

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ BİNALARIN  
DAVRANIŞINA DOLGU DUVARLARIN ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Osman Zahid ÖZDOĞU**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜH.**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĞLAR**

**Haziran 2006**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ BİNALARIN  
DİNAMİK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Osman Zahid ÖZDOĞU**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜH.**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

**Bu tez 06/06/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr.  
Muzaffer ELMAS  
Jüri Başkanı**

**Yrd. Doç. Dr.  
Naci ÇAĞLAR  
Üye**

**Yrd. Doç. Dr.  
Mehmet SARIBIYIK  
Üye**

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sűresince, dűőnceleriyle ve fikirleriyle yol gűsteren sayın Yrd. Doç. Dr. Naci ÇAĐLAR hocama,

Lisans ve sonrasında yűksek lisans eĐitimim boyunca, beni bu sefer de yalnız bırakmayan çok sevdiĐim saygı deĐer aileme,

Tez alıőması ve hazırlanması sűresince yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen, Ayla YALÇIN, Ayőe ve Ahmet AKIN arkadaşlarıma,

En içten teőekkűrlerimi bir borç bilirim.

Depremsiz bir yaőam, yinede depremlerle yaőamaya aliőmiő ve korunmuő bir toplum dileğiyle...

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar.....	2
1.2. Çalışmanın Kapsam Amacı.....	3
BÖLÜM 2.	
DEPREM HAREKETİ.....	5
2.1. Spektrum.....	9
BÖLÜM 3.	
DİNAMİK ANALİZ.....	12
3.1. Genel hareket denkleminin çıkarılması.....	12
3.2. Serbest titreşim hesabı.....	14
3.3. Modların süperpozisyonu yöntemi.....	17
3.4. Spektral analiz.....	18
3.5. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz.....	20
BÖLÜM 4.	
SAYISAL UYGULAMALAR.....	21

4.1. 1A tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	25
4.2. 1B tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	29
4.3. 1C tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	33
4.4. 1D tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	37
4.5. 2A tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	41
4.6. 2B tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	45
4.7. 2C tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	49
4.8. 2D tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	53
4.9. 3A tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	57
4.10. 3B tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	61
4.11. 3C tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	65
4.12. 3D tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri.....	69
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	80
5.1. Gerilmeler açısından.....	80
5.2. Yer değiştirmeler açısından.....	81
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	85

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

[C]	: Sistemin Sönüm Matrisi
E	: Elastisite Modülü
H	: Bina Yüksekliği
Hz	: Hertz
k	: Eleman Rijitlik Matrisi
[K]	: Sistem Rijitlik Matrisi
m	: Eleman Kütlesi
[M]	: Kütle Matrisi
t	: Zaman
T	: Periyod
$\nu$	: Poisson Oranı
$\rho$	: Kütlesel Yoğunluk
v	: Deplasman
m	: Metre
w	: Doğal frekans
$\phi$	: Mod şekli
Sa	: Spektral ivme
Sv	: Spektral hız
Sd	: Spektral yer değiştirme
$\sigma$	: Gerilme
$\alpha_i$	: modal katılma çarpan

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yer değiştirme spektrum eğrisinin elde edilmesi.....	6
Şekil 2.2. İvme spektrumu eğrisinin elde edilmesi.....	7
Şekil 2.3. Yer değiştirme hız ve ivme spektrum eğrileri (El Centro Depremi 1940, K-G bileşeni).....	8
Şekil 2.4. El Centro depremi (1940, K-G bileşeni) spektrum eğrileri.....	9
Şekil 2.5. Deprem ivme spektrumunun normalize edilmesi.....	10
Şekil 2.6. Değişik zemin durumlarına ait normalize edilmiş ortalama ivme spektrumları.....	11
Şekil 3.1. Dinamik yatay deprem kuvveti etkisindeki yapı sistemi ve ayrıklaştırılması..	13
Şekil 3.2. Çok serbestlik dereceli sistemin mod şekilleri.....	17
Şekil 4.1. Çerçeve sistemin zemin üzerinde tanımlanması.....	21
Şekil 4.2. A modeli yapı tipi.....	23
Şekil 4.3. B modeli yapı tipi.....	23
Şekil 4.4. C modeli yapı tipi.....	23
Şekil 4.5. D modeli yapı tipi.....	23
Şekil 4.6. Marmara depreminin (17 Ağustos 1999) KG bileşeninin ivme kaydı.....	24
Şekil 4.7. Zemin katta seçilen S1, S2 ve S3 kolonları.....	24
Şekil 4.8. 1A Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	25
Şekil 4.9. 1A Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	25
Şekil 4.10. 1A Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	26
Şekil 4.11. 1A Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	27
Şekil 4.12. 1A Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	28
Şekil 4.13. 1A Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	28
Şekil 4.14. 1B Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	29
Şekil 4.15. 1B Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	29

Şekil 4.16. 1B Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	30
Şekil 4.17. 1B Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	31
Şekil 4.18. 1B Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	32
Şekil 4.19. 1B Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	32
Şekil 4.20. 1C Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	33
Şekil 4.21. 1C Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	33
Şekil 4.22. 1C Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	34
Şekil 4.23. 1C Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	35
Şekil 4.24. 1C Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	36
Şekil 4.25. 1C Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	36
Şekil 4.26. 1D Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	37
Şekil 4.27. 1D Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	37
Şekil 4.28. 1D Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	38
Şekil 4.29. 1D Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	39
Şekil 4.30. 1D Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	40
Şekil 4.31. 1D Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	40
Şekil 4.32. 2A Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	41
Şekil 4.33. 2A Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	41
Şekil 4.34. 2A Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	42
Şekil 4.35. 2A Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	43
Şekil 4.36. 2A Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	44
Şekil 4.37. 2A Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	44
Şekil 4.38. 2B Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	45
Şekil 4.39. 2B Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	45
Şekil 4.40. 2B Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	46
Şekil 4.41. 2B Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	47



Şekil 4.42. 2B Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	48
Şekil 4.43. 2B Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	48
Şekil 4.44. 2C Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	49
Şekil 4.45. 2C Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	49
Şekil 4.46. 2C Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	50
Şekil 4.47. 2C Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	51
Şekil 4.48. 2C Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	52
Şekil 4.49. 2C Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	52
Şekil 4.50. 2D Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	53
Şekil 4.51. 2D Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	53
Şekil 4.52. 2D Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	54
Şekil 4.53. 2D Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	55
Şekil 4.54. 2D Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	56
Şekil 4.55. 2D Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	56
Şekil 4.56. 3A Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	57
Şekil 4.57. 3A Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	57
Şekil 4.58. 3A Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	58
Şekil 4.59. 3A Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	59
Şekil 4.60. 3A Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	60
Şekil 4.61. 3A Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	60
Şekil 4.62. 3B Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	61
Şekil 4.63. 3B Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	61
Şekil 4.64. 3B Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	62
Şekil 4.65. 3B Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	63
Şekil 4.66. 3B Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	64
Şekil 4.67. 3B Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	64
Şekil 4.68. 3C Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	65

Şekil 4.69. 3C Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	65
Şekil 4.70. 3C Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	66
Şekil 4.71. 3C Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	67
Şekil 4.72. 3C Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	68
Şekil 4.73. 3C Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	68
Şekil 4.74. 3D Tipi yapı modelinin $\sigma_{11}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	69
Şekil 4.75. 3D Tipi yapı modelinin $\sigma_{22}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	69
Şekil 4.76. 3D Tipi yapı modelinin $\sigma_{12}$ gerilme dağılımı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	70
Şekil 4.77. 3D Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramı (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	71
Şekil 4.78. 3D Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.....	72
Şekil 4.79. 3D Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.....	72
Şekil 4.80. 1A, 1B, 1C ve 1D tipi yapılarda, zemin kat S3 kolonu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramları (MPa).....	74
Şekil 4.81. 2A, 2B, 2C ve 2D tipi yapılarda, zemin kat S3 kolonu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramları (MPa).....	75
Şekil 4.82. 3A, 3B, 3C ve 3D tipi yapılarda, zemin kat S3 kolonu $\sigma_{22}$ gerilme diyagramları (MPa).....	76
Şekil 4.83. Zemin kat yer değiştirmelerin zemin kat yüksekliklerine göre değişimi.....	78
Şekil 4.84. Son kat yer değiştirmelerin zemin kat yüksekliklerine göre değişimi.....	78
Şekil 4.85. Kat yer değiştirme oranlarının zemin kat yüksekliğine göre değişimleri.....	79
Şekil 4.86. Kat yer değiştirme oranlarının yapı modellerine göre değişimleri.....	79

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Modellerin genel özellikleri.....	22
Tablo 4.2 Dinamik analizlerde kullanılan malzeme özellikleri.....	22
Tablo 4.3. 1A tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa,N/mm <sup>2</sup> ).....	26
Tablo 4.4. 1B tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	30
Tablo 4.5. 1C tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	34
Tablo 4.6. 1D tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	38
Tablo 4.7. 2A tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	42
Tablo 4.8. 2B tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	46
Tablo 4.9. 2C tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	50
Tablo 4.10. 2D tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	54
Tablo 4.11. 3A tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	58
Tablo 4.12. 3B tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	62
Tablo 4.13. 3C tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	66
Tablo 4.14. 3D tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm <sup>2</sup> ).....	70
Tablo 4.15. Modellerin maksimum yer değiştirme değerleri.....	77

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Dolgu duvar, bant pencere, kısa kolon, yumuşak kat, zaman tanım alanında dinamik analiz.

Bu çalışmada deprem etkisindeki betonarme yapıların davranışına, dolgu duvar uygulama modellerinin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla toplam on kat olmak üzere, zemin kat yükseklikleri farklı 3 tip çerçeve ve her farklı çerçeve tipinde 4 farklı duvar modelleriyle, toplam 12 adet çerçeve sistemin zaman tanım alanında dinamik analizleri SAP2000 programıyla yapılmıştır. Yapı modellerinin gerilme dağılımları ile yer değiştirmeleri, grafikler halinde sunularak değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda; zemin katta boş çerçeve sistemlerde, deprem yükleri altında, kolonların aşırı zorlandığı ve yüksek gerilmeler meydana geldiği görülmüştür. Duvar dolgu olan çerçeve sistemlerde ise taşıyıcı kolonlarda gerilmelerin düşük olduğu, dolgu duvarların, deprem altındaki taşıyıcı sistemin gerilme kapasitesini arttırdığı gözlenmiştir. Bant şeklinde pencere olan çerçeve sistemlerde ise, aşırı gerilmelerin bu sefer pencere bölümündeki kolon üst bölgelerinde toplandığı görülmüştür.

Katlardaki yer değiştirmelerin ise, zemin kat yüksekliği arttırıldıkça değiştiği, zemin katta uygulanan duvar modellerinin, kat yer değiştirmelerini etkilediği gözlenmiş, özellikle zemin katı boş çerçeve olan sistemin yer değiştirmelerinin, dolgu duvar modelleri ile oluşturulmuş sistemlere göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Yapılarda düzensiz boşluklu sistemlerden kaçınılmalı, dolgu duvar uygulama tipleri sonucu bant pencere ve yumuşak kat oluşturacak durumlardan kaçınılmalıdır.

# **DYNAMIC ANALYSIS OF BUILDINGS SUBJECTED TO EARTHQUAKE**

## **SUMMARY**

**Keywords:** Fill wall, band window, short column, soft story, time history analysis  
In this study, the effects of fill wall to response of buildings subjected to earthquake are investigated. For this purpose, time history analysis of selected different 12 buildings type is carried out by using of SAP2000. The stress distributions and displacements of first story and top story are illustrated with graphs and evaluated.

In the filled frame the stresses are a smaller amount than the unfilled frame and the maximum stresses are observed in the unfilled frames. When the first story heights are increased, the soft story irregularity is formed and the displacements are enlarged. Furthermore, when the band window is formed in the first story, the short column effect is formed and the stresses are increased as the same in the unfilled frame models. When the first story heights are increased, the ratios of sharing the displacements are greater than before.

During the design processes, the soft story irregularity should not form in the buildings. Besides, by using of band window short column effect also should not form.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Günümüz yapılaşmasında çok katlı yapıların yaygın olarak kullanılması ve giderek daha yüksek yapıların uygulama alanı bulması, bu yapıların önemini hem ekonomik yönden hem de güvenlik yönünden arttırmaktadır.

Ülkemizin deprem kuşağı bakımından riskli bölgede yer alması, yapılaşma sırasında analizlerde ve tasarımlarda deprem etkisinin göz önünde bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır.

Yapıların çoğu ülkemizde çerçeve sistemlerden oluşmakta ve çeşitli bölme duvar dolgu modelleri ile yapı sistemleri doldurulmaktadır. Bu yapılar tasarım aşamasında sadece taşıyıcı sistemleri kolon kiriş ve döşeme gibi birbirine bağlanmış rijit elemanlar ile analiz edilmekte, duvar gibi mimari ve estetik oluşturan ara bölmelerin hiçbiri analizlerde göz önünde bulundurulmamakta ve hesaplara katılmamaktadır. Hesaplarda göz ardı edilen bölme duvar elemanları, taşıyıcı sistem olarak bir görev yapmasa da, depremden dolayı büyük yatay yükler etkisindeki yapılarda taşıyıcı çerçeve sistemlerin çalışmasını ve davranışlarını olumlu veya olumsuz yönde etkilemektedirler.

Deprem sonrası binalarda meydana gelen hasarlar üzerinde yapılan araştırma ve gözlemlerde, bölme duvar elemanların büyük yer değiştirmeler oluşturduğu ve sistemin hasar görmesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucu, bölme amaçlı kullanılan dolgu duvarların taşıyıcı sistemin davranışlarını değiştirdiği ortaya çıkarılmış ve yapı projelendirilmesi aşamasında taşıyıcı sistemlerin analizlerinde, duvarlarında modellenmesi konusunda gelişmeler gözlenmektedir.

### 1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Sivri ve arkadaşları [1], dolgu duvarların ve planda duvar yerleşiminin yapı davranışına etkisini incelemiştir. Bu amaçla değişik dolgu duvar yerleşimlerine sahip betonarme yapı ele almış ve dolgu duvarların modellenmesi için eşdeğer diyagonal eleman kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda dolgu duvarların yapının rijitliğini (direngenliğini) değiştirdiği ve rijitliğe (direngenliğe) bağlı olarak yapı periyodu ve yapıya gelen deprem kuvvetlerinin de değiştiğini gözlemlemiştir.

H. Sezen ve arkadaşları [2], 17 Ağustos 1999 Marmara depremi sonrası deprem bölgesindeki betonarme yapıların performanslarını incelemiştir. Bu çalışmada betonarme yapıların hasar ve yıkılma nedenlerini, yapı sistemleri ve detaylarında ki hataları araştırmışlardır. Ayrıca bu çalışmalarında bölme duvarların planda yanlış yerleştirilmesinin yapı davranışını olumsuz yönde etkilediği ve ağır hasarlara neden olduğunu örnekleriyle ortaya koymuşlardır.

Seda DÖNMEZ [3], İTÜ de 2006 yılında tamamlamış olduğu yüksek lisans tezinde, dolgu duvarların, deprem etkisi altında taşıyıcı sisteme katkısını araştırmıştır. Dolgu duvarları, eşdeğer sanal çubuk modeli kullanarak modellemiştir. Yaptığı analizler sonucunda, ele aldığı yapı modellerinin maksimum yer değiştirmelerini, taban kesme kuvvetlerini ve 1.mod titreşim periyotları elde etmiştir. Farklı taşıyıcı sistemlerin analiz sonuçlarını karşılaştırmış ve dolgu duvarların taşıyıcı sistem davranış özelliklerini büyük ölçüde değiştirebildiğini gözlemlemiştir.

Onur ÖKTEM [4], İTÜ de 2003 yılında tamamlamış olduğu yüksek lisans tezinde, dolgu duvarları modellemiştir. Çalışmasında dolgu duvarların yapı davranışına sistem rijitliği, dayanımı ve sünekliliği bakımından etkisini araştırmıştır. Dolgu duvarları temsilen eşdeğer sanal çubuk modeli kullanmıştır. Çözümleme sonucunda, çıplak çerçeve sonuçlarıyla dolgu duvarlı çerçeve sonuçları ve kuramsal sonuçlarla da deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Eylem YALÇIN [5], İTÜ de 1999 yılında hazırladığı yüksek lisans tezinde, dolgu duvarların ve konularının çok katlı betonarme yapıların deprem kuvvetleri altındaki

davranışına etkilerini araştırmıştır. Dolgu duvarların yapılardaki etkileri dört ayrı modelde incelemiştir.

Çözömlerler sonucunda dolgu duvarlı modellerde yer değiştirmelerin azaldığı, toplam kesme kuvvetlerinin arttığı, periyotların küçüldüğü belirlenmiştir.

Nurettin Hasan YEL [6], İTÜ de 2002 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, mevcut bir yapıda güçlendirme sonucu, yapının birinci titreşim periyoduna bölme duvarların etkisini incelemiştir. Çalışma için İstanbul'da bir binanın güçlendirme analizleri yapılmış, analizler için mevcut sistemdeki bölme duvarların deprem yüklerinin yapıya aktarılmasındaki durumu incelenmiştir.

M Arif GÜREL [7], İTÜ de 2001 yılında hazırladığı doktorasında, Kargir dolgu duvarların deprem etkileri altındaki davranışlarını incelemiştir. Kullanılan esas model ile ulaşılan sonuçların, kargir dolgu duvarların dayanımları için alt sınırlar olarak kabul edilebileceğini belirtmiştir. Bu çalışmasındaki modellerin bazı sınır şartlarına sahip duvarlar için verdiği düzleme dik atalet kuvveti dayanım değerlerinin, literatürdeki kemerlenme etkisi modellerinin verdiği dayanım değerlerinden daha gerçekçi değerler olabileceğini göstermiştir.

Gölseren EROL [8], İTÜ de 2001 yılında hazırladığı yüksek lisans tezinde yüksek mukavemetli tuğlalardan yapılmış duvarlarda kayma dayanımını araştırmıştır. İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı'nda, ASTM C 1391-81 standartında tanımlanan deney tekniğı kullanarak, 755 mm x 755 mm x 120 mm boyutlarında 40 adet duvar numunesinin deneylerini yapmıştır. Ayrıca, SAP2000 bilgisayar programı ile nümerik analizleri yapmış ve deneysel çalışma ile karşılaştırmıştır. Bu çalışmasında, köşegeni doğrultusunda basınca maruz kalan deney numunesinin, eşdeğer bir çubuk ile ifade edilmesi istendiğinde, deney verileri kullanılarak hesaplanabilen bir eşdeğer çubuk rijitliğı değeri önermiştir.

## **1.2. Çalışmanın Kapsam ve Amacı**

Bu çalışmada deprem etkisindeki betonarme yapıların davranışına bölme duvarların etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla farklı şekillerdeki bölme duvarlar ve zemin kat



yüksekliklerinin değişimi de dikkate alınarak birbirinden farklı 12 yapı modelinin zaman tanım alanındaki dinamik analizleri yapılmıştır.

Analizlerin tamamında malzemeler homojen izotropik ve doğrusal olarak modellenmiştir. Ayrıca bölme duvarların etkisini tam yansıtabilmek için yapı-zemin etkileşimi de dikkate alınmış ve yapı modellerinin tamamı sabit bir zemin modeli ile birlikte modellenmiştir.

Yapı modellerinin tamamında, kolon, kiriş kesitleri, duvar kalınlıkları ve zemin kat dışındaki kat yüksekliklerinin tamamı sabit tutulmuştur. Yumuşak kat etkisinin de dikkate alınabilmesi amacıyla zemin kat yükseklikleri farklı değerlerde ele alınmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde konuya kısa bir giriş yapılmış ve konu genel hatlarıyla tanımlanmıştır.

İkinci bölümde deprem hareketi hakkında bilgi verilmiş, yer değiştirme, hız ve ivme spektrum eğrilerinin elde ediliş ve kullanılış ve elastik tasarım ivme spektrumu kısaca özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde deprem etkisindeki yapıların dinamik analizleri hakkında bilgi verilerek kısaca özetlenmiştir. Ayrıca serbest titreşim analizi, modal analiz, spektral analiz ve zaman tanım alanında dinamik analizler hakkında genel bilgiler sunulmuştur.

Dördüncü bölüm sayısal uygulamalardan oluşturulmuştur. Bu bölümde dinamik analizleri yapılan modeller tanıtılmıştır. Dinamik analizler sonucu elde edilen yapı davranışları, gerilme dağılımları ve kat yer değiştirmeleri grafikler halinde sunulmuş ve değerlendirilmiştir.

Beşinci bölüm sonuçlar ve önerilerden oluşmaktadır.

## **BÖLÜM 2. DEPREM HAREKETİ**

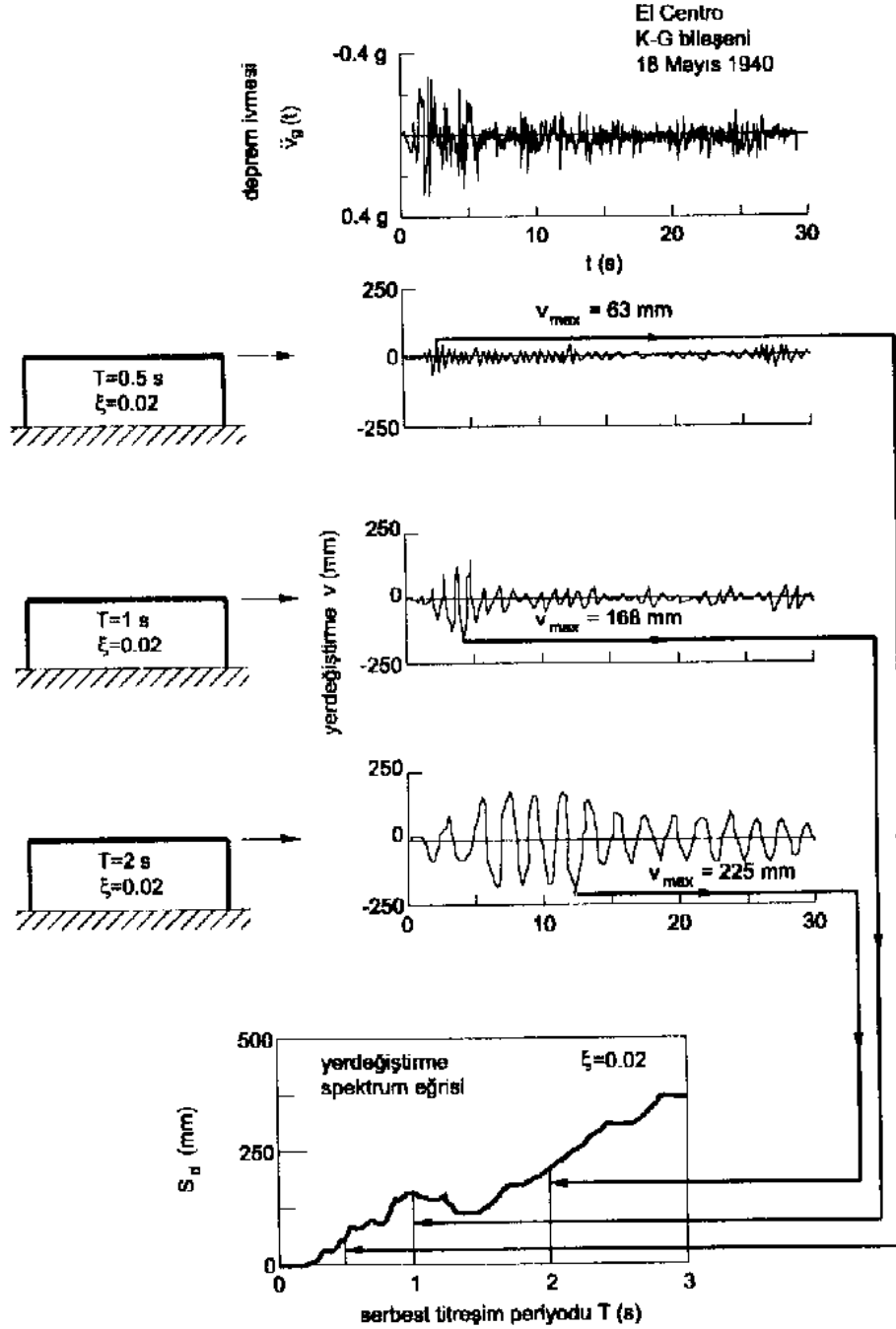
Deprem doğal afeti, meydana gelmeden önce bilinemediği için, oluşabilecek her türlü ve en büyük şiddetli depremlere hazırlıklı olmak amacıyla, üzerinde çokça durulmuş ve bir sürü araştırmalar yapılmıştır. Deprem, meydana gelmeden önce bazı ön belirtileri görünebilse de, bu konuda hala yeterli çalışma ve sonuçlar elde edilememiştir. Deprem hareketlerinin önceden tahmin edilememesi, yapıların her türlü depreme dayanıklı olarak tasarlanmasına ve bu konuda her türlü çalışmaların yapılmasına zorlamıştır [9].

Yer kabuğunun bir hareketi olan deprem dolayısıyla üzerinde bulunan yapıları zamana bağlı yer değiştirmelerle etkilemektedir. Deprem etkisi ile yapılarda meydana gelen titreşimlerin hesaplaması Yapı Dinamiği'nin başlıca problemleridir. Bu aşamada depreme dayanıklı yapıların oluşturulabilmesi için, binaların planları açısından düzensizliklerden uzak olması ve taşıyıcı sistemlerinin de deprem etkisi ile oluşacak yatay kuvvetleri taşıyacak boyutlarda tasarlanması önemlidir.

Dünyada, her an meydana gelen büyük veya küçük şiddetli depremlerin kayıt altına alınması ve anında bildirilmesi, belki de deprem hareketi tahminleri ve araştırmaları konusunda insanlara en büyük veri olmuştur. Deprem ile ilgili araştırmaların geçmişten geleceğe doğru uzun bir süreci kapsayan ve depremi bir bütün olarak inceleyen Sismoloji bilimi, daha çok deprem olayları ve hareketlerini inceler. Deprem mühendisliğinde ise esas unsur en şiddetli deprem verileri değerlendirilerek, deprem sonrası oluşabilecek hasarları ve can kayıplarını ortadan kaldırmak amacıyla, yapıların güvenli tasarlanması ve sağlam inşa edilmesidir.

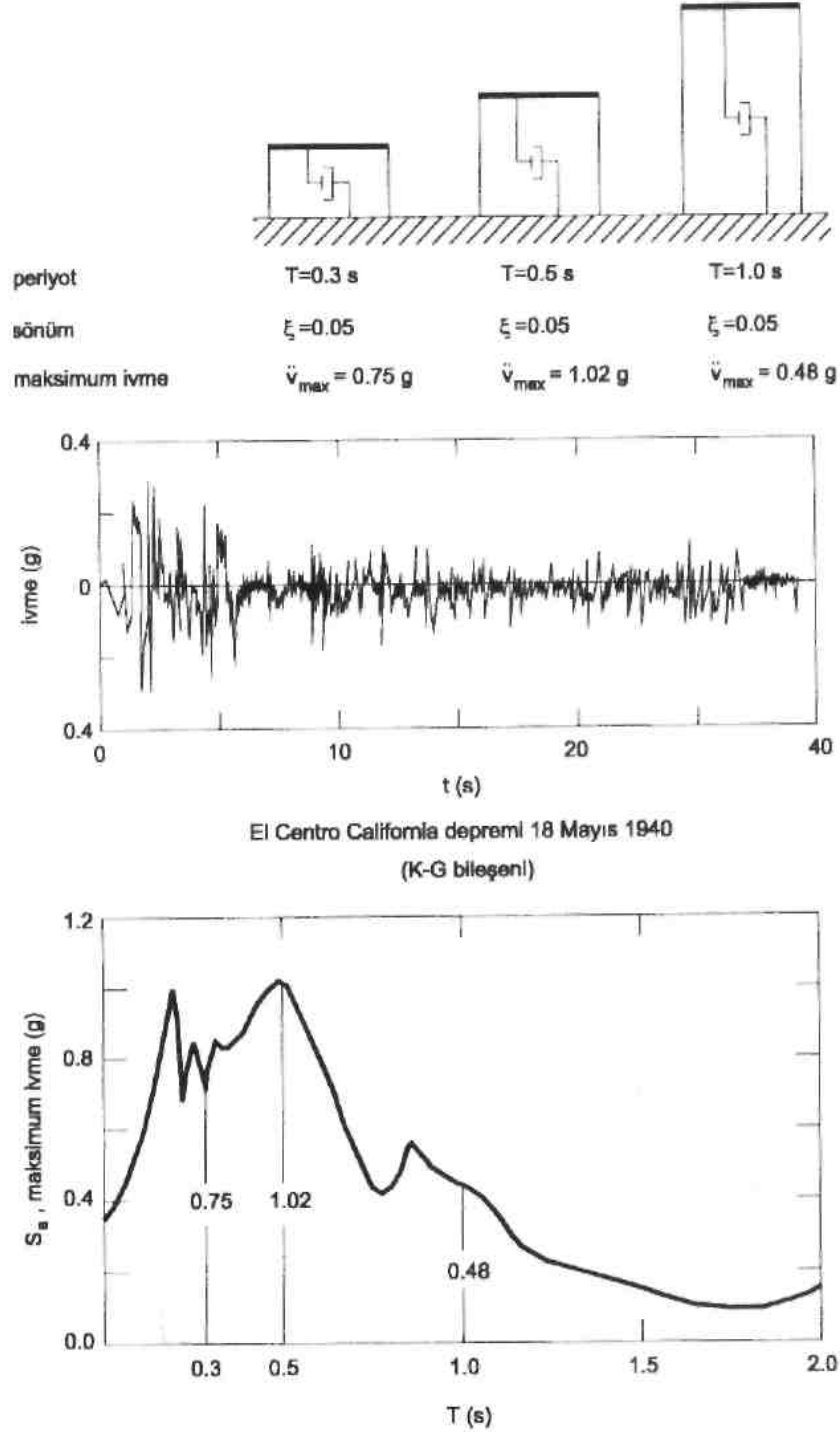
Yapıların deprem etkisine göre hesabında akla gelen bir çözüm yöntemi, değişik deprem kayıtlarını veya bunlardan seçilen bir tanesini alarak, hareket denklemlerini, zaman veya frekans alanında entegre ederek yer değiştirme, hız, ivme ve elastik

kuvvetlerin bulunmasıdır. Ancak, pek çok durumda bu uzun hesapların yapılması hem yorucu ve uzun hem de gereksizdir. Daha elverişli bir çözüm yöntemi ise deprem spektrumlarından yararlanılmaktadır. Deprem spektrum eğrilerinden yer değiştirme spektrum eğrisinin elde edilmesi Şekil 2.1. de kısaca gösterilmiştir.



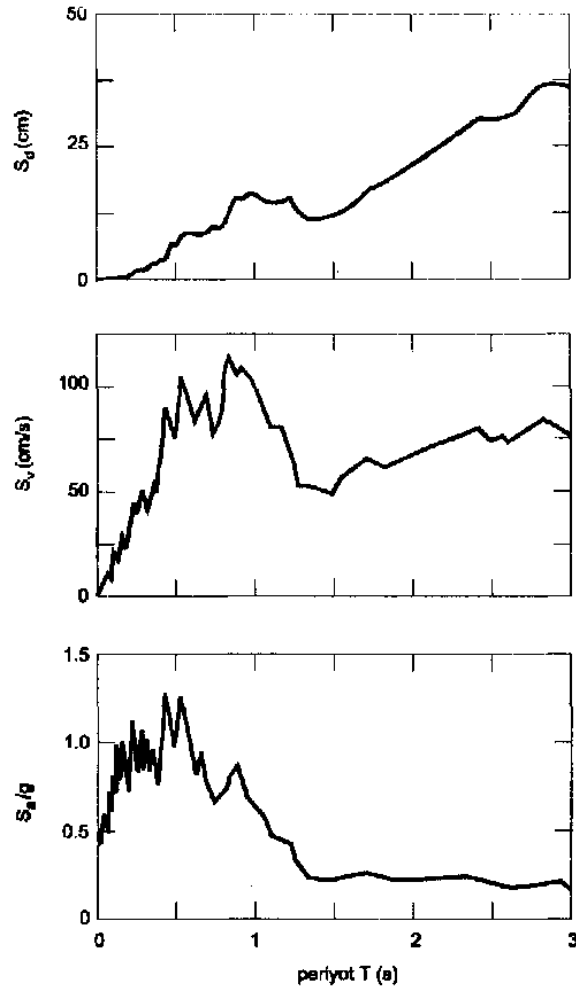
Şekil 2.1. Yer değiştirme spektrum eğrisinin elde edilmesi [9].

Şekil 2.1. de de görüldüğü gibi, yer hareketi etkisindeki tek serbestlik dereceli sistemlere ait zaman tanım alanındaki kat yer değiştirmeleri hesaplanır. Daha sonra bu elde edilen yeterli sayıdaki yer değiştirmelerin maksimumları ilgili tek serbestlik dereceli sistemin periyoduna bağlı olarak grafik ortamına aktarılmasıyla yer değiştirme spektrum eğrisi elde edilir.



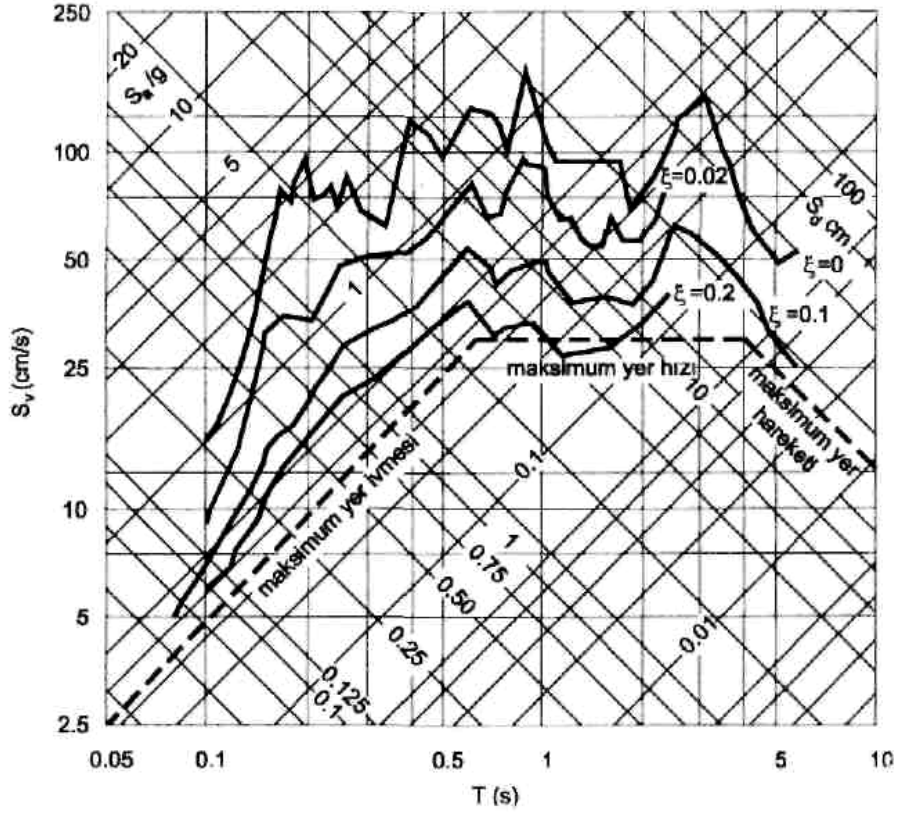
Şekil 2.2. İvme spektrumu eğrisinin elde edilmesi.

