	5.50	4.2186	8.46	-4.5616	4.54	3.5448	4.74	5.9949
2	5.50	2.7801	8.44	-3.1733	4.54	2.6783	4.74	4.5196
1	5.50	1.1971	8.44	-1.5782	4.26	-1.5518	4.74	2.8443

Tablo 3~11’de, zemin karakteristiklerinin ve yer hareketlerinin değişimine bağlı olarak yer değiştirme, gerilme ve ivme tepkilerinin şiddetlerinde ve oluş zamanlarında farklılıkların meydana geldiği görülmektedir. Bu farklılıkların, etkileşim mekanizmasına ve önemli oranda deprem frekans içeriğine bağlı olarak geliştiği açıkça gözlemlenebilmektedir. Tepki farklılıklarının oransal irdelemeleri aşağıdaki alt başlıklarda sunulmaktadır.

2.3.2.1. MODEL-1 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

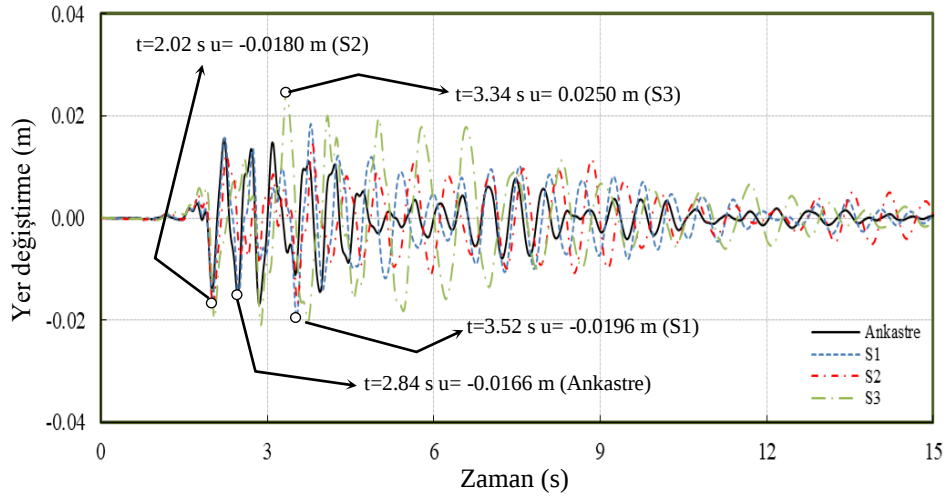
Analiz sonuçları incelendiğinde yatay yer değiştirme değerlerinin ilgili zemin şartlarına ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Şekil 6~9’da x doğrultusundaki yer değiştirmeler yapının dış köşe birleşim noktaları baz alınarak elde edilmiştir. Şekil 6’da farklı temel zemin sistemlerine ve farklı deprem kayıtlarına göre bina yer değiştirmelerinde yapının yüksekliğine bağlı değişim gösterilmektedir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en üst kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, en büyük yer değiştirmelerin zaman zaman yön değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görülmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak bazı durumlarda, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak, yer değiştirmelerin zaman zaman zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlemelerinde karşılaşılmıştır. Öte yandan en büyük yer değiştirmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

Yer değiştirmeler açısından yapılan tüm değerlendirmelerde zemin-yapı etkileşiminin ve deprem karakteristiklerinin bina dinamik davranışı üzerindeki etkileri belirgin bir şekilde görülmektedir.

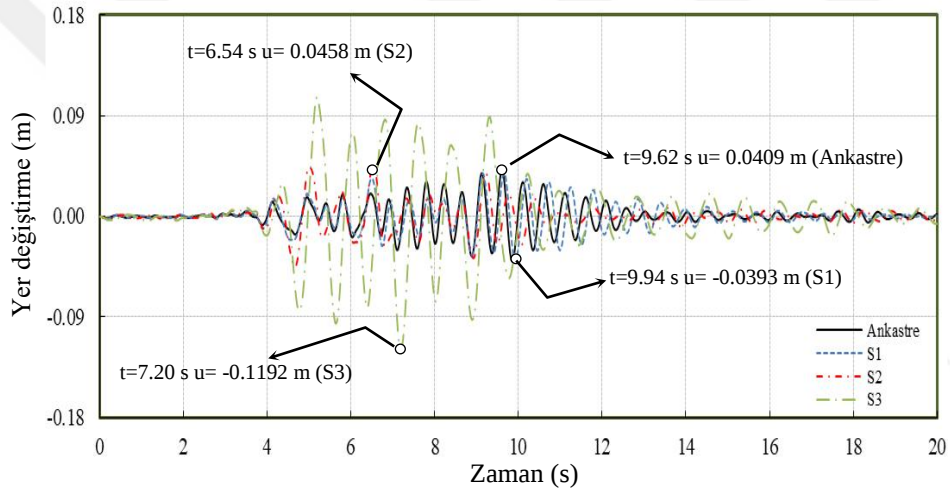


Şekil 6. MODEL-1 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

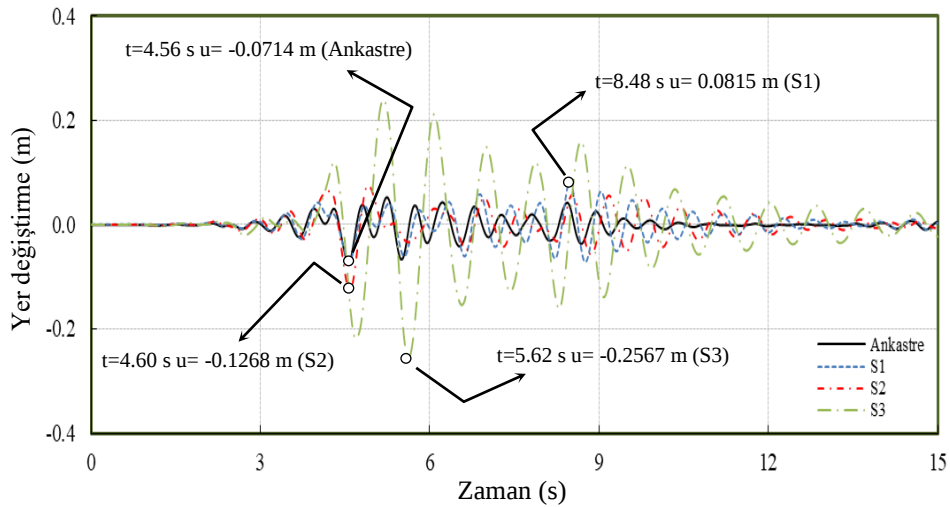
Binanın 10. kat dış köşe birleşim noktasında meydana gelen yatay yer değiştirme değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 7~9'da gösterilmektedir. Bir örnek olarak Şekil 8 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0393 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %17 oranında artışla 0.0458 m, S3 temel zemininde %203 oranında artışla 0.1192 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda en büyük yer değiştirme değeri S3 temel zemininde 7.20 s'de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 temel zemin sistemlerinde sırasıyla 9.62, 9.94 ve 6.54 s'de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 9 incelendiğinde de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0815 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %56 artışla 0.1268 m ve S3 temel zemininde %215'lik artışla 0.2567 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



şekil 7. MODEL-1 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



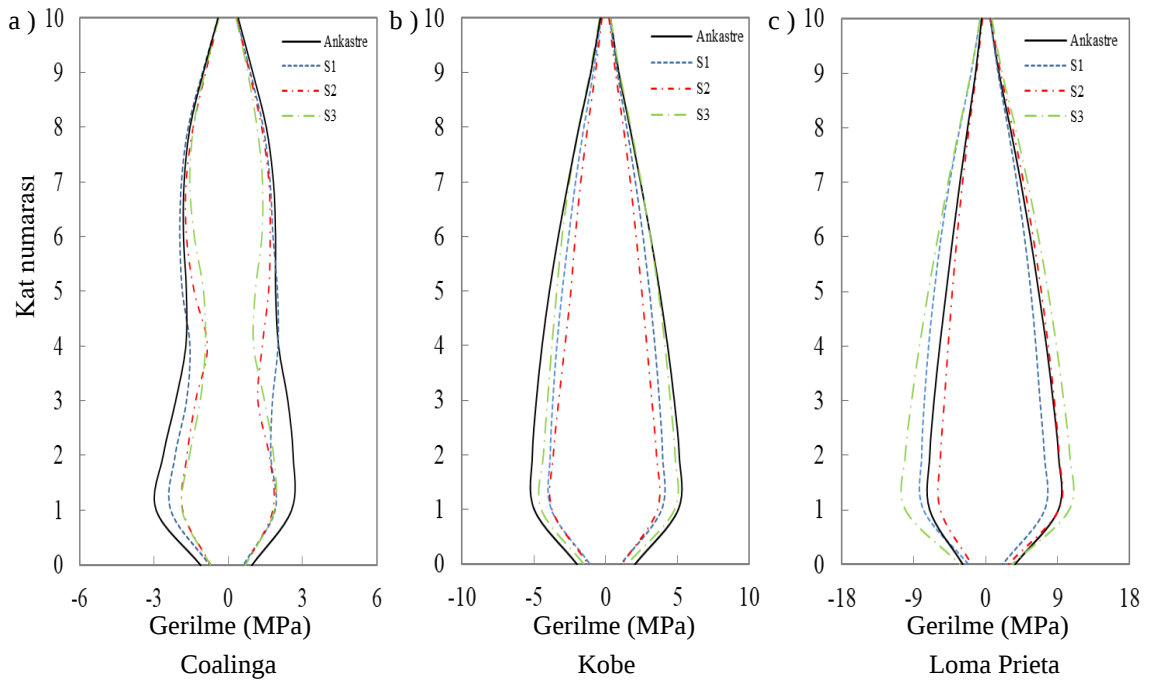
şekil 8. MODEL-1 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



şekil 9. MODEL-1 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi

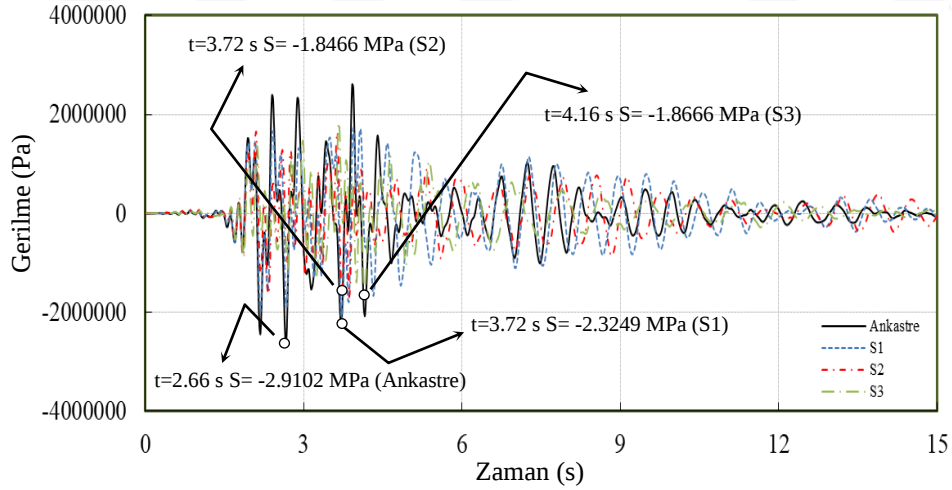
2.3.2.2. MODEL-1 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Modellenen sistemde gerilme değerleri farklı deprem kayıtları ve farklı temel koşulları için tüm katlarda kolonun iç orta birleşim noktasından alınan değerler baz alınarak incelenmektedir. Grafiklerde negatif olarak belirtilen değerler basınç, pozitif olarak belirtilen değerler çekme gerilmesini ifade etmektedir. Gerilmelerin yapı yüksekliğine göre dağılımı Şekil 10'da, zamana göre dağılımları ise Şekil 11~13'te verilmektedir. Şekiller genel olarak incelendiğinde temel koşullarının ve deprem kayıtlarının değişimine bağlı olarak, gerilme şiddetlerinde ve gerilmelerin gerçekleşme zamanlarında farklılıklar meydana geldiği görülmüştür. Yükseklik boyunca gerilme değerleri incelendiğinde en yüksek gerilmelerin 1. ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Coalinga (Şekil 10a) ve Kobe (Şekil 10b) depremlerinde en büyük gerilmeler ankastre tabanlı sistemde meydana gelirken, Loma Prieta (Şekil 10c) depreminde S3 zemininde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yerel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

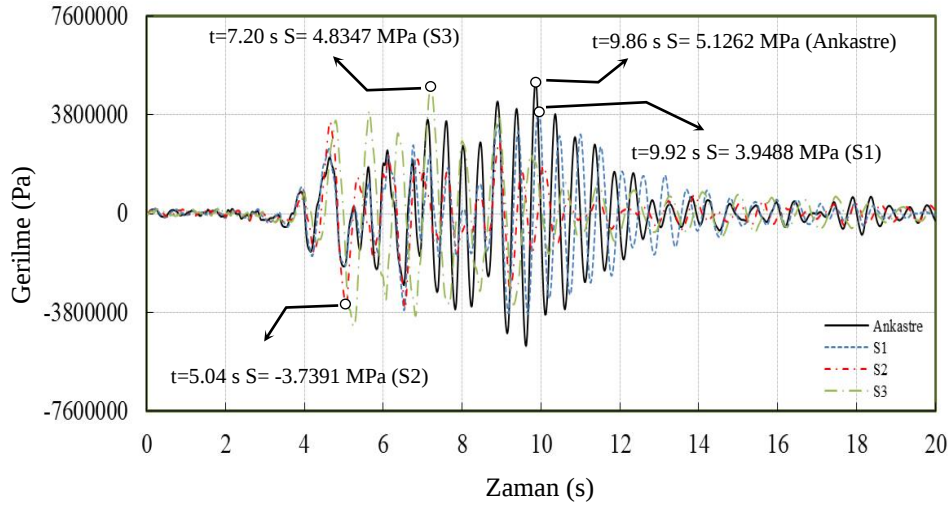


Şekil 10. MODEL-1 için x doğrultusunda gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

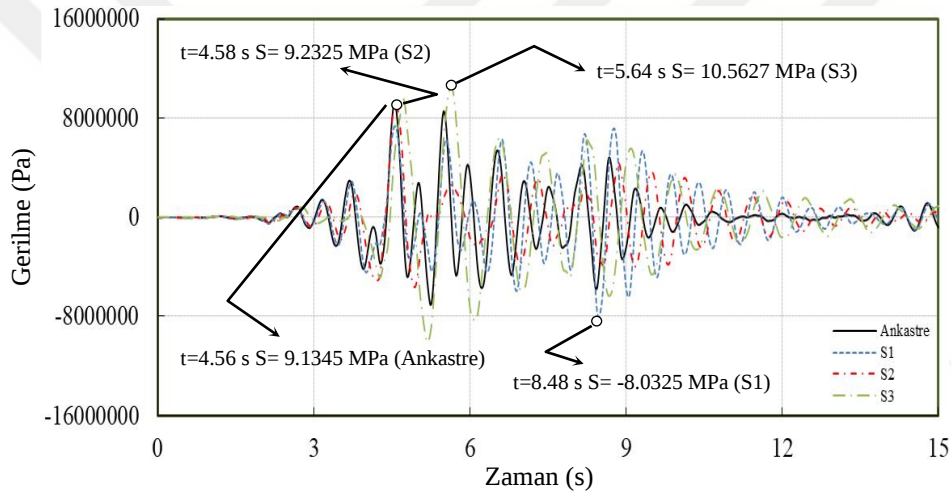
Şekil 11 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme basınç olarak -2.3249 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %21'lik azalışla basınç olarak -1.8466 MPa, S3 temel zemininde %20'lik azalışla basınç olarak -1.8666 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük gerilme değeri, S1 temel zemininde 3.72 s'de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.66, 3.72 ve 4.16 s'de gerçekleşmektedir. Şekil 12 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 3.9488 MPa iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %5'lik azalışla basınç olarak -3.7391 MPa ve S3 temel zemininde %22'lik artışla çekme olarak 4.8347 MPa'dır. Şekil 13'te ise farklı bir yapı karakterinin ortaya çıktığı ve en büyük gerilmelerin en yumuşak zemin olan S3 zemin şartlarında vuku bulduğu görülmektedir. Burada S1 zemininde gerilme değeri -8.0325 MPa iken, S3 zemininde aynı gerilme değeri %32 oranında bir artışla 10.5627 MPa düzeyinde gerçekleşmektedir. Buradaki davranış değişikliği dikkate alındığında da her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmekte yarar görülmektedir.



Şekil 11. MODEL-1 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 12. MODEL-1 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

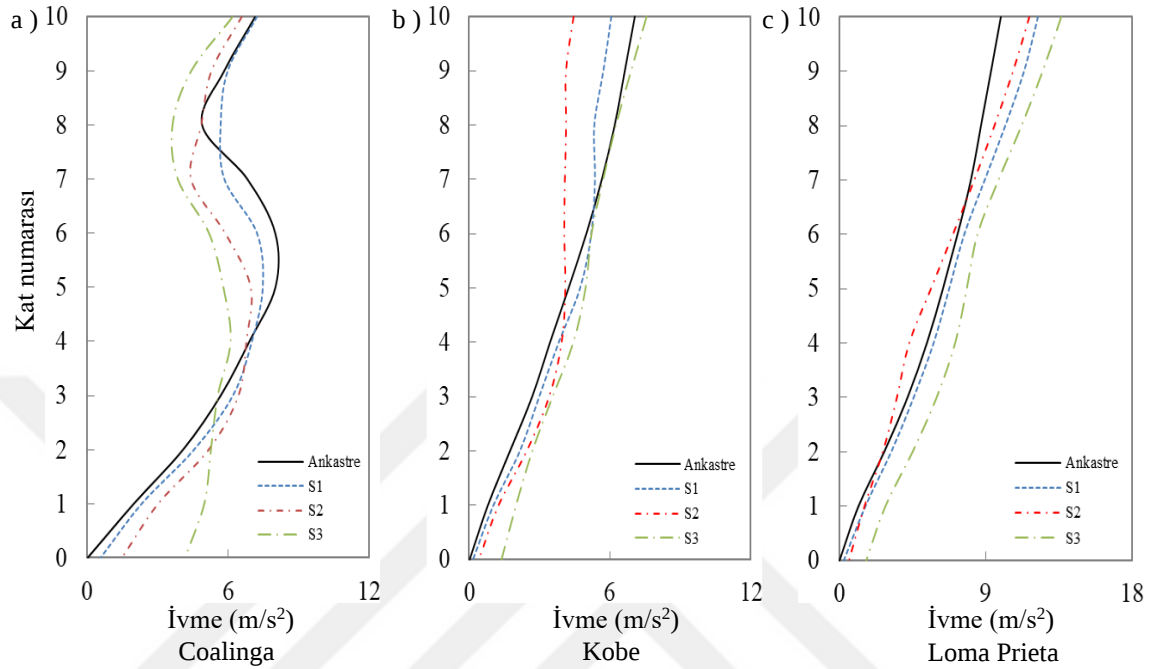


Şekil 13. MODEL-1 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.3.2.3. MODEL-1 İçin İvmelerin İrdelenmesi

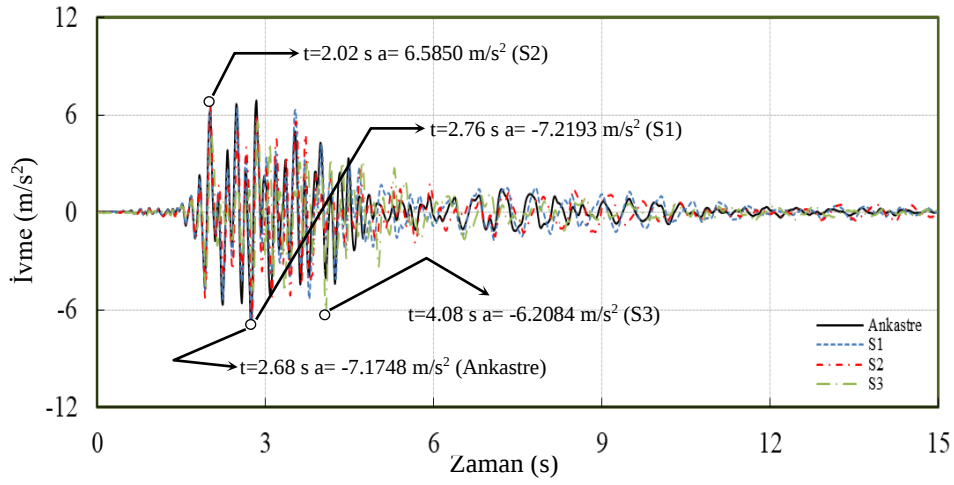
İvme değerleri tüm katlarda bina dış köşe birleşim noktalarından elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirilmektedir. En büyük ivme değerlerinin yapı yüksekliğine bağlı dağılımları Şekil 14'te, zamansal dağılımları Şekil 15~17'de gösterilmektedir. Şekil 14 ele alındığında, ivme değerlerinde zemin kattan üst katlara gidildikçe büyük oranda artışlar olduğu görülmektedir. Coalinga depreminde (Şekil 14a) en büyük ivme değeri ankastre sistemde meydana gelirken, Kobe (Şekil 14b) ve Loma Prieta (Şekil 14c) depremlerinde S3 zemininde meydana gelmektedir. Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2 zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat düzeyinde meydana

gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriği ile yerel zemin koşullarına bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.

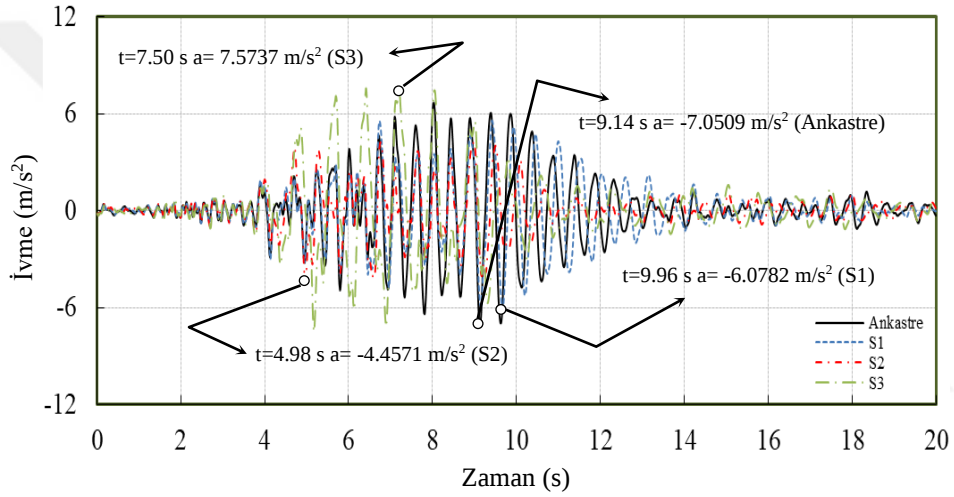


Şekil 14. MODEL-1 için x doğrultusunda ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

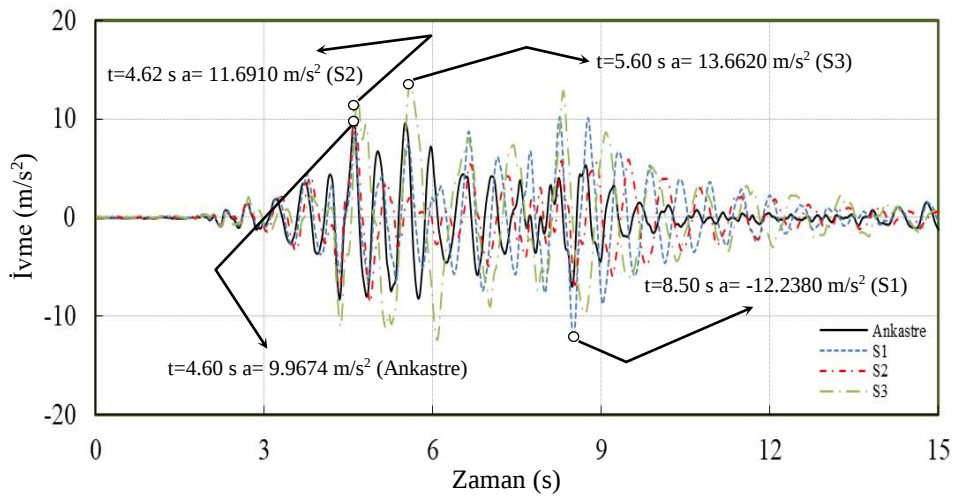
Yapının ivme değerlerinin zamansal dağılımı 10. kattan alınan veriler göz önüne alınarak irdelenmektedir. Şekil 16'da, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme değeri 6.0782 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %27'lik azalışla 4.4571 m/s^2 ve S3 temel zemininde %25'lik artışla 7.5737 m/s^2 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük ivme değeri, S3 temel zemininde 7.50 s 'de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 zemin sistemlerinde sırasıyla 9.14 , 9.96 ve 4.98 s 'de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 17 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 12.2380 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla, S2 temel zemininde %4'lük azalışla 11.6910 m/s^2 ve S3 temel zemininde %12'lik artışla 13.6620 m/s^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 15. MODEL-1 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 16. MODEL-1 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



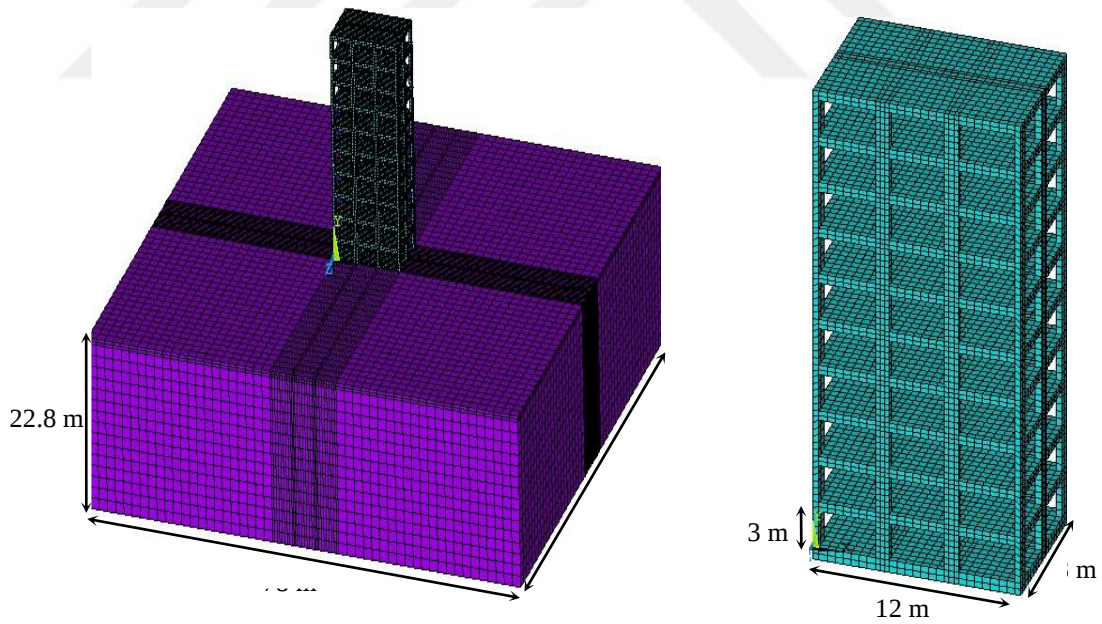
Şekil 17. MODEL-1 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.4. MODEL-2'nin Analizi

Ana kayanın yapı tabanından itibaren 2R kadar derinlikte tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı yapının dinamik tepkilerini belirlemek amacıyla söz konusu zemin-yapı etkileşim sisteminin sayısal modeli oluşturulmuş ve bu model üç farklı zemin sistemi ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak dinamik analize tabi tutulmuştur. Ayrıca aynı deprem etkileri altında ankastre taban varsayımıyla da dinamik analizler yapılmıştır. Çözümlemelerde seçilen düğüm noktalarından elde edilen en büyük yer değiştirme, gerilme ve ivme değerleri ile bunların oluş zamanları irdelenmiştir.

2.4.1. MODEL-2 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli

Ana kayanın derinliğinin yapı tabanından itibaren 2R olarak tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı betonarme ve temel zemin sistemi dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 18'de sunulmaktadır.



Şekil 18. MODEL-2 için oluşturulan sonlu eleman modeli

2.4.2. MODEL-2'nin Sismik Analizi

Dikkate alınan zemin şartları ve deprem etkileri altında etkileşim modelinin sismik analizlerinden elde edilen en büyük yer değiştirmeler, ivmeler ve gerilmeler ile bunların oluş zamanları Tablo 12~20'de gösterilmektedir. Burada elde edilen yer

değiştirmeler, zemin düzeyine göre hesaplanan görelı (ızafı (rölatif) yer değiştirmeleri göstermektedir.

Tablo 12. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	2.84	-0.0116	3.52	-0.0197	2.02	-0.0180	3.34	0.0250
9	2.86	-0.0159	3.52	-0.0184	2.02	-0.0163	3.34	0.0227
8	2.86	-0.0148	3.52	-0.0167	2.02	-0.0140	3.36	0.0201
7	3.94	-0.0136	3.52	-0.0146	2.02	-0.0114	3.36	0.0176
6	3.94	-0.0127	3.52	-0.0122	3.52	-0.0094	3.36	0.0150
5	3.92	-0.0112	3.74	0.0099	3.86	0.0085	3.66	-0.0128
4	3.92	-0.0094	3.72	0.0086	3.86	0.0075	3.66	-0.0110
3	2.66	0.0075	3.72	0.0069	2.34	0.0060	3.66	-0.0086
2	2.66	0.0051	3.72	0.0047	2.34	0.0041	3.66	-0.0058
1	2.66	0.0023	3.72	0.0022	2.08	0.0020	3.66	-0.0029

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), u: En büyük yatay yer değiştirme (m)

Tablo 13. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	9.62	0.0409	9.94	-0.0393	6.54	0.0459	7.20	-0.1182
9	9.62	0.0391	9.94	-0.0371	6.54	0.0430	7.20	-0.1087
8	9.62	0.0365	9.94	-0.0343	6.54	0.0396	7.20	-0.0985
7	9.62	0.0331	9.94	-0.0310	6.54	0.0358	7.20	-0.0875
6	9.62	0.0291	9.94	-0.0271	6.54	0.0316	7.20	-0.0761
5	9.62	0.0246	9.94	-0.0229	6.54	0.0271	7.20	-0.0641
4	9.86	-0.0197	9.94	-0.0183	6.54	0.0221	7.20	-0.0581
3	9.86	-0.0146	9.94	-0.0136	6.54	0.0168	7.20	-0.0392
2	9.86	-0.0093	9.94	-0.0088	6.54	0.0112	7.20	-0.0265
1	9.86	-0.0040	9.94	-0.0041	5.04	0.0055	7.20	-0.0138

Tablo 14. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-2’den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	4.56	-0.0714	8.48	0.0814	4.60	-0.1271	5.62	-0.2580
9	4.56	-0.0682	8.48	0.0769	4.60	-0.1186	5.62	-0.2372
8	4.56	-0.0638	8.48	0.0711	4.58	-0.1087	5.64	-0.2150
7	4.56	-0.0582	8.48	0.0640	4.58	-0.0976	5.64	-0.1914
6	4.56	-0.0515	8.48	0.0559	4.58	-0.0854	5.64	-0.1665
5	4.56	-0.0438	8.48	0.0470	4.58	-0.0722	5.64	-0.1405
4	4.56	-0.0353	8.48	0.0375	4.58	-0.0582	5.64	-0.1136
3	4.56	-0.0262	8.48	0.0277	4.58	-0.0437	5.64	-0.0861
2	4.56	-0.0167	8.48	0.0178	4.58	-0.0289	5.64	-0.0582
1	4.54	-0.0073	8.48	0.0081	4.58	-0.0041	5.64	-0.0302

Tablo 15. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-2'den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	2.74	-0.3973	2.74	-0.4206	2.76	-0.3794	4.08	-0.3901
9	2.74	-0.9973	2.74	-1.0577	2.76	-0.9177	4.08	-0.9621
8	2.74	-1.5401	2.74	-1.6416	3.80	-1.4295	4.08	-1.4341
7	2.48	1.8138	2.74	-1.9172	3.80	-1.7199	4.08	-1.5842
6	2.84	1.9021	3.78	-1.9802	3.80	-1.7075	4.08	-1.3857
5	2.84	1.9042	3.52	2.0032	3.54	1.6350	2.04	1.1022
4	3.94	2.0217	3.52	2.0178	3.54	1.3817	3.68	1.0275
3	3.94	2.3973	3.52	1.7859	3.86	-1.3115	3.68	1.4264
2	2.66	-2.6342	3.72	-2.1621	3.64	1.6672	3.66	1.7588
1	2.66	-2.9102	3.72	-2.3363	3.72	-1.8664	4.16	-1.8303

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), S: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük gerilme (MPa)

Tablo 16. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-2'den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	9.12	-0.3864	8.6	-0.3197	4.98	-0.2658	5.18	-0.4035
9	9.12	-1.0497	8.6	-0.8663	4.98	-0.7201	5.18	-1.0810
8	9.12	-1.8678	8.6	-1.5281	4.98	-1.2667	5.18	-1.8676
7	9.12	-2.6050	8.6	-2.1086	4.98	-1.7448	5.18	-2.5293
6	9.62	-3.2976	9.94	2.5993	4.70	2.1355	7.18	3.0777
5	9.62	-3.9070	9.94	3.0449	4.68	2.5300	7.18	3.6369
4	9.62	-4.4151	9.92	3.4166	4.66	2.8813	7.18	4.1005
3	9.62	-4.8129	9.92	3.7218	6.54	-3.2819	7.18	4.4669
2	9.86	5.1262	9.92	3.9460	6.54	-3.6578	7.20	4.7820
1	9.86	5.0597	9.94	3.8838	5.04	-3.7474	7.20	4.7423

Tablo 17. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-2'den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	4.58	0.6281	8.50	0.6615	4.60	0.6922	5.60	0.7569
9	4.58	1.7260	8.50	-1.8045	4.60	1.8981	5.60	2.0811
8	4.58	3.1245	8.50	-3.2213	4.60	3.4010	5.60	3.7379
7	4.58	4.4424	8.50	-4.5090	4.60	4.7838	5.62	5.2819
6	4.58	5.6205	8.50	-5.5930	4.60	5.9902	5.62	6.6692
5	4.56	6.6599	8.50	-6.4505	4.60	7.0189	5.62	7.8886
4	4.56	7.6320	8.48	-7.1605	4.58	7.8931	5.62	8.9345
3	4.56	8.4616	8.48	-7.6927	4.58	8.6622	5.64	9.8405
2	4.56	9.1345	8.48	-8.0318	4.58	9.2555	5.64	10.5854
1	4.56	9.1296	8.46	-7.8131	4.56	9.2130	5.64	10.5092

Tablo 18. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-2'den elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	2.74	-7.1748	2.76	-7.3129	2.02	6.6040	4.08	-6.2140
9	2.74	-5.8540	3.52	6.0138	2.02	5.3096	2.88	4.5139
8	3.94	4.9051	3.52	5.7051	3.54	4.8809	2.88	3.6439
7	3.94	6.8301	3.94	5.8414	3.94	4.3925	3.94	3.9006
6	3.94	8.0271	3.94	7.2577	3.88	-5.8305	3.68	5.0284
5	3.94	8.0397	3.94	7.5227	3.88	-6.9388	4.00	-5.7519
4	3.94	6.9309	3.86	-7.0630	3.88	-6.7911	4.00	-6.1611
3	2.68	-5.7067	3.86	-6.2602	2.68	-6.4803	2.70	-5.6365
2	2.68	-4.1050	2.68	-4.6097	2.68	-5.2478	2.98	5.4086
1	2.66	-2.0008	2.68	-2.3564	2.68	-3.0998	2.96	4.9562

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), a: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük ivme (m/s²)

Tablo 19. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-2'den elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	9.14	-7.0509	9.66	-6.0748	4.98	-4.4645	5.18	-7.5374
9	9.64	-6.6242	9.66	-5.7344	6.76	4.1461	7.20	6.8624
8	9.64	-6.1927	6.76	5.3548	6.76	4.1526	7.20	6.2273
7	9.64	-5.6435	6.76	5.3813	6.76	4.0947	7.18	5.6796
6	9.64	-4.9860	6.76	5.2209	6.56	-4.0545	5.66	5.2716
5	9.64	-4.2286	6.76	4.7424	6.56	-4.0981	6.06	-4.9040
4	6.96	-3.4402	6.76	3.8296	6.56	-3.9468	6.06	-4.3928
3	6.96	-2.6788	6.54	-3.0019	6.56	-3.4258	6.06	-3.5341
2	6.96	-1.7353	6.54	-2.1806	6.56	-2.4822	6.80	-2.6610
1	6.54	-0.7940	6.54	-1.0488	6.56	-1.2866	5.28	-2.0420

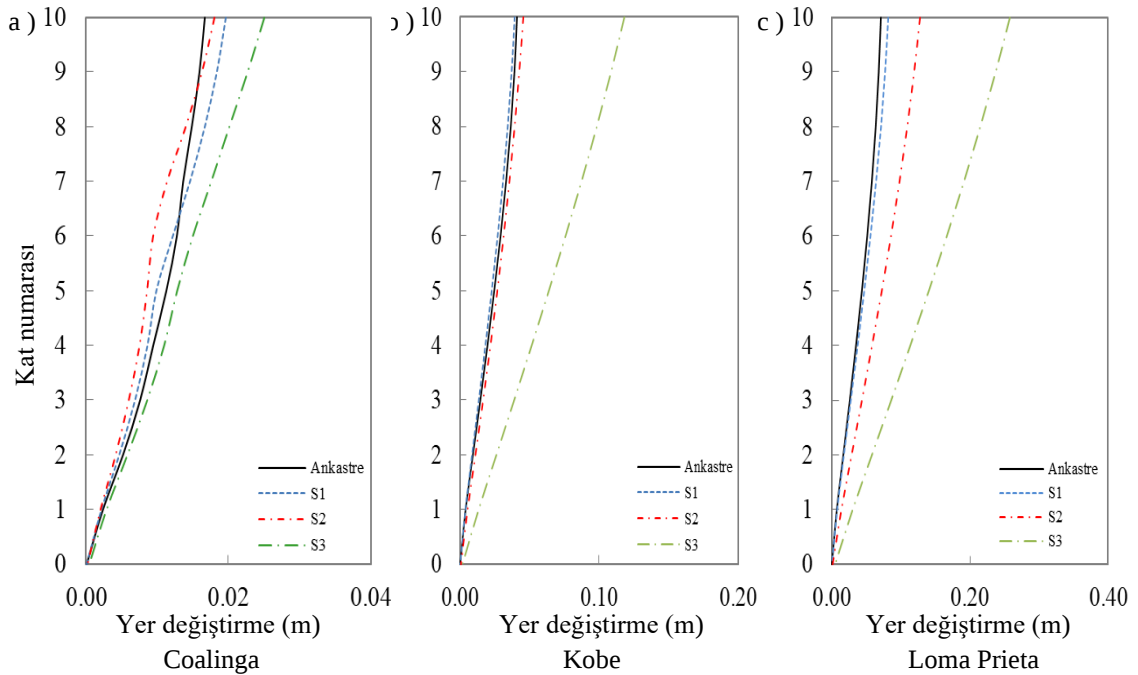
Tablo 20. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-2'den elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	4.60	9.9674	8.50	-12.2360	4.62	11.7400	5.60	13.6710
9	4.60	9.3578	8.50	-11.3760	4.62	10.7330	5.60	12.5270
8	5.52	8.7396	8.50	-10.2210	4.60	9.5693	5.60	11.2360
7	5.52	8.1203	8.48	-8.9428	4.60	8.3302	5.62	9.8544
6	5.52	7.2958	8.48	-7.6826	4.60	7.0173	5.64	8.5095
5	5.50	6.3968	8.46	-6.7514	4.60	5.6681	4.74	7.8944
4	5.50	5.4110	8.46	-5.7957	4.60	4.3257	4.74	7.2008
3	5.50	4.2186	8.46	-4.5705	4.54	3.5741	4.74	6.0787
2	5.50	2.7801	8.44	-3.1782	4.54	2.7101	4.74	4.6120
1	5.50	1.1971	8.44	-1.5841	4.54	1.5803	4.74	2.9365

2.4.2.1. MODEL-2 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

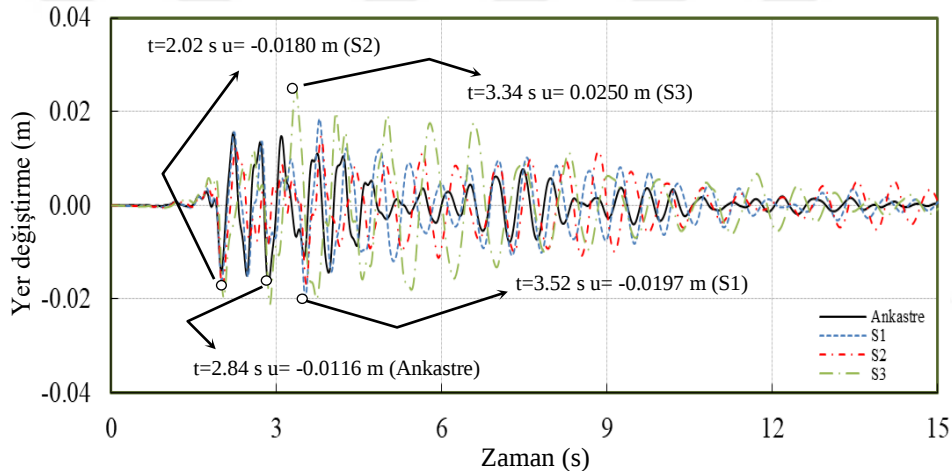
Analiz sonuçları incelendiğinde yatay yer değiştirme değerlerinin ilgili zemin şartlarına ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. şekil 19~22’de x doğrultusundaki yer değiştirmeler yapının dış köşe birleşim noktaları baz alınarak elde edilmiştir. şekil 19’da farklı temel zemin sistemlerine ve farklı deprem kayıtlarına göre bina yer değiştirmelerinde yapının yüksekliğine bağlı değişim gösterilmektedir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en üst kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, en büyük yer değiştirmelerin zaman zaman yön değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görölmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak bazı durumlarda, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak, yer değiştirmelerin zaman zaman zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlemelerinde karşılaşılmıştır. Öte yandan en büyük yer değiştirmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

Yer değiştirmeler açısından yapılan tüm değerlendirmelerde zemin-yapı etkileşiminin ve deprem karakteristiklerinin bina dinamik davranışı üzerindeki etkileri belirgin bir şekilde görölmektedir.

