



**DOĞRUSAL OLMAYAN SONLU
ELEMEN ANALİZİ İLE
RADYE-ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN
İNCELENMESİ**

Mehmet Rıfık DURMUŞ

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği
Danışman: Dr. Öğr. Gör. Şevki ÖZTÜRK
Eş Danışman: Prof. Dr. İlker KAZAZ**

2022

Her hakkı saklıdır.



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DOĞRUSAL OLMAYAN SONLU ELEMAN ANALİZİ İLE RADYE-
ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ**

Mehmet Rıfki DURMUŞ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Gör. Şevki ÖZTÜRK

Eş Danışman: Prof. Dr. İlker KAZAZ

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Erzurum

2022

Her hakkı saklıdır

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

26 / 01 / 2022

Mehmet Rıfki DURMUŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞRUSAL OLMAYAN SONLU ELEMAN ANALİZİ İLE RADYE-ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Rıfkı DURMUŞ

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Gör. Şevki ÖZTÜRK, Prof. Dr. İlker KAZAZ

Radye-zemin etkileşimi, zemin koşullarının temele, aynı zamanda temelin zemine olan etkilerini inceleyen bir konudur. Bu konuda yapılan çalışmaların çoğunda bu etkileşimin ihmal edildiği, zemin ortamının deforme olmayan sonsuz rijit bir yapısı olduğu ve üst yapı ile zeminin ankastre bağlantılı olduğu varsayılmıştır. Bu tez çalışmasında, radye temellerin tasarımında radye-zemin etkileşimi araştırılmıştır. Söz konusu çalışmada, öncelikle radye-zemin etkileşimini gerçeğe en yakın şekilde temsil edecek sonlu eleman modelinin hazırlanması için kalibrasyon analizleri ve sonlu eleman modellerinde kullanmak üzere geleneksel varsayım ile radye temel betonarme tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sonlu eleman analizlerinde değişken parametre olarak; üst yapı yükü, zemin rijitliği ve temel kalınlığı dikkate alınmış, farklı koşullarda radye temel performansı ve radye-zemin etkileşim etkileri incelenmiştir. Ayrıca, sonlu eleman analizlerinden elde edilen radye temelde oluşan iç kuvvetler, birim şekil değiştirmeler, oturmalar ve temas basınç dağılımları ile geleneksel varsayımdan elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma neticesinde geleneksel varsayım ile dikkate alınmayan faktörlerin radye temel tasarımı açısından önemli olduğu ve bu yüzden ideal bir tasarım için geleneksel yöntemin kullanılmasının yetersiz kalabileceği düşünülmüştür. Ayrıca, ideal bir radye tasarımı için temel ile zemin arasındaki göreceli rijitliğin dikkate alınması gerektiği, zımbalama kontrolünün zemin şartları dikkate alınarak geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

2022, 240 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sonlu Eleman Yöntemi, Radye Temel, Zemin Etkileşimi, Doğrusal Olmayan Analiz, Radye Temel Tasarımı

ABSTRACT

MS. Thesis

INVESTIGATION OF THE RAFT-SOIL INTERACTION WITH NONLINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS

Mehmet Rıfkı DURMUŞ

Erzurum Technical University
Gradute School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şevki ÖZTÜRK, Prof. Dr. İlker KAZAZ

The raft-soil interaction is a subject that examines the effects of soil conditions on the foundation as well as the effects of foundation on the soil. In most of the studies on this subject, this interaction is neglected and it's assumed that the soil environment is infinitely rigid, and that the superstructure and the soil are fixed-supported. In this study, the raft-soil interaction was investigated in the design of raft foundations. In the aforementioned study, First of all, calibration analyzes of the finite element model were performed and the reinforced concrete design of raft foundation to be used in the finite element models were carried out with the traditional method. Superstructure load, soil stiffness and foundation thickness were taken into account as variable parameters in finite element analyzes, raft foundation performance and the effects of raft-soil interaction under different conditions were investigated. The internal forces, strains, settlements and contact pressure distributions obtained from the finite element analyzes were also compared with the ones obtained from the traditional method. As a result of the study, it has been thought that the factors that are not taken into account with the traditional assumptions are important in terms of raft foundation design and therefore the use of the traditional method for an ideal design may be insufficient. In addition, it was concluded that for an ideal raft design, the relative stiffness between the foundation and the soil should be taken into account, and punching control could be improved by considering the soil conditions.

2022, 240 page

Keywords: Finite Element Method, Raft Foundation, Soil Interaction, Nonlinear Analysis, Raft Foundation Desing

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü bünyesinde yürütülmüştür. Tez çalışması boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen danışman hocalarım Prof. Dr. İlker KAZAZ ve Dr. Öğr. Gör. Şevki ÖZTÜRK'e minnetlerimi sunarım. Karşılaştığım problemler karşısında lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca olduğu gibi gelecekte de rehberliklerine ihtiyaç duyacağım kıymetli hocalarımın nezaretinde bu çalışmanın hazırlanması benim için bir ayrıcalık ve mutluluk kaynağıdır.

Tez savunma jürime katılan ve çalışmayı detaylı bir şekilde inceleyip, önerilerde bulunan, tez çalışmasındaki eksikliklerin giderilmesi konusunda kıymetli yorum ve geri bildirimlerde bulunan hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Dilek OKUYUCU, Dr. Öğr. Üyesi Babak Karimi GHALEHJOUGH ve Dr. Öğr. Gör. Mahmut Yavuz ŞENGÖR'e ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarına sağladıkları katkılarından dolayı İnşaat Yüksek Mühendisi Erdem ERKMEN ve ağabeyim Caner TACİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her zaman yanımda olan ve bu süreçte bana sabır ve anlayış gösteren anneme, babama ve kardeşlerime teşekkür ederim.

Mehmet Rıfki DURMUŞ

Ocak 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Yapı-Zemin Etkileşiminin Temel ve Zemin Üzerindeki Etkilerine İlişkin Çalışmalar	3
2.2. Radye Temel Tasarımında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılmasına İlişkin Çalışmalar.....	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM	15
3.1. Yapı-Zemin Etkileşimi.....	15
3.1.1. Kinematik etkileşim	16
3.1.2. Ataletsel etkileşim.....	17
3.2. Radye Temel Analiz Yöntemleri	17
3.2.1. Rijit yöntemler	18
3.2.2. Rijit olmayan yöntemler.....	19
3.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi	20
3.4. ANSYS Sonlu Elemanlar Programı	22
3.4.1. SOLID65 üç boyutlu katı eleman	22
3.5. Kullanılan Modelin Temel Özelliklerinin Belirlenmesi	24
3.5.1. Zemin özelliklerinin belirlenmesi	26
3.6. Zemin Taşıma Gücünün Belirlenmesi	27
3.6.1. Terzaghi taşıma gücü teorisi (1943).....	28
3.6.2. Meyerhof taşıma gücü eşitliği.....	32
3.6.3. Brinch Hansen (1961) taşıma gücü eşitliği	35
3.6.4. Das (2017) taşıma gücü eşitliği.....	39
3.7. Rijit Taban Varsayımı ile Radye Temel Betonarme Donatısının Belirlenmesi	40
3.8. Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması.....	53
3.8.1. Başlangıç ve sınır şartlar	59

3.8.2. Sonlu eleman ağı	60
3.8.3. Eleman takviye malzemelerinin (<i>Real Constants</i>) belirlenmesi	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	67
4.1. Radye Kalınlığının Etkisi.....	67
4.2. Zemin Rijitliğinin Etkisi ve Rijit Varsayımın Değerlendirilmesi	87
4.3. Kullanım Yükleri Altındaki Davranışın İncelenmesi	98
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	110
KAYNAKLAR	113
EKLER.....	121
EK 1.....	121
EK 2.....	125
EK 3.....	129
EK 4.....	135
EK 5.....	141
EK 6.....	157
EK 7.....	173
EK 8.....	189
EK 9.....	205
EK 10.....	229

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$^{\circ}$	Derece
%	Yüzde
A	Alan
A_s	Donatı Alanı
B	Temel Kısa Kenarı
b_c, b_q, b_{γ}	Temel Taban Eğim Faktörü
c	Kohezyon
c'	Azaltılmış Kohezyon
cm	Santimetre
c_u	Drenajsız Kayma Mukavemeti
d	Faydalı Yükseklik
d_c, d_q, d_{γ}	Derinlik Faktörü
D_f	Temel Gömülme Derinliği
e	Dış Merkezliklik
E_s	Zemin Elastik Modülü
E_u	Drenajsız Elastik Modül
f_{yd}	Donatı Tasarım Dayanımı
g_c, g_q, g_{γ}	Zemin Yüğü Eğim Faktörü
H	Temel Kalınlığı
I	Atalet Momenti
i_c, i_q, i_{γ}	Eğim Faktörü
kN	KiloNewton
kNm	KiloNewton Metre
kPa	Kilopascal
K_{py}	Pasif Toprak Basıncı
L	Temel Uzun Kenarı
M	Moment
M_d	Tasarım Eğilme Momenti
m	Metre

m^2	Metre kare
mm	Milimetre
MPa	Megapascal
N_c, N_q, N_γ	Taşıma Gücü Faktörü
Q	Ağırlık
q	Taban Basıncı
$q_{n\text{ihai}}$	Nihai Zemin Taşıma Gücü
S_c, S_q, S_γ	Şekil Faktörü
U_p	Zımbalama Çevresi
V_{pd}	Zımbalama Kuvveti
V_{pr}	Zımbalama Dayanımı
γ	Birim Hacim Ağırlık
θ	İçsel Sürtünme Açısı
θ'	Azaltılmış İçsel Sürtünme Açısı
ν	Poisson Oranı
σ	Düşey Gerilme
σ'	Düşey Efektif Gerilme
ψ	Akma Açısı

Kısaltmalar

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS500	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Yer değıştirme ortalamasından kaynaklanan kinematik etkileşim (Moghaddasi 2012)	17
Şekil 3.2. Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması	20
Şekil 3.3. Farklı geometriye sahip sonlu elemanlar ve düğüm noktaları	21
Şekil 3.4. SOLID65 geometrisi (ANSYS 2015)	23
Şekil 3.5. Radye temel planı ve kolon yerleşimleri	25
Şekil 3.6. Terzaghi taşıma gücü teorisi (ı: aktif bölge, ıı: geçiş bölgesi, ııı: pasif bölge)	28
Şekil 3.7. Brinch Hansen yük eğim geometrisi.....	37
Şekil 3.8. Radye plağının şeritlere ayrılması	41
Şekil 3.9. Taban basıncı için dikkate alınan noktalar (1, 6, 19, 24).....	44
Şekil 3.10. Her bir kolonun sorumlu olduğı alanların gösterimi	46
Şekil 3.11. Radye temelin y eksenini doğrultusunda [1-2-20-19] şeridinde oluşan moment diyagramı.....	48
Şekil 3.12. Radye temelin x eksenini doğrultusunda [1-6-12-7] şeridinde oluşan moment diyagramı.....	49
Şekil 3.13. Kısa doğrultuda kolon şeritlerinin gösterimi	50
Şekil 3.14. Farklı model genişliklerinde oluşan deformasyon profilleri(a) 0,2b (b) 0,5b (c) 1,0b (d) 2,0b.....	55
Şekil 3.15. Model genişliğinin oluşan oturmalar üzerindeki etkisi	56
Şekil 3.16. Alan yayılı yük altında zeminde oluşan gerilme diyagramları (a) $z=1,0b$ (b) $z=2,0b$, (c) $z=3,0b$, (d) $z=4,0b$	58
Şekil 3.17. Zemin derinliğine bağılı zeminde oluşan düşey gerilme artışı	59
Şekil 3.18. Zemin modelinin mesnet koşulları	60
Şekil 3.19. Sonlu eleman çözümlemelerinde eleman sayısına bağılı oluşabilecek yakınsama ve sayısal kararsızlık hataları (Kolar ve Nemec 1989)	61
Şekil 3.20. Sonlu eleman yoğunluğunun deformasyonlar üzerindeki etkisi (m); (a) 4, (b) 9, (c) 25, (d) 49, (e) 100, (f) 225 eleman	62
Şekil 3.21. Sonlu eleman sıklığının sonuçlar üzerindeki etkisi	62

Şekil 3.22. Sonlu elemanların yanlış ayrılması (a) (b) (c), sonlu elemanların uygun formda ayrılması (d) (Kolar ve Nemec 1989).....	63
Şekil 3.23. Sonlu eleman boyutlarının kademeli değişimi	64
Şekil 3.24. Takviye malzeme (donatı) yönlendirilmesi	65
Şekil 3.25. Radye temelde donatılandırılan sonlu elemanlar.....	66
Şekil 3.26. Kolonlarda donatılandırılan sonlu elemanlar.....	66
Şekil 4.1. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan eğilme momenti değişimi, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin	68
Şekil 4.2. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan eğilme momenti değişimi, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin	70
Şekil 4.3. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan oturma grafiği, (a) zayıf,(b) orta sert,(c)sert zemin	72
Şekil 4.4. radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan oturma grafiği, (a) zayıf,(b) orta sert,(c)sert zemin	73
Şekil 4.5. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan taban basıncı grafiği, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.....	76
Şekil 4.6. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan taban basıncı grafiği, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.....	77
Şekil 4.7. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin	79
Şekil 4.8. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin	81
Şekil 4.9. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) orta sert,(b) sert zemin.....	82
Şekil 4.10. Zayıf zemin durumunda temel kalınlığının çatlak oluşumları üzerindeki etkisi, (a) 40cm, (b) 60cm, (c) 80cm	84
Şekil 4.11. Orta sert zeminlerde temel kalınlığının çatlak oluşumları üzerindeki etkisi, (a) 40cm, (b) 60cm, (c) 80cm.....	85
Şekil 4.12. Sert zeminlerde temel kalınlığının çatlak oluşumları üzerindeki etkisi, (a) 40cm, (b) 60cm, (c) 80cm	87
Şekil 4.13. Zemin rijitliğinin değişimi ile kısa doğrultuda oluşan eğilme momenti grafikleri,(a) 40cm radye,(b) 60cm radye, (c) 80 cm radye	89
Şekil 4.14. Zemin rijitliğinin değişimi ile uzun doğrultuda oluşan eğilme momenti grafikleri,(a) 40cm radye,(b) 60cm radye, (c) 80cm radye	91

Şekil 4.15. Zemin rijitliğinin değişimi ile kısa doğrultuda oluşan taban basıncı dağılımları, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye	93
Şekil 4.16. zemin rijitliğinin değişimi ile uzun doğrultuda oluşan taban basıncı dağılımları, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye	95
Şekil 4.17. Radye temel altında temas basıncı dağılımı, (a) sert zemin, (b) orta sert zemin, (c) yumuşak zemin (Teng 1962).....	96
Şekil 4.18. Zemin rijitliğine bağlı uzun doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye	98
Şekil 4.19. Model 8_40_50 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	99
Şekil 4.20. Model 8_40_100 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	100
Şekil 4.21. Model 8_40_200 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	101
Şekil 4.22. Model 8_60_50 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	102
Şekil 4.23. Model 8_60_100 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	103
Şekil 4.24. Model 8_60_200 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	104
Şekil 4.25. Model 8_80_50 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	105
Şekil 4.26. Model 8_80_100 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	106
Şekil 4.27. Model 8_80_200 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.....	107

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Farklı sertlikteki kohezyonlu zeminler için tipik elastik modül değerleri ..	26
Çizelge 3.2. Farklı sertlikteki kohezyonlu zeminler için tipik drenajsız kayma modülü değerleri.....	27
Çizelge 3.3. Çalışma kapsamında kullanılacak zemin özellikleri.....	27
Çizelge 3.4. Temel şekil katsayıları (Terzaghi 1943).....	29
Çizelge 3.5. Terzaghi taşıma gücü faktörleri	29
Çizelge 3.6. İçsel sürtünme açısına bağlı hesaplanan Terzaghi faktörleri.....	30
Çizelge 3.7. Azaltılmış Terzaghi taşıma gücü faktörleri	31
Çizelge 3.8. Meyerhof (1963) şekil, derinlik ve eğim faktörleri	33
Çizelge 3.9. Meyerhof taşıma gücü faktörleri	33
Çizelge 3.10. İçsel sürtünme açısına bağlı hesaplanan Meyerhof faktörleri	34
Çizelge 3.11. Brinch hansen şekil, derinlik ve eğim faktörleri.....	36
Çizelge 3.12. Brinch Hansen taşıma gücü faktörleri	37
Çizelge 3.13. İçsel sürtünme açısına bağlı hesaplanan Brinch Hansen faktörleri	38
Çizelge 3.14. Das (2014) tarafından önerilen şekil, derinlik ve eğim faktörleri	39
Çizelge 3.15. Zeminler için belirlenen emniyetli taşıma gücü değerleri	40
Çizelge 3.16. Farklı kat yükseklikleri için belirlenen eksenel kolon yükleri.....	42
Çizelge 3.17. Çerçeve yöntemi için kullanılan moment dağıtma katsayıları	50
Çizelge 3.18. Kolon şeridi ve orta şeride dağıtılan momentler.....	51
Çizelge 3.19. 1-1 aksı kolon şeridi için belirlenen açıklık ve mesnet donatı oranları	52
Çizelge 3.20. 1-1 aksı orta şeridi için belirlenen açıklık ve mesnet donatı oranları	53
Çizelge 4.1. Radye ve zemin rijitliğine bağlı oluşan farklı oturma değerleri (cm)	74
Çizelge 4.2. Radye kalınlığı ve zemin durumuna bağlı olarak farklı oturmalarındaki azalış miktarı (%)	74
Çizelge 4.3. Farklı radye kalınlıkları için hesaplanan donatı oranlarının birim şekil değiştirmelere etkisi	79
Çizelge 4.4. Farklı yük durumlarında temel tabanındaki pik birim şekil değiştirmeler ($\times 10^{-3}$).....	108

1. GİRİŞ

Temeller, üst yapı yükünü zemine aktaran ve bu yük altında zeminde oluşan deformasyonların yapısal hasar oluşturmayacak şekilde sınırlandırılmasını sağlayan yapı ile zemin arasındaki geçiş elemanlarıdır. Statik açıdan özellikle taşıma gücünün düşük olduğu zayıf zeminlerde ve yapı yükünün fazla olduğu durumlarda genellikle yapı alanı boyunca tek parçadan oluşan radye temeller tercih edilmektedir. Diğer temel tiplerinden farklı olarak zemin ile daha fazla etkileşimde bulunan radye temellerin tasarım süreci de farklı olmaktadır. Tasarımda üst yapı yükünün zemin gerilmelerini, zemin gerilmelerinin ise temelde oluşan iç kuvvetleri etkilemesi öngörülmelidir. Bu nedenle gerek yapı gerekse temel tasarımının güvenliği, temel-zemin arasındaki etkileşimin doğru ve gerçekçi bir şekilde idealleştirilmesine bağlıdır.

Literatürde radye temel tasarımında kullanılan birçok alternatif yöntem mevcuttur. Genel olarak tasarım yöntemleri betonarme plağın rijit ve rijit olmayan özellikte kabul edilerek çözümlenmesi ile ayrılmaktadır. Rijit yöntemler olarak bilinen geleneksel yaklaşımda çözüm sadece yükler ve taban basınçları arasındaki denge ile sağlanmaktadır. Bu yöntemden elde edilen sonuçların doğruluğu pek çok otorite tarafından tartışılrsa da kullanım kolaylığı ve elle hesaplama olanağı sağlamasından dolayı tercih edilmektedir. Öte yandan teknolojik gelişmeler ile birlikte sayısal çözümleme yöntemlerinin gelişmesi günümüzde rijit olmayan çözüm yöntemlerinin de kullanımını öne çıkarmıştır. Rijit olmayan çözümleme yöntemleri arasında zemin ortamının elastik yaylar ile modellenbildiği Winkler hipotezine dayanan çözümlemeler ve zemini sürekli ortam olarak temsil eden yöntemler mevcuttur. Zeminin sürekli ortam olarak temsil edildiği yöntemlerde elle çözümleme mümkün olmayıp, sonlu elemanlar yöntemi gibi sayısal çözümlemelerin kullanılması ile sonuca ulaşılması söz konusudur.

Bu tez kapsamında, bahsedilen geleneksel rijit yöntem ve sonlu elemanlar yöntemi radye temel çözümlemelerinde kullanılmıştır. Geleneksel rijit yöntemde göz ardı edilen zemin etkileri, sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiş ve malzemenin doğrusal olmayan özelliklerinin tasarım açısından önemi değerlendirilmiştir.

Zemin etkileşiminin yeterli kesinlikte ve verimli şekilde incelenmesine olanak sağlayan sonlu eleman modelinin oluşturulması için tez kapsamında öncelikle kalibrasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Radye temelin betonarme tasarımı geleneksel rijit yöntem ile belirlenmiş ve sonlu elemanlar çözümlemeleriyle bu yöntemin kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Çalışmada farklı üst yapı yükü, temel kalınlığı ve zemin koşullarının temel-zemin etkileşimi açısından önemi değerlendirilmiştir. Etkileşim; temel açısından oluşan iç kuvvetler, deformasyonlar ve çatlak davranışı üzerinden incelenirken, zemin açısından taban basıncı ve oturma dağılımları ile ele alınmıştır. Ayrıca geleneksel çözüm yönteminde zımbalama açısından uygun görülmeyen temel kalınlıklarının kullanılabilirliği de sonlu eleman yöntemiyle araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu tez çalışmasında radye-zemin etkileşimi doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiş ve geleneksel rijit yöntemin etkinliği araştırılmıştır.

Tez çalışmasının bu kısmında radye tasarımında radye-zemin etkileşiminin sonlu elemanlar yöntemi kullanarak araştırılmasından önce, çalışma sürecinin verimliliği ve elde edilen sonuçların sağlıklı yorumlanabilmesi için bu alanda yapılan önemli çalışmalar incelenmiştir. Bu hususta oluşturulan literatür çalışmaları aşağıda sunulmaktadır.

2.1. Yapı-Zemin Etkileşiminin Temel ve Zemin Üzerindeki Etkilerine İlişkin Çalışmalar

Radye temel tasarımını etkileyen önemli olgulardan biri olarak görülen yapı-zemin etkileşimi üzerine yapılan ilk çalışmanın Reissner (1936) tarafından yapıldığı kabul edilmektedir (Aydinoğlu 1977; Lou et al. 2011). Bilgisayar teknolojilerinin yetersiz olduğu yıllarda yapı-zemin etkileşimi genellikle basit analitik yöntemler ile yorumlanabilmiştir. Ancak bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişim ile yapı-zemin etkileşim araştırmaları yeni bir boyut kazanmış ve çalışmalar daha kapsamlı hale gelmiştir.

Bu alanda yapılan öncü araştırmalara Khanna (1969), Haddadin (1971), Warburton et al. (1971), Lee and Brown (1972), Seetharamulu and Kumar (1973), Lee and Wesley (1973), Luco and Contesse (1973), Hadjian et al. (1974), King and Chandrasekaran (1974), Kausel and Roesset (1974), Wong and Trifunac (1975), Wolf (1976), Aydınoğlu (1977), Wight (1977) örnek olarak gösterilmektedir. Bu çalışmaların ardından teknolojik gelişmeler ve konu üzerindeki teknik bilgi birikimi sayesinde radye tasarımında kullanılan sayısal yöntemler ve yapı-zemin etkileşimi üzerine araştırmalar çeşitlilik kazanmış ve birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Bu konu hakkında erişilen bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Noorzaei et al. (1994) yapmış olduğu çalışmada zemin ortamının doğrusal ve doğrusal olmayan etkileşim modelleri ile geleneksel rijit taban varsayımını mukayese

ederek yapı-zemin etkileşimini incelemiştir. Çalışmada sonlu elemanlardan oluşan zemin ortamı ile beş katlı iki açıklıktan oluşan çerçeve sistem yatay ve düşey yükler altında analiz edilmiş ve zemin davranışı ile çerçevede oluşan iç kuvvetler karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgularda çerçeve elemanlarındaki iç kuvvetlerin etkileşim halinde farklılık gösterdiği görülmüştür. Ayrıca doğrusal olmayan zemin davranışının sonuçlar üzerinde etkisi olduğu ve gerçekçi yapısal davranışın modellenmesi için bu durumun dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Viledkar et al. (1994) yapmış oldukları çalışmada zeminlerin doğrusal ve doğrusal olmayan davranışının temel ve yapı üzerindeki etkilerini etkileşim analizleri ile incelemiştir. Çalışmada plak radye temel üzerinde 3 x 5 açıklıklı çerçeve taşıyıcı sisteme sahip dört katlı betonarme bir yapı ele alınmıştır. Söz konusu sistemin ilk olarak zemin ortamının doğrusal davranışı altında analizleri gerçekleştirilmiş daha sonra doğrusal olmayan davranış hesaba katılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarında zeminlerin doğrusal olmayan davranışının dâhil edilmesiyle taban basıncında yeniden dağılım meydana gelmiş ve temel altında oluşan farklı oturumların arttığı görülmüştür. Doğrusal analizler ile kıyaslandığında taşıyıcı sistem üzerindeki eğilme momenti değeri kirişlerde %22, kolonlarda %76'ya varan değişim gösterirken bu değer radye temelde neredeyse aynı kalmıştır. Öte yandan doğrusal olmayan davranışın kolon eksenel kuvveti üzerindeki etkisinin ihmal edilebilir seviyede olduğu sonucuna varılmıştır.