Şekil 2.2. de verilen ivme spektrum eğrisi de yer değiştirme spektrum eğrisi gibi yer hareketi etkisindeki tek serbestlik dereceli sistemlere ait zaman tanım alanındaki kat ivme değerlerinin maksimumların ilgili tek serbestlik dereceli sistemin periyoduna bağlı olarak grafiğe aktarılmasıyla elde edilirler. Şekil 2.3 te yer değiştirme, hız ve ivme spektrum eğrileri toplu olarak sunulmuştur. Ayrıca bu değerler birbirleriyle ilişkilidir. Yer değiştirme spektrum eğrisi zaman tanım alanındaki yer değiştirmelerin maksimumlarıdır, hız spektrum eğrisi ise yer değiştirme spektrum eğrisinin doğal titreşim frekansı katı ( $S_v = w S_d$ ) kadardır. İvme spektrum eğrisi de yine yer değiştirme spektrum eğrisinin doğal titreşim frekansının karesi katı ( $S_a = w^2 S_d$ ) kadardır.



Şekil 2.3. Yer değiştirme hız ve ivme spektrum eğrileri (El Centro Depremi 1940, K-G bileşeni)

Yer değiştirme spektrum eğrisi, hız spektrum eğrisi ve ivme spektrum eğrisinin birbiriyle bağlantılı olmasından dolayı bu eğrilerin birbirlerinden bağımsız eğriler şeklinde değil de tek bir eğride birleştirilmesi fikri doğmuş ve birleştirilmiş spektrum eğrileri oluşturulmuştur (şekil 2.4.).



şekil 2.4. El Centro depremi (1940, K-G bileşeni) spektrum eğrileri.

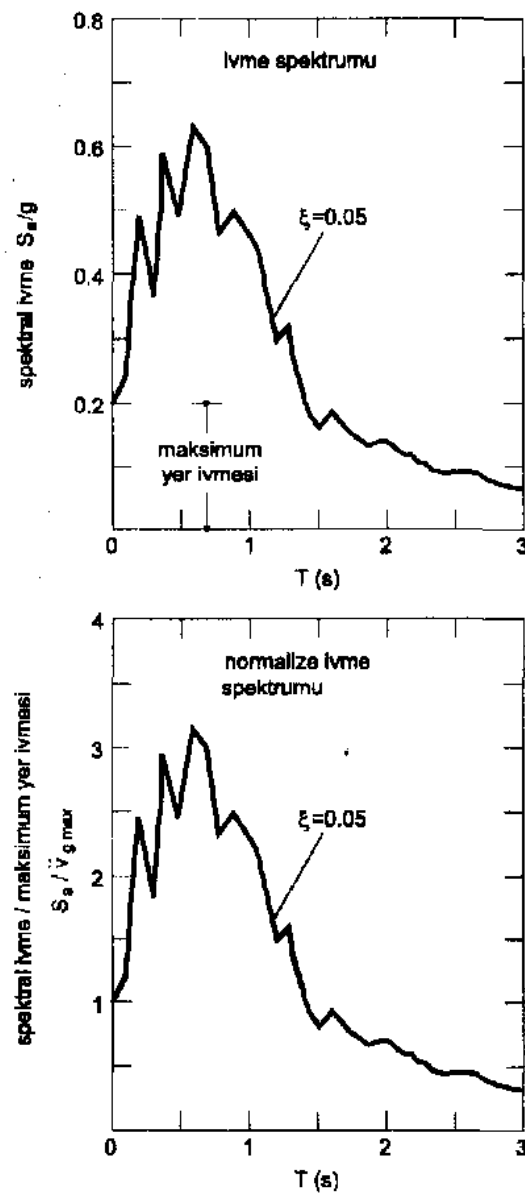
## 2.1. Spektrum

Deprem hareketinin spektrumu zemin durumundan önemli derecede etkilenir. Farklı zemin durumlarına ait spektrum eğrilerinin birbiriyle kıyaslanması amacıyla önce spektrum eğrilerinin normalize edilmesi gerekir (şekil 2.5). şekilde bu tarzda normalize edilmiş dört tür yerel zemin durumunda alınan kayıtların spektrum eğrileri verilmiştir [9].

- 1) Kaya.
- 2) 70m den daha az kalınlıkta sert zemin.
- 3) 80m den fazla kalınlıkta kohezyonsuz zemin,

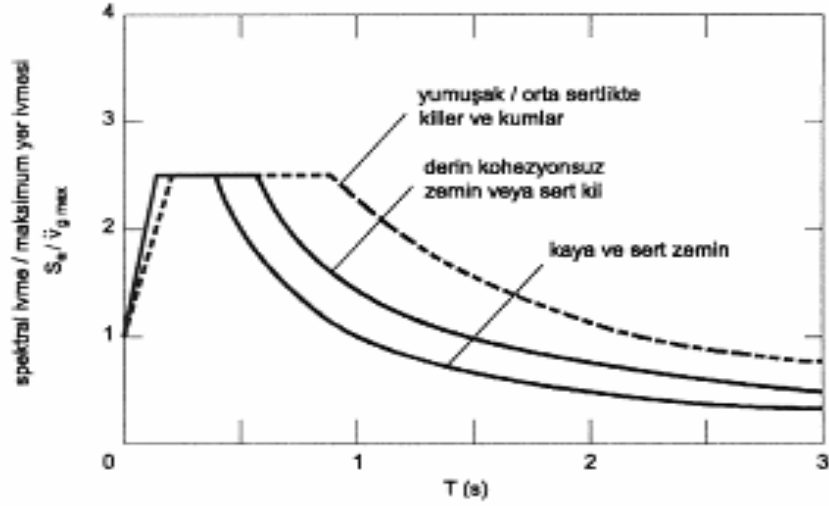
4) Yumuşak ve orta sertlikte kil ve kum dolgusunun bulunduğu yerel zemin.

Eğrilerin incelenmesinden özellikle 0.5 s den büyük periyot için önemli farklılıkların bulunduğu görülür. Kohezyonsuz zeminde ve yumuşak ve orta sertlikteki kil dolgusunda spektral değerlerin 0.5 s lik periyodun üzerinde, sert zemin ve kayaya göre daha büyük olduğu görülmektedir. Bu ise, söz konusu zeminlerin uzun periyoda ait titreşim bileşenlerinin daha büyük oranlarda yer hareketi ile etkileşime girdiğini gösterir.



Şekil 2.5. Deprem ivme spektrumunun normalize edilmesi.

Deprem yönetmeliklerinde ve tasarımlarda kullanılan dinamik analizlerde normalize edilmiş ortalama ivme spektrum eğrileri kullanılır (Şekil 2.6). Türk deprem yönetmeliğinde bu eğrilerdeki normalize edilmiş ivme spektrumu  $A_0$  katsayıları ile çarpılarak deprem bölgelerine göre tasarım kolaylığı sağlanmıştır. Dolayısıyla bu eğri ile 4 farklı zemin tipleri ve 4 farklı deprem bölgeleri özetlenmiştir.



Şekil 2.6. Değişik zemin durumlarına ait normalize edilmiş ortalama ivme spektrumları.



## **BÖLÜM 3. DİNAMİK ANALİZ**

Yapıların çoğunda deprem gibi zamana bağlı zorlanmalardan oluşan yatay kuvvetler çerçeveler tarafından taşınır. Bu kuvvetlerin belirlenmesi için kullanılan hesap metotları iki ana sınıfa ayrılabilir. Bunlardan ilki, depremden meydana gelen tesirlerin zaman bağlı değerlerini veya doğrudan doğruya bunların maksimumlarını tayine yarayan dinamik metotlardır.

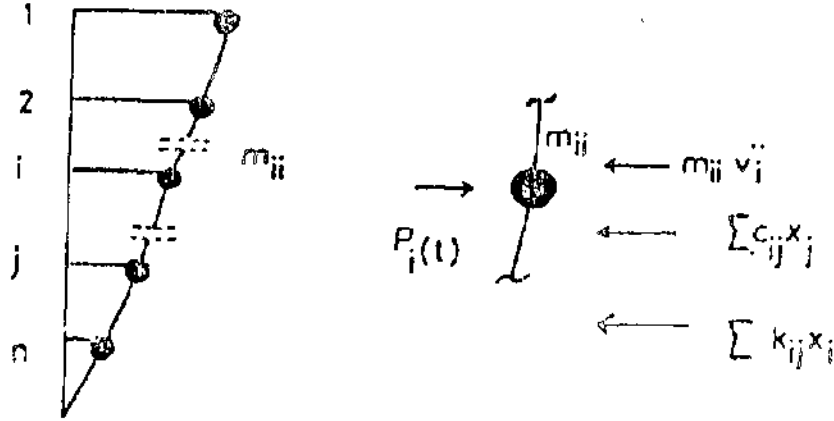
Bir diğer metotta bu kuvvetlerden meydana gelen maksimum tesirleri veren fiktif statik kuvvetleri belirleyerek bu dinamik problemi statik probleme çeviren metotlardır.

### **3.1. Genel hareket denkleminin çıkarılması**

Yüksek yapı veya diğer bütün yapıların kütleleri yapı yüksekliğince yayılı olarak bulunmaktadır. Bu kütleler yapıların en büyük yer değiştirme yaptıkları noktalarda toplanmış olarak kabul edilerek modellenirler. Bir taşıyıcı sistemde dış yüklerin, doğrultu veya şiddetlerinin zamanla değişmesi taşıyıcı sistemdeki kütlelerden atalet kuvvetlerini oluşturur ve bunlar sistemde dış yük gibi etkirler.

Bina tipi yapılarda kütlelerin katlar hizasında yığılmış olarak modellenerek, n katlı yapı için n adet ayrık kütleli bir sisteme dönüştürülmesi hesaplarda büyük bir basitleştirme sağlamaktadır. Yalnızca kat hizalarında yer değiştirme serbestliklerinin söz konusu olması durumu için, bilinmeyen sayısı n adet dinamik yer değiştirme bileşimine indirgenmiş olur. Bunun için yatay rijitlik matrisinin oluşturulması gerekmektedir. İşlem sistem rijitlik matrisinin indirgenmesiyle olmaktadır. Bu durumda yapıda bir burulma olmadığı ve yatay deprem bileşenlerinin her bir doğrultusu için hesap yapılacağı açıktır [11].

Hareket denklemi; sisteme etkiyen dış kuvvetler, atalet kuvvetleri, sönüm kuvvetleri ve şekil değiştirme sonucu meydana gelen elastik kuvvetlerin dengesinde ibarettir.



Şekil 3.1. Dinamik yatay deprem kuvveti etkisindeki yapı sistemi ve ayrıklaştırılması

Şekil 3.1.de yatay dinamik deprem kuvveti altındaki sistem incelenir ve i kütle için hareket denklemi yazılırsa,

$$m_{ij}\ddot{v}_j + \sum_{j=1}^n c_{ij}\dot{v}_j + \sum_{j=1}^n k_{ij}v_j = p(t) \quad (3.1.)$$

elde edilir. Bu denklemde atalet, sönüm ve yay kuvveti bileşenleri,

$$f_{li} = \sum_{j=1}^n m_{ij}\ddot{v}_j, \quad f_{Di} = \sum_{j=1}^n c_{ij}\dot{v}_j, \quad f_{Si} = \sum_{j=1}^n k_{ij}v_j \quad (3.2.)$$

olarak da gösterilebilir. Burada n, sistemin serbestlik derecesini,  $v_j$  ise j noktasındaki yer değiştirmeyi göstermektedir. Kütle, sönüm ve rijitlik katsayıları, sırasıyla  $m_{ij}$ ,  $c_{ij}$  ve  $k_{ij}$  olup bunlar yardımıyla j koordinatındaki birim ivme, hız ve yer değiştirmeden i koordinatında meydana gelecek atalet, sönüm ve elastik kuvvetleri bulunmaktadır.  $P_j(t)$  ise j noktasına etkiyen dış kuvvete karşı gelmektedir. Sonuç olarak sistemin hareket denklemi;

$$m\ddot{v} + c\dot{v} + kv = p(t) \quad (3.3.)$$

olarak ortaya çıkar. Burada  $m$ ,  $c$  ve  $k$ ; kütle, sönüm ve rijitlik matrislerini,  $v$  ise yerdeğiştirme vektörünü göstermektedir. Rijitlik matrisinin  $k_{ij}$  elemanı, denklem (3.2) de verildiği gibi  $v_j$  yerdeğiştirme bileşeninin  $f_{si}$  elastik kuvvet bileşenine olan etkisini göstermektedir. Bu bağıntı

$$v_i = \sum_{j=1}^n d_{ij} f_{sj} \quad (3.4.)$$

olarak da yazılabilir. Burada  $d_{ij}$ ,  $j$  noktasına etkiyen bir kuvvetten,  $i$  noktasında meydana gelen yerdeğiştirmeyi göstermektedir. Bu bağıntıda

$$d = [d_{ij}] = k^{-1} = [k_{ij}]^{-1} \quad (3.5.)$$

şeklinde tanımlanan matris sistemin esneklik (fleksibilite) matrisi denir.

### 3.2. Serbest titreşim hesabı

Yapıların dış kuvvet etkisinin söz konusu olduğu zorlanmış titreşim probleminde, sönümün, periyoda ve modlara etkisi söz konusudur. Bu nedenle sönüm etkisi, zorlanmış titreşimde ihmal edilmemelidir. Ama dış kuvvetin söz konusu olmadığı serbest titreşim halinde, sönümün periyot ve modlara etkisi az olduğundan hareket denklemini serbest titreşim halinde  $c = 0$  alınarak yazılır. Bu denklemin çözümünün

$$v(t) = \bar{v} \sin(\omega t + \theta) \quad (3.6.)$$

şeklinde basit harmonik hareket olduğu kabul edilip, hareket denkleminde yerine yazılırsa

$$(k - \omega^2 m)\bar{v} = 0 \quad (3.7.)$$

veya (3.5.)'de verilen  $d=k^{-1}$  fleksibilite matrisiyle

$$(I - \omega^2 dm)\bar{v} = 0 \quad (3.8.)$$

homojen lineer denklem sistemi elde edilir. Bu sistemin sıfırdan farklı çözümü ancak katsayılar matrisinin determinantının sıfır olmasıyla mümkündür.

$$|k - \omega^2 m| = 0, |I - \omega^2 dm| = 0 \quad (3.9.)$$

Elde edilen bu son ifadeye sistemin frekans denklemi denir. Bu denklemin çözümünden, sistemin serbestlik sayısı kadar;  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  ile gösterilebilecek serbest titreşim frekansı elde edilir. Homojen (3.7.) veya (3.8.) denklemi,  $\omega, \omega_1$  şeklindeki her serbest titreşim frekansı için ayrı ayrı  $\bar{v} = \phi_i$  alınarak çözülebilir. Bu amaçla lineer homojen olan bu n bilinmeyenli denklemin, bilinmeyenlerinden biri seçilerek n-1 bilinmeyene indirilmesi ve n-1 bilinmeyenin bu seçilen bilinmeyen cinsinden hesaplanması gerekir.

$$(k - \omega_i^2 m)\phi_i = 0, (I - \omega_i^2 dm)\phi_i = 0 \quad (3.10.)$$

Böylece elde edilen  $\phi_i$  vektörüne sözkonusu titreşim frekansına karşı gelen serbest titreşim mod şekli denir. Her sistemin serbestlik derecesi kadar mod şekli vardır.  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n$ . Buradaki  $\phi_i$  nin elemanları yerdeğiştirmelere karşı geldiği için mod şekli, sistemin karşı gelen frekansla titreşimi sırasında aldığı konumu verir. Ancak (12) homojen denkleminin determinantı sıfır olacak şekilde  $\omega_1$  hesaplandığı için  $\phi_i = [\phi_{1i}, \phi_{2i}, \dots, \phi_{ni}]$  vektörünün n tane bilinmeyene karşılık,  $\omega_1$  frekans denkleminin tek katlı köklü ise yukarıda da belirtildiği gibi n-1 bağımsız denklem bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak  $\phi_i$  vektörünün elemanlarından birisi keyfi seçildiğinde, diğerleri ona bağlı olarak hesaplanabilir. Modların kolonlara yerleştirilmesiyle bulunan

$$\phi = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n] \quad (3.11)$$

kare matrisi ise sistemin modal matrisi denir. Serbest titreşim modunu veren (3.10.) denklemleri  $\omega_i$  ve  $\omega_j$  gibi iki farklı titreşim frekansı için

$$k\phi_i = \omega_i^2 m\phi_i \quad , \quad k\phi_j = \omega_j^2 m\phi_j \quad (3.12)$$

olarak yazılabilir. Bu ifadeleri sırasıyla  $\phi_j^T$  ve  $\phi_i^T$  ile çarpılırsa

$$\phi_j^T k\phi_i = \omega_i^2 \phi_j^T m\phi_i \quad , \quad \phi_i^T k\phi_j = \omega_j^2 \phi_i^T m\phi_j \quad (3.13.)$$

elde edilir. Kütle ve rijitlik matrislerinin simetrik olduğu ve (15) eşitliklerinin her iki tarafında skaler büyüklükler olduğu gözönüne alınır,

$$(\phi_j^T k\phi_i)^T = \phi_i^T k\phi_j \quad , \quad (\phi_i^T m\phi_j)^T = \phi_j^T m\phi_i \quad (3.14.)$$

bulunur. (15) ve (16) bağıntılarının uygun bir şekilde birleştirilmesiyle

$$(\omega_i^2 - \omega_j^2) \phi_j^T m\phi_i = 0 \quad , \quad \left( \frac{1}{\omega_i^2} - \frac{1}{\omega_j^2} \right) \phi_i^T k\phi_j = 0 \quad (3.15.)$$

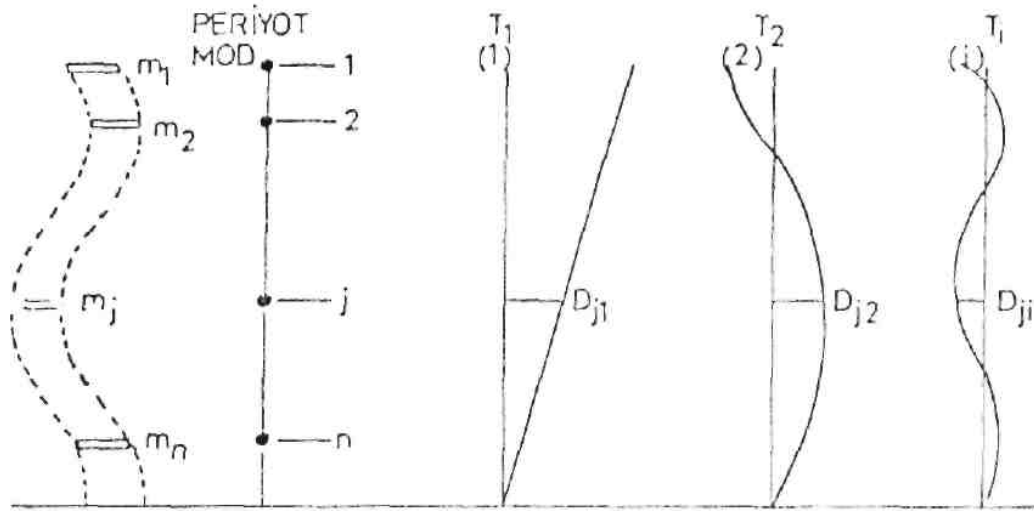
elde edilir.  $\omega_i^2$  ve  $\omega_j^2$  nin iki ayrı frekans olduğu kabul edilirse,

$$\phi_i^T m\phi_j = 0 \quad , \quad \phi_i^T k\phi_j = 0 \quad i \neq j \quad (3.16.)$$

bulunur. Bu bağıntılar  $\phi_i$  ve  $\phi_j = 0$  mod vektörlerinin hem kütle matrisine ve hem de rijitlik matrisine göre olan ortoganallik özelliği'ni ifade etmektedir. Mod vektörlerinin hesabında elemanların oranı sabit kalmak üzere, değişik çözümler yapılabilir. Hesap kolaylığı bakımından genellikle, bütün genlikler en büyük genlik alınarak normalize edilir. Diğer bir normalize şeklinde de kütle matrisi aynı mod vektörü ile sağ ve soldan çarpılarak sonucun birim olması sağlanır [9].

### 3.3. Modların süperpozisyonu yöntemi

Tek serbestlik dereceli sistemlere göre çok serbestlik dereceli sistemlerin depreme karşı davranışlarının belirlenmesi daha karmaşıktır. Fakat sönümün ihmal edilebileceği lineer sistemlerde Mod Süperpozisyonu yöntemi yapının doğal davranışını belirlemede oldukça uygun ve çok kullanılan bir yöntemdir. Mod süperpozisyonu yönteminin dayandığı prensip, çok serbestlik dereceli ve çok modlu bir sistemi, bir çok eşdeğer tek modlu sistemlerin süperpozisyonu şeklinde temsil etmekten ibarettir. Çok modlu sistem, sanki her modunda tek serbestlik dereceli bir sistem gibi düşünülür. Böylece elde edilen değerler uygun bir oranda süperpoze edilerek yapının olası bir davranışı belirlenir. Genellikle, titreşim doğrultusu sayısı  $n$  olan bir sistemde,  $n$  tane eşdeğer tek kütleli sistem vardır. Her mod için bir özel periyot ve deplasman vektörü vardır (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. Çok serbestlik dereceli sistemin mod şekilleri.

Modal analizin sonunda her bir mod için bulunan zorlanmaların birleştirilerek yapı davranışının belirlenmesi gerekir. Her modun katkısı pozitif işaretle alınırsa, mümkün olan maksimum davranış veya kısaca mutlak maksimum elde edilir. Fakat her moddaki maksimum davranış aynı ana rastlamadığı gibi, hep aynı yönde de olamaz. Dolayısı ile sistemin toplam davranışı, daima mutlak maksimum davranıştan daha küçüktür. Gerçeğe en yakın değeri, ihtimaller hesabına göre, her moddaki

davranışın karelerinin toplamının karekökü verir. Buna, ortalama karekök modunu ve böylece bulunan değere de muhtemel maksimum davranış denir. Her moddaki davranışın ortalama karekök değerini almak suretiyle, muhtemel maksimum davranışlar elde edilir ve kesit tayinlerinde bu değerler kullanılır. Yukarıdaki anlatımların ışığında  $F$ ,  $n$  mod sayısını göstermek üzere

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + \dots + F_n^2} \quad (3.17.)$$

Şeklinde yazılır. Burada  $n$  mod sayısını göstermektedir.

Bu yönetime bağlı temel iki dinamik analiz yöntemi vardır; dinamik analizin, spektrum eğrileri kullanılarak yapılabildiği “spektral analiz” yöntemi ve deprem kayıtlarının direk olarak kullanıldığı zaman tanım alanında dinamik analiz.

### 3.4. Spektral analiz

Her mod için zaman tanım alanında analiz yaparak yapı davranışını belirlemek yerine o modda tüm deprem süresince meydana gelecek en büyük kesit tesirlerini ve en büyük zorlanmaları belirlemek için o depreme ait yer değiştirme, hız ve mutlak ivme spektrumlarından birisinin bulunması halinde dinamik hesap yapmak mümkündür.

Bir moddaki en büyük karşılığı elde etmek için denklem (3.3) incelenirse, bu denklemin kapalı çözümü, tek serbestlik dereceli bir sistemin  $\omega_d$  sönümlü frekansındaki,  $h_i$  sönümlü sistemde deprem karşısında oluşan yer değiştirmenin  $\alpha_i$  katını verir. Katılma çarpanı dışındaki integrale “Duhamel İntegrali” denir. Bu integral

$$y(t) = \frac{\alpha}{\omega_{d_i}} \int_0^1 v(\tau) \cdot e^{b_i \omega_{d_i}(t-\tau)} \sin \omega_{d_i}(t-\tau) d\tau \quad (3.18.)$$

şeklinde yazılır. Buradaki  $\omega_{d_i}$  sönümlü frekansı,

$$\omega_{d_i} = \omega_i \sqrt{1 - h_i^2} \quad (3.19.)$$

şeklindedir.

Hesapta esas önemli olan yer değiştirimin değışiminden ziyade aldığı maksimum değerdir. Her mod için yapı katlarında karşılıkların zaman kaydının elde edilmesi yerine, o modda tüm deprem sırasınca meydana gelebilecek en büyük karşılıkları alınabilir. Ancak her bir moddaki en büyük karşılıklar aynı zaman adımında ortaya çıkmadığı için, bunların mutlak değerlerinin toplanması uygun değildir. Dolayısıyla yöntem adım adım integrasyona göre bir yaklaşıklık içerir. Her mod periyodu ve belirlenen sönüm için integralin maksimum değeri alınır, “spektral yer değıştirme”,  $S_{d_i}$  elde edilmiş olur. İlk üç periyot için

$$y_i = \alpha_i S_{d_i} \quad (i = 1,2,3) \quad (3.20.)$$

yazılır. Eğer yer değıştirme spektrumu  $S_d$  daha önceden o deprem için belirlenmişse ilgili sönüm ve periyot değerinden  $S_{d_i}$  alınır. Yer değıştirme spektrumunun bulunmadığı hallerde, sadece ivme ve hız spektrumları mevcutsa aşağıda belirtildiği gibi normal koordinatlardaki spektral yer değıştirmeye geçilebilir.

$$y_i = \alpha_i \frac{S_{v_i}}{\omega_i} = \alpha_i \frac{S_{a_i}}{\omega_i^2} \quad (3.21.)$$

$S_v$  ve  $S_a$  sırasıyla hız ve ivme spektrumu değerleridir. Buradan j’inci moddan dolayı i’nci kütlenin üzerine gelen deprem kuvvetini bulmak için aşağıdaki hesap sırası izlenir.

$$a) y_i = \alpha_i S_{d_i} \quad (3.22.)$$

i’inci moddaki maksimum modal yerdeğıştirme bulunur.

$$b) U_{ji} = y_i \bar{v}_{ji} = \alpha_i S_{d_i} \bar{v}_{ji} \quad (3.23.)$$



bağıntısındaki j'inci katın maksimum yer değiştirmesi bulunur.

$$\begin{aligned}
 \text{c) } F_{ji} &= [K] U_{ji} = \omega_i^2 [M] U_{ji} \\
 &= \omega_i^2 m_j \alpha_i S_{d_i} \bar{v}_{ji} \\
 &= \alpha_i m_j S_{d_i} \bar{v}_{ji}
 \end{aligned} \tag{3.24.}$$

denklemlerle de j'inci kat kuvveti bulunmuş olur. Burada “modal katılma çarpan” adı verilen  $\alpha_i$  değeri, m'inci adedi için

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^m m_j \bar{v}_{ji}}{\sum_{j=1}^m m_j \bar{v}_{ji}^2} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{3.25.}$$

şeklinde bulunur [9].

### 3.5. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz

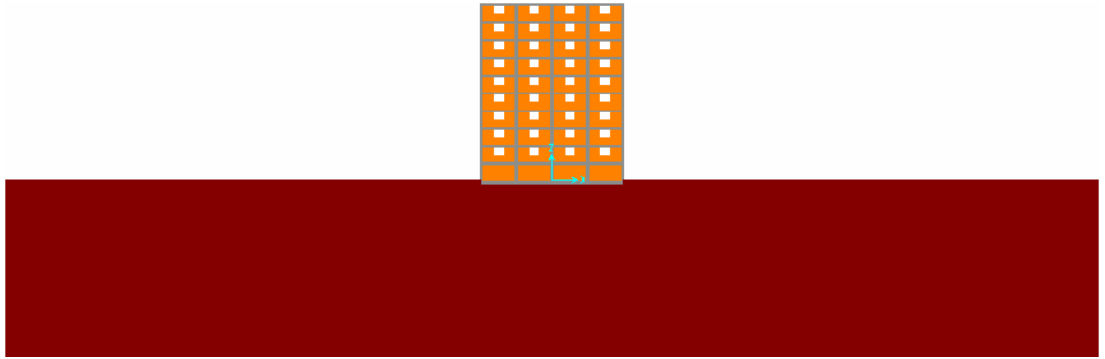
Zaman tanım alanında dinamik analizde her bir mod için yapı davranışı eldeki deprem kaydı etkisi altında belirlenir. Bu işlem sonunda yapıya etki eden deprem kaydına bağlı seçilen zaman adımına bağlı her bir zamandaki yapı davranışı analiz edilerek zaman tanım alanında yapı davranışı belirlenir.

Bu dinamik analizler sonucunda bulunan her bir modun karşılığındaki yapı elemanlarının kesit tesirleri, kat yer değiştirmeleri, hızları vb. modların süperpozisyonu ilkesi ile birleştirilerek yapı davranışı belirlenmiş olur.

## BÖLÜM 4. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu çalışmada deprem etkisindeki betonarme yapıların zaman tanım alanındaki dinamik analizleri yapılmıştır. Yapı modelleri oluşturulurken zemin-yapı etkileşimini de dikkate almak amacıyla yapı zemin ile beraber modellenmiştir (Şekil 4.1.).

Yapı modelleri dolu (A Modeli), kısmi bant pencere (B Modeli), tam bant pencere (C Modeli) ve boş (D Modeli) durumlarına göre zemin kat yükseklikleri farklı 3 tip betonarme çerçeve şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 4.2.-4.5.). Bu çalışmada amaç deprem etkisindeki betonarme yapının davranışına farklı zemin kat yüksekliklerinin ve farklı bölme duvar modellerinin etkisini incelemektir. Bu amaçla oluşturulan yapı modellerinin dinamik analizleri yapılmış ve analiz sonucunda seçilen yapı elemanlarının gerilme dağılımları, zemin kat ile son katının temel hareketine göre zaman tanım alanındaki görece yer değiştirmeleri grafikler halinde sunulmuş ve değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1. Çerçeve sistemin zemin üzerinde tanımlanması

Yapı modelinin zemin kat yükseklikleri değiştirilerek (Tablo 4.1.) yumuşak kat etkisi de çalışma kapsamına alınmıştır. Yapı modellerinin tamamı 4 açıklıklı ve 10 katlı, zemin kat değişken diğer katlarda kat yükseklikleri sabit ve 3,2m olarak belirlenmiştir. Zemin kat yüksekliğine göre 3 tip çerçeve sistemi ve her tip çerçeve için zemin katta duvar ile 4 ayrı model tasarlanmış, dolayısıyla toplam 12 (3 x 4) adet yapı modelinin 17 Ağustos 1999 Marmara depreminin K-G bileşeninin ivme

kaydı kullanılarak dinamik analizleri gerçekleştirilmiş (Şekil 4.6.) ve modellerin tamamında 6000 değer 0,01 adım aralığıyla 60 sn için, sönüm oranı 0,05 alınmıştır.

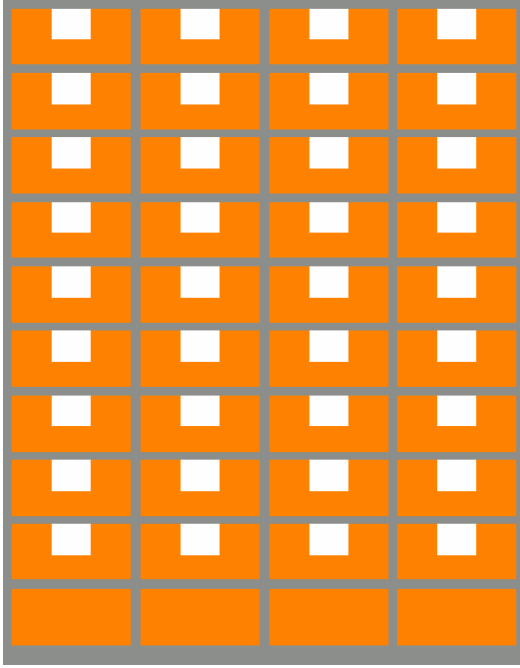
Tablo 4.1. Modellerin genel özellikleri.

<b>Modeller</b>	<b>Duvar ve pencere modelleri (Zemin katta)</b>	<b>Zemin kat yüksekliği <math>h_z</math> (m)</b>
1A Modeli	Dolu çerçeve Şekil (4.2.)	3,2
2A Modeli		4,4
3A Modeli		5,6
1B Modeli	Kısmi bant pencere Şekil (4.3.)	3,2
2B Modeli		4,4
3B Modeli		5,6
1C Modeli	Tam bant pencere Şekil (4.4.)	3,2
2C Modeli		4,4
3C Modeli		5,6
1D Modeli	Boş Çerçeve Şekil (4.5.)	3,2
2D Modeli		4,4
3D Modeli		5,6

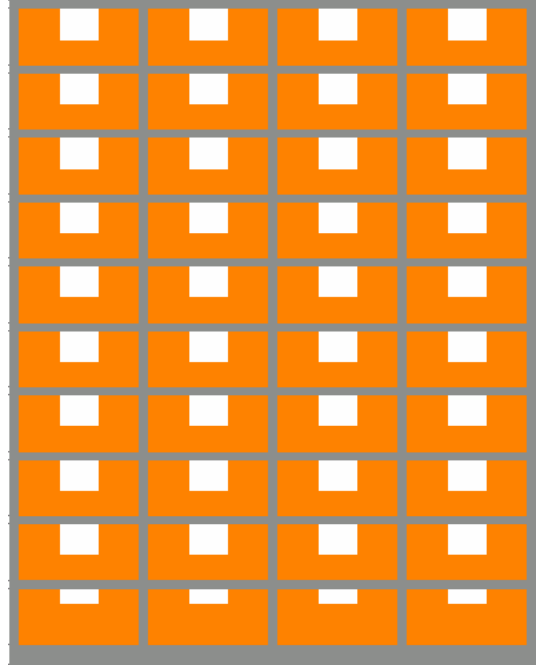
Yapı modellerinin tamamında kolonlar 40x40cm, kirişler 25x40cm, duvarlar 20cm kalınlığında ve temel 1m. derinliğinde seçilmiştir. Dinamik analizlerin tamamında kullanılan malzeme özellikleri Tablo 4.2 de özetlenmiştir.

Tablo 4.2. Dinamik analizlerde kullanılan malzeme özellikleri.