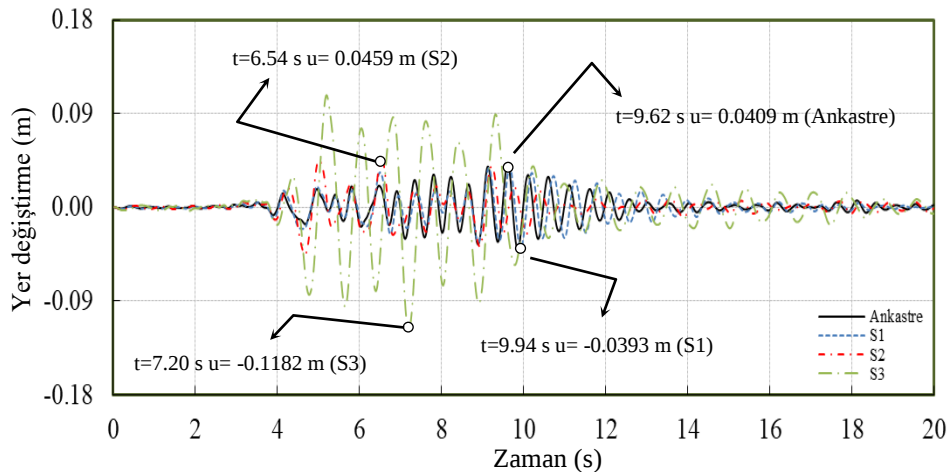


şekil 19. MODEL-2 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

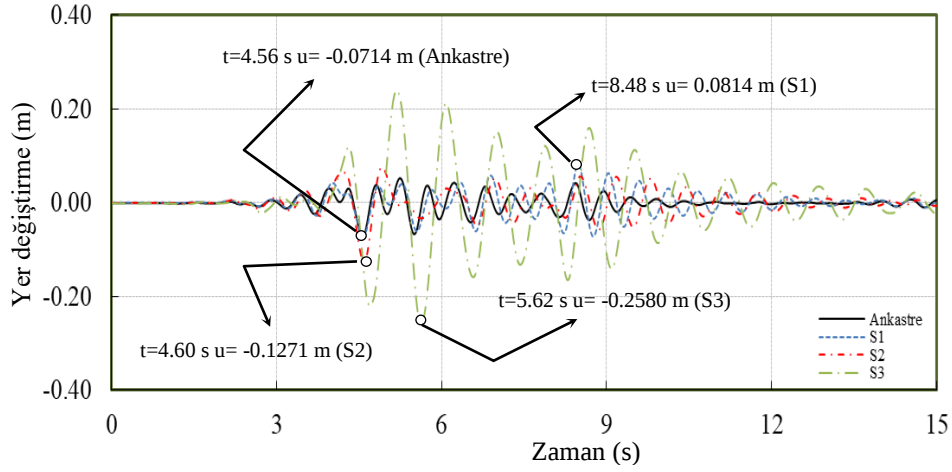
Binanın 10. kat dış köşe birleşim noktasında meydana gelen yatay yer değiştirme değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 20~22’de gösterilmektedir. Bir örnek olarak Şekil 21 incelendiğinde, S1 temel zemininde x doğrultusundaki en büyük yer değiştirme 0.0393 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %17 oranında artışla 0.0459 m, S3 temel zemininde %201 oranında artışla 0.1182 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda en büyük yer değiştirme değeri S3 temel zemininde 7.20 s’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 temel zemin sistemlerinde sırasıyla 9.62, 9.94 ve 6.54 s’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 22 incelendiğinde de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0814 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %56 artışla 0.1271 m ve S3 temel zemininde %217’lik artışla 0.2580 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 20. MODEL-2 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



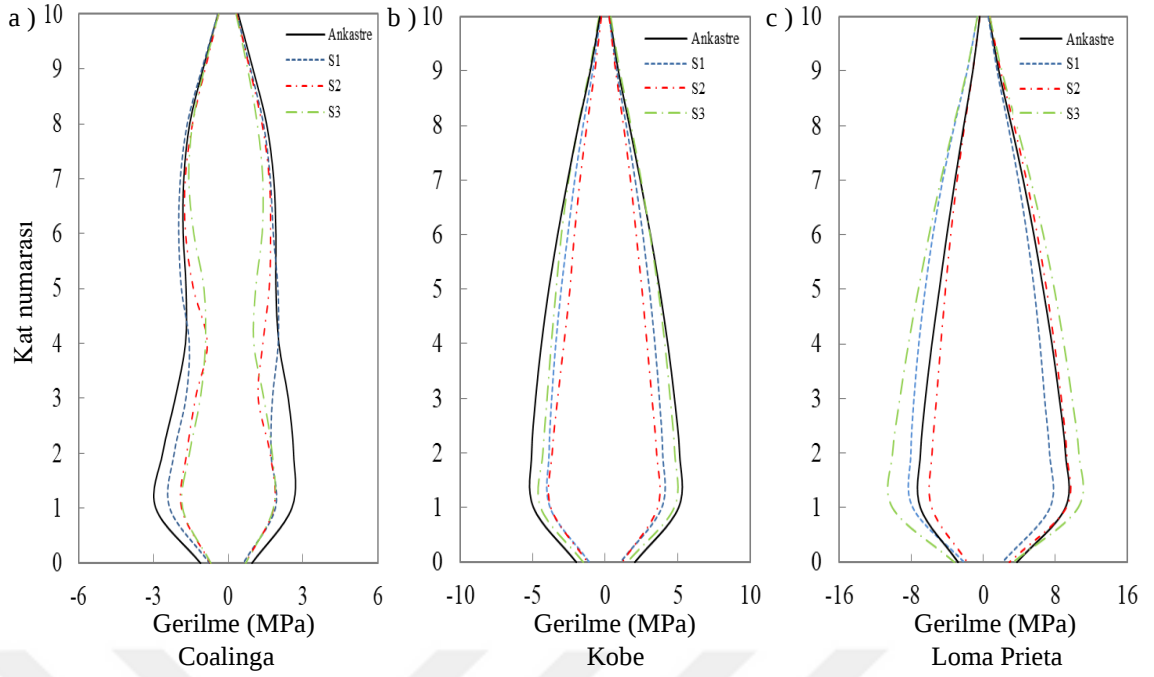
Şekil 21. MODEL-2 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



şekil 22. MODEL-2 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi

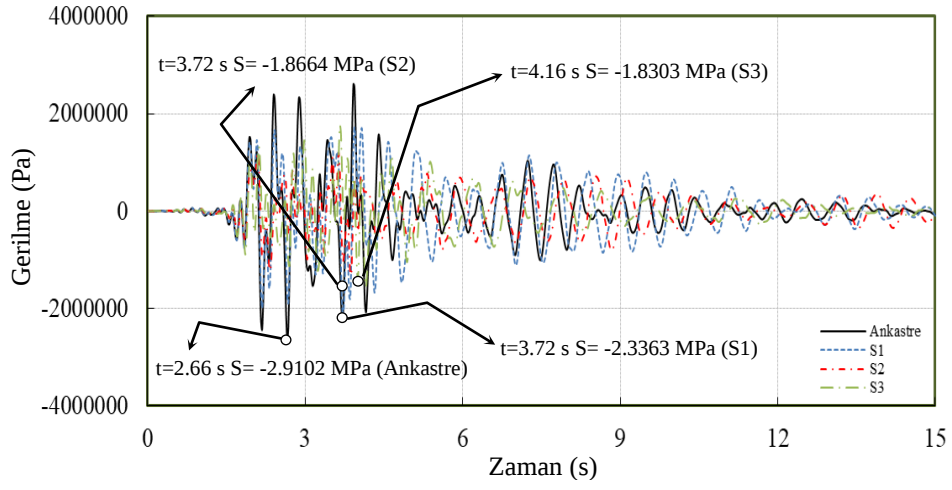
2.4.2.2. MODEL-2 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Modellenen sistemde gerilme değerleri farklı deprem kayıtları ve farklı temel koşulları için tüm katlarda kolonun i orta birleşim noktasından alınan değerler baz alınarak incelenmektedir. Grafiklerde negatif olarak belirtilen değerler basınç, pozitif olarak belirtilen değerler çekme gerilmesini ifade etmektedir. Gerilmelerin yapı yüksekliğine göre dağılımı şekil 23'te, zamana göre dağılımları ise şekil 24~26'da verilmektedir. şekiller genel olarak incelendiğinde temel koşullarının ve deprem kayıtlarının değişimine bağlı olarak, gerilme şiddetlerinde ve gerilmelerin gerekleşe zamanlarında farklılıklar meydana geldiği grlmştr. Yükseklik boyunca gerilme değerleri incelendiğinde en yüksek gerilmelerin 1. ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Coalinga (şekil 23a) ve Kobe (şekil 23b) depremlerinde en büyük gerilmeler ankastre tabanlı sistemde meydana gelirken, Loma Prieta (şekil 23c) depreminde S3 zemininde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yerel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

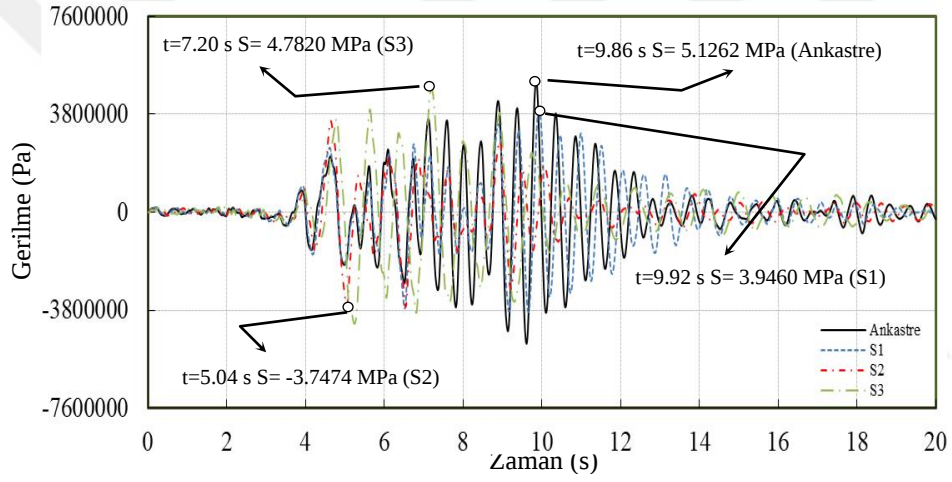


Şekil 23. MODEL-2 için x doğrultusunda gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

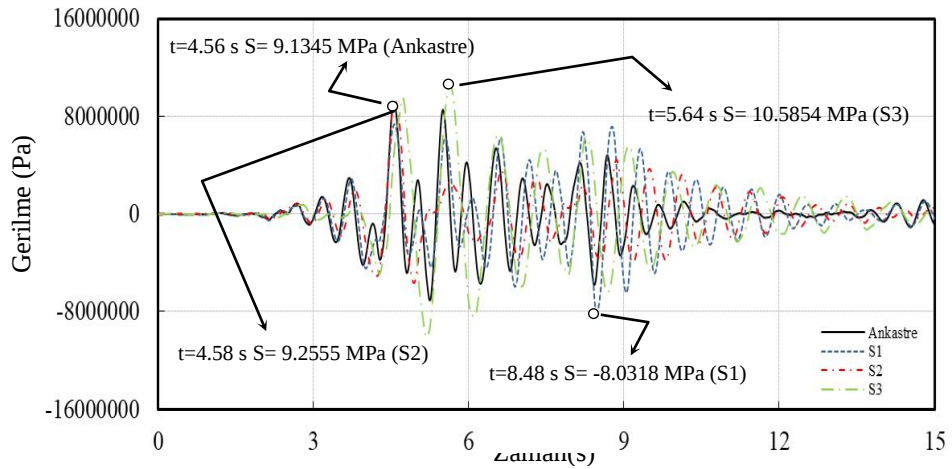
Şekil 24 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme basınç olarak -2.3363 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %20 oranında azalış ile basınç olarak -1.8664 MPa ve S3 temel zemininde %22 oranında azalış ile basınç olarak -1.8303 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük gerilme değeri, S1 temel zemininde 3.72 s’de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.66, 3.72 ve 4.16 s’de gerçekleşmektedir. Şekil 25 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 3.9460 MPa iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %5’lik azalışla basınç olarak -3.7474 MPa, S3 temel zemininde %21’lik artışla çekme olarak 4.7820 MPa’dır. Şekil 26’da ise farklı bir yapı karakterinin ortaya çıktığı ve en büyük gerilmelerin en yumuşak zemin olan S3 zemin şartlarında vuku bulduğu görülmektedir. Burada S1 zemininde gerilme değeri - 8.0318 MPa iken, S3 zemininde aynı gerilme değeri %32 oranında bir artışla 10.5854 MPa düzeyinde gerçekleşmektedir. Buradaki davranış değişikliği dikkate alındığında da her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmekte yarar görülmektedir.



Şekil 24. MODEL-2 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



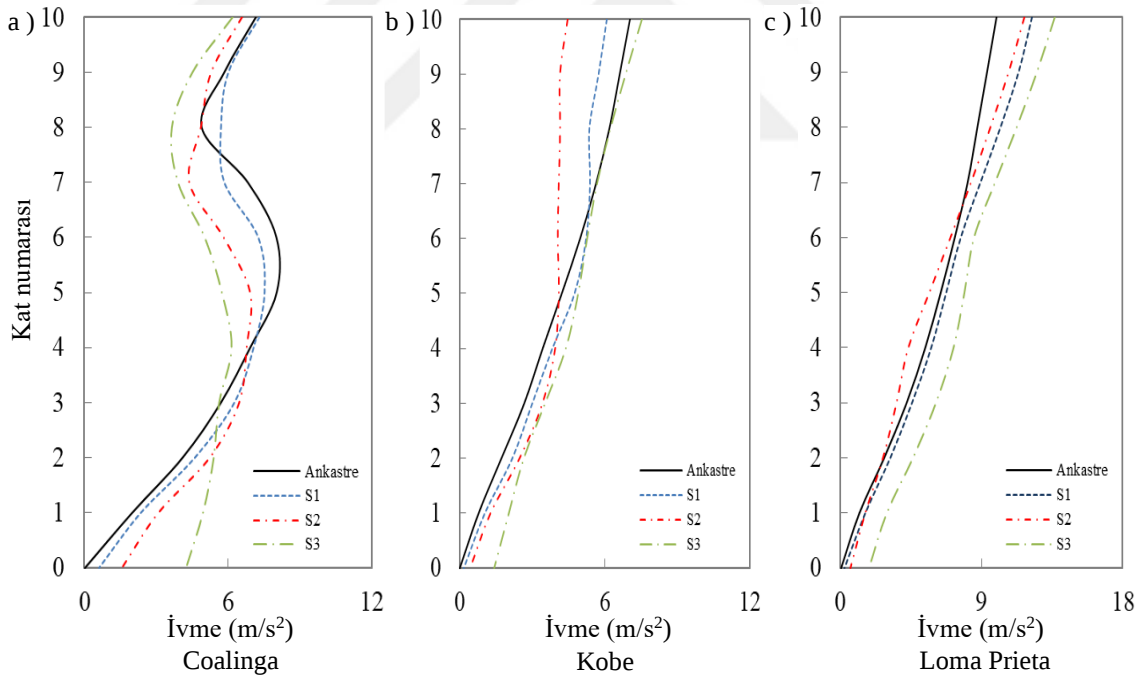
Şekil 25. MODEL-2 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 26. MODEL-2 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.4.2.3. MODEL-2 İçin İvmelerin İrdelenmesi

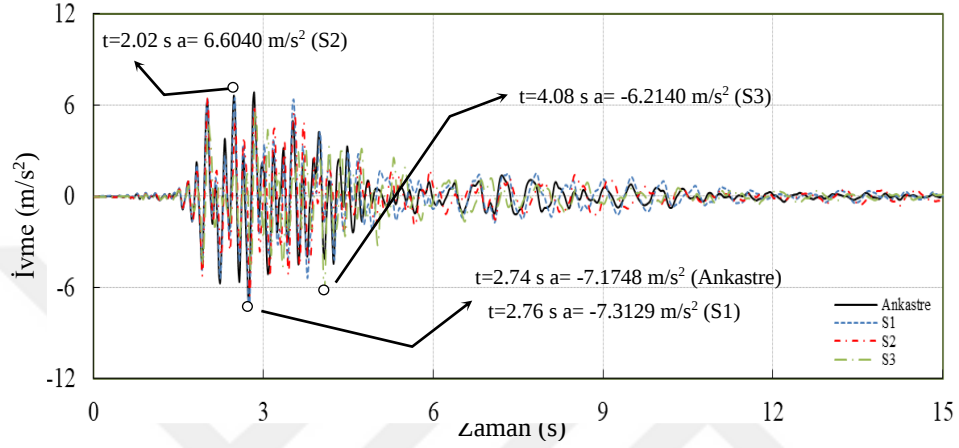
İvme değerleri tüm katlarda bina dış köşe birleşim noktalarından elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirilmektedir. En büyük ivme değerlerinin yapı yüksekliğine bağlı dağılımları Şekil 27’de, zamansal dağılımları Şekil 28~30’da gösterilmektedir. Şekil 27 ele alındığında, ivme değerlerinde zemin kattan üst katlara gidildikçe büyük oranda artışlar olduğu görülmektedir. Coalinga depreminde (Şekil 27a) en büyük ivme değeri ankastre sistemde meydana gelirken, Kobe (Şekil 27b) ve Loma Prieta (Şekil 27c) depremlerinde S3 zemininde meydana gelmektedir. Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2 zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat seviyesinde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriği ile yerel zemin koşullarına bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.



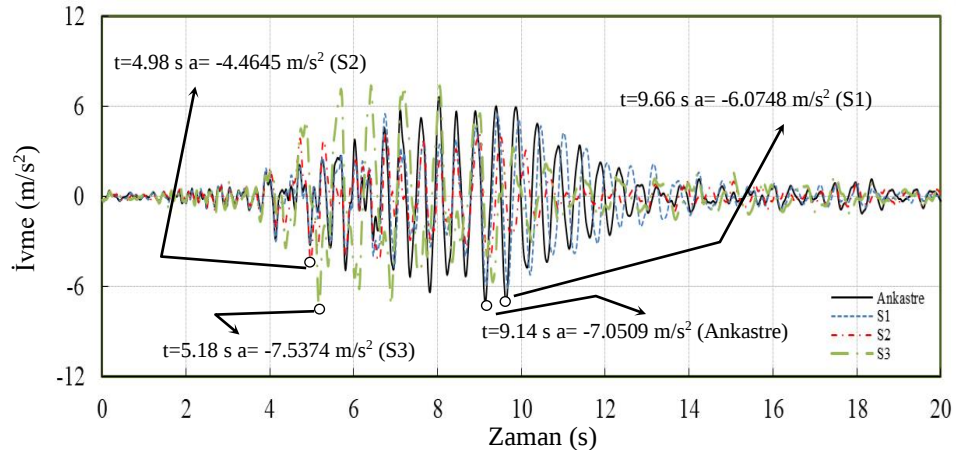
Şekil 27. MODEL-2 için x doğrultusunda ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

Yapının ivme değerlerinin zamansal dağılımı 10. kattan alınan veriler göz önüne alınarak irdelenmektedir. Şekil 29’da, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme değeri 6.0748 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %27’lik azalışla 4.4645 m/s^2 ve S3 temel zemininde %24’lük artışla 7.5374 m/s^2 olarak

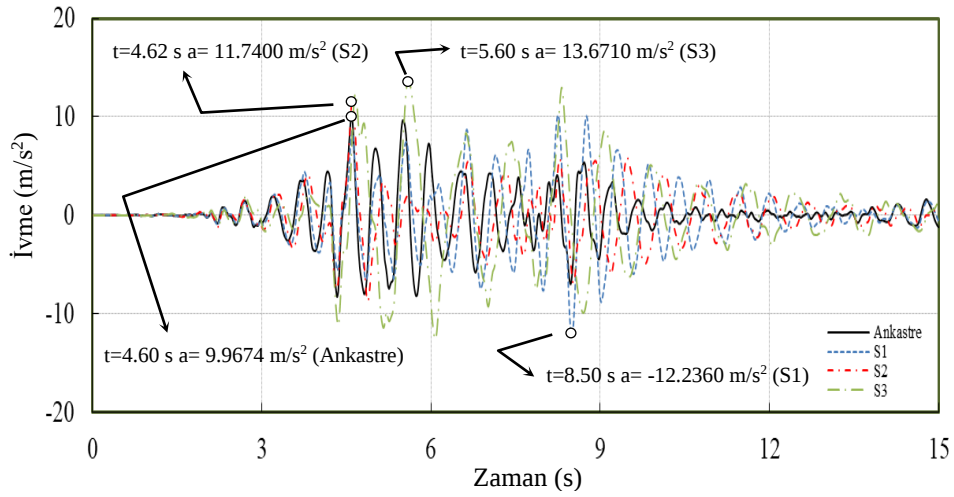
gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük ivme değeri, S3 temel zemininde 5.18 s’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 zemin sistemlerinde sırasıyla 9.14, 9.66 ve 4.98 s’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 30 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 12.2360 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla, S2 temel zemininde %4’lük azalışla 11.7400 m/s^2 ve S3 temel zemininde %12’lik artışla 13.6710 m/s^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 28. MODEL-2 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 29. MODEL-2 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



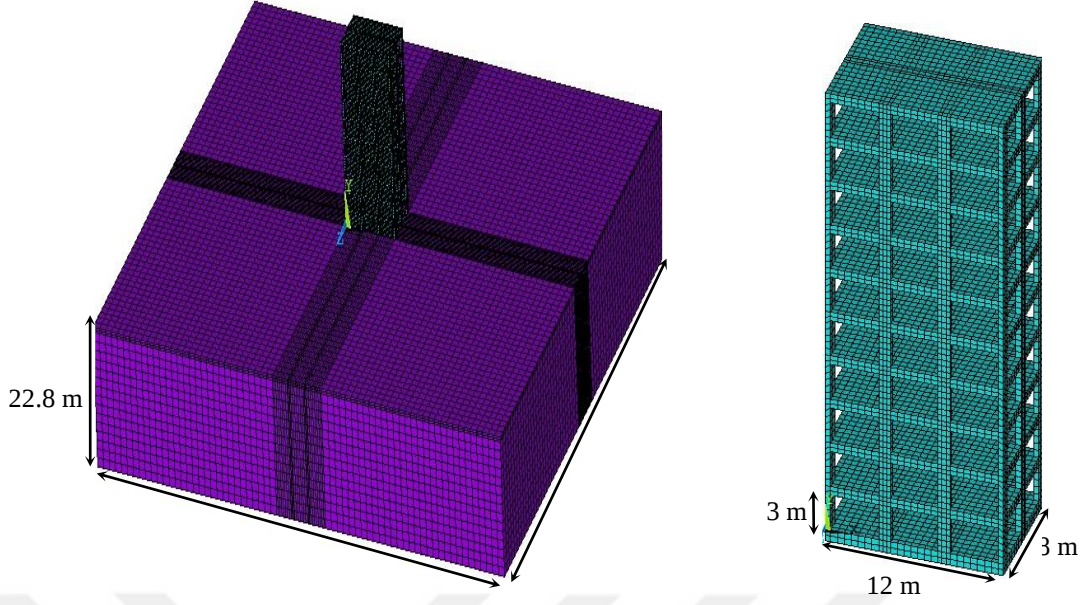
Şekil 30. MODEL-2 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.5. MODEL-3'ün Analizi

Ana kayanın yapı tabanından itibaren 2R kadar derinlikte tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 4R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı yapının dinamik tepkilerini belirlemek amacıyla söz konusu zemin-yapı etkileşim sisteminin sayısal modeli oluşturulmuş ve bu model üç farklı zemin sistemi ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak dinamik analize tabi tutulmuştur. Ayrıca aynı deprem etkileri altında ankastre taban varsayımıyla da dinamik analizler yapılmıştır. Çözümlemelerde seçilen düğüm noktalarından elde edilen yatay yer değiştirme, gerilme ve ivme değerleri ile bu tepkilerin oluş zamanları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

2.5.1. MODEL-3 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli

Ana kayanın derinliğinin yapı tabanından itibaren 2R olarak tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 4R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı betonarme bina ve temel zemin sistemleri dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 31'de sunulmaktadır.



Şekil 31. MODEL-3 için oluşturulan sonlu eleman modeli

2.5.2. MODEL-3'ün Sismik Analizi

Dikkate alınan zemin şartları ve deprem etkileri altında etkileşim modelinin sismik analizlerinden elde edilen en büyük yer değiştirmeler, ivmeler ve gerilmeler ile bunların oluş zamanları Tablo 21~29'da gösterilmektedir. Burada elde edilen yer değiştirmeler, zemin düzeyine göre hesaplanan göreceli (izafi (rölatif) yer değiştirmeleri göstermektedir.

Tablo 21. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	2.84	-0.0166	3.52	-0.0197	2.02	-0.0180	3.34	0.0251
9	2.86	-0.0159	3.52	-0.0184	2.02	-0.0163	3.34	0.0227
8	2.86	-0.0148	3.52	-0.0167	2.02	-0.0140	3.36	0.0202
7	3.94	-0.0136	3.52	-0.0146	3.52	-0.0114	3.36	0.0176
6	3.94	-0.0127	3.52	-0.0122	3.52	-0.0094	3.36	0.0150
5	3.92	-0.0112	3.74	0.0099	3.86	0.0085	3.68	-0.0127
4	3.92	-0.0094	3.72	0.0086	3.86	0.0075	3.66	-0.0108
3	2.66	0.0075	3.72	0.0069	2.34	0.0060	3.66	-0.0085
2	2.66	0.0051	3.72	0.0047	2.34	0.0041	3.66	-0.0057
1	2.66	0.0023	3.72	0.0022	2.08	-0.0020	3.66	-0.0028

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), u: En büyük yatay yer değiştirme (m)

Tablo 22. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	9.62	0.0409	9.94	-0.0393	6.54	0.0461	7.20	-0.1176
9	9.62	0.0391	9.94	-0.0371	6.54	0.0431	7.20	-0.1081
8	9.62	0.0365	9.94	-0.0343	6.54	0.0398	7.20	-0.0979
7	9.62	0.0331	9.94	-0.0310	6.54	0.0360	7.20	-0.0871
6	9.62	0.0291	9.94	-0.0271	6.54	0.0317	7.20	-0.0756
5	9.62	0.0246	9.94	-0.0229	6.54	0.0271	7.20	-0.0637
4	9.86	-0.0197	9.94	-0.0183	6.54	0.0221	7.20	-0.0515
3	9.86	-0.0146	9.94	-0.0136	6.54	0.0168	7.20	-0.0390
2	9.86	-0.0093	9.94	-0.0088	6.54	0.0112	7.20	-0.0264
1	9.86	-0.0040	9.94	-0.0041	5.04	0.0055	7.20	-0.0137

Tablo 23. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	4.56	-0.0714	8.48	0.0814	4.60	-0.1275	5.64	-0.2592
9	4.56	-0.0682	8.48	0.0769	4.60	-0.1189	5.64	-0.2384
8	4.56	-0.0638	8.48	0.0710	4.58	-0.1089	5.64	-0.2161
7	4.56	-0.0582	8.48	0.0640	4.58	-0.0978	5.64	-0.1923
6	4.56	-0.0515	8.48	0.0559	4.58	-0.0855	5.64	-0.1673
5	4.56	-0.0438	8.48	0.0470	4.58	-0.0723	5.64	-0.1412
4	4.56	-0.0353	8.48	0.0375	4.58	-0.0583	5.64	-0.1142
3	4.56	-0.0262	8.48	0.0277	4.58	-0.0438	5.64	-0.0865
2	4.56	-0.0167	8.48	0.0178	4.58	-0.0290	5.64	-0.0584
1	4.54	-0.0073	8.48	0.0081	4.58	-0.0142	5.64	-0.0304

Tablo 24. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	2.74	-0.3973	2.74	-0.4206	2.76	-0.3796	4.08	-0.3923
9	2.74	-0.9973	2.74	-1.0576	2.76	-0.9182	4.08	-0.9674
8	2.74	-1.5401	2.74	-1.6413	3.80	-1.4306	4.08	-1.4418
7	2.48	1.8138	2.74	-1.9170	3.80	-1.7219	4.08	-1.5918
6	2.84	1.9021	3.78	-1.9806	3.80	-1.7105	4.08	-1.3906
5	2.84	1.9042	3.52	2.0035	3.54	1.6402	2.04	1.1027
4	3.94	2.0217	3.52	2.0180	3.54	1.3889	3.68	1.0237
3	3.94	2.3973	3.52	1.7856	3.86	-1.3060	3.68	1.4151
2	2.66	-2.6342	3.72	-2.1603	3.64	1.6753	3.66	1.7264
1	2.66	-2.9102	3.72	-2.3353	3.72	-1.8709	2.98	1.8203

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), S: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük gerilme (MPa)

Tablo 25. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	9.12	-0.3864	7.94	-0.3196	4.98	-0.2661	5.18	-0.4043
9	9.12	-1.0497	7.94	-0.8660	4.98	-0.7208	5.18	-1.0831
8	9.12	-1.8678	7.94	-1.5274	4.98	-1.2677	5.18	-1.8704
7	9.12	-2.6050	7.94	-2.1077	4.98	-1.7460	5.18	-2.5321
6	9.62	-3.2967	9.94	2.5981	4.70	2.1386	7.20	3.0500
5	9.62	-3.9070	9.94	3.0435	4.68	2.5330	7.18	3.6047
4	9.62	-4.4151	9.92	3.4125	4.66	2.8834	7.18	4.0662
3	9.62	-4.8129	9.92	3.7173	6.54	-3.2874	7.18	4.4302
2	9.86	5.1262	9.92	3.9412	6.54	-3.6628	7.20	4.7439
1	9.86	5.0597	9.94	3.8815	5.04	-3.7531	7.20	4.7027

Tablo 26. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	4.58	0.6281	8.50	-0.6613	4.60	0.6932	5.60	0.7566
9	4.58	1.7260	8.50	-1.8043	4.60	1.9012	5.62	2.0815
8	4.58	3.1245	8.50	-3.2209	4.60	3.4064	5.62	3.7457
7	4.58	4.4424	8.50	-4.5086	4.60	4.7913	5.62	5.2999
6	4.58	5.6205	8.50	-5.5926	4.60	5.9998	5.62	6.6896
5	4.56	6.6599	8.50	-6.4501	4.60	7.0305	5.62	7.9094
4	4.56	7.6320	8.48	-7.1549	4.58	7.9028	5.62	8.9536
3	4.56	8.4616	8.48	-7.6869	4.58	8.6732	5.64	9.8650
2	4.56	9.1345	8.48	-8.0259	4.58	9.2675	5.64	10.6029
1	4.56	9.1296	8.46	-7.8024	4.56	9.2213	5.64	10.5188

Tablo 27. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	2.74	-7.1748	2.76	-7.3194	2.02	6.6065	4.08	-6.2170
9	2.74	-5.8540	3.52	6.0140	2.02	5.3115	2.88	4.5469
8	3.94	4.9051	3.52	5.7061	3.54	4.8837	2.88	3.6479
7	3.94	6.8301	3.94	5.8365	3.94	4.3750	2.88	3.9195
6	3.94	8.0271	3.94	7.2536	3.88	-5.8085	3.94	4.9899
5	3.94	8.0397	3.94	7.5208	3.88	-6.9226	4.00	-5.7521
4	3.94	6.9309	3.86	-7.0668	3.88	-6.7863	4.00	-6.1754
3	2.68	-5.7067	3.86	-6.2641	2.68	-6.4890	2.80	-5.6756
2	2.68	-4.1050	2.68	-4.6167	2.68	-5.2657	2.98	5.4791
1	2.66	-2.0008	2.68	-2.3615	2.68	-3.1183	2.96	4.9480

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), a: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük ivme (m/s²)

Tablo 28. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	9.14	-7.0509	9.66	-6.0697	4.98	-4.4675	5.18	-7.5385
9	9.64	-6.6242	9.66	-5.7294	6.76	4.1533	7.20	6.8159
8	9.64	-6.1927	6.76	5.3571	6.76	4.1590	7.20	6.1905
7	9.64	-5.6435	6.76	5.3826	6.76	4.0986	7.18	5.6424
6	9.64	-4.9860	6.76	5.2211	6.56	-4.0558	5.66	5.2943
5	9.64	-4.2286	6.76	4.7418	6.56	-4.0978	6.06	-4.8682
4	6.96	-3.4402	6.76	3.8291	6.56	-3.9474	6.06	-4.3597
3	6.96	-2.6788	6.54	-3.0037	6.56	-3.4296	6.06	-3.5122
2	6.96	-1.7353	6.54	-2.1832	6.56	-2.4896	5.30	-2.7124
1	6.54	-0.7940	6.54	-1.0505	6.56	-1.2946	5.30	-2.0954

Tablo 29. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-3'ten elde edilen ivme değerleri

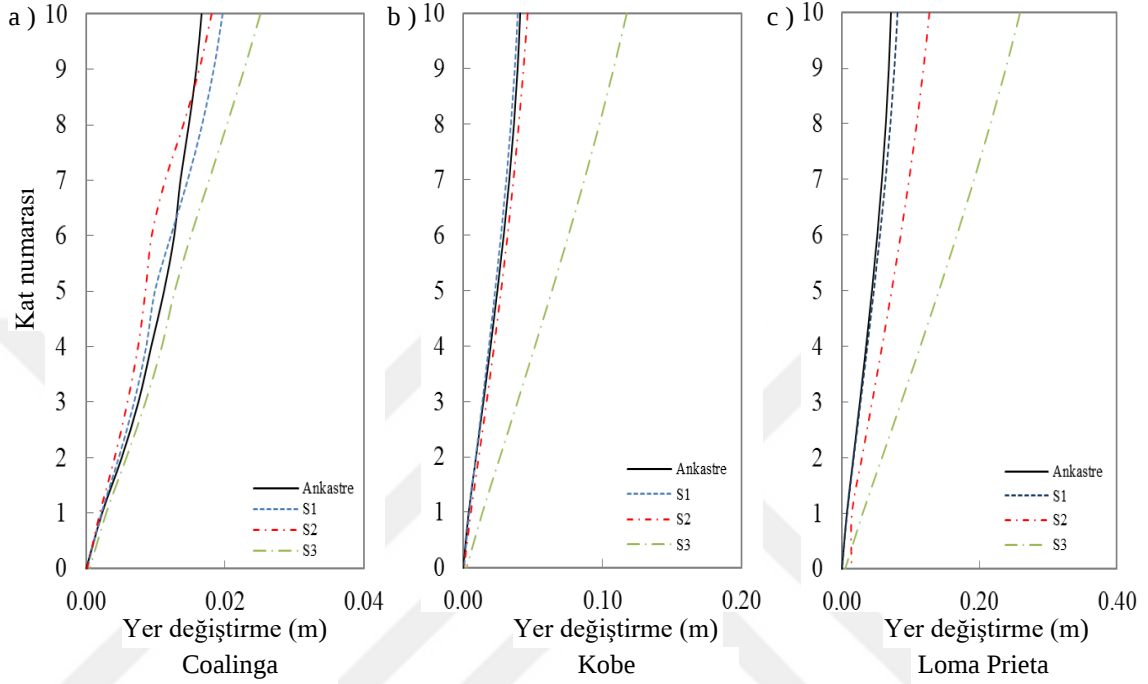
Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	4.60	9.9674	8.26	10.1520	4.62	11.7720	5.60	13.6600
9	4.60	9.3578	8.50	-11.3740	4.62	10.7600	5.60	12.5210
8	5.52	8.7396	8.50	-10.2190	4.60	9.5867	5.60	11.2360
7	5.52	8.1203	8.48	-8.9356	4.60	8.3474	5.62	9.8819
6	5.52	7.2958	8.48	-7.6775	4.60	7.0349	5.64	8.5240
5	5.50	6.3968	8.46	-6.7446	4.60	5.6847	4.74	7.9085
4	5.50	5.4110	8.46	-5.7921	4.60	4.3388	4.74	7.2222
3	5.50	4.2186	8.46	-4.5699	4.54	3.5863	4.74	6.1072
2	5.50	2.7801	8.44	-3.1764	4.54	2.7227	4.74	4.6456
1	5.50	1.1971	8.44	-1.5848	4.54	1.5926	4.74	2.9722

2.5.2.1. MODEL-3 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

Analiz sonuçları incelendiğinde yatay yer değiştirme değerlerinin ilgili zemin şartlarına ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Şekil 32~35'te x doğrultusundaki yer değiştirmeler yapının dış köşe birleşim noktaları baz alınarak elde edilmiştir. Şekil 32'de farklı temel zemin sistemlerine ve farklı deprem kayıtlarına göre bina yer değiştirmelerinde yapının yüksekliğine bağlı değişim gösterilmektedir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en üst kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, en büyük yer değiştirmelerin zaman zaman yön değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görülmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak bazı durumlarda, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak, yer değiştirmelerin zaman zaman zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlemelerinde karşılaşılmıştır. Öte

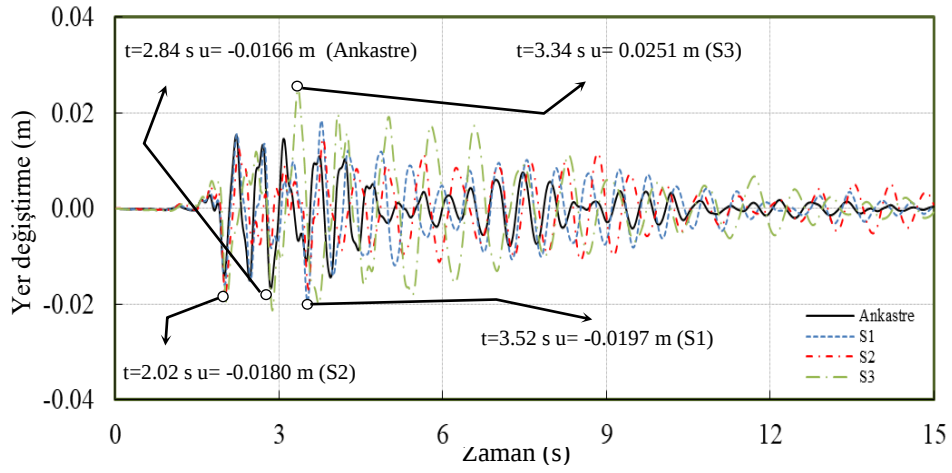
yandan en büyük yer değiştirmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

Yer değiştirmeler açısından yapılan tüm değerlendirmelerde zemin-yapı etkileşiminin ve deprem karakteristiklerinin bina dinamik davranışı üzerindeki etkileri belirgin bir şekilde görülmektedir.

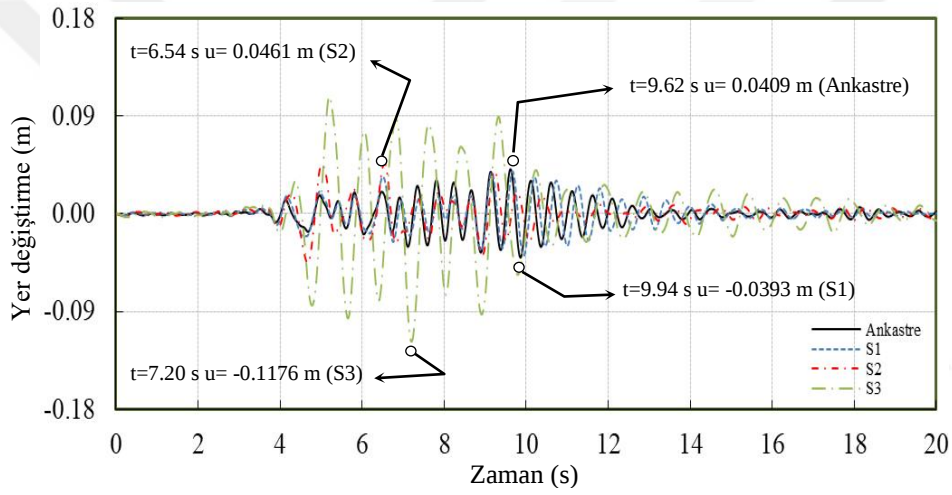


Şekil 32. MODEL-3 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

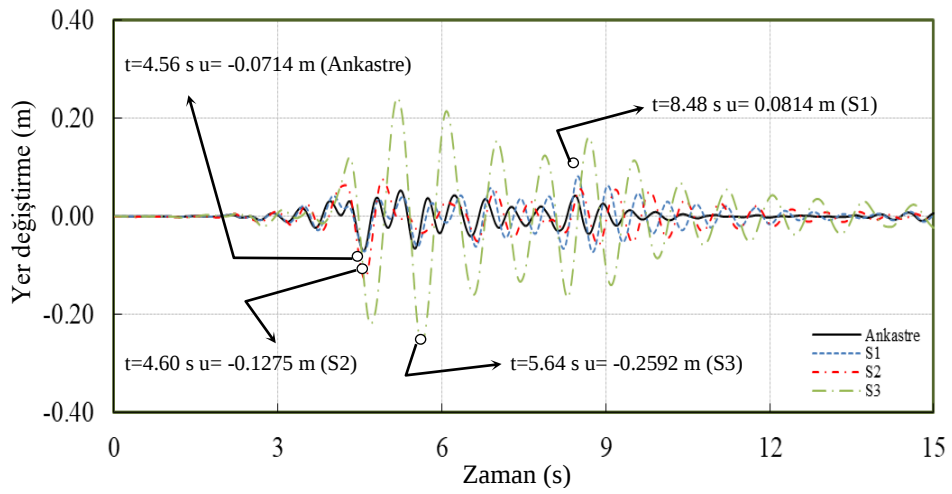
Binanın 10. kat dış köşe birleşim noktasında meydana gelen yatay yer değiştirme değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 33~35'te gösterilmektedir. Bir örnek olarak Şekil 33 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0197 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %9 oranında azalışla 0.0180 m, S3 temel zemininde %27 oranında artışla 0.0251 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda en büyük yer değiştirme değeri S3 temel zemininde 3.34 s'de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 temel zemin sistemlerinde sırasıyla 2.84, 3.52 ve 2.02 s'de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 35 incelendiğinde de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0814 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %57 artışla 0.1275 m ve S3 temel zemininde %218'lik artışla 0.2592 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 33. MODEL-3 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



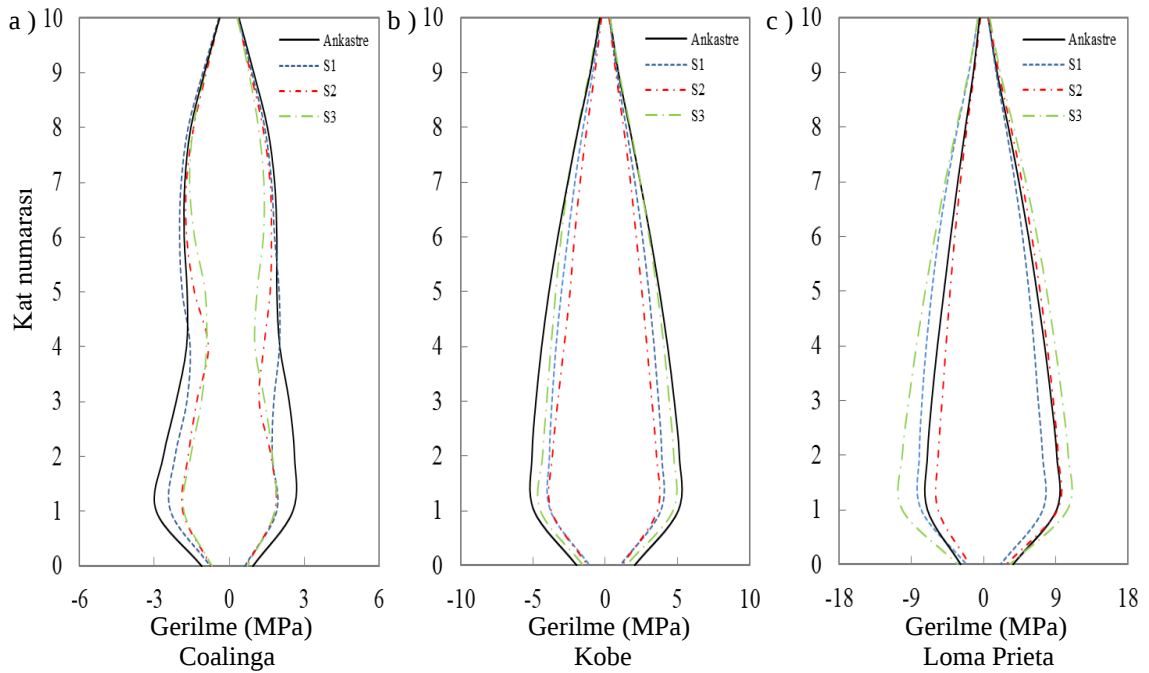
Şekil 34. MODEL-3 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 35. MODEL-3 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi

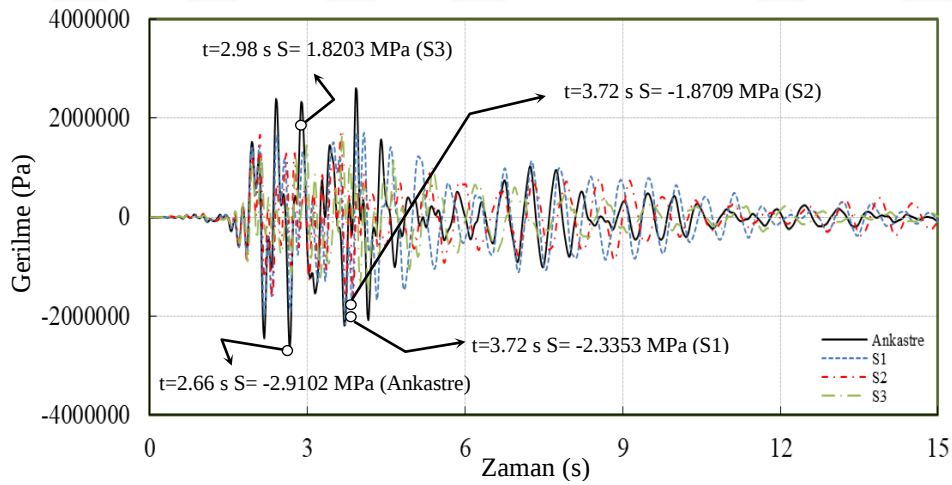
2.5.2.2. MODEL-3 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Modellenen sistemde gerilme değerleri farklı deprem kayıtları ve farklı temel koşulları için tüm katlarda kolonun iç orta birleşim noktasından alınan değerler baz alınarak incelenmektedir. Grafiklerde negatif olarak belirtilen değerler basınç, pozitif olarak belirtilen değerler çekme gerilmesini ifade etmektedir. Gerilmelerin yapı yüksekliğine göre dağılımı Şekil 36'da, zamana göre dağılımları ise Şekil 37~39'da verilmektedir. Şekiller genel olarak incelendiğinde temel koşullarının ve deprem kayıtlarının değişimine bağlı olarak, gerilme şiddetlerinde ve gerilmelerin gerçekleşme zamanlarında farklılıklar meydana geldiği görülmüştür. Yükseklik boyunca gerilme değerleri incelendiğinde en yüksek gerilmelerin 1. ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Coalinga (Şekil 36a) ve Kobe (Şekil 36b) depremlerinde en büyük gerilmeler ankastre tabanlı sistemde meydana gelirken, Loma Prieta (Şekil 36c) depreminde S3 zemininde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yerel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

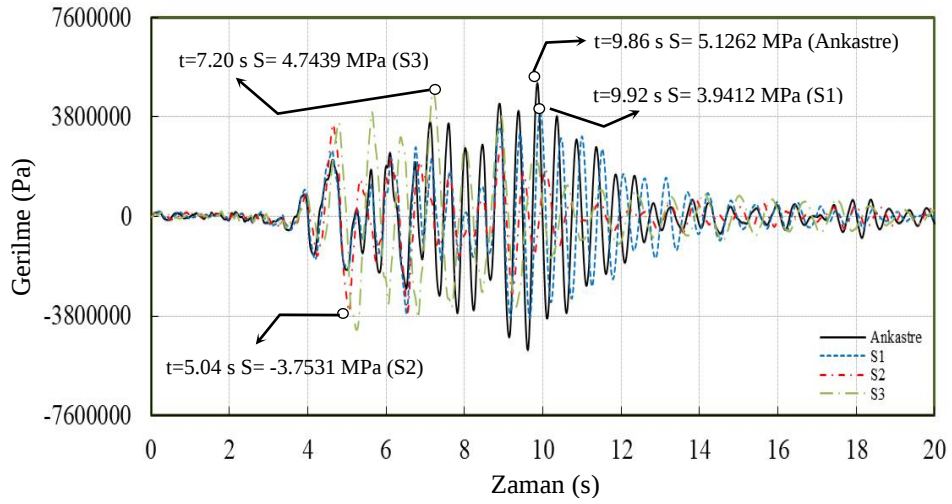


Şekil 36. MODEL-3 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

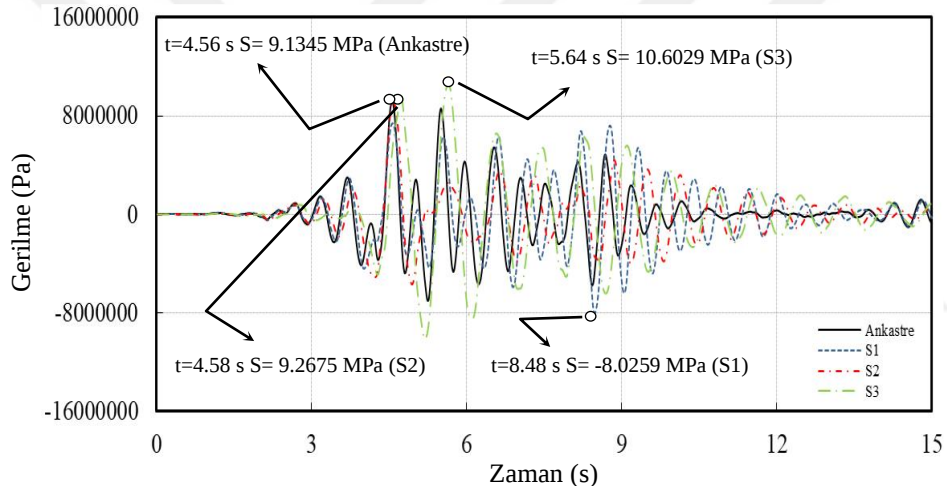
Şekil 37 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki basınç olarak -2.3353 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %20 oranında azalış ile basınç olarak -1.8709 MPa, S3 temel zemininde %22 oranında azalış ile çekme olarak 1.8203 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük gerilme değeri, S1 temel zemininde 3.72 s’de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.66, 3.72 ve 2.98 s’de gerçekleşmektedir. Şekil 38 ve Şekil 39 incelendiğinde ise farklı bir yapı karakterinin ortaya çıktığı ve en büyük gerilmelerin en yumuşak zemin olan S3 zemin şartlarında vuku bulduğu görülmektedir. Şekil 38’de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 3.9412 MPa iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %5’lik azalışla basınç olarak -3.7531 MPa, S3 temel zemininde %20’lik artışla çekme olarak 4.7439 MPa’dır. Şekil 39’da ise S1 zemininde gerilme değeri 8.0259 MPa iken, S3 zemininde aynı gerilme değeri %32 oranında bir artışla 10.6029 MPa düzeyinde gerçekleşmektedir. Buradaki davranış değişikliği dikkate alındığında da her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmekte yarar görülmektedir.