Temel rijitliğinin radye-zemin etkileşimi açısından önemini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak inceleyen öncü araştırmalardan birisi Sinha and Poulos (1996) tarafından yapılmıştır. Çalışmada farklı rijitlikteki radye temellerin zeminde oluşan şişme ve oturma durumlarında gösterdiği davranış incelenmiştir. Radye temelin rijitliğini zemine göre göreceli rijitlik faktörü kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, temel altına her iki doğrultuda farklı derinlikte kirişler ilave edilerek kirişlerin temel davranışına etkileri incelenmiştir. Analizler neticesinde göreceli rijitliğin artması ile temelde oluşan momentlerin arttığı, deformasyonların ise azaldığı görülmüştür. Kirişlerin ilave edilmesi ve kiriş derinliğini artması bu sonuçları desteklemiştir. Ancak kiriş derinliği etkisinin belirli bir seviyeden sonra sabit kaldığı görülmüştür.

Wang et al. (2001) yapmış olduğu çalışmada elastik-yarı sonsuz zemin ortamındaki radye temel davranışını farklı temel kalınlığı ve yükleme durumları altında araştırmıştır. Yürütülen çalışmada radye temel kalınlığının ve üst yapıyı temsil edecek yükün farklı şekillerde uygulanması ile temel eğilme momenti ve oturma grafiklerinde oluşan değişimler incelenmiştir. Yapılan incelemelerde temel kalınlığının çok ince olduğu durumlarda temel eğilme momenti ve oturma profili üzerindeki etkin olgunun temelin elastik davranışından ziyade yükleme şekli olduğu görülmüştür.

Laman ve Keskin (2004) yaptıkları çalışmada zemin rijitliğinin üst yapı yüklerinden kaynaklanan düşey gerilme artışı ve gerilme dağılımları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla iki farklı sıklıkta zemin modeli hem deneysel hem de sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Öte yandan elde edilen sonuçlar literatürde sıklıkla kullanılan Boussinesq (1885) ve Westergaard (1938) tarafından önerilen düşey gerilme artışı formülleri ile hesaplanan değerler ile karşılaştırılmış ve teorik yaklaşımların doğruluğu irdelenmiştir. Deneysel ve bilgisayar analizlerinden elde edilen sonuçlara göre zemin sıklık faktörünün gerilme dağılımı üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür. Öte yandan teorik formüllerde zemin sıklık faktörünün olmaması farklı zemin koşullarında benzer sonuçların elde edilmesine yol açmıştır. Çalışmada ayrıca deneysel sonuçlar ile analiz programından elde edilen sonuçların yakınlık göstermesi, program bünyesinde kullanılan zemin modellerinin gerçekçi zemin davranışını yansıttığını göstermiştir.

Pender et al. (2006) yapmış olduğu araştırmada farklı zemin modellerinin yüzeysel temeller üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada temel altındaki zemin ortamı tek parametrelili bağımsız yaylardan oluşan yatak katsayısı ve elastik yarı-sonsuz uzay yaklaşımıyla modellenmiştir. Analizlerde zeminin elastik ötesi davranışı da göz önünde bulundurularak malzeme davranışının etkileri de araştırılmıştır. Söz konusu analizlerde elastik yarı-sonsuz ortamdaki temelin eğilme davranışının, zeminin bağımsız yaylar ile temsil edildiği modele kıyasla daha rijit olduğu görülmüştür. Temel davranışı uygulanan yük açısından incelendiğinde ise yüklemenin zeminin taşıma kapasitesinin çok altında olması halinde her iki durumdan benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak taşıma kapasitesine yakın yüklemelerde zeminin elastik ötesi davranışı sonuçlar üzerinde etki göstermiştir. Ayrıca uygulanan yükün artmasıyla temelin eğilme rijitliğinin düşey rijitliğe

oranında azalmalar meydana gelmiştir. Araştırma neticesinde zemin ortamının doğrusal olmayan davranışının temelin düşey rijitliğinden ziyade eğilme rijitliği üzerinde etkili olduğu ve bu etkilerin taşıma sınırına yakın yüklemeler altında önem kazandığı belirtilmiştir.

Kahraman vd (2007) yaptığı çalışmada farklı yatak katsayısı yaklaşımlarının yapısal davranış üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada radye temel sistemine sahip dört katlı çerçeve bir sistemin radye-zemin etkileşimi, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ve dört farklı yatak katsayısı yaklaşımı ile incelemiştir. Yapılan incelemelerde çerçeve sistemdeki düğüm noktalarında ve radye plağında oluşan eğilme momentleri ile temeldeki oturmalar karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara doğrusal davranış altında eşdeğer yatak katsayısı yaklaşımının sonlu elemanlar yöntemi ile yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Girgin (2008) üst yapıdan gelen yükler nedeniyle zemin tabakalarında oluşan deformasyonların, yapısal elemanların iç kuvvetleri üzerinde etkisi olduğunu ve bu etkinin yapısal tasarımda göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmiştir. Bu etkileri göstermek amacıyla çalışmada perde-çekirdek taşıyıcı sisteminden oluşan radye temele sahip sekiz katlı betonarme bir yapıyı ele almıştır. Radye-zemin etkileşimini sabit yatak katsayısı (Winkler), değişken yatak katsayısı (Daloğlu ve Wallabhan) ve rijit yöntem ile üç farklı modelde incelemiştir. Üç farklı modelde betonarme kolonlar için donatı oranları ve kolon-perde yük paylaşım oranları karşılaştırılıp radye-zemin etkileşiminin yapısal tasarımdaki etkilerini göstermiştir.

Nakhaei and Ghannad (2008) yapmış olduğu çalışmada yapı-zemin etkileşiminin yapıların hasar indeksi üzerindeki etkilerini sistemin doğrusal olmayan davranışını dikkate alarak incelemiştir. Çalışmada yapı periyodu ve yapı en boy oranı problemin temel parametreleri olarak seçilmiş ve etkileşimli sistem ile sabit tabanlı sistemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar yapı-zemin etkileşiminin belirli bir eşik periyod değerine kadar yapısal hasar indeksini arttırdığını göstermiştir. Bu durumda eşik periyod değerinden daha kısa periyoda sahip yapılarda geleneksel sabit tabanlı varsayım kullanılarak yapılan tahminlerden daha fazla hasar meydana geleceği belirtilmiştir.

Tanaydın (2008) yapmış olduğu çalışmada radye kalınlığının zemin davranışı ve radye temelde oluşan iç kuvvetler üzerindeki etkisini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak araştırmıştır. Araştırmada taşıyıcı sistemi perde-çerçeve olan dört katlı bina, üç farklı kalınlığa sahip plak radye ile doğrusal olmayan davranışının göz önünde bulundurulduğu iki farklı rijitliğe sahip zemin ortamı kullanılmıştır. Radye kalınlığı 0,6m, 0,9m ve 1,2m olarak ele alınmış ve bina aşırı konsolide ve normal konsolide kil zemin üzerinde analiz edilmiştir. Analizler sonucunda radye kalınlığının artması ile her iki zeminde daha üniform bir oturma grafiği elde edilmiştir. Ancak normal konsolide zeminde azami oturma değeri, radye ağırlığının artmasına bağlı olarak artmıştır. Radye kalınlığının artması ile radyede oluşan negatif moment büyüklüğü artmış, pozitif moment büyüklüğü ise azalmıştır. Öte yandan radye kalınlığının temas basıncı üzerindeki etkilerinin ihmal edilir büyüklükte olduğu görülmüştür.

Orakdöğen et al. (2008) yapmış oldukları çalışmada farklı zemin tipleri ve temel sistemlerinin çok katlı betonarme yapıların yapısal performansına etkilerini yapı-zemin etkileşiminin dikkate alındığı statik itme analizleri ile incelemiştir. Yapılan analizlerde farklı temel sistemlerinin ve yapı-zemin etkileşiminin yapısal performansı etkilediği görülmüş ve yapıların sismik analizlerinde ve performans değerlendirilmesinde bu unsurların dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Duman (2008) yapmış olduğu çalışmada temel sisteminin yapısal hesaplamalar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Söz konusu çalışmada radye temel sistemi, 7 ve 15 katlı iki farklı yapıda dinamik ve statik yükler altında ele alınmıştır. Radye temelin yapı ile beraber ve yapıdan ayrı olarak çözümlenmesi durumunda radye temelde oluşan moment değerlerini karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde radye temel varlığı ile üst yapı rijitliğine bağlı olarak yapısal elemanlardaki iç kuvvetlerin etkilendiğini görülmüştür.

Thangaraj and Ilamparuthi (2010) yapmış oldukları çalışmada üst yapı ve zemin rijitliğinin radye-zemin etkileşimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında 18 x 30m boyutlarında 24 kolondan oluşan çerçeve taşıyıcı sisteme sahip beş katlı üst yapı, 0,6m kalınlığında plak radye temel ve izotrop-homojen zemin ortamı ANSYS sonlu eleman yazılımı ile modellenmiştir. Farklı zemin ve üst yapı rijitlikleri için Brown ve Yu (1986) tarafından önerilen boyutsuz göreceli rijitlik katsayıları kullanılmıştır. Çalışma

sonucunda üst yapının ve radye temelin zemine göre göreceli rijitliğinin, radye temel ve üst yapı elemanları üzerinde ciddi etkileri olduğu görülmüştür. Üst yapı rijitliğinin artmasıyla radye temelde oluşan açıklık momentlerinde artış, kolon uçlarında oluşan dönmelerde ise azalma meydana gelmiştir. Ayrıca radye temel rijitliğinin artmasıyla temel tabanında daha üniform bir oturma profili elde edilirken üst yapı rijitliğinin bu dağılım üzerindeki etkisinin neredeyse olmadığı görülmüştür.

Imam (2011) yapmış olduğu çalışmada yapı ve zemin özelliklerinin radye temeller üzerindeki etkilerini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak araştırmıştır. Çalışmada radye kalınlığı, zemin rijitliği, aks açıklığı ve kolon boyutları değişken parametreler olarak kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda radye temel kalınlığındaki artışın radye merkezindeki deformasyonları azalttığı, iç açıklıklardaki deformasyonları ise arttırdığı görülmüştür. Benzer olarak daha kısa aks açıklığına sahip radye temellerde merkez nokta ve iç açıklıklarda daha üniform deformasyonlar elde edilmiştir. Öte yandan zemin rijitliğinin artmasıyla radye temelin tamamı için deformasyonları sınırlandığı ve aralarındaki ilişkinin doğrusal olmadığı görülmüştür.

Korkmaz ve Demir (2012) yapı-zemin etkileşiminin yapılar üzerindeki etkilerini doğrusal olmayan statik itme analizi ile incelemiştir. Çalışmada yatay ve düşey yaylar ile temsil edilen zemin ortamı üzerinde beş katlı betonarme yapı ele alınmıştır. Yapılan statik itme analizleri neticesinde, zemin rijitliğinin azalmasıyla birlikte ilk plastik mafsall oluşumunda meydana gelen tepe ötelemesi ve sistem kapasitesine ulaşıldığı andaki tepe ötelemesi değerlerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca sistemin kapasitesi zemin etkilerinin ihmal edildiği ankastre bağlantılı modelde azami seviyede iken zemin rijitliğinin azalmasıyla kapasitede azalmaların meydana geldiği görülmüştür.

Priyanka et al. (2012) yaptığı çalışmada farklı zemin özelliklerinin yatay kuvvetler altında yapısal davranışa etkilerini araştırmıştır. Çalışmada çok katlı betonarme bir yapı, rijit ve esnek temel varsayımları ile farklı zemin koşulları altında incelemiştir. Yapılan incelemelerde zemin rijitliği ile yatay öteleme, göreceli kat ötelemeleri, tabanda oluşan kayma ve kolon eğilme momenti değeri arasında ters bir bağıntı olduğu görülmüştür. Ayrıca zemin özelliklerinden bağımsız olarak esnek temel varsayımının güvenlik açısından tasarımı pozitif yönde etkileyeceği elde edilen sonuçlarda belirtilmiştir.

Thangaraj and Ilamparuthi (2012) 2010 yılındaki çalışmalarında ele aldıkları yapı-zemin etkileşim modelini kullanarak zemin rijitliğinin ve doğrusal olmayan davranışın taşıyıcı sistem ve zemin davranışı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgularda zemin rijitliğinin ve doğrusal olmayan davranışın üst yapıda oluşan iç kuvvetler üzerinde ciddi etkileri olduğu görülmüştür. Çalışmada zemin rijitliğinin ve radye kalınlığının artmasıyla özellikle kolon bölgelerinde oluşan farklı oturmaların azaldığı görülmüştür. Ayrıca üst yapının zemine görece rijitliğin artmasıyla birlikte radye temelde açıklık momentleri, kiriş mesnet momentleri ve kolon momentlerinde artış görülmüştür. Öte yandan zemin modelinin doğrusal olmayan analizlerinde, zemin ve temel rijitliğinden bağımsız olarak daha yüksek oturma değerleri elde edilmiştir.

Leong and Huat (2013) yapmış oldukları çalışmada radye-zemin etkileşimi altında radye temel boyutu ve kalınlığının zemin davranışı ve radye temelde oluşan iç kuvvetler üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada dört farklı zemin ortamı üzerinde, üç farklı kalınlığa ve üç farklı kenar uzunluğuna sahip radye temel kullanılmış ve statik yükler altında kısa vadede zeminde oluşan oturmalar incelenmiştir. Yapılan incelemelerde radye kalınlığının zeminde oluşan azami oturmalar açısından ihmal edilebilir etkinlikte olduğu görülürken radye kalınlığının artması ile tabanda daha üniform bir oturma grafiği elde edilmiştir. Öte yandan radye kalınlığının artması; radyede oluşan gerilmelerin azalmasına dolayısıyla radyede kullanılan beton hacminin artması ve gerekli donatı miktarının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle radye kalınlığının belirlenmesinde her iki malzeme için optimum miktarın göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir.

Jayalekshmi et al. (2013) yaptığı çalışmada radye-zemin etkileşimini dairesel radye temele sahip baca tipi yapılar üzerinde incelemiştir. Çalışma kapsamında 300 metre yüksekliğe sahip baca, tabanda radye temel ile desteklenmiş ve zemin etkilerini incelemek amacıyla dört farklı rijitliğe sahip zemin ortamı kullanılmıştır. Ayrıca radye-zemin etkileşiminde temel rijitliğinin yapısal ve zemin ortamı üzerindeki etkilerini göstermek için üç farklı temel kalınlığı kullanılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında radye-zemin etkileşimi varlığında yapıda oluşan eğilme momenti ve tepe öteleme değerlerinde artış gözlenmiştir. Öte yandan zemin rijitliğinin artması ile temelde oluşan eğilme momenti değeri artarken tabanda oluşan deformasyonların kısıtlandığı görülmüştür.

Tabsh and El-Emam (2014) yapmış oldukları çalışmada radye kalınlığının ve kullanılan beton sınıfının, temel tasarımı için önemli parametrelerden olan zemin gerilmesi, kesme ve eğilme momentleri üzerindeki etkileri araştırmıştır. Araştırmada düşey yüklere maruz 16 kolon barındıran plak radye temel sonlu eleman yazılımı ile incelenmiştir. Sistemde zemin ortamı radye temel altına yerleştirilen yaylar ile temsil edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda beton sınıfının taban basıncı dağılımına ve radye temelde oluşan iç kuvvetlere etkisinin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu görülmüştür. Ancak radye kalınlığının artmasıyla temelde oluşan pozitif ve negatif moment değerleri arasındaki farkın azaldığı görülmüştür. Öte yandan kesme kuvveti ve radye kalınlığı arasında tutarlı bir ilişki elde edilememiştir.

Torabi and Reyhani (2014) yapmış oldukları çalışmada yapı-zemin etkileşiminin yumuşak zeminler üzerindeki yapıların performansına etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla çalışmada elasto-plastik zemin modeli ve doğrusal tek serbestlik dereceli yapıdan oluşan üç boyutlu sonlu eleman modeli kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda zemin esnekliğinden kaynaklanan kinematik etkileşimin temel sönümü ve yapının doğal titreşim periyodu üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Yapı en-boy oranının ve temel rijitliğinin ataletsel etkileşim açısından önemli parametreler olduğu ve bu iki unsurun kritik değerlerde birleşmesi ile yapının ataletsel etkileşime karşı hassas hale geldiği görülmüştür. Çalışma neticesinde yumuşak zeminler üzerinde sığ temele sahip kısa ve orta yükseklikteki yapıların tasarımında etkileşim etkilerinin kritik öneme sahip olduğu belirtilmiştir.

Hora (2014) yapmış olduğu çalışmada dolgu duvarların ve doğrusal olmayan zemin davranışının yapısal elemanlar ve zemin davranışı üzerindeki etkilerini yapı-zemin etkileşim analizleriyle incelemiştir. Çalışmada yarı sonsuz zemin ortamı üzerinde elastik kiriş ile temsil edilen temel sistemi ve iki katlı iki açıklıktan oluşan düzlem çerçeve sistemi kullanılmıştır. Doğrusal olmayan yapı-zemin etkileşim analizleri sonucunda dolgu duvarların zeminde daha üniform bir oturma ve gerilme profili oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca dolgu duvarların daha rijit bir üst yapı oluşturması ile temelde ve yapısal elemanlarda farklı iç kuvvet dağılımları meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda yapı-zemin etkileşim analizlerinin daha sağlıklı sonuç vermesi için zeminin doğrusal

olmayan davranışının yanı sıra üst yapıda mevcut olan dolgu duvarların hesaba katılması gerektiği vurgulanmıştır.

Yapı-zemin etkileşiminin çok katlı yapılar üzerindeki etkilerinin irdelendiği bir diğer çalışma Tormal et al. (2014) tarafından yürütülmüştür. Yapılan çalışmada altı kattan oluşan betonarme bir yapı, tabanda rijit bağlantı olarak ve zemin ortamı ile birlikte modellenmiş ve zaman tanım alanında analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara yapı-zemin etkileşiminin dikkate alınması ile yapısal tasarımın daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür. Ayrıca yapılan tepki analizlerinde zemin etkilerinin malzemelerin doğrusal olmayan davranışı altında daha etkin olduğu tespit edilmiş ve bu olgunun etkileşim analizlerde dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ahmed et al. (2014) yapmış olduğu çalışmada yükleme durumu, temel şekli ve zemin göçme mekanizmalarının zemin üzerindeki etkilerini yapı-zemin etkileşim analizleriyle araştırmıştır. Elde edilen sonuçlarda yüklemenin tek adımda olması ile kademeli olması halinde temelde oluşan oturmaların etkilendiği görülmüştür. Bu durumun yapı-zemin etkileşim çözümlemelerini etkileyeceği belirtilmiş ve analizlerde kademeli yükleme formunun dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Markou et al. (2015) çalışmasında Orakdöğen (2008) tarafından incelenen beş katlı betonarme yapıyı esas alarak radye-zemin etkileşiminin yapı performansına etkilerini araştırmıştır. Çalışma kapsamında sonlu elemanlar ile oluşturulan üç farklı modele düşey ve yatay statik yükleme uygulanmış ve zemin ortamında oluşan gerilme-şekil değiştirme diyagramları yorumlanmıştır. Elde edilen bulgulara radye-zemin etkileşiminin hesaba katılmasıyla yapı davranışının mekanik olarak daha esnek bir hale geldiği ve bu durumda radye temelde çatlak gelişimine yol açan deformasyonların daha fazla oluştuğu görülmüştür. Ayrıca temel sisteminin daha rijit olması durumunda radye-zemin etkileşim etkilerinin azaldığı görülmüştür.

Esnek zemin ortamının yapısal tasarım ve analizdeki önemini vurgulamak için Malviya and Garg (2017) sekiz katlı betonarme bir yapıyı Staad Pro sonlu eleman yazılımı kullanarak incelemiştir. Araştırma kapsamında zemin esnekliğinin hesaba katılmasıyla oluşan yapı elemanlarındaki iç kuvvetler, tabandaki farklı ve azami

oturmalar sabit taban varsayımı ile yapılan analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler neticesinde esnek zemin ortamının, kolonlar ve kirişler için farklı kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşturduğu görülmüştür. İç kuvvetlerde oluşan bu yeniden dağılım sonucunda yapı için gerekli olan donatı miktarında %7 oranında azalma meydana gelmiştir. Yapılan çalışma sonucunda esnek taban kabulü ile yapılan analizlerin daha doğru ve ekonomik olduğu tespit edilmiştir.

Yapı-zemin etkileşiminin yapısal performansa etkilerinin incelendiği bir diğer çalışma Markou et al. (2018) tarafından yapılmıştır. Çalışma kapsamında 6 katlı betonarme yapı elastik zemin etkileri dikkate alınarak modellenmiş ve elde edilen sonuçlar sabit tabanlı eşdeğer bir modelin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Elde edilen statik itme analizleri sonucunda yapı-zemin etkileşiminin yapısal rijitliği %52, yapı tabanında oluşan kesme kuvvetini ise %30 oranında azalttığı görülmüştür.

2.2. Radye Temel Tasarımında Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılmasına İlişkin Çalışmalar

Sutradhar (1999) yapmış olduğu çalışmada radye tasarımında kullanılan tek parametrelili Winkler modeli ve iki parametrelili sonlu eleman yöntemlerinin etkinliğini araştırmıştır. Çalışmada ayrıca sonlu eleman yöntemleri ile geleneksel rijit ve esnek temel varsayımları karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemelerde iki parametrelili sonlu eleman modellerinde, radye temelde oluşan deformasyonlar ve eğilme momenti değerlerinin tek parametrelili modellere kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Farklı çözüm yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise elastik temel kabulünün diğer tasarım yöntemlerine kıyasla daha muhafazakâr olduğu görülmüştür. Öte yandan geleneksel rijit yöntemin diğer çözüm yöntemlerinden çok farklı sonuçlar verdiği görülmüş ve radye tasarımında kullanılmasının uygun olmayacağı belirtilmiştir.

El Arabi and Gendy (2001) yapmış olduğu çalışmada ideal radye tasarımı için farklı çözüm yöntemlerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmada Winkler ve katmanlı yarı sonsuz sonlu eleman modelleri ile tabanda doğrusal temas basıncı olduğunu varsayan geleneksel rijit varsayım modeli dikkate alınmıştır. Yapılan parametrik çalışmalar sonucunda, tüm koşullarda temel derinliğinin artması ile sistemde oluşan yer

değiştirmelerin ve açısıl sapmaların azaldığı görölmüştür. Ancak temel derinliğindeki gereksiz artışların radyede ilave eğilme momentleri oluşturacağı, böylelikle ekonomik tasarımdan uzaklaşılacağı belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca geleneksel yöntemin gerçekçi sonuçlar vermediği için farklı çözümlerle doğrulanması gerektiği önerilmiştir.

Eke (2004) yapmış olduğu çalışmada radye temel tasarımında elastik zemin özelliklerinin ve temel altındaki tabaka kalınlığı parametrelerinin etkilerini araştırmıştır. Söz konusu çalışmada zemin ortamı yatak katsayısı ile temsil edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgularda zemin tabaka kalınlığı, kayma modülü, poisson oranı gibi parametrelerin radye temel üzerinde doğrudan etkili olduğu ancak en etkin parametrenin elastisite modülü olduğu görölmüştür. Çalışmada ayrıca zemin cinsine bağılı olarak belirlenen yatak katsayısı kullanımında sağlıklı sonuçların elde edilmediği, bu yüzden yatak katsayısı değerinin zemin araştırmalarıyla bulunması gerektiği vurgulanmıştır.