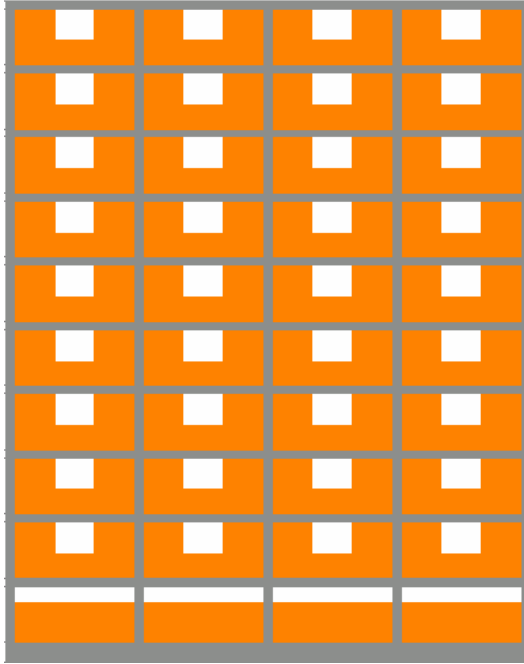
<b>Eleman</b>	<b>Elastisite Modülü (N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson oranı</b>	<b>Birim hacim ağırlığı (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Kolon</b>	$2,50 \times 10^{10}$	0,2	2400
<b>Kiriş</b>	$2,50 \times 10^{10}$		2400
<b>Duvar</b>	$1,65 \times 10^{09}$		1400
<b>Temel</b>	$2,50 \times 10^{10}$		2400
<b>Zemin</b>	$1,35 \times 10^{09}$		2039



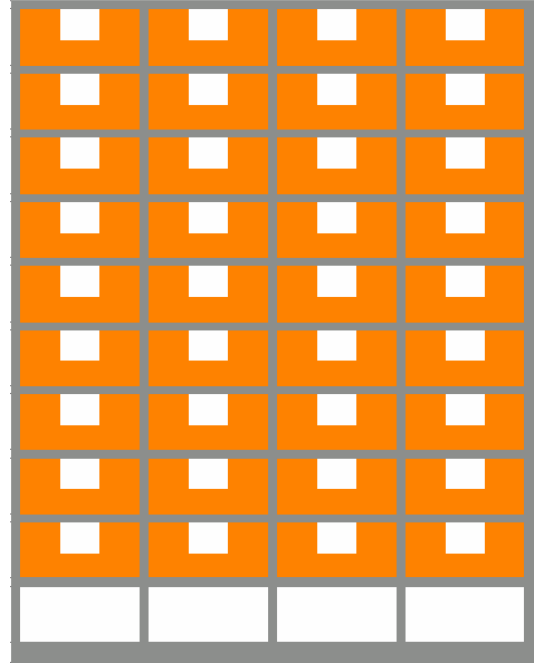
Şekil 4.2. A modeli yapı tipi



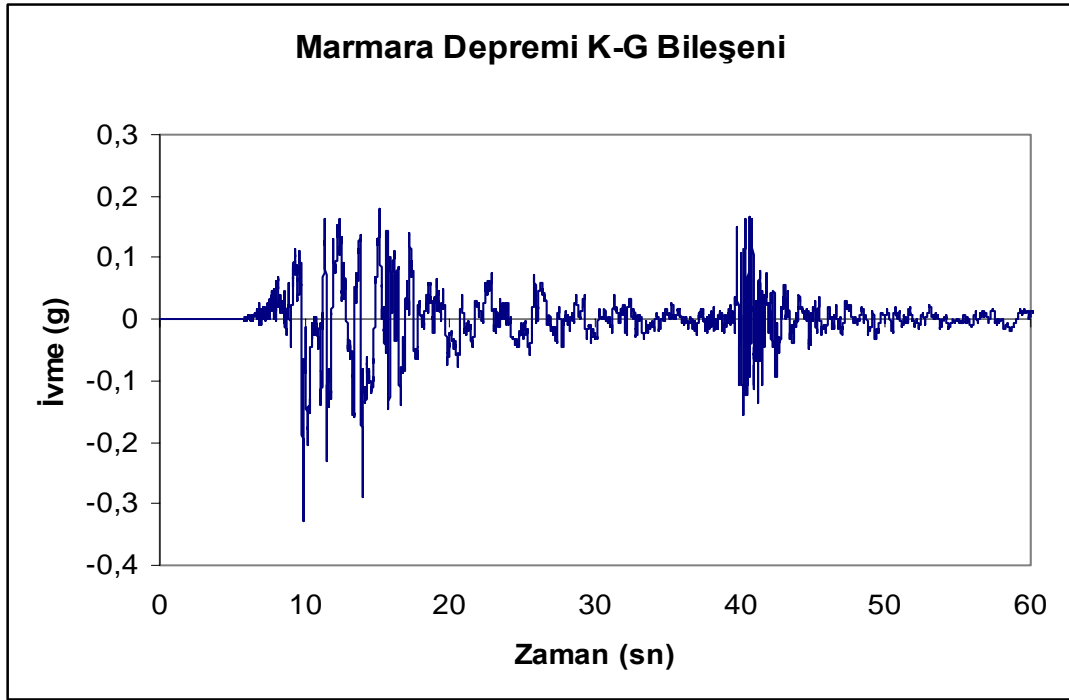
Şekil 4.3. B modeli yapı tipi



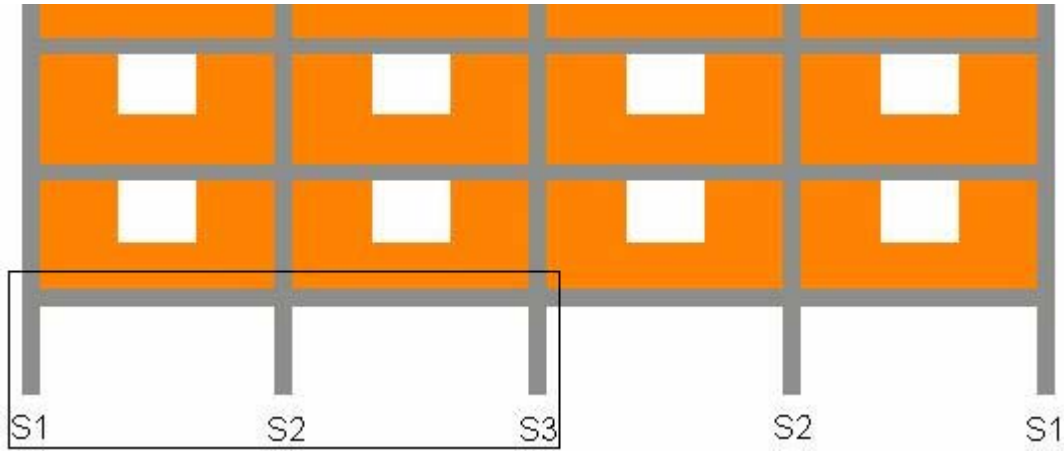
Şekil 4.4. C modeli yapı tipi



Şekil 4.5. D modeli yapı tipi



Şekil 4.6. Marmara depreminin (17 Ağustos 1999) KG bileşeninin ivme kaydı

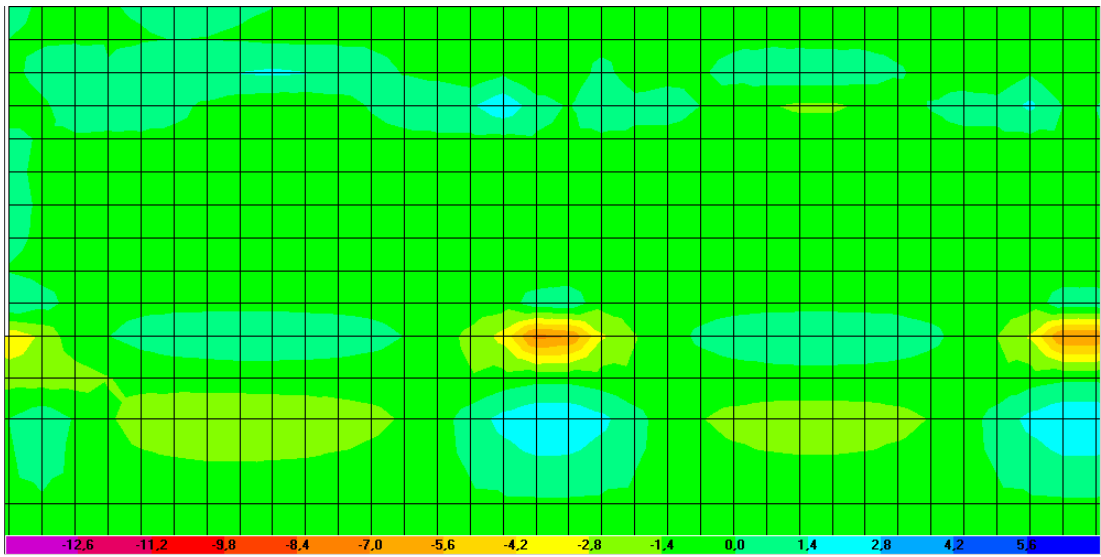


Şekil 4.7. Zemin katta seçilen S1, S2 ve S3 kolonları.

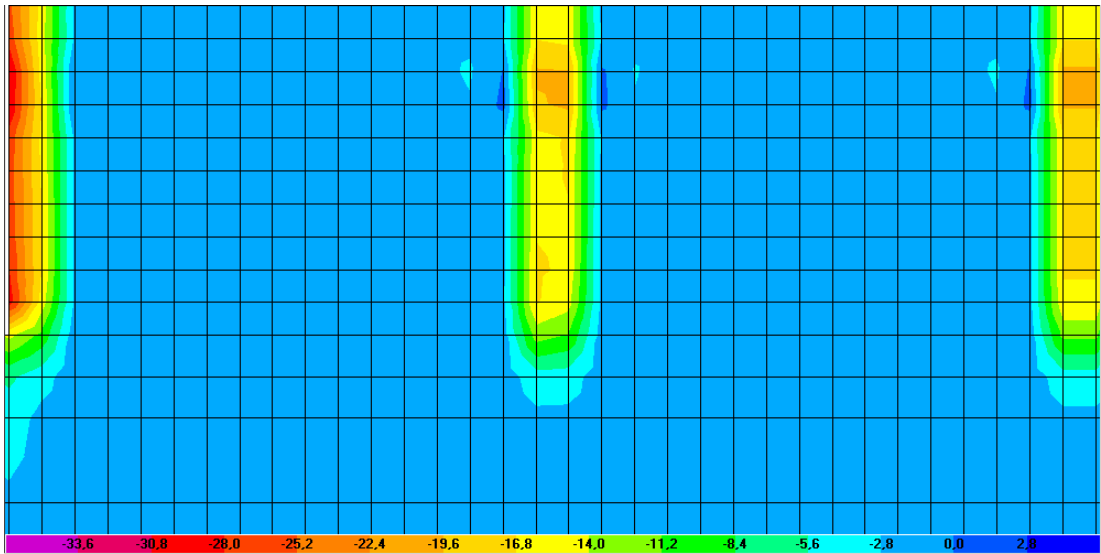
Dinamik analizler sonucunda, yapı modellerinin davranışlarını belirlemek amacıyla zemin katta seçilen (S1, S2 ve S3) üç adet kolonun (Şekil 4.7.) gerilme dağılımları şekiller halinde her bir model için aşağıda sunulmuştur. Zemin kat S3 kolonu için ise yüzey gerilme değerleri grafikler halinde yine her bir model için incelenmiştir. Ayrıca, yapı modellerinin her birinin zemin kat ve son kat kolonlarının zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri de grafikler halinde verilmiştir.

#### 4.1. 1A tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

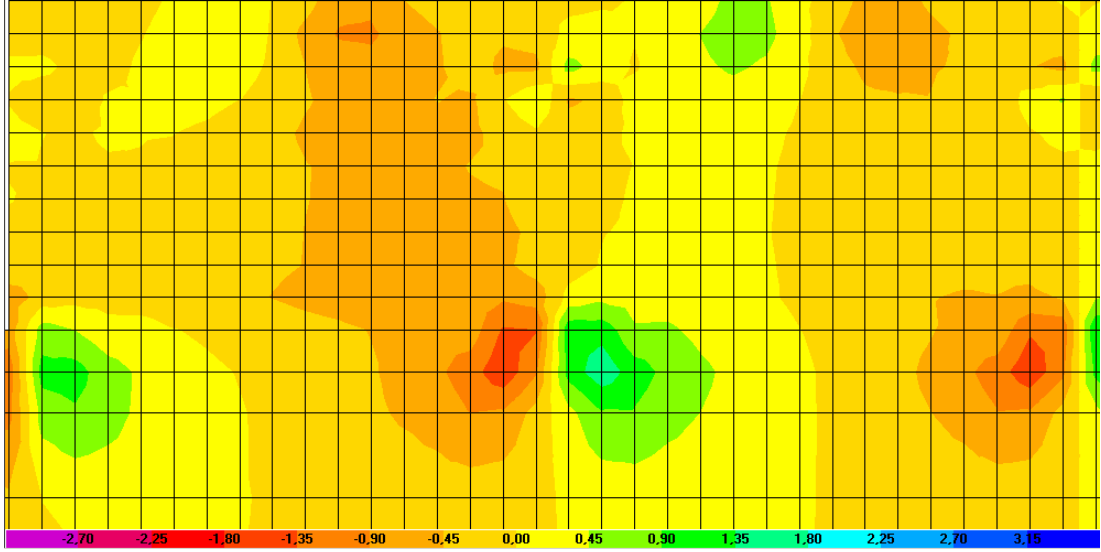
Bu kısımda deprem etkisindeki 1A tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.8. 1A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



Şekil 4.9. 1A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

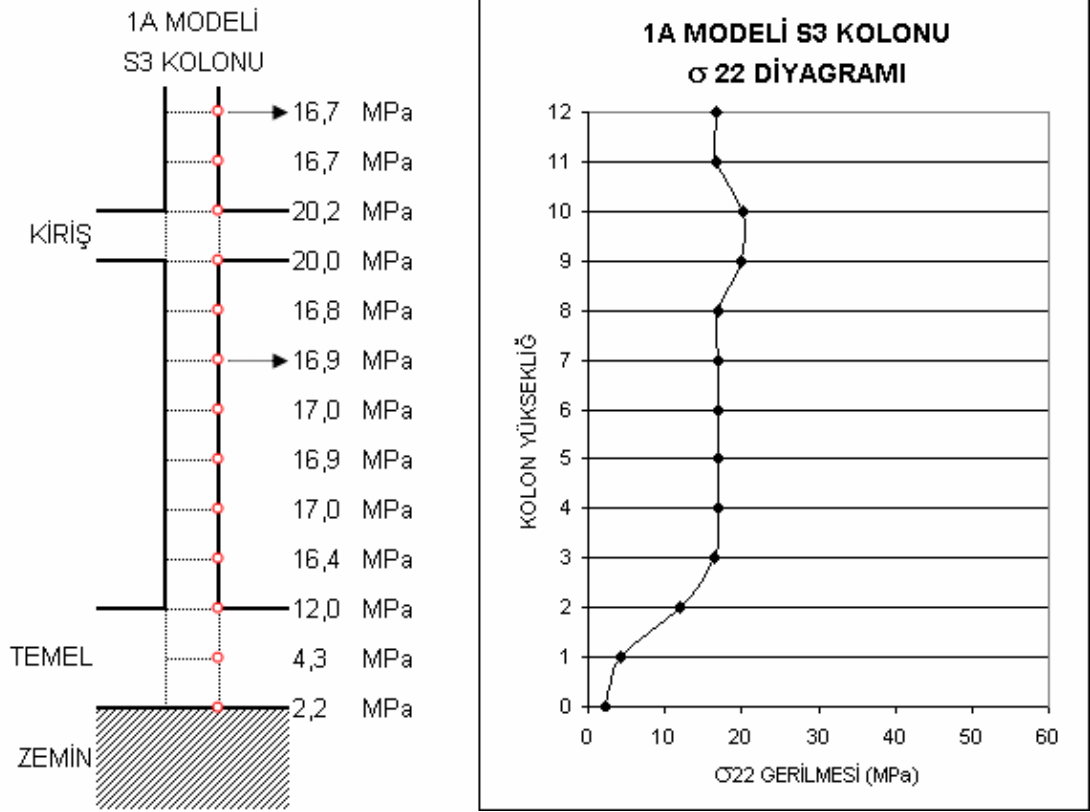


Şekil 4.10. 1A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 1A tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 3,88MPa, S2 kolonu için 7,58MPa ve S3 kolonu için 7,19MPa kolon alt bölgesinde vermiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri kolon giriş birleşim yerleri olan üst bölgelerde S1 kolonu için 31,17MPa, S2 kolonu için 20,16MPa ve S3 kolonu için 20,24MPa çıkmıştır.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon alt bölgelerinde S1 kolonu için 0,71MPa, S2 kolonu için 1,37MPa ve S3 kolonu için 1,29MPa çıkmıştır.

Tablo 4.3. 1A tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

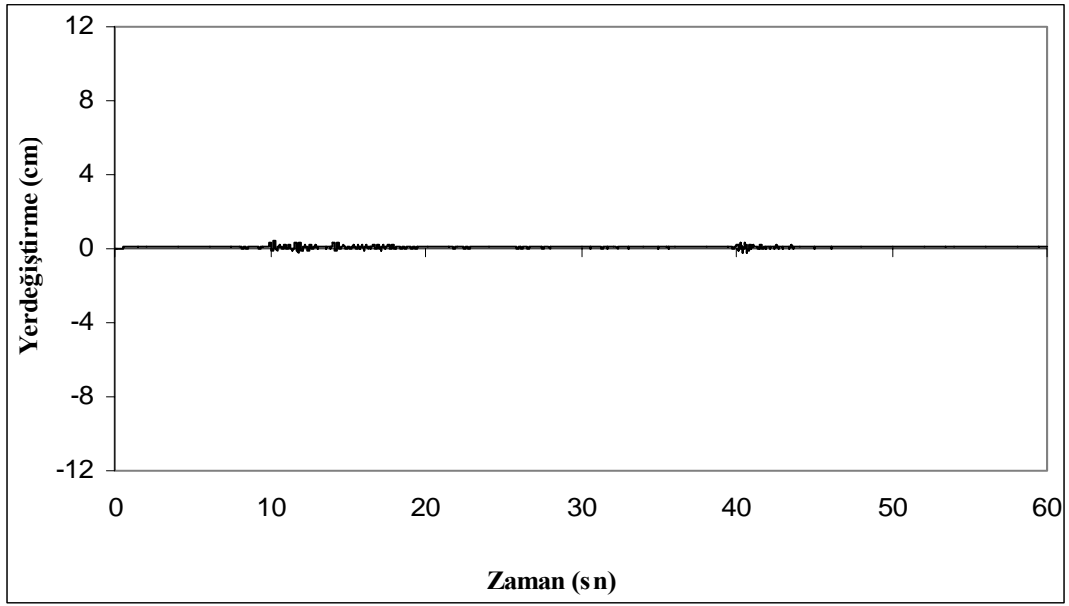
Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-3,88MPa	-7,58MPa	-7,19MPa	Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-31,17MPa	-20,16MPa	-20,24MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-0,71MPa	-1,37MPa	-1,29MPa	Alt



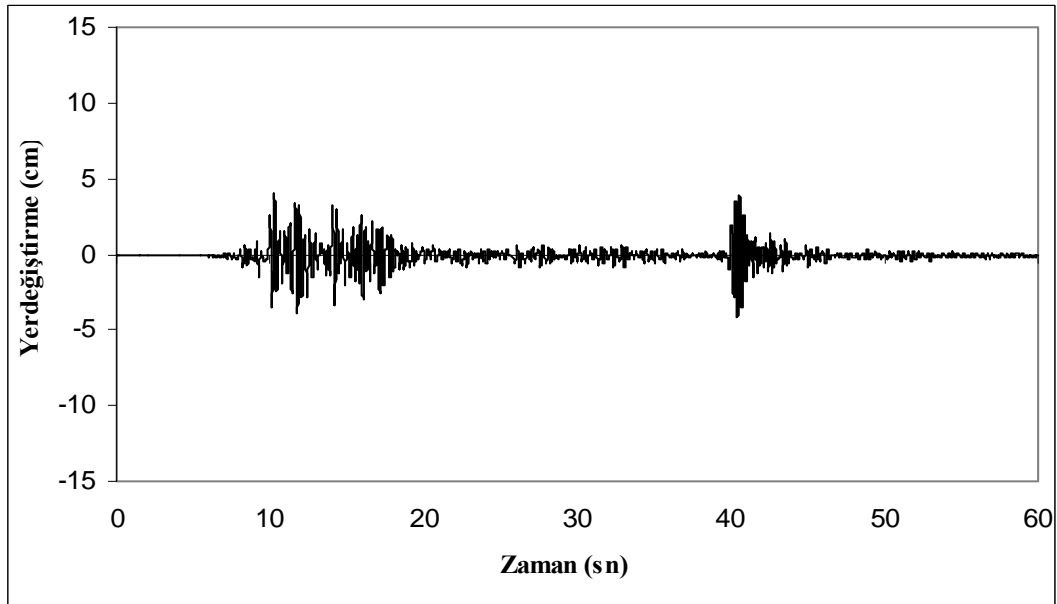
Şekil 4.11. 1A Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.11. de görüldüğü gibi, dolu çerçeve modeli olan, zemin katı duvar ile tamamıyla örülmüş 1A modelinde, maksimum gerilmelerin zemin ve 1. kat kolon kiriş birleşim yerinde meydana geldiği (ortalama 20MPa), duvar ile dayalı kolon (S3) boyunca ise gerilmelerin sabit bir değerle (ortalama 17MPa) temele kadar inerek, temelde gerilmelerin iyice düştüğü görülmüştür.





Şekil 4.12. 1A Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirme.

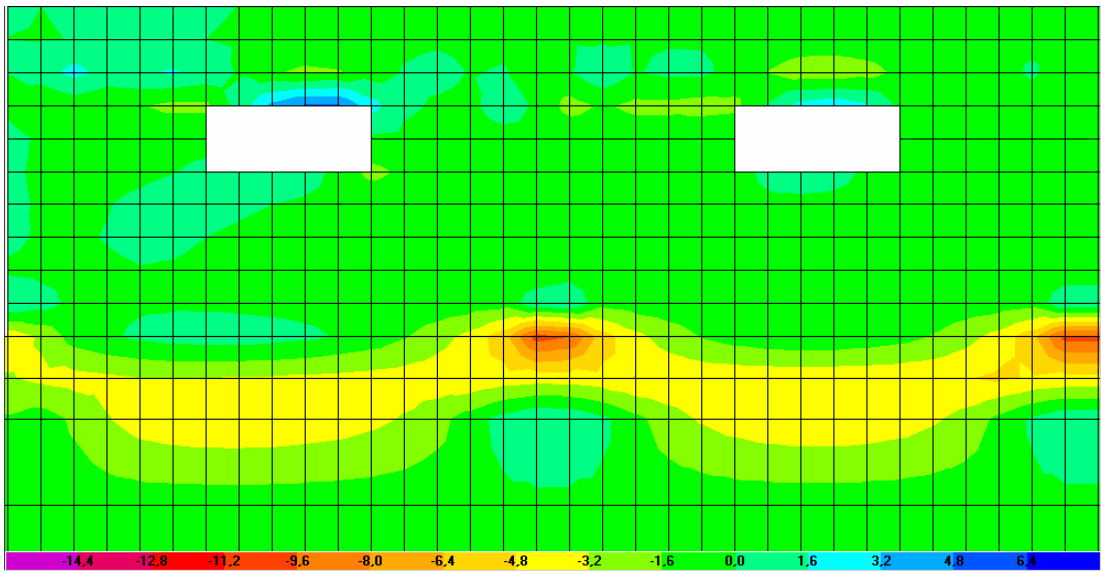


Şekil 4.13. 1A Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirme.

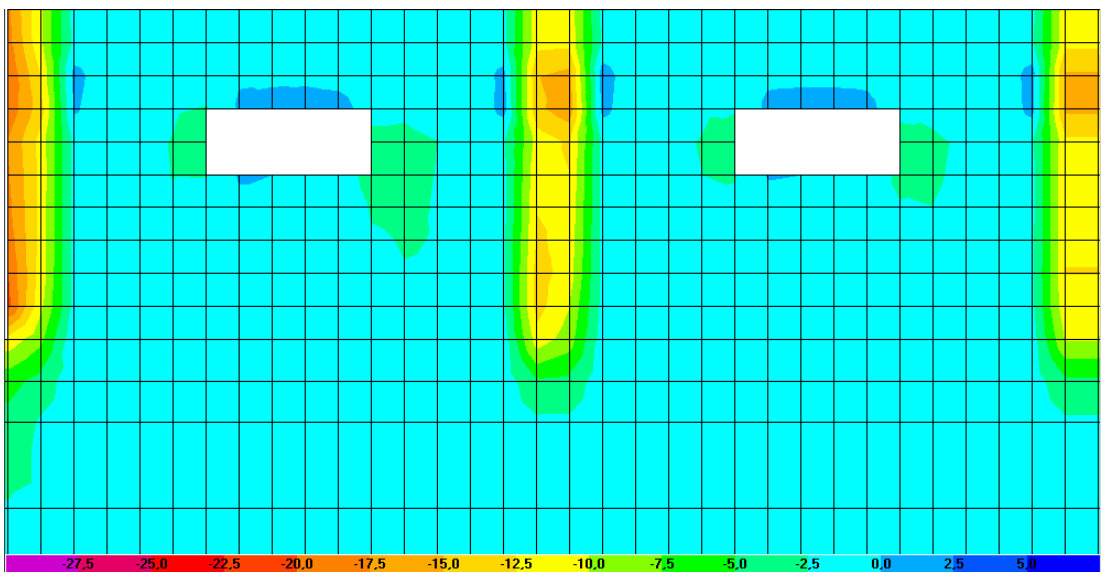
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 4cm civarlarındadır. Burada verilen yer değişirme değerleri temeldeki yer değiştirmelere göre gsterilmiştir.

#### 4.2. 1B tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

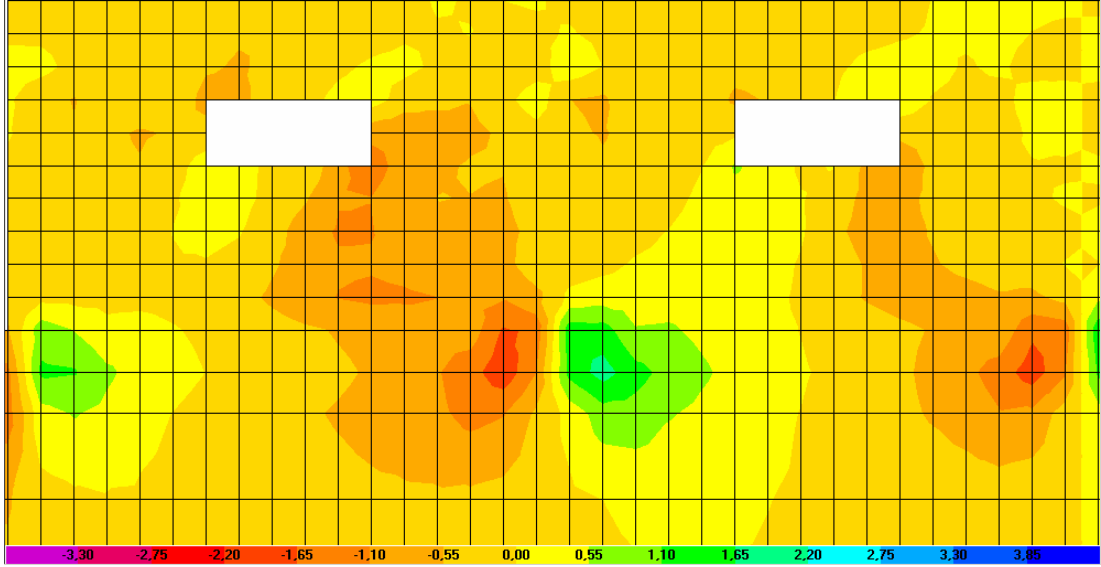
Bu kısımda deprem etkisindeki 1B tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



şekil 4.14. 1B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



şekil 4.15. 1B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

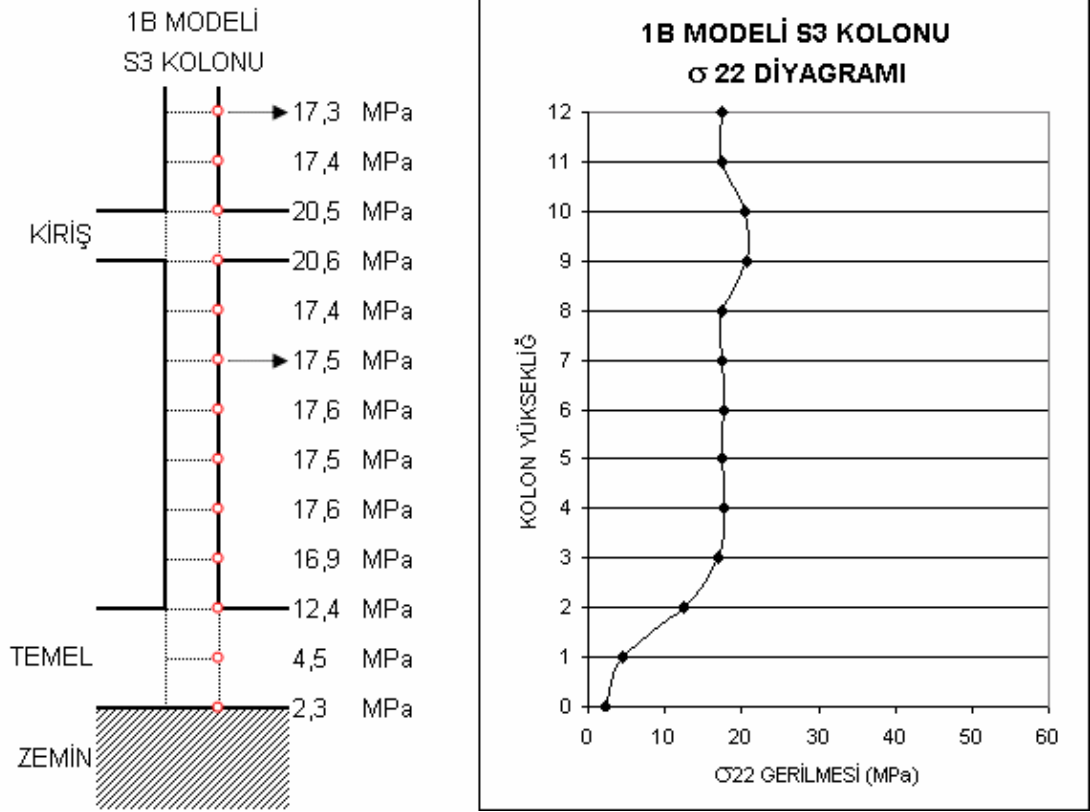


Şekil 4.16. 1B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 1B tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 4,45MPa, S2 kolonu için 10,45MPa ve S3 kolonu için 10,26MPa kolon alt bölgesinde vermiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri kolon kiriş birleşim yerleri olan üst bölgelerde S1 kolonu için 20,03MPa, S2 kolonu için 15,83MPa ve S3 kolonu için 15,45MPa çıkmıştır.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon alt bölgelerinde S1 kolonu için 0,86MPa, S2 kolonu için 1,54MPa ve S3 kolonu için 1,49MPa civarlarındadır.

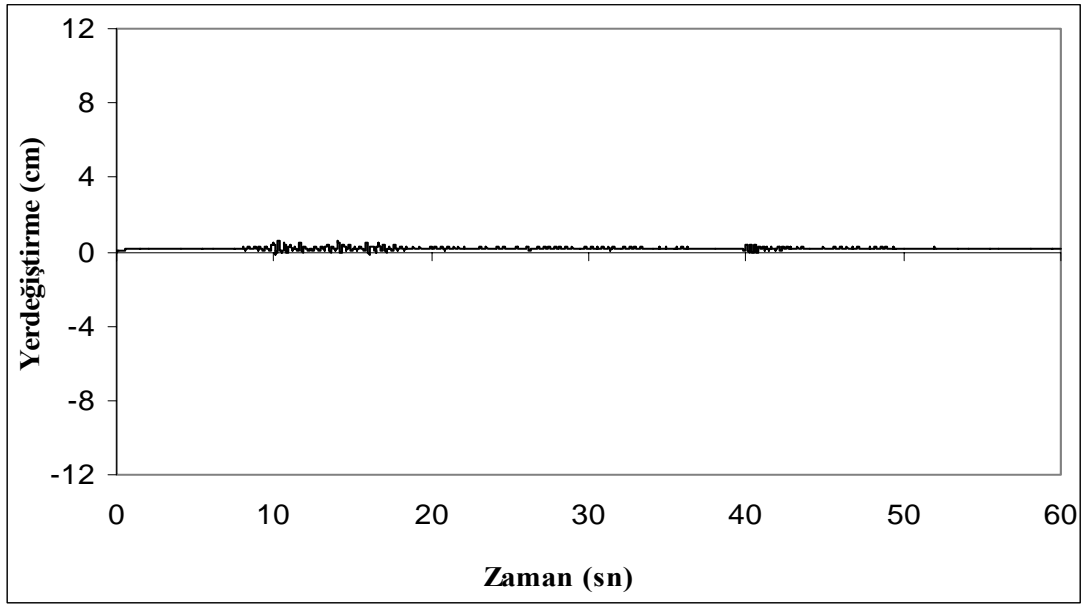
Tablo 4.4. 1B tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-4,45MPa	-10,45MPa	-10,26MPa	Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-20,03MPa	-15,83MPa	-15,45MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	+0,86MPa	-1,54MPa	-1,49MPa	Alt

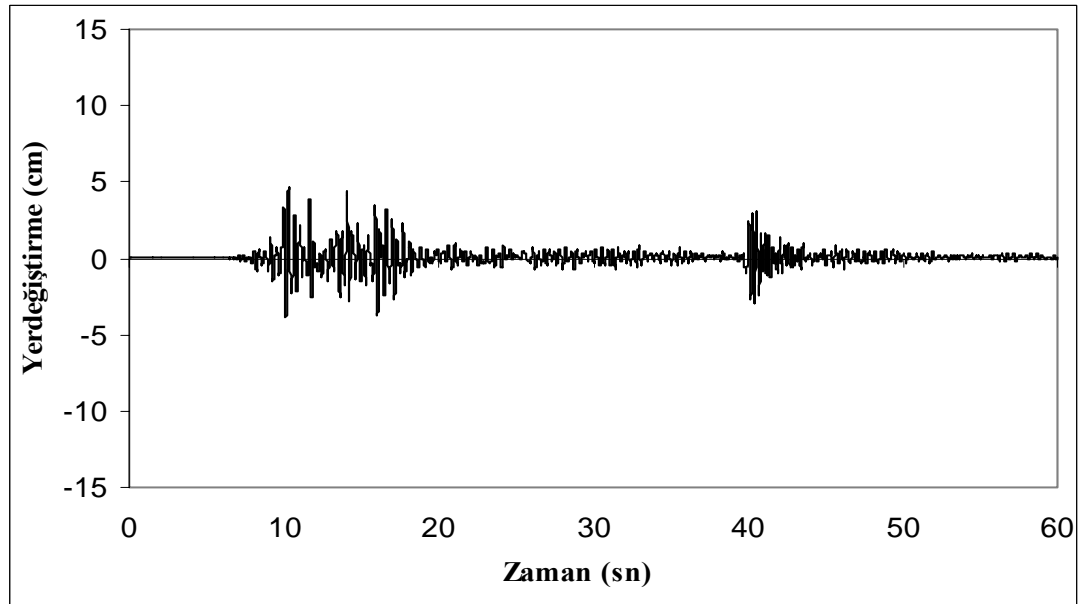


Şekil 4.17. 1B Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.17. de görüldüğü gibi, kısmi bant pencere modeli olan, zemin katı duvar ile örülü ve üstte ortada bant pencere bulunan 1B modelinde, yine maksimum gerilmeler kolon kiriş birleşim yerinde meydana gelmiştir (20,5MPa). Kolon boyunca gerilmeler temele kadar aynı ve değişmemekte (ortalama 17,5MPa), temelde ise gerilmeler yine azalmaktadır.