Şekil 37. MODEL-3 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 38. MODEL-3 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

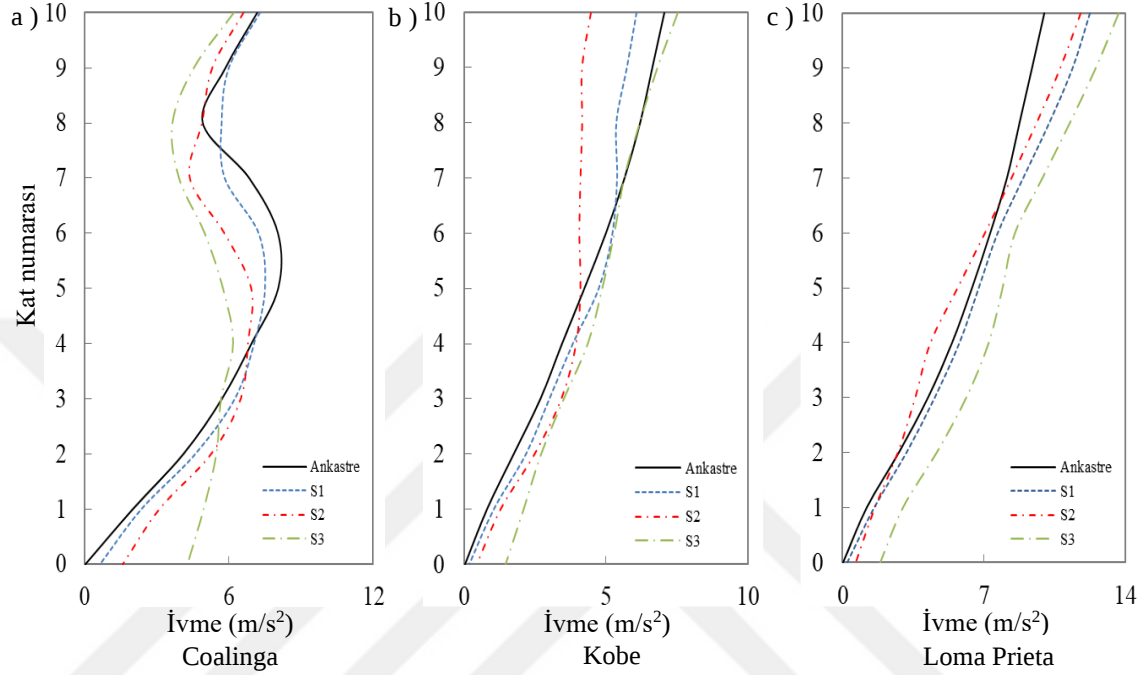


Şekil 39. MODEL-3 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.5.2.3. MODEL-3 İçin İvmelerin İrdelenmesi

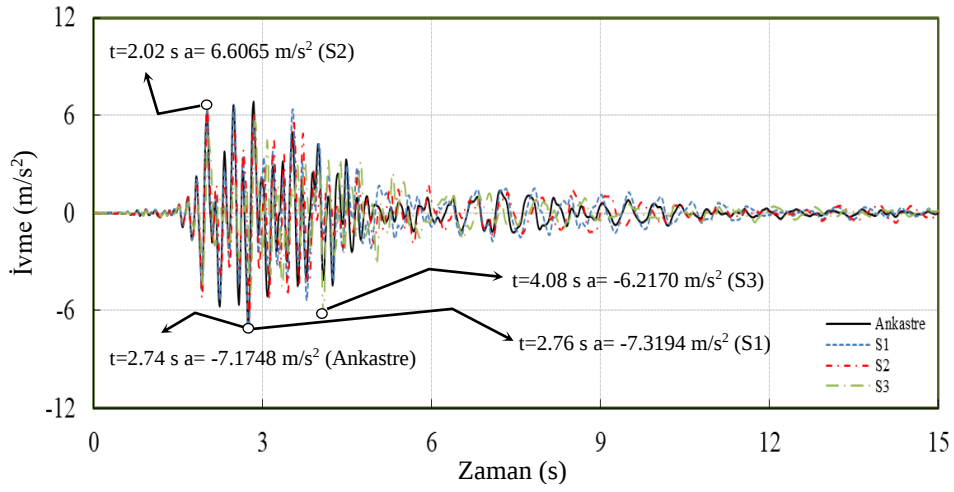
İvme değerleri tüm katlarda bina dış köşe birleşim noktalarından elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirilmektedir. En büyük ivme değerlerinin yapı yüksekliğine bağlı dağılımları Şekil 40'da, zamansal dağılımları Şekil 41~43'te gösterilmektedir. Şekil 40 ele alındığında, ivme değerlerinde zemin kattan üst katlara gidildikçe büyük oranda artışlar olduğu görülmektedir. Coalinga depreminde (Şekil 40a) en büyük ivme değeri ankastre sistemde meydana gelirken, Kobe (Şekil 40b) ve Loma Prieta (Şekil 40c) depremlerinde S3 zemininde meydana gelmektedir. Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2

zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat düzeyinde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriği ile yerel zemin koşullarına bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.

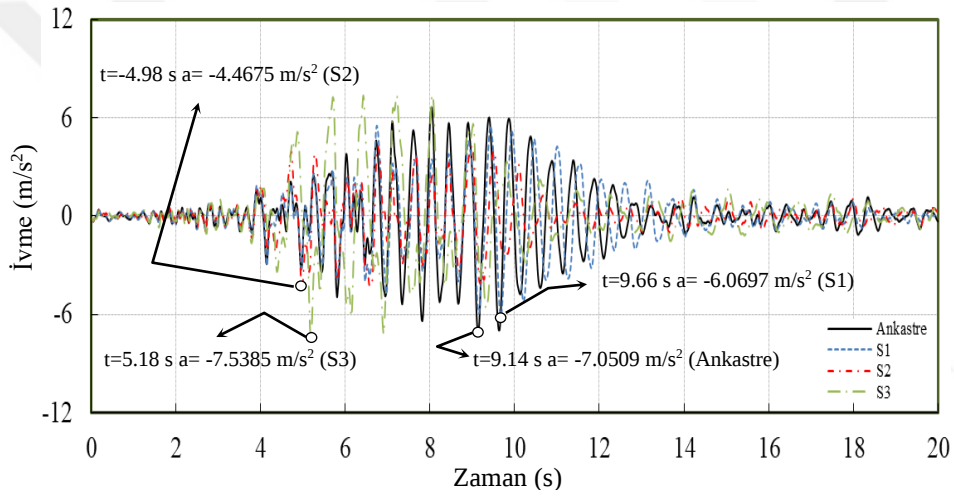


Şekil 40. MODEL-3 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

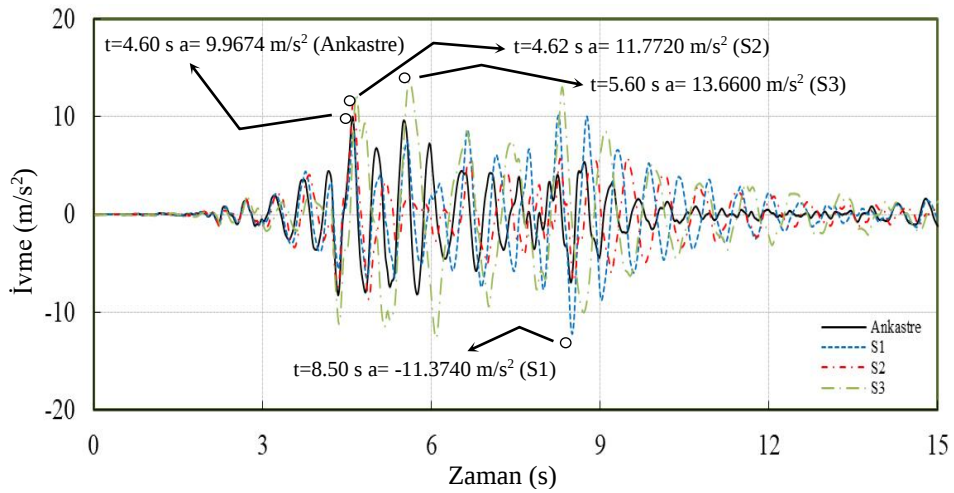
Yapının ivme değerlerinin zamansal dağılımı 10. kattan alınan veriler göz önüne alınarak irdelenmektedir. Şekil 42’de, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme değeri 6.0697 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %26 oranında azalışla 4.4675 m/s^2 ve S3 temel zemininde %24 oranında artışla 7.5385 m/s^2 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük ivme değeri, S3 temel zemininde 5.18 s’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 zemin sistemlerinde sırasıyla 9.14, 9.96 ve 4.98 s’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 43 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 11.3740 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla, S2 temel zemininde %3’lük artışla 11.7720 m/s^2 , S3 temel zemininde %20’lik artışla 13.6600 m/s^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 41. MODEL-3 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 42. MODEL-3 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



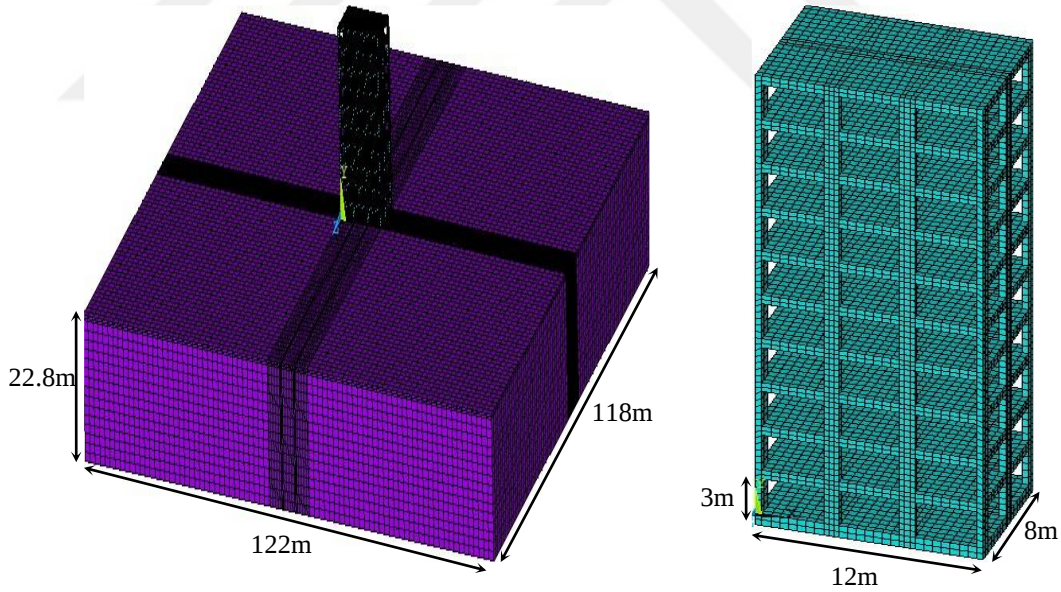
Şekil 43. MODEL-3 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.6. MODEL-4'ün Analizi

Ana kayanın yapı tabanından itibaren 2R kadar derinlikte tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 5R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı yapının dinamik tepkilerini belirlemek amacıyla söz konusu zemin-yapı etkileşim sisteminin sayısal modeli oluşturulmuş ve bu model üç farklı zemin sistemi ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca aynı deprem etkileri altında ankastre taban varsayımıyla da dinamik analizler yapılmıştır. Çözümlerlerde seçilen düğüm noktalarından elde edilen en büyük yer değiştirme, gerilme ve ivme değerleri ile bunların oluş zamanları irdelenmiştir.

2.6.1. MODEL-4 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli

Ana kayanın derinliğinin yapı tabanından itibaren 2R olarak tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 5R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı betonarme ve temel zemin sistemi dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 44'te sunulmaktadır.



Şekil 44. MODEL-4 için oluşturulan sonlu eleman modeli

2.6.2. MODEL-4'ün Sismik Analizi

Dikkate alınan zemin şartları ve deprem etkileri altında etkileşim modelinin sismik analizlerinden elde edilen en büyük yer değiştirmeler, ivmeler ve gerilmeler ile bunların oluş zamanları Tablo 30~38'de gösterilmektedir. Burada elde edilen yer değiştirmeler, zemin düzeyine göre hesaplanan göreceli (izafi (rölatif)) yer değiştirmeleri göstermektedir.

Tablo 30. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	2.84	-0.0166	3.52	-0.0197	2.02	-0.0180	3.34	0.0250
9	2.86	-0.0159	3.52	-0.0184	2.02	-0.0163	3.34	0.0227
8	2.86	-0.0148	3.52	-0.0167	2.02	-0.0140	3.36	0.0202
7	3.94	-0.0136	3.52	-0.0146	3.52	-0.0114	3.36	0.0176
6	3.94	-0.0127	3.52	-0.0122	3.52	-0.0094	3.36	0.0150
5	3.92	-0.0112	3.74	0.0099	3.86	0.0085	3.68	-0.0127
4	3.92	-0.0094	3.72	0.0086	3.86	0.0075	3.66	-0.0108
3	2.66	0.0075	3.72	0.0069	2.34	0.0060	3.66	-0.0085
2	2.66	0.0051	3.72	0.0047	2.34	0.0041	3.66	-0.0057
1	2.66	0.0023	3.72	0.0022	2.34	0.0020	3.66	-0.0028

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), u: En büyük yatay yer değiştirme (m)

Tablo 31. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	9.62	0.0409	9.94	-0.0393	6.54	0.0461	7.2	-0.1176
9	9.62	0.0391	9.94	-0.0371	6.54	0.0431	7.2	-0.1081
8	9.62	0.0365	9.94	-0.0343	6.54	0.0397	7.2	-0.0979
7	9.62	0.0331	9.94	-0.0310	6.54	0.0359	7.2	-0.0870
6	9.62	0.0291	9.94	-0.0271	6.54	0.0317	7.2	-0.0756
5	9.62	0.0246	9.94	-0.0229	6.54	0.0271	7.2	-0.0637
4	9.86	-0.0197	9.94	-0.0183	6.54	0.0221	7.2	-0.0515
3	9.86	-0.0146	9.94	-0.0136	6.54	0.0168	7.2	-0.0390
2	9.86	-0.0093	9.94	-0.0088	6.54	0.0112	7.2	-0.0263
1	9.86	-0.0040	9.94	-0.0041	5.04	0.0055	7.2	-0.0137

Tablo 32. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	4.56	-0.0714	8.48	0.0815	4.60	-0.1274	5.64	-0.2591
9	4.56	-0.0682	8.48	0.0770	4.60	-0.1188	5.64	-0.2383
8	4.56	-0.0638	8.48	0.0711	4.58	-0.1089	5.64	-0.2160
7	4.56	-0.0582	8.48	0.0641	4.58	-0.0978	5.64	-0.1923
6	4.56	-0.0515	8.48	0.0560	4.58	-0.0855	5.64	-0.1673
5	4.56	-0.0438	8.48	0.0470	4.58	-0.0723	5.64	-0.1411
4	4.56	-0.0353	8.48	0.0375	4.58	-0.0583	5.64	-0.1141
3	4.56	-0.0262	8.48	0.0277	4.58	-0.0438	5.64	-0.0865
2	4.56	-0.0167	8.48	0.0178	4.58	-0.0289	5.64	-0.0584
1	4.54	-0.0073	8.48	0.0081	4.58	-0.0142	5.64	-0.0304

Tablo 33. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	2.74	-0.3973	2.74	-0.4207	2.76	-0.3798	4.08	-0.3916
9	2.74	-0.9973	2.74	-1.0577	2.76	-0.9186	4.08	-0.9659
8	2.74	-1.5401	2.74	-1.6415	3.80	-1.4306	4.08	-1.4399
7	2.48	1.8138	2.74	-1.9173	3.80	-1.7266	4.08	-1.5902
6	2.84	1.9021	3.78	-1.9812	3.80	-1.7112	4.08	-1.3897
5	2.84	1.9042	3.52	2.0041	3.54	1.6417	2.04	1.1011
4	3.94	2.0217	3.52	2.0187	3.54	1.3912	3.68	1.0208
3	3.94	2.3973	3.52	1.7862	3.86	-1.3072	3.68	1.4092
2	2.66	-2.6342	3.72	-2.1616	3.64	1.6777	3.66	1.7167
1	2.66	-2.9102	3.72	-2.3368	3.72	-1.8721	2.98	1.8167

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), S: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük gerilme (MPa)

Tablo 34. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	9.12	-0.3864	9.14	-0.3196	4.98	-0.2662	5.18	-0.4049
9	9.12	-1.0497	9.14	-0.8661	4.98	-0.7211	5.18	-1.0844
8	9.12	-1.8678	9.14	-1.5277	4.98	-1.2681	5.18	-1.8724
7	9.12	-2.6050	9.14	-2.1080	4.98	-1.7465	5.18	-2.5345
6	9.62	-3.2976	9.94	2.5986	4.70	2.1385	7.20	3.0571
5	9.62	-3.9070	9.94	3.0440	4.68	2.5331	7.18	3.6060
4	9.62	-4.4151	9.92	3.4136	4.66	2.8836	7.18	4.0687
3	9.62	-4.8129	9.92	3.7185	6.54	-3.2868	7.18	4.4333
2	9.86	5.1262	9.92	3.9425	6.54	-3.6620	7.20	4.7449
1	9.86	5.0597	9.94	3.8823	5.04	-3.7528	7.20	4.7034

Tablo 35. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	4.58	0.6281	8.50	-0.6621	4.60	-0.6933	5.62	0.7568
9	4.58	1.7260	8.50	-1.8064	4.60	-1.9013	5.62	2.0834
8	4.58	3.1245	8.50	-3.2247	4.60	3.4065	5.62	3.7487
7	4.58	4.4424	8.50	-4.5140	4.60	4.7914	5.62	5.3039
6	4.58	5.6205	8.50	-5.5994	4.60	5.9999	5.62	6.6940
5	4.56	6.6599	8.50	-6.4582	4.60	7.0309	5.62	7.9137
4	4.56	7.6320	8.48	-7.1646	4.58	7.9036	5.62	8.9573
3	4.56	8.4616	8.48	-7.6976	4.58	8.6743	5.64	9.8663
2	4.56	9.1345	8.48	-8.0374	4.58	9.2689	5.64	10.6015
1	4.56	9.1296	8.46	-7.8144	4.56	9.2237	5.64	10.5158

Tablo 36. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	2.74	-7.1748	2.76	-7.3216	2.02	6.6077	4.08	-6.1928
9	2.74	-5.8540	3.52	6.0148	2.02	5.3129	2.88	4.5552
8	3.94	4.9051	3.52	5.7071	3.54	4.8841	2.88	3.6463
7	3.94	6.8301	3.94	5.8379	3.94	4.3703	3.94	3.9179
6	3.94	8.0271	3.94	7.2549	3.88	-5.8000	3.94	4.9891
5	3.94	8.0397	3.94	7.5223	3.88	-6.9158	4.00	-5.7281
4	3.94	6.9309	3.86	-7.0670	3.88	-6.7834	4.00	-6.1566
3	2.68	-5.7067	3.86	-6.2644	2.68	-6.4917	2.70	-5.6811
2	2.68	-4.1050	2.68	-4.6191	2.68	-5.2717	2.98	5.4759
1	2.66	-2.0008	2.68	-2.3631	2.68	-3.1247	2.96	4.9147

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), a: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük ivme (m/s²)

Tablo 37. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	9.14	-7.0509	9.66	-6.0710	4.98	-4.4681	5.18	-7.5414
9	9.64	-6.6242	9.66	-5.7308	6.76	4.1547	7.20	6.8158
8	9.64	-6.1927	6.76	5.3573	6.76	4.1604	7.20	6.1928
7	9.64	-5.6435	6.76	5.3827	6.76	4.0994	7.18	5.6465
6	9.64	-4.9860	6.76	5.2210	6.56	-4.0536	5.66	5.3012
5	9.64	-4.2286	6.76	4.7414	6.56	-4.0956	6.06	-4.8539
4	6.96	-3.4402	6.76	3.8288	6.56	-3.9460	6.06	-4.3462
3	6.96	-2.6788	6.54	-3.0036	6.56	-3.4297	5.64	3.5273
2	6.96	-1.7353	6.54	-2.1836	6.56	-2.4914	5.30	-2.7289
1	6.54	-0.7940	6.54	-1.0507	6.56	-1.2970	5.30	-2.1138

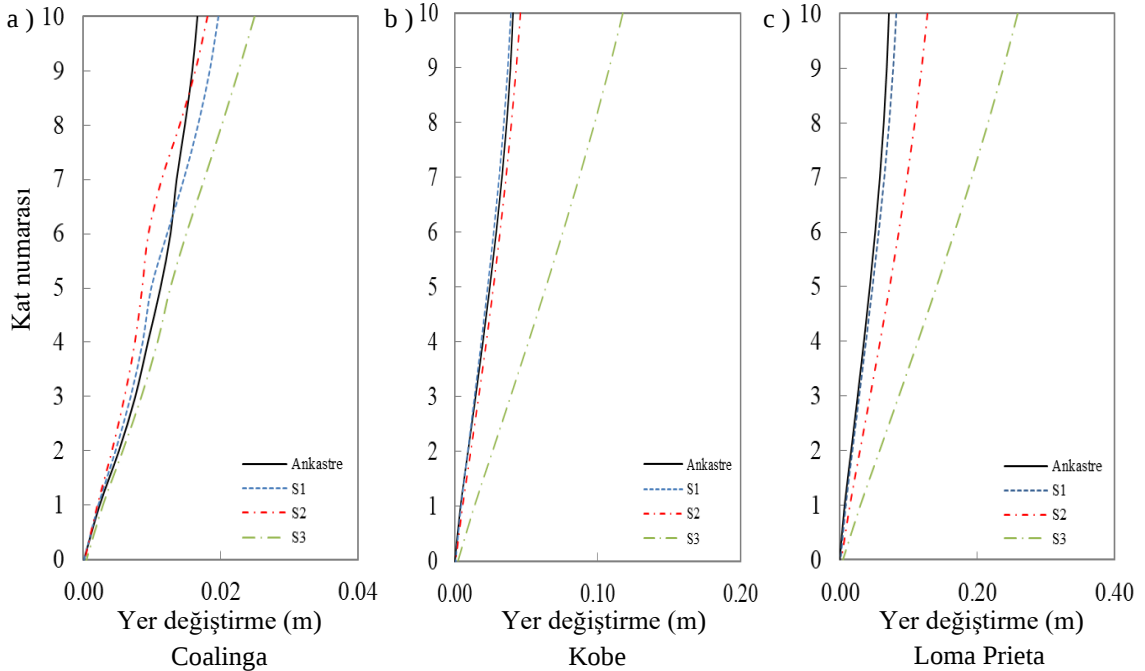
Tablo 38. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-4'ten elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	4.60	9.9674	8.50	-12.2480	4.62	11.7730	5.60	13.6530
9	4.60	9.3578	8.50	-11.3880	4.62	10.7600	5.60	12.5150
8	5.52	8.7396	8.50	-10.2320	4.60	9.5861	5.60	11.2350
7	5.52	8.1203	8.48	-8.9472	4.60	8.3475	5.62	9.8861
6	5.52	7.2958	8.48	-7.6879	4.60	7.0359	5.64	8.5204
5	5.50	6.3968	8.46	-6.7540	4.60	5.6862	4.74	7.9109
4	5.50	5.4110	8.46	-5.8004	4.60	4.3399	4.74	7.2273
3	5.50	4.2186	8.46	-4.5768	4.54	3.5901	4.74	6.1153
2	5.50	2.7801	8.44	-3.1810	4.54	2.7269	4.74	4.6561
1	5.50	1.1971	8.44	-1.5874	4.54	1.5967	5.24	-2.9950

2.6.2.1. MODEL-4 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

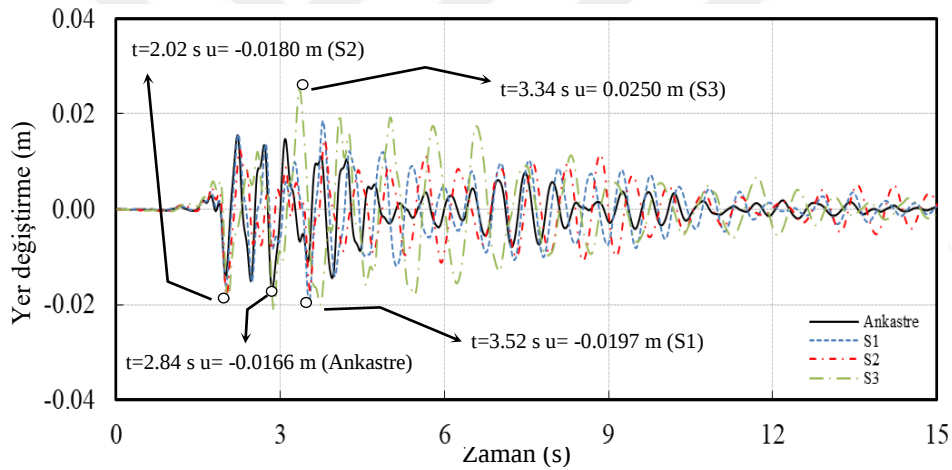
Analiz sonuçları incelendiğinde yatay yer değiştirme değerlerinin ilgili zemin şartlarına ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlenmiştir. şekil 45~48’de x doğrultusundaki yer değiştirmeler yapının dış köşe birleşim noktaları baz alınarak elde edilmiştir. şekil 45’te farklı temel zemin sistemlerine ve farklı deprem kayıtlarına göre bina yer değiştirmelerinde yapının yüksekliğine bağlı değişim gösterilmektedir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en st kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, en büyük yer değiştirmelerin zaman zaman yn değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görülmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak bazı durumlarda, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak, yer değiştirmelerin zaman zaman zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlerinde karşılaşılmıştır. Öte yandan en büyük yer değiştirmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

Yer değiştirmeler açısından yapılan tüm değerlendirmelerde zemin-yapı etkileşiminin ve deprem karakteristiklerinin bina dinamik davranışı üzerindeki etkileri belirgin bir şekilde görülmektedir.

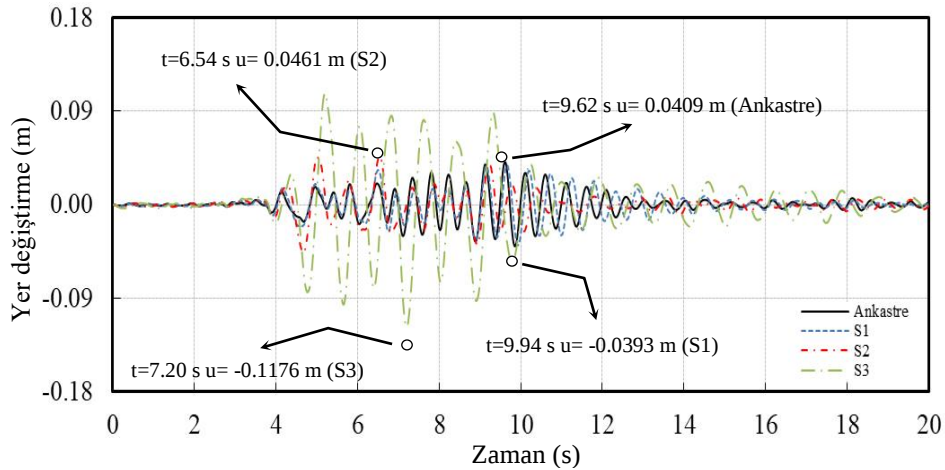


şekil 45. MODEL-4 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

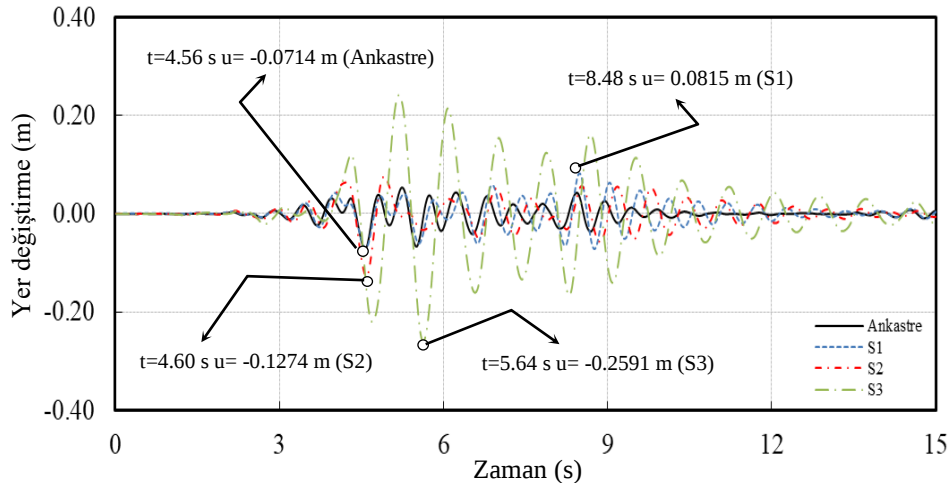
Binanın 10. kat dış köşe birleşim noktasında meydana gelen yatay yer değiştirme değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 46~48’de gösterilmektedir. Bir örnek olarak Şekil 46 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0197 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %9 oranında artışla 0.0180 m, S3 temel zemininde %27 oranında artışla 0.0250 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda en büyük yer değiştirme değeri S3 temel zemininde 3.34 s’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 temel zemin sistemlerinde sırasıyla 2.84, 3.52 ve 2.02 s’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 48 incelendiğinde de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0815 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %56’lık artışla 0.1274 m ve S3 temel zemininde %218’lik artışla 0.2591 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 46. MODEL-4 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



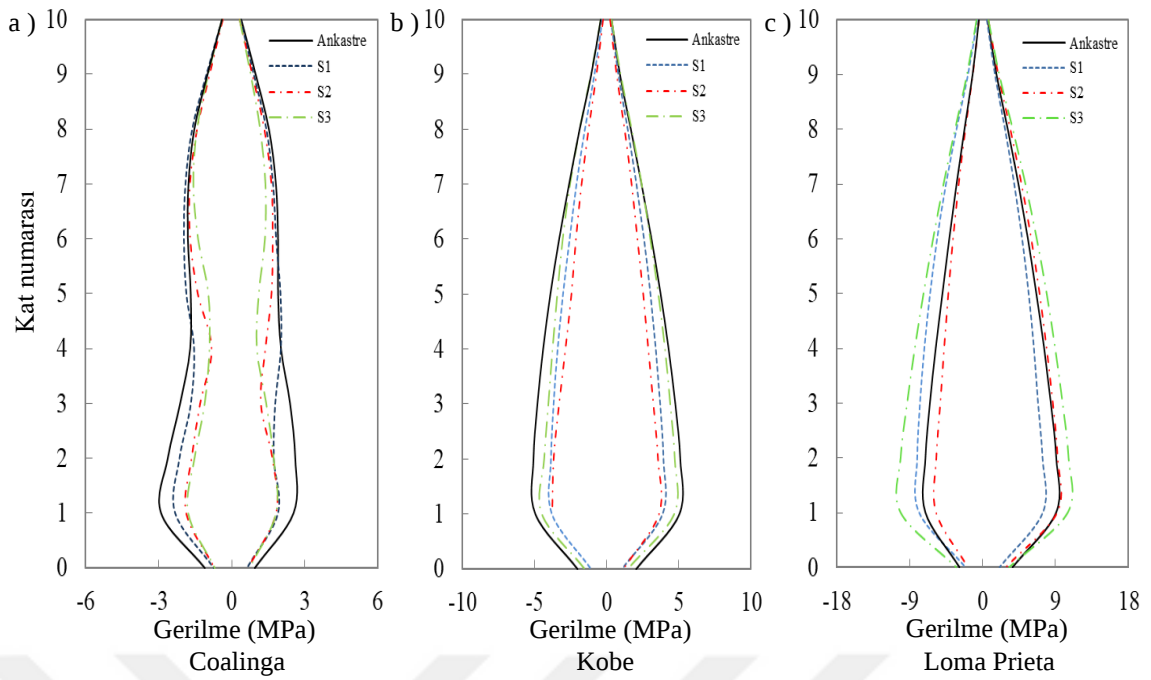
Şekil 47. MODEL-4 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



şekil 48. MODEL-4 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi

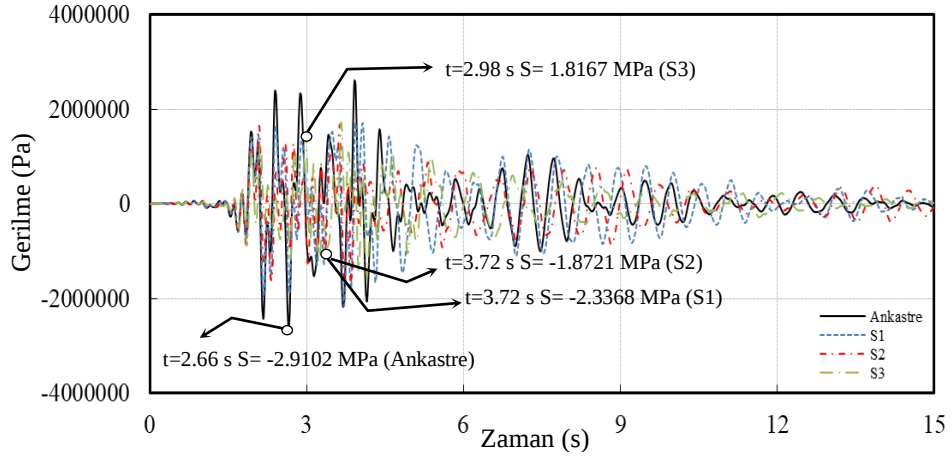
2.6.2.2. MODEL-4 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Modellenen sistemde gerilme değerleri farklı deprem kayıtları ve farklı temel koşulları için tüm katlarda kolonun iç orta birleşim noktasından alınan değerler baz alınarak incelenmektedir. Grafiklerde negatif olarak belirtilen değerler basınç, pozitif olarak belirtilen değerler çekme gerilmesini ifade etmektedir. Gerilmelerin yapı yüksekliğine göre dağılımı şekil 49'da, zamana göre dağılımları ise şekil 50~52'de verilmektedir. şekiller genel olarak incelendiğinde temel koşullarının ve deprem kayıtlarının değişimine bağlı olarak, gerilme şiddetlerinde ve gerilmelerin gerekleşe zamanlarında farklılıklar meydana geldiği grlmştş. Yükseklik boyunca gerilme değerleri incelendiğinde en yüksek gerilmelerin 1. ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Coalinga (şekil 49a) ve Kobe (şekil 49b) depremlerinde en büyük gerilmeler ankastre tabanlı sistemde meydana gelirken, Loma Prieta (şekil 49c) depreminde S3 zemininde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yerel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

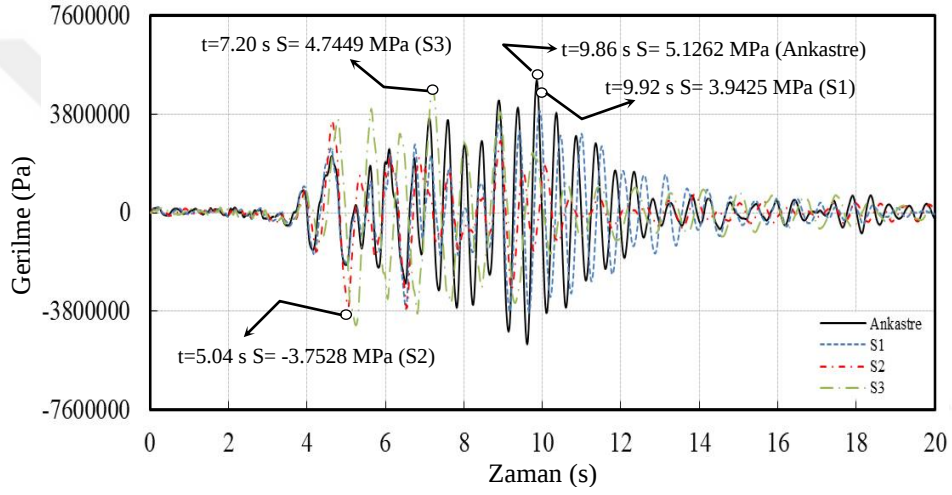


Şekil 49. MODEL-4 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

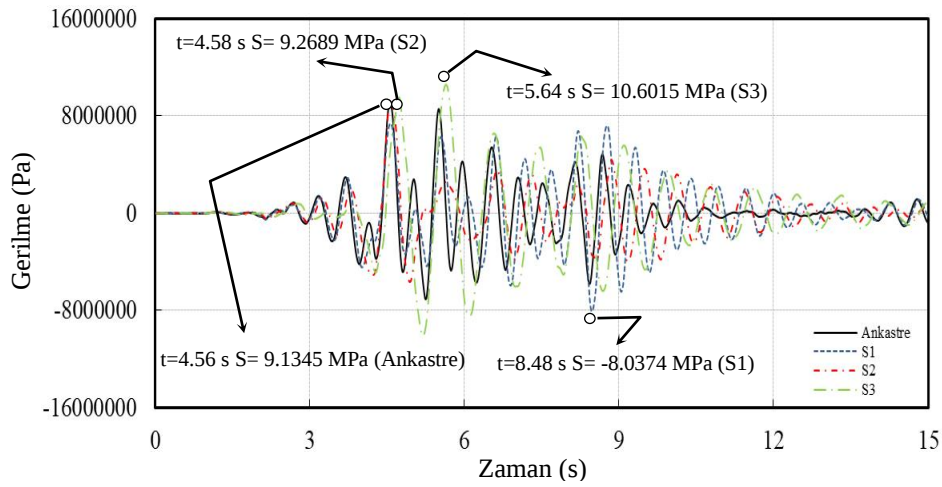
Şekil 50 incelendiğinde, S1 temel zemininde x doğrultusundaki gerilme değeri basınç olarak -2.3368 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %20 oranında azalış ile basınç olarak -1.8721 MPa, S3 temel zemininde %22 oranında azalış ile çekme olarak 1.8167 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük gerilme değeri, S1 temel zemininde 3.72 s’de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.66, 3.72 ve 2.98 s’de gerçekleşmektedir. Şekil 51 ve Şekil 52 incelendiğinde ise farklı bir yapı karakterinin ortaya çıktığı ve en büyük gerilmelerin en yumuşak zemin olan S3 zemin şartlarında vuku bulduğu görülmektedir. Şekil 51’de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 3.9425 MPa iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %5’lik azalışla basınç olarak -3.7528 MPa, S3 temel zemininde %20’lik artışla çekme olarak 4.7449 MPa’dır. Şekil 52’de ise S1 zemininde gerilme değeri 8.0374 MPa iken, S3 zemininde aynı gerilme değeri %32 oranında bir artışla 10.6015 MPa düzeyinde gerçekleşmektedir. Buradaki davranış değişikliği dikkate alındığında da her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmekte yarar görülmektedir.