Alshofara (2008) yapmış olduğu çalışmada radye temel tasarımı için önerilen geleneksel rijit yöntem, modifiye edilmiş rijit yöntem ve sonlu elemanlar yöntemlerinin temelde oluşan iç kuvvetler üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma kapsamında geleneksel rijit yöntem kullanılarak oluşturulan moment diyagramlarının denge denklemlerini sağlamadığı ve uç noktalarda momentin sıfıra ulaşmadığı görölmüştür. Modifiye rijit yöntemlerde ve sonlu eleman çözümlerinde ise bu problemin önüne geçilmiş ve iç kuvvet diyagramlarında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca modifiye yöntem ile elde edilen moment değerlerinin sonlu eleman yöntemine kıyasla %20 daha fazla olduğu görölmüştür. Çalışma neticesinde radye temeller için en ideal çözüm yönteminin sayısal çözümler olduğu belirtilmiştir.

Efendioğlu (2008) yapmış olduğu çalışmada radye temellerin hesap ve tasarımında kullanılan yöntemlerin etkinliğini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmada iki farklı radye temelin yapısal çözümleri rijit varsayım ve sayısal analiz yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan mukayeselerde sayısal çözümlerinin radye temelde oluşan eğilme momenti ve kesme kuvveti değeri açısından daha muhafazakâr sonuçlar verdiğı görölmüştür. Ayrıca temelde oluşan deformasyon ve taban basıncı dağılımları değerlendirildiğinde, rijit varsayım ile elde edilen sonuçların sayısal çözümlerden uzaklaştığı görölmüştür. Çalışma neticesinde radye temellerin

hesap ve tasarımı daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi için sayısal yöntemlerin kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Shihida et al. (2012) yapmış oldukları çalışmada geleneksel rijit taban varsayımı kullanılarak elde edilen iç kuvvet diyagramlarındaki uyumsuzluğu gidermek amacıyla alternatif çözüm yöntemleri önermiştir. Önerilen ilk yöntemde, tüm radye temel için değerlendirilen doğrusal taban basıncı dağılımı ihmal edilerek her bir kolon şeridi için taban basınç dağılımı, yalnızca şeritte bulunan kolon yükleri ile oluşturulmuştur. Önerilen bir diğer yöntemde ise geleneksel yöntem ile elde edilen taban basıncına bağlı kalınarak, şerit üzerindeki kolon yükleri için düzeltme katsayıları kullanılmıştır. Önerilen üçüncü yöntemde ise şerit üzerindeki kolon yüklerinin bileşkesi ile taban basınç kuvveti merkezi çakışacak şekilde ilgili şeritteki yükler katsayılar ile düzenlenmiştir. Çalışmada sunulan tüm çözüm yöntemlerinde, elde edilen yeni taban basıncı ve kolon yükleri ile oluşturulan iç kuvvet diyagramlarında geleneksel yaklaşımda karşılaşılan problemin önüne geçildiği görülmüştür. Çalışmada ayrıca önerilen yöntemlerin tutarlılığını incelemek için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlerde en fazla %15 sapma meydana geldiği görülmüştür. Çalışma neticesinde sunulan yöntemlerin geleneksel rijit varsayıma alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tez çalışmasının bu bölümünde radye-zemin etkileşiminin betonarme plak radye temel tasarımına ve zemin davranışına etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar hakkında bilgiler sunulmuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan sonlu elemanlar modelinden de bahsedilerek, gerçekçi etkileşim davranışını yansıtabilecek en uygun sonlu eleman modelinin oluşturulması için yapılan çalışmalara değinilmiştir.

3.1. Yapı-Zemin Etkileşimi

Yapısal tasarım ve analiz süreçlerinde genellikle yapıların zemine temelden rijit bağlı olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım, zemin ortamının çok rijit olduğu durumlar için daha güvenilir ve gerçekçi olmaktadır. Ancak zayıf ve düşük dayanımlı zeminler için bu durum yanıltıcı sonuçlara yol açabilmektedir. Zayıf zeminler üzerinde bulunan yapıların rijitlikleri ve dinamik özellikleri zemin etkileri dikkate alındığında değişmektedir (Ada 2020). Bu değişimlerin ve gerçek davranışın hesaba katılması için zemin ortamının yapısal sistemin bir parçası olarak üst yapı ve temel ile birlikte analiz edilmesi gerekmektedir. Öte yandan etkileşimin üst yapı üzerindeki etkilerinin yanı sıra zemin ortamı üzerinde de etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bu yüzden yapı-zemin etkileşimi, etkileşen sistemin müşterek davranışı olarak değerlendirilmelidir.

Yapı-zemin etkileşiminin yapısal sistemi olumlu mu ya da olumsuz mu etkileyeceğini öngörmek neredeyse imkânsızdır. Esnek zemin ortamı, temelde oluşan deformasyonları arttırabileceği gibi sistemi daha esnek hale getirerek tabanda daha üniform basınç dağılımları oluşturmaktadır. Yapısal çözümlemelerde, söz konusu etkilerin ihmal edilmesi, sisteme etkiyen yüklerin rijit taban varsayımından farklı elde edilmesine yol açmaktadır (Ada 2020). Ayrıca bu etkileşimin sistem üzerindeki etkileri zeminin daha esnek olduğu durumlarda artmaktadır (Wolf 1985).

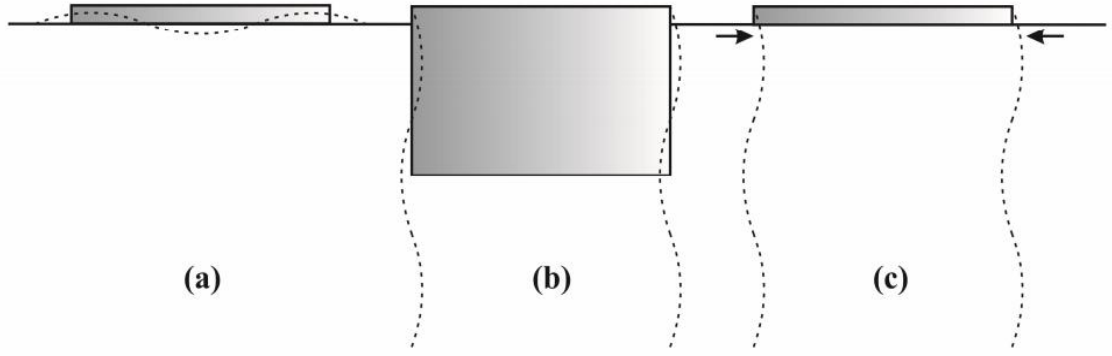
Temel ve zemin arasında oluşan bu etkileşim aynı anda iki ana fiziksel olguyu birleştirmektedir (Steward et al. 1998). İlki yapıya iletilen serbest yer hareketinin yapı varlığı ile etkilenmesi olarak açıklanan kinematik etkileşim, diğeri ise yapısal davranışın esnek zemin varlığından etkilenmesi olarak ifade edilen ataletsel etkileşimdir. Bir başka

deyişle ataletsel etkileşim yapı kütlelerinin bir sonucu iken kinematik etkileşim yapı rijitliğinin bir sonucudur (Derdiman 2013).

3.1.1. Kinematik etkileşim

Kinematik etkileşim, zemin ortamında yayılan titreşimlerin zemin içerisinde bulunan çok rijit bir yapı(temel) ile karşılaştığında yüzeye doğru hareket eden kırılma ve yansıma olaylarının yapı davranışındaki etkileri ile ifade edilmektedir (Steward et al. 1998). Kinematik etkileşim etkisi zemin ortamı ve rijit temelin serbest alan hareketi altında aynı şekilde hareket edememesinden kaynaklanır. Kinematik etkileşimi etkileyen faktörler temel rijitliği, temel derinliği ve yayılan dalgaların yansımasıdır. Özellikle büyük temel boyutları ve temel derinliğinin fazla olması bu etkileşimi etkileyen önemli parametrelerdir.

Temel, içerisinde bulunduğu zeminden daha rijit olduğu için kütsüz olsa bile yatay ve düşey yönde gelen alan hareketlerine uyum göstermemekte ve tutarsız bir hareketin gelişmesine neden olmaktadır. Şekil 3.1’de gösterildiği gibi rijit temel, yer hareketinin gerçek bileşeninden farklı olarak oturum alanı içerisinde ortalama bir hareket oluşturmaktadır. Şekil 3.1a sığ bir temelin sahip olduğu eğilme rijitliğinden dolayı düşey yönde yer hareketini engellemesini, Şekil 3.1b derin bir temelin sahip olduğu rijitlikten dolayı düşey yönde yer hareketini etkilemesini, Şekil 3.1c ise sığ bir temelin sahip olduğu eksenel rijitliğin temel altında oluşan düzensiz deformasyonların engellenmesini göstermektedir. Kinematik etkileşim ayrıca temelde dönme hareketine neden olurken (Datta 2010) yapısal titreşim periyotlarında da değişimlere neden olabilmektedir (Kramer 2003).



Şekil 3.1. Yer değiştirme ortalamasından kaynaklanan kinematik etkileşim. (Moghaddasi 2012).

3.1.2. Ataletsel etkileşim

Sadece yapının esnekliğinin dikkate alındığı kurgusal rijit bağlantılı durumda oluşan yapı tepkileri ile hem zeminin hem de yapının esnekliğinin dikkate alındığı esnek durumda yapıda oluşan tepkiler arasındaki fark, ataletsel etkileşimin varlığıyla meydana gelmektedir (Gülkan and Clough 2012). Yapının sahip olduğu atalet kuvveti, temel seviyesinde kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşturur böylece temel ile zemin arasında göreceli dönme ve yer değiştirmelere yol açar. Ataletsel etkileşim ayrıca yapının modal özellikleri üzerinde de değişikliklere neden olmaktadır. Ataletsel etkileşimin sonucunda, zemin esnekliğinin artmasıyla yapı periyodu ve temel sönümü faktörlerinde önemli artışlar meydana gelmektedir (Steward et al. 1998).

3.2. Radye Temel Analiz Yöntemleri

Günümüzde kullanımı yaygınlaşan radye temellerin boyutlandırma ve analizleri için kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Genel olarak radye temellerin çözüm yöntemleri statik, teorik ve sayısal yöntemler olmak üzere üç ana başlıkta sınıflandırılmaktadır. Statik denge yöntemlerindeki genel prensip temel altında oluşan temas basıncı ile uygulanan yükler arasındaki dengenin sağlanmasıdır. Bu tip çözümlemelerde taban basıncı dağılımının doğrusal olduğu ve yükleme noktası altında bu dağılımın üniform olduğu kabul edilmektedir. Bu yöntemlerde taban basınçları ile temelde oluşan deformasyonlar arasında bir ilişki aranmamaktadır. Bu nedenle bu tür yöntemlerin kullanımı yalnızca kesit tesirlerinin elde edilmesi için uygun görülmektedir.

Yayıllı temellerin çözüm yöntemleri arasında çalışma prensibi taban basıncı ile oturma ilişkisine dayanan, temelin elastik yaylar üzerine oturduğu farklı çözüm yöntemleri de literatürde bulunmaktadır. Genel olarak Winkler yöntemi olarak da bilinen bu yöntemde temelin herhangi bir noktası altındaki taban basıncı, o noktada oluşan deformasyon ile orantılıdır. Söz konusu oran yatak katsayısı olarak ifade edilir ve birim alanda oluşan basıncın deformasyona bölümü ile elde edilmektedir.

Sonlu farklar ve sonlu elemanların kullanıldığı sayısal analiz yöntemleri ile temel tasarımında zemin etkilerinin de dikkate alındığı karmaşık sistemlerin çözülmesi mümkün olmaktadır. Bu çözümleme yöntemlerinde zemin ortamı, Winkler hipotezine dayanan yöntemler ve zemini sürekli ortam olarak kabul eden yöntemler ile temsil edilmektedir. Zeminin sürekli ortam olarak temsil edildiği yaklaşımlardan ilki elastisite teorisine dayanan malzemenin elastik modül ve poisson oranı parametrelerinin kullanıldığı elastik yarı sonsuz uzay olarak adlandırılan yöntemdir. Bir diğeri ise zeminin kayma direnci parametrelerinin de kullanıldığı plastisiteyi dikkate alan çözüm yöntemidir. Bu yöntemlerde elle çözümleme mümkün olmayıp yalnızca sonlu elemanlar yöntemi gibi sayısal analizlerle sonuca varılmaktadır (Önalp ve Sert 2016).

Özetle radye temellerin hesap ve tasarım yöntemlerine betonarme plağın rijit ve rijit olamayan davranış sergilediğini kabul ederek iki farklı şekilde yaklaşmak söz konusudur. Rijit yöntem, temel tasarımında kullanılan basit bir yaklaşım olarak kullanılsa da otoriteler tarafından bu yöntemin radye temel tasarımı için uygun olmadığı belirtilmektedir (Coduto 2011).

3.2.1. Rijit yöntemler

Radye temellerin yapısal tasarımında kullanılan en basit yaklaşım, literatürde genellikle geleneksel yöntem veya geleneksel statik denge yöntemi olarak bilinen rijit taban varsayımıdır (Teng 1962). Bu çözüm yönteminde radye temelin, altında bulunan zemine kıyasla çok rijit olduğu kabul edilmektedir ve temel altında oluşan taban basıncının büyüklüğü ve dağılımı sadece uygulanan yük ve temel ağırlığı ile değişmektedir. Temel tabanında oluşan bu basit dağılım, temelde oluşan iç kuvvetleri ve oturmaların hesaplanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu tür çözümlemelerin çoğu yüzeysel

temeller için uygun görülse de genişliğinin kalınlığına oranı çok fazla olan radye temeller için bu yöntemin kullanılması uygun görülmemektedir (Coduto 2011).

Bir radye temelde kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanların altında daha fazla oturma meydana gelmektedir ve temas basıncı bu bölgelerde daha fazla olmaktadır. Temas basıncındaki bu göreceli dağılımı, zemin rijitliğinin fazla olduğu durumlarda daha net bir şekilde görülmektedir (Coduto 2011). Rijit taban varsayımında taban basıncında oluşan bu yeniden dağılım dikkate alınmadığı için radye temelde oluşan kesme kuvveti, eğilme momenti ve deformasyonların güvenilir hesaplamalarını vermemektedir.

3.2.2. Rijit olmayan yöntemler

Radye temellerin analizinde kullanılan rijit olmayan yöntemlerde, taban basınç dağılımlarının temeldeki deformasyonlara etkileri dikkate alınmaktadır. Rijit varsayımına kıyasla bu çözümlemelerde daha gerçekçi sonuçların elde edildiği bilinmektedir (Önalp ve Sert 2016). Ancak bu çözümlemelerde yapı-zemin etkileşim etkilerinin belirlenmesi oldukça güçtür.

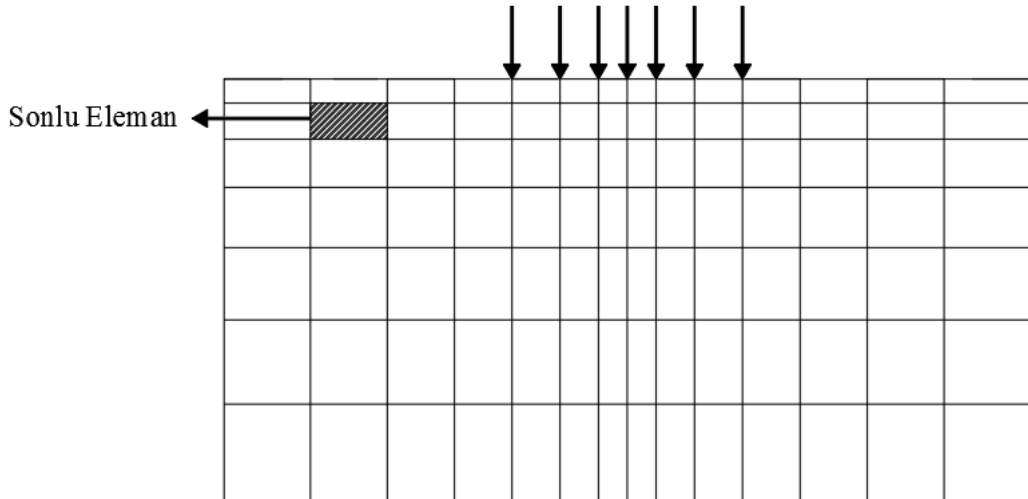
Bu alanda yapılan öncü çalışma Winkler (1867) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada temel altındaki zemin birbirinden bağımsız elastik yaylar ile temsil edilmiş, böylelikle taban basıncı ile yer değiştirmeler arasında bir ilişki sağlanmaya çalışılmıştır. Literatürde bu ilişki yatak katsayısı olarak isimlendirilmektedir. Sonraki çalışmalarda tek parametrelili Winkler modeli geliştirilerek yaylar arasında etkileşimin olduğu yarı bağlantılı yöntemler, zemindeki kayma şekil değiştirmelerinin dikkate alındığı iki parametrelili yöntemler (Filonenko-Borodich 1940; Heteyni 1946; Pasternak 1954; Nogami and Lam 1987) ve zemin elastik özelliklerinden faydalanılarak hesaplanan üç parametrelili yöntemler (Vlasov 1966) kullanılmıştır.

Yukarıda bahsedilen yöntemlerin tamamı, yapısal çözümü basitleştirmek amacıyla üç boyutlu zemin ortamının tek boyutlu yaylar kullanılarak idealleştirilmesine yöneliktir. Bu yöntemlerin yanı sıra teknolojik gelişmelerle birlikte temel tasarımında sayısal analiz yöntemlerinin kullanılması yaygınlaşmıştır. Söz konusu yöntemler ile rijit varsayım veya basitleştirilmiş yay modellerinde dikkate alınmayan temel-zemin

etkileşimi ve doğrusal olmayan malzeme davranışı, üç boyutlu matematiksel modellemelerin kullanıldığı sonlu farklar veya sonlu elemanlar yöntemleriyle mümkün olmaktadır. Bu çözüm yönteminde temel ve zemin ortamı, her biri sahip olduğu mühendislik özellikleri ile tanımlanan ve belirli bir düzende bitişik küçük elemanlar ağından oluşmaktadır. Sonlu eleman yönteminde; zemin özellikleri, zeminin matematiksel modeli, sistemin başlangıç ve sınır şartları, yükleme şekli, sonlu elemanların şekli ve boyutları elde edilen sonuçların doğruluğunu doğrudan etkilemektedir (Önalp ve Sert 2016).

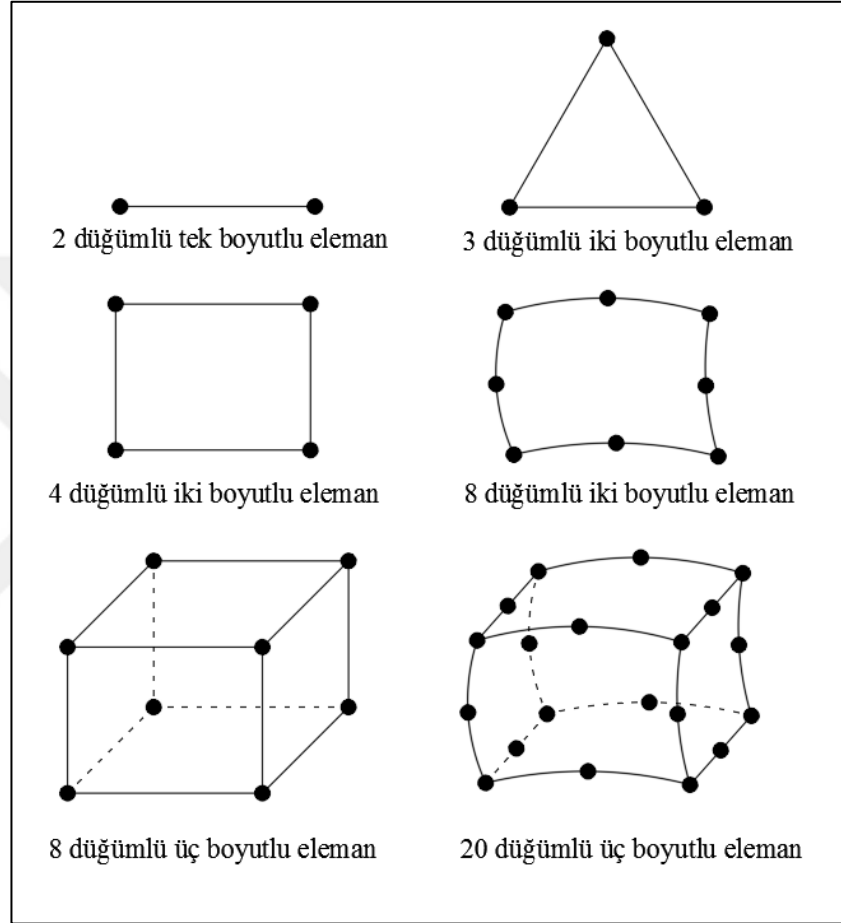
3.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi, mühendislik uygulamalarında karşılaşılan elle hesaplanması oldukça güç problemlerin daha basit alt problemlere bölünerek her bir problemin kendi içerisinde çözülmesiyle yaklaşık bir çözümün elde edilmesini sağlayan bir sayısal yöntemdir. Bu yöntem temelde fiziksel bir olgunun matematiksel olarak ifade edilmesine dayanır (Yalçın 2010). Sonlu elemanlar yönteminde sistemin karmaşık geometrisi daha basit geometriye sahip alt elemanlara ayrılır ve ayrılan her bir eleman sahip olduğu düğüm noktaları ile komşu elemanlara bağlanmaktadır (Şekil 3.2). Sonlu elemanların geometrisi bu düğüm noktalarının koordinatlarıyla belirlenmektedir.



Şekil 3.2. Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması

Tek boyutlu bir sistemi oluşturan sonlu elemanların şekli doğrusal olmaktadır. İki boyutlu problemlerde genellikle üçgen veya dikdörtgen elemanlar kullanılırken üç boyutlu sistemlerde ise yaygın olarak üçgen piramit elemanlar kullanılmakla beraber altı yüzlü elemanlar da tercih edilmektedir. Farklı geometriye sahip elemanlarda farklı sayıda düğüm noktası bulunmaktadır. Bununla birlikte aynı geometriye sahip daha fazla düğüm içeren elemanlar da mevcuttur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Farklı geometriye sahip sonlu elemanlar ve düğüm noktaları

Sonlu elemanlarda kullanılacak düğüm sayısı istenilen çözümün kesinlik derecesine bağlı olarak belirlenmektedir. Elemanların sahip olduğu her bir düğüm noktasında belirli bir serbestlik derecesi mevcuttur ve bu serbestlikler sistemin çözümüyle elde edilecek bilinmeyenleri temsil etmektedir. Problemin çözümü için asal bir değişken tayin edilerek bu değişkenin tek bir eleman için davranışı modellenir ve matris yöntemiyle tüm sistemdeki bilinmeyenler hesaplanır. Her bir elemana etki eden asal değişkenler ile ikincil değişkenler (gerilme, yer değiştirme vs.) arasındaki ilişki eleman rijitlik matrisi ile ifade edilmektedir. Oluşturulan eleman rijitlik matrislerinin

toplanmasıyla sistemin bütünü için rijitlik matrisi elde edilmektedir. Sistem rijitlik matrisinin boyutu, sistemi oluşturan düğüm sayısına ve her bir düğümdeki serbestlik derecesine bağlı olarak belirlenmektedir. Her bir eleman için oluşturulan rijitlik matrisleri, eleman üzerindeki düğüm numarasına bağlı olarak sistem rijitlik matrisi üzerinde ilgili satır ve sütuna yerleştirilmektedir. Birden fazla elemanın müşterek kullandığı düğümlerdeki katsayılar sistem rijitlik matrisinin ilgili satır ve sütununda üst üste toplanmaktadır.

Sonlu eleman yöntemi üç temel adımdan oluşmaktadır. İlk adım model geometrisi, malzeme sabitleri, malzeme davranışı, yapısal elemanların ve yüklerin tanımlandığı ön süreç olarak adlandırılan adımdır. Hesap aşaması olarak adlandırılan ikinci adımda ise sistemde sonlu eleman ağı, başlangıç ve sınır şartlar oluşturulur ve her bir eleman için rijitlik matrisi ve düğüm noktalarındaki bilinmeyenlerin toplanmasıyla sistem rijitlik matrisi hesaplanmaktadır. Son adım ise çözümlenen denklemlerden elde edilen asal ve ikincil değişkenlerin sistem üzerindeki davranışının görüldüğü süreç sonrası adımdır.