Şekil 4.18. 1B Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

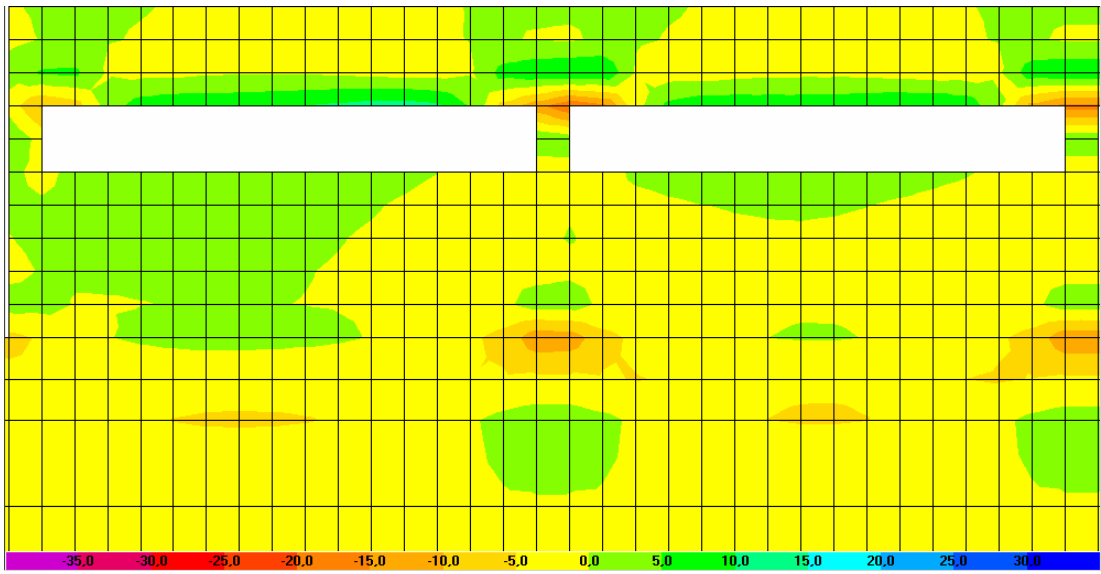


Şekil 4.19. 1B Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

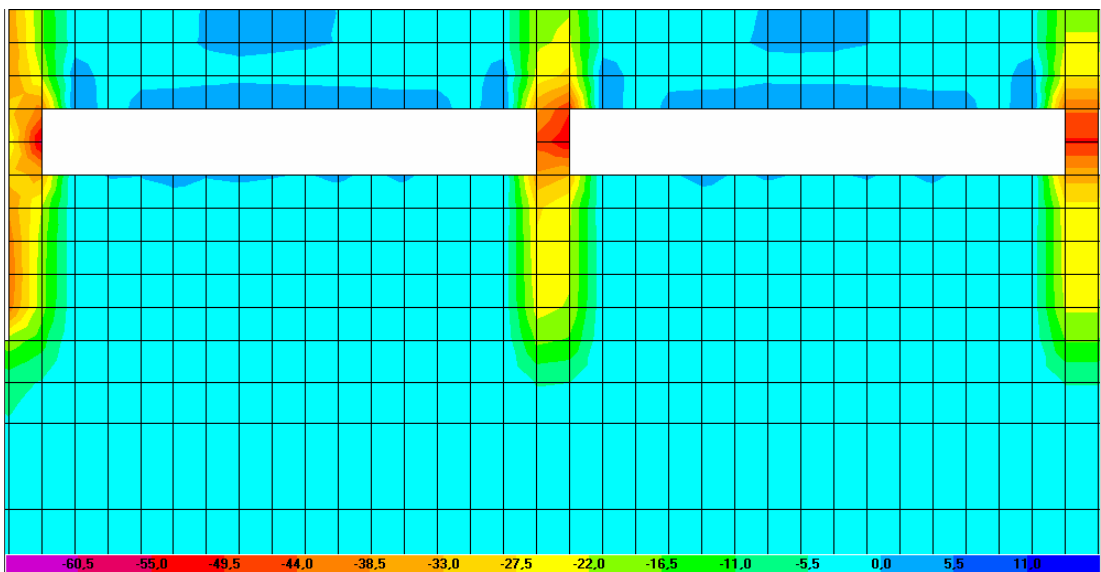
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 5cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

### 4.3. 1C tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

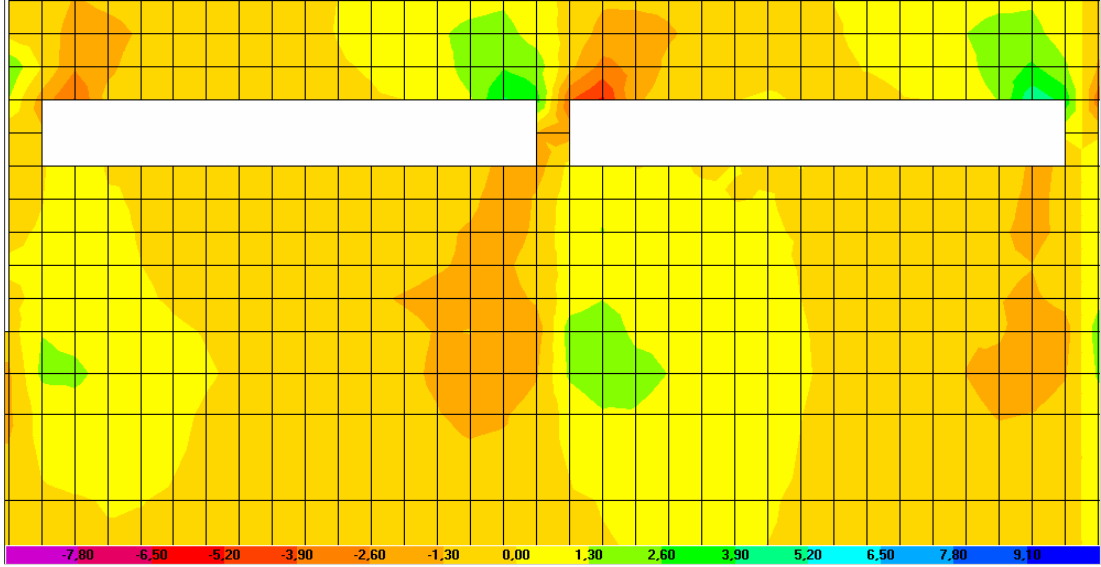
Bu kısımda deprem etkisindeki 1C tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.20. 1C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



Şekil 4.21. 1C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

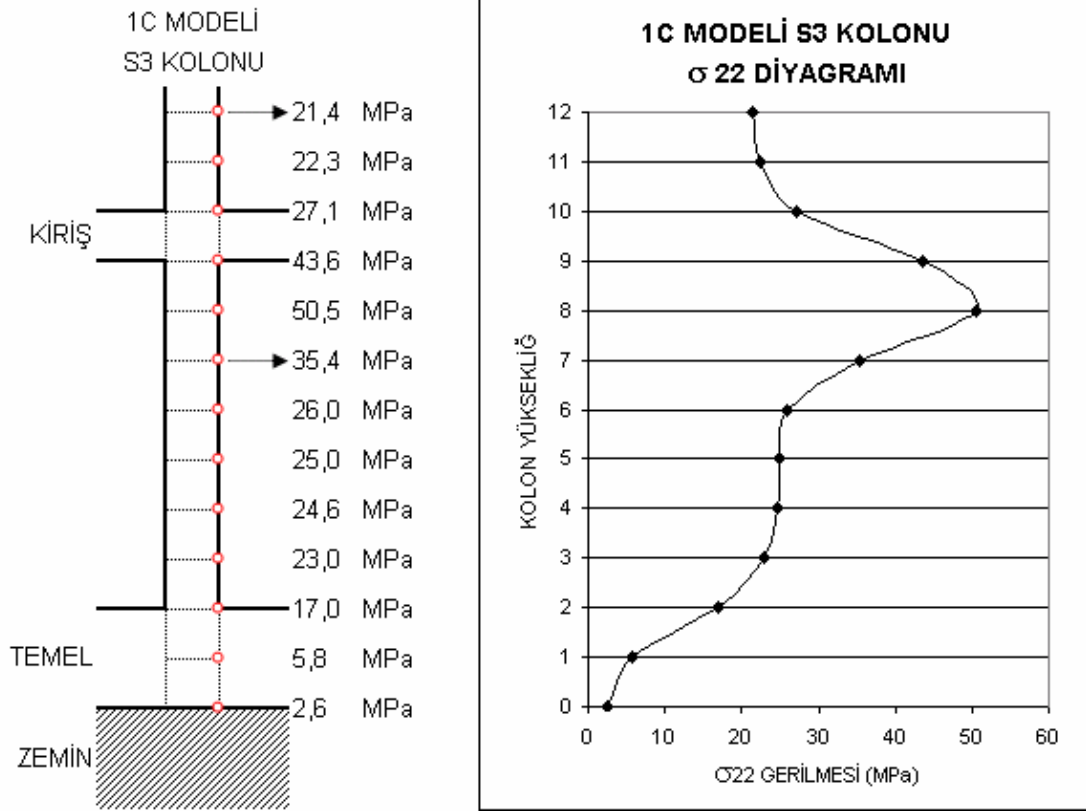


Şekil 4.22. 1C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 1C tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 10,84MPa, S2 kolonu için 20,16MPa ve S3 kolonu için 17,25MPa olarak bir önceki modellere göre artış göstermiş ve bant pencerenin bulunduğu kolon üst bölgesinde meydana gelmiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri bant pencere boşluğu olan kolon üst bölgelerinde S1 kolonu için 57,47MPa, S2 kolonu için 54,24MPa ve S3 kolonu için 50,55MPa olarak önceki modellere (1A ve 1B) göre hayli bir artış göstermiştir.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon üst bölgelerinde S1 kolonu için 2,35MPa, S2 kolonu için 3,85MPa ve S3 kolonu için 3,41MPa civarlarındadır.

Tablo 4.5. 1C tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

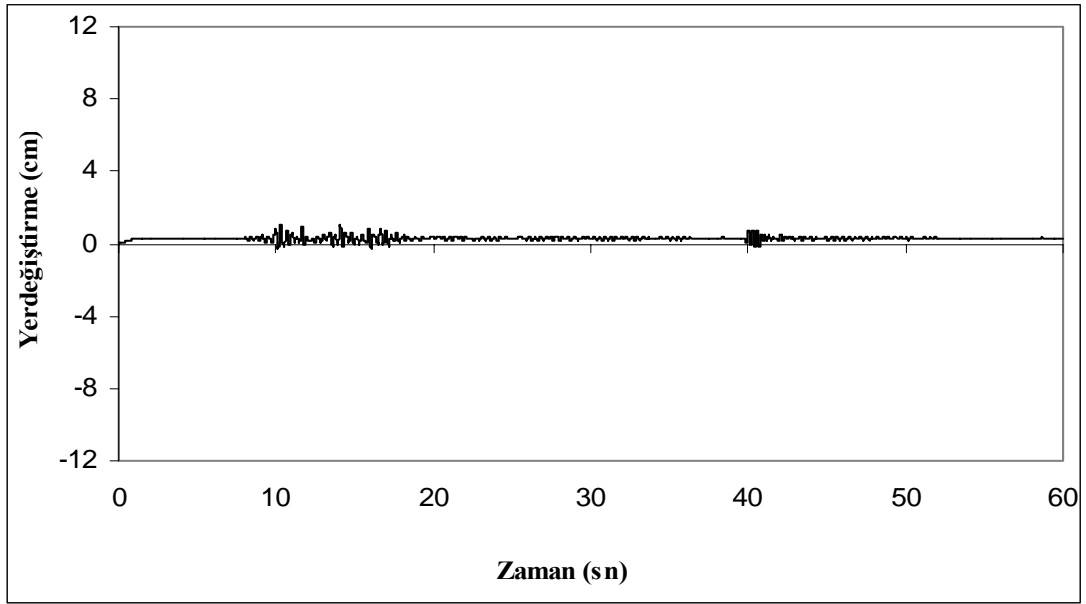
Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-10,84MPa	-20,16MPa	-17,25MPa	Üst
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-57,47MPa	-54,24MPa	-50,55MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	+2,35MPa	-3,85MPa	-3,41MPa	Üst



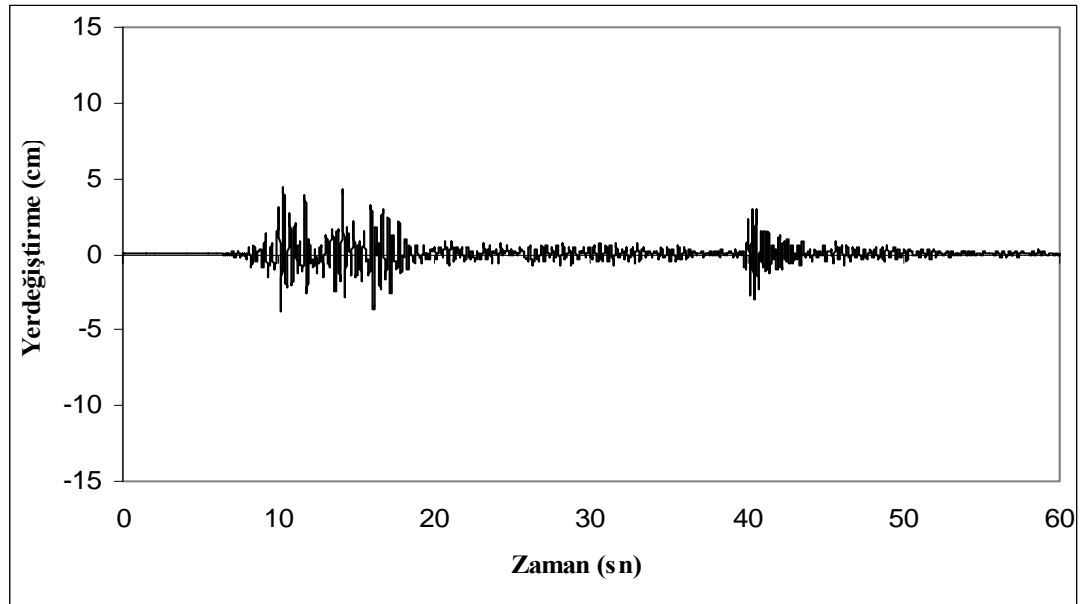
Şekil 4.23. 1C Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.23. de görüldüğü gibi, bant pencere modeli olan, zemin katı duvar ile örülü ve üstte boydan boya bant pencere bulunan 1C modelinde, kolondaki gerilmelerin arttığı görülmektedir. Özellikle bant pencerenin bulunduğu kolonun üst kısmında gerilmelerin (50MPa) bir hayli arttığı ve duvar ile dayalı kolon alt kısmında ise bir önceki modellerde (model 1A ve 1B) duvar ile kaplı kolonlara kıyasla biraz daha yüksek gerilmelerin meydana geldiği görülmüştür (ortalama 25MPa). Temelde ise gerilmeler yine azalmaktadır.





Şekil 4.24. 1C Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

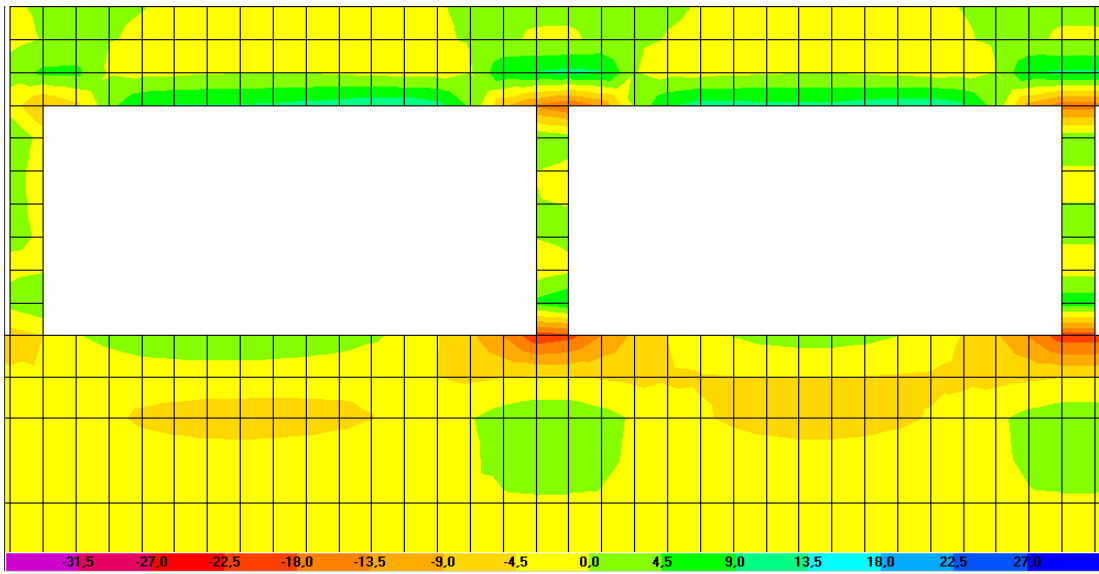


Şekil 4.25. 1C Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

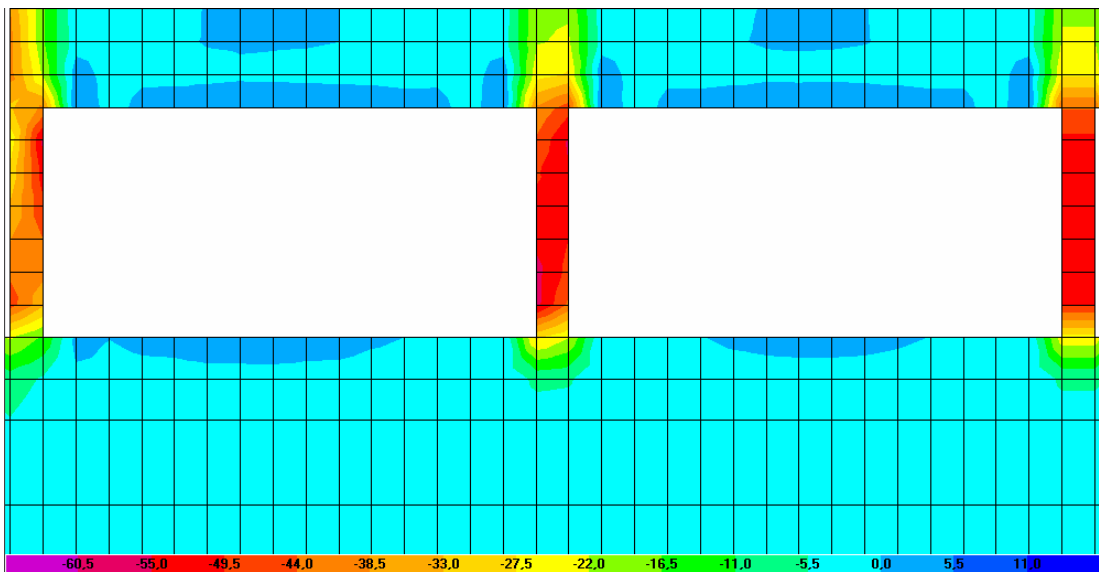
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 4cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.4. 1D tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

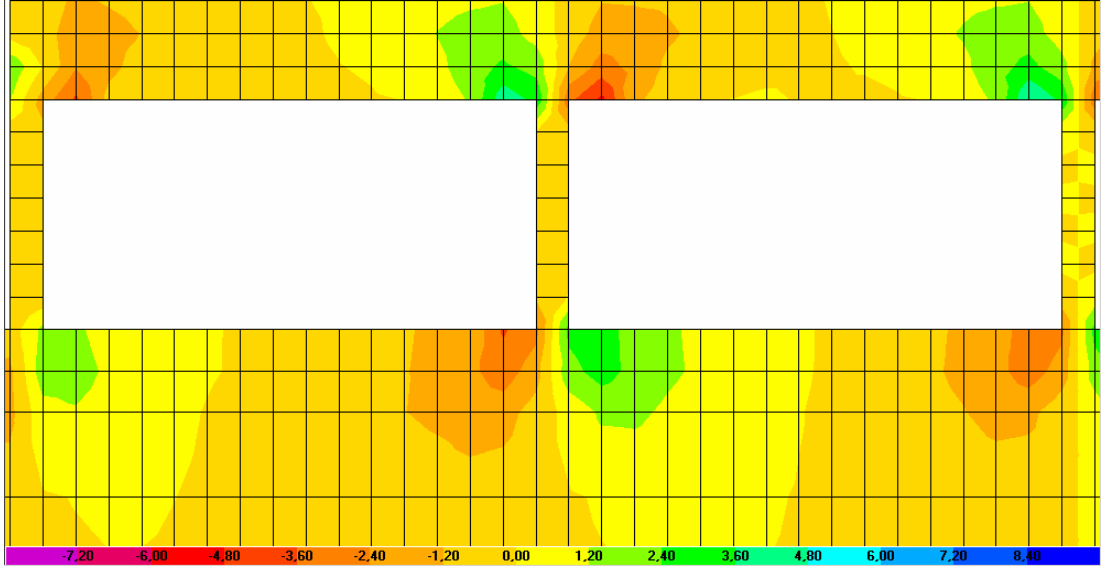
Bu kısımda deprem etkisindeki 1D tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.26. 1D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



Şekil 4.27. 1D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

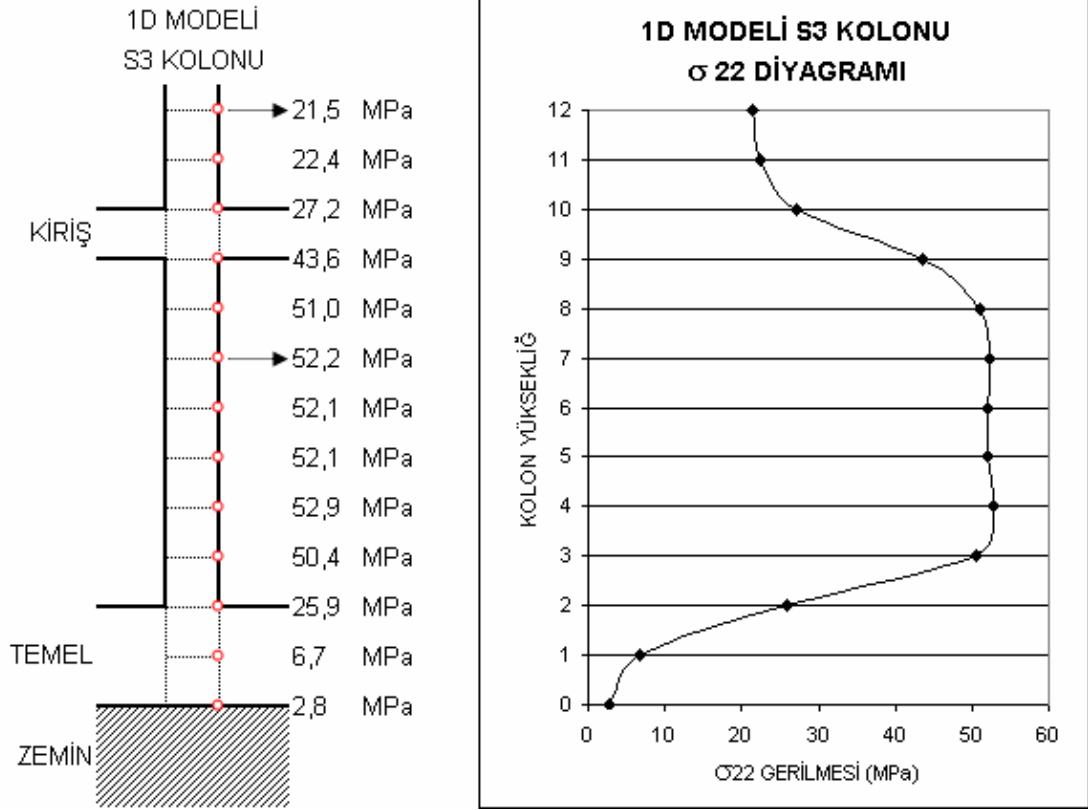


Şekil 4.28. 1D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 1D tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 9,71MPa, S2 kolonu için 21,46MPa ve S3 kolonu için 21,02MPa olarak kolon üst ve alt bölgelerinde meydana gelmiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri kolon boyunca, S1 kolonu için 56,88MPa, S2 kolonu için 57,00MPa ve S3 kolonu için 52,14MPa olarak duvar ile dolu olan önceki çerçeve modellere (1A ve 1B) oranla yüksek değerler vermiştir.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon üst ve alt bölgelerinde S1 kolonu için 1,74MPa, S2 kolonu için 3,32MPa ve S3 kolonu için 3,29MPa civarlarındadır.

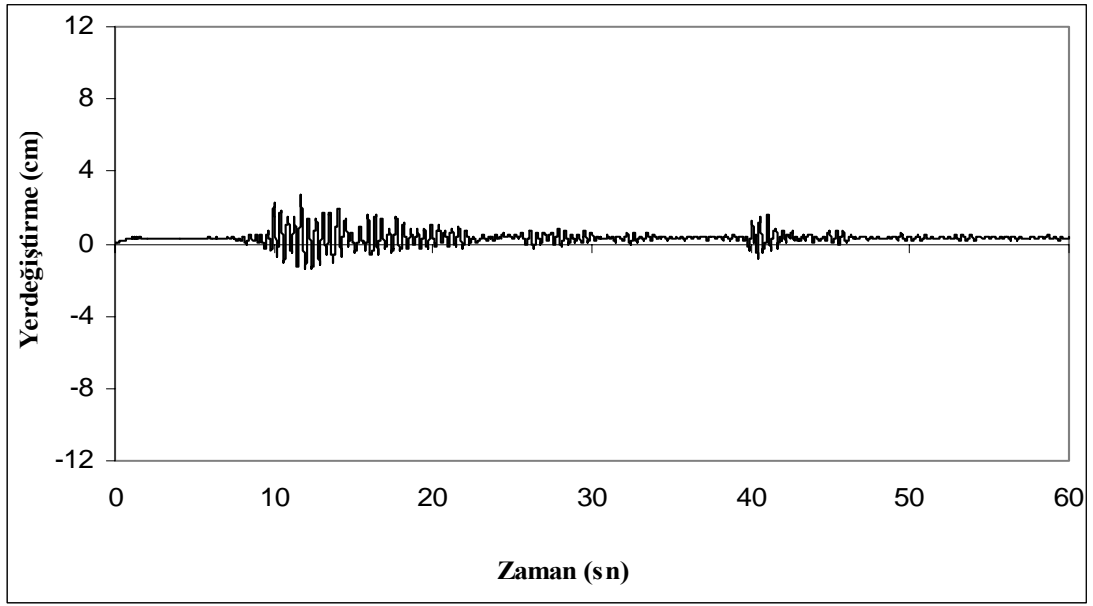
Tablo 4.6. 1D tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-9,71MPa	-21,46MPa	-21,02MPa	Üst,Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-56,88MPa	-57,00MPa	-52,14MPa	Kolon boyu
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-1,74MPa	-3,32MPa	-3,29MPa	Üst,Alt

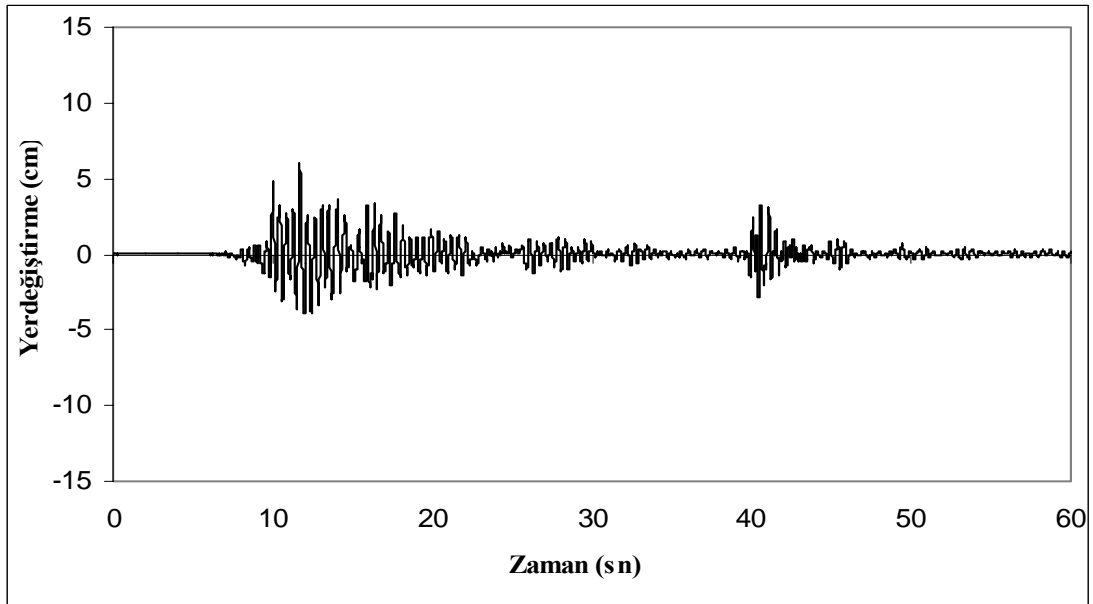


Şekil 4.29. 1D Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.29. da görüldüğü gibi, boş çerçeve modeli olan, 1D modelinde, kolondaki gerilmelerin bu sefer kolon boyunca arttığı görülmektedir. (Ortalama 52MPa).



Şekil 4.30. 1D Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

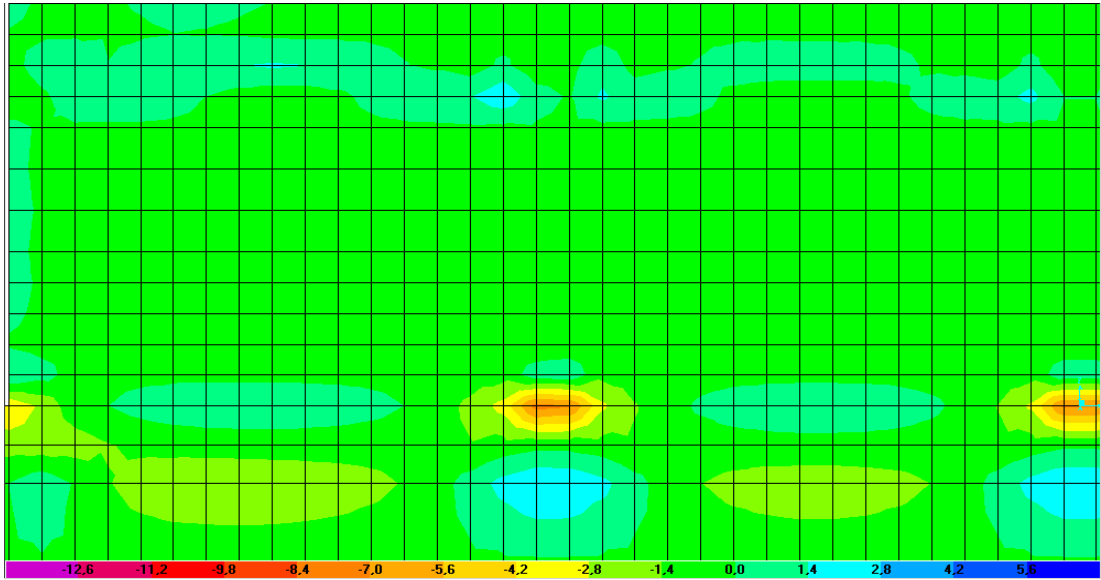


Şekil 4.31. 1D Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

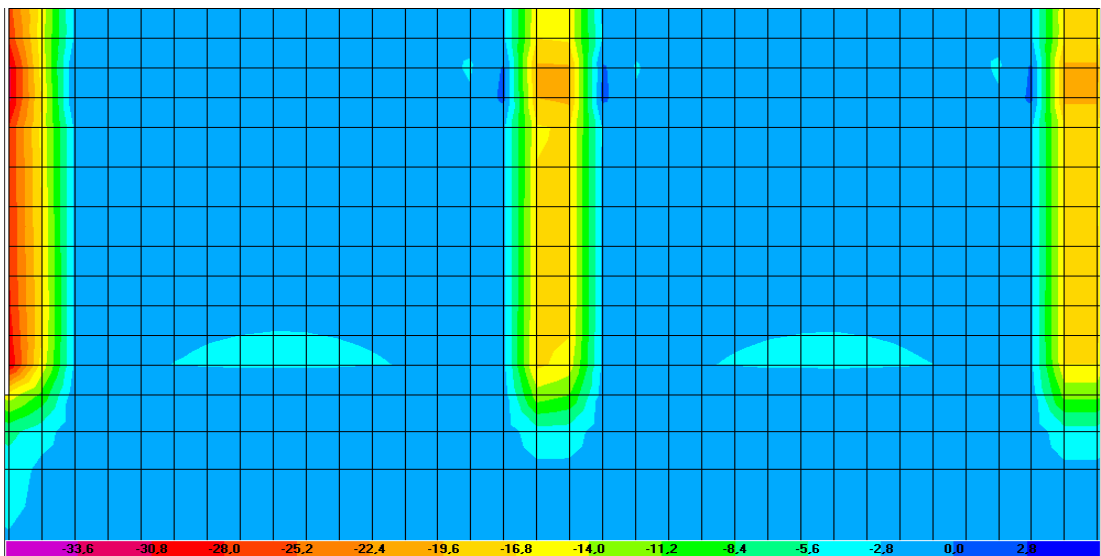
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 3cm, son katta ise 6cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.5. 2A tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

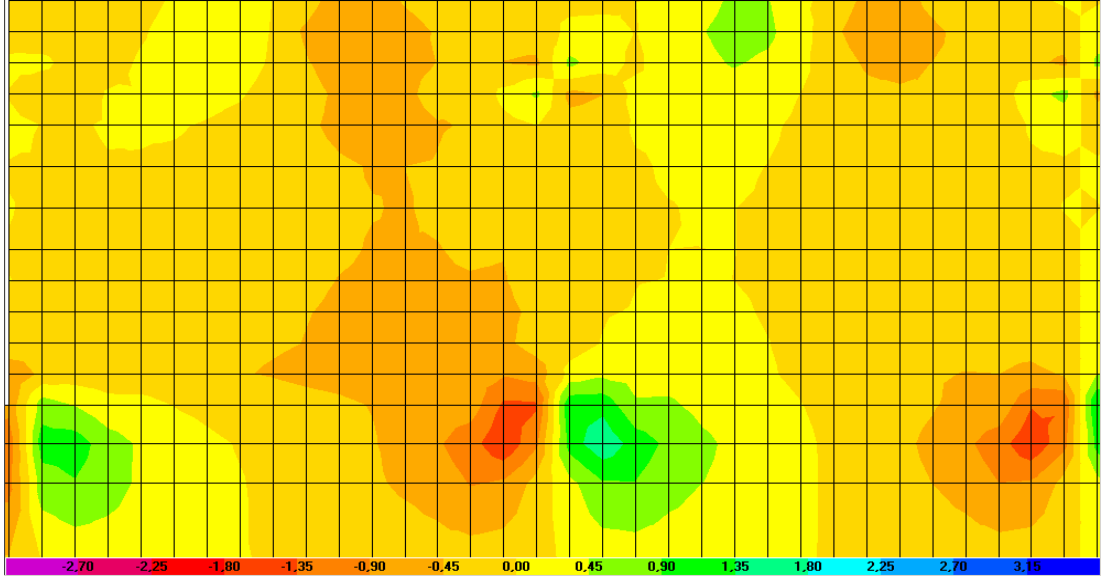
Bu kısımda deprem etkisindeki 2A tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



şekil 4.32. 2A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



şekil 4.33. 2A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

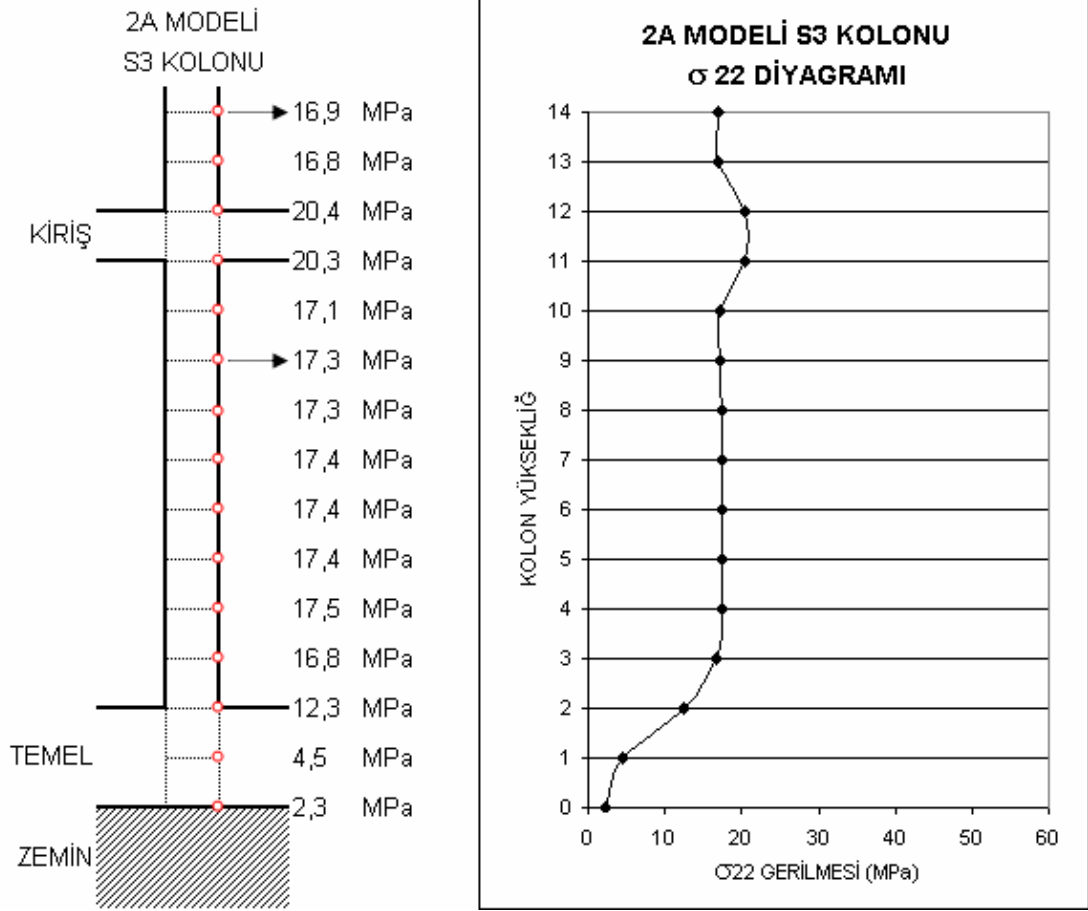


Şekil 4.34. 2A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 2A tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 4,07MPa, S2 kolonu için 7,77MPa ve S3 kolonu için 7,35MPa kolon alt bölgesinde vermiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri kolon kiriş birleşim yerleri olan üst bölgelerde S1 kolonu için 31,79MPa, S2 kolonu için 20,42MPa ve S3 kolonu için 20,40MPa çıkmıştır.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon alt bölgelerinde S1 kolonu için 0,75MPa, S2 kolonu için 1,43MPa ve S3 kolonu için 1,34MPa çıkmıştır.