Şekil 50. MODEL-4 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



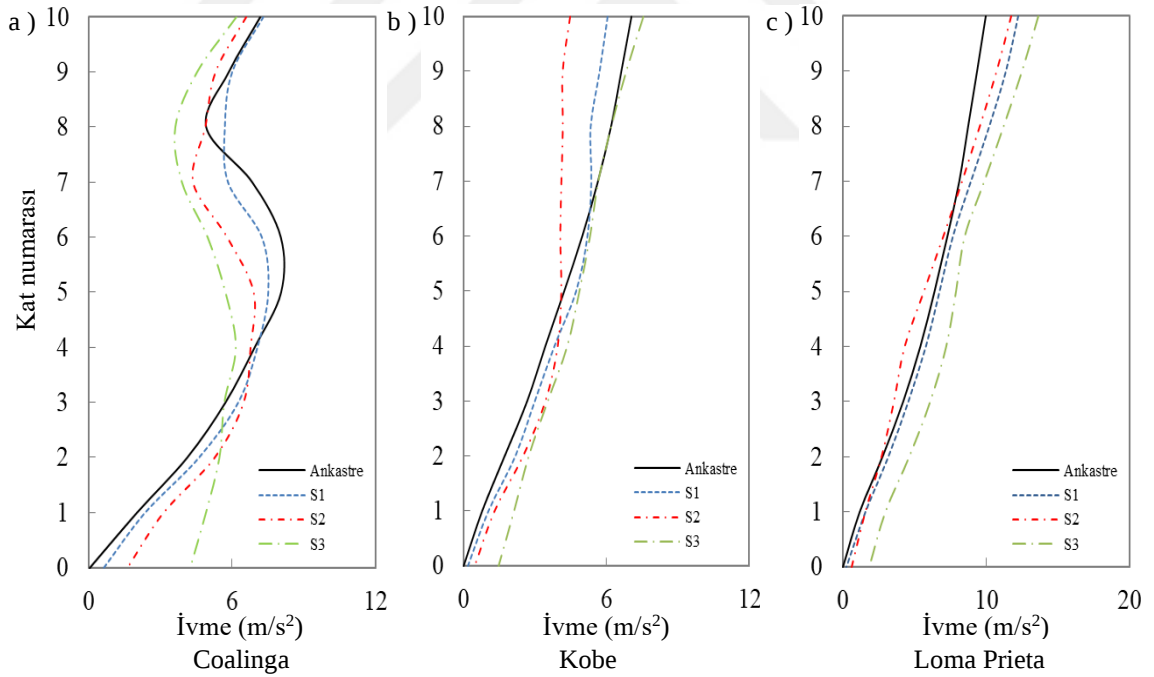
Şekil 51. MODEL-4 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 52. MODEL-4 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.6.2.3. MODEL-4 İçin İvmelerin İrdelenmesi

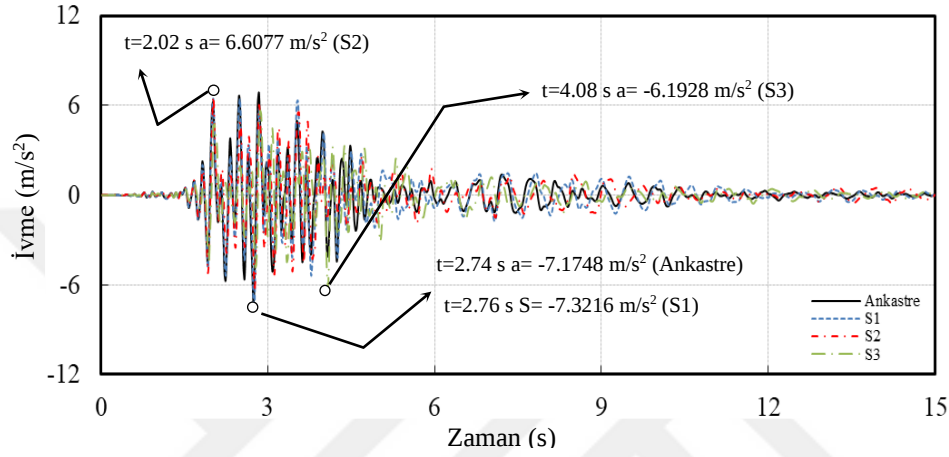
İvme değerleri tüm katlarda bina dış köşe birleşim noktalarından elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirilmektedir. En büyük ivme değerlerinin yapı yüksekliğine bağlı dağılımları Şekil 53'te, zamansal dağılımları Şekil 54~56'da gösterilmektedir. Şekil 53 ele alındığında, ivme değerlerinde zemin kattan üst katlara gidildikçe büyük oranda artışlar olduğu görülmektedir. Coalinga depreminde (Şekil 53a) en büyük ivme değeri ankastre sistemde meydana gelirken, Kobe (Şekil 53b) ve Loma Prieta (Şekil 53c) depremlerinde S3 zemininde meydana gelmektedir. Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2 zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat düzeyinde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriği ile yerel zemin koşullarına bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.



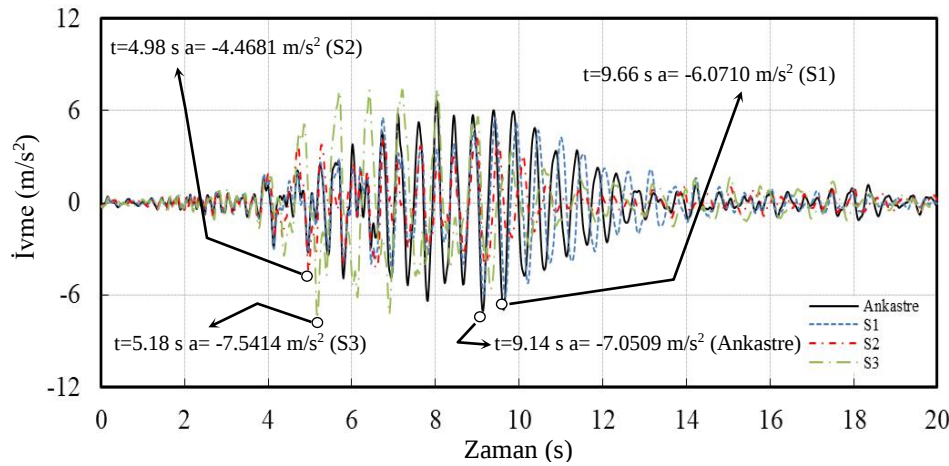
Şekil 53. MODEL-4 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

Yapının ivme değerlerinin zamansal dağılımı 10. kattan alınan veriler göz önüne alınarak irdelenmektedir. Şekil 55'te, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme değeri 6.0710 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %26'luk azalışla 4.4681 m/s^2 ve S3 temel zemininde %24'lük artışla 7.5414 m/s^2 olarak

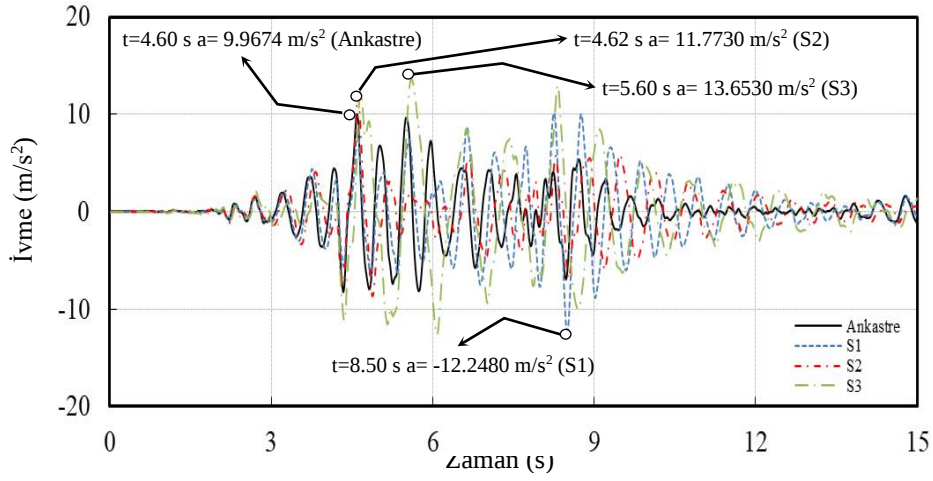
gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük ivme değeri, S3 temel zemininde 5.18 s'de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 zemin sistemlerinde sırasıyla 9.14, 9.66 ve 4.98 s'de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 56 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 12.2480 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değerin S1 temel zeminine kıyasla, S2 temel zemininde %4'lük azalışla 11.7730 m/s^2 ve S3 temel zemininde %12'lik artışla 13.6530 m/s^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 54. MODEL-4 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 55. MODEL-4 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



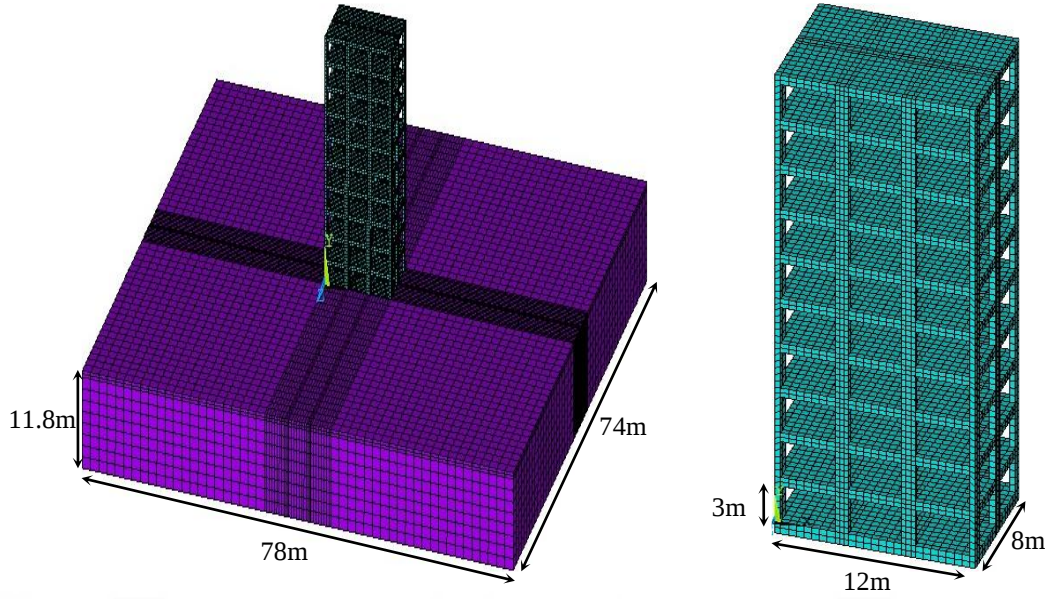
Şekil 56. MODEL-4 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.7. MODEL-5'in Analizi

Ana kayanın yapı tabanından itibaren 1R kadar derinlikte tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı yapının dinamik tepkilerini belirlemek amacıyla söz konusu zemin-yapı etkileşim sisteminin sayısal modeli oluşturulmuş ve bu model üç farklı zemin sistemi ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak dinamik analize tabi tutulmuştur. Ayrıca aynı deprem etkileri altında ankastre taban varsayımıyla da dinamik analizler yapılmıştır. Çözümlemelerde seçilen düğüm noktalarından elde edilen en büyük yer değiştirme, gerilme ve ivme değerleri ile bunların oluş zamanları irdelenmektedir.

2.7.1. MODEL-5 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli

Ana kayanın derinliğinin yapı tabanından itibaren 1R olarak tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı betonarme ve temel zemin sistemi dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 57'de sunulmaktadır.



Şekil 57. MODEL-5 için oluşturulan sonlu eleman modeli

2.7.2. MODEL-5'in Sismik Analizi

Dikkate alınan zemin şartları ve deprem etkileri altında etkileşim modelinin sismik analizlerinden elde edilen en büyük yer değiştirmeler, ivmeler ve gerilmeler ile bunların oluş zamanları Tablo 39~47'de gösterilmektedir. Burada elde edilen yer değiştirmeler, zemin düzeyine göre hesaplanan göreceli (izafi (rölatif) yer değiştirmeleri göstermektedir.

Tablo 39. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	2.84	-0.0166	3.52	-0.0196	2.02	-0.0179	3.34	0.0243
9	2.86	-0.0159	3.52	-0.0183	2.02	-0.0162	3.34	0.0220
8	2.86	-0.0148	3.52	-0.0167	2.02	-0.0139	3.34	0.0194
7	3.94	-0.0136	3.52	-0.0146	2.02	-0.0113	3.36	0.0165
6	3.94	-0.0127	3.52	-0.0112	3.52	-0.0089	3.66	-0.0156
5	3.92	-0.0112	3.72	0.0102	2.32	0.0084	3.66	-0.0142
4	3.92	-0.0094	3.72	0.0089	2.32	0.0075	3.66	-0.0121
3	2.66	0.0075	3.72	0.0071	2.32	0.0060	3.66	-0.0095
2	2.66	0.0051	3.72	0.0048	2.32	0.0041	3.66	-0.0064
1	2.66	0.0023	3.72	0.0022	2.32	0.0020	3.66	-0.0032

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), u: En büyük yatay yer değiştirme (m)

Tablo 40. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	9.62	0.0409	9.92	-0.0395	4.66	-0.0434	7.16	-0.1274
9	9.62	0.0391	9.92	-0.0373	4.66	-0.0406	7.16	-0.1173
8	9.62	0.0365	9.92	-0.0346	4.66	-0.0374	7.16	-0.1063
7	9.62	0.0331	9.92	-0.0312	4.66	-0.0338	7.16	-0.0946
6	9.62	0.0291	9.92	-0.0274	6.54	0.0298	7.16	-0.0822
5	9.62	0.0246	9.92	-0.0231	6.54	0.0255	7.16	-0.0692
4	9.86	-0.0197	9.92	-0.0185	6.54	0.0209	7.16	-0.0557
3	9.86	-0.0146	9.92	-0.0138	6.54	0.0158	7.16	-0.0420
2	9.86	-0.0093	9.92	-0.0089	6.54	0.0105	7.18	-0.0282
1	9.86	-0.0040	9.92	-0.0041	6.54	0.0051	7.18	-0.0150

Tablo 41. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	4.56	-0.0714	8.48	0.0814	4.58	-0.1198	5.60	-0.2322
9	4.56	-0.0682	8.48	0.0769	4.58	-0.1120	5.60	-0.2147
8	4.56	-0.0638	8.48	0.0711	4.58	-0.1028	5.60	-0.1946
7	4.56	-0.0582	8.48	0.0641	4.58	-0.0923	5.60	-0.1732
6	4.56	-0.0515	8.48	0.0560	4.58	-0.0808	5.60	-0.1505
5	4.56	-0.0438	8.48	0.0471	4.58	-0.0683	5.60	-0.1268
4	4.56	-0.0353	8.48	0.0375	4.58	-0.0551	5.60	-0.1023
3	4.56	-0.0262	8.46	0.0277	4.58	-0.0413	5.60	-0.0774
2	4.56	-0.0167	8.46	0.0179	4.58	-0.0273	5.60	-0.0521
1	4.54	-0.0073	8.46	0.0082	4.58	-0.0133	5.60	-0.0270

Tablo 42. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	2.74	-0.3973	2.74	-0.4215	2.76	-0.3840	4.08	-0.3848
9	2.74	-0.9973	2.74	-1.0606	2.76	-0.9304	4.08	-0.9510
8	2.74	-1.5401	2.74	-1.6479	3.80	-1.4233	4.08	-1.4234
7	2.48	1.8138	2.74	-1.9259	3.80	-1.7088	4.06	-1.5849
6	2.84	1.9021	3.78	-1.9846	2.02	1.7012	4.06	-1.4691
5	2.84	1.9042	3.52	2.0086	3.54	1.6011	2.04	1.1290
4	3.94	2.0217	3.52	2.0250	3.54	1.3352	3.68	1.1165
3	3.94	2.3973	3.52	1.7975	3.86	-1.3344	3.66	1.6347
2	2.56	-2.6342	3.72	-2.2278	3.86	-1.6920	3.66	2.0167
1	2.56	-2.9102	3.72	-2.3958	3.72	-1.8428	3.66	2.0419

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), S: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük gerilme (MPa)

Tablo 43. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	9.12	-0.3864	9.14	-0.3216	4.98	-0.2614	7.12	0.4218
9	9.12	-1.0497	9.14	-0.8719	4.98	-0.7088	7.12	1.1436
8	9.12	-1.8678	9.14	-1.5389	4.98	-1.2483	7.12	2.0104
7	9.12	-2.6050	9.14	-2.1245	4.98	-1.7203	7.16	2.7821
6	9.62	-3.2976	9.92	2.6302	4.98	-2.1012	7.16	3.5535
5	9.62	-3.9070	9.92	3.0988	4.68	-2.4554	7.16	4.2238
4	9.62	-4.4151	9.92	3.4891	4.66	2.8227	7.16	4.7613
3	9.62	-4.8129	9.92	3.8009	6.56	-3.1861	7.16	5.1461
2	9.86	5.1262	9.92	4.0297	6.54	-3.5583	7.18	5.3805
1	9.86	5.0597	9.92	3.9610	6.54	-3.5992	7.18	5.2684

Tablo 44. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	4.58	0.6281	8.50	-0.6583	4.60	0.6667	5.58	0.7414
9	4.58	1.7260	8.50	-1.7964	4.60	1.8294	5.58	2.0359
8	4.58	3.1245	8.50	-3.2075	4.60	3.2795	5.58	3.6487
7	4.58	4.4424	8.50	-4.4898	4.60	4.6126	5.58	5.1314
6	4.58	5.6205	8.48	-5.5699	4.60	5.7730	5.60	6.4378
5	4.56	6.6599	8.48	-6.5052	4.58	6.7633	5.60	7.5776
4	4.56	7.6320	8.48	-7.2409	4.58	7.6682	5.60	8.5372
3	4.56	8.4616	8.48	-7.7775	4.58	8.4125	5.60	9.3157
2	4.56	9.1345	8.46	-8.1654	4.56	9.0025	5.62	9.9629
1	4.56	9.1296	8.46	-8.0112	4.56	9.0191	5.62	9.8510

Tablo 45. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	2.74	-7.1748	2.74	-7.2770	2.76	-6.6785	4.08	-6.3018
9	2.74	-5.8540	3.52	6.0240	2.02	5.3308	4.08	-4.5326
8	3.94	4.9051	3.52	5.7136	3.54	4.8613	2.88	3.7105
7	3.94	6.8301	3.94	5.9586	3.94	4.5398	3.68	3.7459
6	3.94	8.0271	3.94	7.3576	3.88	-5.9542	3.68	5.4166
5	3.94	8.0397	3.94	7.5946	3.88	-7.0233	3.68	6.0387
4	3.94	6.9309	3.86	-6.9992	3.88	-6.8031	4.00	-6.1268
3	2.68	-5.7067	3.86	-6.2008	3.80	6.5190	3.24	-5.6991
2	2.68	-4.1050	2.68	-4.5742	3.80	5.1970	3.24	-5.4939
1	2.66	-2.0008	2.68	-2.3254	2.68	-3.0107	2.96	5.0102

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), a: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük ivme (m/s^2)

Tablo 46. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	9.14	-7.0509	9.66	-6.1740	4.96	-4.4047	7.12	8.2976
9	9.64	-6.6242	9.66	-5.8306	6.76	4.0742	7.12	7.4356
8	9.64	-6.1927	9.66	-5.3954	6.76	4.0946	7.18	6.9129
7	9.64	-5.6435	6.76	5.3515	6.76	4.0589	7.18	6.3202
6	9.64	-4.9860	6.76	5.2004	6.56	-3.9971	7.18	5.5661
5	9.64	-4.2286	6.76	4.7295	6.56	-4.0535	6.36	4.8881
4	6.96	-3.4402	6.76	3.8175	6.56	-3.9023	6.06	-4.3629
3	6.96	-2.6788	6.54	-2.9609	6.56	-3.3701	6.82	-3.5282
2	6.96	-1.7353	6.54	-2.1423	6.56	-2.4153	6.80	-2.8167
1	6.54	-0.7940	6.54	-1.0264	6.56	-1.2262	6.80	-2.0017

Tablo 47. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-5'ten elde edilen ivme değerleri

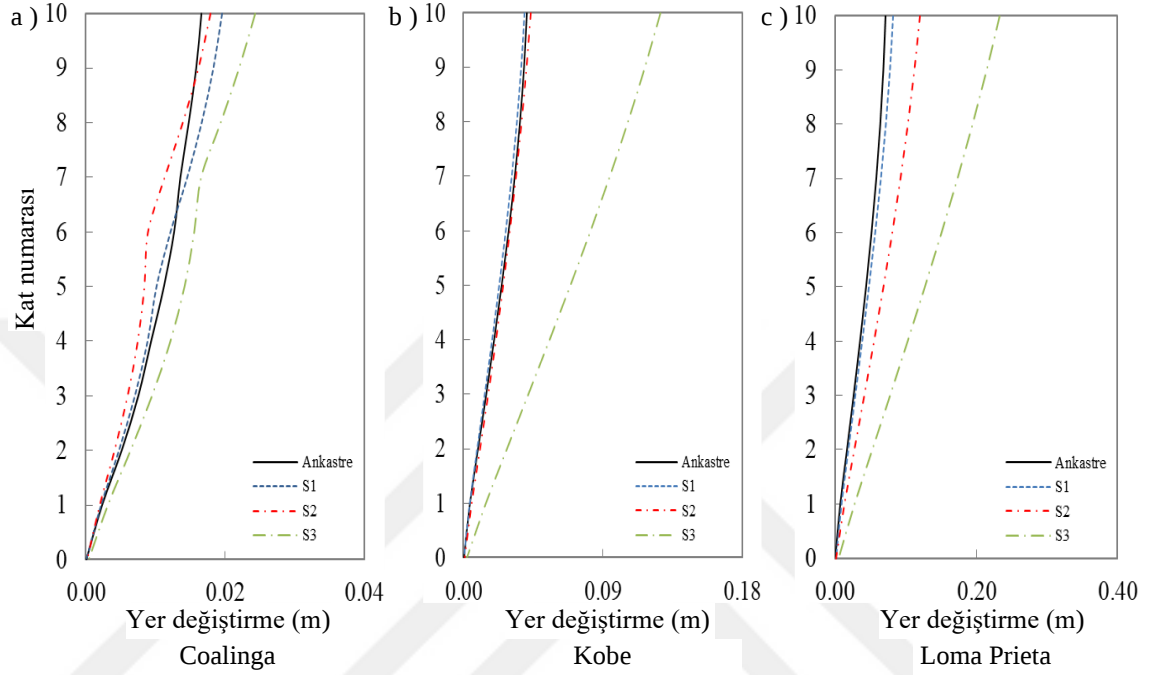
Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	4.60	9.9674	8.50	-12.2000	4.60	11.1600	5.58	13.4180
9	4.60	9.3578	8.50	-11.3450	4.60	10.2580	5.58	12.2550
8	5.52	8.7396	8.48	-10.2110	4.60	9.1774	5.58	10.9180
7	5.52	8.1203	8.48	-9.0606	4.60	7.9684	5.60	9.4752
6	5.52	7.2958	8.48	-7.7797	4.60	6.6853	5.60	7.9963
5	5.50	6.3968	8.46	-6.9175	4.60	5.3783	4.74	7.6870
4	5.50	5.4110	8.46	-5.9143	4.58	4.1247	4.74	6.9748
3	5.50	4.2186	8.44	-4.6438	4.54	3.4665	4.74	5.8420
2	5.50	2.7801	8.44	-3.2544	4.52	2.6266	4.74	4.3795
1	5.50	1.1971	8.44	-1.6068	4.52	1.5196	4.74	2.7245

2.7.2.1. MODEL-5 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

Analiz sonuçları incelendiğinde yatay yer değiştirme değerlerinin ilgili zemin şartlarına ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Şekil 58~61'de x doğrultusundaki yer değiştirmeler yapının dış köşe birleşim noktaları baz alınarak elde edilmiştir. Şekil 58'de farklı temel zemin sistemlerine ve farklı deprem kayıtlarına göre bina yer değiştirmelerinde yapının yüksekliğine bağlı değişim gösterilmektedir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en üst kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, en büyük yer değiştirmelerin zaman zaman yön değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görülmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak bazı durumlarda, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak, yer değiştirmelerin zaman zaman zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlemelerinde karşılaşılmıştır. Öte

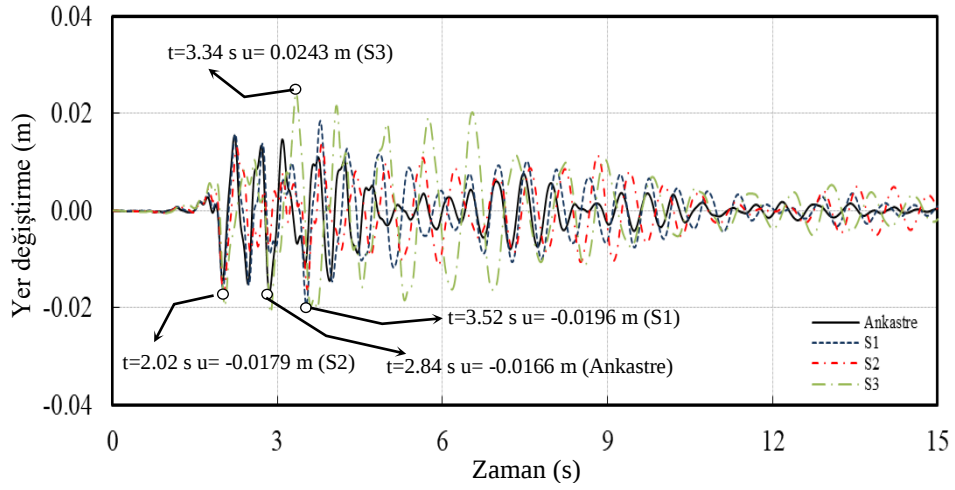
yandan en büyük yer değiştirmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

Yer değiştirmeler açısından yapılan tüm değerlendirmelerde zemin-yapı etkileşiminin ve deprem karakteristiklerinin bina dinamik davranışı üzerindeki etkileri belirgin bir şekilde görülmektedir.

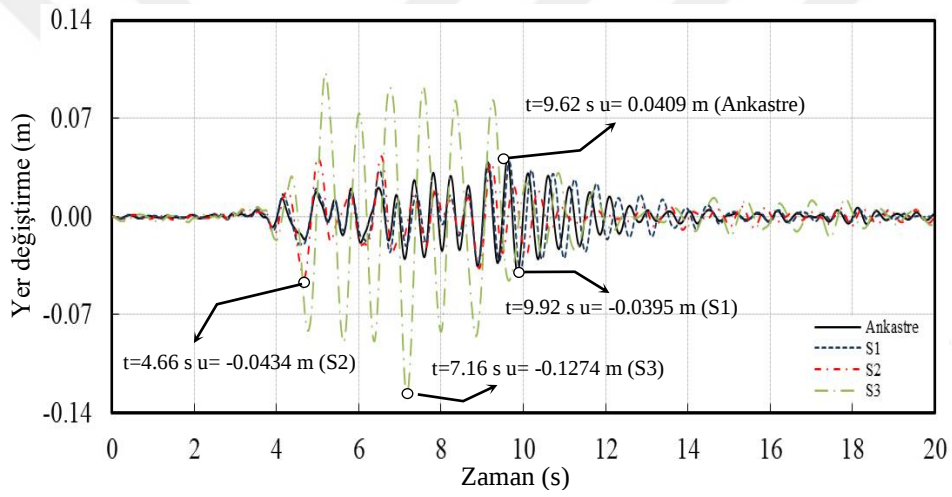


Şekil 58. MODEL-5 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

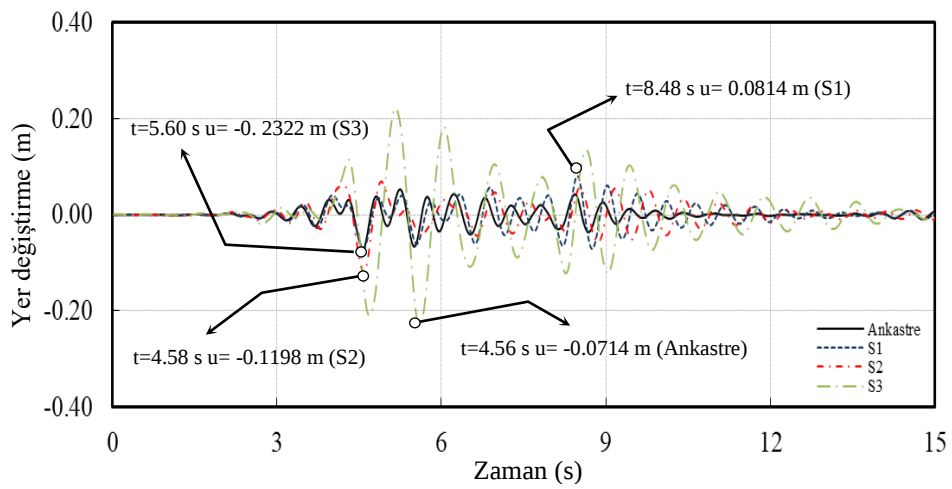
Binanın 10. kat dış köşe birleşim noktasında meydana gelen yatay yer değiştirme değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 59~61’de gösterilmektedir. Bir örnek olarak Şekil 59 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0196 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde aynı değer %9 oranında azalışla 0.0179 m, S3 temel zemininde %24 oranında artışla 0.0243 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda en büyük yer değiştirme değeri S3 temel zemininde 3.34 s’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 temel zemin sistemlerinde sırasıyla 2.84, 3.52 ve 2.02 s’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 61 incelendiğinde de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0814 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %47’lik artışla 0.1198 m ve S3 temel zemininde %185’lik artışla 0.2322 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



şekil 59. MODEL-5 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi



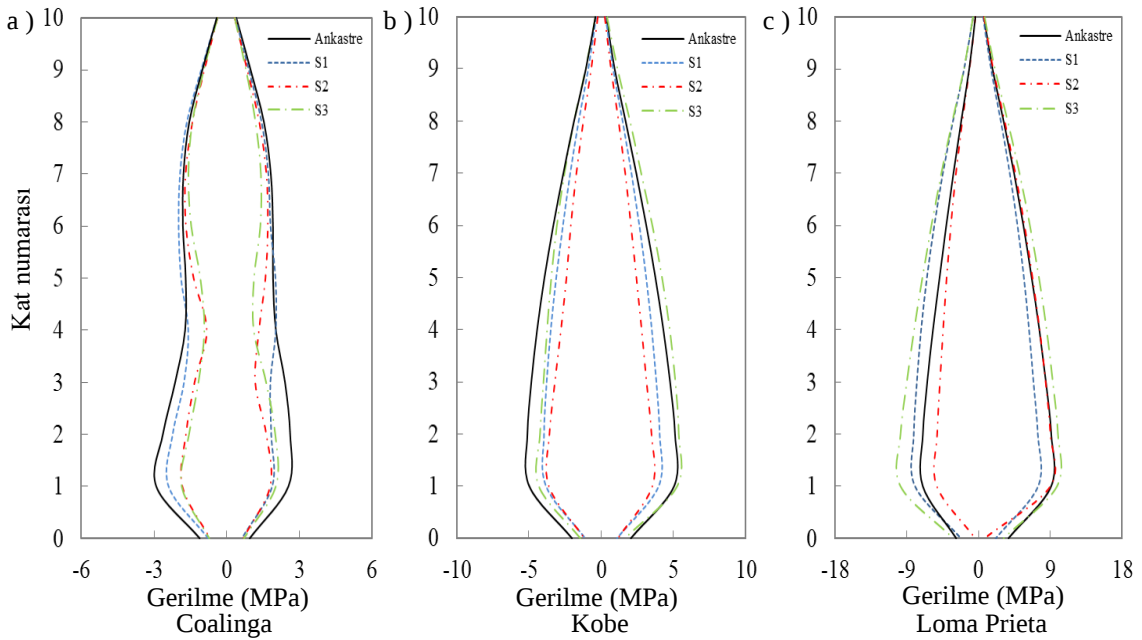
şekil 60. MODEL-5 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi



şekil 61. MODEL-5 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi

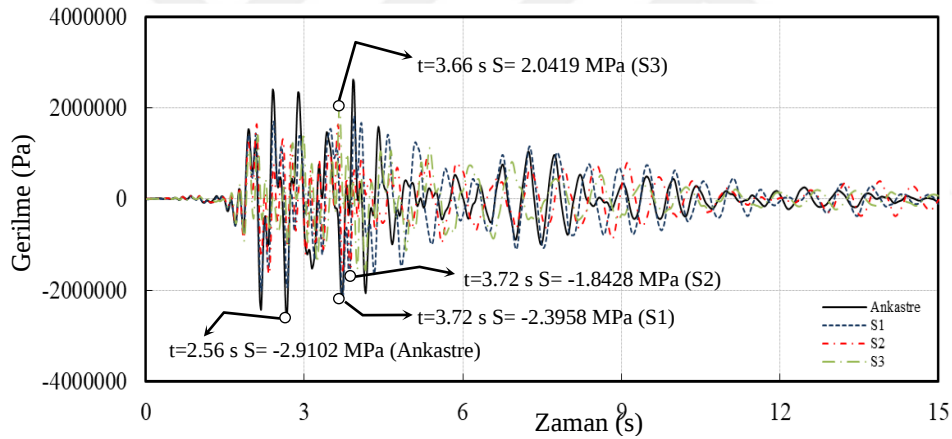
2.7.2.2. MODEL-5 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Modellenen sistemde gerilme değerleri farklı deprem kayıtları ve farklı temel koşulları için tüm katlarda kolonun iç orta birleşim noktasından alınan değerler baz alınarak incelenmektedir. Grafiklerde negatif olarak belirtilen değerler basınç, pozitif olarak belirtilen değerler çekme gerilmesini ifade etmektedir. Gerilmelerin yapı yüksekliğine göre dağılımı Şekil 62'de, zamana göre dağılımları ise Şekil 63~65'te verilmektedir. Şekiller genel olarak incelendiğinde temel koşullarının ve deprem kayıtlarının değişimine bağlı olarak, gerilme şiddetlerinde ve gerilmelerin gerçekleşme zamanlarında farklılıklar meydana geldiği görülmüştür. Yükseklik boyunca gerilme değerleri incelendiğinde en yüksek gerilmelerin 1. ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Coalinga (Şekil 62a) ve Kobe (Şekil 62b) depremlerinde en büyük gerilmeler ankastre tabanlı sistemde meydana gelirken, Loma Prieta (Şekil 62c) depreminde S3 zemininde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yerel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

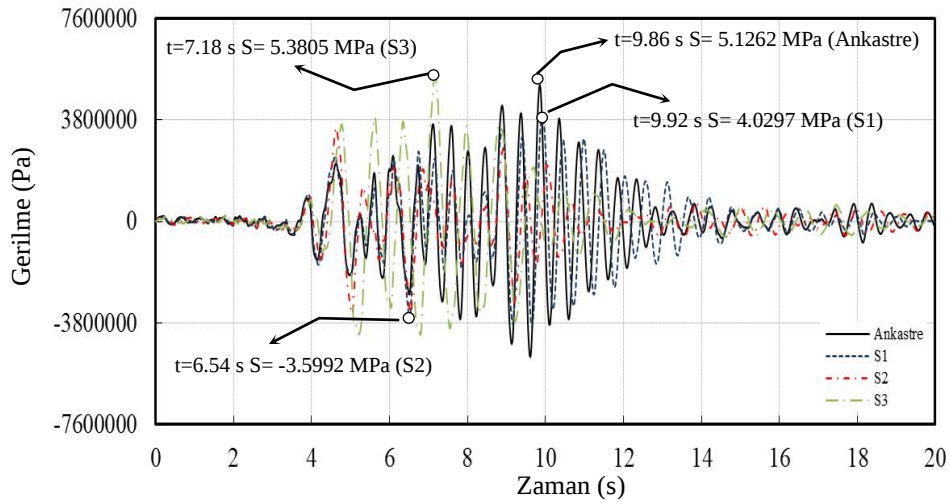


Şekil 63 incelendiğinde, S1 temel zemininde x doğrultusundaki gerilme değeri basınç olarak -2.3958 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %23 oranında azalış ile basınç olarak -1.8428

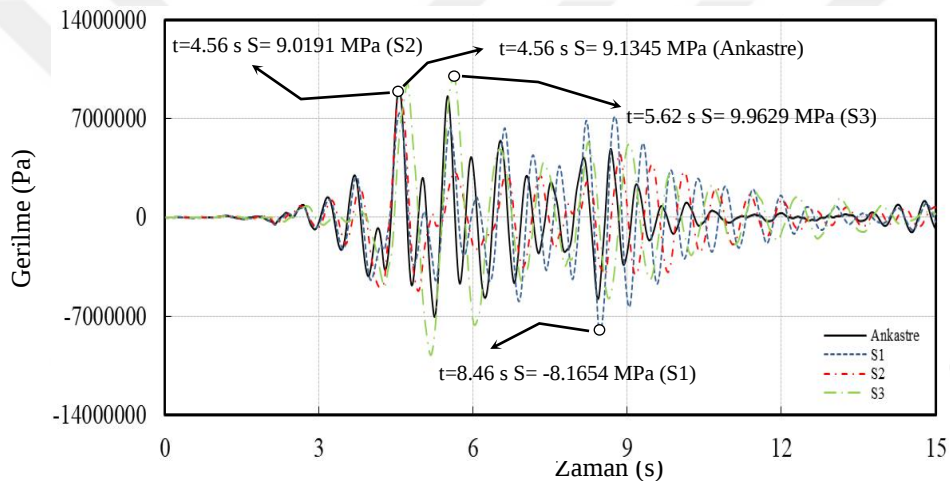
MPa, S3 temel zemininde %15 oranında azalış ile çekme olarak 2.0419 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük gerilme değeri, S1 temel zemininde 3.72 s'de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.56, 3.72 ve 3.66 s'de gerçekleşmektedir. Şekil 64 ve Şekil 65 incelendiğinde ise farklı bir yapı karakterinin ortaya çıktığı ve en büyük gerilmelerin en yumuşak zemin olan S3 zemin şartlarında vuku bulduğu görülmektedir. Şekil 64'de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 4.0297 MPa iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %11'lik azalışla basınç olarak -3.5992 MPa, S3 temel zemininde %34'lük artışla çekme olarak 5.3805 MPa'dır. Şekil 65'te ise S1 zemininde gerilme değeri 8.1654 MPa iken, S3 zemininde aynı gerilme değeri %22 oranında bir artışla 9.9629 MPa düzeyinde gerçekleşmektedir. Buradaki davranış değişikliği dikkate alındığında da her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmekte yarar görülmektedir.



Şekil 63. MODEL-5 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 64. MODEL-5 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

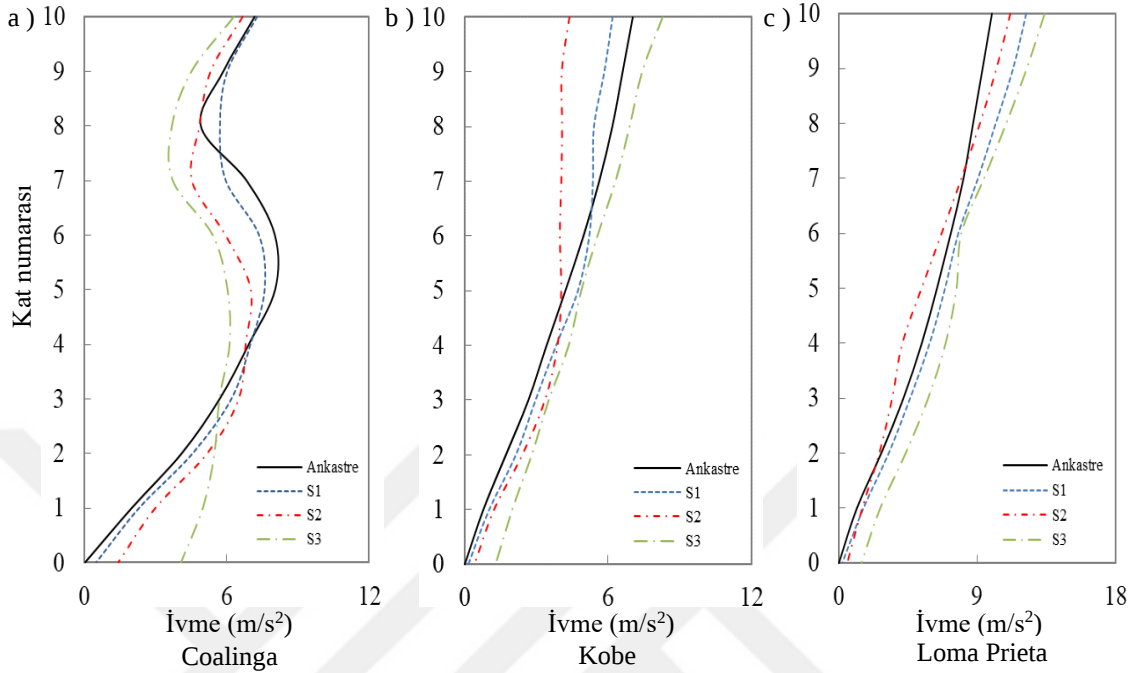


Şekil 65. MODEL-5 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.7.2.3. MODEL-5 İçin İvmelerin İrdelenmesi

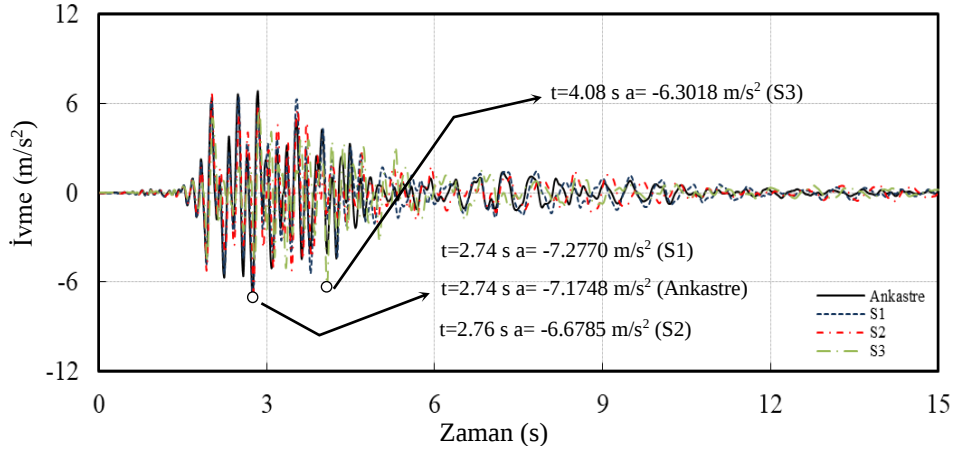
İvme değerleri tüm katlarda bina dış köşe birleşim noktalarından elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirilmektedir. En büyük ivme değerlerinin yapı yüksekliğine bağlı dağılımları Şekil 66'da, zamansal dağılımları Şekil 67~69'da gösterilmektedir. Şekil 66 ele alındığında, ivme değerlerinde zemin kattan üst katlara gidildikçe büyük oranda artışlar olduğu görülmektedir. Coalinga depreminde (Şekil 53a) en büyük ivme değeri ankastre sistemde meydana gelirken, Kobe (Şekil 53b) ve Loma Prieta (Şekil 53c) depremlerinde S3 zemininde meydana gelmektedir. Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2 zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat düzeyinde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriği ile yerel zemin koşullarına bağlı olarak,

zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlemlenmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.