3.4. ANSYS Sonlu Elemanlar Programı

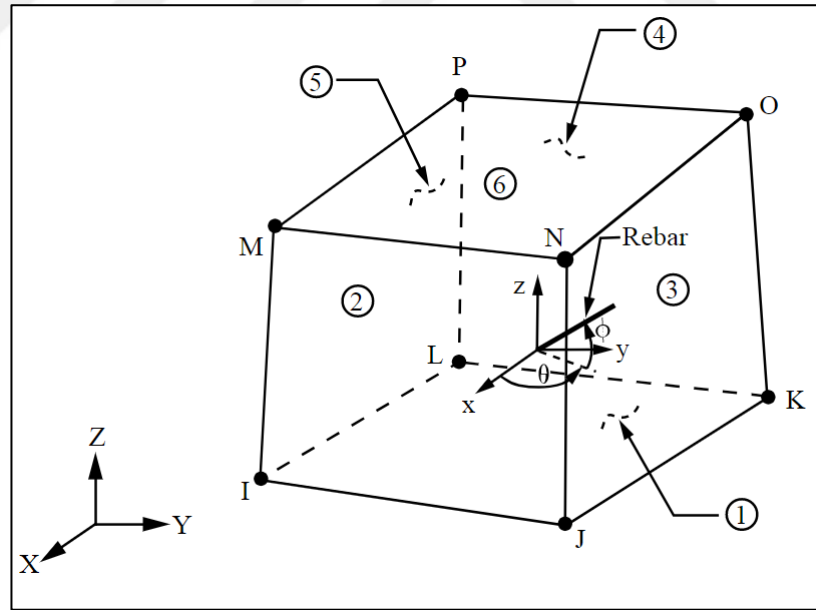
Bu çalışmada betonarme radye temel ile temeli çevreleyen zeminin etkileşimi ANSYS sonlu elemanlar programı aracılığıyla incelenmiştir. ANSYS sonlu eleman programı; mühendislik yapılarının statik, dinamik, doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesi için kullanılan genel bir mühendislik programıdır. Program bünyesinde farklı uygulamalarda kullanılabilecek çubuk, alan, hacim, arayüz, sıvı, yay, kütle vb. birçok eleman tipi bulunmaktadır. Uygulamada kullanılacak uygun elemanın seçimi söz konusu probleme, yapısal davranışa, analiz türüne ve analizlerden elde edilecek sonuçların özelliğine bağlıdır.

3.4.1. SOLID65 üç boyutlu katı eleman

Çalışmada radye temel ve zemin ortamı ANSYS bünyesinde bulunan üç boyutlu katı eleman SOLID65 ile oluşturulmuştur. SOLID65 elemanı, her düğümünde üç serbestlik derecesi bulunan sekiz düğümden oluşur ve bu eleman gerilme altında çatlama,

ezilme ve plastik deformasyon gösterebilmektedir. SOLID65 elemanın en önemli özelliği, malzemenin doğrusal davranışın yanı sıra doğrusal olmayan davranışı da gösterebilmesidir (ANSYS 2015). Elemanın herhangi bir entegrasyon noktasında çatlak meydana gelmesi halinde, çatlama davranışı malzeme özelliklerinin belirlenmesiyle modellenmektedir (ANSYS 2015).

SOLID65, bünyesinde bir rijitlik matrisine sahip malzeme (örn. Beton) ve üç bağımsız takviye malzemesi bulundurabilen bir elemandır. Takviye malzemelerin tek eksenli rijitliğe sahip olduğu ve eleman boyunca yayıldığı varsayılmaktadır. Takviye malzemeler üç farklı yönde tanımlanabilmekte ve yönlendirilmesi kullanıcı tarafından belirlenen açılarla gerçekleştirilmektedir. Bu takviye malzemeler (örn. beton içerisindeki donatı) eksenel çekme ve basınç kuvveti taşıyabilmektedir ancak kesme kuvveti taşıyamamaktadır. Bunun yanı sıra plastik deformasyon ve sünme davranışı gösterebilmektedir (ANSYS 2015). SOLID65 elemanının geometrisi, düğüm noktaları ve koordinat sistemi Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



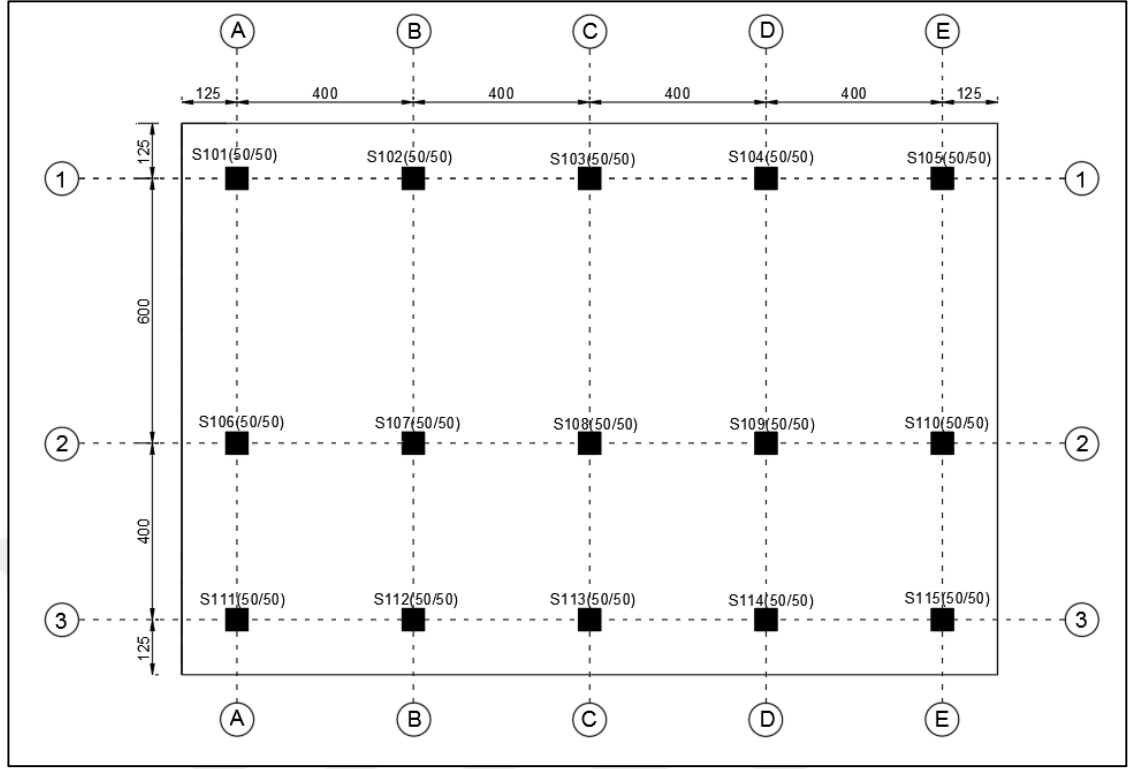
Şekil 3.4. SOLID65 geometrisi (ANSYS 2015)

SOLID65 elemanına takviye malzeme özelliklerinin kazandırılması program bünyesindeki komutlar ile gerçekleşmektedir. *Real Constants* (RC) olarak girilen takviye malzeme özellikleri, malzeme numarası (MAT), malzemenin hacimsel oranını (VR) ve yönelim açılarını (THETA ve PHI) içermektedir (ANSYS 2015).

Hacimsel oran (VR), takviye malzeme (donatı) hacminin toplam eleman hacmine oranı olarak tanımlanmaktadır. Takviye malzemenin olmadığı elemanlarda takviye malzeme numarası sıfır veya eleman malzeme numarasına eşit bir değer almaktadır. Takviye malzemenin yönlendirilmesi ise eleman koordinat sistemindeki iki açı (θ ve ϕ) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bir diğer önemli malzeme özelliği olan kayma transfer katsayısı ise çatlak yüzeyi boyunca kaymayı tetikleyen müteakip yükler için bir kesme mukavemeti azaltma katsayısıdır (Chansawat 2003). Bu katsayı 0 ile 1 arasında değişmekte olup 0 olması durumunda (kesme transferinin tamamının kaybolması) pürüzsüz bir çatlak ve 1 olması durumunda (kesme transferinde kaybın olmadığı) pürüzlü bir çatlak temsil eder. Literatürde bulunan birçok çalışmada açık çatlaklar için kesme aktarım katsayısının 0,05 ile 0,5 arasında değerler aldığı görülmüştür (Isenburg 1993). Seçilen bu katsayının ciddi etkileri görülmese de sayısal çözümlemede oluşacak zorlukları önlemek için katsayının 0'dan büyük seçilmesi gerekmektedir (Isenburg 1993). Bu çalışmada çatlak yüzeylerinin temas halinde olmadığı açık çatlaklar için 0,1, çatlak yüzeylerinin temas halinde olduğu kapalı çatlaklar için 0,8 kayma transfer katsayısı kullanılmıştır. Sonlu eleman analizlerinde kullanılacak beton ve zeminin matematiksel modelleri ise sırasıyla EK-1 ve EK-2'de sunulmuştur.

3.5. Kullanılan Modelin Temel Özelliklerinin Belirlenmesi

Türkiye'deki mevcut yapı stoğuna göre 100 m² kat alanına düşen ortalama kolon sayısı 11,7 ve zemin kat kolon kesit alanının kat alanına oranı ortalama %1,8'dir (İnel vd 2009). Bu istatistikler göz önünde bulundurulduğunda; üst yapı yükünü radye temele aktaran taşıyıcı sistem modelde kenar uzunlukları 50 cm olan 15 adet kare kolon ile temsil edilmiştir. Temelin kısa kenar uzunluğu 12,5 m ve uzun kenar uzunluğu 18,5 m olarak belirlenmiş olup her kenarda kolon dış yüzeyinden itibaren 100 cm genişlikte ampatman kullanılmıştır. Bu durumda kolon kesit alanının kat alanına oranı %1,6 elde edilmiş olup ortalama bir dağılım sağlanmıştır. Üst yapı yükü 5, 8 ve 15 katlı konut tipi yapıları temsil edecek şekilde belirlenmiş olup tasarım yükü yapı ölü yükünün %40, hareketli yükün ise %60 arttırılmasıyla elde edilmiştir. Çalışmada farklı aks açıklıklarının etkilerinin de incelenmesi için kısa doğrultuda iki farklı aks açıklığı kullanılmış olup uzun doğrultuda kolonlar eşit açıklıklarla yerleştirilmiştir. Söz konusu radye temelin planı ve kolon yerleşimi Şekil 3.5'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Radye temel planı ve kolon yerleşimleri

Radye temel rijitliğinin de zeminde oluşan oturma ve gerilme dağılımını etkilediği ve dolayısıyla üst yapıda ve temelde oluşan iç kuvvetlerin de etkileneceği kabul edilmektedir (Tanaydın 2008). Temelin zemine göre çok rijit olduğu durumlarda farklı oturumların görülmediği üniform bir dağılım oluşmakta iken temel esnekliğinin artması ile bu üniform dağılım taban basıncı için oluşmaktadır (Hsai-Yang Fang 1990). Bu bağlamda temel rijitliğinin ve zımbalama tahkikine bağlı olarak belirlenen kritik radye plağı kalınlığının etkileşim açısından etkilerinin de incelenmesi için çalışma kapsamında üç farklı plak kalınlığı kullanılmıştır. 5 ve 8 katlı yapının idealleştirildiği modellerde 40, 60 ve 80 cm; 15 katlı yapının idealleştirildiği modellerde ise 60, 80 ve 100 cm plak kalınlığı kullanılmıştır.

3.5.1. Zemin özelliklerinin belirlenmesi

Radye-zemin etkileşim analizlerinde, temelin altında ve çevresinde yarı sonsuz elastik bir ortam olarak tanımlanan zemin, tüm sistemi etkileyen önemli bir faktördür. Bu yüzden zemin ortamının doğrusal ve doğrusal olmayan özelliklerinin belirlenmesi uygun bir etkileşim analizi gerçekleştirebilmek için önemlidir. Çalışma kapsamında temeli destekleyen zemin ortamının özellikleri; zayıf, orta sert ve sert kil zeminleri temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Sayısal analizlerde kullanılan Drucker-Prager malzeme modelinde, kohezyonlu zeminin doğrusal ve doğrusal olmayan davranışının temsili; kohezyon(c), içsel sürtünme açısı(ϕ), dilatasyon(λ) açısı(ψ), elastik modül(E_s) ve poisson oranı(ν) parametreleri ile yapılmaktadır. Zemin sertliğine bağlı olarak elastik modül için önerilen değerler Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Farklı sertlikteki kohezyonlu zeminler için tipik elastik modül değerleri

Referans	Farklı Rijitlikte Zeminler İçin Elastik Modül Değeri (MPa)		
	Zayıf	Orta Sert	Sert
AASHTO (2005)	2,4-15	15-50	50-100
Braja M. Das (2007)	4-20	20-40	40-100
Sujatha (2010)	5-22	22-54	54-108
Bowles (1997)	2-25	15-50	50-100

Poisson oranı ise literatürdeki çalışmalarda kullanılan değerlere bağlı alınarak belirlenmiştir (Kezdi 1974; Bowles 1988; Prat 1995; Brinkgreve 2005). Çalışmada kullanılan kohezyonlu zeminlerin içsel sürtünme açısının sıfır olacağı ve dolayısıyla drenajsız kayma dayanımının zeminin drenajsız mukavemetine eşit olduğu varsayılmıştır. Zemin kayma mukavemetinin başka bir ifade ile zemin drenajsız mukavemetinin farklı zemin türleri için önerilen değerleri Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Farklı sertlikteki kohezyonlu zeminler için tipik drenajsız kayma modülü değerleri.

	Farklı Rijitlikte Zeminler İçin Drenajsız Kayma Dayanımı Değeri (kPa)		
Referans	Zayıf	Orta Sert	Sert
TBDY (2018)	<70	70-250	>250
Terzaghi and Peck (1996)	<50	50-200	>200
BS5930 (2015)	20-40	40-150	150-300
Braja M. Das (2007)	<25	25-200	>200

Drucker-Prager malzeme modelinde kullanılan bir diğer parametre dilatasyon(aşma) açısı(ψ) ise plastik hacim değişikliğini ifade etmektedir. Literatürde dilatasyon açısı değeri içsel sürtünme açısının bir fonksiyonu olarak verilmektedir ve yaklaşık değerinin içsel sürtünme açısından 30 derece küçük olduğu belirtilmektedir (Brinkgreve 2005). Çalışmada kullanılan modellerde kohezyonlu bir zemin ortamı kullanıldığı için bu parametrenin analizler üzerinde herhangi bir etkisi yoktur.

Yukarıda belirlenen tipik zemin sertliklerine bağlı dayanım ve rijitlik parametreleri göz önünde bulundurularak çalışmada kullanılacak zemin özellikleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışma kapsamında kullanılacak zemin özellikleri

Parametre	Zayıf	Orta Sert	Sert
E_u (MPa)	15	30	60
C_u (kPa)	50	100	200
ν	0,25	0,25	0,25
ϕ (°)	0,1	0,1	0,1
ψ (°)	0	0	0

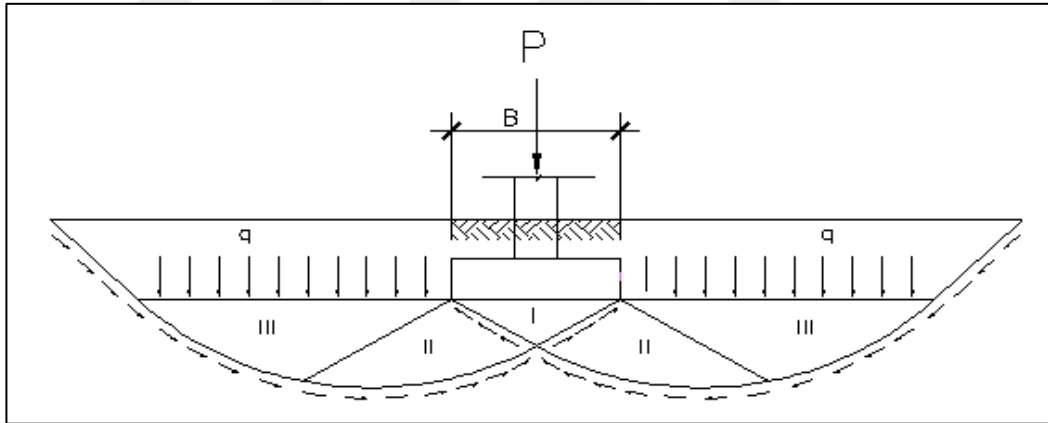
3.6. Zemin Taşıma Gücünün Belirlenmesi

Radye temeller esas olarak zayıf zeminler üzerine yapıldıklarından, öncelikle taşıma gücü açısından bir sorun teşkil etmemelidir (Önalp-Sert 2016). Bu ölçüt göz önünde bulundurulduğunda çalışmada kullanılan farklı zemin sınıfları için yaklaşık taşıma gücünün belirlenmesi gerekmektedir. Zeminlerin taşıma gücünün belirlenmesi

konusunda ilk çalışma Prandtl (1920) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Terzaghi (1943), Meyerhof (1951, 1976), Hansen (1967, 1970) ve Vesic (1973) yaptıkları çalışmalarda taşıma gücünün belirlenmesi için formüller geliştirmişlerdir. Çalışmaların temeli, zemin içsel sürtünme açısının (ϕ) fonksiyonu olan N_γ , N_q ve N_c taşıma gücü faktörlerine dayanmaktadır.

3.6.1. Terzaghi taşıma gücü teorisi (1943)

Taşıma gücünün hesaplanmasında kullanılan sınır denge denklemlerinden en temel olanı Terzaghi (1943) tarafından önerilmiştir. Terzaghi (1943) Prandtl'ın yaptığı taşıma kapasitesi çalışmalarına şekil faktörleri ilave ederek yüzeysel şerit temellerin taşıma gücü teorisini geliştirmiştir. Terzaghi taşıma kapasitesi, üst yapı yüklerinden (P) kaynaklanan temel altındaki üç bölgenin kenarlarında oluşan kayma gerilmelerine ve temel tabanındaki tepki basıncına (q) dayanmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Terzaghi taşıma gücü teorisi (I: aktif bölge, II: geçiş bölgesi, III: pasif bölge)

Temel genişliğinin temel derinliğine eşit veya daha küçük olduğu ve genel göçme mekanizmasının geçerli olduğu durumlar için Terzaghi nihai taşıma gücü;

$$q_{nihai} = k_1 \cdot c \cdot N_c + \sigma_0' \cdot N_q + k_2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (3.1)$$

ifadesi ile verilmektedir.

Burada;

$q_{n\text{ihai}}$: Zeminin nihai taşıma gücü

k_1 ve k_2 : Temel şekline bağlı katsayılar (Çizelge 3.4)

c : Temel altındaki zeminin kohezyonu

γ : Temel altındaki zeminin birim hacim ağırlığı

σ_0' : Temel tabanındaki düşey efektif gerilme

B : Temel genişliği

D_f : Temel derinliği

N_γ , N_q ve N_c : Boyutsuz Terzaghi taşıma gücü faktörleridir. (Çizelge 3.5)

Çizelge 3.4. Temel şekil katsayıları (Terzaghi 1943)

Temel Şekli	Şerit $L=\infty$	Dikdörtgen $B<L$	Kare $B=L$	Daire $B=L=D$
k_1	1	$1+0,2 (B/L)$	1,2	1,2
k_2	0,5	$0,5-0,1(B/L)$	0,4	0,3

Çizelge 3.5. Terzaghi taşıma gücü faktörleri

N_c	N_q	N_γ
$(N_q-1)\cot\phi$	$\frac{e^{2(0,75\pi-\phi/2)\tan\phi}}{2\cos^2\left(45+\frac{\phi}{2}\right)}$	$\frac{\tan\phi}{2} \left[\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\gamma} - 1 \right]$

Burada, $K_{p\gamma}$ pasif toprak basıncı katsayısıdır.

$$K_{p\gamma} = 3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi+33}{2} \right) \quad (3.2)$$

Çizelge 3.6'da zemin içsel sürtünme açısına bağlı olarak hesaplanan Terzaghi taşıma gücü faktörleri verilmiştir.

Çizelge 3.6. İçsel sürtünme açısına bağlı hesaplanan Terzaghi faktörleri

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1	0	26	27,09	14,21	9,84
1	6	1,1	0,01	27	29,24	15,9	11,62
2	6,3	1,22	0,04	28	31,61	17,81	13,7
3	6,62	1,35	0,06	29	34,24	19,98	16,18
4	6,97	1,49	0,1	30	37,16	22,46	19,13
5	7,34	1,64	0,14	31	40,41	25,28	22,65
6	7,73	1,81	0,2	32	44,04	28,52	26,87
7	8,15	2	0,27	33	48,09	32,33	31,94
8	8,6	2,21	0,35	34	52,64	36,5	38,04
9	9,09	2,44	0,44	35	57,75	41,44	45,41
10	9,61	2,69	0,56	36	63,53	47,16	54,36
11	10,16	2,98	0,69	37	70,01	53,8	65,27
12	10,76	3,29	0,85	38	77,5	61,55	78,61
13	11,41	3,63	1,04	39	85,97	70,61	95,03
14	12,11	4,02	1,26	40	95,66	81,27	115,31
15	12,86	4,45	1,52	41	106,81	93,85	140,51
16	13,68	4,92	1,82	42	119,67	108,75	171,99
17	14,6	5,45	2,18	43	134,58	126,5	211,56
18	15,12	6,04	2,59	44	151,95	147,74	261,6
19	16,56	6,7	3,07	45	172,28	173,28	325,34
20	17,69	7,44	3,64	46	196,22	204,19	407,11
21	18,92	8,26	4,31	47	224,55	241,8	512,84
22	20,27	9,19	5,09	48	258,28	287,85	650,67
23	21,25	10,23	6	49	298,71	344,63	831,99
24	23,36	11,4	7,08	50	347,5	415,14	1072,8
25	25,13	12,72	8,34				

Yerel kayma kırılmasının olması durumunda Terzaghi, c ve ϕ 'nin uygun olarak azaltılması gerektiğini ve bu parametrelerin genel formülde azaltılmış şekilde kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Azaltılmış parametreler eşitlik (3.3) ve (3.4)'de verilmiştir.

$$c' = (2/3)c \quad (3.3)$$

$$\phi' = \tan^{-1}((2/3)\tan\phi) \quad (3.4)$$

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Elde edilen azaltılmış parametreler ile taşıma gücü faktörleri N_γ' , N_q' ve N_c' yeniden hesaplanmalıdır. Yerel kayma durumunda kullanılan azaltılmış Terzaghi taşıma gücü faktörleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Azaltılmış Terzaghi Taşıma Gücü Faktörleri

ϕ'	N_c'	N_q'	N_γ'	ϕ'	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1	0	26	15,53	6,05	2,59
1	5,9	1,07	0,005	27	16,3	6,54	2,88
2	6,1	1,14	0,02	28	17,13	7,07	3,29
3	6,3	1,22	0,04	29	18,03	7,66	3,76
4	6,51	1,3	0,055	30	18,99	8,31	4,39
5	6,74	1,39	0,074	31	20,03	9,03	4,83
6	6,97	1,49	0,1	32	21,16	9,82	5,51
7	7,22	1,59	0,128	33	22,39	10,69	6,32
8	7,47	1,7	0,16	34	23,72	11,67	7,22
9	7,74	1,82	0,2	35	25,18	12,75	8,35
10	8,02	1,94	0,24	36	26,77	13,97	9,41
11	8,32	2,08	0,3	37	28,51	15,32	10,9
12	8,63	2,22	0,35	38	30,43	16,85	12,75
13	8,96	2,38	0,42	39	32,53	18,56	14,71
14	9,31	2,55	0,48	40	34,87	20,5	17,22
15	9,67	2,73	0,57	41	37,45	22,7	19,75
16	10,06	2,92	0,67	42	40,33	25,21	22,5
17	10,47	3,13	0,76	43	43,54	28,06	26,25
18	10,9	3,36	0,88	44	47,13	31,34	30,4
19	11,36	3,61	1,03	45	51,17	35,11	36
20	11,85	3,88	1,12	46	55,73	39,48	41,7
21	12,37	4,17	1,35	47	50,91	44,45	49,3
22	12,92	4,448	1,55	48	66,8	50,46	59,25
23	13,51	4,82	1,74	49	73,55	57,41	71,45
24	14,14	5,2	1,97	50	81,31	65,6	85,75
25	14,8	5,6	2,25				

3.6.2. Meyerhof taşıma gücü eşitliği

Meyerhof (1951, 1963), Terzaghi tarafından önerilen taşıma gücü eşitliğine şekil faktörü, derinlik faktörü ve temele uygulanan yükün eğimli olması durumunu da göz önünde bulundurarak eğim faktörü ilave etmiştir.

Meyerhof taşıma gücü denklemi, yüklemenin düşey olması durumunda;

$$q_{nihar} = c.N_c.s_c.d_c + \sigma_0'.N_q.s_q.d_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.s_\gamma.d_\gamma \quad (3.5)$$

Yüklemenin eğik olduğu durumda;

$$q_{nihar} = c.N_c.s_c.d_c.i_c + \sigma_0'.N_q.s_q.d_q.i_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.s_\gamma.d_\gamma.i_\gamma \quad (3.6)$$

ifadesi ile verilmektedir.