Tablo 4.7. 2A tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

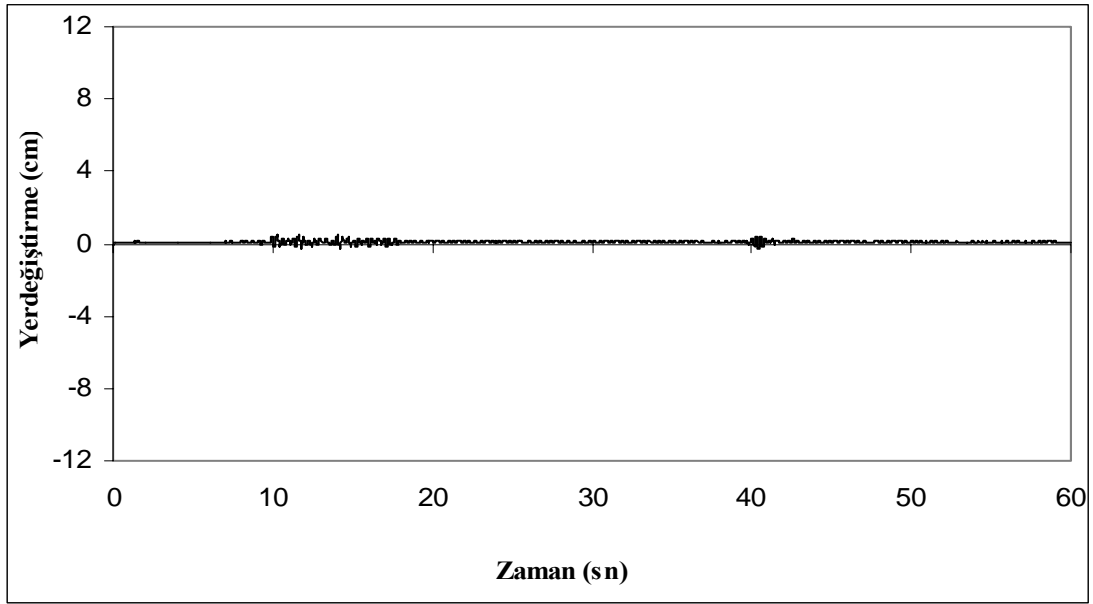
Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-4,07MPa	-7,77MPa	-7,35MPa	Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-31,79MPa	-20,42MPa	-20,40MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-0,75MPa	-1,43MPa	-1,34MPa	Alt



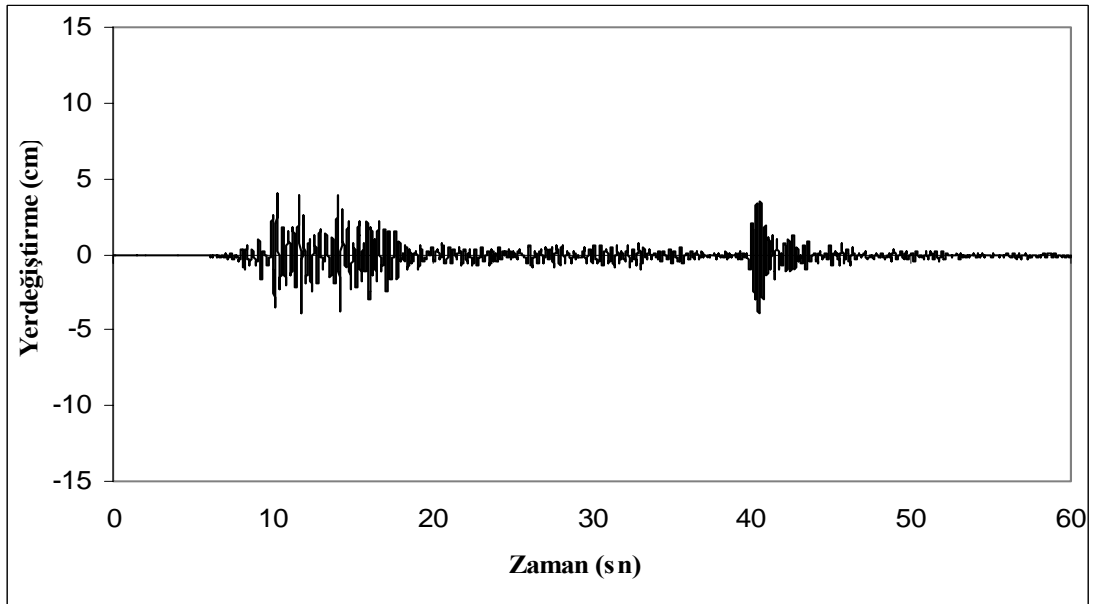
Şekil 4.35. 2A Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.35. de görüldüğü gibi, dolu çerçeve modeli olan, zemin katı duvar ile tamamiyle örülmüş 2A modelinde, maksimum gerilmelerin zemin ve 1. kat kolon kiriş birleşim yerinde meydana geldiği (ortalama 20MPa), duvar ile dayalı kolon (S3) boyunca ise gerilmelerin sabit bir değerle (ortalama 17MPa) temele kadar inerek, temelde gerilmelerin iyice düştüğü görülmüştür.





Şekil 4.36. 2A Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

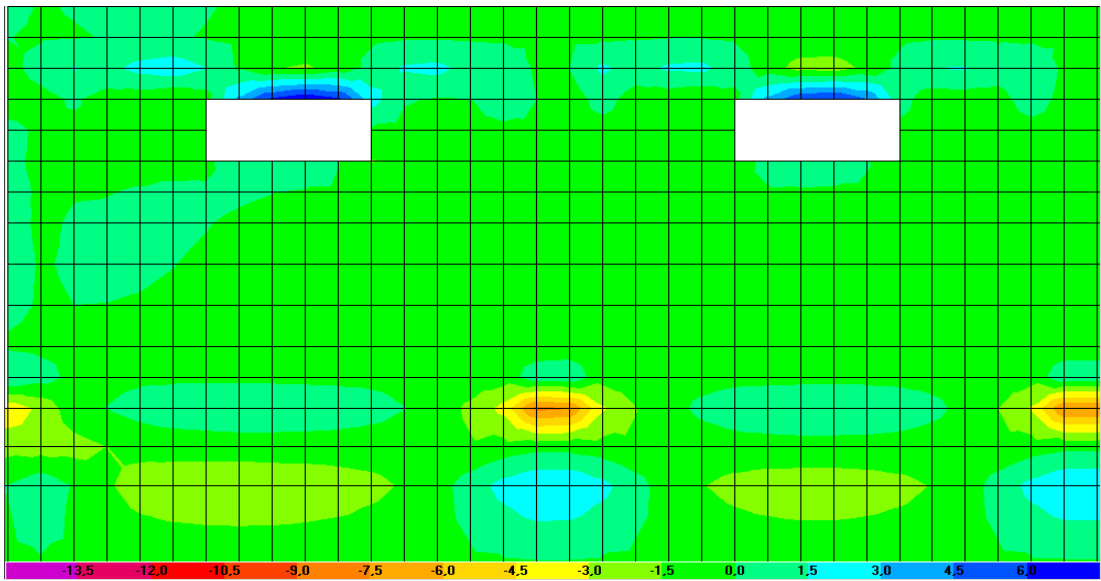


Şekil 4.37. 2A Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

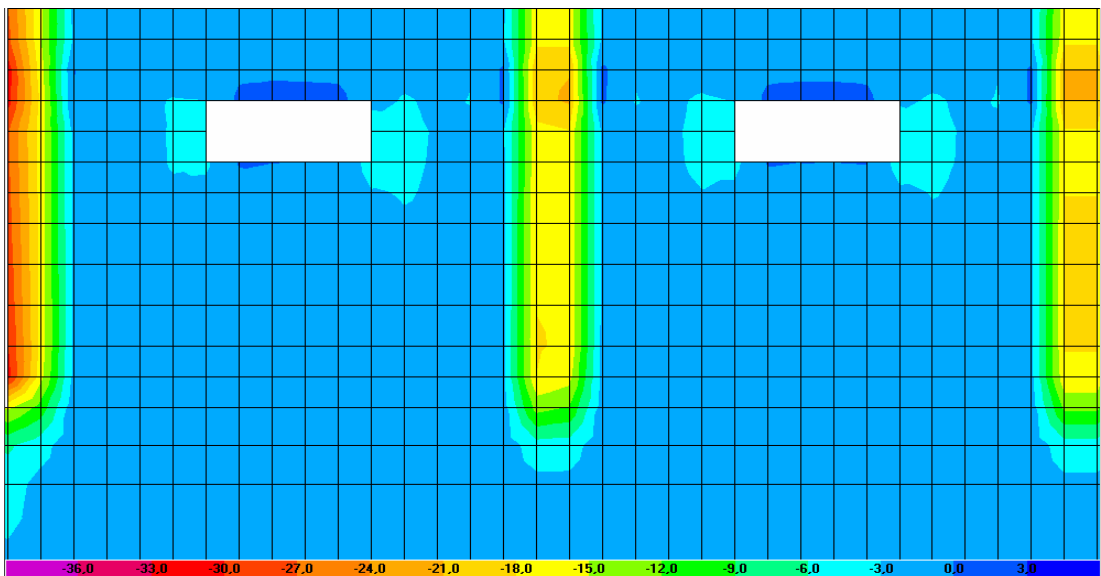
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 4cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.6. 2B tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

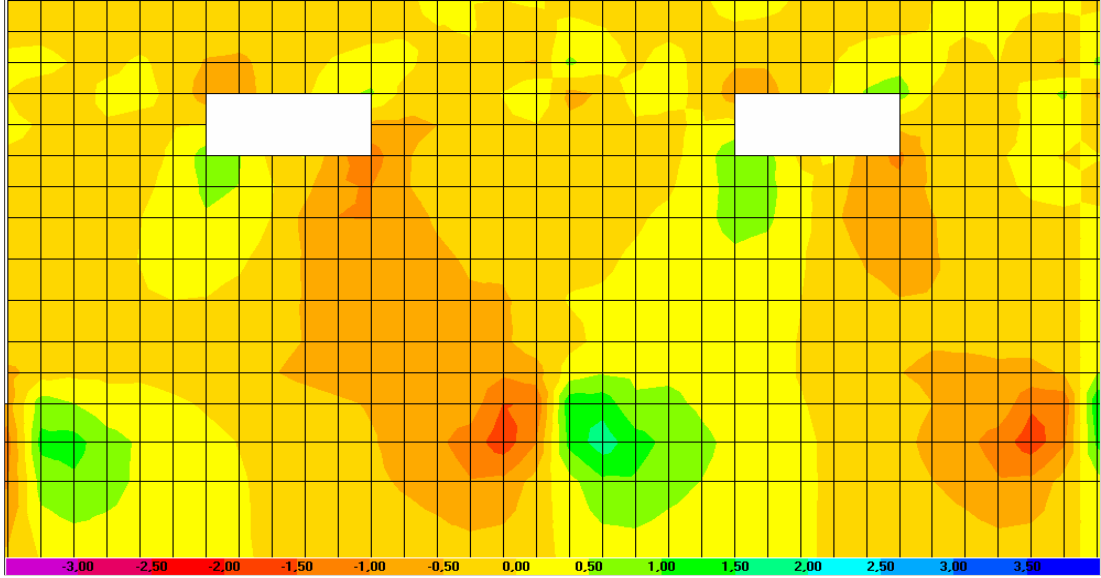
Bu kısımda deprem etkisindeki 2B tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



şekil 4.38. 2B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



şekil 4.39. 2B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

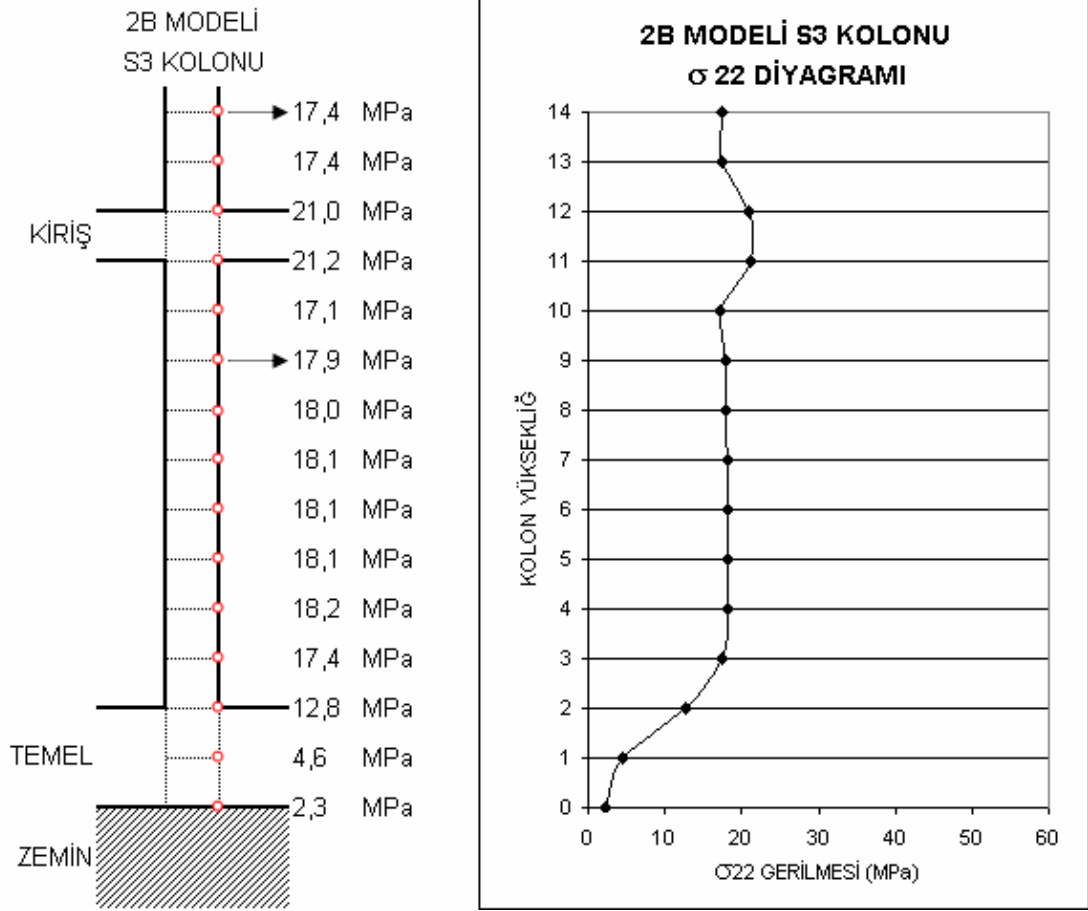


Şekil 4.40. 2B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 2B tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 4,11Mpa, S2 kolonu için 8,08MPa ve S3 kolonu için 7,69MPa kolon alt bölgesinde vermiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri kolon kiriş birleşim yerleri olan üst bölgelerde S1 kolonu için 31,78MPa, S2 kolonu için 21,42MPa ve S3 kolonu için 21,15MPa çıkmıştır.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon alt bölgelerinde S1 kolonu için 0,73MPa, S2 kolonu için 1,47MPa ve S3 kolonu için 1,40MPa civarlarındadır.

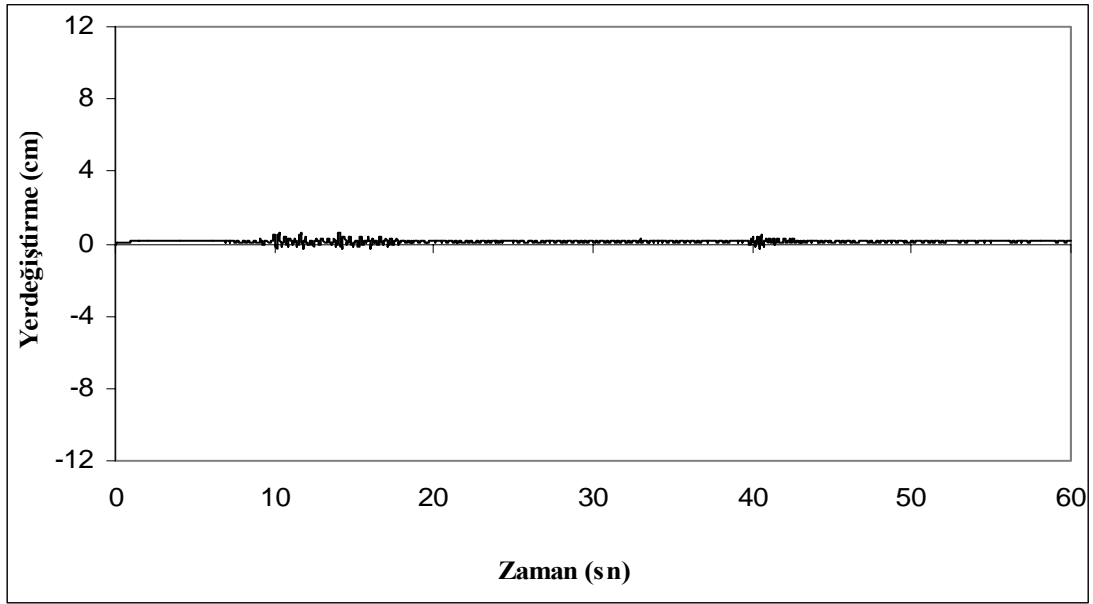
Tablo 4.8. 2B tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-4,11MPa	-8,08MPa	-7,69MPa	Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-31,78MPa	-21,42MPa	-21,15MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-0,73MPa	-1,47MPa	-1,40MPa	Alt

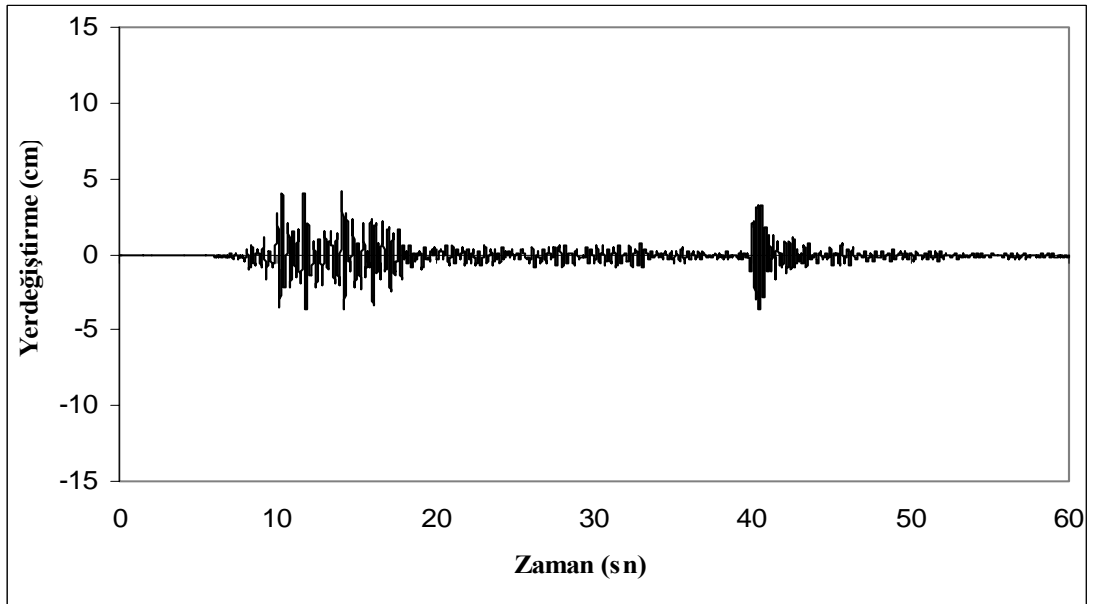


Şekil 4.41. 2B Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.41. de görüldüğü gibi, kısmi bant pencere modeli olan, zemin katı duvar ile örülü ve üstte ortada bant pencere bulunan 2B modelinde, yine maksimum gerilmeler kolon kiriş birleşim yerinde meydana gelmiştir (21MPa). Kolon boyunca gerilmeler temele kadar aynı ve değişmemekte (ortalama 18MPa), temelde ise gerilmeler yine azalmaktadır.



Şekil 4.42. 2B Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirilmesi.

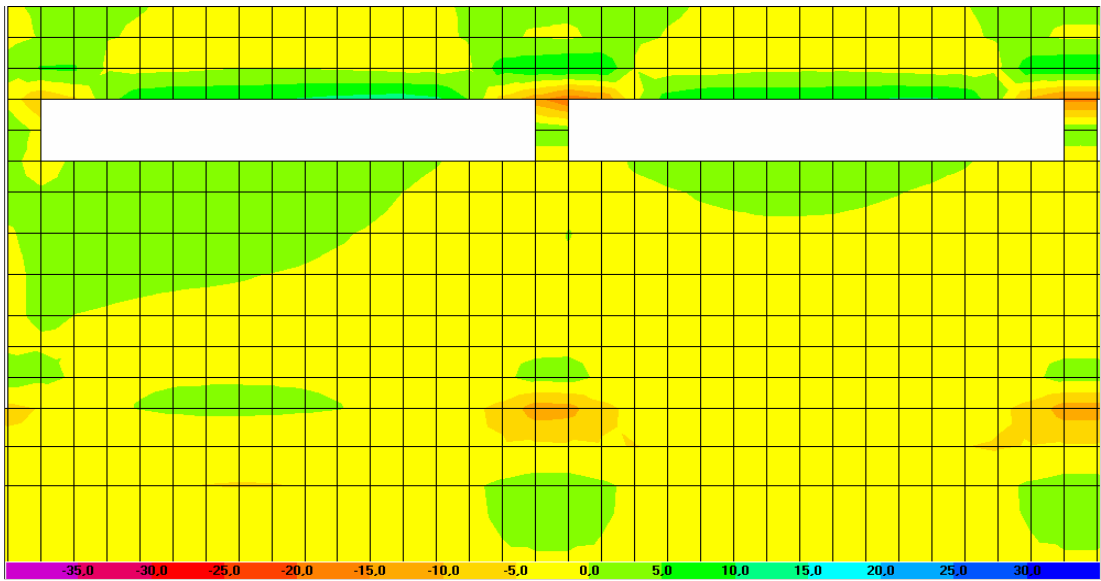


Şekil 4.43. 2B Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirilmesi.

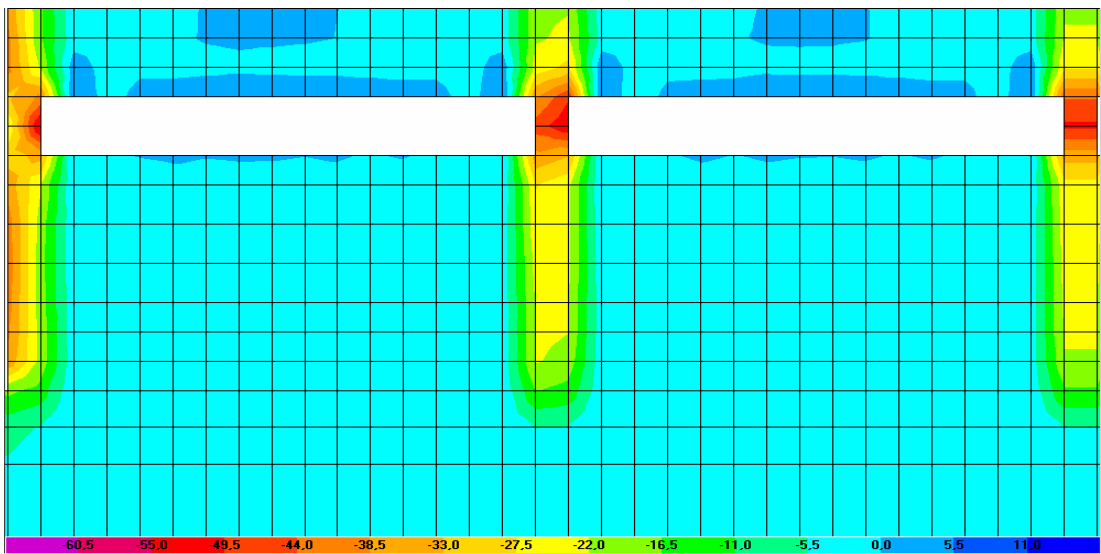
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 4cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.7. 2C tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

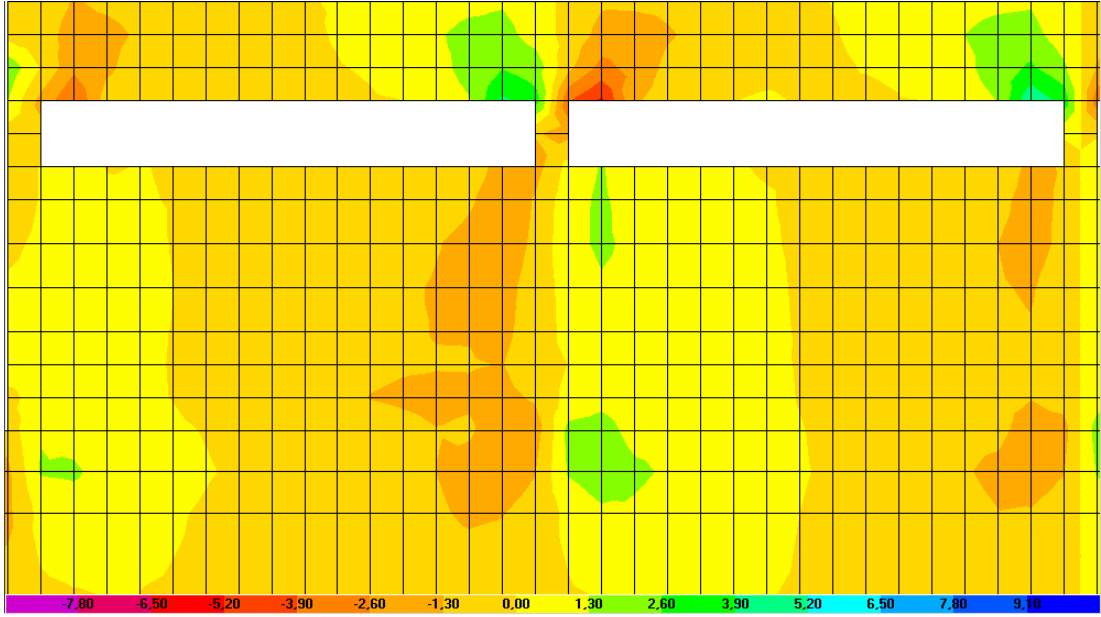
Bu kısımda deprem etkisindeki 2C tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.44. 2C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



Şekil 4.45. 2C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

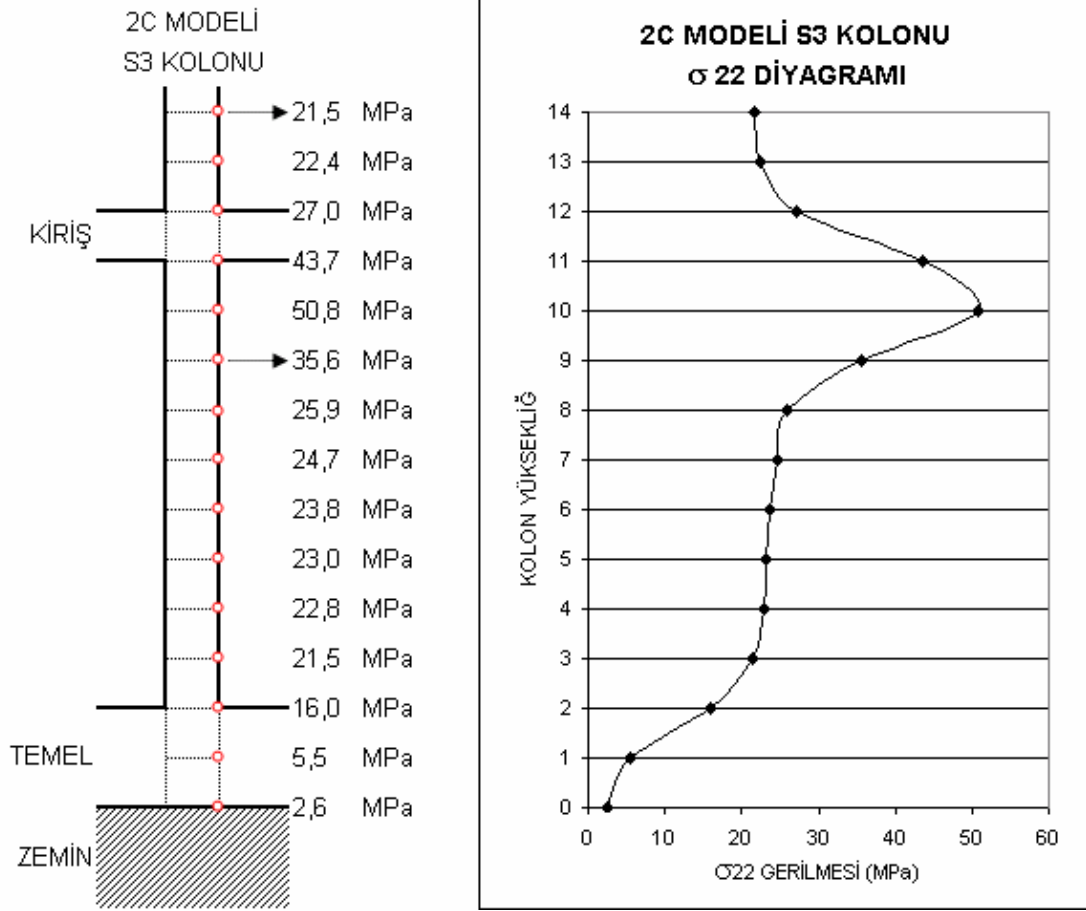


Şekil 4.46. 2C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 2C tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 9,77MPa, S2 kolonu için 19,65MPa ve S3 kolonu için 17,03MPa olarak bir önceki modellere (2A ve 2B) göre artış göstermiş ve bant pencerenin bulunduğu kolon üst bölgesinde meydana gelmiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri bant pencere boşluğu olan kolon üst bölgelerinde S1 kolonu için 57,29MPa, S2 kolonu için 54,29MPa ve S3 kolonu için 50,82MPa olarak önceki modellere (2A ve 2B) göre hayli bir artış göstermiştir.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon üst bölgelerinde S1 kolonu için 1,74MPa, S2 kolonu için 3,83MPa ve S3 kolonu için 3,45MPa civarlarındadır.