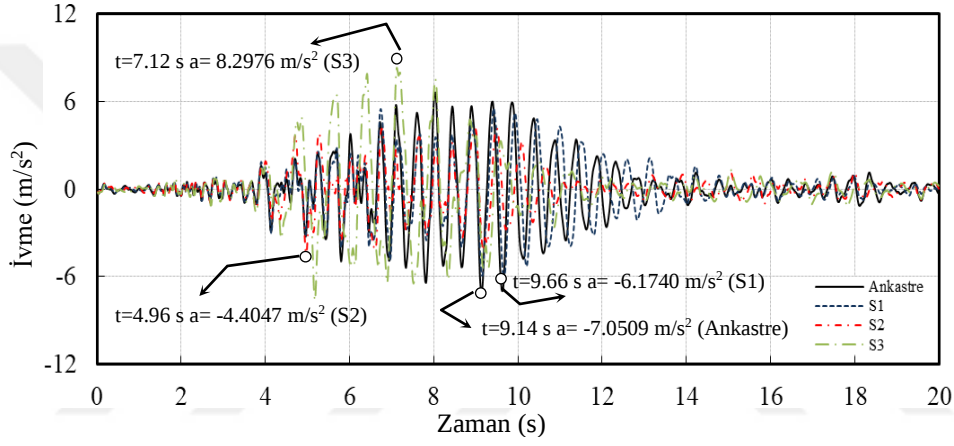


Şekil 66. MODEL-5 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

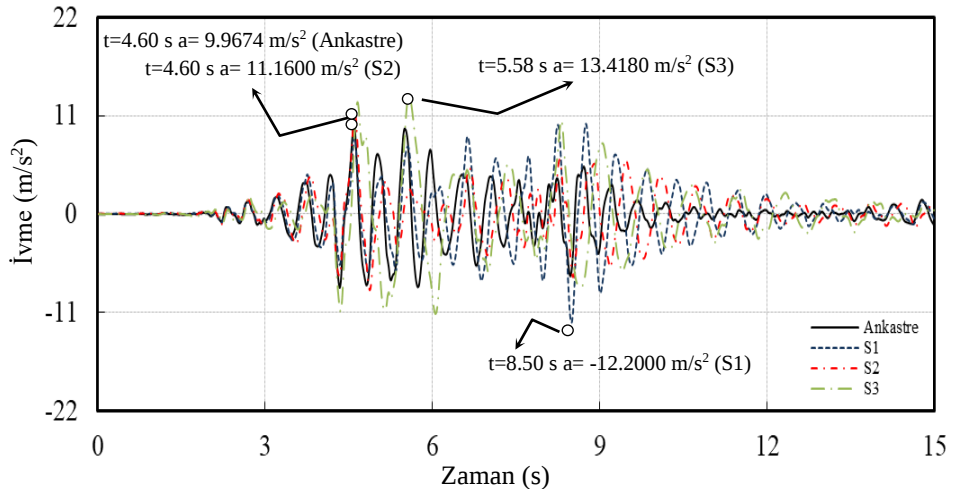
Yapının ivme değerlerinin zamansal dağılımı 10. kattan alınan veriler göz önüne alınarak irdelenmektedir. Şekil 68’de, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme değeri 6.1740 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %29 oranında azalışla 4.4047 m/s^2 ve S3 temel zemininde %34 oranında artışla 8.2976 m/s^2 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük ivme değeri, S3 temel zemininde 7.12 s ’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 zemin sistemlerinde sırasıyla 9.14 , 9.66 ve 4.96 s ’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 69 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 12.2000 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla, S2 temel zemininde %9’luk azalışla 11.1600 m/s^2 ve S3 temel zemininde %10’luk artışla 13.4180 m/s^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 67. MODEL-5 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 68. MODEL-5 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



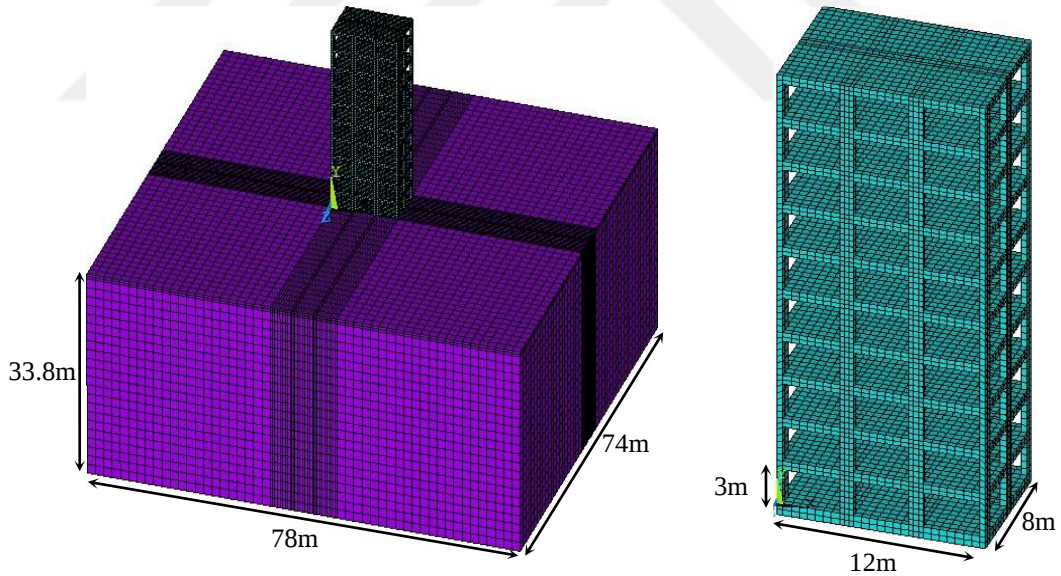
Şekil 69. MODEL-5 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.8. MODEL-6'nın Analizi

Ana kayanın yapı tabanından itibaren 3R kadar derinlikte tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı yapının dinamik tepkilerini belirlemek amacıyla söz konusu zemin-yapı etkileşim sisteminin sayısal modeli oluşturulmuş ve bu model üç farklı zemin sistemi ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak dinamik analize tabi tutulmuştur. Ayrıca aynı deprem etkileri altında ankastre taban varsayımıyla da dinamik analizler yapılmıştır. Çözümlerinde seçilen düğüm noktalarından elde edilen en büyük yer değiştirme, gerilme ve ivme değerleri ile bunların oluş zamanları irdelenmiştir.

2.8.1. MODEL-6 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli

Ana kayanın derinliğinin yapı tabanından itibaren 3R olarak tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı betonarme ve temel zemin sistemi dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 70'de sunulmaktadır.



Şekil 70. MODEL-6 için oluşturulan sonlu eleman modeli

2.8.2. MODEL-6'nın Sismik Analizi

Dikkate alınan zemin şartları ve deprem etkileri altında etkileşim modelinin sismik analizlerinden elde edilen en büyük yer değiştirmeler, ivmeler ve gerilmeler ile bunların oluş zamanları Tablo 48~56'da gösterilmektedir. Burada elde edilen yer değiştirmeler, zemin düzeyine göre hesaplanan göreceli (izafi (rölatif)) yer değiştirmeleri göstermektedir.

Tablo 48. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	2.84	-0.0166	3.52	-0.0197	2.02	-0.0180	3.34	0.0250
9	2.86	-0.0159	3.52	-0.0184	2.02	-0.0163	3.34	0.0227
8	2.86	-0.0148	3.52	-0.0167	2.02	-0.0140	3.36	0.0202
7	3.94	-0.0136	3.52	-0.0146	3.52	-0.0114	3.36	0.0177
6	3.94	-0.0127	3.52	-0.0122	3.52	-0.0095	3.36	0.0151
5	3.92	-0.0112	3.74	0.0098	3.86	0.0086	3.68	-0.0126
4	3.92	0.0094	3.72	0.0086	3.86	0.0075	3.66	-0.0107
3	2.66	0.0075	3.72	0.0069	2.34	0.0060	3.66	-0.0084
2	2.66	0.0051	3.72	0.0047	2.34	0.0041	3.66	-0.0057
1	2.66	0.0023	3.72	0.0022	2.08	-0.0020	3.66	-0.0028

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), u: En büyük yatay yer değiştirme (m)

Tablo 49. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	9.62	0.0409	9.94	-0.0393	6.54	0.0466	7.20	-0.1161
9	9.62	0.0391	9.94	-0.0371	6.54	0.0436	7.20	-0.1067
8	9.62	0.0365	9.94	-0.0343	6.54	0.0401	7.20	-0.0966
7	9.62	0.0331	9.94	-0.0310	6.54	0.0363	7.20	-0.0859
6	9.62	0.0291	9.94	-0.0271	6.54	0.0320	7.20	-0.0746
5	9.62	0.0246	9.94	-0.0229	6.54	0.0274	7.20	-0.0629
4	9.86	-0.0197	9.94	-0.0184	6.54	0.0223	7.20	-0.0508
3	9.86	-0.0146	9.94	-0.0136	6.54	0.0170	7.20	-0.0385
2	9.86	-0.0093	9.94	-0.0088	6.54	0.0113	7.20	-0.0260
1	9.86	-0.0040	9.94	-0.0041	5.04	0.0055	7.20	-0.0135

Tablo 50. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	4.56	-0.0714	8.48	0.0814	4.60	-0.1285	1.32	-0.0024
9	4.56	-0.0682	8.48	0.0768	4.60	-0.1198	1.32	-0.0022
8	4.56	-0.0638	8.48	0.0710	4.60	-0.1097	1.32	-0.0020
7	4.56	-0.0582	8.48	0.0639	4.58	-0.0985	1.32	-0.0018
6	4.56	-0.0515	8.48	0.0559	4.58	-0.0861	1.32	-0.0016
5	4.56	-0.0438	8.48	0.0470	4.58	-0.0728	1.32	-0.0013
4	4.56	-0.0353	8.48	0.0375	4.58	-0.0587	1.30	-0.0011
3	4.56	-0.0262	8.48	0.0277	4.58	-0.0441	1.30	-0.0008
2	4.56	-0.0167	8.48	0.0178	4.58	-0.0291	1.30	-0.0006
1	4.54	-0.0073	8.48	0.0081	4.58	-0.0143	1.30	-0.0003

Tablo 51. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	2.74	-0.3973	2.74	-0.4204	2.76	-0.3788	4.08	-0.3899
9	2.74	-0.9973	2.74	-1.0571	2.76	-0.9160	3.34	0.0225
8	2.74	-1.5401	2.74	-1.6403	3.80	-1.4309	4.08	-1.4310
7	2.48	1.8138	2.74	-1.9155	3.80	-1.7227	4.08	-1.5779
6	2.84	1.9021	3.78	-1.9790	3.80	-1.7117	4.08	-1.3752
5	2.84	1.9042	3.52	2.0021	3.54	1.6443	2.04	1.0992
4	3.94	2.0217	3.52	2.0166	3.54	1.3942	3.68	1.0099
3	3.94	2.3973	3.52	1.7839	3.86	-1.3086	3.68	1.4019
2	2.66	-2.6342	3.72	-2.1502	3.64	1.6760	3.66	1.7151
1	2.66	-2.9102	3.72	-2.3255	3.72	-1.8689	2.98	1.8139

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), S: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük gerilme (MPa)

Tablo 52. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	9.12	-0.3864	9.14	-0.3193	4.98	-0.2662	5.18	-0.4028
9	9.12	-1.0497	9.14	-0.8651	4.98	-0.7212	5.18	-1.0788
8	9.12	-1.8678	9.14	-1.5258	4.98	-1.2684	5.18	-1.8628
7	9.12	-2.6050	9.14	-2.1053	4.70	-1.7479	5.18	-2.5215
6	9.62	-3.2976	9.94	-2.5953	4.70	-2.1476	5.18	-3.0249
5	9.62	-3.9070	9.94	3.0401	4.68	-2.5413	7.18	3.5207
4	9.62	-4.4151	9.94	3.4080	4.66	2.8893	7.18	3.9711
3	9.62	-4.8129	9.92	3.7058	6.54	-3.3078	7.20	4.3306
2	9.86	5.1262	9.94	3.9321	6.54	-3.6846	7.20	4.6534
1	9.86	5.0597	9.94	3.8778	5.04	-3.7729	7.20	4.6154

Tablo 53. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	4.58	0.6281	8.50	-0.6615	4.60	0.6961	1.38	0.0084
9	4.58	1.7260	8.50	-1.8046	4.60	1.9088	1.38	0.0224
8	4.58	3.1245	8.50	-3.2213	4.60	3.4200	1.38	0.0390
7	4.58	4.4424	8.50	-4.5090	4.60	4.8108	1.38	0.0533
6	4.58	5.6205	8.50	-5.5930	4.60	6.0246	1.38	0.0647
5	4.56	6.6599	8.50	-6.4506	4.60	7.0603	1.38	0.0727
4	4.56	7.6320	8.48	-7.1409	4.58	7.9273	1.34	0.0820
3	4.56	8.4616	8.48	-7.6718	4.58	8.7004	1.30	0.0955
2	4.56	9.1345	8.48	-8.0101	4.58	9.2967	1.30	0.1092
1	4.56	9.1296	8.46	-7.7730	4.56	9.2401	1.30	0.1148

Tablo 54. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	2.74	-7.1748	2.76	-7.3207	2.02	6.6013	4.08	-6.1808
9	2.74	-5.8540	3.52	6.0114	2.02	5.3079	2.88	4.5293
8	3.94	4.9051	3.52	5.7036	3.54	4.8890	2.88	3.6360
7	3.94	6.8301	3.94	5.8216	3.94	4.3618	3.94	3.9386
6	3.94	8.0271	3.94	7.2406	3.88	-5.8054	3.94	4.9946
5	3.94	8.0397	3.94	7.5107	3.88	-6.9217	4.00	-5.7209
4	3.94	6.9309	3.86	-7.0739	3.88	-6.7902	4.00	-6.1461
3	2.68	-5.7067	3.86	-6.2708	2.68	-6.4883	2.70	-5.6653
2	2.68	-4.1050	2.68	-4.6176	2.68	-5.2676	2.98	5.4541
1	2.66	-2.0008	2.68	-2.3628	2.68	-3.1212	2.96	4.9386

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), a: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük ivme (m/s²)

Tablo 55. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	9.14	-7.0509	9.66	-6.0550	4.98	-4.4695	5.18	-7.5138
9	9.64	-6.6242	9.66	-5.7152	6.76	4.1613	7.20	6.6976
8	9.64	-6.1927	6.76	5.3612	6.76	4.1653	7.20	6.0824
7	9.64	-5.6435	6.76	5.3866	6.76	4.1037	5.66	5.6147
6	9.64	-4.9860	6.76	5.2248	6.56	-4.0734	5.66	5.2996
5	9.64	-4.2286	6.76	4.7451	6.56	-4.1135	6.06	-4.8766
4	6.96	-3.4402	6.76	3.8321	6.56	-3.9609	6.06	-4.3692
3	6.96	-2.6788	6.54	-3.0104	6.56	-3.4409	6.06	-3.5211
2	6.96	-1.7353	6.54	-2.1889	6.56	-2.4986	5.30	-2.7150
1	6.54	-0.7940	6.54	-1.0539	6.56	-1.3010	5.30	-2.0941

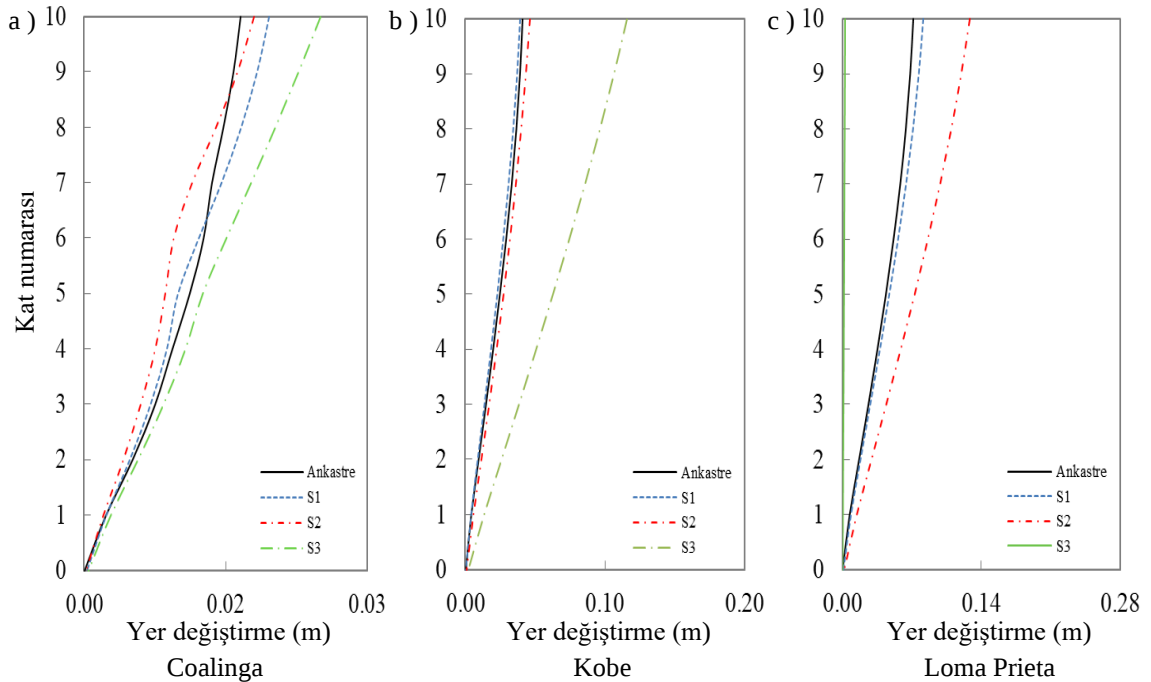
Tablo 56. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-6'dan elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	4.60	9.9674	8.50	12.2330	4.62	11.8380	1.40	0.1771
9	4.60	9.3578	8.50	11.3730	4.62	10.8220	1.40	0.1589
8	5.52	8.7396	8.50	10.2180	4.60	9.6320	1.40	0.1357
7	5.52	8.1203	8.48	8.9153	4.60	8.3890	1.40	0.1073
6	5.52	7.2958	8.48	7.6596	4.60	7.0720	1.32	0.1089
5	5.50	6.3968	8.46	6.7184	4.60	5.7171	1.32	0.1099
4	5.50	5.4110	8.46	5.7725	4.58	4.3653	1.32	0.1085
3	5.50	4.2186	8.46	4.5571	4.54	3.5908	1.32	0.1057
2	5.50	2.7801	8.44	3.1649	4.52	2.7285	1.32	0.0990
1	5.50	1.1971	8.44	1.5810	4.52	1.5995	1.32	0.0828

2.8.2.1. MODEL-6 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

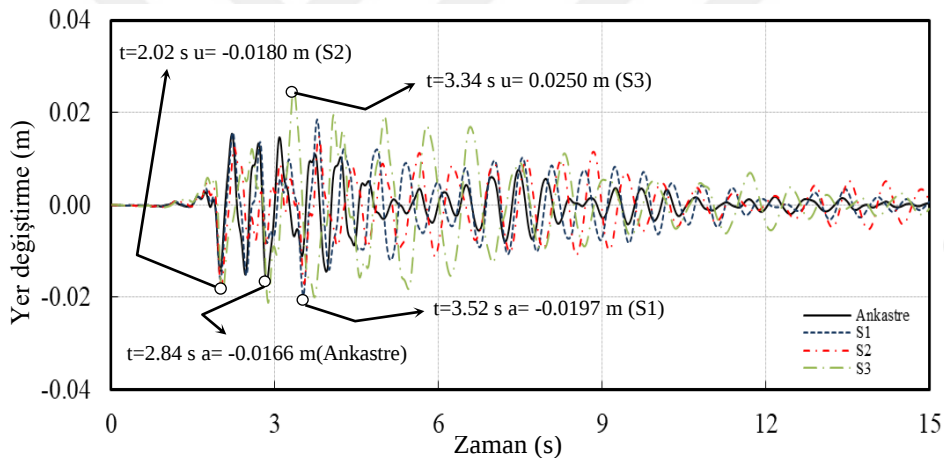
Analiz sonuçları incelendiğinde yatay yer değiştirme değerlerinin ilgili zemin şartlarına ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. şekil 71~74'te x doğrultusundaki yer değiştirmeler yapının dış köşe birleşim noktaları baz alınarak elde edilmiştir. şekil 71'de farklı temel zemin sistemlerine ve farklı deprem kayıtlarına göre bina yer değiştirmelerinde yapının yüksekliğine bağlı değişim gösterilmektedir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en üst kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, en büyük yer değiştirmelerin zaman zaman yön değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görölmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak bazı durumlarda, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak, yer değiştirmelerin zaman zaman zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlemelerinde karşılaşılmıştır. Öte yandan en büyük yer değiştirmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

Yer değiştirmeler açısından yapılan tüm değerlendirmelerde zemin-yapı etkileşiminin ve deprem karakteristiklerinin bina dinamik davranışı üzerindeki etkileri belirgin bir şekilde görölmektedir.

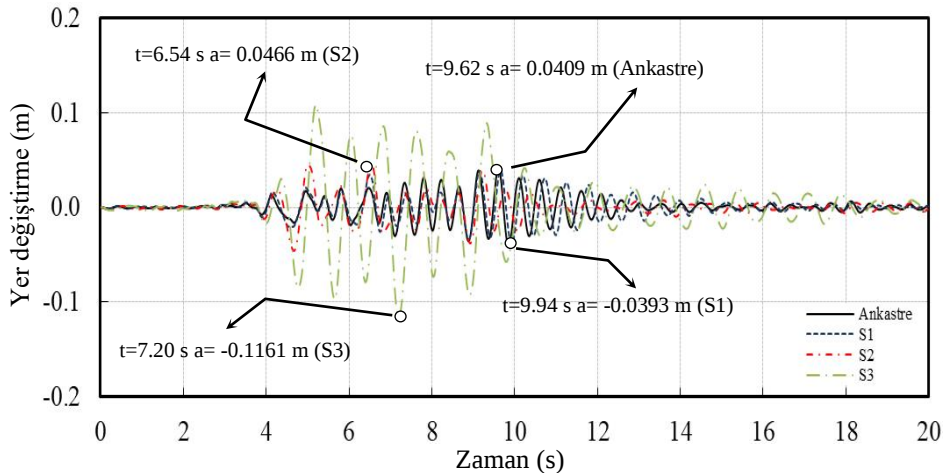


şekil 71. MODEL-6 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

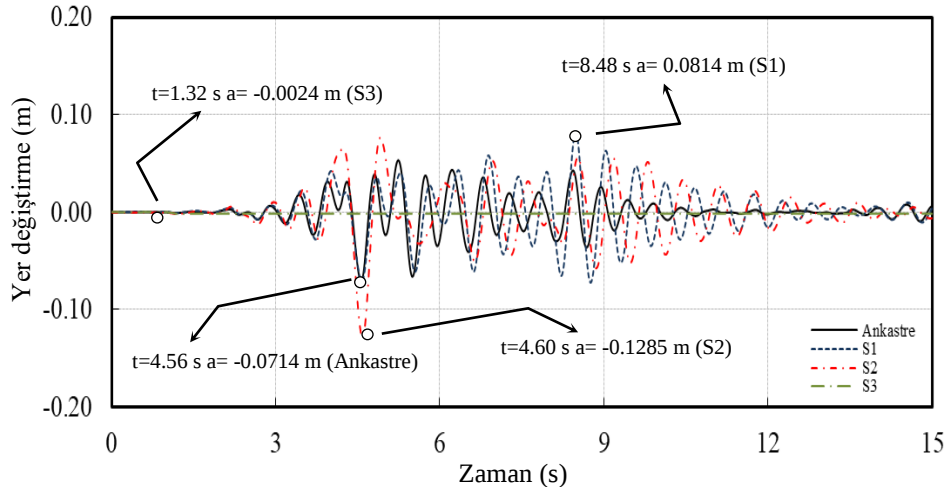
Binanın 10. kat dış köşe birleşim noktasında meydana gelen yatay yer değiştirme değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 72~74'te gösterilmektedir. Bir örnek olarak Şekil 72 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0197 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde aynı değer %9 oranında azalışla 0.0180 m, S3 temel zemininde %27 oranında artışla 0.0250 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda en büyük yer değiştirme değeri S3 temel zemininde 3.34 s'de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 temel zemin sistemlerinde sırasıyla 2.84, 3.52 ve 2.02 s'de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 73 incelendiğinde de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0393 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %19 oranında artışla 0.0466 m ve S3 temel zemininde %195'lik artışla 0.1161 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 72. MODEL-6 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



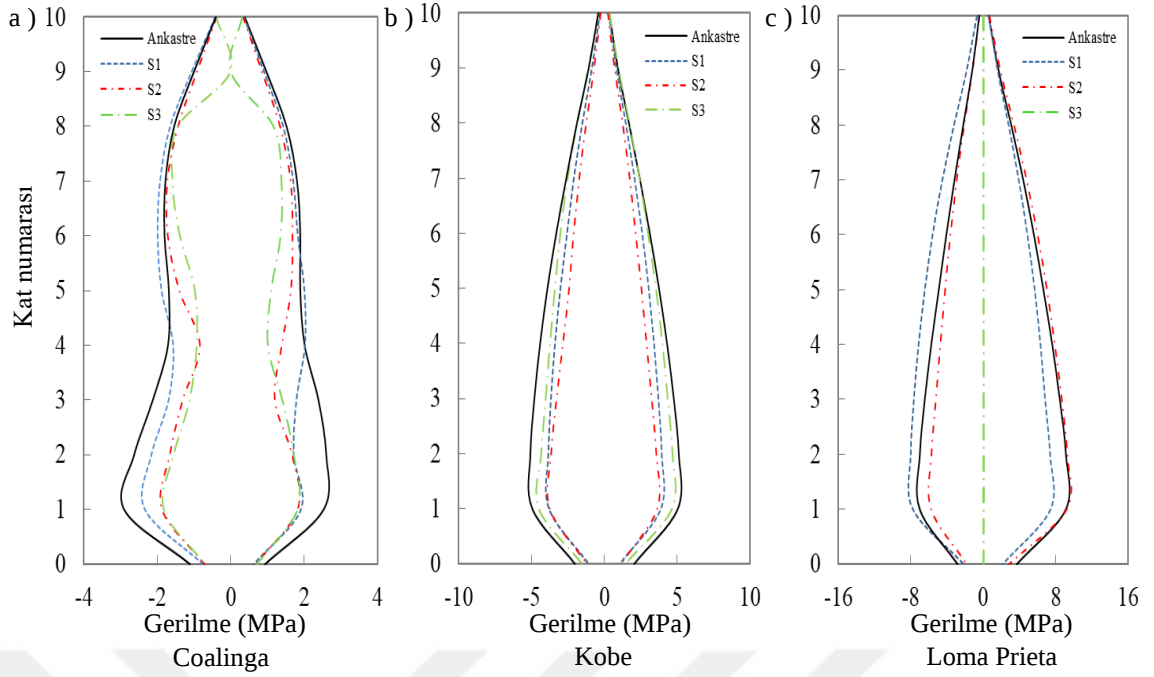
Şekil 73. MODEL-6 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



şekil 74. MODEL-6 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi

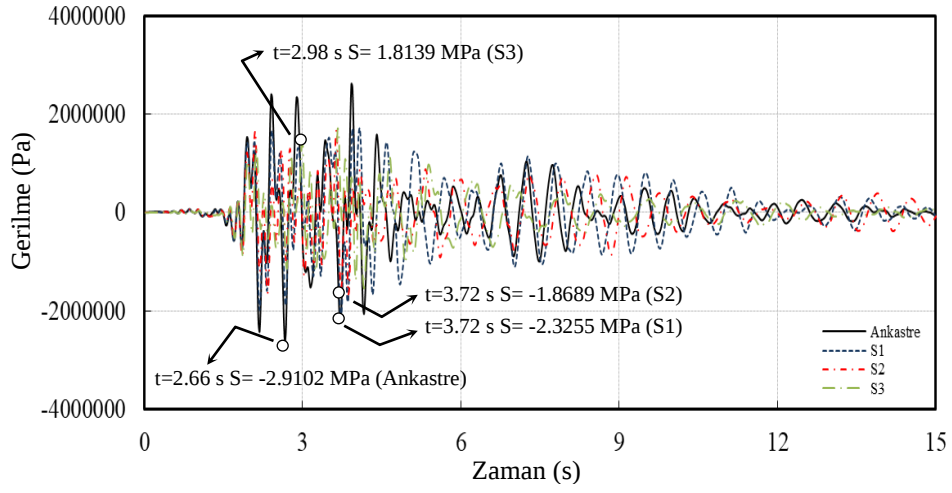
2.8.2.2. MODEL-6 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Modellenen sistemde gerilme değerleri farklı deprem kayıtları ve farklı temel koşulları için tüm katlarda kolonun iç orta birleşim noktasından alınan değerler baz alınarak incelenmektedir. Grafiklerde negatif olarak belirtilen değerler basınç, pozitif olarak belirtilen değerler çekme gerilmesini ifade etmektedir. Gerilmelerin yapı yüksekliğine göre dağılımı şekil 75'te, zamana göre dağılımları ise şekil 76~78'de verilmektedir. şekiller genel olarak incelendiğinde temel koşullarının ve deprem kayıtlarının değişimine bağlı olarak, gerilme şiddetlerinde ve gerilmelerin gerekleşe zamanlarında farklılıklar meydana geldiği grlmştr. Yükseklik boyunca gerilme değerleri incelendiğinde en yüksek gerilmelerin 1. ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Coalinga (şekil 75a) ve Kobe (şekil 75b) depremlerinde en büyük gerilmeler ankastre tabanlı sistemde meydana gelirken, Loma Prieta (şekil 75c) depreminde S1 zemininde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yerel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

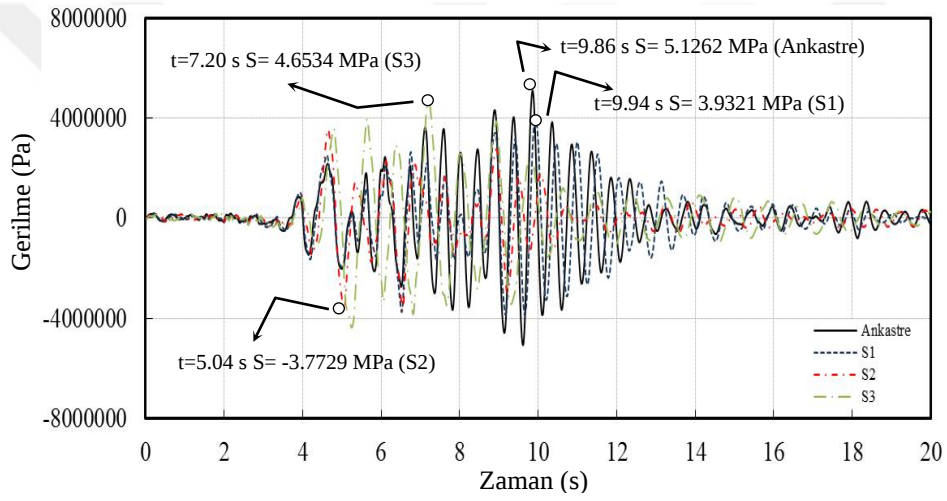


Şekil 75. MODEL-6 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

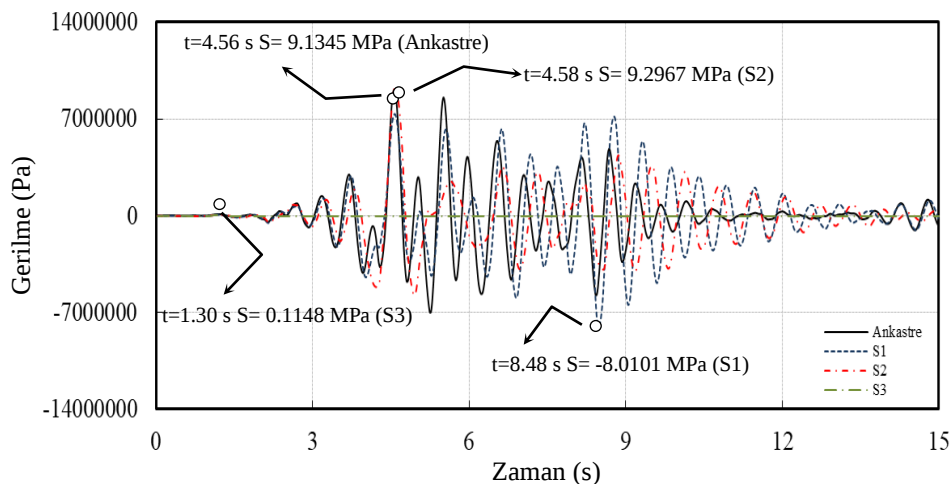
Şekil 76 incelendiğinde, S1 temel zemininde x doğrultusundaki gerilme değeri basınç olarak -2.3255 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %20 oranında azalış ile basınç olarak -1.8689 MPa, S3 temel zemininde %22 oranında azalış ile çekme olarak 1.8139 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük gerilme değeri, S1 temel zemininde 3.72 s’de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.66, 3.72 ve 2.98 s’de gerçekleşmektedir. Şekil 77 incelendiğinde ise farklı bir yapı karakterinin ortaya çıktığı ve en büyük gerilmelerin en yumuşak zemin olan S3 zemin şartlarında vuku bulduğu görülmektedir. Şekilde S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 3.9321 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %4’lük azalışla basınç olarak -3.7729 MPa ve S3 temel zemininde %18 oranında artışla çekme olarak 4.6534 MPa’dır. Şekil 78’de ise S1 zemininde gerilme değeri 8.1654 MPa iken, S3 zemininde aynı gerilme değeri %22 oranında bir artışla 9.9629 MPa düzeyinde gerçekleşmektedir. Buradaki davranış değişikliği dikkate alındığında da her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmekte yarar görülmektedir.



Şekil 76. MODEL-6 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



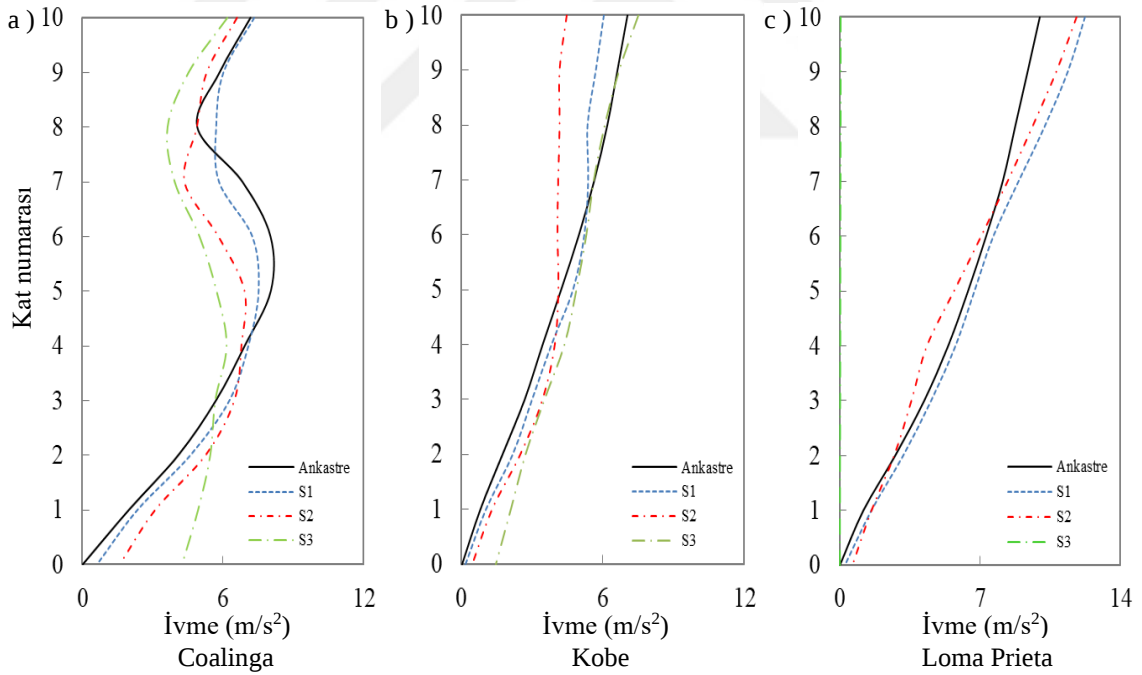
Şekil 77. MODEL-6 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 78. MODEL-6 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.8.2.3. MODEL-6 İçin İvmelerin İrdelenmesi

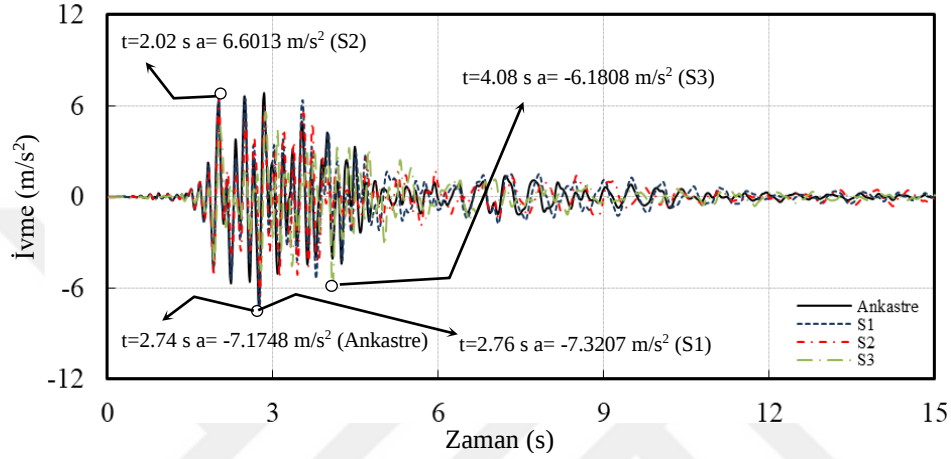
İvme değerleri tüm katlarda bina dış köşe birleşim noktalarından elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirilmektedir. En büyük ivme değerlerinin yapı yüksekliğine bağlı dağılımları Şekil 79'da, zamansal dağılımları Şekil 80~82'de gösterilmektedir. Şekil 79 ele alındığında, ivme değerlerinde zemin kattan üst katlara gidildikçe büyük oranda artışlar olduğu görülmektedir. Coalinga depreminde (Şekil 79a) en büyük ivme değeri ankastre sistemde meydana gelirken, Kobe (Şekil 79b) depreminde S3 zemininde ve Loma Prieta (Şekil 79c) depremlerinde S1 zemininde meydana geldiği görülmektedir. Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2 zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat düzeyinde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriği ile yerel zemin koşullarına bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.



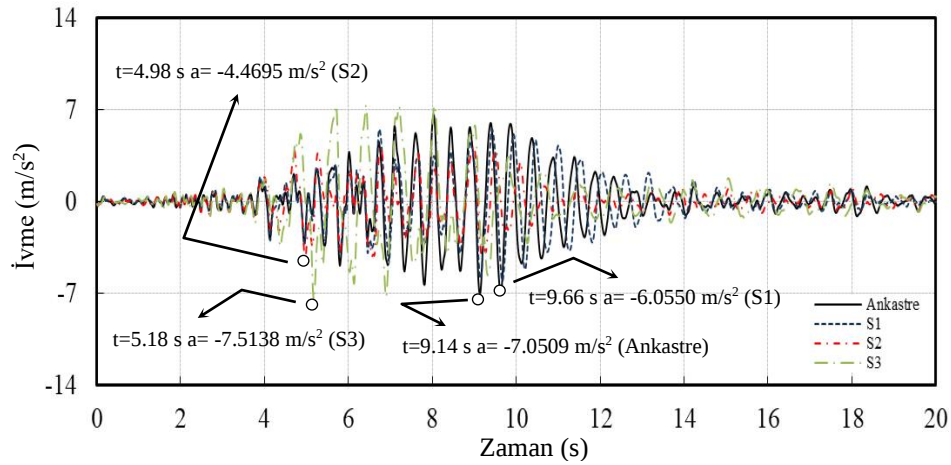
Şekil 79. MODEL-6 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

Yapının ivme değerlerinin zamansal dağılımı 10. kattan alınan veriler göz önüne alınarak irdelenmektedir. Şekil 80'de, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme değeri 7.3207 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %10'luk azalışla 6.6013 m/s^2 ve S3 temel zemininde %16 oranında azalışla 6.1808 m/s^2 olarak

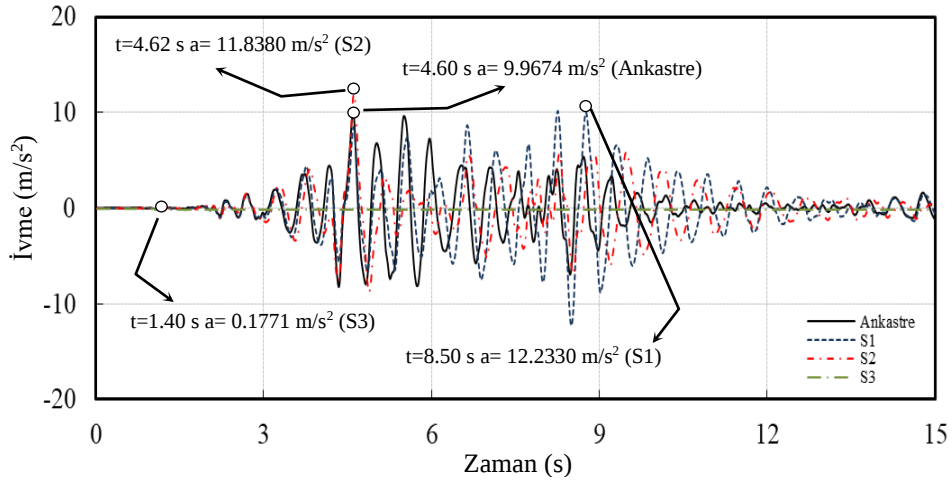
gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük ivme değeri, S1 temel zemininde 2.76 s'de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.74, 2.02 ve 4.08 s'de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 81 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 6.0550 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %26'lık azalışla 4.4695 m/s^2 , S3 temel zemininde %24 oranında artışla 7.5138 m/s^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 80. MODEL-6 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 81. MODEL-6 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



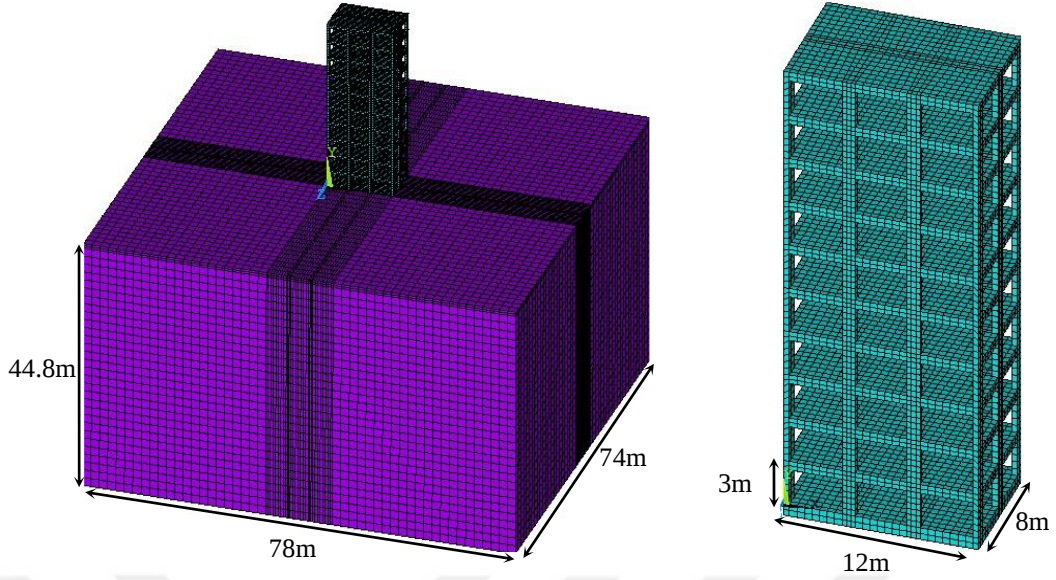
Şekil 82. MODEL-6 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.9. MODEL-7'nin Analizi

Ana kayanın yapı tabanından itibaren 4R kadar derinlikte tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı yapının dinamik tepkilerini belirlemek amacıyla söz konusu zemin-yapı etkileşim sisteminin sayısal modeli oluşturulmuş ve bu model üç farklı zemin sistemi ve üç farklı deprem kaydı dikkate alınarak dinamik analize tabi tutulmuştur. Ayrıca aynı deprem etkileri altında ankastre taban varsayımıyla da dinamik analizler yapılmıştır. Çözümlerlerde seçilen düğüm noktalarından elde edilen en büyük yer değiştirme, gerilme ve ivme değerleri ile bunların oluş zamanları irdelenmiştir.

2.9.1. MODEL-7 İçin Önerilen Sonlu Elemanlar Modeli

Ana kayanın derinliğinin yapı tabanından itibaren 4R olarak tanımlandığı ve temel zemini genişliğinin yapının her bir yüzünden itibaren 3R olduğu durum için 3 m kat yüksekliğine sahip 10 katlı betonarme ve temel zemin sistemi dikkate alınarak oluşturulan sonlu eleman modeli Şekil 83'te sunulmaktadır.



Şekil 83. MODEL-7 için oluşturulan sonlu eleman modeli

2.9.2. MODEL-7'nin Sismik Analizi

Dikkate alınan zemin şartları ve deprem etkileri altında etkileşim modelinin sismik analizlerinden elde edilen en büyük yer değiştirmeler, ivmeler ve gerilmeler ile bunların oluş zamanları Tablo 57~65'te gösterilmektedir. Burada elde edilen yer değiştirmeler, zemin düzeyine göre hesaplanan göreceli (izafi (rölatif)) yer değiştirmeleri göstermektedir.