Burada;

q_{nihar}	:Zeminin nihai taşıma gücü
c	:Temel altındaki zeminin kohezyonu
γ	:Temel altındaki zeminin birim hacim ağırlığı
σ_0'	:Temel tabanındaki düşey efektif gerilme
B	:Temel genişliği
D_f	:Temel derinliği
s_c, s_q ve s_γ	:Şekil faktörleri (Çizelge 3.8)
d_c, d_q ve d_γ	:Derinlik Faktörleri (Çizelge 3.8)
i_c, i_q, i_γ	:Eğim faktörleri (Çizelge 3.8)
N_γ, N_q ve N_c	:Boyutsuz Meyerhof taşıma gücü faktörleridir. (Çizelge 3.9)

Çizelge 3.8. Meyerhof (1963) şekil, derinlik ve eğim faktörleri

	Koşul	Faktör
Şekil	ϕ	$s_c = 1 + 0,2(B/L) \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$
	$\phi > 10^0$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0,1(B/L) \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$
	$\phi = 0$	$s_q = s_\gamma = 1$
Derinlik	ϕ	$d_c = 1 + 0,2(D_f/L) \sqrt{\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)}$
	$\phi > 10^0$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0,2(D_f/L) \sqrt{\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)}$
	$\phi = 0$	$d_q = d_\gamma = 1$
Eğim	ϕ	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha}{90} \right)^2$
	$\phi > 10^0$	$I_\gamma = 1$
	$\phi = 0$	$I_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha}{\phi} \right)^2$

Çizelge 3.9. Meyerhof taşıma gücü faktörleri

N_c	N_q	N_γ
$(N_q - 1) \cot \phi$	$e^{\pi \tan \phi} \tan^2 (45 + \phi/2)$	$(N_q - 1) \tan(1,4\phi)$

Çizelge 3.9’da verilen Meyerhof taşıma gücü faktörlerinin içsel sürtünme açısına bağlı olarak hesaplanan değerleri Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.10. İçsel sürtünme açısına bağlı hesaplanan Meyerhof faktörleri

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	1,00	5,14	0,00	26	11,85	22,25	8,00
1	1,09	5,38	0,00	27	13,20	23,94	9,46
2	1,20	5,63	0,01	28	14,72	25,80	11,19
3	1,31	5,90	0,02	29	16,44	27,86	13,24
4	1,43	6,19	0,04	30	18,40	30,14	15,67
5	1,57	6,49	0,07	31	20,63	32,67	18,56
6	1,72	6,81	0,11	32	23,18	35,49	22,02
7	1,88	7,16	0,15	33	26,09	38,64	26,17
8	2,06	7,53	0,21	34	29,44	42,16	31,15
9	2,25	7,92	0,28	35	33,30	46,12	37,15
10	2,47	8,34	0,37	36	37,75	50,59	44,43
11	2,71	8,80	0,47	37	42,92	55,63	53,27
12	2,97	9,28	0,60	38	48,93	61,35	64,07
13	3,26	9,81	0,74	39	55,96	67,87	77,33
14	3,59	10,37	0,92	40	64,20	75,31	93,69
15	3,94	10,98	1,13	41	73,90	83,86	113,99
16	4,34	11,63	1,37	42	85,37	93,71	139,32
17	4,77	12,34	1,66	43	99,01	105,11	171,14
18	5,26	13,10	2,00	44	115,31	118,37	211,41
19	5,80	13,93	2,40	45	134,87	133,87	262,74
20	6,40	14,83	2,87	46	158,50	152,10	328,73
21	7,07	15,81	3,42	47	187,21	173,64	414,33
22	7,82	16,88	4,07	48	222,30	199,26	526,45
23	8,66	18,05	4,82	49	265,50	229,92	674,92
24	9,60	19,32	5,72	50	319,06	266,88	873,86
25	10,66	20,72	6,77				

3.6.3. Brinch Hansen (1961) taşıma gücü eşitliği

Brinch Hansen'in taşıma gücü eşitliği Meyerhof taşıma gücü denkleminin devamı niteliğindedir. Hansen formüle temel tabanının ve zeminin eğim faktörlerini eklemiştir. N_q ve N_c denklemleri Meyerhof ile aynı olup taşıma faktörlerinden yalnızca N_γ farklılık göstermektedir. Brinch Hansen taşıma gücü denklemini şu şekilde düzenlemiştir.

$$q_{nihai} = cN_c(s_c.d_c.i_c.b_c.g_c) + \sigma_0' N_q (s_q.d_q.i_q.b_q.g_q) + 0,5.\gamma.B.N_\gamma (s_\gamma.d_\gamma.i_\gamma.b_\gamma.g_\gamma) \quad (3.7)$$

Eğer arazi yüzeyi yatay ise;

$$q_{nihai} = -ccot\phi + (\sigma_0' + ccot\phi N_q (s_q.d_q.i_q.b_q.g_q) + 0,5.\gamma.B.N_\gamma (s_\gamma.d_\gamma.i_\gamma.b_\gamma.g_\gamma) \quad (3.8)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Suyu doymun kohezyonlu zeminler için bu denklem

$$q_{nihai} = cN_c(1+s_c+d_c+i_c) + q \quad (3.9)$$

şeklindedir.

Burada;

q_{nihai} : Zeminin nihai taşıma gücü

c : Temel altındaki zeminin kohezyonu

γ : Temel altındaki zeminin birim hacim ağırlığı

σ_0' : Temel tabanındaki düşey efektif gerilme

B : Temel genişliği

D_f : Temel derinliği

s_c, s_q ve s_γ : Şekil faktörleri (Çizelge 3.11)

d_c, d_q ve d_γ : Derinlik Faktörleri (Çizelge 3.11)

i_c, i_q, i_γ : Eğim faktörleri (Çizelge 3.11)

b_c, b_q, b_γ : Temel tabanı eğim faktörleri (Çizelge 3.11)

g_c, g_q, g_γ : Zemin yüzü eğim faktörleri (Çizelge 3.11)

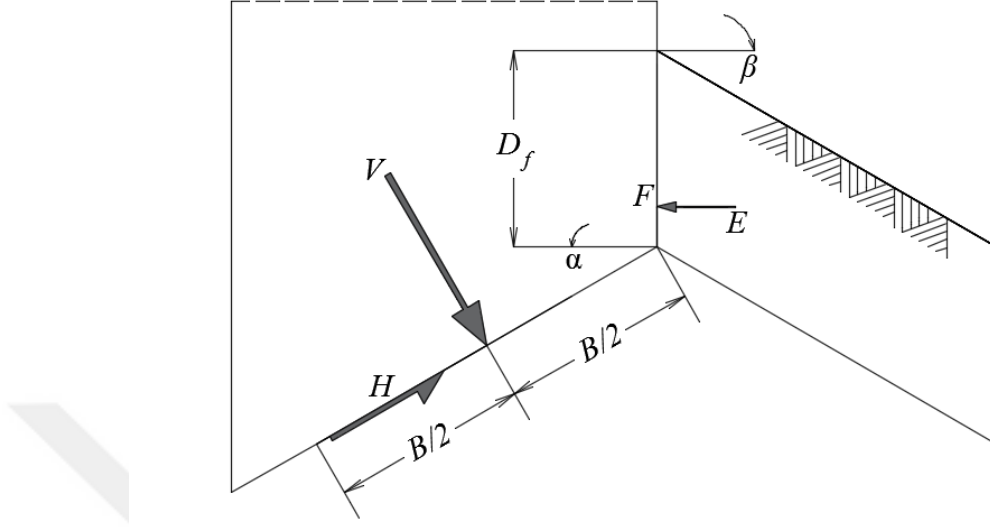
N_γ, N_q ve N_c : Boyutsuz Brinch Hansen taşıma gücü faktörleridir. (Çizelge 3.12)

Çizelge 3.11. Brinch Hansen şekil, derinlik ve eğim faktörleri

	Koşul	Faktör
Şekil		$s_{cB}^a = 0,2 i_{cB}^a (B/L)$
		$s_{cL}^a = 0,2 i_{cL}^a (B/L)$
		$s_{qB} = 1 + \sin \phi i_{qB} (B/L)$
		$s_{qL} = 1 + \sin \phi i_{qB} (L/B)$
		$s_{\gamma B} = 1 - 0,4 (B i_{\gamma B}) / (L i_{\gamma L})$
		$s_{\gamma L} = 1 - 0,4 (L i_{\gamma L}) / (B i_{\gamma B})$
Derinlik	$D_f \leq B$	$d_c^a = 0,4 (D_f/B)$
		$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 (D_f/B)$
	$D_f > B$	$d_c^a = 0,4 \arctan(D_f/B)$
		$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \arctan(D_f/B)$
		$d_\gamma = 1$
Taban Eğim		$b_c^a = (2\alpha / (\pi+2)) = (\alpha^\circ / 147^\circ)$
		$b_q = e^{-2 \alpha \tan \phi}$
		$b_\gamma = e^{-2,7 \alpha \tan \phi}$
Yük Eğim		$i_c^a = 0,5 - 0,5 \sqrt{1 - H/A c}$
		$i_q = [1 - 0,5 H / (V + A c \cot \phi)]^5$
	$\alpha = 0^\circ$	$i_\gamma = [1 - 0,7 H / (V + A c \cot \phi)]$
	$\alpha > 0^\circ$	$i_\gamma = [1 - (0,7 - \alpha^\circ / 450^\circ) H / (V + A c \cot \phi)]^5$
Zemin Yüzü Eğim		$g_c^a = 2 \beta / (\pi+2) = \beta / 147^\circ$
		$g_q = g_\gamma = [1 - 0,5 \tan \beta]^5$

Brinch Hansen taşıma gücünün uzun ve kısa kenarlar doğrultusunda aşılabilir olacağını belirtmiş ve şekil faktörünün iki doğrultuda da kullanılmasını önermiştir.

Brinch Hansen Taşıma Faktörlerinin hesaplanmasında kullanılan ifadeler Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Brinch Hansen yük eğim geometrisi

Burada;

V : Temel tabanına dikey yükü,

H : Temel tabanı boyunca etkiyen yükü,

α : Taban eğimini,

β : Arazinin eğimini,

B : Temelin kısa kenar uzunluğunu,

L : Temelin uzun kenar uzunluğunu temsil etmektedir.

Brinch Hansen’in nihai taşıma gücü denkleminde kullandığı boyutsuz faktörler Çizelge 3.12’de verilmiştir. N_c ve N_q faktörleri Meyerhof yönteminde kullanılan değerler ile aynıdır.

Çizelge 3.12. Brinch Hansen taşıma gücü faktörleri

N_c	N_q	N_γ
$(N_q-1)cot\phi$	$e^{\pi \tan\phi} \tan^2(45+\phi/2)$	$1,5 (N_q-1)\tan(\phi)$

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çizelge 3.13’de zemin içsel sürtünme açısına bağlı olarak hesaplanan Brinch Hansen taşıma gücü faktörleri verilmiştir.

Çizelge 3.13. İçsel sürtünme açısına bağlı hesaplanan Brinch Hansen faktörleri

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	1,00	5,14	0,00	26	11,85	22,25	7,94
1	1,09	5,38	0,00	27	13,20	23,94	9,32
2	1,20	5,63	0,01	28	14,72	25,80	10,94
3	1,31	5,90	0,02	29	16,44	27,86	12,84
4	1,43	6,19	0,05	30	18,40	30,14	15,07
5	1,57	6,49	0,07	31	20,63	32,67	17,69
6	1,72	6,81	0,11	32	23,18	35,49	20,79
7	1,88	7,16	0,16	33	26,09	38,64	24,44
8	2,06	7,53	0,22	34	29,44	42,16	28,77
9	2,25	7,92	0,30	35	33,30	46,12	33,92
10	2,47	8,34	0,39	36	37,75	50,59	40,05
11	2,71	8,80	0,50	37	42,92	55,63	47,38
12	2,97	9,28	0,63	38	48,93	61,35	56,17
13	3,26	9,81	0,78	39	55,96	67,87	66,76
14	3,59	10,37	0,97	40	64,20	75,31	79,54
15	3,94	10,98	1,18	41	73,90	83,86	95,05
16	4,34	11,63	1,43	42	85,37	93,71	113,96
17	4,77	12,34	1,73	43	99,01	105,11	137,10
18	5,26	13,10	2,08	44	115,31	118,37	165,58
19	5,80	13,93	2,48	45	134,87	133,87	200,81
20	6,40	14,83	2,95	46	158,50	152,10	244,65
21	7,07	15,81	3,50	47	187,21	173,64	299,52
22	7,82	16,88	4,13	48	222,30	199,26	368,67
23	8,66	18,05	4,88	49	265,50	229,92	456,40
24	9,60	19,32	5,75	50	319,06	266,88	568,57
25	10,66	20,72	6,76				

3.6.4. Das (2017) taşıma gücü eşitliği

Das (2017) nihai taşıma gücünün belirlenmesi için genel taşıma gücü formülünü şekil, derinlik ve eğim faktörleri ekleyerek düzenlemiştir. Denklemden kullanılan şekil faktörleri De Beer (1970), derinlik faktörleri Hansen (1970) ve eğim faktörleri Meyerhof (1963) tarafından önerilmiştir (Çizelge 3.14). Das (2017) nihai taşıma eşitliği şu şekilde verilmektedir.

$$q_{nihai} = c \cdot N_c (\lambda_{cs} \cdot \lambda_{cd} \cdot \lambda_{ci}) + \sigma_0' N_q (\lambda_{qs} \cdot \lambda_{qd} \cdot \lambda_{qi}) + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma (\lambda_{\gamma s} \cdot \lambda_{\gamma d} \cdot \lambda_{\gamma i}) \quad (3.10)$$

Çizelge 3.14. Das (2017) tarafından önerilen şekil, derinlik ve eğim faktörleri

	Koşul	Faktör
Şekil	-	$\lambda_{cs} = 1 + (B/L) (N_q/N_c)$
	-	$\lambda_{qs} = 1 + (B/L) \tan^2(\phi)$
	-	$\lambda_{\gamma s} = 1 - 0,4 (B/L)$
Derinlik	$D_f / B \leq 1$	$\lambda_{cd} = 1 + 0,4 (D_f/B)$
	$D_f / B \leq 1$	$\lambda_{qd} = 1 + 2 (\tan \phi) (1 - \sin \phi) \left(\frac{D_f}{B} \right)$
	$D_f / B > 1$	$\lambda_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$
	$D_f / B > 1$	$\lambda_{qd} = 1 + 2 (\tan \phi) (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$
	-	$\lambda_{\gamma d} = 1$
Eğim	-	$\lambda_{ci} = \lambda_{qi} = \left(1 - \frac{\alpha}{90} \right)^2$
	-	$\lambda_{\gamma i} = 1 \left(1 - \frac{\alpha}{\phi} \right)^2$

Burada;

$\lambda_{cs}, \lambda_{qs}, \lambda_{\gamma s}$: Şekil Faktörleri (De Beer 1970)

$\lambda_{cd}, \lambda_{qd}, \lambda_{\gamma d}$: Derinlik Faktörleri (Hansen 1970)

$\lambda_{ci}, \lambda_{qi}, \lambda_{\gamma i}$: Eğim Faktörleridir (Meyerhof 1963).

Killerde drenajsız durumda ($\phi = 0$), zemin sadece düşey yüke maruz kaldığında ($\alpha = 0$), taşıma gücü denklemi şu şekilde yazılabilmektedir.

$$q_{nihai} = 5,14 c_u \left[1 + 0,2 \left(\frac{B}{L} \right) \right] \left[1 + 0,4 \left(\frac{D_f}{B} \right) \right] \quad (3.11)$$

3.7. Rijit Taban Varsayımı ile Radye Temel Betonarme Donatısının Belirlenmesi

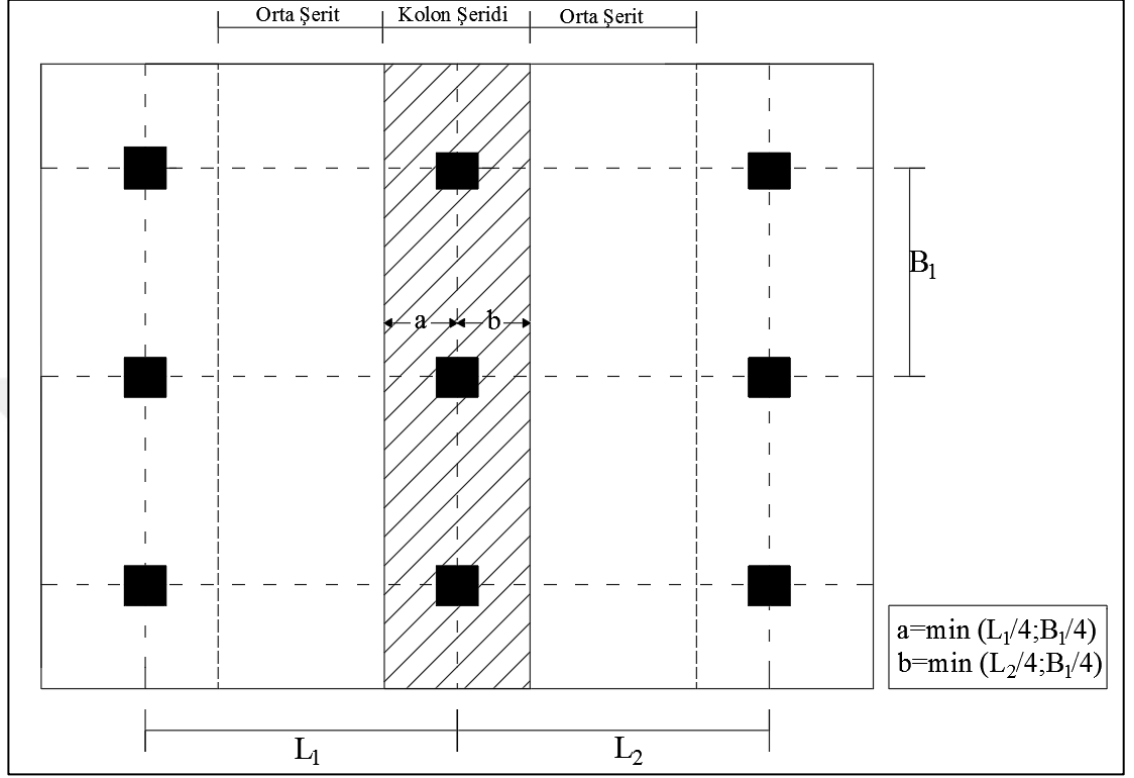
Plak radye temellerin yapısal analizi farklı çözümleme yöntemleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Bunlar arasında geleneksel yöntem olarak da bilinen rijit taban yönteminde tabanın sonsuz rijitlikte olduğu ve eksenel yük altında zemin basınç dağılımının üniform olduğu varsayılmaktadır. Bu yöntemde öncelikle yapı yükünün zemin emniyetli taşıma gücünü aşma durumu kontrol edilmektedir. Çalışmada kullanılan zemin tipleri için taşıma gücü değeri Bölüm 3.6'da açıklanan Terzaghi (1943), Meyerhof (1963) ve Das (2007) denklemleri ile belirlenmiştir. Güvenlik katsayısı 3 alınarak hesaplanan emniyetli taşıma gücü değerleri Çizelge 3.15'de sunulmuştur.

Çizelge 3.15. Zeminler için belirlenen emniyetli taşıma gücü değerleri

	Emniyetli Taşıma Gücü (kPa)			
	Terzaghi (1943)	Meyerhof (1963)	Das (2007)	Ortalama
Zayıf	113,8	104,8	100,8	106,5
Orta Sert	221,7	203,6	201,6	209,0
Sert	437,4	401,2	403,2	413,9

Temele gelen yükün emniyetli taşıma gücünü aşmadığı teyit edildikten sonra plak radye temelin analizi için temel her iki yönde şeritlere ayrılarak yük altında şeritlerde oluşan kesme ve eğilme momenti değerleri belirlenir. Radye temelin şeritlere ayrılma şeması Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Kolon şeridi, kolon ekseninin her bir yanında ayrı ayrı

olacak şekilde, komşu açıklıkların dörtte biri ile tanımlanan şeritlerden dar olanlarının birleştirilmesiyle elde edilmektedir. Kolon şeridi dışarısında kalan bölgeler ise orta şerit olarak ifade edilmektedir.



Şekil 3.8. Radye plağının şeritlere ayrılması

Radye temel için C30 sınıfı beton ve S420 sınıfı çelik donatı hesaplarında kullanılmıştır. Radye temel boyutları Bölüm 3.4’de açıklandığı gibi biri zımbala tahkiki için kritik değer olmak üzere üç farklı kalınlıkta incelenecek olup uzun kenarı (L) 18,5m, kısa kenarı (B) 12,5m’dir. Üst yapı yükleri temele eş boyutlardaki 15 adet kolon ile aktarılmaktadır. Bu kolonlar S101 den S115 e kadar numaralandırılmış olup farklı kat yükseklikleri için her bir kolona gelen eksenel yük değeri Çizelge 3.16’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. Farklı kat yükseklikleri için belirlenen eksenel kolon yükleri

Kolon Adı	Boyut (m)	Kolon Yüğü (kN)		
		5 katlı	8 katlı	15 katlı
S101	0,5 x 0,5	615	984	1.846
S102	0,5 x 0,5	950	1.520	2.851
S103	0,5 x 0,5	973	1.556	2.918
S104	0,5 x 0,5	950	1.520	2.851
S105	0,5 x 0,5	615	984	1.846
S106	0,5 x 0,5	879	1.406	2.637
S107	0,5 x 0,5	1.393	2.230	4.180
S108	0,5 x 0,5	1.425	2.280	4.276
S109	0,5 x 0,5	1.393	2.230	4.180
S110	0,5 x 0,5	879	1.406	2.637
S111	0,5 x 0,5	475	761	1.426
S112	0,5 x 0,5	725	1.160	2.175
S113	0,5 x 0,5	740	1.183	2.219
S114	0,5 x 0,5	725	1.160	2.175
S115	0,5 x 0,5	425	761	1.426

Çalışmanın bu bölümünde orta sıklıkta zemin üzerinde sekiz katlı yapıyı temsilen belirlenen yükler altında 0,6 m kalınlığa sahip radye temelin betonarme tasarımı yapılmıştır.