Tablo 4.9. 2C tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

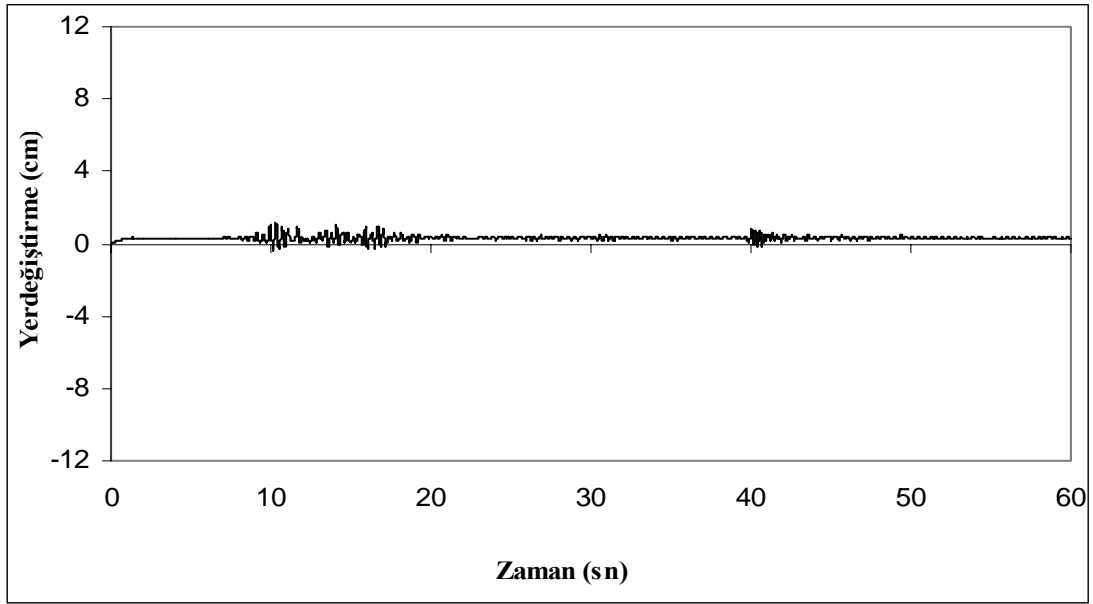
Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-9,77MPa	-19,65MPa	-17,03MPa	Üst
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-57,29MPa	-54,29MPa	-50,82MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-1,74MPa	-3,83MPa	-3,45MPa	Üst



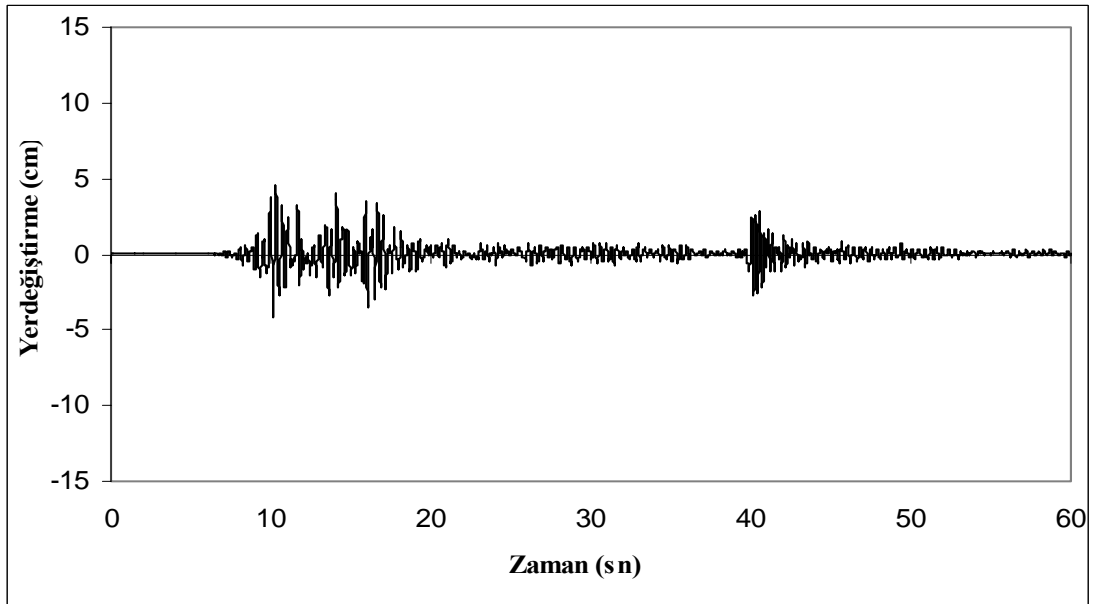
Şekil 4.47. 2C Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.47. de görüldüğü gibi, bant pencere modeli olan, zemin katı duvar ile örülü ve üstte boydan boya bant pencere bulunan 2C modelinde, kolondaki gerilmelerin arttığı görülmektedir. Özellikle bant pencerenin bulunduğu kolonun üst kısmında gerilmelerin (51MPa) bir hayli arttığı ve duvar ile dayalı kolon alt kısmında ise bir önceki modellerde (model 2A ve 2B) duvar ile kaplı kolonlara kıyasla biraz daha yüksek gerilmelerin meydana geldiği görülmüştür (ortalama 24MPa). Temelde ise gerilmeler yine azalmaktadır.





Şekil 4.48. 2C Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

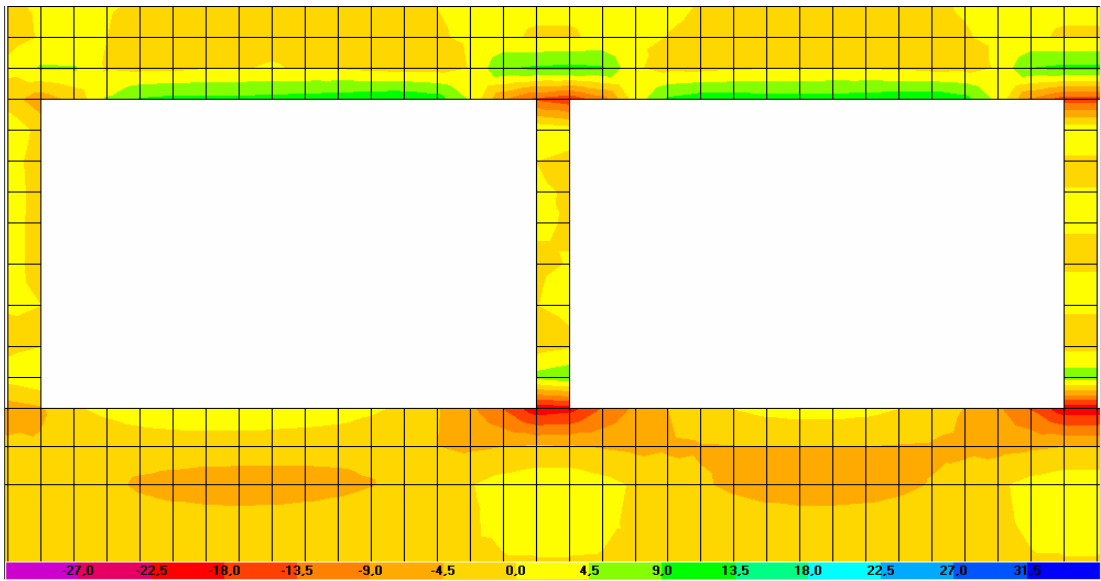


Şekil 4.49. 2C Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

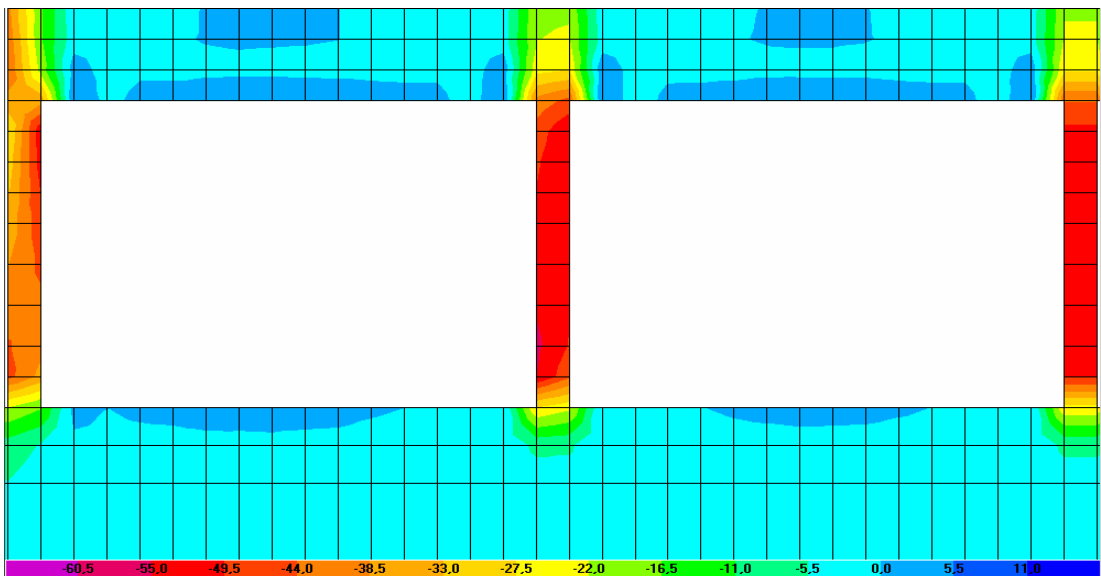
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 5cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.8. 2D tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

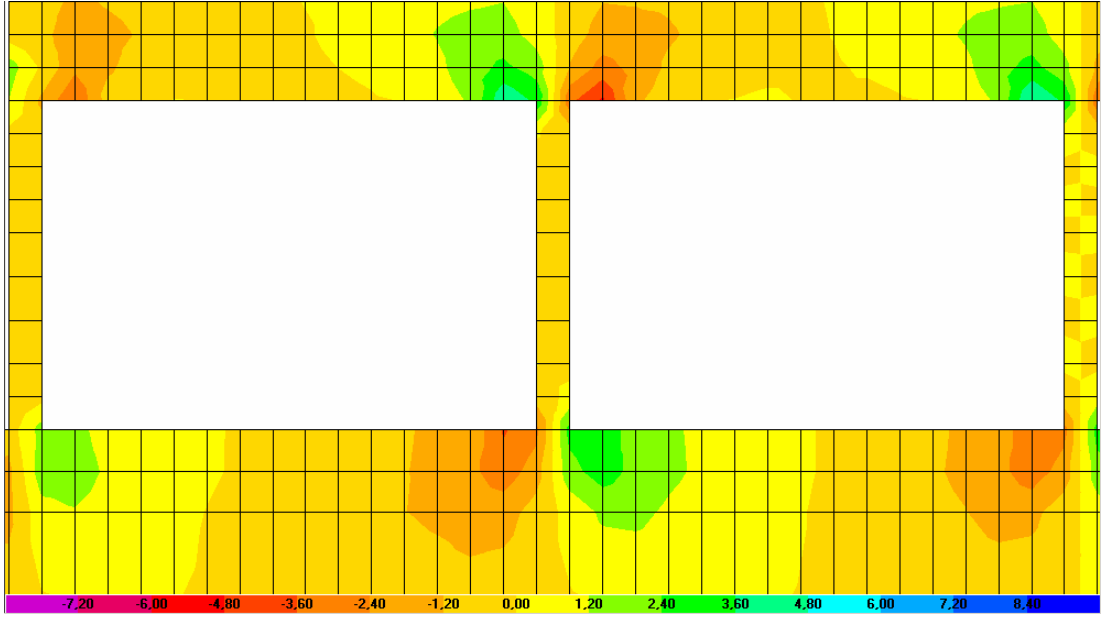
Bu kısımda deprem etkisindeki 2D tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.50. 2D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



Şekil 4.51. 2D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

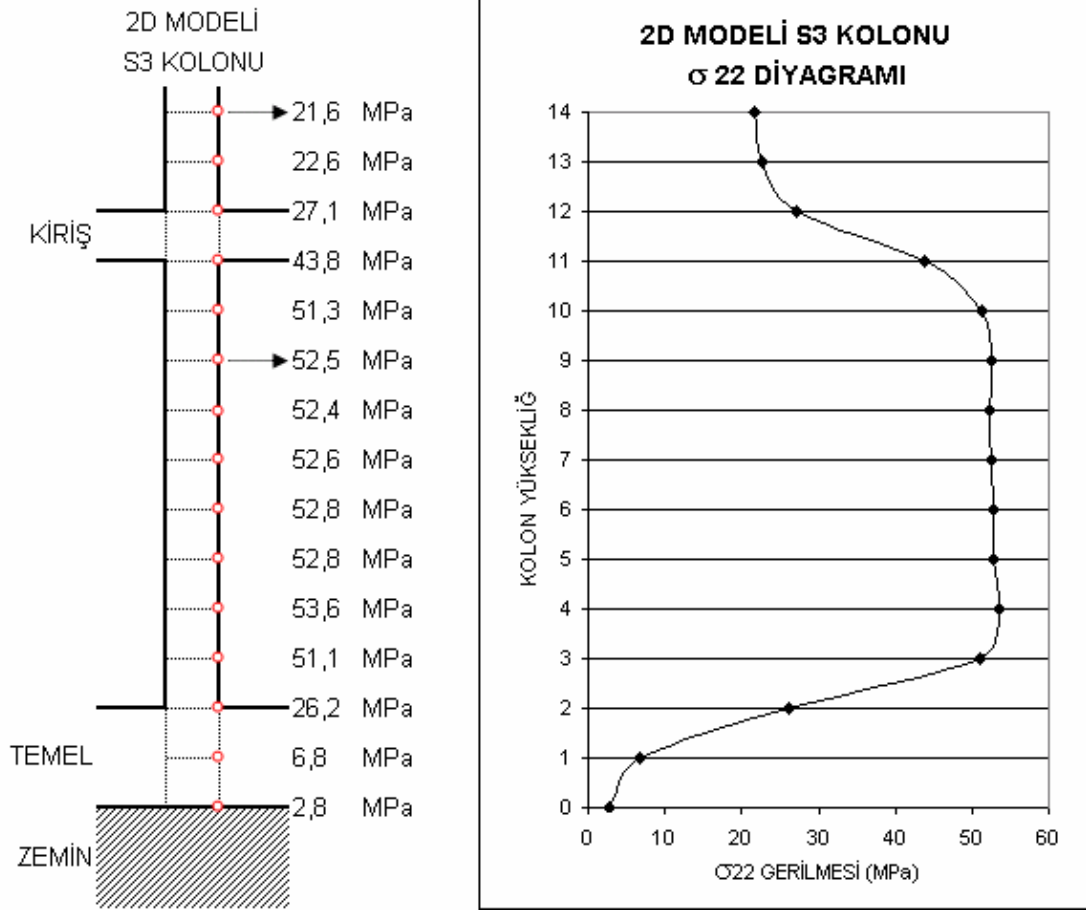


Şekil 4.52. 2D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 2D tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 7,44MPa, S2 kolonu için 21,27MPa ve S3 kolonu için 21,17MPa olarak kolon üst ve alt bölgelerinde meydana gelmiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değeri kolon boyunca, S1 kolonu için 54,15MPa, S2 kolonu için 56,53MPa ve S3 kolonu için 53,55MPa olarak duvar ile dolu olan önceki çerçeve modellere (2A ve 2B) oranla yüksek değerler vermiştir.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon üst ve alt bölgelerinde S1 kolonu için 1,50MPa, S2 kolonu için 3,33MPa ve S3 kolonu için 3,34MPa civarlarındadır.

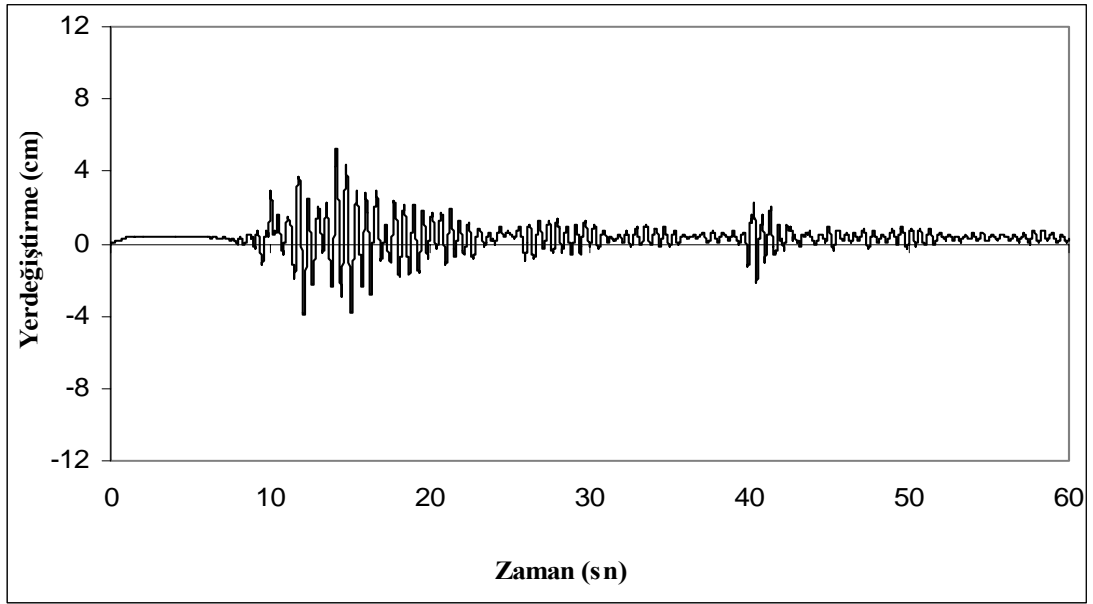
Tablo 4.10. 2D tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-7,44MPa	-21,27MPa	-21,17MPa	Üst,Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-54,15MPa	-56,53MPa	-53,55MPa	Kolon boyu
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-1,50MPa	-3,33MPa	-3,34MPa	Üst,Alt

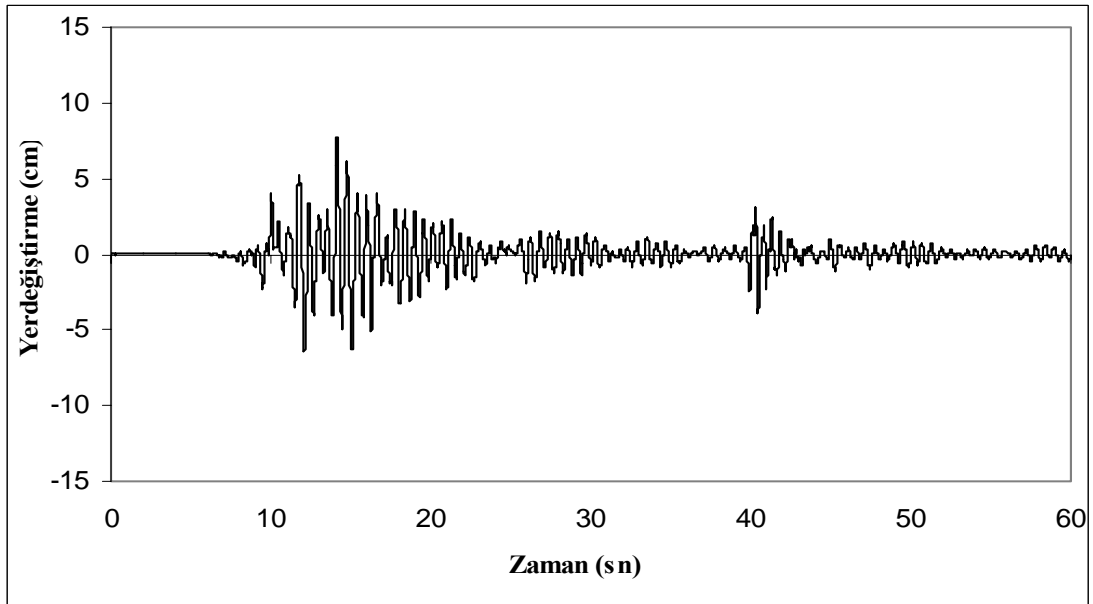


Şekil 4.53. 2D Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.53. de görüldüğü gibi, boş çerçeve modeli olan, 2D modelinde, önceki modellere göre (2A, 2B ve 2C) kolon boyunca yüksek gerilmeler meydana gelmektedir. (Ortalama 52MPa).



Şekil 4.54. 2D Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

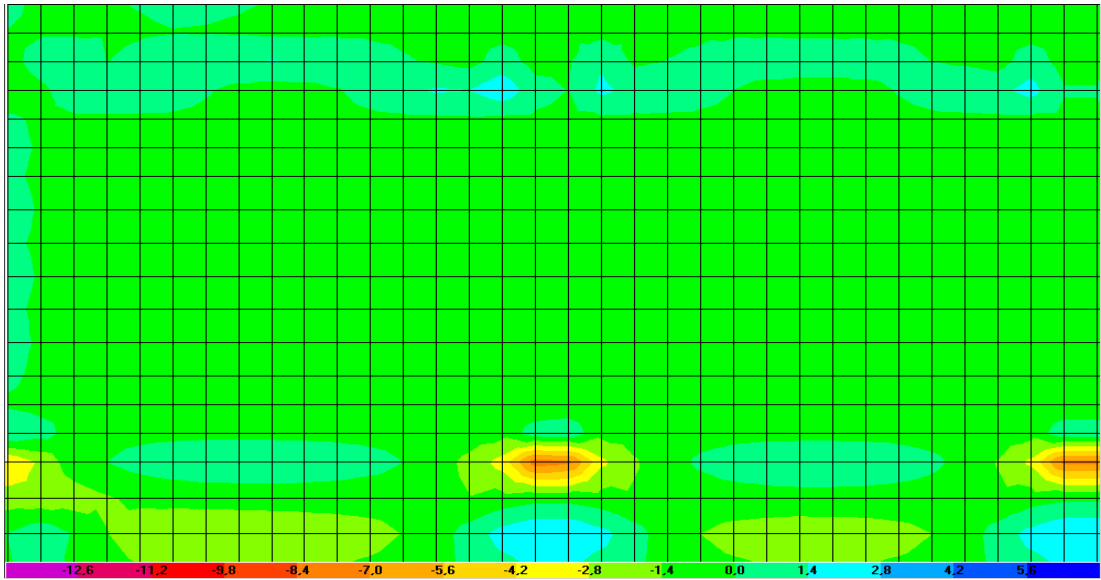


Şekil 4.55. 2D Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

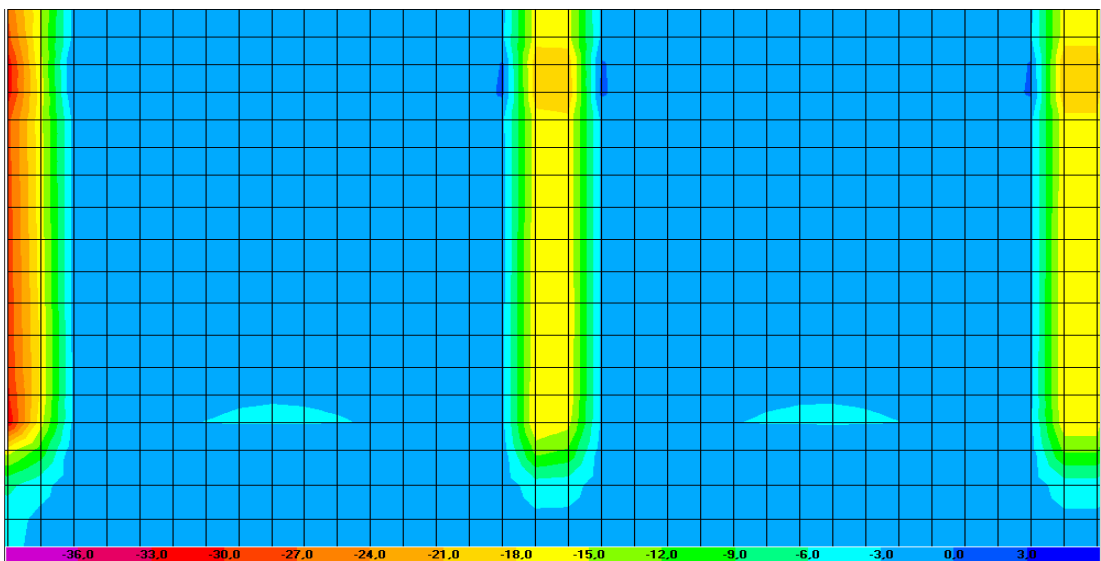
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 5cm, son katta ise 8cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.9. 3A tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

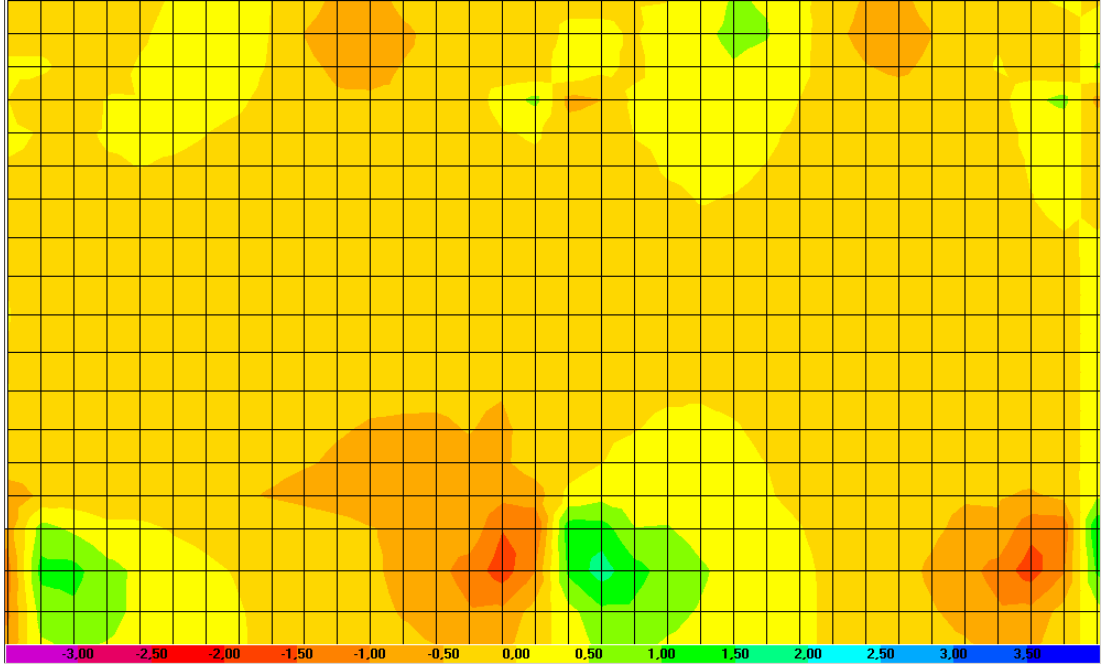
Bu kısımda deprem etkisindeki 3A tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.56. 3A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı(MPa,N/mm<sup>2</sup>).



Şekil 4.57. 3A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

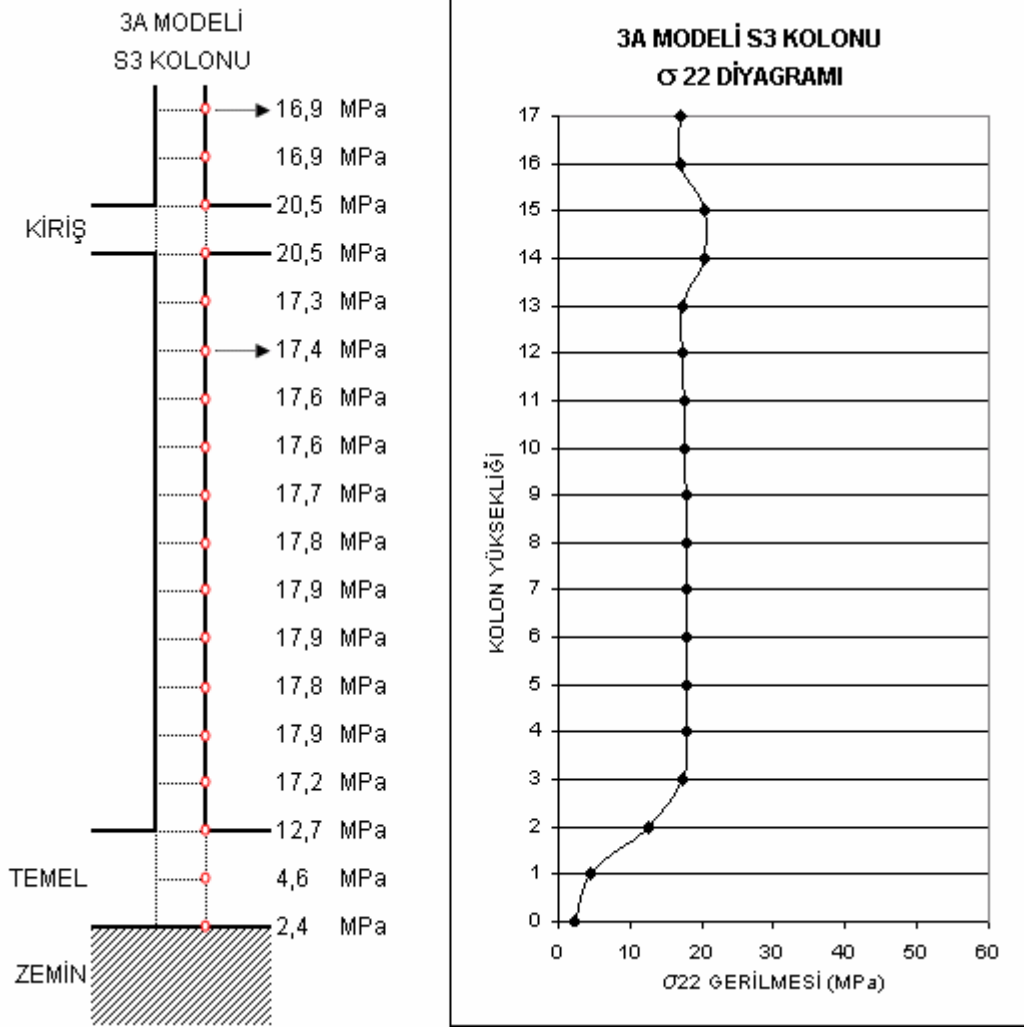


Şekil 4.58. 3A Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 3A tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 4,25MPa, S2 kolonu için 7,97MPa ve S3 kolonu için 7,53MPa kolon alt bölgesinde vermiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri kolon kiriş birleşim yerleri olan üst bölgelerde S1 kolonu için 32,20MPa, S2 kolonu için 20,53MPa ve S3 kolonu için 20,51MPa çıkmıştır.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon alt bölgelerinde S1 kolonu için 0,80MPa, S2 kolonu için 1,50MPa ve S3 kolonu için 1,40MPa çıkmıştır.

Tablo 4.11. 3A tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

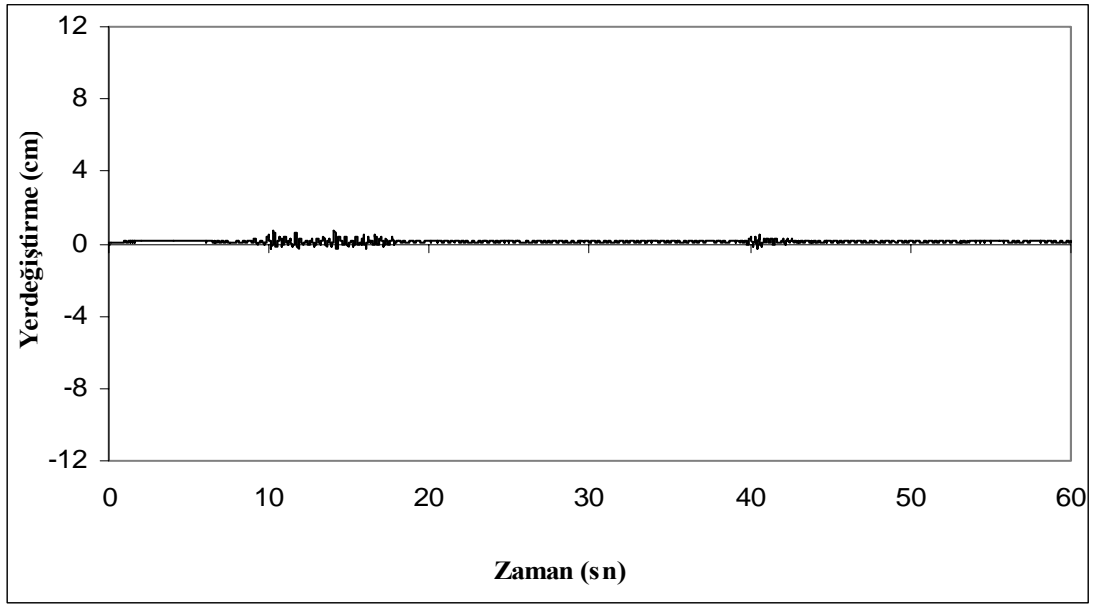
Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-4,25MPa	-7,97MPa	-7,53MPa	Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-32,20MPa	-20,53MPa	-20,51MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-0,80MPa	-1,50MPa	-1,40MPa	Alt



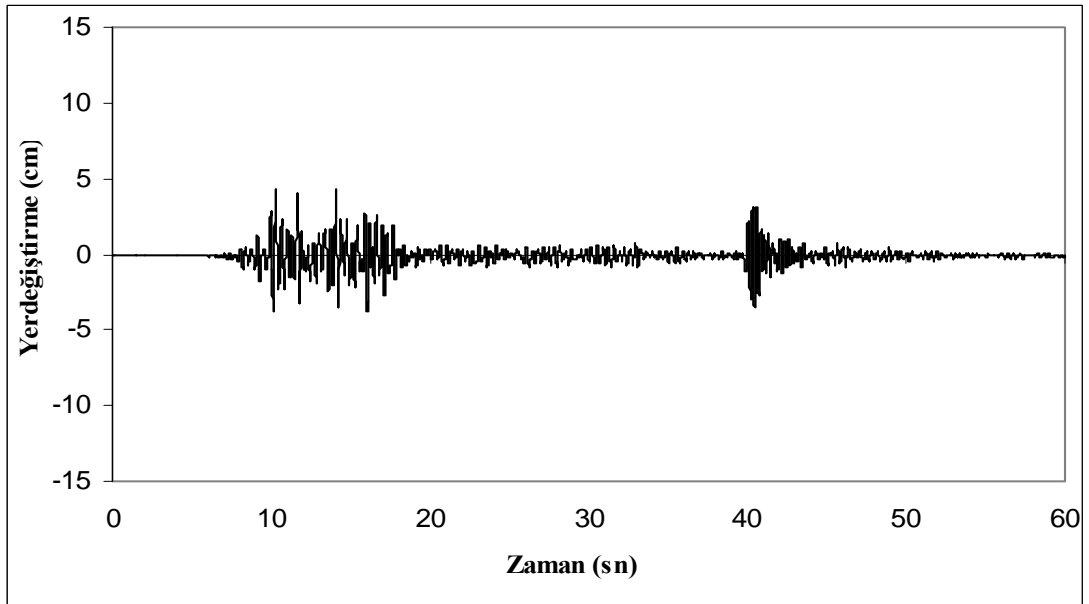
Şekil 4.59. 3A Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.59. de görüldüğü gibi, dolu çerçeve modeli olan, zemin katı duvar ile tamamıyla örülmüş 3A modelinde, maksimum gerilmelerin zemin ve 1. kat kolon kiriş birleşim yerinde meydana geldiği (ortalama 21MPa), duvar ile dayalı kolon (S3) boyunca ise gerilmelerin sabit bir değerle (ortalama 18MPa) temele kadar inerek, temelde gerilmelerin iyice düştüğü görülmüştür.