Tablo 57. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	2.84	-0.0166	3.52	-0.0197	2.08	-0.0180	3.34	0.0250
9	2.86	-0.0159	3.52	-0.0184	2.08	-0.0163	3.36	0.0227
8	2.86	-0.0148	3.52	-0.0167	2.08	-0.0140	3.36	0.0203
7	3.94	-0.0136	3.52	-0.0146	3.52	-0.0115	3.36	0.0177
6	3.94	-0.0127	3.52	-0.0122	3.52	-0.0095	3.36	0.0151
5	3.92	-0.0112	3.74	0.0098	3.86	0.0086	3.68	-0.0125
4	3.92	-0.0094	3.72	0.0086	3.86	0.0075	3.66	-0.0106
3	2.66	0.0075	3.72	0.0069	2.34	0.0060	3.66	-0.0083
2	2.66	0.0051	3.72	0.0047	2.34	0.0041	3.66	-0.0056
1	2.66	0.0023	3.72	0.0022	2.08	-0.0020	3.66	-0.0028

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), u: En büyük yatay yer değiştirme (m)

Tablo 58. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	9.62	0.0409	9.94	-0.0393	6.54	0.0468	7.20	-0.1153
9	9.62	0.0391	9.94	-0.0371	6.54	0.0437	7.20	-0.1059
8	9.62	0.0365	9.94	-0.0343	6.54	0.0403	7.20	-0.0959
7	9.62	0.0331	9.94	-0.0310	6.54	0.0365	7.20	-0.0853
6	9.62	0.0291	9.94	-0.0271	6.54	0.0322	7.20	-0.0741
5	9.62	0.0246	9.94	-0.0229	6.54	0.0275	7.20	-0.0625
4	9.86	-0.0197	9.94	-0.0184	6.54	0.0224	7.20	-0.0505
3	9.86	-0.0146	9.94	-0.0136	6.54	0.0170	7.20	-0.0382
2	9.86	-0.0093	9.94	-0.0088	6.54	0.0113	7.20	-0.0258
1	9.86	-0.0040	9.94	-0.0041	5.04	0.0055	7.20	-0.0134

Tablo 59. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen yer değiştirmeler

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	u	t	u	t	u	t	u
10	4.56	-0.0714	8.48	0.0813	4.60	-0.1289	5.64	-0.2638
9	4.56	-0.0682	8.48	0.0768	4.60	-0.1202	5.64	-0.2426
8	4.56	-0.0638	8.48	0.0710	4.60	-0.1101	5.64	-0.2199
7	4.56	-0.0582	8.48	0.0639	4.58	-0.0987	5.64	-0.1957
6	4.56	-0.0515	8.48	0.0558	4.58	-0.0863	5.64	-0.1702
5	4.56	-0.0438	8.48	0.0469	4.58	-0.0730	5.64	-0.1436
4	4.56	-0.0353	8.48	0.0375	4.58	-0.0588	5.64	-0.1161
3	4.56	-0.0262	8.48	0.0276	4.58	-0.0442	5.64	-0.0880
2	4.56	-0.0167	8.48	0.0178	4.58	-0.0292	5.64	-0.0595
1	4.54	-0.0073	8.48	0.0081	4.58	-0.0143	5.64	-0.0309

Tablo 60. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	2.74	-0.3973	2.74	-0.4204	2.76	-0.3786	4.08	-0.3898
9	2.74	-0.9973	2.74	-1.0569	2.76	-0.9154	4.08	-0.9606
8	2.74	-1.5401	2.74	1.6398	3.80	-1.4313	4.08	-1.4299
7	2.48	1.8138	2.74	1.9150	3.80	-1.7235	4.08	-1.5757
6	2.84	1.9021	3.78	-1.9786	3.80	-1.7130	4.08	-1.3715
5	2.84	1.9042	3.52	2.0018	3.54	1.6475	2.04	1.0985
4	3.94	2.0217	3.52	2.0163	3.54	1.3984	3.68	1.0039
3	3.94	2.3973	3.52	1.7834	3.86	-1.3077	3.68	1.3934
2	2.66	-2.6342	3.72	-2.1467	3.64	1.6786	3.66	1.7000
1	2.66	-2.9102	3.72	-2.3223	3.72	-1.8693	2.98	1.8147

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), S: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük gerilme (MPa)

Tablo 61. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	9.12	-0.3864	9.14	-0.3192	4.98	-0.2663	5.18	-0.4026
9	9.12	-1.0497	9.14	-0.8647	4.98	-0.7215	5.18	-1.0781
8	9.12	-1.8678	9.14	-1.5251	4.98	-1.2689	5.18	-1.8613
7	9.12	-2.6050	9.14	-2.1042	4.70	-1.7505	5.18	-2.5190
6	9.62	-3.2976	9.94	-2.5940	4.70	2.1513	5.18	-3.0212
5	9.62	-3.9070	9.94	3.0385	4.68	2.5447	7.18	3.4812
4	9.62	-4.4151	9.94	3.4061	4.66	2.8917	7.18	3.9272
3	9.62	-4.8129	9.94	3.7033	6.54	-3.3162	7.20	4.2891
2	9.86	5.1262	9.94	3.9300	6.54	-3.6933	7.20	4.6089
1	9.86	5.0597	9.94	3.8758	5.04	-3.7805	7.20	4.5714

Tablo 62. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen gerilme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	S	t	S	t	S	t	S
10	4.58	0.6281	8.50	-0.6614	4.60	0.6972	5.62	0.7591
9	4.58	1.7260	8.50	-1.8044	4.60	1.9120	5.62	2.0898
8	4.58	3.1245	8.50	-3.2209	4.60	3.4258	5.62	3.7604
7	4.58	4.4424	8.50	-4.5085	4.60	4.8190	5.62	5.3208
6	4.58	5.6205	8.50	-5.5925	4.60	6.0351	5.62	6.7162
5	4.56	6.6599	8.50	-6.4500	4.60	7.0729	5.62	7.9414
4	4.56	7.6320	8.48	-7.1346	4.58	7.9376	5.64	9.0155
3	4.56	8.4616	8.48	-7.6652	4.58	8.7119	5.64	9.9510
2	4.56	9.1345	8.48	-8.0033	4.58	9.3091	5.64	10.6957
1	4.56	9.1296	8.46	-7.7608	4.56	9.2481	5.66	10.6399

Tablo 63. Coalinga deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	2.74	-7.1748	2.76	-7.3229	2.02	6.6004	4.08	-6.1808
9	2.74	-5.8540	3.52	6.0107	2.02	5.3076	2.88	4.5360
8	3.94	4.9051	3.52	5.7032	3.54	4.8918	2.88	3.6341
7	3.94	6.8301	3.94	5.8159	3.94	4.3519	3.94	3.9506
6	3.94	8.0271	3.94	7.2356	3.88	-5.7969	3.94	5.0116
5	3.94	8.0397	3.94	7.5072	3.88	-6.9158	4.00	-5.7085
4	3.94	6.9309	3.86	-7.0770	3.88	-6.7898	4.00	-6.1394
3	2.68	-5.7067	3.86	-6.2738	2.68	-6.4907	2.70	-5.6755
2	2.68	-4.1050	2.68	-4.6199	2.68	-5.2739	2.98	5.4698
1	2.66	-2.0008	2.68	-2.3646	2.68	-3.1282	2.96	4.9310

t: En büyük tepkinin oluş zamanı (s), a: x doğrultusunda seçili düğüm noktasındaki en büyük ivme (m/s²)

Tablo 64. Kobe deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen ivme değerleri

Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	9.14	-7.0509	9.68	-6.0506	4.98	-4.4710	5.18	-7.5060
9	9.64	-6.6242	9.66	-5.7094	6.76	4.1662	7.20	6.6400
8	9.64	-6.1927	6.76	5.3630	6.76	4.1694	7.20	6.0321
7	9.64	-5.6435	6.76	5.3881	6.76	4.1067	5.66	5.6212
6	9.64	-4.9860	6.76	5.2259	6.56	-4.0797	5.66	5.3089
5	9.64	-4.2286	6.76	4.7457	6.56	-4.1187	6.06	-4.8652
4	6.96	-3.4402	6.76	3.8328	6.56	-3.9660	6.06	-4.3594
3	6.96	-2.6788	6.54	-3.0126	6.56	-3.4464	6.06	-3.5155
2	6.96	-1.7353	6.54	-2.1912	6.56	-2.5043	5.30	-2.7350
1	6.54	-0.7940	6.54	-1.0554	6.56	-1.3059	5.30	-2.1102

Tablo 65. Loma Prieta deprem yüklemesinde MODEL-7'den elde edilen ivme değerleri

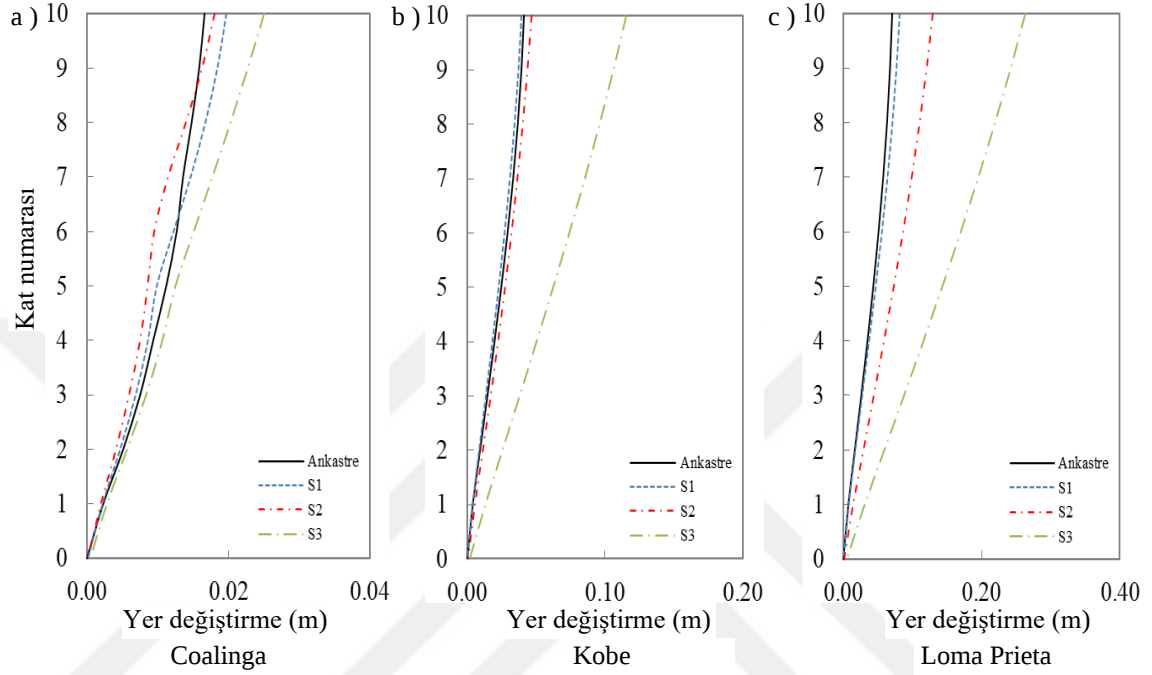
Zemin Sistemi	Ankastre		S1		S2		S3	
Kat No	t	a	t	a	t	a	t	a
10	5.60	13.6670	8.50	-12.2310	4.62	11.8680	5.60	13.6670
9	5.60	12.5260	8.50	-11.3710	4.62	10.8490	5.60	12.5260
8	5.62	11.2600	8.50	-10.2160	4.60	9.6512	5.62	11.2600
7	5.62	9.9362	8.48	-8.9068	4.60	8.4070	5.62	9.9362
6	5.64	8.6179	8.48	-7.6525	4.60	7.0892	5.64	8.6179
5	4.74	7.9252	8.46	-6.7085	4.60	5.7324	4.74	7.9252
4	4.74	7.2377	8.46	-5.7654	4.60	4.3777	4.74	7.2377
3	4.74	6.1217	8.46	-4.5529	4.54	3.5961	4.74	6.1217
2	4.74	4.6590	8.44	-3.1609	4.54	2.7345	4.74	4.6590
1	5.24	-3.0126	8.44	-1.5801	4.26	-1.6059	5.24	-3.0126

2.9.2.1. MODEL-7 İçin Yer Değiştirmelerin İrdelenmesi

Analiz sonuçları incelendiğinde yatay yer değiştirme değerlerinin ilgili zemin şartlarına ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Şekil 84~87'de x doğrultusundaki yer değiştirmeler yapının dış köşe birleşim noktaları baz alınarak elde edilmiştir. Şekil 84'te farklı temel zemin sistemlerine ve farklı deprem kayıtlarına göre bina yer değiştirmelerinde yapının yüksekliğine bağlı değişim gösterilmektedir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en üst kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, en büyük yer değiştirmelerin zaman zaman yön değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görülmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak bazı durumlarda, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans içeriğine bağlı olarak, yer değiştirmelerin zaman zaman zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlemelerinde karşılaşılmıştır. Öte

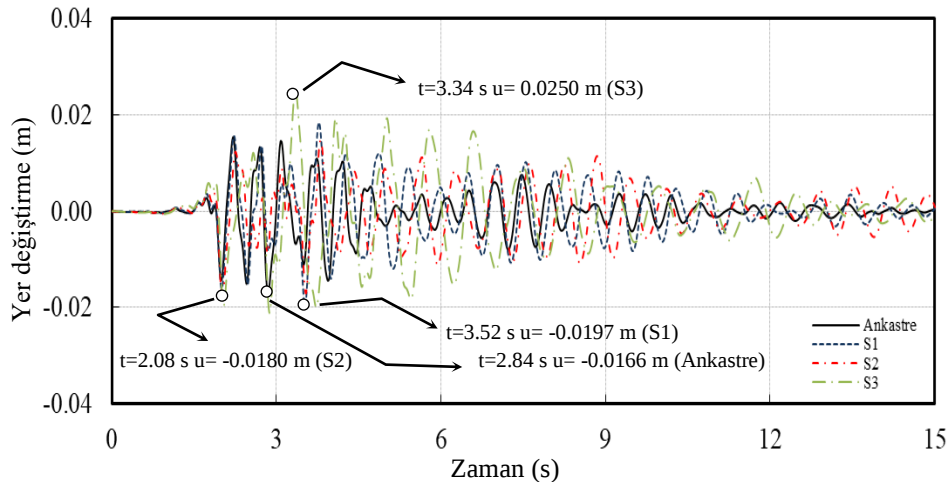
yandan en büyük yer değiştirmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

Yer değiştirmeler açısından yapılan tüm değerlendirmelerde zemin-yapı etkileşiminin ve deprem karakteristiklerinin bina dinamik davranışı üzerindeki etkileri belirgin bir şekilde görülmektedir.

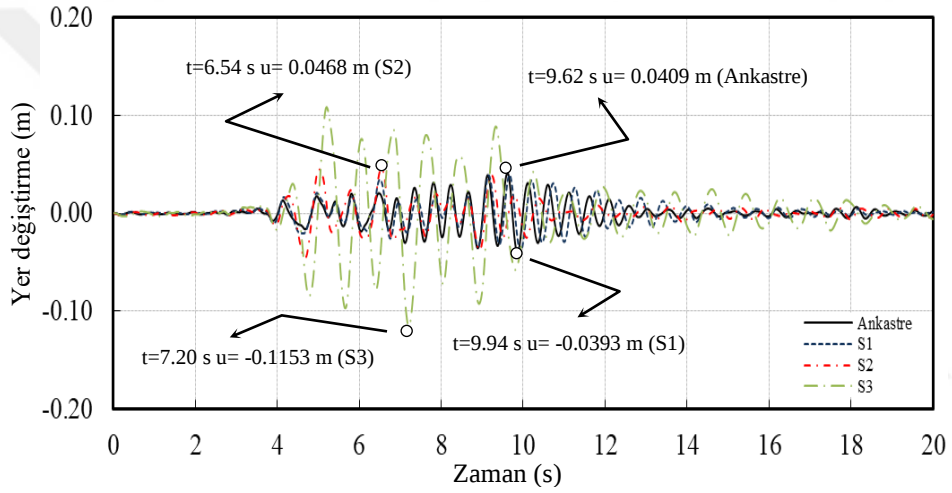


Şekil 84. MODEL-7 için x doğrultusundaki yatay yer değiştirmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

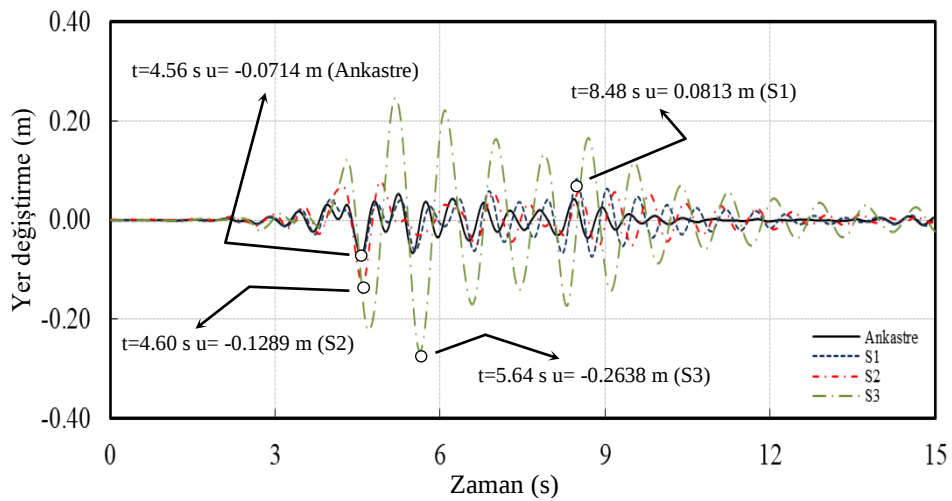
Binanın 10. kat dış köşe birleşim noktasında meydana gelen yatay yer değiştirme değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 85~87’de gösterilmektedir. Bir örnek olarak Şekil 85 incelendiğinde, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0197 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %9 azalışla 0.0180 m, S3 temel zemininde %27 oranında artışla 0.0250 m olarak gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda en büyük yer değiştirme değeri S3 temel zemininde 3.34 s’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 temel zemin sistemlerinde sırasıyla 2.84, 3.52 ve 2.08 s’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 87 incelendiğinde de S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki yer değiştirme 0.0813 m iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %59 artışla 0.1289 m ve S3 temel zemininde %224’lük artışla 0.2638 m olarak gerçekleştiği görülmektedir.



şekil 85. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi



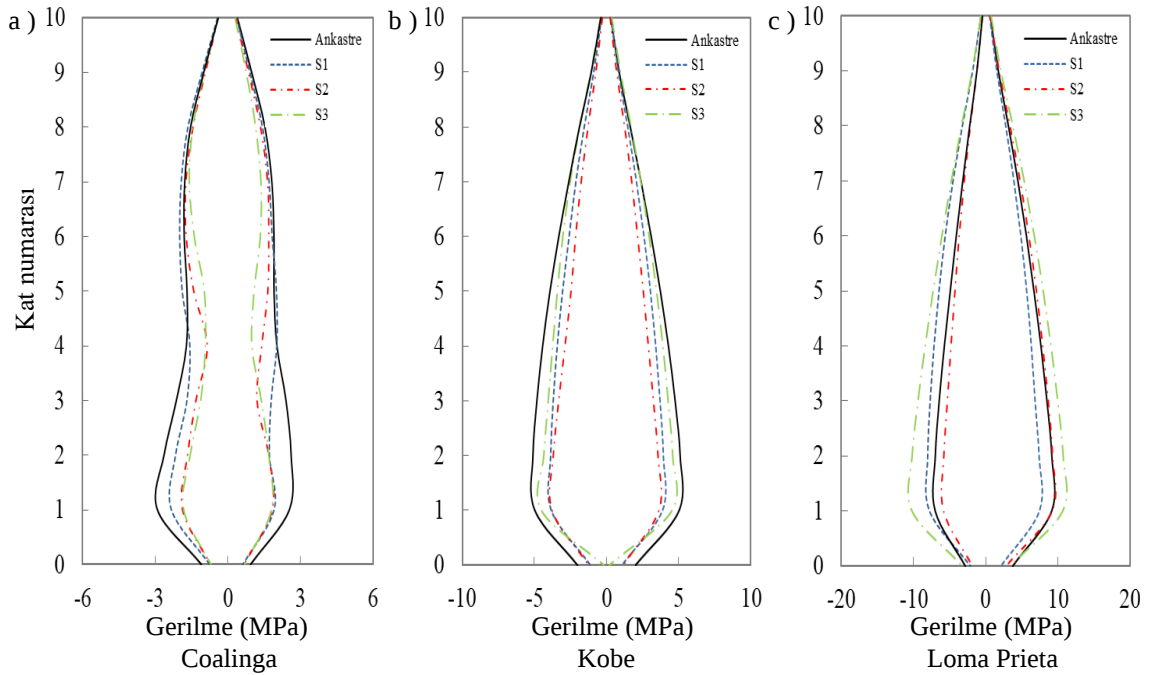
şekil 86. MODEL-7 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi



şekil 87. MODEL-7 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki yer değişirmelerin zamana bağlı değişimi

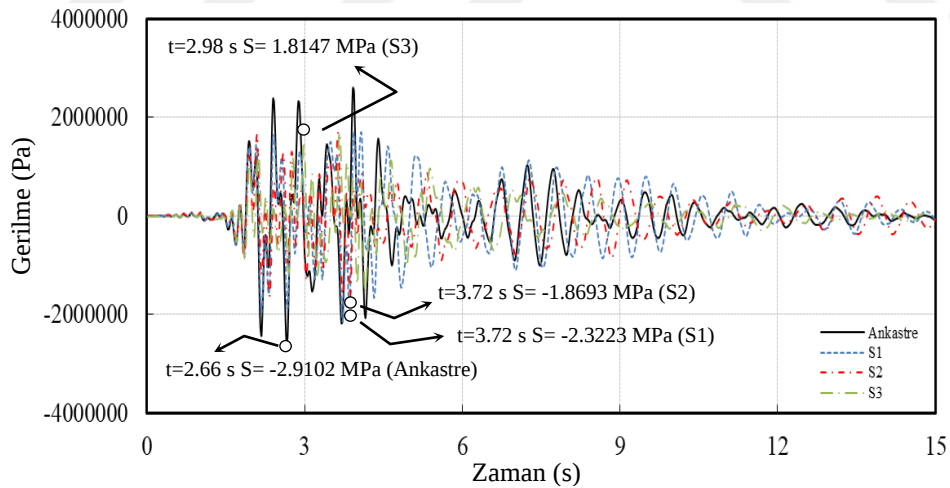
2.9.2.2. MODEL-7 İçin Gerilmelerin İrdelenmesi

Modellenen sistemde gerilme değerleri farklı deprem kayıtları ve farklı temel koşulları için tüm katlarda kolonun iç orta birleşim noktasından alınan değerler baz alınarak incelenmektedir. Grafiklerde negatif olarak belirtilen değerler basınç, pozitif olarak belirtilen değerler çekme gerilmesini ifade etmektedir. Gerilmelerin yapı yüksekliğine göre dağılımı Şekil 88'de, zamana göre dağılımları ise Şekil 89~91'de verilmektedir. Şekiller genel olarak incelendiğinde temel koşullarının ve deprem kayıtlarının değişimine bağlı olarak, gerilme şiddetlerinde ve gerilmelerin gerçekleşme zamanlarında farklılıklar meydana geldiği görülmüştür. Yükseklik boyunca gerilme değerleri incelendiğinde en yüksek gerilmelerin 1. ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği görülmektedir. Coalinga (Şekil 88a) ve Kobe (Şekil 88b) depremlerinde en büyük gerilmeler ankastre tabanlı sistemde meydana gelirken, Loma Prieta (Şekil 88c) depreminde S3 zemininde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yerel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde meydana geldiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.

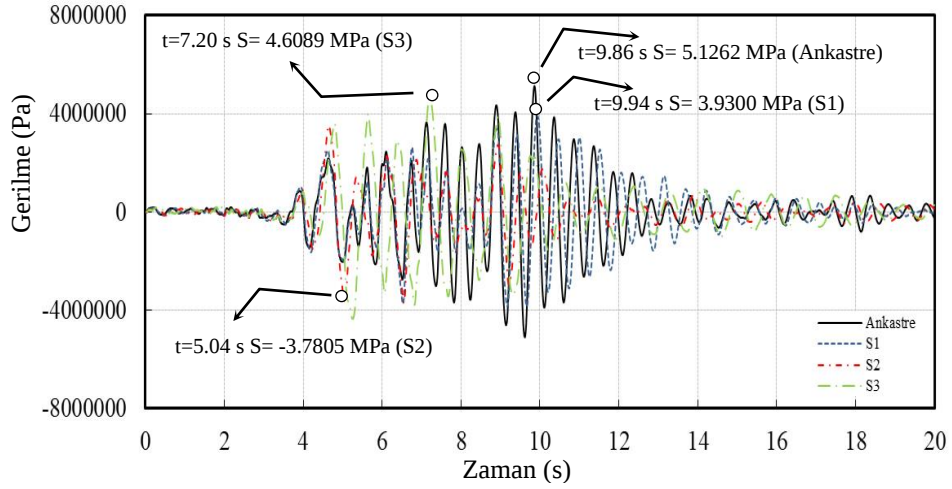


Şekil 88. MODEL-7 için x doğrultusundaki gerilmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

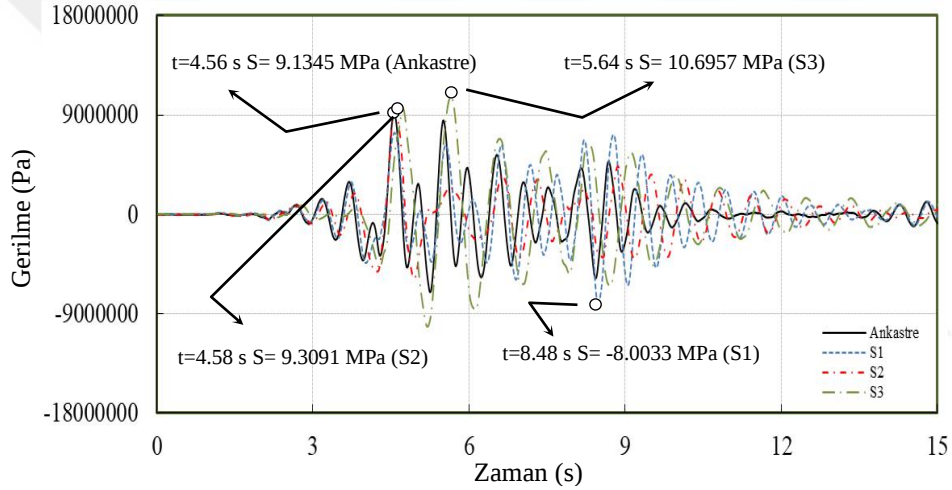
Şekil 89 incelendiğinde, S1 temel zemininde x doğrultusundaki gerilme değeri basınç olarak -2.3223 MPa iken, rijitlikteki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %20 oranında azalış ile basınç olarak -1.8693 MPa, S3 temel zemininde %22'lik azalış ile çekme olarak 1.8147 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük gerilme değeri, S1 temel zemininde 3.72 s'de gerçekleşirken, ankastre, S2 ve S3 zemin sistemlerinde sırasıyla 2.66, 3.72 ve 2.98 s'de gerçekleşmektedir. Şekil 90 ve Şekil 91 incelendiğinde ise farklı bir yapı karakterinin ortaya çıktığı ve en büyük gerilmelerin en yumuşak zemin olan S3 zemin şartlarında vuku bulduğu görülmektedir. Şekil 90'da S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 3.9300 MPa iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla S2 temel zemininde %4'lük azalışla basınç olarak -3.7805 MPa, S3 temel zemininde %17'lik artışla çekme olarak 4.6089 MPa'dır. Şekil 91'de ise S1 zemininde gerilme değeri -8.0033 MPa iken, S3 zemininde aynı gerilme değeri %34 oranında bir artışla 10.6957 MPa düzeyinde gerçekleşmektedir. Buradaki davranış değişikliği dikkate alındığında da her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini belirtmekte yarar görülmektedir.



Şekil 89. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 90. MODEL-7 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

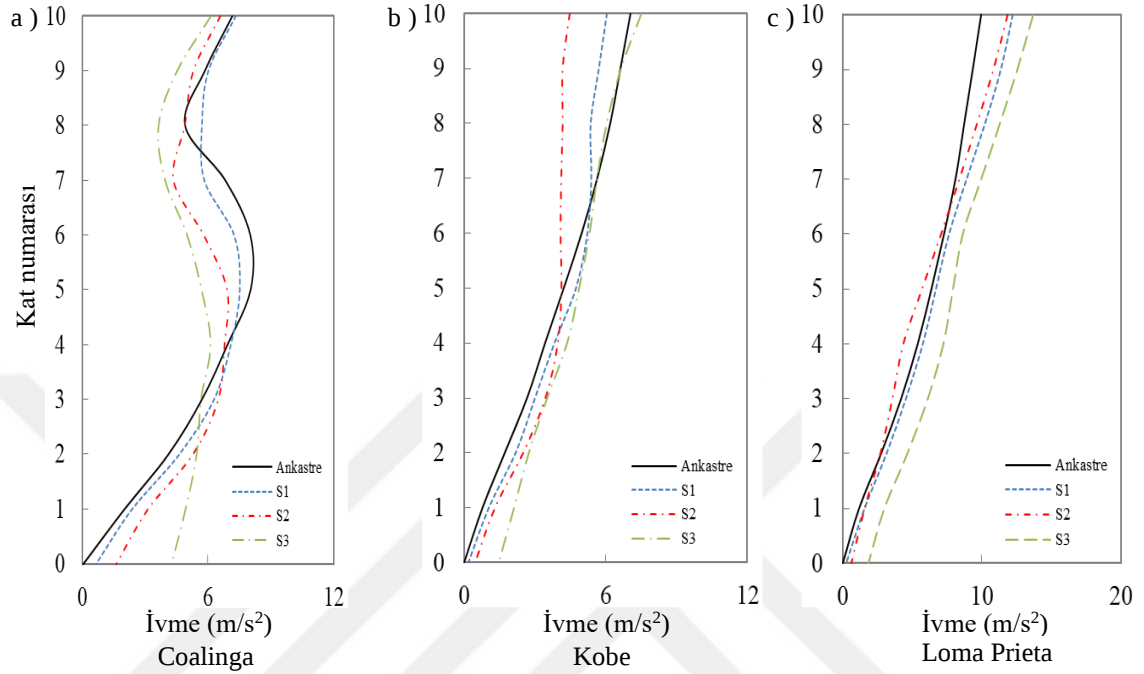


Şekil 91. MODEL-7 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki gerilmelerin zamana bağlı değişimi

2.9.2.3. MODEL-7 İçin İvmelerin İrdelenmesi

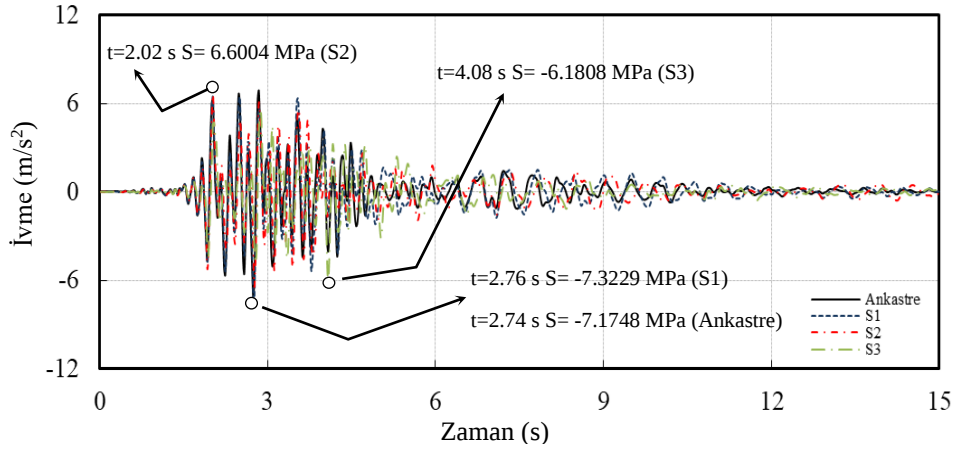
İvme değerleri tüm katlarda bina dış köşe birleşim noktalarından elde edilen sonuçlar kullanılarak değerlendirilmektedir. En büyük ivme değerlerinin yapı yüksekliğine bağlı dağılımları Şekil 92’de, zamansal dağılımları Şekil 93~95’te gösterilmektedir. Şekil 92 ele alındığında, ivme değerlerinde zemin kattan üst katlara gidildikçe büyük oranda artışlar olduğu görülmektedir. Coalinga depreminde (Şekil 92a) en büyük ivme değeri ankastre sistemde meydana gelirken, Kobe (Şekil 92b) ve Loma Prieta (Şekil 92c) depremlerinde S3 zemininde meydana gelmektedir. Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2 zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat düzeyinde meydana

gelmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriği ile yerel zemin koşullarına bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.

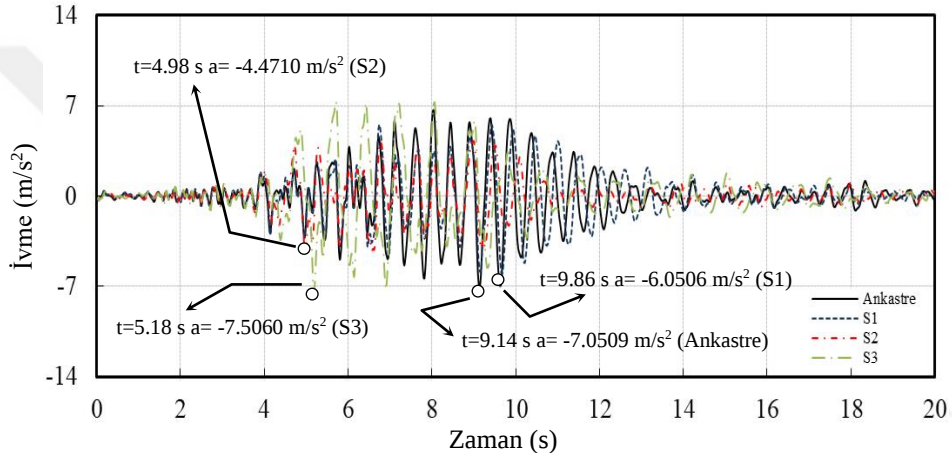


Şekil 92. MODEL-7 için x doğrultusundaki ivmelerin yüksekliğe bağlı değişimi

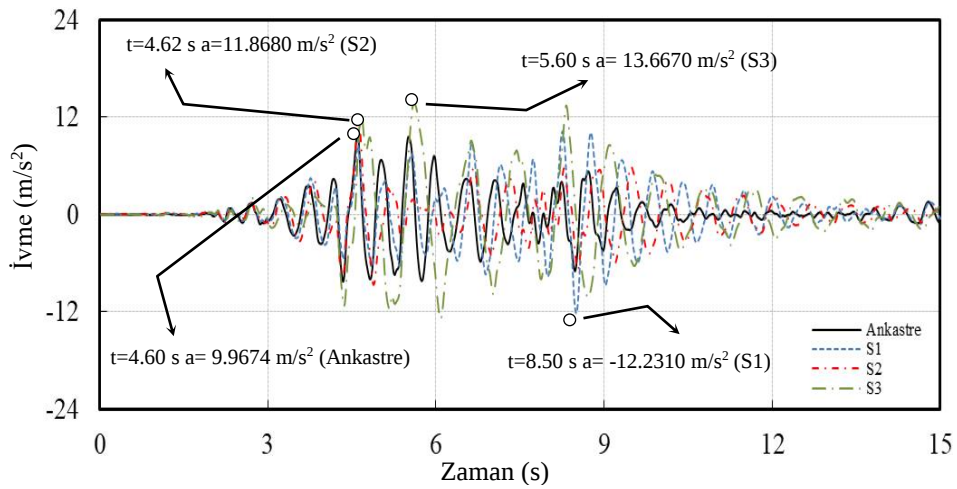
Yapının ivme değerlerinin zamansal dağılımı 10. kattan alınan veriler göz önüne alınarak irdelenmektedir. Şekil 94’te, S1 temel zemininde yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme değeri 6.0506 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak S1 temel zeminine kıyasla aynı değer S2 temel zemininde %26 oranında azalışla 4.4710 m/s^2 ve S3 temel zemininde %24 oranında artışla 7.5060 m/s^2 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca en büyük ivme değeri, S3 temel zemininde 5.18 s ’de gerçekleşirken, ankastre, S1 ve S2 zemin sistemlerinde sırasıyla 9.14 , 9.68 ve 4.98 s ’de gerçekleşmektedir. Benzer olarak Şekil 95 incelendiğinde, S1 temel zemininde elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 12.2310 m/s^2 iken, zemin rijitliğindeki azalışa bağlı olarak aynı değer S1 temel zeminine kıyasla, S2 temel zemininde %3’lük azalış ile 11.8680 m/s^2 , S3 temel zemininde %12 oranında artışla 13.6670 m/s^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 93. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 94. MODEL-7 için Kobe deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi



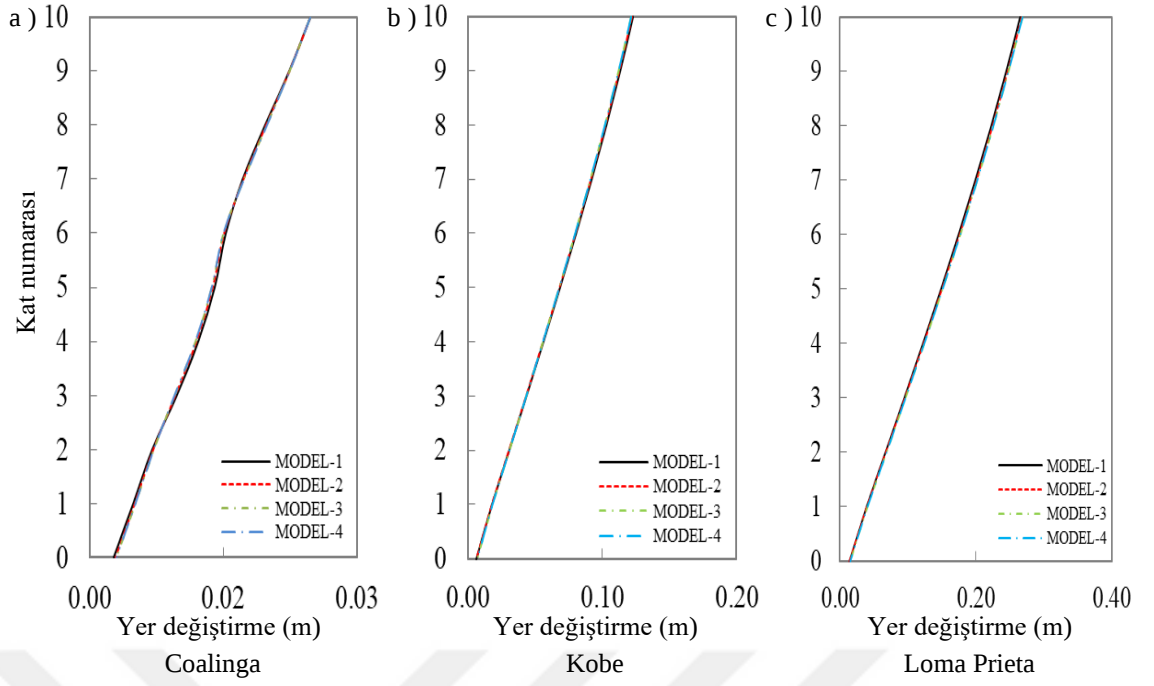
Şekil 95. MODEL-7 için Loma Prieta deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.10. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Zemin Boyutlarının Etkilerinin İrdelenmesi

Deprem yükleri etkisi altında yapıda meydana gelen tepkiler, tepkinin büyüklüğüne bağlı olarak taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarda göçme ve hasara sebep olabilmektedir. Yukarıdaki analizler, yapı tasarımında zemin-yapı etkileşiminin ve yer hareketi karakteristiklerinin göz önünde bulundurulmasının ne denli önemli olduğunu göstermişti. Çalışmanın bu bölümünde ise temel zemini boyutlarının bina tepkileri üzerindeki etkileri özelinde değerlendirmeler yapılmaktadır. Buradaki analizlerde incelemeye konu olan zemin sistemlerinden en yumuşak (esnek) karaktere sahip olan S3 zemin sistemi dikkate alınmıştır. Bu bölüm iki alt bölümden oluşmaktadır. Bunların ilkinde, temel tabanından itibaren ana kaya derinliğinin (2R) sabit tutulduğu MODEL-1, MODEL-2, MODEL-3 ve MODEL-4 kullanılarak temel zemini genişliğinin bina deprem davranışı üzerindeki etkileri tartışılmaktadır. İkincisinde ise yapının her bir yüzünden itibaren zemin genişliklerinin (3R) sabit tutulduğu MODEL-5, MODEL-2, MODEL-6 ve MODEL-7 kullanılarak ana kaya derinliğinin bina deprem davranışı üzerindeki etkileri irdelenmektedir. Buradaki irdellemeler yine yer değiştirme, gerilme ve ivmelerin yapı yüksekliğince ve zamansal değişimlerini kapsamaktadır.

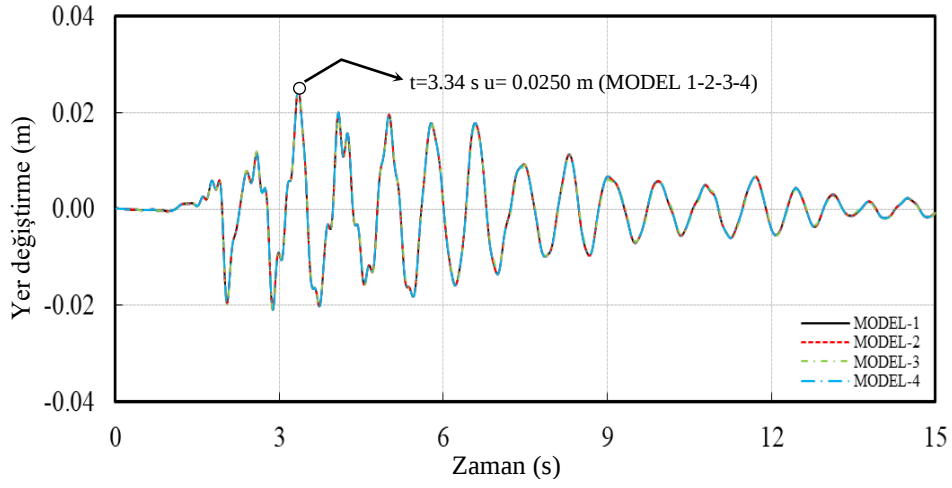
2.10.1. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Temel Zemini Genişliği Etkilerinin İrdelenmesi

Farklı deprem kayıtlarına göre sonlu eleman modelleri yardımı ile elde edilen çözümleme sonuçlarından bina yüksekliği boyunca yer değiştirme değerlerinin değişimi Şekil 96'da verilmiştir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, Coalinga, Kobe ve Loma Prieta deprem yüklemeleri etkisinde x doğrultusunda en büyük yer değiştirmelerin tüm modellerde 10. kat seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Zemin genişliklerindeki artışa bağlı olarak davranış açısından kayda değer bir farklılığın olmadığı ve yer değiştirmelerin eşlenik bir karakter sergilediği görülmektedir.