A-Taban basınç dağılımının belirlenmesi:

$$\text{Temel alanı (A)} = B \times L = 12,5 \times 18,5 = 231,25 \text{ m}^2$$

Toplam kolon yükü;

$$Q_{Top} = 2 \times (984 + 1520 + 1406 + 2230 + 761 + 1160) + 1556 + 2280 + 1183 = 21141 \text{ kN}$$

Radye ağırlığı;

$$q_{radye} = \gamma_b \times H = 25 \times 0,6 = 15 \text{ kPa}$$

$$Q_{radye} = \gamma_b \times B \times L \times H = 25 \times 12,5 \times 18,5 \times 0,6 = 3468,75 \text{ kN}$$

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Her iki doğrultudaki eylemsizlik momentleri (I_x ve I_y):

$$I_x = \frac{L \times B^3}{12} = \frac{18,5 \times 12,5^3}{12} = 3011 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{B \times L^3}{12} = \frac{12,5 \times 18,5^3}{12} = 6595 \text{ m}^4$$

Yüklerin x eksenindeki etki merkezi x' ;

$$x' =$$

$$\frac{1,25(984+1406+761)+5,25(1520+2230+1160)+9,25(1556+2280+1183)+13,25(1520+2230+1160)}{21141+3468,75}$$

$$+ \frac{17,25(984+1406+761)+(3468,75) \times 9,25}{21141+3468,75} = 9,25 \text{ m}$$

x eksenindeki eksantriklik e_x ;

$$e_x = x' - \frac{L}{2} = 9,25 - \frac{18,5}{2} = 0,0 \text{ m}$$

Yüklerin y eksenindeki etki merkezi y' ;

$$y' = \frac{1,25(2 \times 761 + 2 \times 1160 + 1183) + 5,25(2 \times 1406 + 2 \times 2230 + 2280) + 11,25 \times (2 \times 984 + 2 \times 1520 + 1556)}{21141+3468,75}$$

$$+ \frac{(3468,75) \times 6,25}{21141+3468,75} = 6,17 \text{ m}$$

y eksenindeki eksantriklik e_y ;

$$e_y = y' - \frac{B}{2} = 6,17 - \frac{12,5}{2} = -0,08 \text{ m}$$

Her iki doğrultu için dikkate alınacak eğilme momentleri (M_x ve M_y) şu şekilde belirlenir.

$$M_x = (Q_{radye} + Q_{Top}) \times e_y = (21141 + 3468,75) \times 0,08 = 1968,78 \text{ kNm}$$

$$M_y = (Q_{radye} + Q_{Top}) \times e_x = (21141 + 3468,75) \times 0 = 0 \text{ kNm}$$

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Temele etkiyen düşey yükler ve dış merkezlilikten kaynaklanan momentler belirlendikten sonra radye tabanında oluşan gerilmeleri hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_x \times y}{I_x} \pm \frac{M_y \times x}{I_y} = \frac{24609,75}{231,25} \pm \frac{1968,78 \times y}{3011} \pm \frac{0 \times x}{6595} = 106,4 \pm 0,653 \quad (3.12)$$

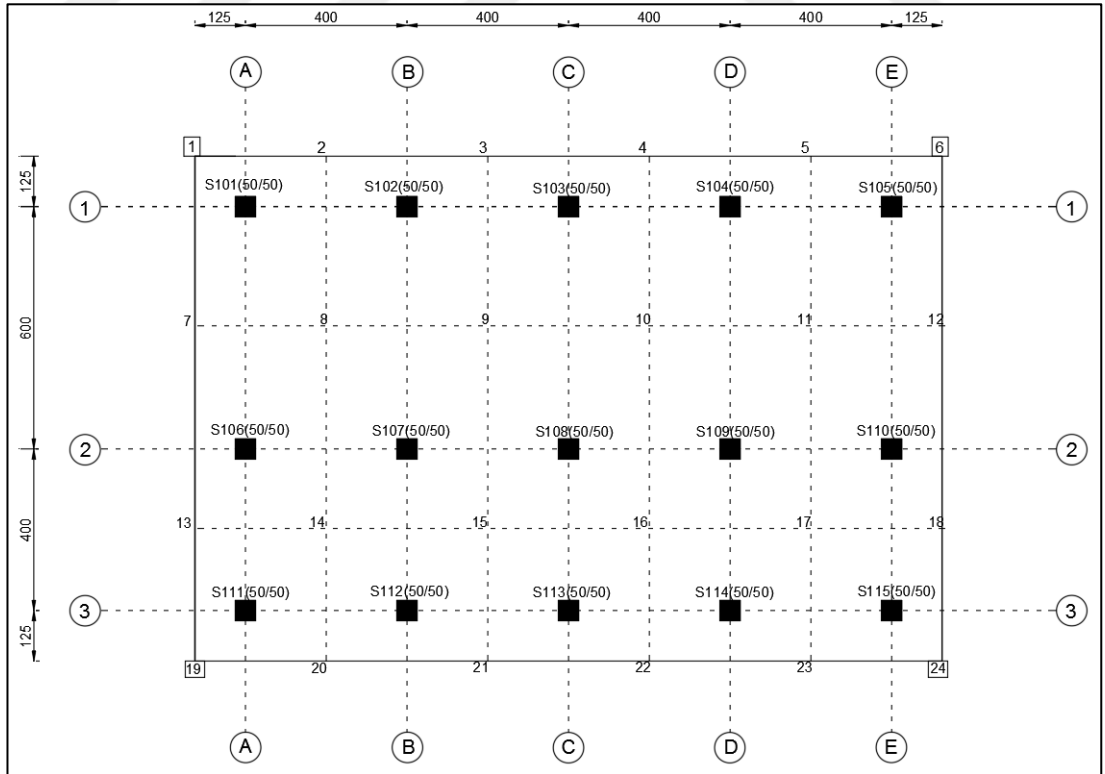
Kolon yükleri ve dış merkezlilikten kaynaklanan momentlerden dolayı zeminde oluşan gerilmenin net zemin emniyet gerilmesini aşıp aşmadığını kontrol etmek için Şekil 3.9'da gösterilen radye temelin dört köşesindeki taban basınçları aşağıdaki gibi belirlenmektedir.

$$q_1 = 106,4 - 6,5 \times 0,653 = 102,2 \text{ kN/m}^2$$

$$q_6 = 106,4 - 6,5 \times 0,653 = 102,2 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{19} = 106,4 + 6,5 \times 0,653 = 110,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{24} = 106,4 + 6,5 \times 0,653 = 110,6 \text{ kN/m}^2$$



Şekil 3.9. Taban basıncı için dikkate alınan noktalar (1, 6, 19, 24)

Radye temelin köşe noktalarında oluşan gerilmelere göre maksimum taban basıncı 110,6 kN/m² olmaktadır. Bu değer Çizelge 3.15’de belirlenen net zemin emniyet gerilmesinden küçüktür. Bu durumda zemin taban basıncı açısından üzerine gelen yükü güvenle taşıyabilmektedir.

B- Zımbalama tahkikinin yapılması:

Radye temelin zımbalamaya karşı güvenliğini kontrol etmek için eksenel yükün en büyük değerinde olduğu S108 kolonu hesapta kullanılmıştır. Zımbalama tahkiki için pas payı 50 mm kabul edilmiştir.

Bu kolon için zımbalama kontrolü aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

$$d=(600-50) = 550 \text{ mm}$$

$$b_1=b_2= (500+ 550) = 1050 \text{ mm}$$

$$U_p = (b_1+b_2) \times 2 = 4200 \text{ mm}$$

$$A_p = b_1 \times b_2 = 1,05 \times 1,05 = 1,1025 \text{ m}^2$$

$$V_{pr} = \gamma \times f_{ctd} \times U_p \times d = 1 \times 1,27 \times 4200 \times 550 = 2933 \times 10^3 \text{ N} = 2933 \text{ kN}$$

$$\sigma \approx 24468,75 / (12,5 \times 18,5) = 106,4 \text{ kPa}$$

$$V_{pd} = Nd - \sigma_z \times A_p = 2280 - (106,4 \times 1,1025) = 2162,7 \text{ kN}$$

$V_{pr} > V_{pd}$ olduğundan zımbalamaya karşı dayanım yeterlidir. Plak kalınlığının $H=0,6$ m olması zımbalama açısından uygundur.

Bu bağıntılardaki;

γ : zımbalama dayanımını azaltan bir katsayı,

H : radye kalınlığı,

b_1 : zımbalama çevresinin eğilme doğrultusundaki boyutu,

b_2 : zımbalama çevresinin eğilme doğrultusuna dik boyutu,

U_p : zımbalama çevresi,

A_p : zımbalama alanı,

V_{pd} : Tasarım zımbalama kuvveti,

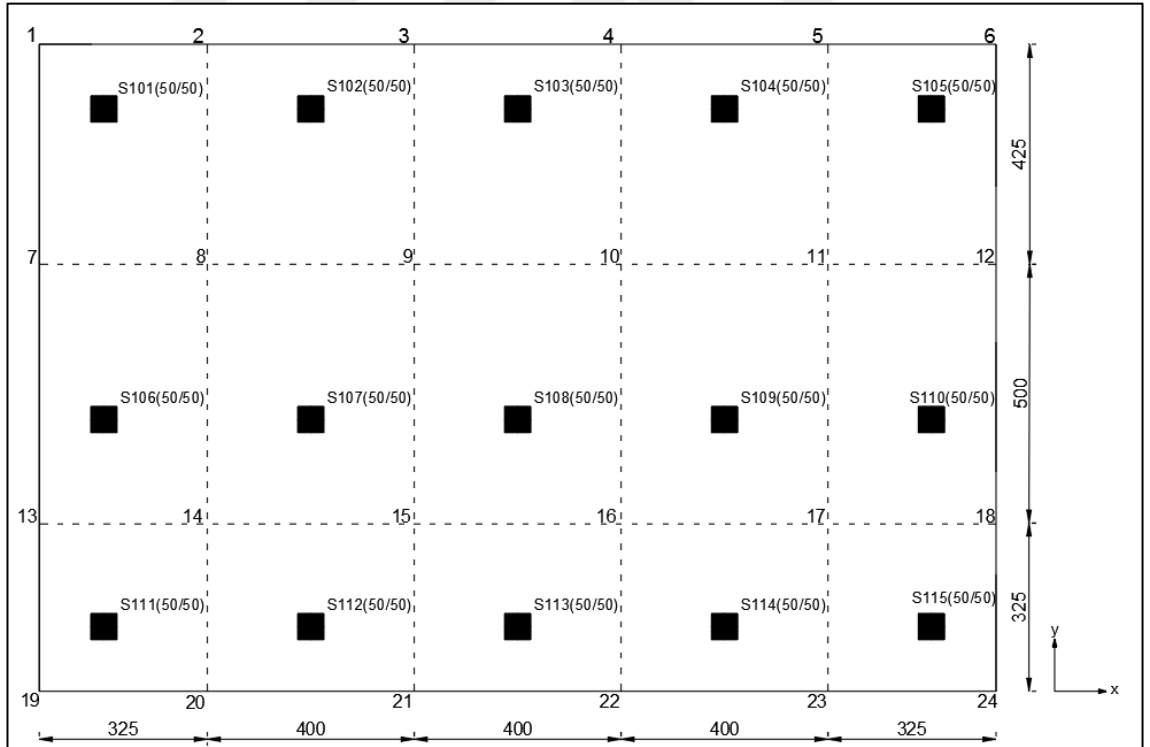
V_{pr} : zımbalama dayanımı,

d : Faydalı yükseklik

σ : düşey toplam gerilmedir.

C- Kesme kuvveti ve moment diyagramlarının çizilmesi:

Eğilme momentlerinin ve kesme kuvvetlerinin elde edilmesi için öncelikle her bir kolonun sorumlu olduğu alanların belirlenmesi gereklidir. Her bir kolonun sorumlu olduğu alan, Şekil 3.8’de gösterilen şemadaki açıklık şeritlerinin kolon şeritlerine eşit şekilde paylaşılmasıyla elde edilmektedir. Söz konusu radye temelde her bir kolonun sorumlu olduğu alanlar Şekil 3.10’de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Her bir kolonun sorumlu olduğu alanların gösterimi

Y doğrultusundaki şeritler için:

[1-2-20-19] şeridi $L_1 = 3,25\text{m}$

S101 kolonu etkin alanı [1-2-8-7] :

$$A_{S101} = L_1 \times B_1 = 3,25 \times 4,25 = 13,8125 \text{ m}^2$$

S101 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{s101} = (Q_{S101} / A_{S101}) + q_{radye} = (984 / 13,8125) + 15 = 86,2 \text{ kPa}$$

S106 kolonu etkin alanı [7-8-14-13] :

$$A_{S106} = L_1 \times B_2 = 3,25 \times 5 = 16,25 \text{ m}^2$$

S106 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{s106} = (Q_{S106} / A_{S106}) + q_{radye} = (1406 / 16,25) + 15 = 101,5 \text{ kPa}$$

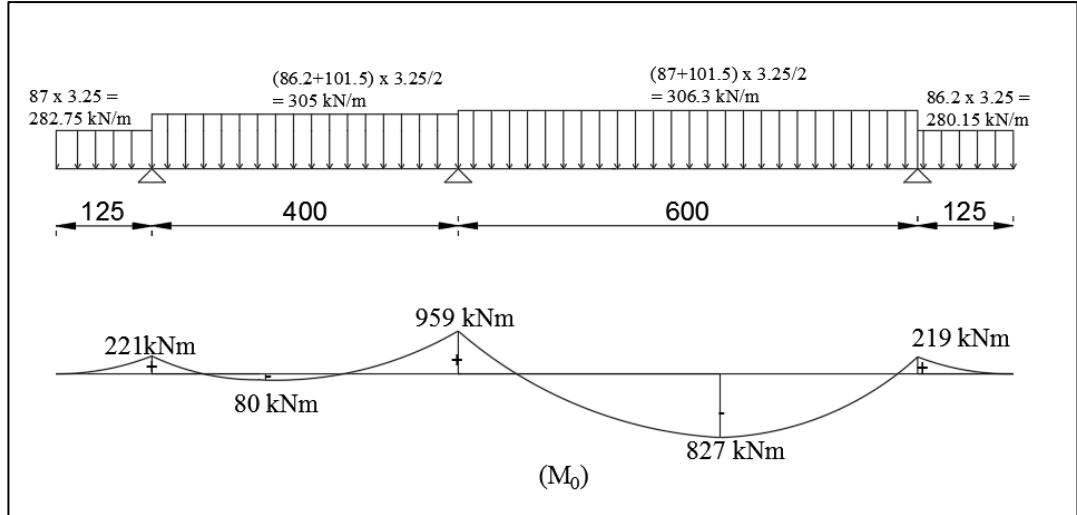
S111 kolonu etkin alanı [13-14-20-19] :

$$A_{S111} = L_1 \times B_3 = 3,25 \times 3,25 = 10,5625 \text{ m}^2$$

S111 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{s111} = (Q_{S111} / A_{S111}) + q_{radye} = (761 / 10,5625) + 15 = 87 \text{ kPa}$$

[1-2-20-19] şeridi (A-A Aksı) için hesaplanan düzeltilmiş kolon yükleri ve taban basıncına göre çizilen eğilme momenti diyagramı şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Radye temelin y eksenini doğrultusunda [1-2-20-19] şeridinde oluşan moment diyagramı.

x doğrultusundaki şeritler için:

[1-6-7-16] şeridi $B_1 = 4,25\text{m}$

S101 kolonu etkin alanı [1-2-8-7] :

$$A_{S101} = L_1 \times B_1 = 3,25 \times 4,25 = 13,8125 \text{ m}^2$$

S101 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{S101} = (Q_{S101} / A_{S101}) + q_{radye} = (984 / 13,8125) + 15 = 86,2 \text{ kPa}$$

S102 kolonu etkin alanı [3-4-10-9] :

$$A_{S102} = L_2 \times B_1 = 4 \times 4,25 = 17 \text{ m}^2$$

S102 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{S102} = (Q_{S102} / A_{S102}) + q_{radye} = (1520 / 17) + 15 = 104,4 \text{ kPa}$$

S103 kolonu etkin alanı [3-4-10-9]:

$$A_{S103} = L_3 \times B_1 = 4 \times 4,25 = 17 \text{ m}^2$$

3. MATERYAL ve YÖNTEM

S103 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{s103} = (Q_{S103} / A_{S103}) + q_{radye} = (1556 / 17) + 15 = 106,5 \text{ kPa}$$

S104 kolonu etkin alanı [4-5-11-10]:

$$A_{S103} = L_4 \times B_1 = 4 \times 4,25 = 17 \text{ m}^2$$

S104 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{s104} = (Q_{S104} / A_{S104}) + q_{radye} = (1520 / 17) + 15 = 104,4 \text{ kPa}$$

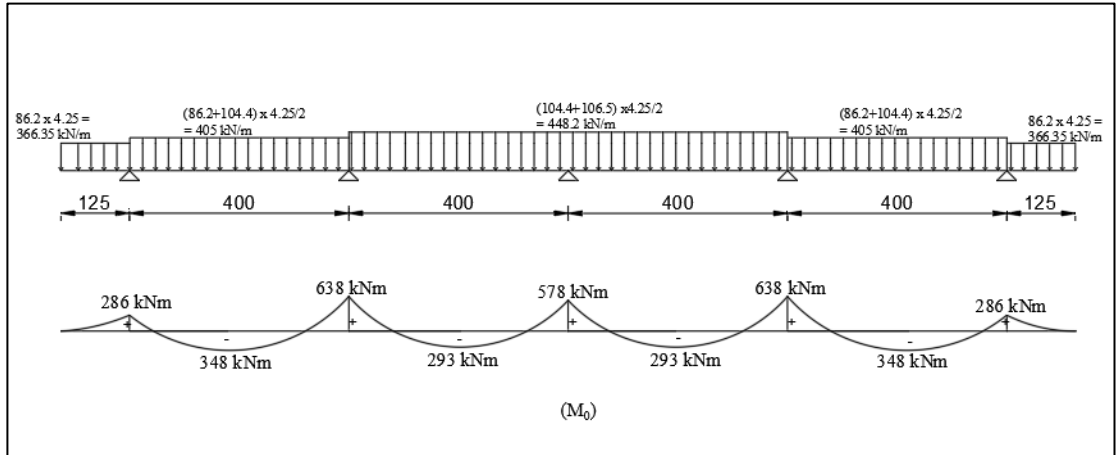
S105 kolonu etkin alanı [5-6-12-11] :

$$A_{S101} = L_5 \times B_1 = 3,25 \times 4,25 = 13,8125 \text{ m}^2$$

S105 etkin alanında oluşan gerilme dağılımı:

$$q_{s105} = (Q_{S105} / A_{S105}) + q_{radye} = (984 / 13,8125) + 15 = 86,2 \text{ kPa}$$

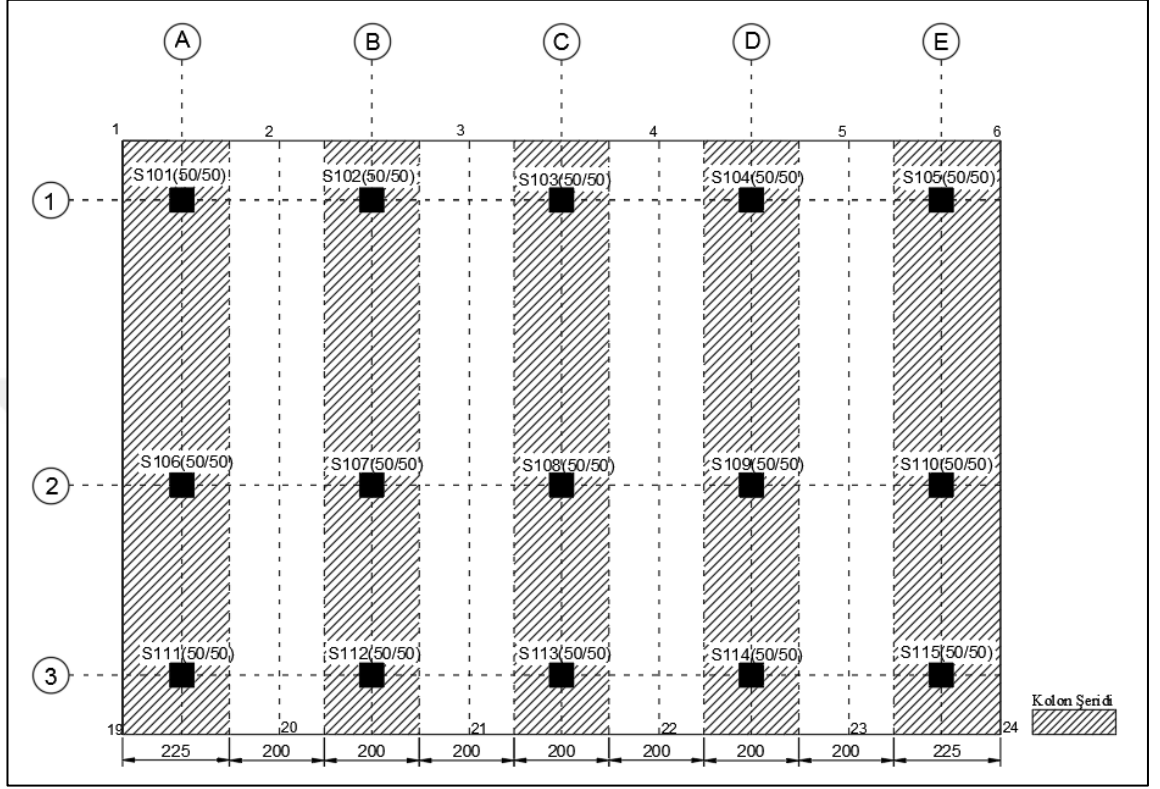
[1-6-12-7] şeridi (1-1 Aksı) için hesaplanan düzeltilmiş kolon yükleri ve taban basıncına göre çizilen eğilme momenti diyagramı Şekil 3.12’de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Radye temelin x eksenine doğrultusunda [1-6-12-7] şeridinde oluşan moment diyagramı.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Elde edilen moment diyagramlarından tasarıma esas momentin elde edilebilmesi için radye temel orta ve kolon şeritlerine ayrılmalıdır. Çalışmada kullanılan radye temelin kısa doğrultuda şeritlere ayrılmış hali Şekil 3.13’de gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Kısa doğrultuda kolon şeritlerinin gösterimi

Elde edilen moment değerleri (M_0) ile Çizelge 3.17’de belirtilen çerçeve yöntemi dağıtma katsayıları kullanılarak birim mesafeye düşen tasarıma esas açıklık ve mesnet momentleri (M_d) belirlenmiştir.

Çizelge 3.17. Çerçeve yöntemi için kullanılan moment dağıtma katsayıları (TS500)

Şerit	İç mesnet dağıtma katsayısı	Açıklık dağıtma katsayısı	Dış mesnet dağıtma katsayısı	
			Kenarı kirişsiz	Kenarı kirişli
Kolon Şeridi	0,75	0,6	0,8	0,6
Orta Şerit	0,25	0,4	0,2	0,4

1-1 ve A-A aksı boyunca orta şerit ve kolon şeridinde oluşan tasarıma esas açıklık ve mesnet momentleri Çizelge 3.18’de sunulmaktadır. Hesaplamalarda kenar kolonlar için kenarı kirişsiz dış mesnet kabulü yapılmıştır.

Çizelge 3.18. Kolon şeridi ve orta şeride dağıtılan momentler

Kesit	Bölge	M ₀ (kNm)	Kolon Şeridi D.K.	Kolon şeridi momenti (kNm)	Orta Şerit D.K.	Orta şerit momenti (kNm)
1-1 AKSI	Mesnet	286	0,80	229	0,2	57
	Açıklık	349	0,60	209	0,4	140
	Mesnet	636	0,75	477	0,25	159
	Açıklık	293	0,60	176	0,4	117
	Mesnet	578	0,75	434	0,25	145
	Açıklık	293	0,60	176	0,4	117
	Mesnet	638	0,75	479	0,25	160
	Açıklık	349	0,60	209	0,4	140
	Mesnet	286	0,80	229	0,2	57
A-A AKSI	Mesnet	221	0,80	177	0,2	44
	Açıklık	80	0,60	48	0,4	32
	Mesnet	959	0,75	719	0,25	240
	Açıklık	827	0,60	496	0,4	331
	Mesnet	219	0,80	175	0,2	44

Hesaplanan momentler kirişsiz plaklar için sunulan çerçeve katsayıları yöntemine göre hesaplandığı için elde edilen sonuçlar tüm şerit genişliğindeki moment değerini vermektedir.

Radye temelde kullanılacak donatı için sınır değer; TS500 Bölüm 11’de belirtilen çift doğrultuda çalışan döşemeler için her iki doğrultuda kullanılacak donatıların toplam minimum oranı olarak kabul edilmiştir. Her iki yönde kullanılacak toplam minimum donatı oranı denklem 3.13’de verilmiştir.

$$\text{Min } A_s = 0,0035 \times b \times d \quad (3.13)$$

Burada;

b: Söz konusu şeridin genişliğini,

d: Plak kalınlığını faydalı yüksekliğini temsil etmektedir.

Tasarıma esas momente göre gerekli donatının hesaplanması için kullanılan eşitlik denklem 3.14’de verilmiştir.

$$A_s = \frac{M_d}{0,85 \times f_{yd} \times d} \quad (3.14)$$

Bu denklemde;

A_s : Gerekli donatı alanını,

f_{yd} : Kullanılacak çelik donatının tasarım akma mukavemetini,

d : Radye temelin ortama faydalı yüksekliğini,

M_d : Birim genişliğe düşen eğilme momentini temsil etmektedir.

Birim uzunluğa düşen moment(M_d) Çizelge 3.18’de verilen kolon şeridi ve orta şerit için hesaplanan moment değerlerinin ilgili bölgenin genişliğine bölünmesiyle elde edilmektedir.

Çizelge 3.19 ve 3.20’de 1-1 aksı açıklık ve mesnet bölgelerinde tek yön için belirlenen donatı oranları sunulmuştur. Tabloda gösterilen ortalama faydalı yükseklik(d_{ort}) yerleştirileceği varsayılan donatıların orta noktasından plak yüzeyine kadar olan mesafeyi temsil etmektedir.