Şekil 4.60. 3A Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

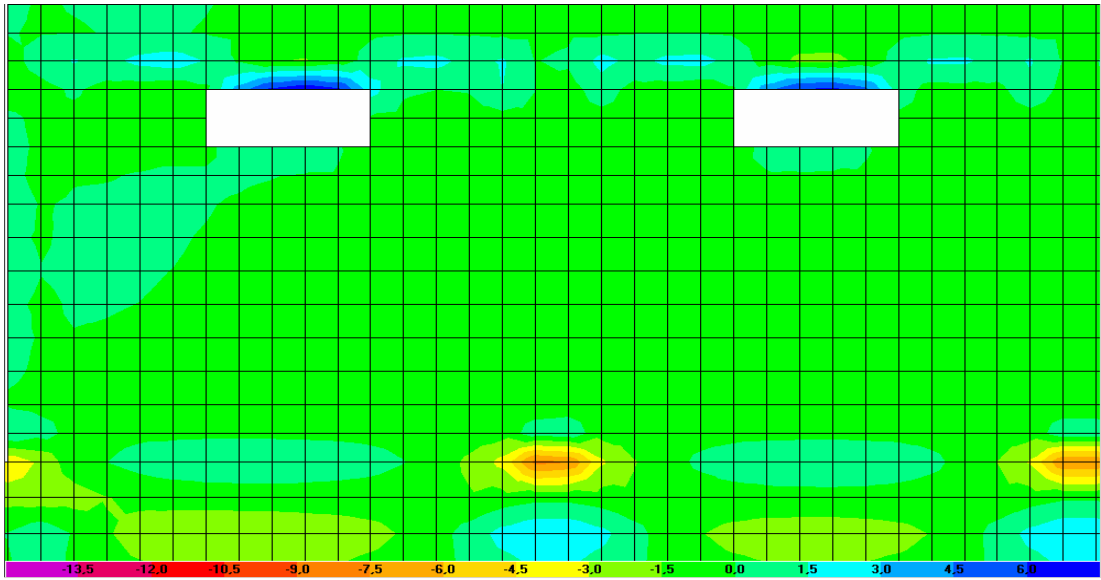


Şekil 4.61. 3A Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

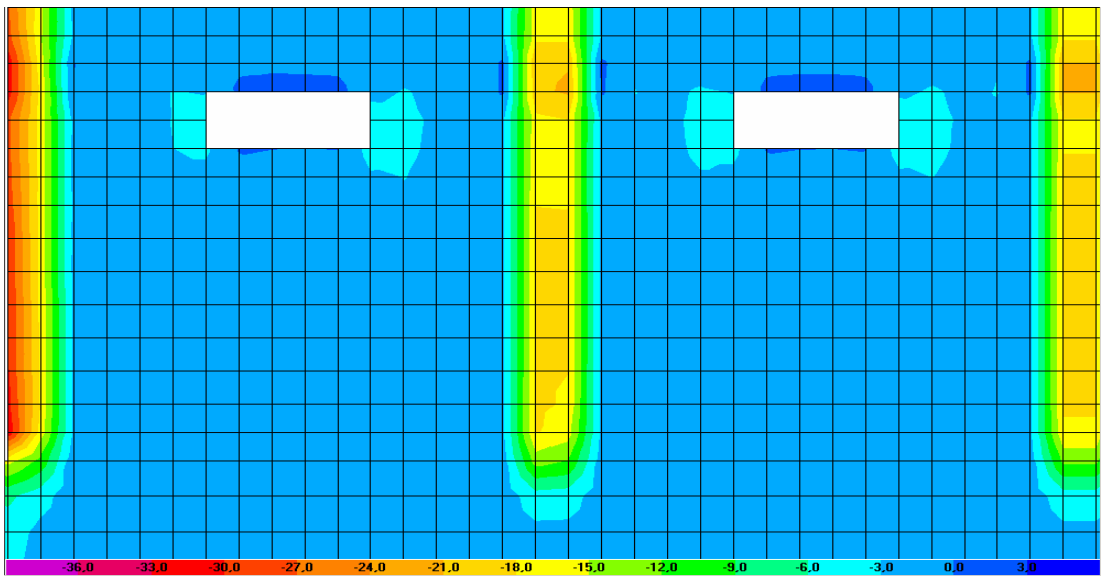
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 4cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.10. 3B tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

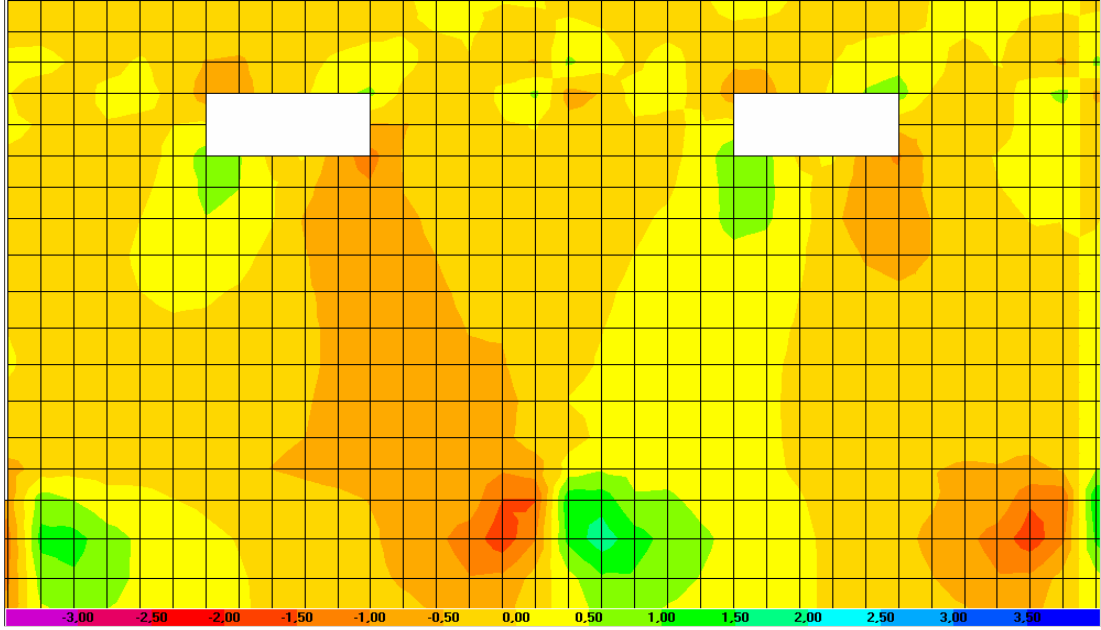
Bu kısımda deprem etkisindeki 3B tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



şekil 4.62. 3B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



şekil 4.63. 3B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

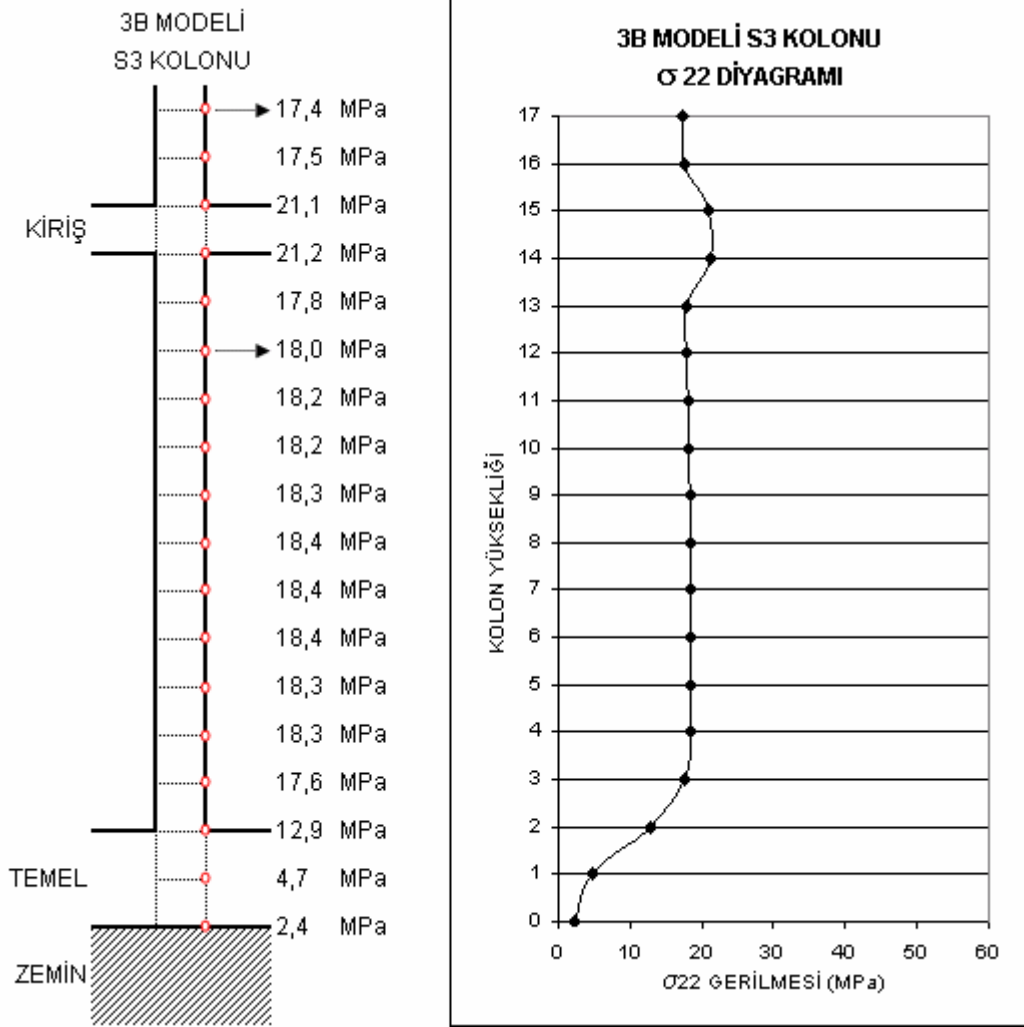


Şekil 4.64. 3B Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 3B tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 4,25MPa, S2 kolonu için 8,13MPa ve S3 kolonu için 7,72MPa kolon alt bölgesinde vermiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri kolon kiriş birleşim yerleri olan üst bölgelerde S1 kolonu için 32,19MPa, S2 kolonu için 21,40MPa ve S3 kolonu için 21,23MPa çıkmıştır.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon alt bölgelerinde S1 kolonu için 0,78MPa, S2 kolonu için 1,53MPa ve S3 kolonu için 1,44MPa civarlarındadır.

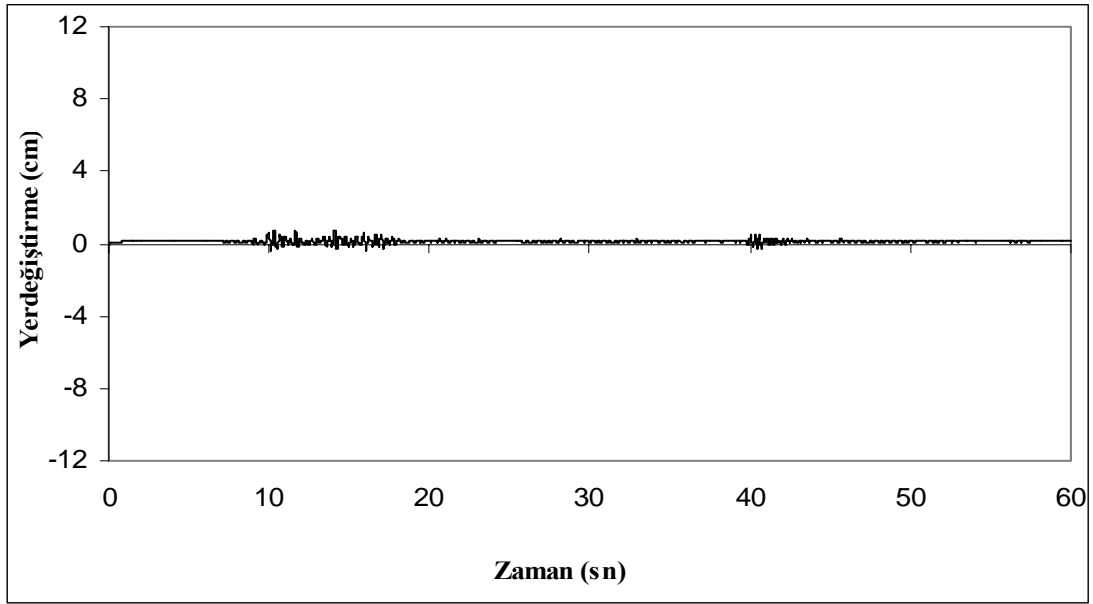
Tablo 4.12. 3B tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-4,25MPa	-8,13MPa	-7,72MPa	Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-32,19MPa	-21,40MPa	-21,23MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	-0,78MPa	-1,53MPa	-1,44MPa	Alt

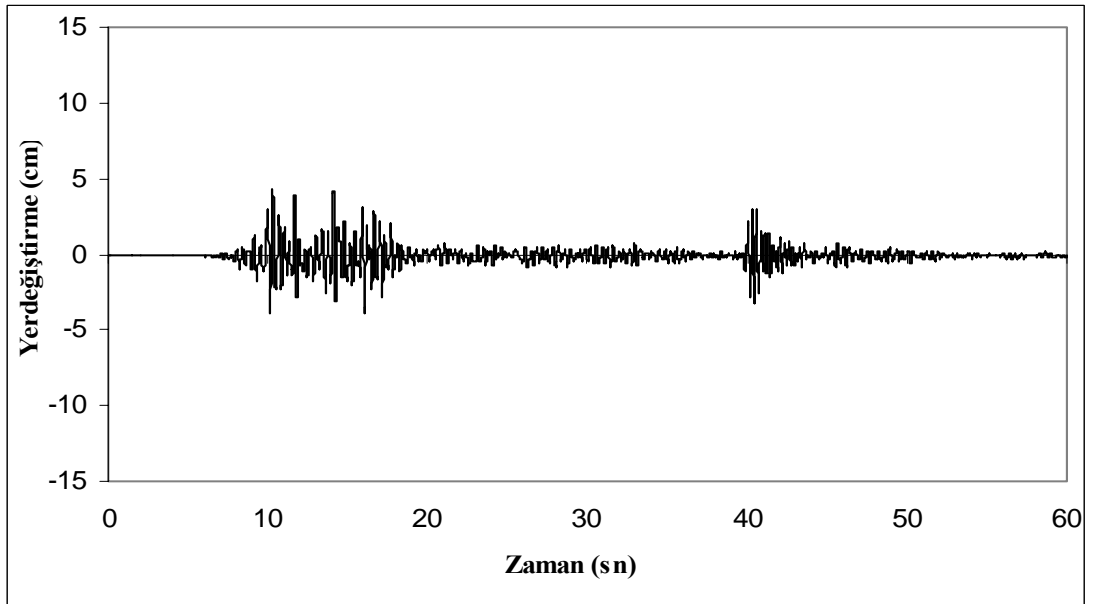


Şekil 4.65. 3B Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.65. de görüldüğü gibi, kısmi bant pencere modeli olan, zemin katı duvar ile örülü ve üstte ortada bant pencere bulunan 3B modelinde, yine maksimum gerilmeler kolon kiriş birleşim yerinde meydana gelmiştir (21MPa). Kolon boyunca gerilmeler temele kadar aynı ve değişmemekte (ortalama 18MPa), temelde ise gerilmeler yine azalmaktadır.



Şekil 4.66. 3B Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

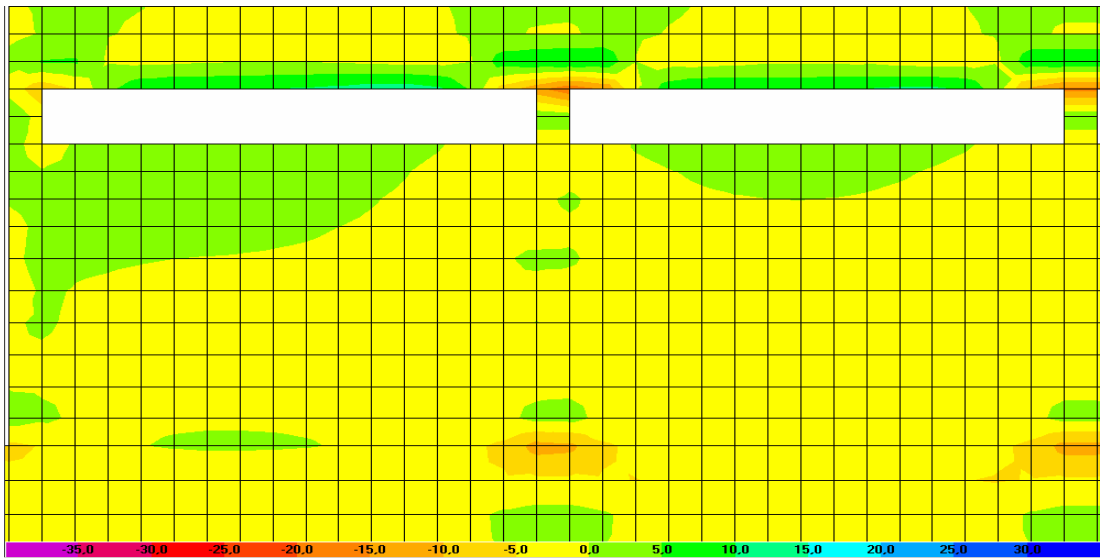


Şekil 4.67. 3B Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

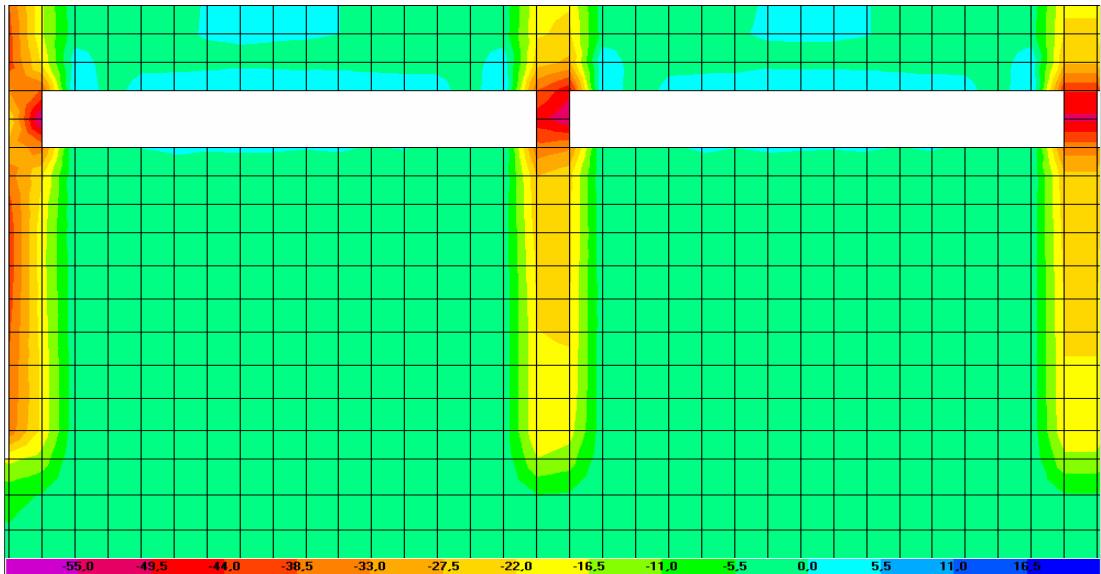
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 4cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.11. 3C tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

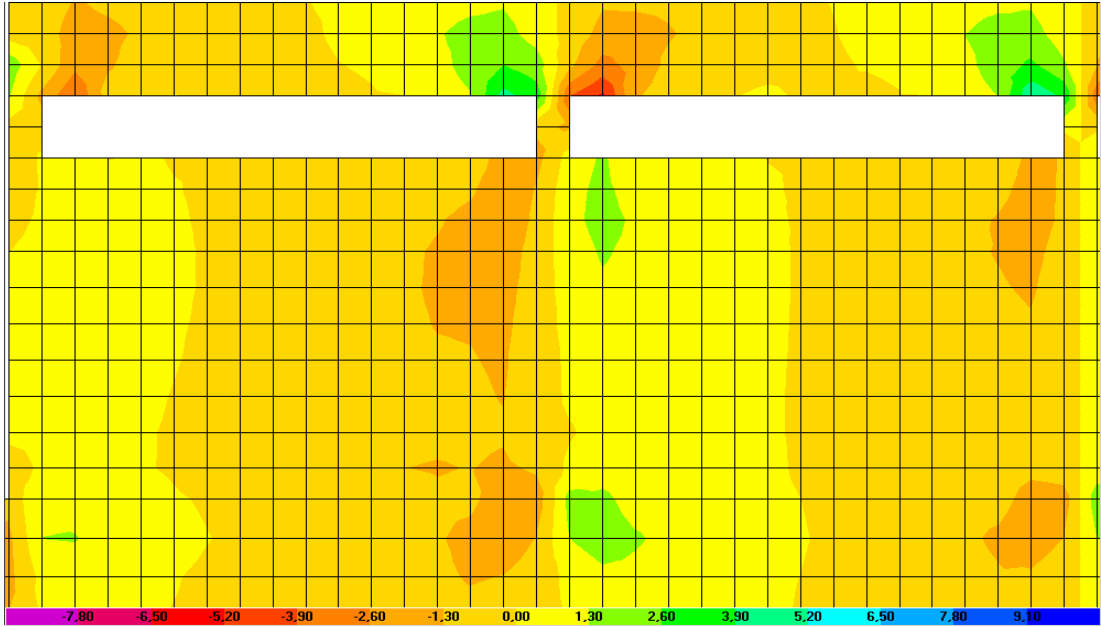
Bu kısımda deprem etkisindeki 3C tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



şekil 4.68. 3C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



şekil 4.69. 3C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

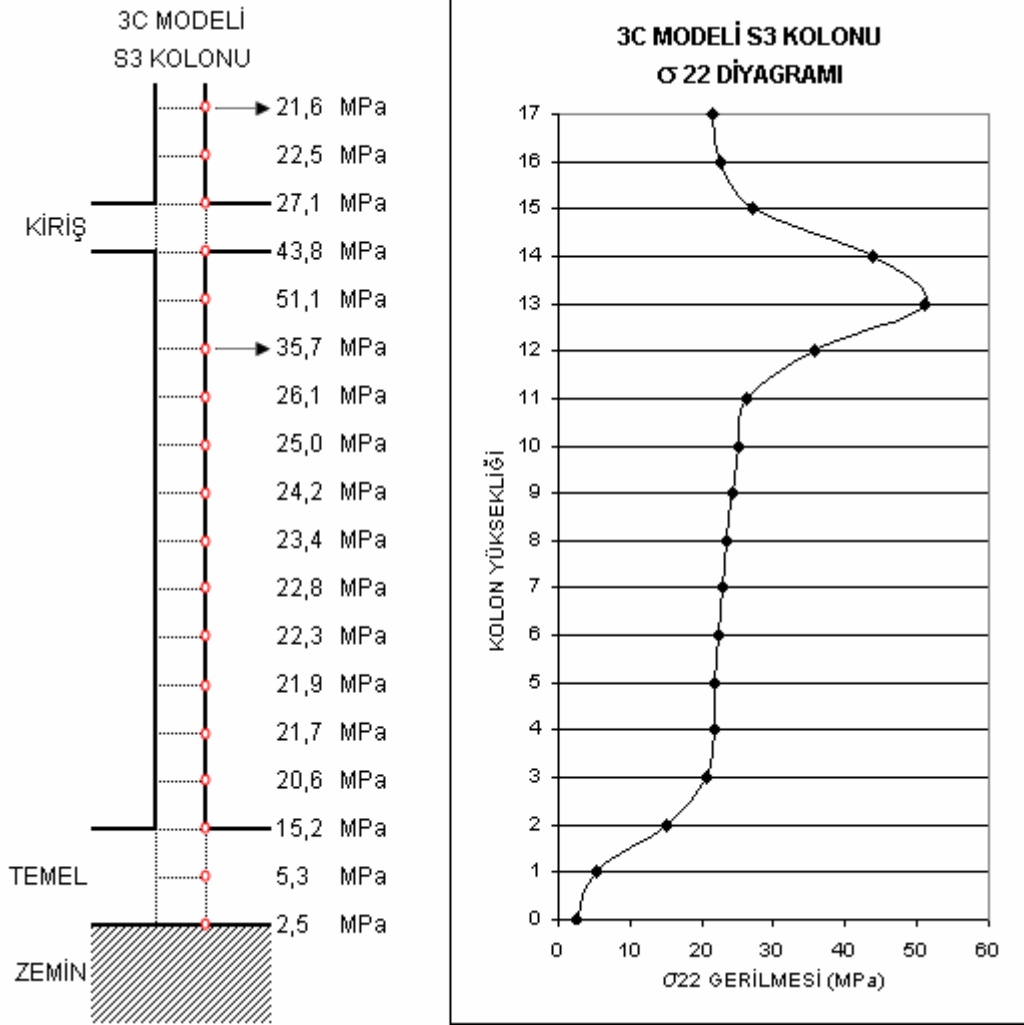


Şekil 4.70. 3C Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 3C tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 8,95MPa, S2 kolonu için 19,08MPa ve S3 kolonu için 16,79MPa olarak bir önceki modellere (3A ve 3B) göre artış göstermiş ve bant pencerenin bulunduğu kolon üst bölgesinde meydana gelmiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değerleri bant pencere boşluğu olan kolon üst bölgelerinde S1 kolonu için 57,06MPa, S2 kolonu için 54,13MPa ve S3 kolonu için 51,08MPa olarak önceki modellere (3A ve 3B) göre hayli bir artış göstermiştir.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon üst bölgelerinde S1 kolonu için 2,10MPa, S2 kolonu için 3,88MPa ve S3 kolonu için 3,55MPa civarlarındadır.

Tablo 4.13. 3C tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

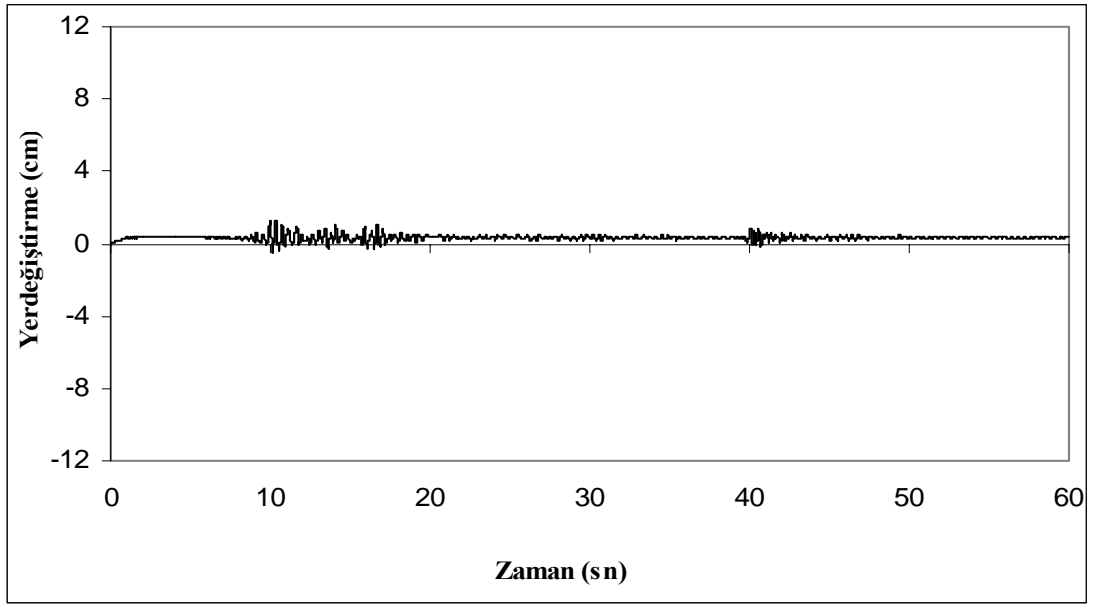
Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-8,95MPa	-19,08MPa	-16,79MPa	Üst
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-57,06MPa	-54,13MPa	-51,08MPa	Üst
$\sigma_{12}$ (maksimum)	+2,10MPa	-3,88MPa	-3,55MPa	Üst



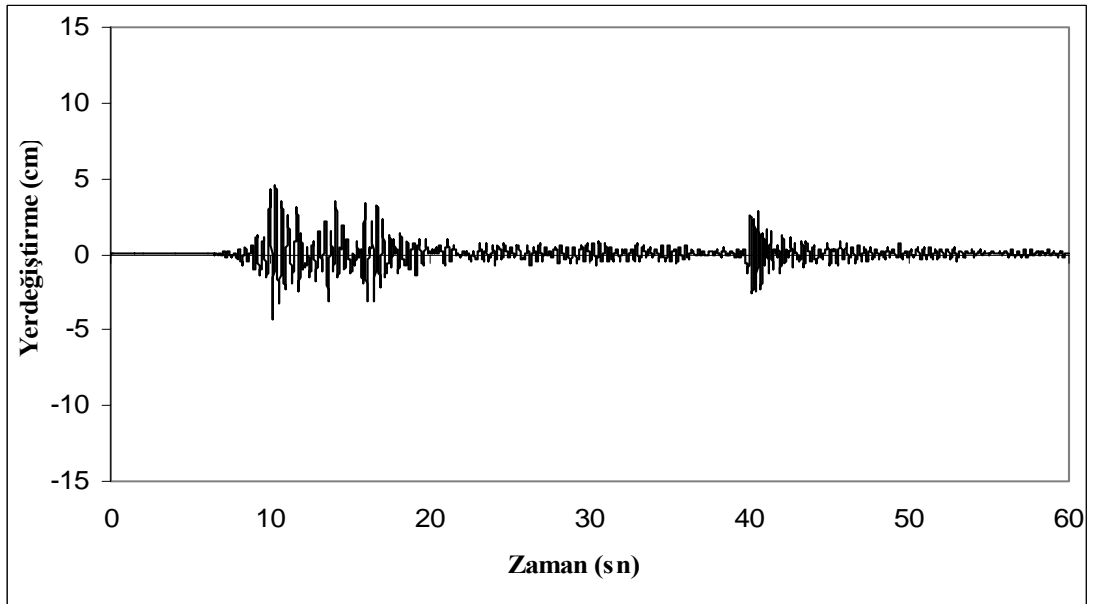
Şekil 4.71. 3C Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu Ø22 gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.71. de görüldüğü gibi, bant pencere modeli olan, zemin katı duvar ile örülü ve üstte boydan boya bant pencere bulunan 3C modelinde, kolondaki gerilmelerin arttığı görülmektedir. Özellikle bant pencerenin bulunduğu kolonun üst kısmında gerilmelerin (51MPa) bir hayli arttığı ve duvar ile dayalı kolon alt kısmında ise bir önceki modellerde (model 3A ve 3B) duvar ile kaplı kolonlara kıyasla biraz daha yüksek gerilmelerin meydana geldiği görülmüştür (ortalama 24MPa). Temelde ise gerilmeler yine azalmaktadır.





Şekil 4.72. 3C Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

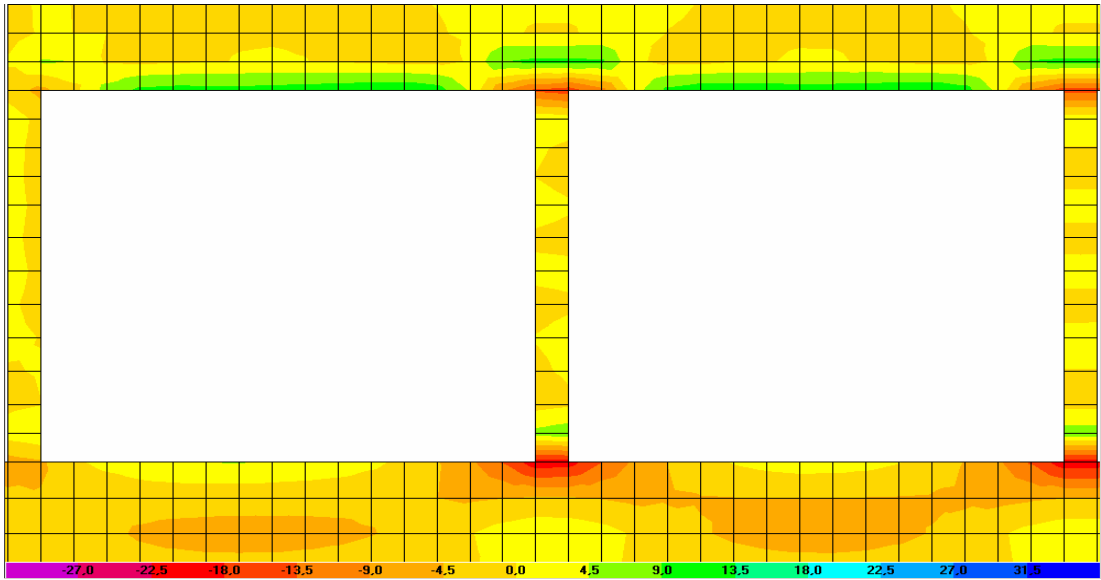


Şekil 4.73. 3C Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

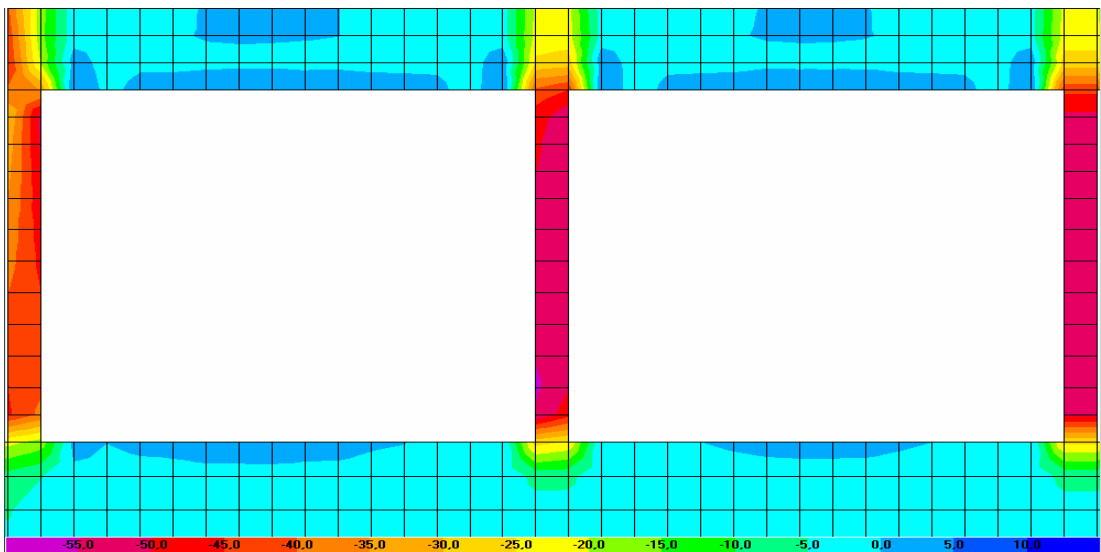
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 1cm, son katta ise 5cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

#### 4.12. 3D tipi model yapının gerilme dağılımı ve yer değiştirmeleri

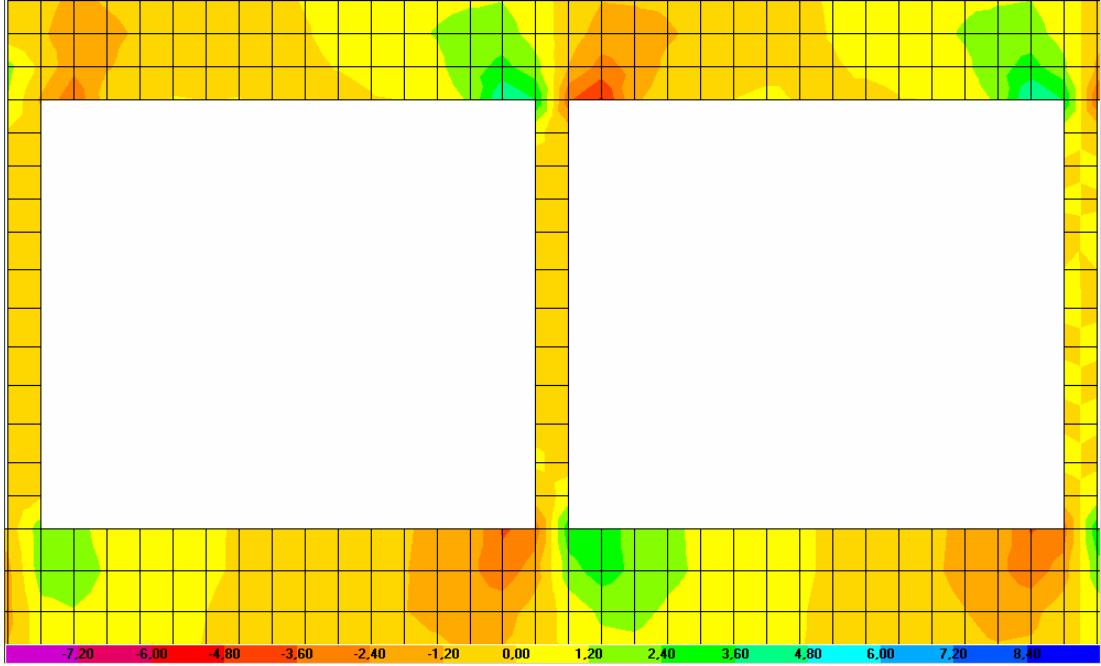
Bu kısımda deprem etkisindeki 3D tipi yapı modelinin davranışını özetlemek için, en çok zorlanan zemin katta ki; simetrik S1, S2 ve S3 kolonlarının gerilme dağılımları ile S3 kolonunda ki  $\sigma_{22}$  gerilmeleri, ayrıca yapı yer değiştirmelerini belirlemek amacıyla son katın, yumuşak kat gibi özellikleri belirlemek amacıyla da zemin katın zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri şekil ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.74. 3D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{11}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).