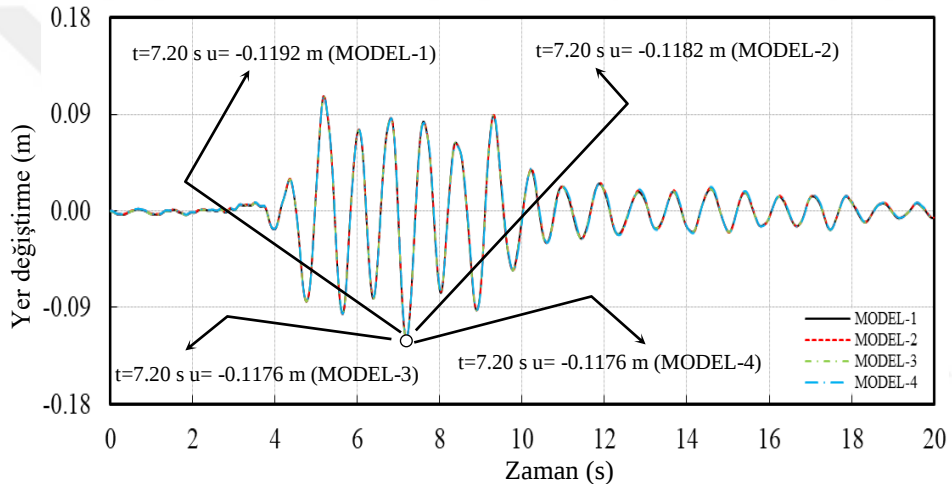


şekil 96. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen yer değiştirmeler

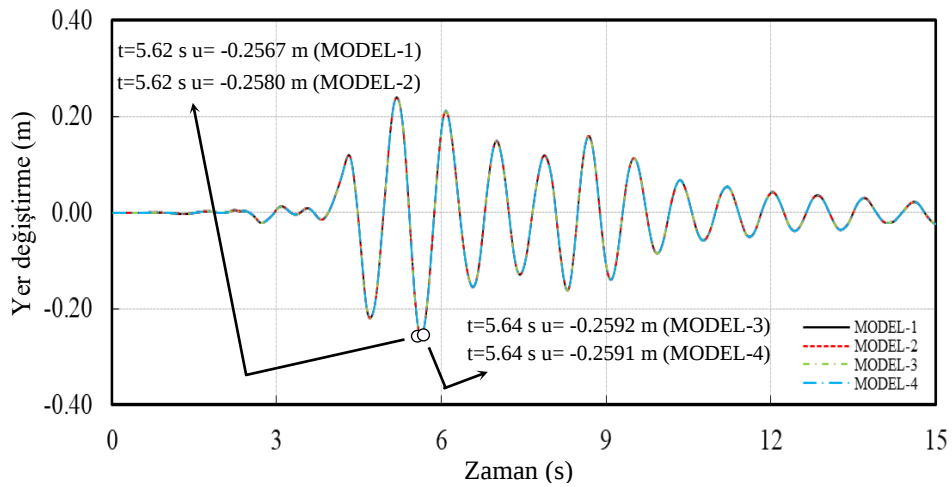
Yer değiştirmelerin zamansal değişimi şekil 97~99'da görülmektedir. Zamana bağlı yer değiştirme grafiklerinden şekil 98 incelendiğinde, Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusundaki en büyük yer değiştirmenin MODEL-1 yapı sisteminde -0.1192 m olarak elde edildiği görülürken, zemin genişliğindeki artış sonucunda, MODEL-1'e kıyasla aynı değerin MODEL-4 için %1.3'lk azalışla -0.1176 m seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Benzer duruma farklı bir örnek olarak şekil 99 incelendiğinde, Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-1 için en büyük yer değiştirme değerinin -0.2567 m olarak elde edildiği ve temel zemin genişliğindeki artışa bağlı olarak MODEL-1'den MODEL-4'e gidildiğinde bu değerin %1'lik artış ile -0.2591 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu karşılaştırmalardan, burada incelenilen yapısal modeller özelinde, zemin genişliğinin yapı yer değiştirme tepkileri üzerinde ihmal edilebilir düzeylerde bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.



şekil 97. Coalinga deprem y¼klemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi

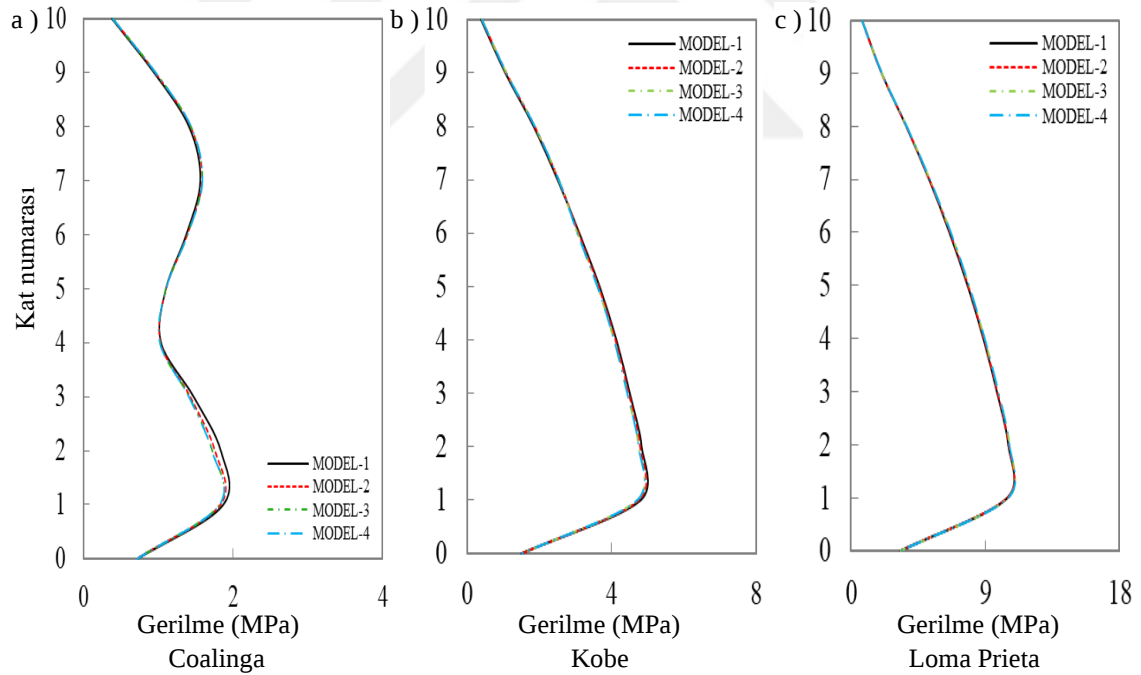


şekil 98. Kobe deprem y¼klemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



şekil 99. Loma Prieta deprem y¼klemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi

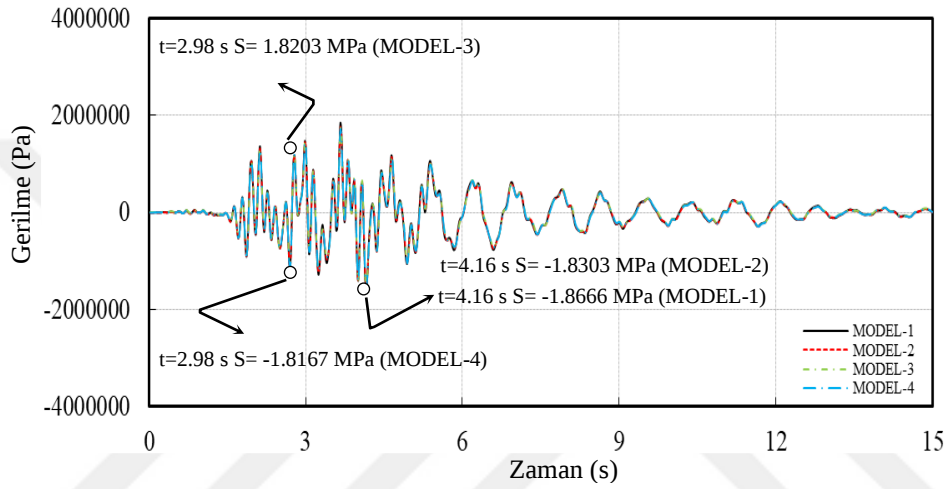
Gerilme tepkilerinin yükseklik boyunca değişimi Şekil 100’de görülmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi en büyük gerilme değerleri 1. ve 2. kat seviyelerinde elde edilmektedir. Örnek olarak Şekil 100a incelendiğinde, Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusundaki en büyük gerilmelerin 1 ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği, 4. kat seviyesine kadar gerilmelerin azaldığı, 4. kattan 7. kat düzeyine kadar gerilmelerin artış eğilimi sergilediği ve sonrasında gerilmelerin belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Aynı zamanda dikkate alınan S3 zemin sisteminde gerilme değerlerinin temel zemin genişliklerinin artışına bağlı olarak MODEL-1’den MODEL-4’e doğru bir azalma eğilimi gösterdiği söylenebilmektedir. Diğer şekiller (Şekil 100b ve Şekil 100c) incelendiğinde, Kobe ve Loma Prieta deprem yüklemeleri altında S3 zemin sisteminde, temel zemin genişliklerinin artışına bağlı olarak modeller arasında belirgin bir farklılığın görülmediği, en büyük gerilmelerin yine 1 ve 2. kat seviyelerinde gerçekleştiği ve bu katlardan sonra gerilmelerin sürekli azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Buradaki karşılaştırmalardan deprem yer hareketi özelliklerinin yapıda meydana gelen gerilme tepkilerinin karakterini değiştirebildiği açıktır.



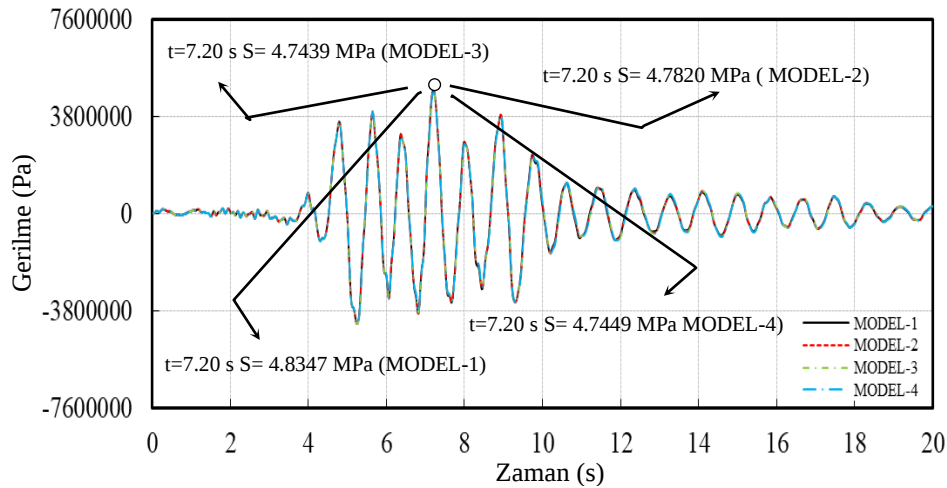
Şekil 100. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen gerilmeler

Gerilme tepkilerinin zamana bağlı değişimi Şekil 101~103’te verilmektedir. Şekiller incelendiğinde temel zemin genişliklerinin değişimine bağlı olarak, farklı deprem yüklemeleri altında tüm modeller açısından gerilme değerlerinde kayda değer bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Şekil 102 incelendiğinde, Kobe deprem

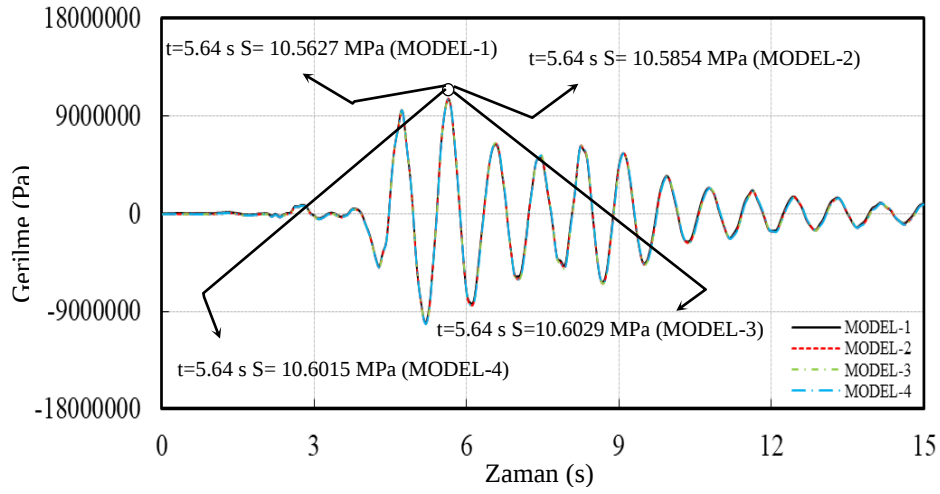
yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-1 için yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 4.8347 MPa iken, zemin genişliğindeki artış ile MODEL-1'den MODEL-4'e %2'lik azalışla çekme olarak 4.7449 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Benzer duruma bir diğer örnek olarak Şekil 103 incelendiğinde, Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-1 için en büyük gerilme çekme olarak 10.5627 MPa olarak elde edilirken temel zemin genişliğinin artışına bağlı olarak MODEL-1'e kıyasla aynı değer MODEL-4 için %0.4'lük artışla çekme olarak 10.6015 MPa olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 101. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi

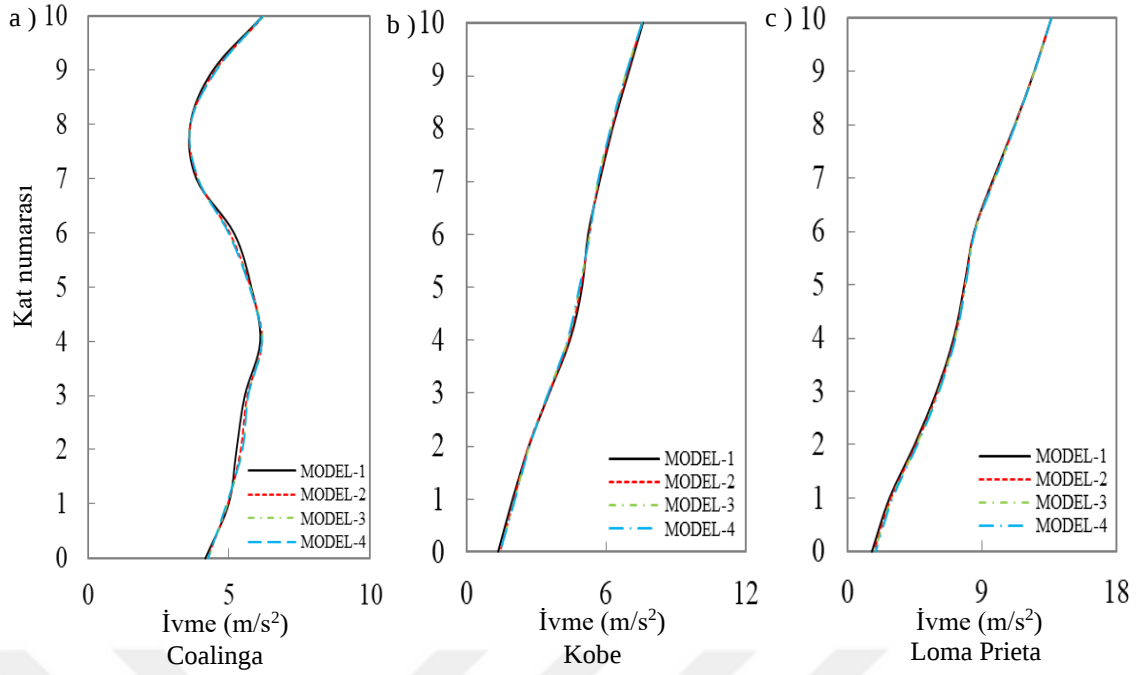


Şekil 102. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi



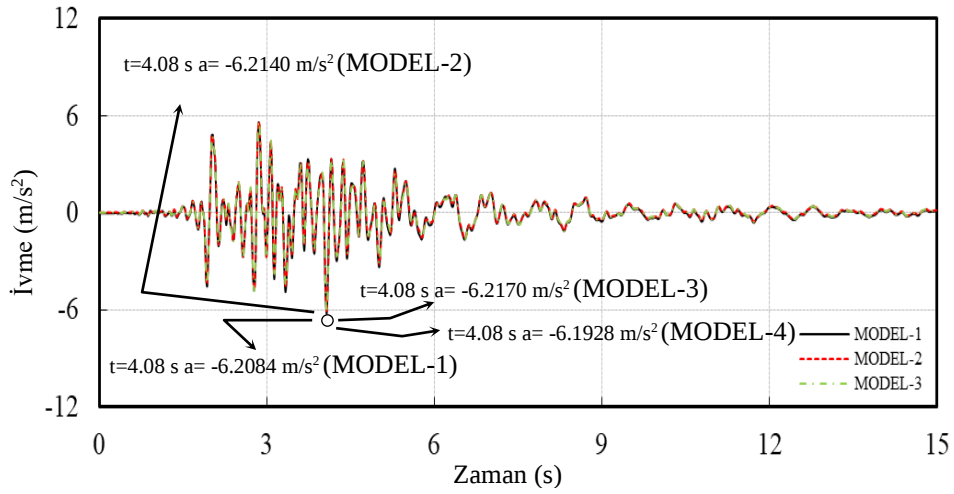
Şekil 103. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi

İvme tepkilerinin yükseklik boyunca değişimi Şekil 104’te görülmektedir. Temel zemin genişlikleri farklı olan modeller incelendiğinde, ivme değerlerinin değişimi açısından dikkate değer bir farklılığın olmadığı ve burada incelenilen sistemler için temel zemini genişliğinin ivme tepkileri üzerinde ihmal edilebilir düzeylerde bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Şekil 104a incelendiğinde, S3 zemin sisteminde Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusunda ivmelerin 4. kat seviyesine kadar arttığı, buradan 8. kat düzeyine kadar azaldığı ve sonrasında yine artarak en büyük ivme değerlerine 10. kat seviyelerinde rastlandığı görülmektedir. Şekil 104b ve Şekil 104c incelendiğinde ise yükseklik boyunca en büyük ivme değerlerinin Kobe ve Loma Prieta depremleri için 10. kat seviyelerinde görüldüğü, ivmelerin eşlenik bir karakter sergilediği ve modeller arasında belirgin bir farkın olmadığı görülmektedir. Yine buradaki karşılaştırmalardan deprem yer hareketi özelliklerinin yapıda meydana gelen ivme tepkilerinin karakterini değiştirebildiği bir diğer bulgudur.

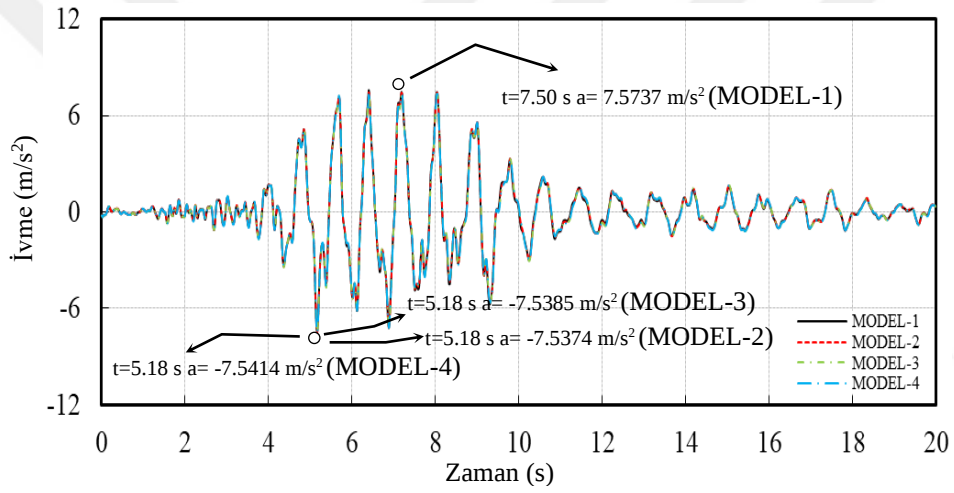


Şekil 104. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen ivmeler

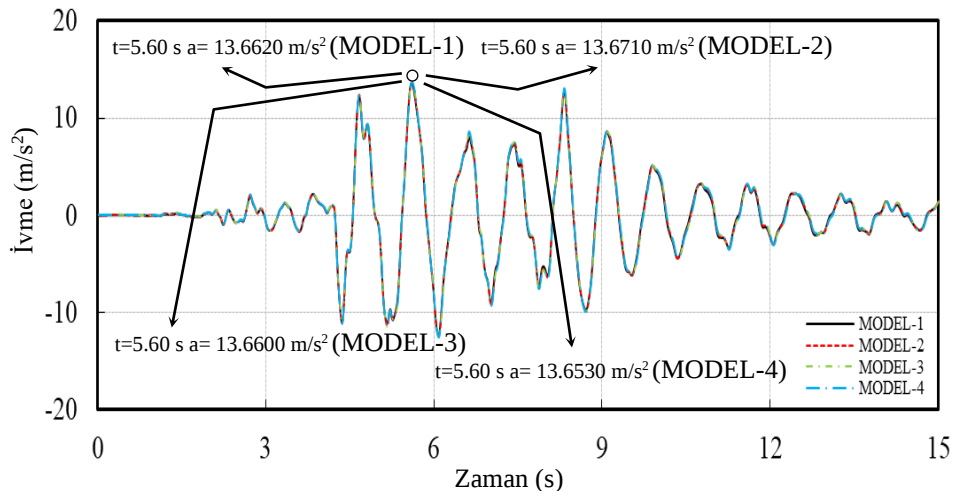
İvme tepkilerinin zamana bağlı değişimi Şekil 105~107’de verilmektedir. En büyük ivme değerleri Şekil 105 için incelendiğinde, Coalinga deprem yüklemesi altında S3 temel zemin sisteminde MODEL-1 için yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki ivme 6.2084 m/s^2 iken, temel zemin genişliğindeki artışa bağlı olarak MODEL-1’e kıyasla aynı değer MODEL-2 için %0.7’lik azalışla 6.1611 m/s^2 , MODEL-3 için %0.9’luk artışla 6.2170 m/s^2 ve MODEL-4 için %0.4’lük azalış ile 6.1928 m/s^2 seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Bir diğer örnek olarak Şekil 107 incelendiğinde, Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-1 için en büyük ivme 13.6620 m/s^2 olarak elde edilirken zemin genişliğindeki artış ile MODEL-1’e kıyasla aynı değer MODEL-4’te %0.1’lik azalışla 13.6530 m/s^2 olarak gerçekleşmiştir. Örneklerden de anlaşılacağı üzere dikkate alınan temel zemini genişliği değişimlerine bağlı olarak yapı ivme tepkilerinde kayda değer farklar meydana gelmemektedir.



Şekil 105. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi



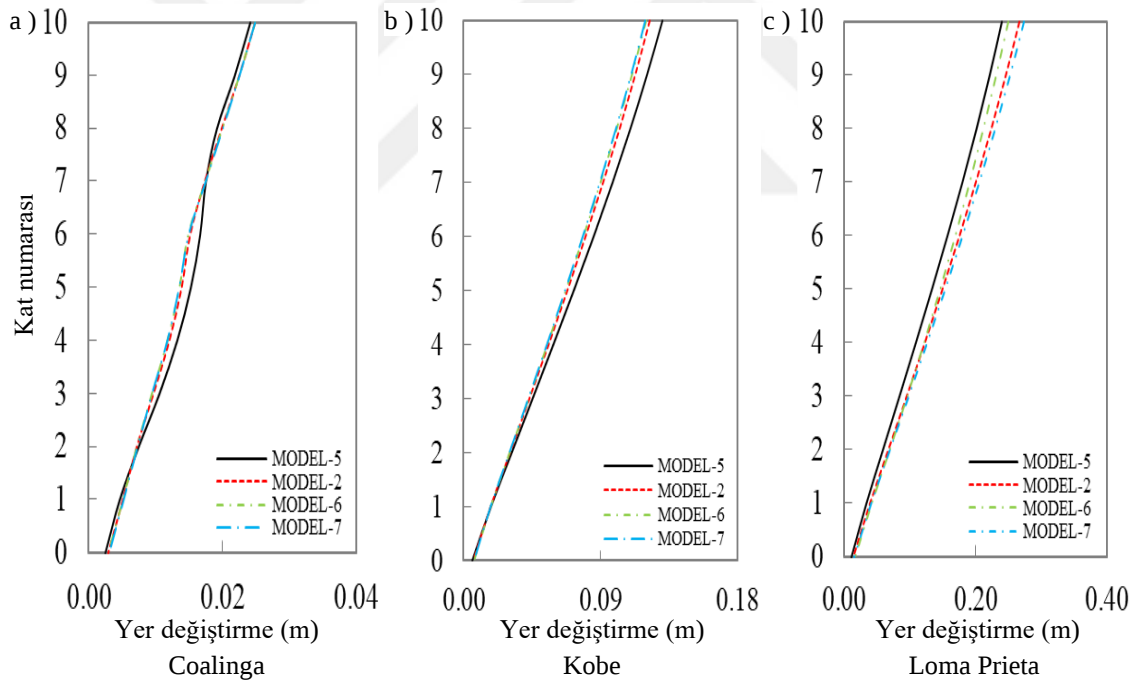
Şekil 106. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 107. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.10.2. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Ana Kaya Derinliği Etkilerinin İrdelenmesi

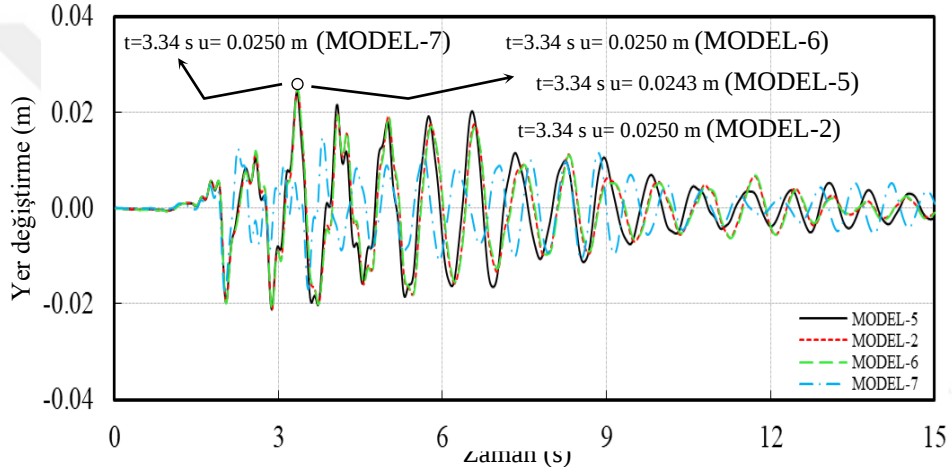
Farklı deprem kayıtlarına göre sonlu eleman modelleri yardımı ile elde edilen çözümleme sonuçlarından bina yüksekliği boyunca yer değiştirme değerlerinin değişimi Şekil 108’de incelenmiştir. Bu şeklin bileşenleri incelendiğinde, Coalinga, Kobe ve Loma Prieta deprem yüklemeleri etkisinde x doğrultusunda en büyük yer değiştirme değerlerine tüm modellerde 10. kat seviyesinde rastlanmaktadır. S3 temel zemin sistemi dikkate alındığında ana kaya derinliği değişiminin yer değiştirme tepkilerinde belirgin farklar meydana getirdiği söylenebilmektedir. Bu durum; uygun ve güvenli bir tasarım açısından derinliğine zemin incelemelerinin önemine ve yapının performansını etkileyecek geoteknik bilgilerin derinlik boyunca öğrenilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Buradaki bir diğer bulgu, deprem karakteristiklerine bağlı olarak ana kaya derinliği artışının zaman zaman tepkileri artırabileceği, zaman zaman ise azaltabileceği gerçeğidir.



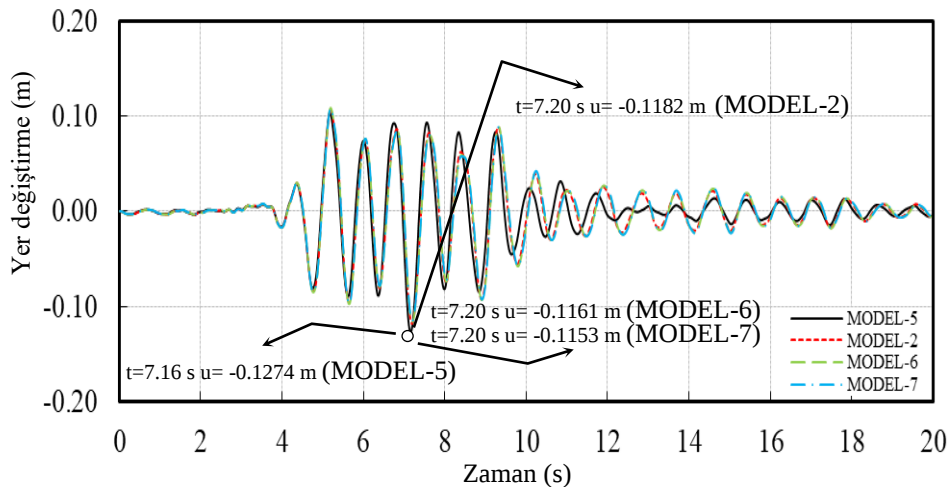
Şekil 108. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen yer değiştirmeler

Yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi Şekil 109~111’de verilmektedir. Zamana bağlı yer değiştirme grafiklerinden Şekil 109 incelendiğinde, Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusundaki en büyük yer değiştirmenin MODEL-5 yapı sisteminde 0.0243 m olarak elde edildiği görülürken, ana kaya derinliğinin artmasına bağlı olarak MODEL-5’e kıyasla bu değer MODEL-2, MODEL-

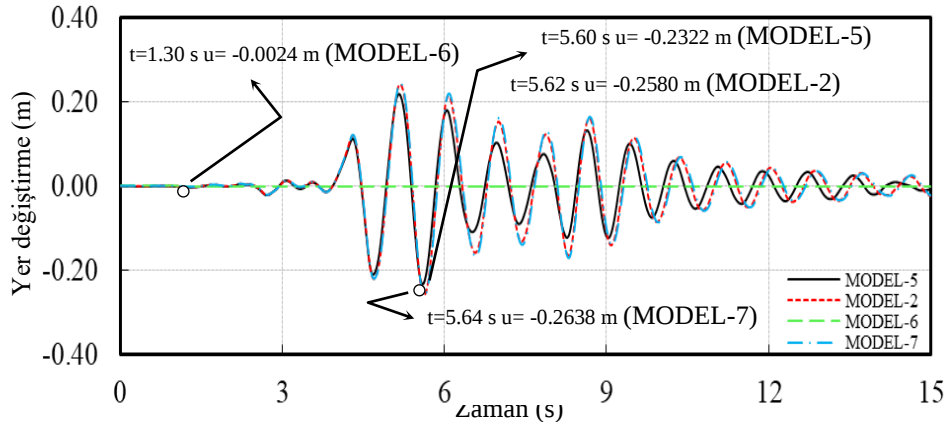
6 ve MODEL-7’de %3 oranında artış ile 0.0250 m seviyelerine çıkmaktadır. Benzer şekilde Şekil 110 incelendiğinde, Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-5 yapı sisteminde en büyük yer değiştirme değerinin 0.1274 m olarak elde edildiği görülürken, ana kaya derinliğinin değişimine bağlı olarak MODEL-5’e kıyasla bu tepkinin MODEL-7’de %10’luk azalışla 0.1153 m seviyesine düştüğü gözlemlenmektedir. Benzer olarak Şekil 111 incelendiğinde, Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-5 için en büyük yer değiştirme değerinin 0.2322 m olarak elde edildiği, ana kaya derinliğindeki artışa bağlı olarak MODEL-5’e kıyasla aynı tepkinin MODEL-2 için %11’lik artışla 0.2580 m ve MODEL-7 için %14’lük artışla 0.2638 m olarak gerçekleştiği söylenebilmektedir.



Şekil 109. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi

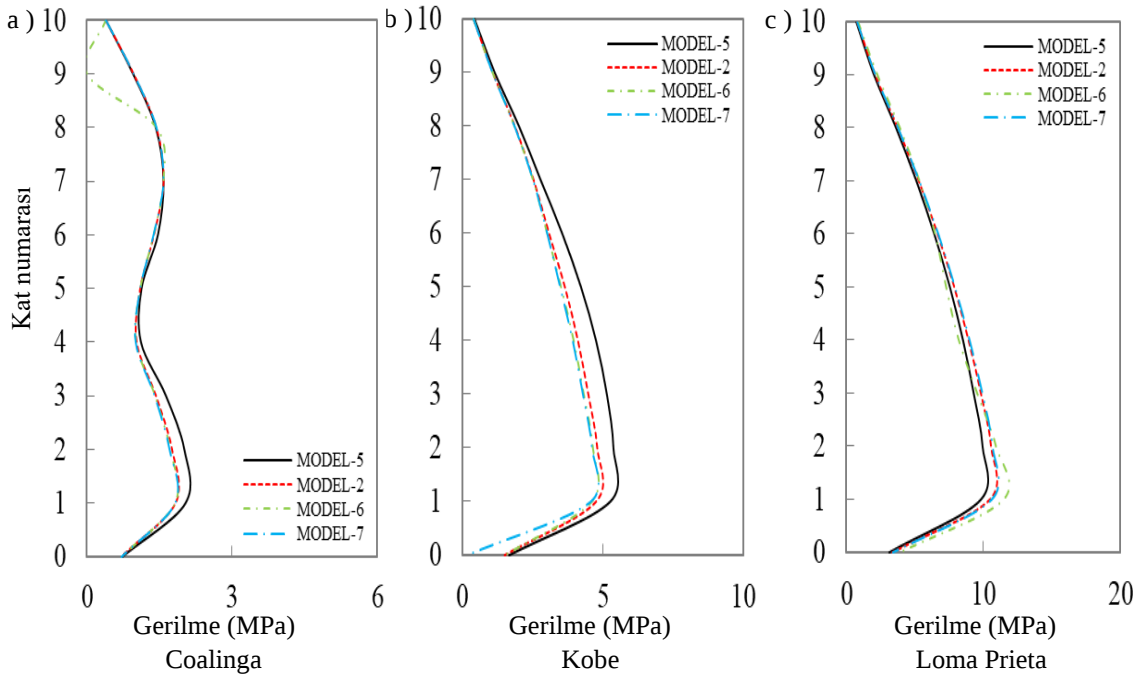


Şekil 110. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi



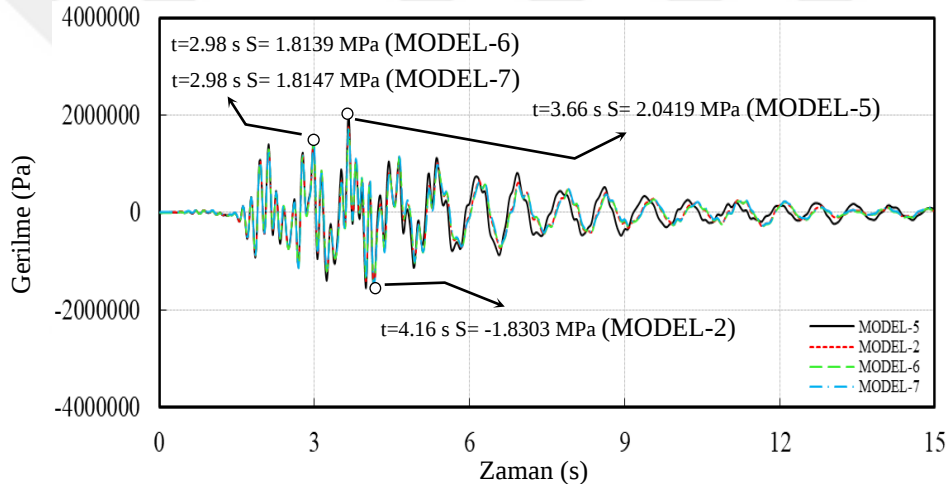
Şekil 111. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi

Gerilme tepkilerinin yükseklik boyunca değişimi Şekil 112’de gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere tüm modellerde en büyük gerilme tepkileri ile 1. kat seviyelerinde karşılaşmakta ve bu seviyeden sonra gerilmelerde genel olarak bir azalma eğilimi gözlenmektedir. S3 temel zemin sistemi dikkate alındığında ana kaya derinliği değişiminin gerilme tepkilerinde belirgin farklar meydana getirdiği söylenebilmektedir. Bu durum; uygun ve güvenli bir tasarım açısından derinliğine zemin incelemelerinin önemine ve yapının performansını etkileyecek geoteknik bilgilerin derinlik boyunca öğrenilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Ayrıca deprem karakteristiklerine bağlı olarak ana kaya derinliği artışının zaman zaman tepkileri artırabileceği, zaman zaman ise azaltılabileceği gözlenmiştir.

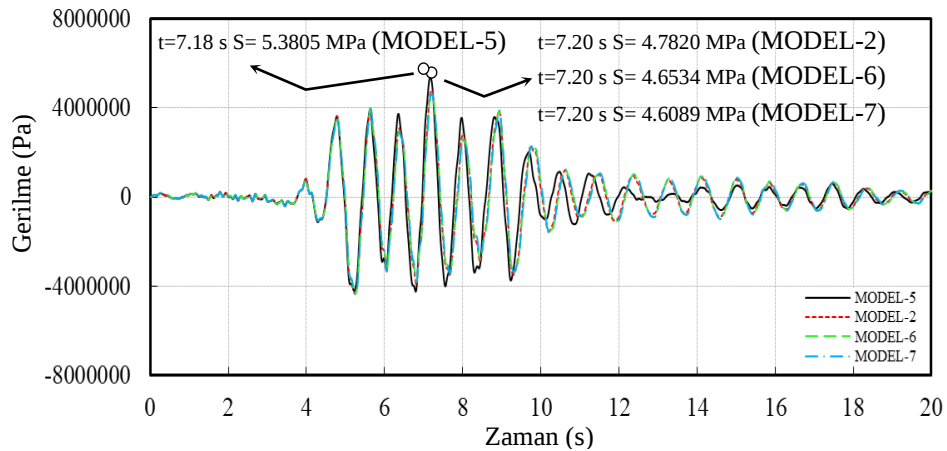


Şekil 112. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen gerilmeler

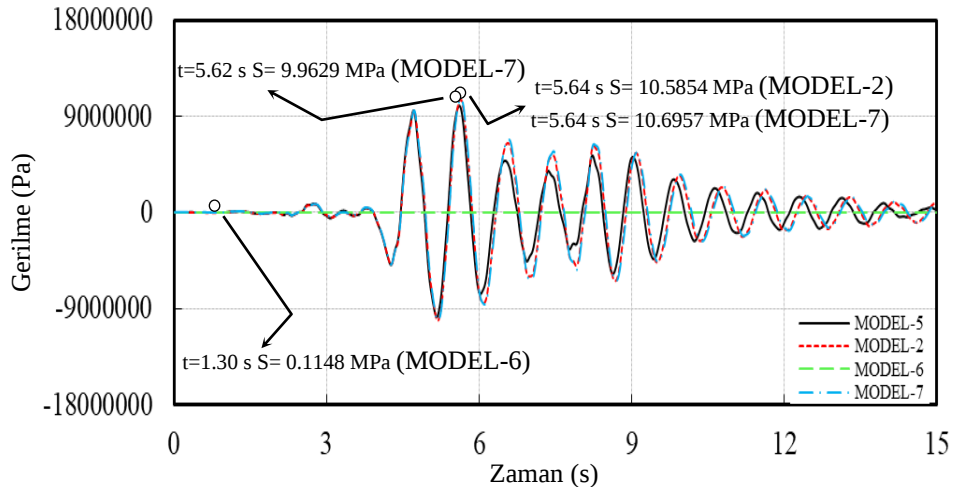
Gerilme tepkilerinin zamana bağlı değişimi Şekil 113~115'te verilmektedir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere ana kaya derinliğinin değişimi gerilmelerin büyüklüğünde ve gerçekleşme zamanlarında farklılıklar oluşturmaktadır. Örneğin Şekil 114 incelendiğinde, Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-5 için yapı sisteminden elde edilen en büyük x doğrultusundaki gerilme çekme olarak 5.3805 MPa iken, ana kaya derinliğinin artmasına bağlı olarak MODEL-5'e kıyasla aynı değer MODEL-7 için %14'lük azalış ile çekme olarak 4.6089 MPa seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Benzer duruma bir diğer örnek olarak Şekil 115 incelendiğinde, Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-5 için en büyük gerilme çekme olarak 9.9629 MPa olarak elde edilirken, aynı değer MODEL-7'de %7'lik artışla çekme olarak 10.6957 MPa seviyesinde gerçekleşmektedir.



Şekil 113. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi

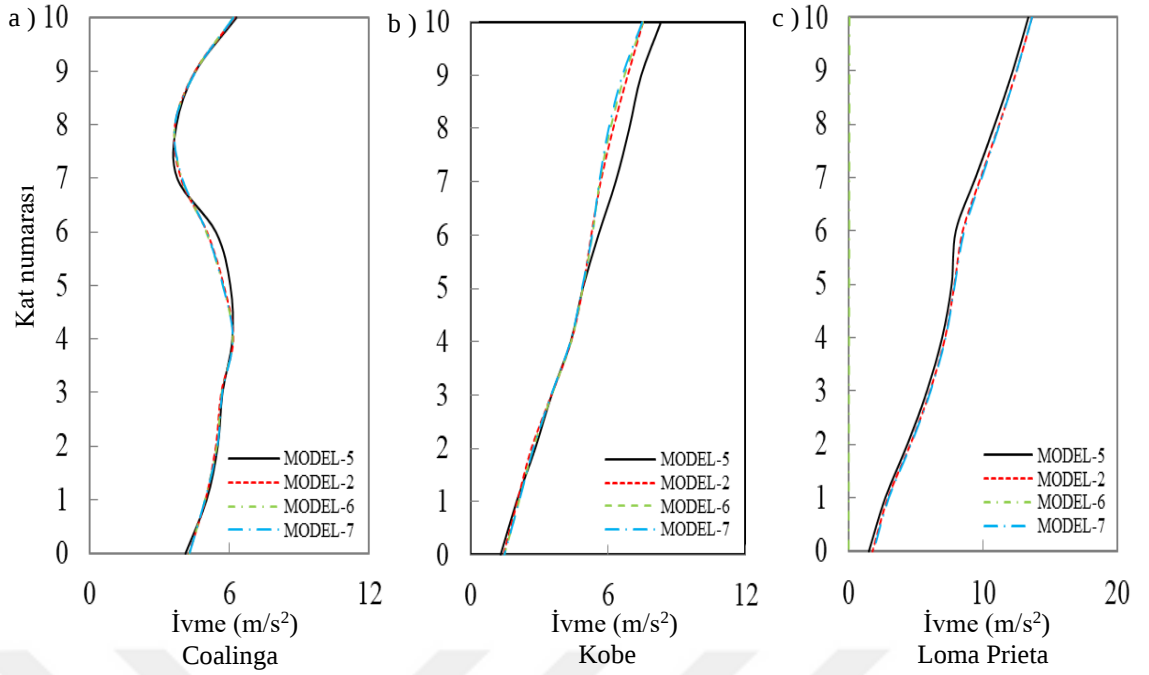


Şekil 114. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi



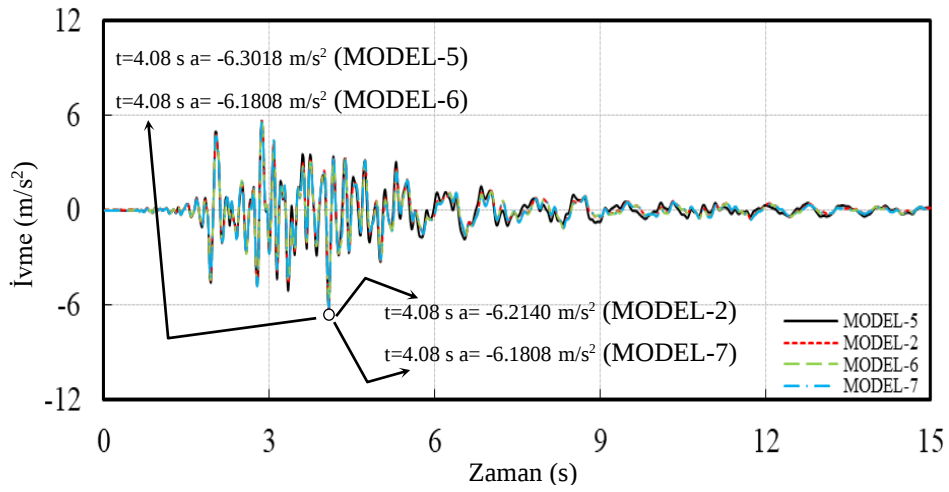
Şekil 115. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen gerilmelerin zamana bağlı değişimi

İvme tepkilerinin yükseklik boyunca değişimi Şekil 116'da ele alınmaktadır. Ana kaya derinlikleri birbirinden farklı modellerden elde edilen ivme değerleri incelendiğinde, deprem yüklemesinin karakterine ve depremin zemin ile olan karmaşık etkileşimine bağlı olarak ivme tepkilerinde bazı durumlarda ihmal edilebilir bazı durumlarda ise ihmal edilemeyecek düzeylerde değişimlerin olduğu gözlenmektedir. Şekil 116a incelendiğinde, S3 zemin sisteminde Coalinga deprem yüklemesi altında x doğrultusunda en büyük ivme değerlerinin 4-5. kat seviyelerinde vuku bulduğu ve MODEL-5'ten MODEL-7'ye doğru ivme tepkilerinde bir azalma olduğu söylenebilmektedir. Şekil 116b'ye bakıldığında, Kobe deprem yüklemesi altında en büyük ivme değerlerinin 10. kat seviyelerinde görüldüğü ve 5. kat seviyesinden itibaren MODEL-5'e nazaran diğer modellerde ivme değerlerinde azalmalar gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 116c'ye bakıldığında ise en büyük ivme değerlerinin Loma Prieta depreminde vuku bulduğu görülmektedir. Ayrıca deprem yer hareketi özelliklerinin yapıda meydana gelen ivme davranışının karakterini değiştirebildiği bir diğer unsur olarak göze çarpmaktadır.