Çizelge 3.19. 1-1 aksı kolon şeridi için belirlenen açıklık ve mesnet donatı oranları

	Bölge	M_d (kNm/m)	b (mm)	d_{ort} (mm)	A_s (mm²)	Min A_s (mm²)	Donatı Oranı
Açıklık	S101-S102	76,1	1000	538	456	941,5	0,00175
	S102-S103	64,0	1000	538	383	941,5	0,00175
	S103-S104	64,0	1000	538	383	941,5	0,00175
	S104-S105	76,1	1000	538	456	941,5	0,00175
Mesnet	S101	83,2	1000	538	498	941,5	0,00175
	S102	173,5	1000	538	1039	941,5	0,001931
	S103	157,7	1000	538	944	941,5	0,001755
	S104	174,1	1000	538	1042	941,5	0,001937
	S105	83,3	1000	538	499	941,5	0,00175

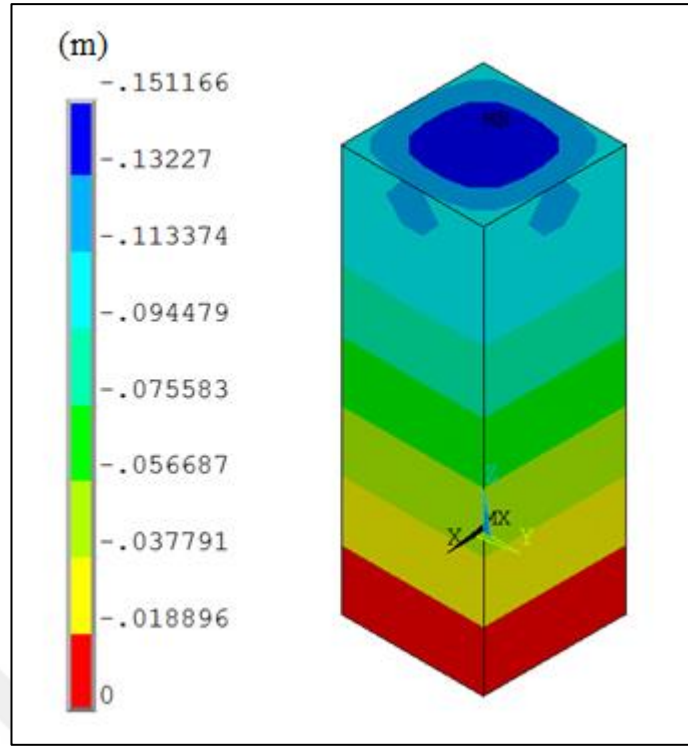
Çizelge 3.20. 1-1 aksı orta şeridi için belirlenen açıklık ve mesnet donatı oranları

	Bölge	M_d (kNm/m)	b (mm)	d_{ort} (mm)	A_s (mm ²)	Min A_s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S101-S102	46,5	1000	538	278	941,5	0,00175
	S102-S103	39,1	1000	538	234	941,5	0,00175
	S103-S104	39,1	1000	538	234	941,5	0,00175
	S104-S105	46,5	1000	538	278	941,5	0,00175
Mesnet	S101	19,1	1000	538	114	941,5	0,00175
	S102	53,0	1000	538	317	941,5	0,00175
	S103	48,2	1000	538	289	941,5	0,00175
	S104	53,2	1000	538	318	941,5	0,00175
	S105	19,1	1000	538	114	941,5	0,00175

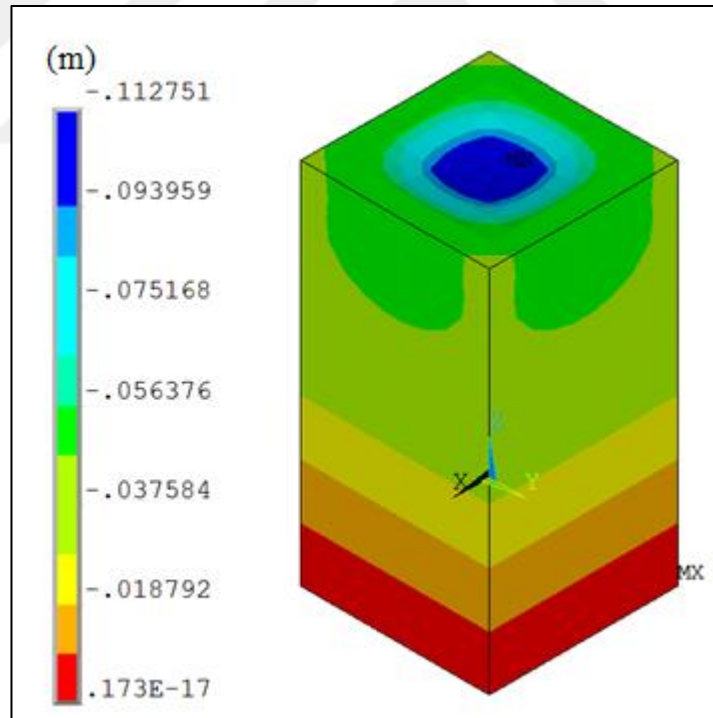
Diğer modellerde ait yazılımda kullanılacak kolon şeritlerinde (2-2 ve C-C aksı) oluşan açıklık ve mesnet donatı oranları EK-3’de sunulmuştur.

3.8. Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması

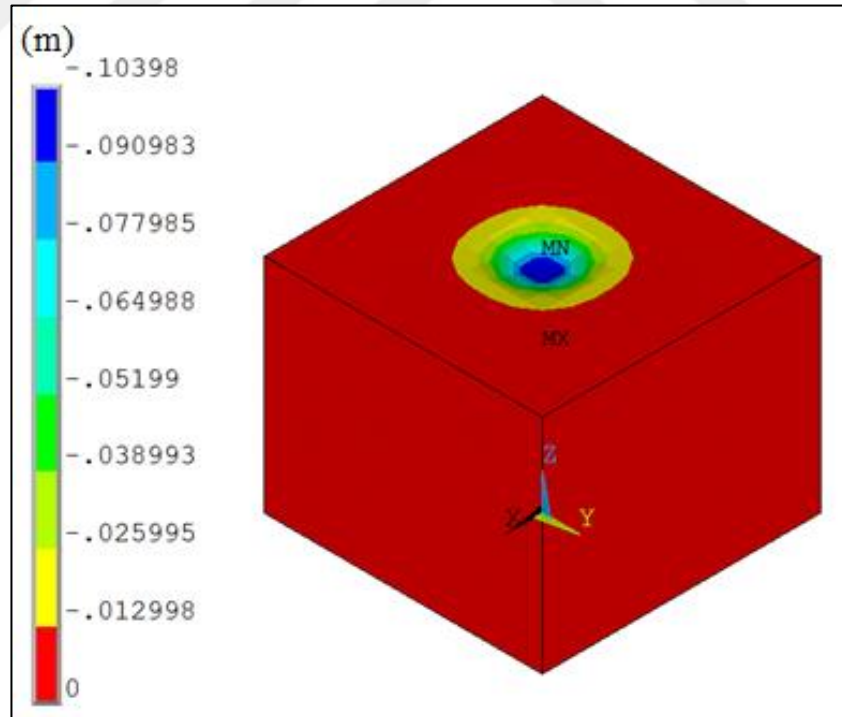
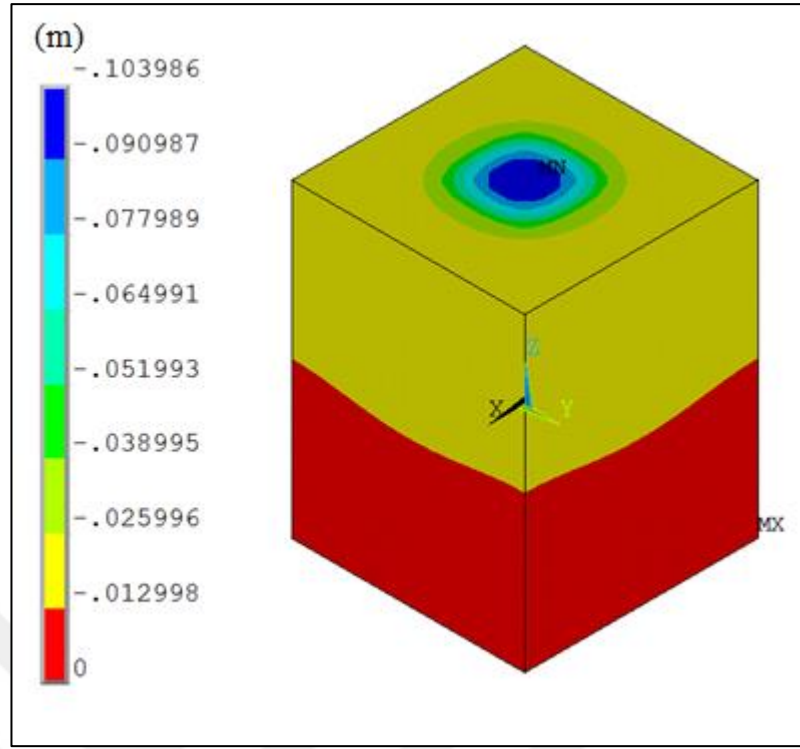
Radye-zemin etkileşiminin sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesinde malzeme özellikleri, malzeme bünye modelleri, sonlu eleman modelinin boyutu, sonlu eleman ağı ve malzeme davranışının doğrusal olup olmaması analiz sonuçlarını doğrudan etkileyen unsurlardır. Bu yüzden gerçek yapı davranışını en uygun şekilde temsil edebilmek ve sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için uygun model boyutu, başlangıç ve sınır koşullarının belirlenmesi çok önemlidir. Model boyutu, çözümde sınır koşullarının etkisini önlemek için yüklemeden kaynaklanan gerilme artışlarının etkilenmediği noktaya kadar uzatılmalıdır (Önalp ve Sert 2016). Oluşturulacak zeminin sınırları temele çok yakın olduğunda, temel çevresinde oluşan gerilme ve deformasyonlar sınır şartlardan etkilenmektedir ve bu durum yanıltıcı sonuçlara neden olmaktadır. Öte yandan, model boyutunun aşırı büyük olması sonlu eleman sayısının artmasına neden olmaktadır. Artan eleman sayısı ile çözümleme yükü de artmakta ve yazılımın verimsiz kullanılmasına neden olmaktadır. Model genişliğinin ve derinliğinin en uygun seviyede olması için aynı başlangıç ve sınır şartlarında bir dizi analizler yapılmış ve yük altında oluşan deformasyonlar karşılaştırılmıştır. Aynı derinlik, yükleme ve mesnet koşullarında farklı genişliklerde yapılan statik analiz sonuçları Şekil 3.14’de sunulmuştur. Analizlerde temel kenarı ile mesnetler arasındaki mesafe radye temelin kısa kenarı (B)’nin bir fonksiyonu olarak alınmıştır.



(a)

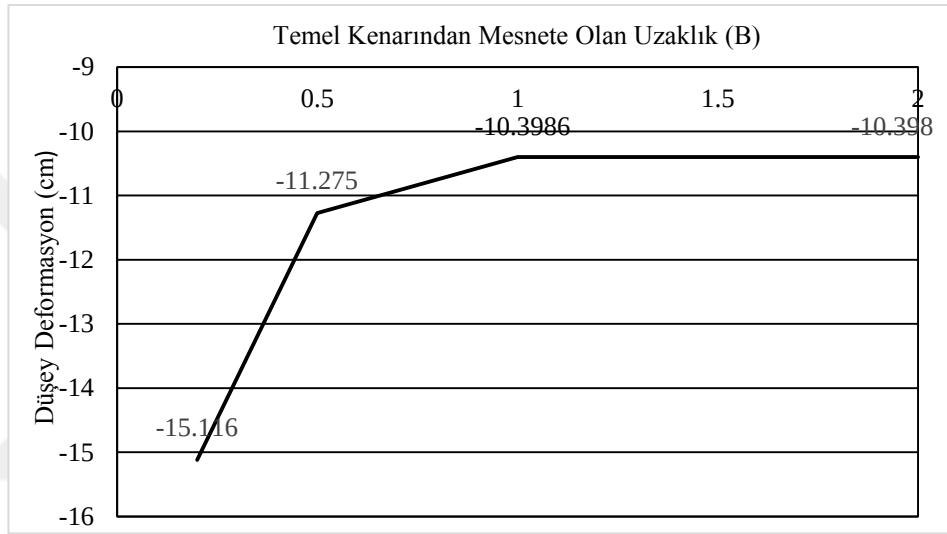


(b)



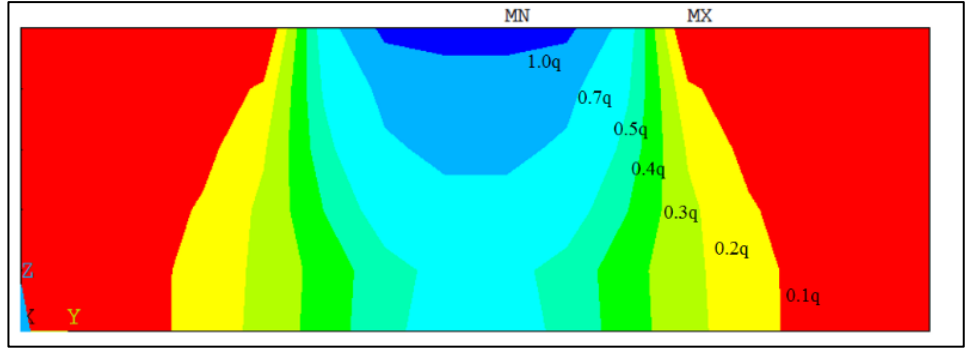
Şekil 3.14. Farklı model genişliklerinde oluşan deformasyon profilleri (a) 0,2B (b) 0,5B (c) 1,0B (d) 2,0B.

Şekil 3.14 (a) ve (b)'de elde edilen sonuçların (c) ve (d) modellerine kıyasla çok farklı olduğu görülmektedir. Bu iki durum için model genişliğinin yetersiz olduğu ve gerilme dağılımlarının mesnet koşullarından etkilendiği söylenebilir. Şekil 3.14 (c) ve (d)'de ise elde edilen deformasyonların neredeyse eşit olduğu görülmektedir. Bu durumda (d) modelinin kullanılması sistem için verimli olmamaktadır. Hem makul sonuçlar elde etmek hem de yazılımı verimli kullanmak için model sınırları temelden 1,0B mesafede olan model uygun görülmüştür. Aynı mesnet koşulları ve aynı yükleme durumunda temelde oluşan azami oturma değerleri Şekil 3.15'de gösterilmiştir.

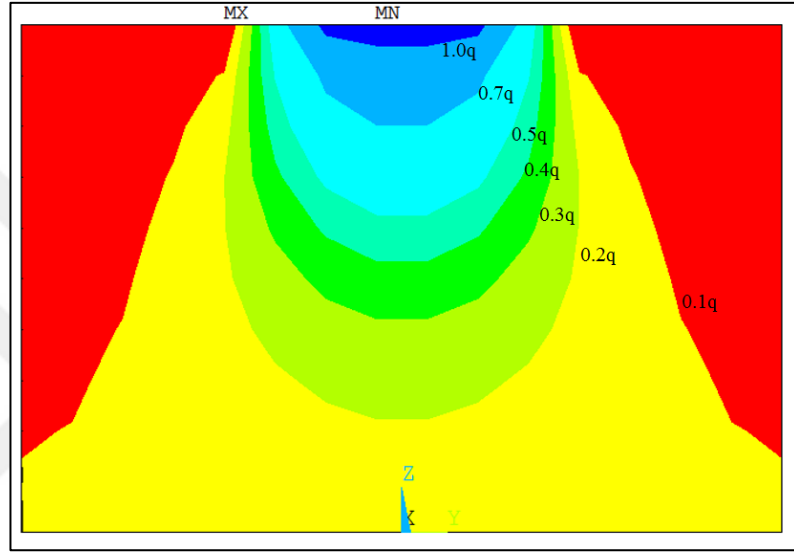


Şekil 3.15. Model genişliğinin oluşan oturmalar üzerindeki etkisi

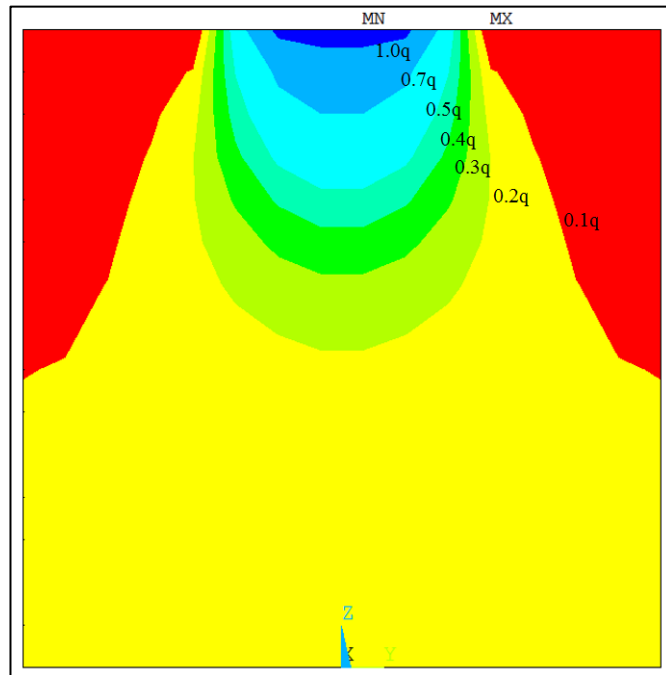
Zemin modelinin derinliğini belirlemek için aynı sınır şartlar ve yükleme durumu için farklı derinlikte modellerin analizi gerçekleştirilmiştir. Etkili derinliğin belirlenmesi için zeminde oluşan gerilme artışının temele uygulanan gerilmenin onda biri olan gerilme çizgisi esas alınmıştır. Şekil 3.16'da farklı derinliğe sahip modellerden elde edilen gerilme dağılımları sunulmuştur. Gösterilen gerilme diyagramlarında kırmızı renkli gerilme konturu temele uygulanan basıncın %10'una denk gelecek gerilme artışını temsil etmektedir.



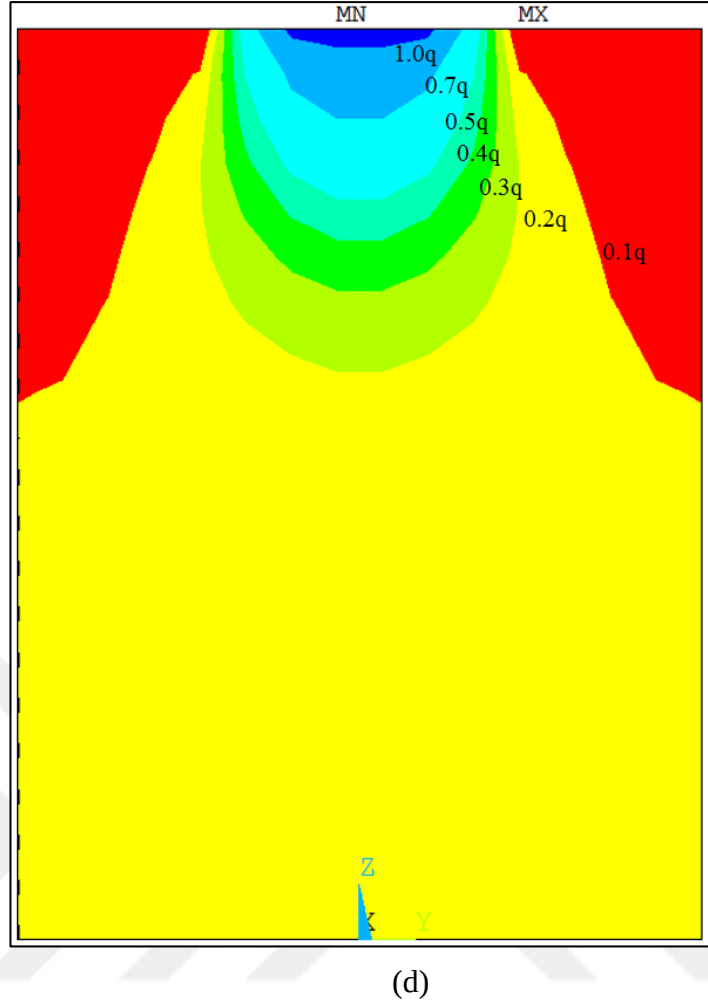
(a)



(b)

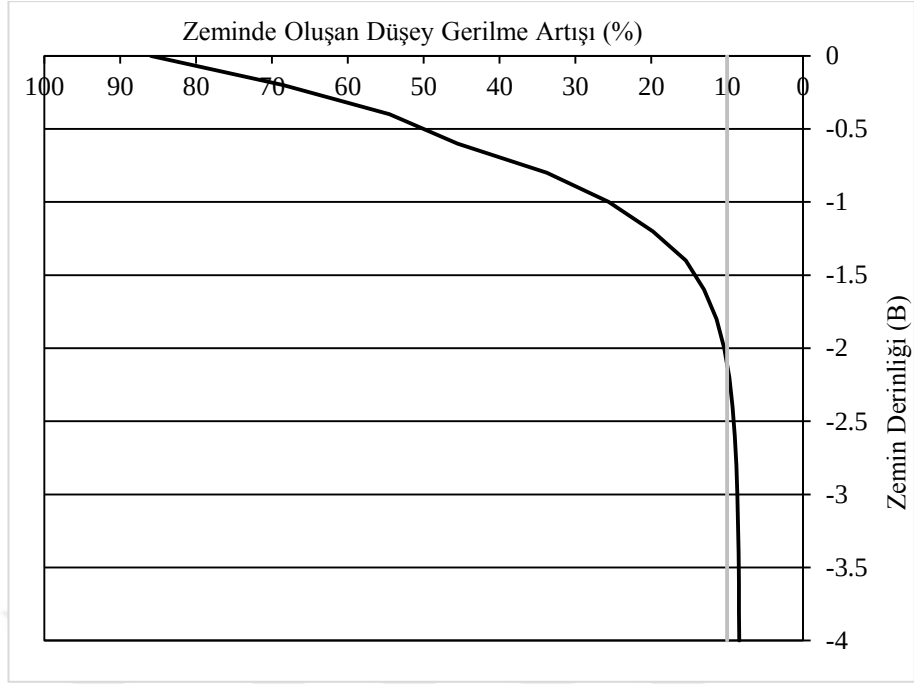


(c)



Şekil 3.16. Alan yayılı yük altında zeminde oluşan gerilme diyagramları (a) $z=1,0B$ (b) $z=2,0B$, (c) $z=3,0B$, (d) $z=4,0B$.

Derinliğin $1,0B$ olduğu durumda alt sınırdaki gerilmelerin mesnet şartlarından etkilendiği görülmüş, bu şartlarda model derinliğinin yetersiz olacağı düşünülmüştür. Derinliğin $2,0B$, $3,0B$ ve $4,0B$ durumlarda eşdeğer gerilme diyagramları hemen hemen aynı olup, yazılımı etkili kullanmak adına zemin derinliğinin $2,0B$ olması uygun görülmüştür. Şekil 3.17’de zeminde oluşan düşey gerilme artışının derinlik ile değişimi gösterilmiştir.

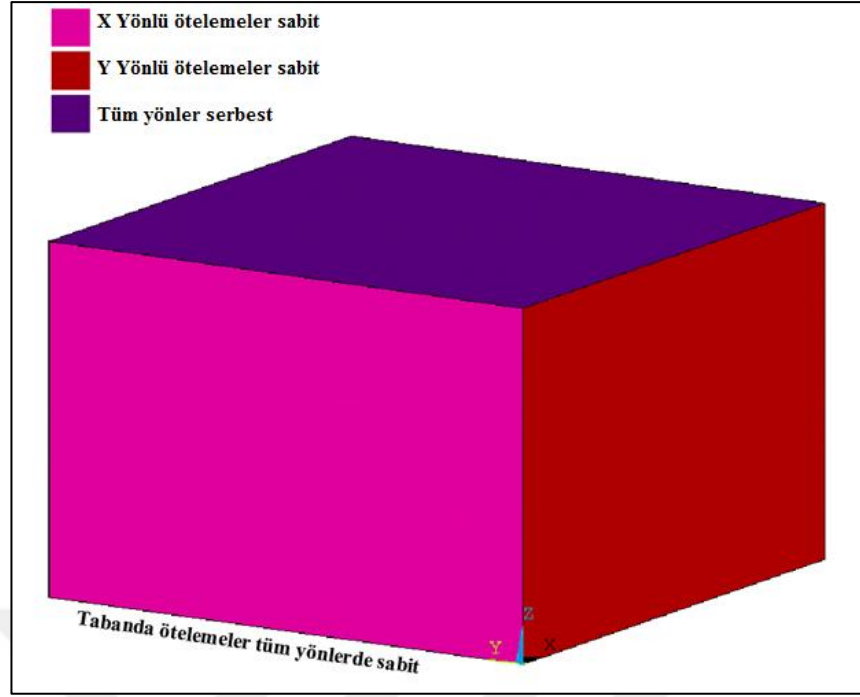


Şekil 3.17. Zemin derinliğine bağlı zeminde oluşan düşey gerilme artışı

Model boyutunu belirlemek için yapılan analizler sonucunda kısa kenar uzunluğu B uzun kenar uzunluğu L olan bir temel için uygun modelin boyutu, temelin her kenarından B mesafesi kadar genişlikte ve $2B$ mesafesi kadar derinlikte olmalıdır.