Şekil 4.75. 3D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{22}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

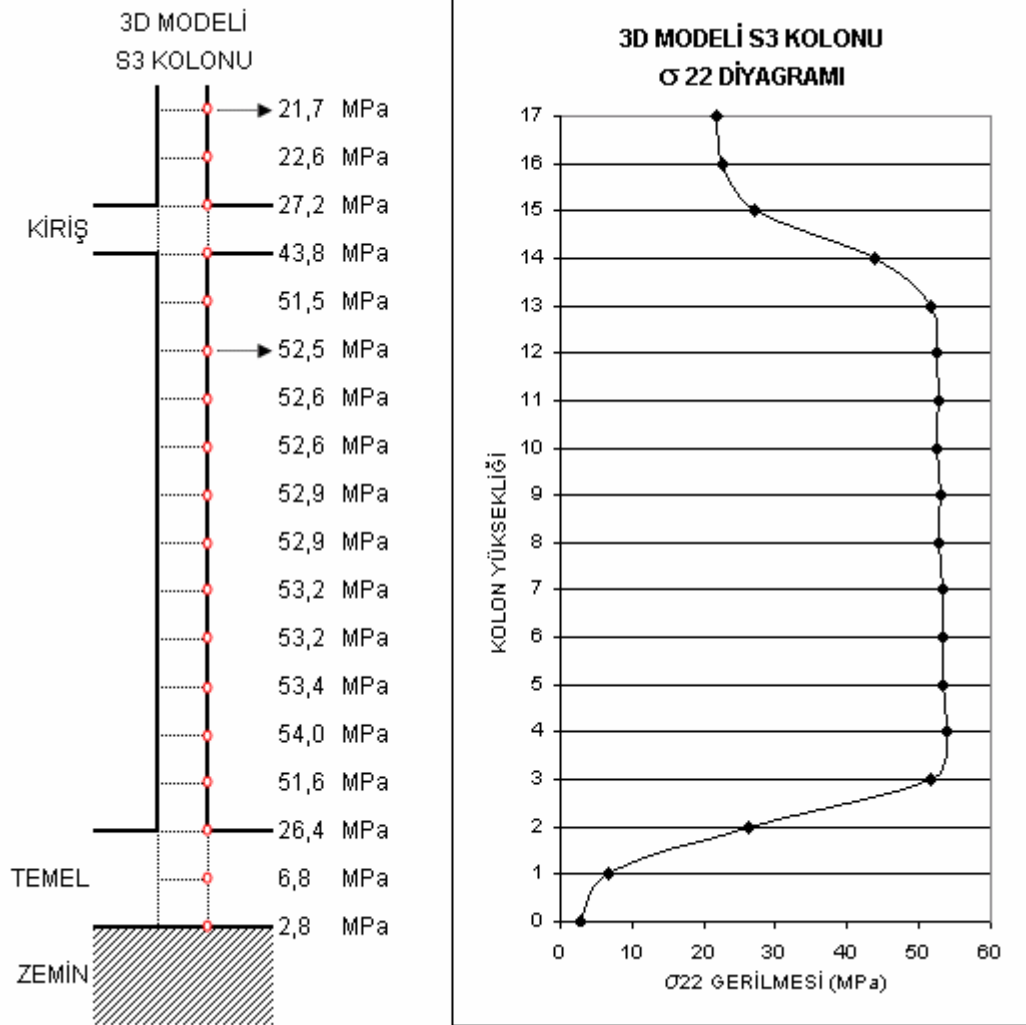


Şekil 4.76. 3D Tipi yapı modelinin  $\sigma_{12}$  gerilme dağılımı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Yukarıdaki 3D tipi modelin zemin kat gerilme dağılım şekillerinde;  $\sigma_{11}$  gerilmesi en yüksek değerleri S1 kolonu için 6,71MPa, S2 kolonu için 21,07MPa ve S3 kolonu için 21,16MPa olarak kolon üst ve alt bölgelerinde meydana gelmiştir.  $\sigma_{22}$  gerilmesi en yüksek değeri kolon boyunca, S1 kolonu için 52,01MPa, S2 kolonu için 56,07MPa ve S3 kolonu için 53,98MPa olarak duvar ile dolu olan önceki çerçeve modellere (3A ve 3B) oranla yüksek değerler vermiştir.  $\sigma_{12}$  gerilmesi ise en yüksek değerleri yine kolon üst ve alt bölgelerinde S1 kolonu için 1,81MPa, S2 kolonu için 3,53MPa ve S3 kolonu için 3,52MPa civarlarındadır.

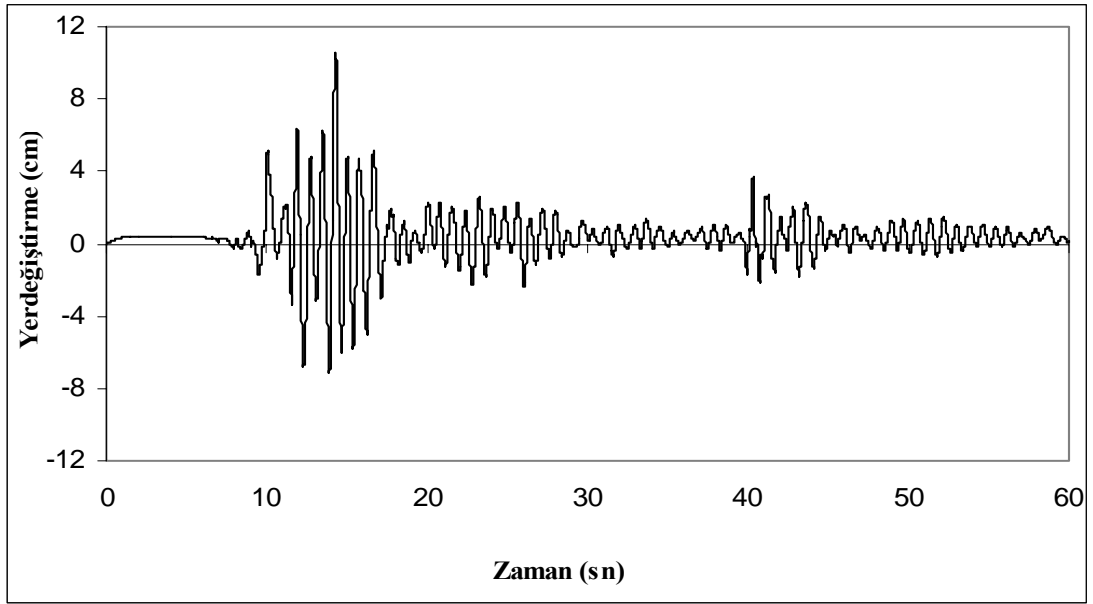
Tablo 4.14. 2D tipi zemin kat S1, S2, S3 kolonlarında maksimum gerilme değerleri (MPa, N/mm<sup>2</sup>)

Gerilmeler	S1 kolonu	S2 kolonu	S3 kolonu	Bölge
$\sigma_{11}$ (maksimum)	-6,71MPa	-21,07MPa	-21,16MPa	Üst,Alt
$\sigma_{22}$ (maksimum)	-52,01MPa	-56,07MPa	-53,98MPa	Kolon boyu
$\sigma_{12}$ (maksimum)	+1,81MPa	+3,53MPa	-3,52MPa	Üst,Alt

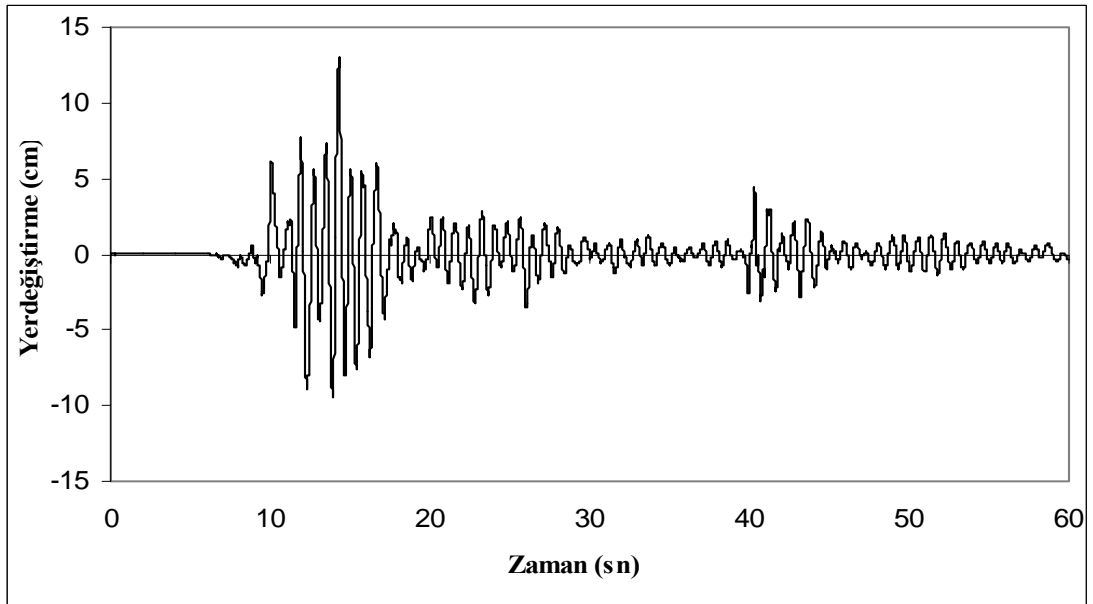


Şekil 4.77. 3D Tipi yapı modeli, zemin kat S3 kolonunu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramı (MPa, N/mm<sup>2</sup>).

Şekil 4.77. de görüldüğü gibi, boş çerçeve modeli olan, 3D modelinde, önceki modellere göre (3A, 3B ve 3C) kolon boyunca yüksek gerilmeler meydana gelmektedir. (Ortalama 53MPa).



Şekil 4.78. 3D Tipi yapının zaman tanım alanındaki zemin kat yer değiştirmesi.

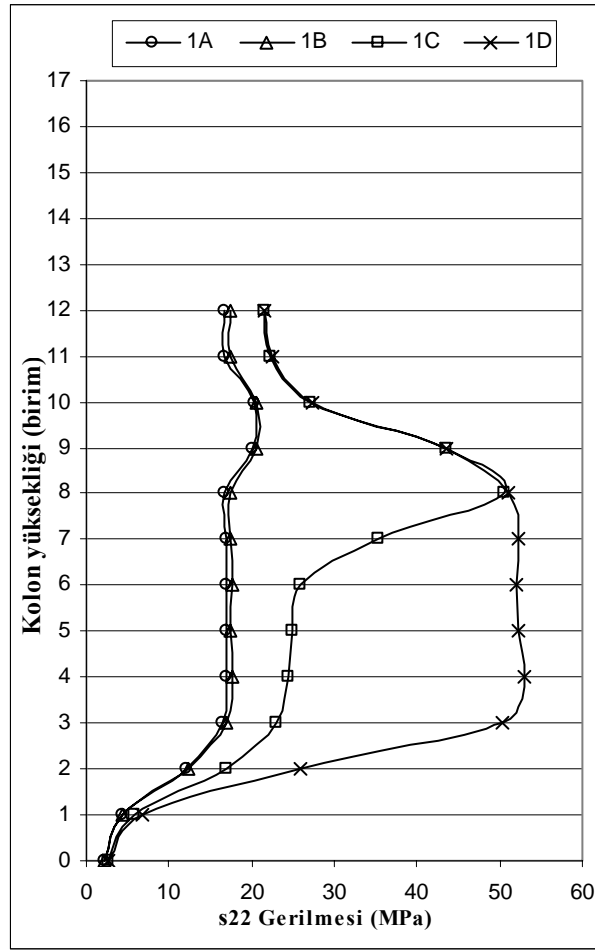


Şekil 4.79. 3D Tipi yapının zaman tanım alanındaki son kat yer değiştirmesi.

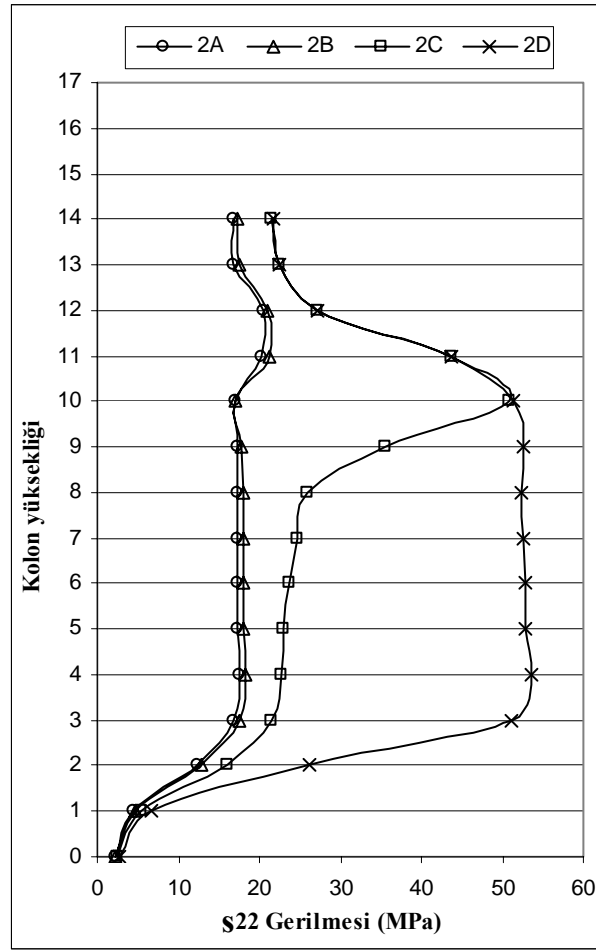
Grafikte maksimum yer değiştirmeler zemin katta 11cm, son katta ise 13cm civarlarındadır. Burada verilen yer değiştirme değerleri, temeldeki yer değiştirmelere göre görel olarak çizilmiştir.

Bu çalışma kapsamında dinamik analizleri yapılan toplam 12 farklı yapı modelinin zemin katta S3 kolonu üzerinde oluşan gerilmeler grafik üzerinde incelendiğinde, zemin katta duvar olmayan sistemdeki (D tipi yapılar) kolon gerilmelerinin, zemin katta duvar ile örülü dolu sistemdeki (A, B, C tipi yapılar) kolon gerilmelerine göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. (Şekil 4.80., şekil 4.81., şekil 4.82.)

Kat yüksekliği artıkça kolondaki gerilmelerin sabit kaldığı, zemin katta çerçeve sistemin tipine göre kolondaki gerilmelerin arttığı gözlenmiştir. A tipi yapılarda, zemin kat tamamen duvar ile örülü olması halinde, S3 kolonunda kolon boyunca sabit (ortalama 17MPa) gerilmeler oluşmakta, B tipi yapılarda yine S3 kolonunda aynı ve kolon boyunca sabit gerilmeler görülmüştür. C tipi yapılarda, zemin kat çerçevenin üst kısmında bant pencere bulunması halinde, kolonda pencerenin bulunduğu üst kısımda gerilmelerin arttığı görülmüş, kolon alt bölgelerinde duvar ile dayalı kısımlara indikçe gerilmeler azalmıştır. D tipi yapılarda, zemin katın boş çerçeve olması halinde, S3 kolonunda kolon boyunca gerilmelerin arttığı gözlenmiştir (ortalama 52MPa).

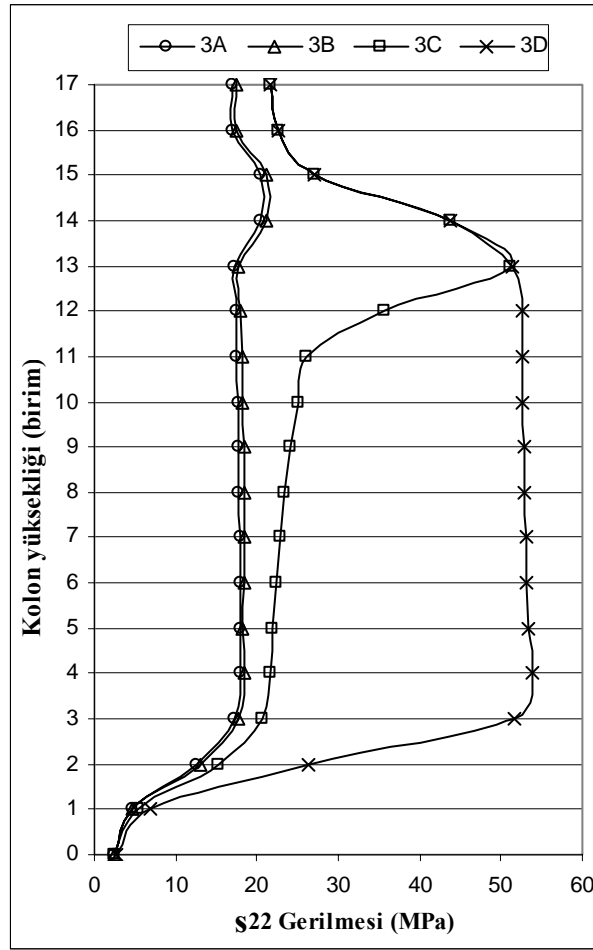


Şekil 4.80. 1A, 1B, 1C ve 1D tipi yapılarda, zemin kat S3 kolonu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramları (MPa)



Şekil 4.81. 2A, 2B, 2C ve 2D tipi yapılarda, zemin kat S3 kolonu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramları (MPa)



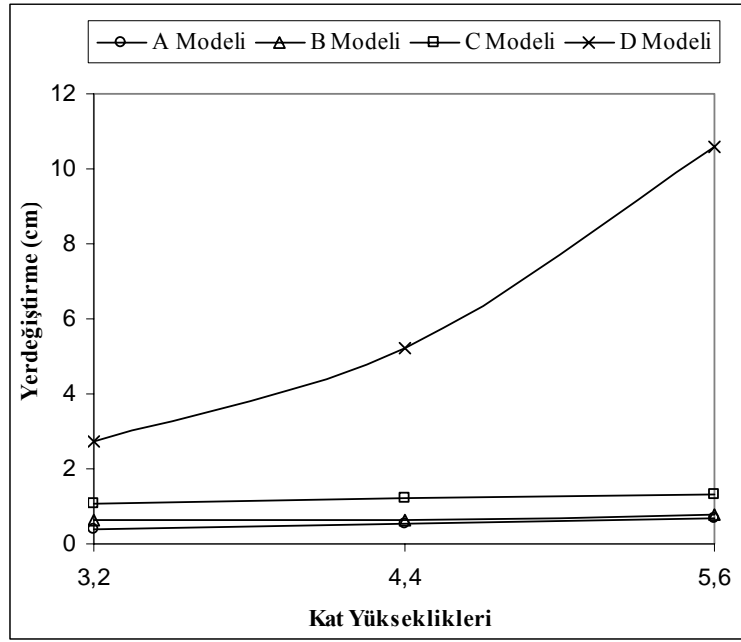


Şekil 4.82. 3A, 3B, 3C ve 3D tipi yapılarda, zemin kat S3 kolonu  $\sigma_{22}$  gerilme diyagramları (MPa)

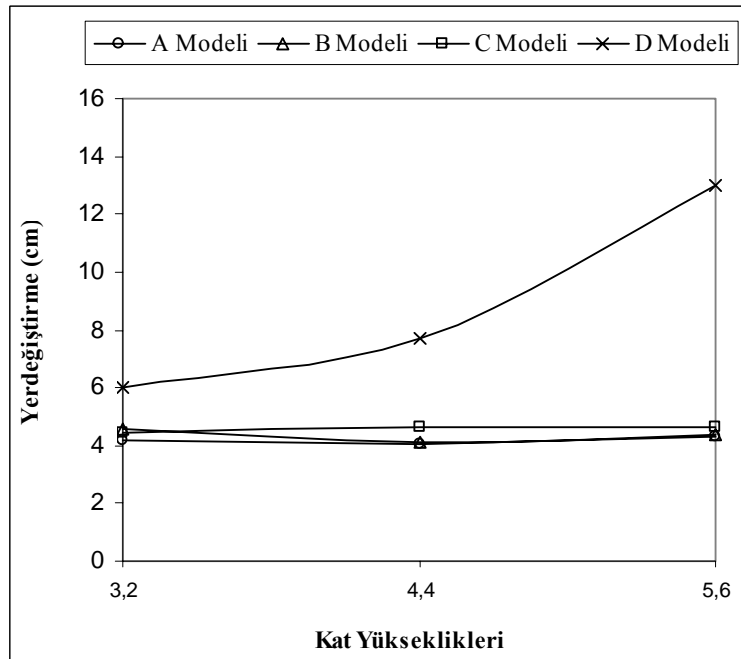
Yine dinamik analizleri yapılan toplam 12 farklı yapı modelinin zaman tanım alanındaki yer değiştirmeleri tablo halinde verilmiştir (Tablo 4.15.). Ayrıca grafiklerden de açıkça görüldüğü gibi (Şekil 4.83, Şekil 4.84) A, B ve C modellerinde, zemin katı duvar ile doldurulmuş ve bant pencere bırakılmış çerçeve sistem olan modellerde yer değiştirmelerin ufak ve kat yüksekliği arttırıldıkça yine hemen hemen birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Zemin katı boş bırakılan çerçeve sistem olan D tipi yapılarda ise yer değiştirmelerin hayli büyüdüğü ve kat yüksekliği artıkça yer değiştirmelerin de arttığı gözlenmektedir.

Tablo 4.15. Modellerin maksimum yer değiştirme değerleri.

<b>Modeller</b>	<b>Zemin kat yüksekliği, <math>h_z</math> (m)</b>	<b>Zemin kat yer değiştirmeleri <math>h_z</math> (m)</b>	<b>Son kat yer değiştirmeleri <math>h_z</math> (m)</b>
1A Modeli	3,2	0,41	4,19
2A Modeli	4,4	0,54	4,05
3A Modeli	5,6	0,68	4,30
1B Modeli	3,2	0,62	4,59
2B Modeli	4,4	0,62	4,13
3B Modeli	5,6	0,77	4,35
1C Modeli	3,2	1,05	4,41
2C Modeli	4,4	1,22	4,61
3C Modeli	5,6	1,32	4,61
1D Modeli	3,2	2,73	5,99
2D Modeli	4,4	5,23	7,69
3D Modeli	5,6	10,60	13,00

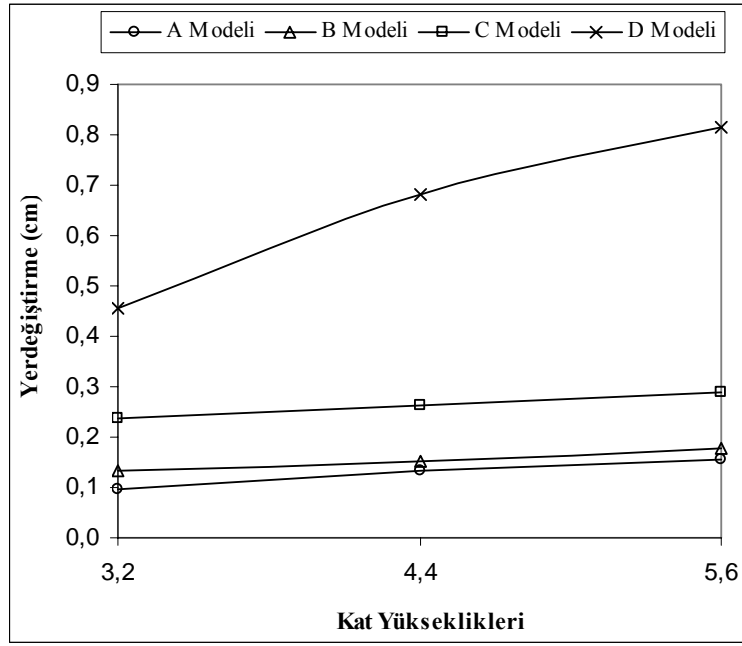


Şekil 4.83. Zemin kat yer değiştirmelerin zemin kat yüksekliklerine göre değişimi.

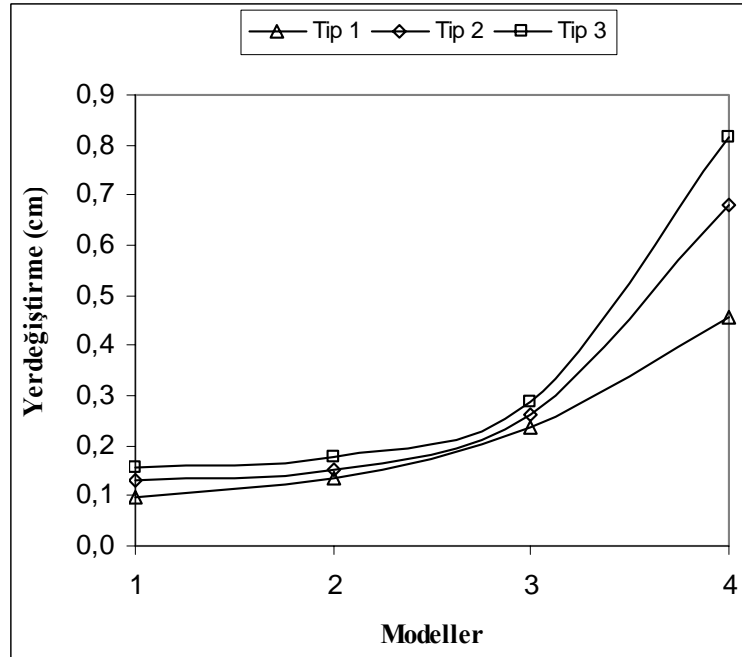


Şekil 4.84. Son kat yer değiştirmelerin zemin kat yüksekliklerine göre değişimi.

Yumuşak kat bulunan D tipi yapılarda yer değiştirmeler bu katlarda aşırı derecede artmaktadır. Bu çalışmada yer değiştirmelerin zemin katta ne kadar arttığını belirlemek amacıyla zemin katın yer değiştirmeleri, son katın yer değiştirmelerine oranlanmıştır. Bu oranlar önce zemin kat yüksekliklerine göre (Şekil 4.85.) ve daha sonra da modellere göre (Şekil 4.86.) grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.85. Kat yer değiştirme oranlarının zemin kat yüksekliğine göre değişimleri.



Şekil 4.86. Kat yer değiştirme oranlarının yapı modellerine göre değişimleri.

## **BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada deprem etkisindeki betonarme yapıların davranışına bölme duvarların etkisini araştırmak amacıyla seçilen 12 farklı yapı modelinin zaman tanım alanındaki dinamik analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda bu yapıların en çok zorlanan zemin kat kolonlarının gerilme dağılımları ve S3 kolonu  $\sigma_{22}$  gerilme değerleri ile zemin kat ve son kat yer değiştirmeleri grafikler halinde sunulmuştur.

Bu grafikler değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

### **5.1. Gerilmeler açısından:**

Modellerin tamamında en büyük gerilmelerin  $\sigma_{22}$  gerilmelerinde en küçük gerilmelerin de  $\sigma_{12}$  gerilmelerinde olduğu gözlenmiştir. En çok zorlanmalar, bant pencerelerin bulunduğu C modelleri ve boş çerçeve olan D modellerinde oluşmaktadır. Her ne kadar C ve D modellerindeki gerilmeler kolonların genelinde yakın olsa da, boş çerçevede kolonun tamamına yayılı olan zorlanmalar, bant pencere olan kolonlarda sadece bu boşluklarda yığılmakta ve ani gerilme artışlarına neden olduğundan hasarların bu bölgede yoğunlaşması kaçınılmaz olmaktadır.

Bant pencere bulunan yapı modellerinde, kolon alt bölgelerinde  $\sigma_{22}$  gerilmesi çok düşük iken kolon orta bölgelerinde gittikçe artmakta, pencere boşluğu bölgesinde en yüksek değerine ulaşmakta ve bu değerler kolon alt bölgesinin yaklaşık olarak 4 ve orta bölgenin de yaklaşık olarak 2 katına varmaktadır.

Tam bant pencere bulunan C modeli, kısmi bant pencere bulunan B modeli ile karşılaştırıldığında, B modelinde bu ani gerilmeler önemli ölçülerde azalmakta ve hemen hemen dolu çerçeveli olan A modeli ile benzer davranışı göstermektedir.

Dolayısıyla bant pencere yapımından kaçınılmalı veya zorunluluk durumunda kolon kenarları muhakkak doldurulmalıdır.

Boş çerçeve olan D modellerinde zemin kat yüksekliği arttıkça yumuşak kat oluşmakta ve kolondaki zorlanmalar betonun güvenle karşılayabileceği emniyetli gerilmenin çok üzerinde değerlere ulaşmakta ve zemin katta onarımı güç muhtemel hasarlara neden olmaktadır.

## 5.2. Yer değiştirmeler açısından:

A, B ve C tipi yapılarda zemin kat yer değiştirmeleri 0,5cm - 1cm civarlarında, son kat yer değiştirmeleri ise yaklaşık olarak 4cm civarlarındadır. D tipi yapılarda (zemin katın boş çerçeve olması hali) ise yer değiştirme değerleri diğer modellere göre hayli artış göstermektedir. D tipi yapılarda kat yüksekliği arttıkça, yer değiştirme miktarları da artmaktadır.

1D tipi yapıda, zemin kattaki yer değiştirme 3cm ve son kattaki yer değiştirme 6cm, 2D tipi yapıda, zemin kattaki yer değiştirme 5cm ve son kattaki yer değiştirme 8cm iken bu değerler 3D tipi yapıda kat yüksekliği arttıkça daha da artmakta ve zemin katta 11cm ve son katta 13 cm olmaktadır.

Yer değiştirmelerde dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de zemin kat yer değiştirmesinin yapının genelindeki yer değiştirmelerin ne kadarını karşıladığının belirlenmesidir. Bu amaçla, zemin kat yer değiştirmeleri son kat yer değiştirmelerine oranlanmıştır. Zemin kat yüksekliği arttıkça bu oranın arttığı görülmüştür. Aynı zamanda bu oran yapının zemin kattaki çerçeve sistemin doluluk oranına göre karşılaştırıldığında da arttığı gözlenmiştir. Bu artışlar en çok zemin katta boş çerçeve sistem oluşturulmuş modellerde (D tipi yapılar) aşırı fark edilmektedir.

D tipi yapılar ele alınacak olursa; zemin kat yüksekliği 3,2m (1D tipi yapı) olduğu modelde bu oran %46 iken, zemin kat yüksekliği 4,4m olan yapıda (2D tipi yapı) bu oran %68 ve zemin kat yüksekliği 5,6m olan yapıda (3D tipi yapı) bu oran hayli artarak %82'lere varmaktadır.

Dolayısıyla, 3D tipi yapılarda; zemin kat yüksekliğinin 4,4 olduğu modelde yer değiştirmelerin %68'i, zemin kat yüksekliğinin 5,6 olduğu modelde yer değiştirmelerin %82'si zemin kat seviyesinde karşılanmakta ve geri kalan yer değiştirmeler de diğer katlarda yakın oranlarda paylaşılarak karşılanmaktadır. Bunun sonucu olarak zemin kat yumuşak kat davranışı göstererek diğer katlara göre daha fazla yer değiştirmekte ve bu katta muhtemel hasar oluşma riski oldukça artmaktadır.

Bu çalışmada doğrusal olan malzeme modeli kullanılarak dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. İleride yapılacak olan çalışmalarda doğrusal olmayan malzeme modellenerek dinamik analizler yapılabilir. Ayrıca donatı etkisi çalışma kapsamına alınmamıştır. İleride yapılacak olan çalışmalarda beton donatı ile beraber modellenerek bu etki de incelenebilir.

Tasarım yapılırken bant pencere oluşması önlenmelidir. Eğer bant pencere yapımı zorunlu ise kolon kenarları bölme duvarlarla doldurulmalı veya bütün olarak duvar ayrı çalıştırılmalıdır.

Zemin kat yüksekliği diğer katlarla aynı tutulmalı düşey doğrultuda ani rijitlik değişimlerinden kaçınılmalıdır. Özellikle yumuşak kat oluşumları önlenmelidir.

## KAYNAKLAR

- [ 1 ] SİVRİ M., DEMİR F. ve KUYUCULAR A., Dolgu Duvarlarının Çerçeve Yapının Deprem Davranışına ve Göçme Mekanizmasına Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-1, (2006), 109-115.
- [ 2 ] SEZEN H., WHITTAKER A.S., ELWOOD K.J., MOSALAM K.M., Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practice in Turkey, Engineering Structures, vol. 25 (2003) pp. 103–114.
- [ 3 ] DÖNMEZ S., Deprem Etkisinde Betonarme Binalarda Hasarın Oluşmasında Dolgu Duvarların Modellenmesi Ve Taşıyıcı Sisteme Katkısı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Ocak 2006.
- [ 4 ] ÖKTEM O., Betonarme Çerçeve Sistemlerin Lineer Olmayan Hesabı ve Dolgu Duvarların Modellenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Haziran 2003.
- [ 5 ] YALÇIN E., Dolgu Duvarların Ve Konumlarının Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışına Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Şubat 1999.
- [ 6 ] YEL N.H., Mevcut Bir Yapının Deprem Güvenliği ve Güçlendirilmesi İle Birinci Titreşim Periyoduna Bölme Duvarları ve Perde Mesned Koşullarının Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Haziran 2002.



- [ 7 ] GÜREL M.A., Kargir Dolgu Duvarların Düzlemlerine Dik Deprem Etkileri Altında Davranışı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Haziran 2001.
- [ 8 ] EROL G., Yüksek Mukavemetli Tuğlalardan Yapılmış Duvarlarda Kayma Dayanımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Ağustos 2001.
- [ 9 ] CELEP Z., KUMBASAR N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İstanbul 2000 Beta Dağıtım.
- [ 10 ] WILSON E.L., HABİBULLAH, A., 2004 Structural Analysis Program (SAP2000), Computers and Structures Inc., California.
- [ 11 ] ÇAĞLAR N., Burulma Yapan Çok Katlı Betonarme Yapılarda Deprem Etkisinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 1995.

## **ÖZGEÇMİŞ**

OSMAN ZAHİD ÖZDOĞU 09.01.1977 yılında Adapazarı'nda doğdu. İlkokulu Donatım İlkokulu, ortaokulu Burak Bora Anadolu Lisesi ve liseyi Sakarya Anadolu Lisesinde bitirdi. 1998 yılında Balıkesir Meslek Yüksek Okulunu tamamlayıp, 2002 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Türkiye'de statik, mimari proje ve yapı denetim bürolarında görev almış ve son olarak Temmuz 2003 yılından itibaren Çukurova İnşaat ile Afganistan'da yol projelerinde, kalite kontrol mühendisi olarak çalışmaktadır.