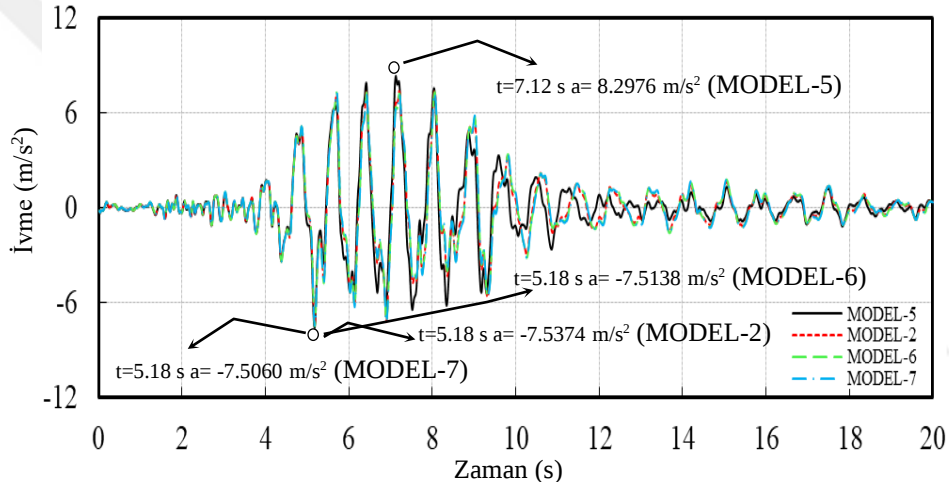


Şekil 116. S3 zemin sisteminde yapı yüksekliği boyunca modellerden elde edilen ivmeler

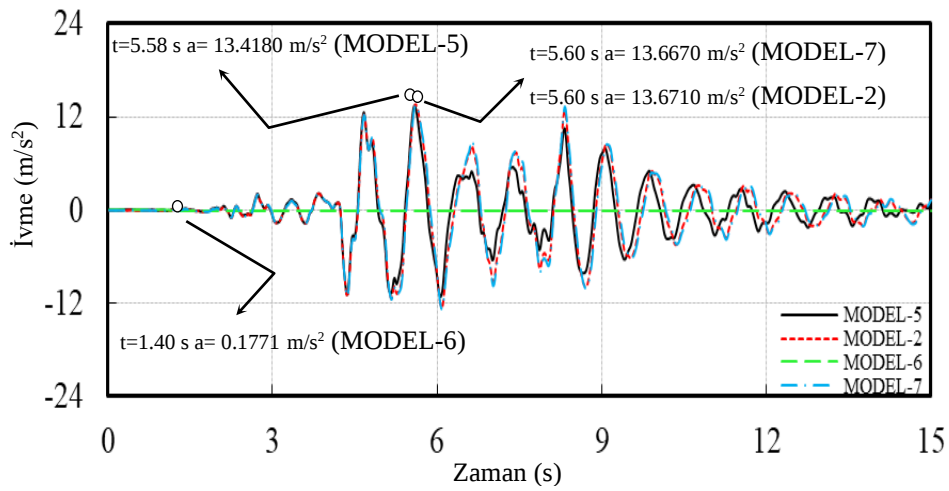
İvme tepkilerinin zamana bağlı değişimi Şekil 117~119’da verilmektedir. Şekil 117 incelendiğinde, Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusundaki en büyük ivme tepkisi MODEL-5 için 6.3018 m/s^2 iken, ana kaya derinliğinin artışıyla bağlı olarak bu tepki %2’lik azalışla MODEL-7 şartlarında 6.1808 m/s^2 seviyelerindedir. Şekil 118 irdelendiğinde, Kobe depreminde Coalinga depremine nazaran ivme değerleri arasındaki oransal farklılığın daha belirgin olduğu gözlemlenebilir. Bu şekilden MODEL-5 için en büyük ivme tepkisi 8.2976 m/s^2 iken, MODEL-7 şartlarında aynı tepkinin %10 oranında azalarak 7.5060 m/s^2 olarak hesaplandığı açıktır. Şekil 119 incelendiğinde ise en büyük ivme değerlerinin Loma Prieta depreminde elde edildiği göze çarpmaktadır. Bu deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde MODEL-5 için en büyük ivme değeri 13.4180 m/s^2 olarak elde edilirken, bu değer MODEL-7 için %2’lik artış ile 13.6670 m/s^2 olarak gerçekleşmektedir. Tüm bu örneklerden de anlaşılacağı üzere, ana kaya derinliklerinin değişimine bağlı olarak elde edilen ivme tepkilerinde kayda değer değişimler gözlemlenebilmektedir.



Şekil 117. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi



Şekil 118. Kobe deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi



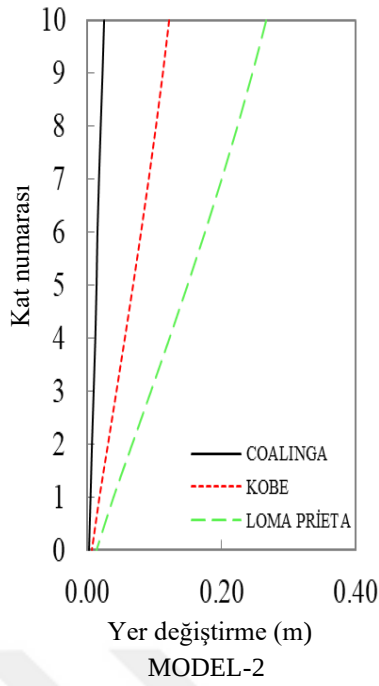
Şekil 119. Loma Prieta deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde x doğrultusunda modellerden elde edilen ivmelerin zamana bağlı değişimi

2.11. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Yer Hareketi Etkilerinin İrdelenmesi

En büyük yer ivmesi deprem şiddetini ortaya koyabilecek tek parametre konumunda değildir. Deprem yer hareketinin frekans muhtevası ve süresi de bu şiddeti etkileyen parametreler arasındadır. Bu bağlamda farklı frekans muhtevasına sahip depremler binaların dinamik davranışını farklı boyutlarda etkileyebilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde; yüksek frekans muhtevasına sahip Coalinga depremi, orta frekans muhtevasına sahip Kobe depremi ve düşük frekans muhtevasına sahip Loma Prieta depremi kullanılarak, modellenen yapısal sistemlerin dinamik davranışları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Buradaki analizlerde incelemeye konu olan zemin sistemlerinden en yumuşak (esnek) karaktere sahip olan S3 zemin sistemi dikkate alınmıştır. Bu bölüm iki alt bölümden oluşmaktadır. İlkinde yer hareketi etkileri MODEL-2 üzerinden, ikincisinde ise MODEL-7 üzerinden değerlendirilmektedir. Buradaki irdellemeler yine yer değiştirme, gerilme ve ivmelerin yapı yüksekliğince ve zamansal değişimlerini kapsamaktadır.

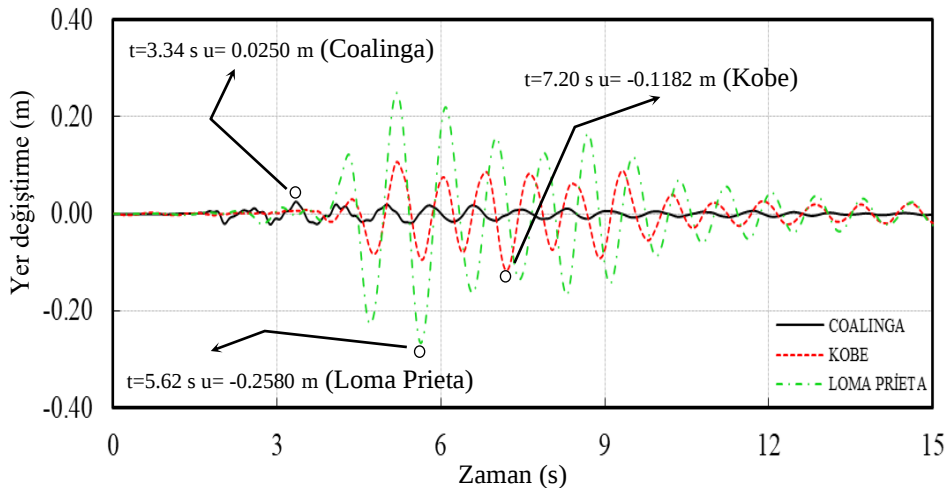
2.11.1. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Yer Hareketi Etkilerinin MODEL-2 İçin İrdelenmesi

Değişik frekans muhtevasına sahip depremler etkisindeki yapı sisteminde oluşan dinamik yer değiştirmelerin yükseklik boyunca dağılımı Şekil 120’de görülmektedir. Bu şekil incelendiğinde, düşük frekans muhtevalı Loma Prieta depremi etkisinde en büyük yer değiştirme tepkisinin, yüksek frekans muhtevalı Coalinga depreminden en küçük yer değiştirme tepkisinin elde edildiği gözlenmektedir. Orta frekans muhtevalı Kobe depremi etkisinde ise yapı yer değiştirmeleri yukarıda belirtilen iki değerin arasında elde edilmektedir. Bu karşılaştırmadan, yukarıda ifade edildiği gibi en büyük yer ivmesinin her zaman deprem şiddetini ortaya koyabilecek tek bir parametre olamayacağı ve hareketin frekans muhtevasının da etkin bir parametre olduğu göze çarpmaktadır. Zira 3.06 m/s^2 en büyük yer ivmesine sahip orta frekans muhtevalı Kobe depremi, 3.60 m/s^2 en büyük yer ivmesine sahip yüksek frekans muhtevalı Coalinga depremine nazaran daha büyük tepkiler üretebilmiştir. Ayrıca en büyük yer değiştirme tepkileri tüm depremlerde 10. katta görülmektedir.



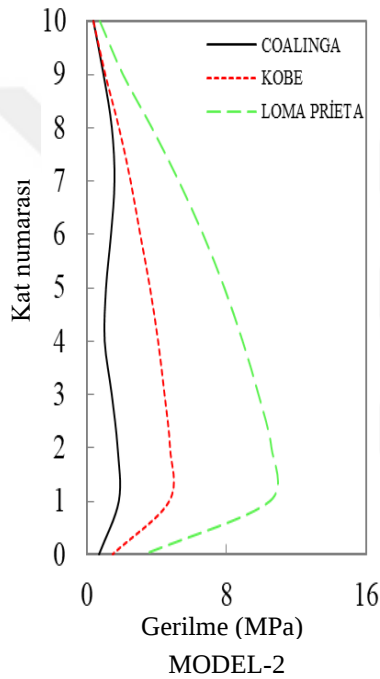
Şekil 120. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde elde edilen yer değiştirmeler

Yer değiştirmelerin zamansal değişimi Şekil 121’de sunulmaktadır. Şekil 121 incelendiğinde, en yüksek yer değiştirme değerinin düşük frekans içeriğine sahip Loma Prieta depreminde meydana geldiği görülmektedir. Coalinga depremi yüklemesi altında S3 zemin sisteminden elde edilmekte olan en büyük yer değiştirme değeri 0.0250 m iken, bu değer Kobe deprem yüklemesi altında %373’lük artış ile 0.1182 m, Loma Prieta deprem yüklemesi altında ise Coalinga depremine nazaran %932’lik artış ile 0.2580 m olarak elde edilmektedir.



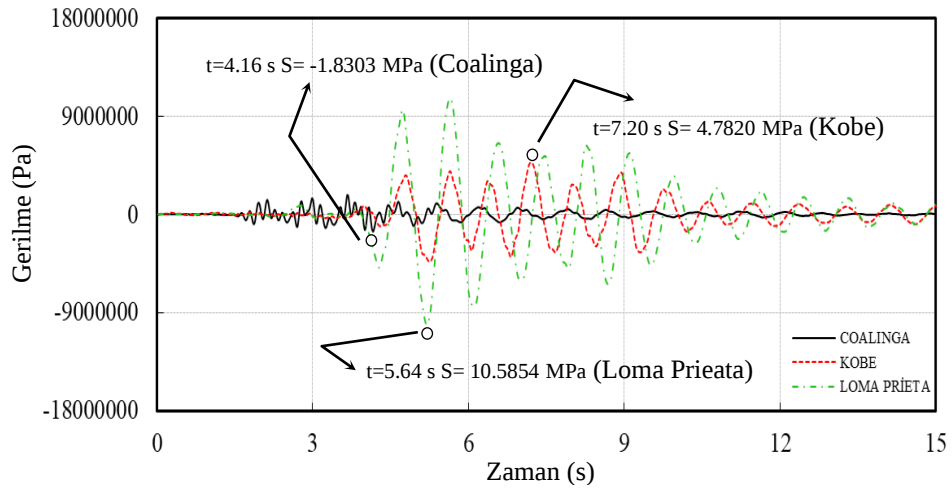
Şekil 121. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen yer değiştirmeler

Değişik frekans muhtevalı depremler etkisinde S3 temel zemin sistemi baz alınan yapı sisteminde dinamik gerilmelerin yükseklik boyunca dağılımı Şekil 122’de görülmektedir. Bu şekilden, en yüksek gerilme tepkilerinin 1. ve 2. kat seviyelerinde vuku bulduğu ve bu düzeylerde en yüksek gerilmelere ulaşıldıktan sonra yükseklik artışına bağlı olarak gerilme değerlerinin azaldığı görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde en büyük gerilme tepkisinin Loma Prieta deprem yüklemesinde, en düşük gerilme tepkisinin ise Coalinga deprem yüklemesinde görüldüğü söylenebilmektedir. Ayrıca yer hareketi özelliklerinin yükseklik boyunca tepkilerin karakterini değiştirebildiği bir diğer bulgudur.



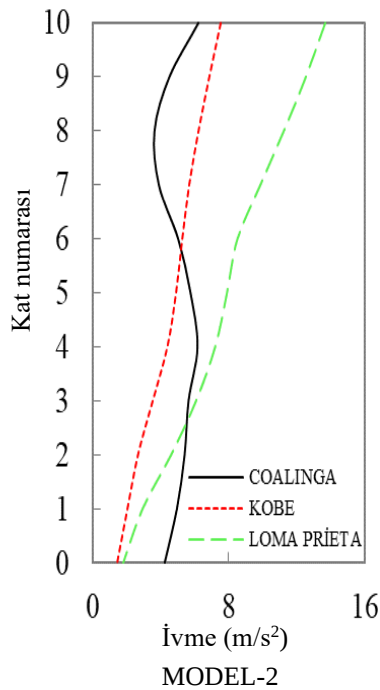
Şekil 122. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde elde edilen gerilmeler

Gerilmelerin zamansal değişimi Şekil 123’te sergilenmektedir. Bu şekil incelendiğinde, en düşük değerlerin elde edildiği Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde gerilme değeri 1.8303 MPa iken, %161’lik artış ile bu değer Kobe deprem yüklemesi altında 4.7820 MPa ve Coalinga depremine nazaran %478’lik artışla Loma Prieta deprem yüklemesi altında 10.5854 MPa olarak elde edildiği görülmektedir. Burada da en büyük yer ivmesinin her zaman deprem şiddetini ortaya koyan tek bir parametre olamayacağı, hareketin frekans muhtevalısının da bu hususta etkin bir parametre olduğu ve en büyük yer ivmesi daha küçük olan depremlerde frekans muhtevalısına bağlı olarak daha büyük tepkilerin üretilebileceği gerilmeler üzerinden yapılan irdelemelerden de net bir şekilde ön plana çıkmaktadır.



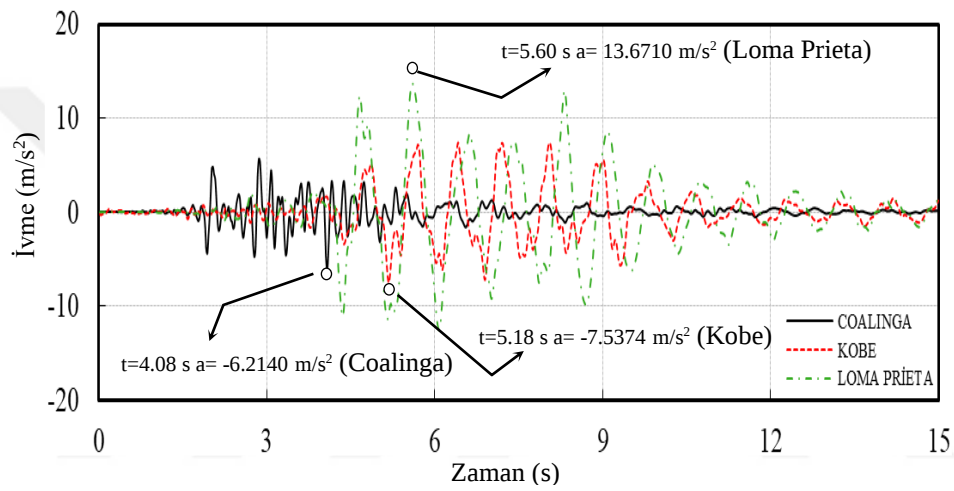
Şekil 123. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen gerilmeler

Değişik frekans muhtevalı depremler altında meydana gelen dinamik ivmelerin yükseklik boyunca değişimi Şekil 124'te görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde, en yüksek ivme tepkilerinin Coalinga deprem yüklemesi altında 4. kat seviyelerinde, Kobe ve Loma Prieta deprem yüklemeleri altında ise 10. kat seviyelerinde vuku bulduğu belirgindir. Sonuçlar incelendiğinde 10. kat seviyesinde en büyük ivme tepkisine Loma Prieta deprem yüklemesinde, en düşük ivme tepkisine ise Coalinga deprem yüklemesinde rastlanmaktadır. İlaveten yer hareketi karakteristiklerinin yükseklik boyunca ivme karakterini değiştirebildiği bir diğer bulgu olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 124. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde elde edilen ivmeler

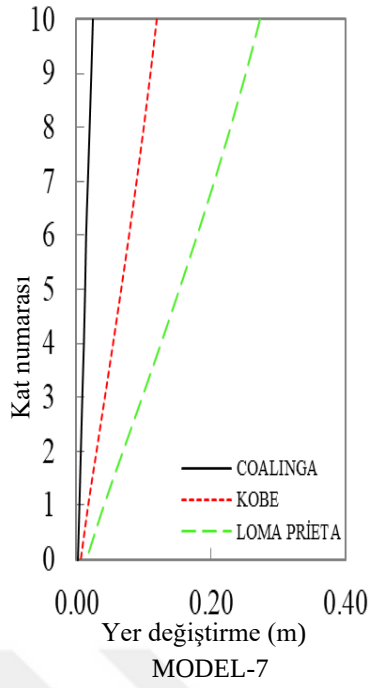
İvmelerin zamana bağlı değişimi Şekil 125'te verilmektedir. Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde ivme değeri 6.2140 m/s^2 iken, %21'lik artış ile bu değer Kobe deprem yüklemesi altında 7.5374 m/s^2 ve Coalinga depremine kıyasla %120 oranında artışla Loma Prieta deprem yüklemesi altında 13.6710 m/s^2 olarak hesaplanmaktadır. Burada da en büyük yer ivmesinin her zaman deprem şiddetini ortaya koyan tek bir unsur olmadığı, hareketin frekans muhtevasının da bu hususta etkin bir rol oynadığı ve en büyük yer ivmesi daha küçük olan depremlerde frekans muhtevasına bağlı olarak daha büyük tepkilerin üretilebileceği ivmeler üzerinden yapılan irdelemelerden de açıkça gözükmektedir.



Şekil 125. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-2 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen ivmeler

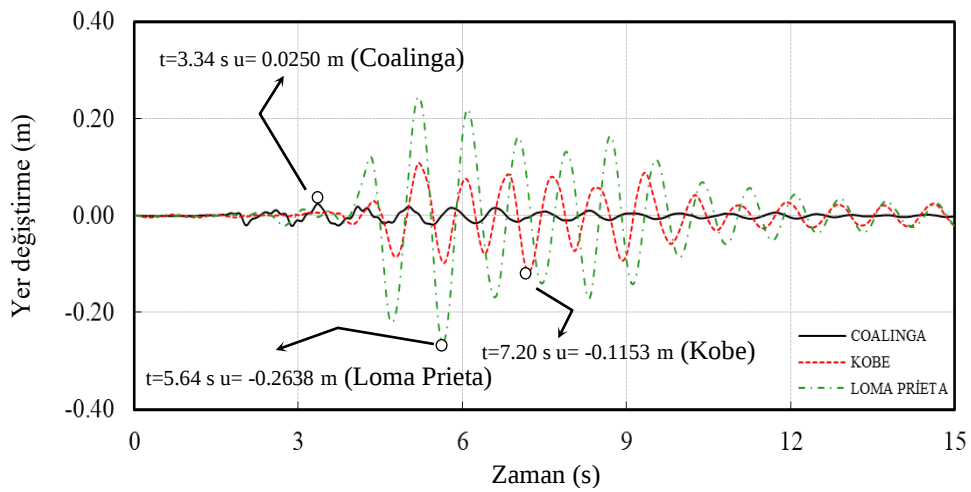
2.11.2. Yapı Deprem Davranışı Üzerinde Yer Hareketi Etkilerinin MODEL-7 İçin İrdelenmesi

Değişik frekans muhtevasına sahip depremler etkisindeki yapı sisteminde oluşan dinamik yer değiştirmelerin yükseklik boyunca dağılımı Şekil 126'da görülmektedir. Bu şekil incelendiğinde, MODEL-2'de olduğu gibi burada da düşük frekans muhtevalı Loma Prieta depremi etkisinde en büyük yer değiştirme tepkisinin, yüksek frekans muhtevalı Coalinga depreminden en küçük yer değiştirme tepkisinin elde edildiği gözlenmektedir. Ayrıca MODEL-7 için de en yüksek yer değiştirme tepkilerine yine 10. kat seviyesinde rastlanmaktadır.



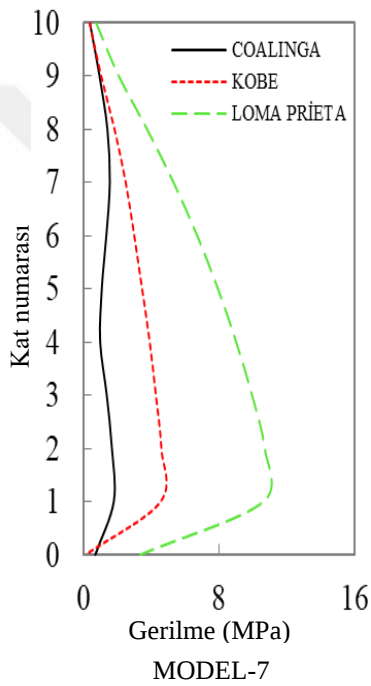
Şekil 126. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde hesaplanan yer değiştirmeler

Yer değiştirmelerin zamansal değişimi Şekil 127’de verilmektedir. MODEL-7 için Coalinga depreminde en büyük yer değiştirme değeri 0.0250 m iken, %361’lik artış ile bu değer Kobe deprem yüklemesi altında 0.1153 m ve %953 oranında artışla Loma Prieta deprem yüklemesi altında 0.2638 m olarak hesaplanmaktadır. Bu oransal değişimler yer hareketi frekans muhtevasının, yer değiştirme tepkileri üzerinde hakim unsurlardan biri olduğuna referans niteliğinde değerlendirilmektedir.



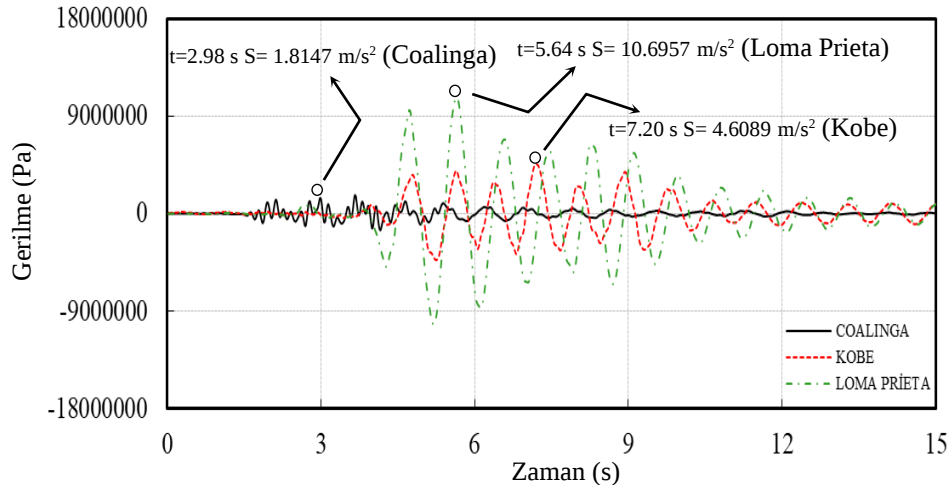
Şekil 127. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen yer değiştirmeler

Değişik frekans muhtevalı depremler etkisinde S3 temel zemin sistemi baz alınan yapı sisteminde dinamik gerilmelerin yükseklik boyunca dağılımı Şekil 128’de görülmektedir. Bu şekilden, en yüksek gerilme tepkilerinin 1. ve 2. kat seviyelerinde vuku bulduğu ve bu düzeylerde en yüksek gerilmelere ulaşıldıktan sonra yükseklik artışına bağlı olarak gerilme değerlerinin azaldığı görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde en büyük gerilme tepkisinin Loma Prieta deprem yüklemesinde, en düşük gerilme tepkisinin ise Coalinga deprem yüklemesinde görüldüğü söylenebilmektedir. Ayrıca yer hareketi özellikleri yükseklik boyunca tepkilerin karakterini değiştirebilmektedir.



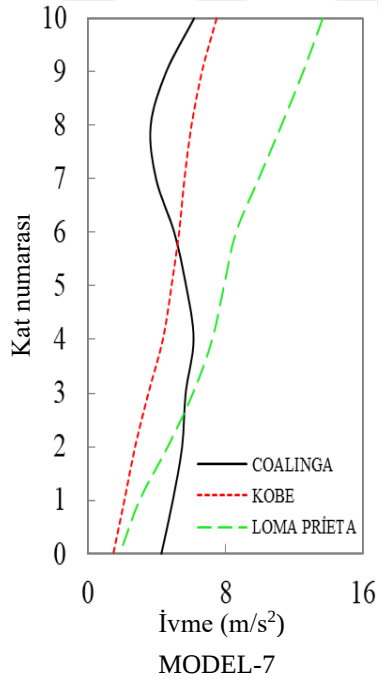
Şekil 128. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde elde edilen gerilmeler

Gerilmelerin zamansal değişimi Şekil 129’da sergilenmektedir. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde en büyük gerilme değeri 1.8147 MPa iken, %154’lük artış ile bu değer Kobe deprem yüklemesi altında 4.6089 MPa ve Coalinga kaydına kıyasla %490 oranında artışla Loma Prieta deprem yüklemesi altında 10.6957 MPa’dır.



Şekil 129. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen gerilmeler

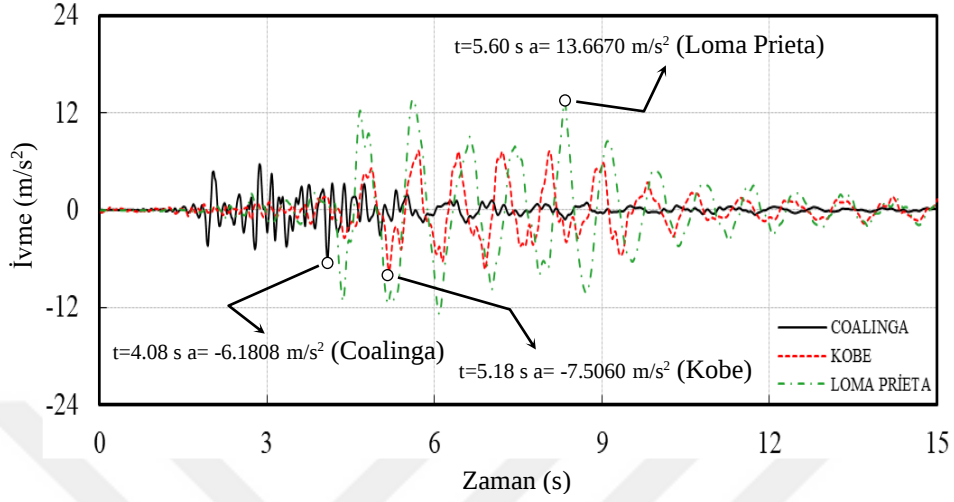
Değişik frekans muhtevalı depremler altında meydana gelen dinamik ivmelerin yükseklik boyunca değişimi Şekil 130'da görülmektedir. MODEL-7 için en yüksek ivme tepkilerine 10. kat seviyelerinde ulaşılmaktadır. 10. kat seviyelerinde en büyük ivme tepkileri Loma Prieta deprem yüklemesinde, en düşük ivme tepkileri ise Coalinga deprem yüklemesinde gözlenmektedir.



Şekil 130. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde elde edilen ivmeler

İvmelerin zamana bağlı değişimi Şekil 131'de gösterilmektedir. MODEL-7 için Coalinga deprem yüklemesi altında S3 zemin sisteminde en büyük ivme değeri 6.1808

m/s^2 iken, bu değer Kobe deprem yüklemesi altında %21'lik artış ile 7.5060 m/s^2 , Loma Prieta deprem yüklemesi altında ise Coalinga kaydına nazaran %121'lik artış ile 13.6670 m/s^2 olarak elde edilmektedir.



şekil 131. Değişik frekans muhtevalı depremler altında MODEL-7 için S3 zemin sisteminde zamana bağlı elde edilen ivmeler

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, döşeme, kiriş, kolon ve radye temel sistemlerinden oluşan 10 katlı bir yapının dinamik tepkileri üzerinde; farklı yöresel zemin şartlarının, deprem yer hareketi frekans muhtevasının ve temel zemini olarak dikkate alınan zemin ortamının farklı hacimlerinin göreceli etkileri üç boyutlu sonlu eleman çözümlemelerine dayalı olarak değerlendirilmiştir. Farklı frekans muhtevalı üç deprem yer hareketi, farklı rijitliklere sahip üç zemin ve ankastre taban koşulu, her iki yatay doğrultuda yapının her bir yüzünden itibaren dört farklı zemin genişliği ve temel tabanından itibaren dört farklı ana kaya derinliği göz önünde bulundurularak gerilme, ivme ve yer değiştirme tepkilerine dayalı kıyaslamalı irdelemeler yapılmıştır. Modellemelerde zemin ve yapının davranışı lineer elastik olarak tanımlanmış ve zemin-yapı etkileşim mekanizması kütsüz temel yaklaşımı ile hesaba katılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda maddeler halinde listelenmektedir.

- Zemin parametrelerinin ve yer hareketinin değişimine bağlı olarak gerilme, ivme ve yer değiştirme tepkilerinin şiddetlerinde ve oluş zamanlarında farklılıkların meydana geldiği görülmektedir. Bu farklılıkların, etkileşim mekanizmasına ve önemli oranda deprem frekans muhtevasına bağlı olarak geliştiği açıkça gözlemlenebilmektedir.
- Yer değiştirmelerin yapı yüksekliği boyunca arttığı, en büyük yer değiştirmelerin en üst kat seviyesinde (10. kat) meydana geldiği, bunların zaman zaman yön değiştirebildiği ve yapının tersinir harekete zorlandığı görülmektedir. Ayrıca zemin rijitliğinin azalmasıyla yer değiştirmelerin genel olarak arttığı söylenebilir. Ancak, özellikle tabandaki ötelenmelere ve deprem frekans muhtevasına bağlı olarak, yer değiştirmelerin bazı durumlarda zemin rijitliğindeki azalmayla artmayabileceği gözlenmektedir. Bu durum ile burada incelenilen Coalinga ve Kobe depremi çözümlemelerinde karşılaşılmıştır. Öte yandan en büyük yer değiştirmeler sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde vuku bulmaktadır.
- Gerilmelerin 10. kattan 1. kata doğru genellikle artış eğiliminde olduğu gözlenmektedir. Ayrıca deprem frekans içeriğine ve yöresel zemin koşulları ile deprem özelliklerinin etkileşimine bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla gerilmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlenebilmektedir. Bu durum her problemin ilgili sahaya özgü olduğunu ve kendi arazi şartlarında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan en büyük gerilmelerin sırasıyla Loma Prieta, Kobe ve Coalinga depremlerinde vuku bulduğu görülmektedir.

- Kobe ve Loma Prieta depremlerinde tüm zemin koşullarında en büyük ivmeler 10. kat seviyesinde oluşurken, Coalinga depreminde en büyük ivme; ankastre taban, S1 ve S2 zemin koşullarında 5. kat seviyesinde, S3 zemininde ise 10. kat düzeyinde meydana gelmektedir. Ayrıca deprem frekans muhtevası ile yöresel zemin koşullarına bağlı olarak, zemin rijitliğinin azalmasıyla ivmelerde bazen artma bazen de azalma eğilimi gözlemlenmektedir. Öte yandan en büyük ivmeler genel olarak sırasıyla Loma Prieta, Coalinga ve Kobe depremlerinde meydana gelmektedir.
- Her iki yatay doğrultuda yapının her bir yüzünden itibaren zemin genişliğinin artışına bağlı olarak gerilme, ivme ve yer değiştirme değerlerinde kayda değer bir farklılığın olmadığı ve burada incelenen zemin genişliklerinin tepkiler üzerinde ihmal edilebilir düzeylerde bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.
- Temel tabanından itibaren dikkate alınan zemin tabakası kalınlığının, diğer bir deyişle ana kaya derinliğinin değişiminin söz konusu tepkilerde belirgin farklar meydana getirdiği görülmektedir. Bu durum, uygun ve güvenli bir tasarım açısından derinliğine zemin incelemelerinin önemine ve yapının performansını etkileyecek geoteknik bilgilerin derinlik boyunca öğrenilmesi gerektiğine işaret etmektedir.
- Farklı frekans muhtevasına sahip depremler binaların dinamik davranışını farklı boyutlarda etkileyebilmektedir. En büyük tepkiler sırasıyla düşük frekans muhtevalı Loma Prieta, orta frekans muhtevalı Kobe ve yüksek frekans muhtevalı Coalinga depreminde vuku bulmaktadır.
- En büyük yer ivmesinin deprem şiddetini ortaya koyan tek parametre konumunda olmadığı ve hareketin frekans muhtevasının da bu şiddeti etkileyen önemli bir unsur olduğu göze çarpmaktadır. Bu çalışmada dikkate alınan 3.06 m/s^2 en büyük yer ivmesine sahip orta frekans muhtevalı Kobe depremi, 3.60 m/s^2 en büyük yer ivmesine sahip yüksek frekans muhtevalı Coalinga depremine nazaran daha büyük tepkiler üretmektedir.
- Gelecek çalışmalarda yapı temel türü (tekil,sürekli ve radye) değişiminin, yapının şeve/yamaca yakınlığının, yapılar arası etkileşimin ve düzensiz yapı geometrilerinin sismik davranış üzerindeki etkileri incelenebilir.

KAYNAKÇA

- Ada, M. (2020). *Bina grupları üzerindeki yapı-zemin-yapı etkileşiminin incelenmesi, Doktora Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (618665).*
- Araz, O., Ozturk, K. F. ve Cakir, T. (2022). Effect of different objective functions on control performance of tuned mass damper for a high-rise building considering soil-structure interaction. *Archieve of Applied Mechanics*, 92, 1413-1429.
- Araz, O., Çakır, T., Öztürk, K.F. ve Kaya, D. (2023). Effect of foundation embedment ratio in suppressing seismic-induced vibrations using optimum tuned mass damper. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 171, 1-14.
- Ala, N. (2007). *Adapazarı zemininde yapılan betonarme yapılarda zemin-yapı etkileşimi, Yüksek lisans tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (199902).*
- Aydınoglu, M.N. (1977). *Üstyapı-zemin ortak sisteminin deprem hesabı. Doktora Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (2228).*
- Bhattacharya, K., Dutta, S. C. ve Dasgupta, S. (2004). Effect of soil-flexibility on dynamic behaviour of building frames on raft foundation. *Journal of Sound and Vibration*, 274, 111-135.
- Cakir, T ve Ozturk 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 J Eng & Nat Sci*, 11 (1), 37-50.
- Çakır, T. (2010). *Zemin-depo dış duvarı-sıvı sistemlerinin deprem davranışlarının incelenmesi, Doktora Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (275689).*
- 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. ve Livaoğlu, R. (2013). Dolgu-konsol istinat duvarı-temel/zemin etkileşim sisteminin dinamik davranışlarının incelenmesi. XVIII. Ulusal Mekanik Kongresi, 26-30 Ağustos 2013, Manisa.
- Çelebi, E., Göktepe, F. ve Karahan, N. (2012). Non-linear finite element analysis for prediction of seismic response of buildings considering soil-structure interaction, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 3495–3505.
- Derdiman, M.K. (2013). Farklı özelliklere sahip zeminlerin betonarme yüksek yapılarda yapı salınım periyoduna etkisi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 025602 (9-15).

- Doğangün, A ve Livaoğlu, R. (2006). A comparative study of the design spectra defined by Eurocode 8, UBC, IBC and Turkish Earthquake Code on R/C sample buildings, *Journal of Seismology*, 10, 335-351.
- Dutta, S. C., Bhattacharya K. ve Roy R. (2004). Response of low-rise buildings under seismic ground excitation incorporating soil-structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24, 893-914.
- El Hoseny, M., Ma, J. ve Josephine, M. (2022). Effect of embedded basement stories on seismic response of low-rise building frames considering SSI via small shaking table tests. *Sustainability*, 14, 1275.
- Fatahi, B ve Tabatabaiefar, H. R. (2014). Fully nonlinear versus equivalent linear computation method for seismic analysis of midrise buildings on soft soils. *International Journal of Geomechanics*, 14(4), 04014016.
- Ghandil, M. ve Behnamfar, F. (2017). Ductility demands of MRF structures on soft soils considering soil-structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 92, 203-214.
- Goktepe, 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.
- Hokmabadi, A. S., Fatahi, B. ve Samali, B. (2015). Physical modeling of seismic soil-pile-structure interaction for buildings on soft soils, *International Journal of Geomechanics*, 15(2), 04014046.
- Kamal, M., Inel, M. ve Caycı, B.T. (2022). Seismic behavior of mid-rise reinforced concrete adjacent buildings considering soil-structure interaction. *Journal of Building Engineering*, 104296.
- Karabörk, T. (2009). Yapı-Zemin Etkileşimi Dikkate Alınarak Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan 3 Boyutlu Dinamik Analizi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1), 25-36.
- Karabörk, T., Deneme, İ.Ö. ve Bilgehan, R.P. (2010). Temeli izole edilen yapılarda dinamik yapı-zemin etkileşimi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 77-87.
- Karakostas, C., Morfidis, K., Rovithis, E. ve Theodoulidis, N. (2022). Soil-structure interaction effects on the seismic response of a public building in Lefkas, Greece. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20(7), 3549-3575.

- Livaoğlu, R. (2005). *Ayaklı depoların sıvı-yapı-zemin etkileşimleri dikkate alınarak deprem davranışlarının incelenmesi. Doktora tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (170989).*
- Lu, X., Chen, Y., Chen, B. ve Li, P. (2001). Shaking table model test on the dynamic soil-structure interaction system, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1(1), 55-64.
- Lu, X., Chen, B., Li, P. ve Chen, Y. (2003). Numerical analysis of tall buildings considering dynamic soil-structure interaction. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2(1), 1-8.
- Lu, X., Li, P., Chen, B. ve Chen, Y. (2005). Computer simulation of the dynamic layered soil-pile-structure interaction system. *Canadian Geotechnical Journal*, 42(3), 742-751.
- Mamuk F. (2010). *Üç Boyutlu Dinamik Zemin-Yapı Etkileşimi, Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (292276).*
- Miranda, E ve Taghavi, S. (2005). Approximate floor acceleration demands in multistory buildings. I: Formulation. *Journal of Structural Engineering*, 131, 203-211.
- Mylonakis, G ve Gazetas, G. (2000). Seismic soil-structure interaction: Beneficial or detrimental?, *Journal of Earthquake Engineering*, 4, 277-301.
- Nguyen, Q. V., Fatahi, B. ve Hokmabadi, A. S. (2016). The effects of foundation size on the seismic performance of buildings considering the soil-foundation-structure interaction. *Structural Engineering and Mechanics*, 58(6), 1045-1075.
- Nguyen, Q. V., Fatahi, B. ve Hokmabadi, A. S. (2017). Influence of size and load-bearing mechanism of piles on seismic performance of buildings considering soil-pile-structure interaction, *International Journal of Geomechanics*, 17(7), 04017007.
- Özgan, K., Kılıçer, S., Daloğlu, A.T. ve Karakaş, A.İ. (2016). Yapı Zemin Etkileşiminin Betonarme Yapıların Tasarımına Etkisi, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 18(53), 139-152.
- Öztürk K.F. (2023). *Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak kutu menfezlerin deprem davranışının incelenmesi. Doktora Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye, (808918).*
- Öztürk, K. F., Cakir, T. ve Araz, O. (2022). A comparative study to determine seismic response of the box culvert wing wall under influence of soil-structure interaction

- considering different ground motions, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 107452.
- Özyazgan, C. (2002). *Deprem yükleri altında yapı zemin etkileşimi, Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye*, (121077).
- Parlak A. F. (2023). *Zemin-yapı etkileşimi dikkate alınarak çok katlı bir yapının dinamik davranışı üzerinde zemin kat yüksekliğinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye*, (816759).
- Qaftan, O. S., Toma-Sabbagh, T., Weekes, L. ve Augusthus-Nelson, L. (2020). Validation of a finite element modelling approach on soil-foundation-structure interaction of a multi-storey wall-frame structure under dynamic loadings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 131, 106041.
- Roy, R ve Dutta, S. C. (2010). Inelastic seismic demand of low-rise buildings with soil-flexibility. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 45, 419-432.
- Sharma, N., Dasgupta, K. ve Dey, A. (2020). Natural period of reinforced concrete building frames on pile foundation considering seismic soil-structure interaction effects. *Structures*, 27, 1594-1612.
- Stewart, J.P., Seed, R. B. ve Fenves, G. L. (1999). Seismic soil-structure interaction in buildings. II: Empirical findings. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125, 1, 38-48.
- Syan, T. A. O. (2021). *The effect of soil-structure interaction on the behaviour of various types of building. Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Öğretim Kurumu-Türkiye*, (665703).
- Tabatabaiefar, S. H. R. ve Massumi, A. (2010). A simplified method to determine seismic responses of reinforced concrete moment resisting building frames under influence of soil-structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(11), 1259-1267.
- Tabatabaiefar, H. R ve Fatahi, B. (2014). Idealisation of soil-structure system to determine inelastic seismic response of mid-rise building frames. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 66,339-351.
- Tabatabaiefar, H. R., Fatahi, B. ve Samali, B. (2013). Seismic behavior of building frames considering dynamic soil-structure interaction. *International Journal of Geomechanics*, 13, 409-420.
- Tabatabaiefar, H. R., Fatahi, B. ve Samali, B. (2014). Numerical and experimental investigations on seismic response of building frames under influence of soil-structure interaction. *Advances in Structural Engineering*, 17(1), 109-130.

- Terzi, V. G ve Athanatopoulou, A. (2021). Influence of soil structure interaction effects on the real elastic axis of asymmetric buildings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 146, 106775.
- Torabi, H ve Rayhani, M. T. (2014). Three dimensional finite element modeling of seismic soil-structure interaction in soft soil. *Computers and Geotechnics*, 60, 9-19.
- Vicencio, F ve Alexander, N. A. (2019). Dynamic structure-soil-structure interaction in unsymmetrical plan buildings due to seismic excitation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 127, 105817.
- Zafarkhah, E ve Dehkordi, M. R. (2017). Evaluation and numerical simulation of soil type effects on seismic soil-structure interaction response of RC structures. *Journal of Vibroengineering*, 19 (7), 5208-5230.
- Zhang X ve Far H. (2022). Effects of Dynamic Soil-Structure Interaction on Seismic Behaviour of High-rise Buildings. *Faculty of Engineering and Information Technology, University of Technology Sydney (UTS), School of Civil and Environmental Engineering, Building 11, Level 11.*

ÖZGEÇMİŞ

Hümeýra ATALAY GAZİOĞLU lise eğitimini Gümüşhane Anadolu Lisesinde tamamladı. 2015 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2016 yılında ÇAP programı ile Harita Mühendisliği bölümüne başladı. 2018-2019 yılları arasında Farabi öğrenci değişim programı ile Karadeniz Teknik Üniversitesinde öğrenim görerek mezun oldu. 2020 yılında Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında tezli yüksek lisans eğitime başladı. 2021-2022 yılları arasında DSİ 223. Şube Müdürlüğünde görev yaptı. 2022 Eylül ayında Gümüşhane İl Özel İdaresinde göreve başlamış olup halen göreve devam etmektedir.