3.8.1. Başlangıç ve sınır şartlar

Sınır koşulları, zeminin rijit bir kutu içinde düşey yüklemeye maruz kalacağı şekilde oluşturulmuştur. Bunu sağlamak için, modelin alt noktalarındaki düğümler X, Y ve Z yönünde sabitlenmiştir. Modelin yan yüzeylerindeki düğümler ise ait oldukları yüzeye dik yönde sabitlenmiştir. Örneğin; XZ düzleminde bulunan düğümler Y yönünde, YZ düzleminde bulunan düğümler ise X yönünde sabitlenmiştir. Modelin üst yüzeyinde ise herhangi bir yönde kısıtlama yoktur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Zemin modelinin mesnet koşulları

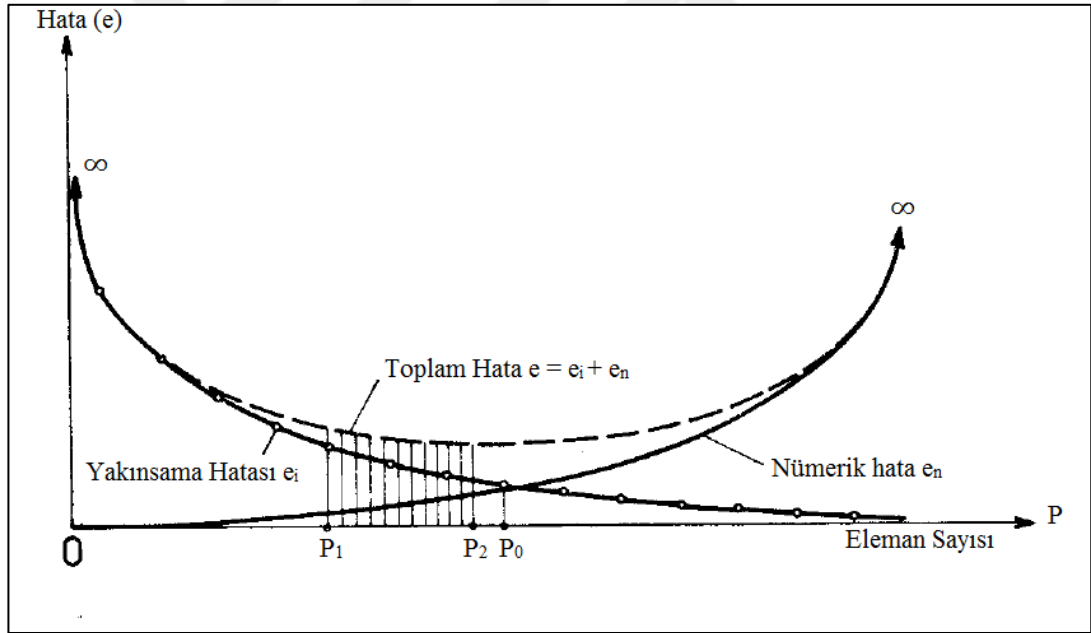
3.8.2. Sonlu eleman ağı

Sonlu elemanlar yönteminde, sonlu eleman ağının oluşturulması analizler için bir ön koşuldur. Zemin ile yapının geometrisi ve girdi parametreleri tanımlandıktan sonra sonlu eleman ağı oluşturulmalıdır. Sonlu eleman ağının oluşturulması, oluşturulan yapısal modelin gerçekçi ve doğru sonuçlar verebilmesi için modelin daha küçük hacimsel elemanlara bölünmesidir (Songür 2019). Sonlu eleman çözümünün doğruluğu, oluşturulan sonlu eleman ağındaki düğüm sayısına ve eleman şekline bağlıdır. Sonlu eleman yoğunluğunun artması elde edilen sonuçların doğruluğunu da arttırmaktadır. Ancak artan düğüm sayısı ile yazılımın hesap yükü de artmaktadır. Yazılımı verimli kullanabilmek için en uygun sonlu eleman yoğunluğunun belirlenmesi gereklidir. Söz konusu sonlu eleman ağının oluşturulmasında başlıca şu hususlara dikkat edilmesi gerekir.

- 1) Bölünecek hacmin şekli, fiziksel özellikleri
- 2) Yükleme durumu
- 3) Malzeme davranışı (elastik, elasto-plastik, visko elastik vb.)
- 4) Sonuçlarda istenilen kesinlik

5) Program ve bilgisayar kapasitesi

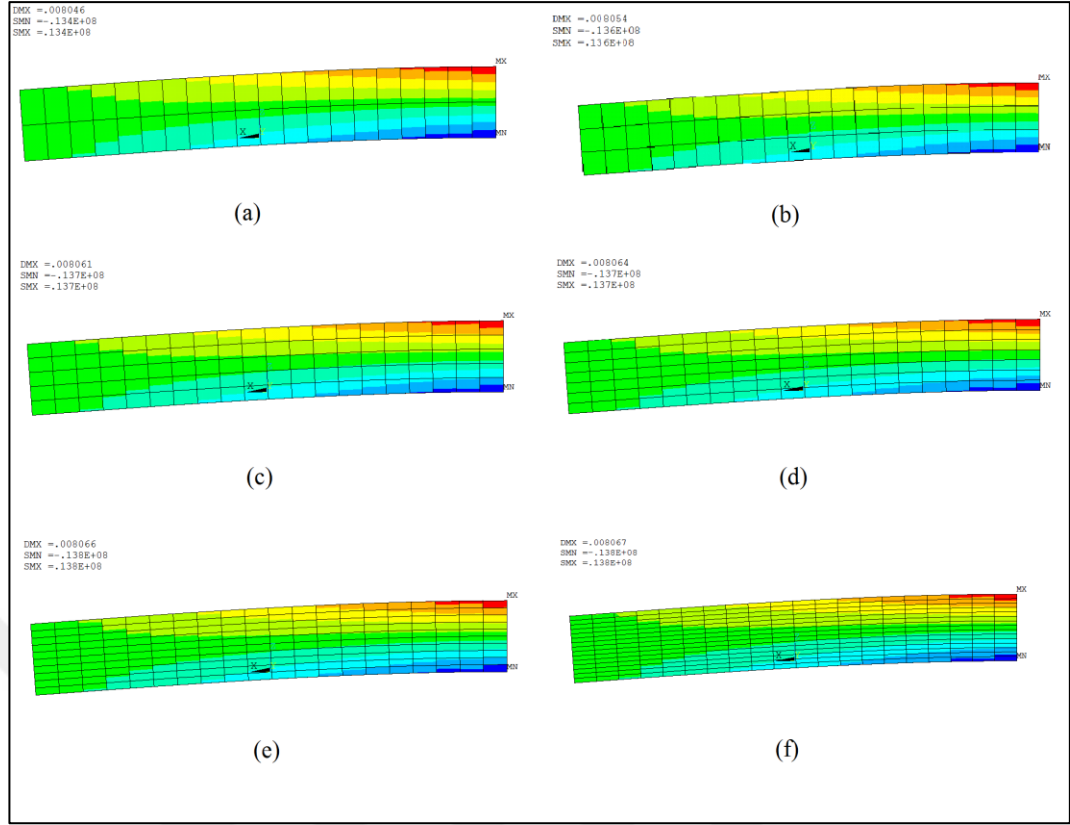
Gelişmiş bilgisayarların yüksek çözümleme kapasitesi daha yoğun sonlu eleman ağının oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Ancak bu durumda sağlıklı bir çözüm elde edebilmek için uygun sonlu eleman sayısı belirlenmelidir. Şekil 3.19’da görüldüğü gibi herhangi bir problemde kullanılan sonlu eleman sayısının oluşturabileceği olası hatalar gösterilmiştir. Daha sıkı sonlu eleman ağı ile yakınsama hataları azalmaktadır. Ancak belirli bir noktadan sonra aşırı eleman sayısından kaynaklanan sayısal kararsızlığa bağlı hatalar ortaya çıkmaktadır. Oluşabilecek hataları en aza indirmek için ideal sayıda (P_0) sonlu elemanın kullanılması gerekir. İdeal eleman sayısının (P_0) elde edilmesi çoğu durumda mümkün olmadığı için verimli bir çözümleme için grafikte gösterilen aralıkta ($P_1 < P < P_2$ ve $P_2 < P_0$) eleman sayısının kullanılması önerilmektedir (Kolar and Nemec 1989).



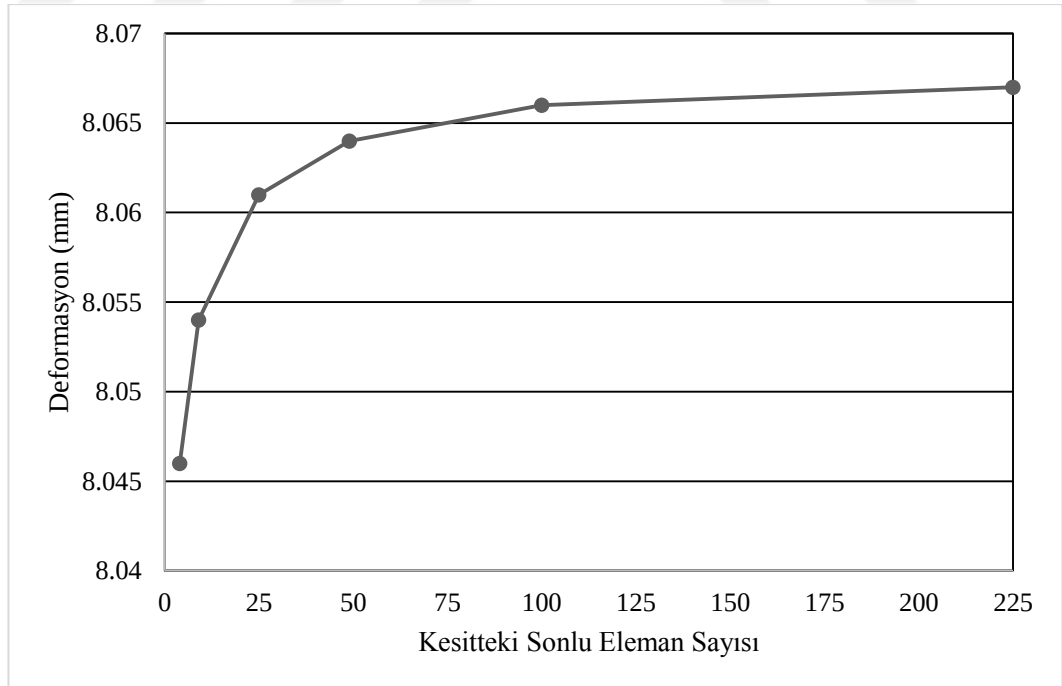
Şekil 3.19. Sonlu eleman çözümlemelerinde eleman sayısına bağlı oluşabilecek yakınsama ve sayısal kararsızlık hataları (Kolar and Nemec 1989).

Şekil 3.19’da gösterilen ideal bölgede sonlu eleman ağının oluşturulması için aynı başlangıç ve sınır şartlarındaki eğilme elemanı, farklı sıklıkta sonlu eleman ağı ile modellenmiş ve meydana gelen deformasyonlar karşılaştırılmıştır. Şekil 3.20 ve 3.21’de sonlu eleman yoğunluğunun sonuçlar üzerindeki etkisi gösterilmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM



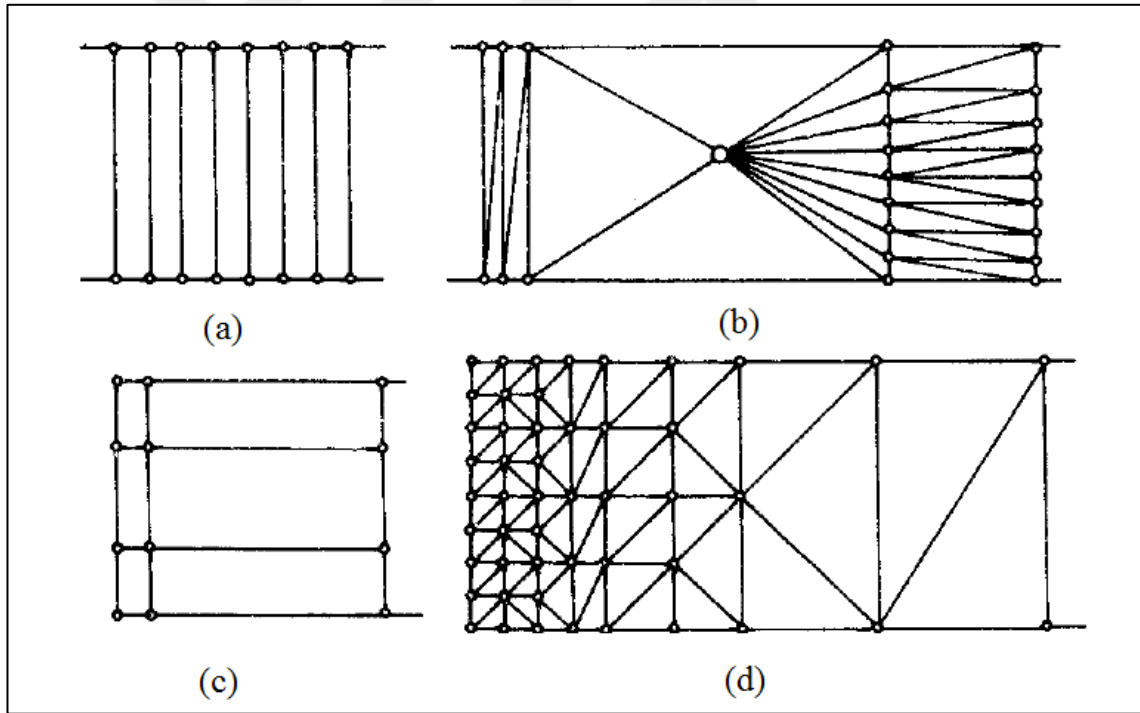
Şekil 3.20. Sonlu eleman yoğunluğunun deformasyonlar üzerindeki etkisi (m); (a) 4 , (b) 9 , (c) 25 , (d) 49 , (e) 100, (f) 225 eleman.



Şekil 3.21. Sonlu eleman sıklığının sonuçlar üzerindeki etkisi

Yapılan çözümlerlerde, eğilme etkisi altındaki elemanların eğilme kesitinde yirmi beş ve daha fazla sonlu eleman kullanılması halinde deformasyonlardaki değişimin ihmal edilebilir boyutlarda olduğu görülmektedir.

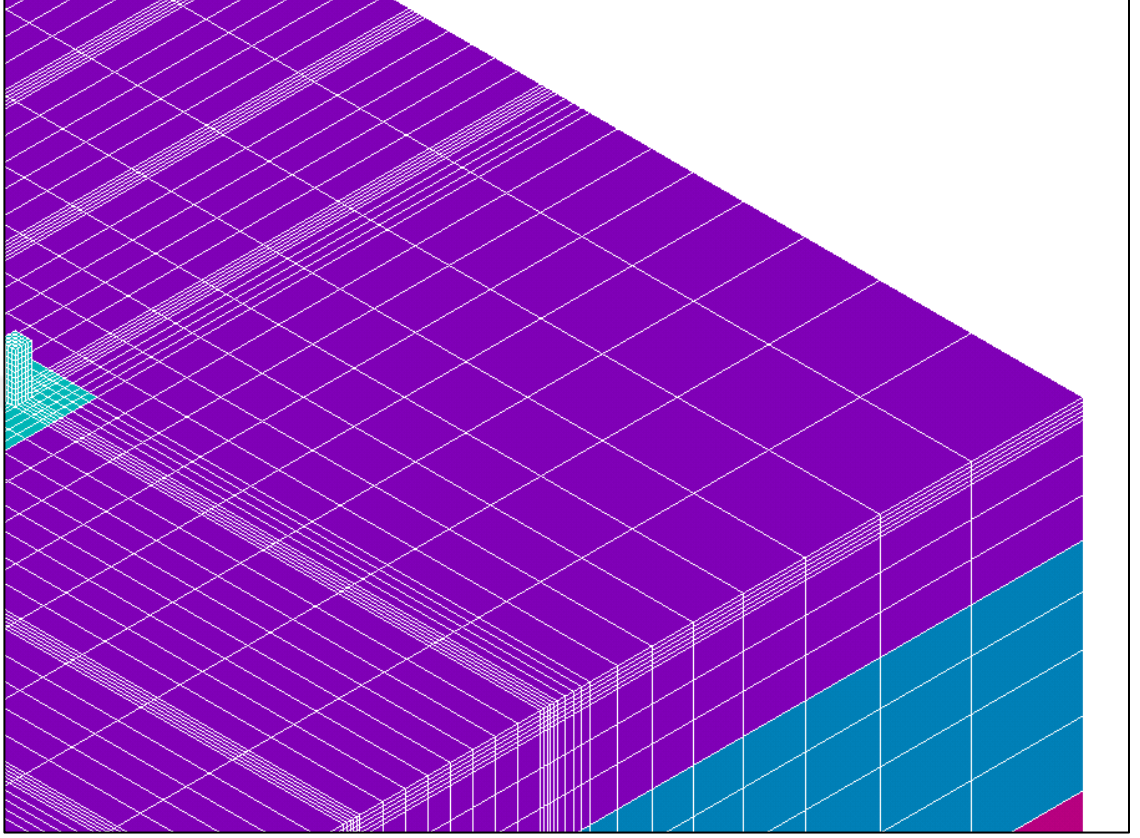
Efektif bir sonlu eleman modelini oluşturmak ve çözümlerlerde oluşabilecek hataların önüne geçebilmek için ideal sıklıkta sonlu eleman ağının oluşturulmasının yanı sıra sonlu elemanların uygun bir şekilde ayrılması da gerekmektedir. Eleman boyutlarındaki büyük farklılıklar (Şekil 3.22a), tek bir düğümde farklı boyutlardaki çok fazla elemanın birleştirilmesi (Şekil 3.22b) ve komşu elemanlar arasındaki boyut farkının fazla olması (Şekil 3.22c) sonlu elemanların yanlış bölünmesine örnek olarak gösterilmektedir (Kolar and Nemec 1989). Uygun bir modelleme için sonlu elemanların eşit boyutlarda olması en iyi tercihtir. Ancak farklı eleman boyutlarının kullanılması halinde eleman boyutlarında kademeli bir değişimin olması gereklidir (Şekil 3.22d).



Şekil 3.22. Sonlu elemanların yanlış ayrılması (a) (b) (c), sonlu elemanların uygun formda ayrılması (d) (Kolar and Nemec 1989).

Sonlu eleman yönteminde çözüm sonlu eleman ağının yapısından büyük oranda etkilendiğinden; sonlu eleman ağında gerilmelerin yoğunlaştığı bölgelerde elemanlar sıklaştırılmalı, gerilme artışlarının minimumda kaldığı yerlerde ise hesap süresini kısaltma amacıyla elemanlar büyütülmelidir (Önalp ve Sert 2016). Şekil 3.23’de

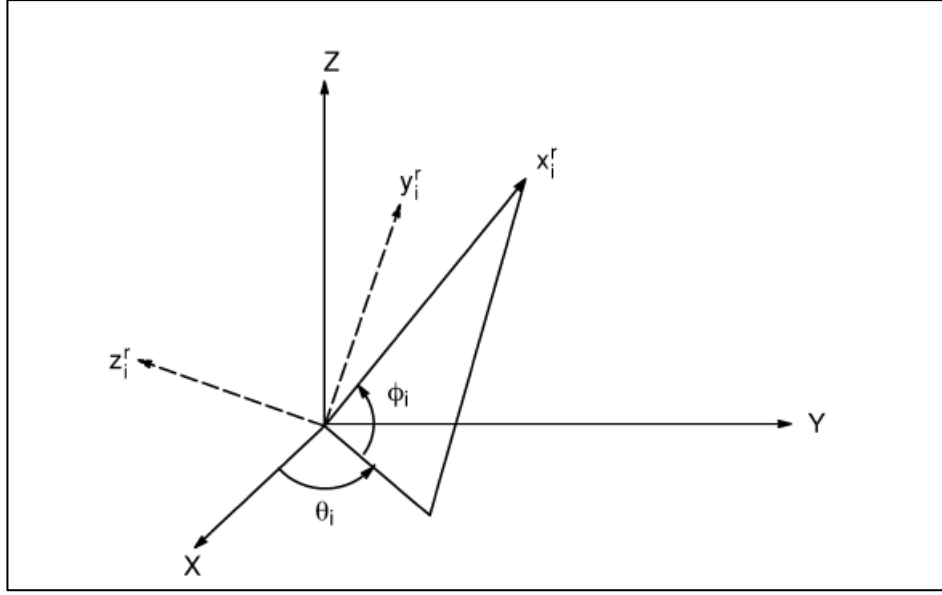
görüldüğü gibi gerilme değişimlerinin yoğun olduğu temele yakın bölgelerde sonlu eleman ağı daha sıkıdır. Yükleme noktasından uzaklaştıkça gerilmeler ve deformasyonlar daha üniform olacağı için sonlu eleman boyutları artmaktadır.



Şekil 3.23. Sonlu eleman boyutlarının kademeli değişimi

3.8.3. Eleman takviye malzemelerinin (*Real Constants*) belirlenmesi

ANSYS programında sonlu elemanların rijitlik matrislerinin hesaplanmasında kullanılan düğüm noktalarının konumu veya malzeme özellikleri gibi verilerin dışındaki tanımlamalar eleman gerçek sabitleri (*Real Constants RC*) penceresi ile yapılmaktadır. Tanımlanan her bir eleman sabitine farklı bir numara verilir ve bir eleman tipi için birden fazla eleman sabiti tanımlanması mümkündür (Dede 2006). Modelde bulunan radye temel ve kolonlar için belirlenen donatılarının tanımlanması bu gerçek sabitlerin oluşturulması ile sağlanmaktadır. Gerçek sabitler (*Real Constants-RC*) olarak girilen donatı özellikleri, donatının malzeme numarası (*MAT*), hacimsel oranını (*VR*) ve yönelim açılarını (*THETA* ve *PHI*) içermektedir (ANSYS 2015). Donatının yönlendirilmesi için kullanılan *THETA* ve *PHI* açıları Şekil 3.24’de gösterilmektedir.



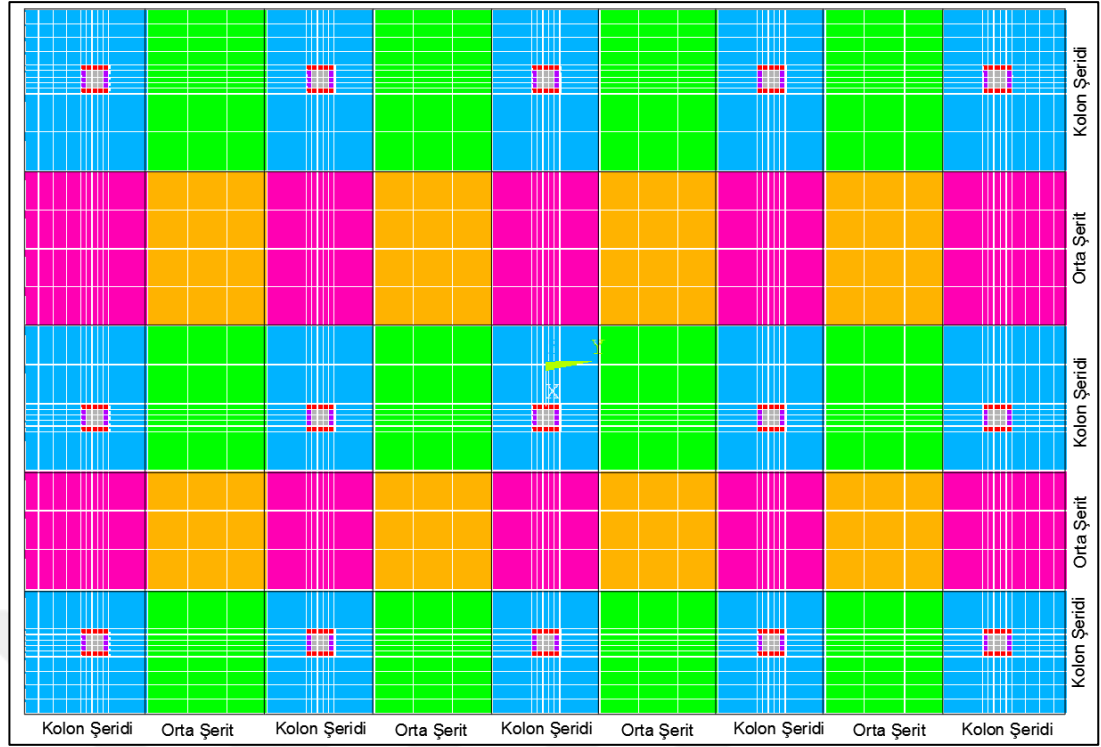
Şekil 3.24. Takviye malzeme (donatı) yönlendirilmesi

Burada;

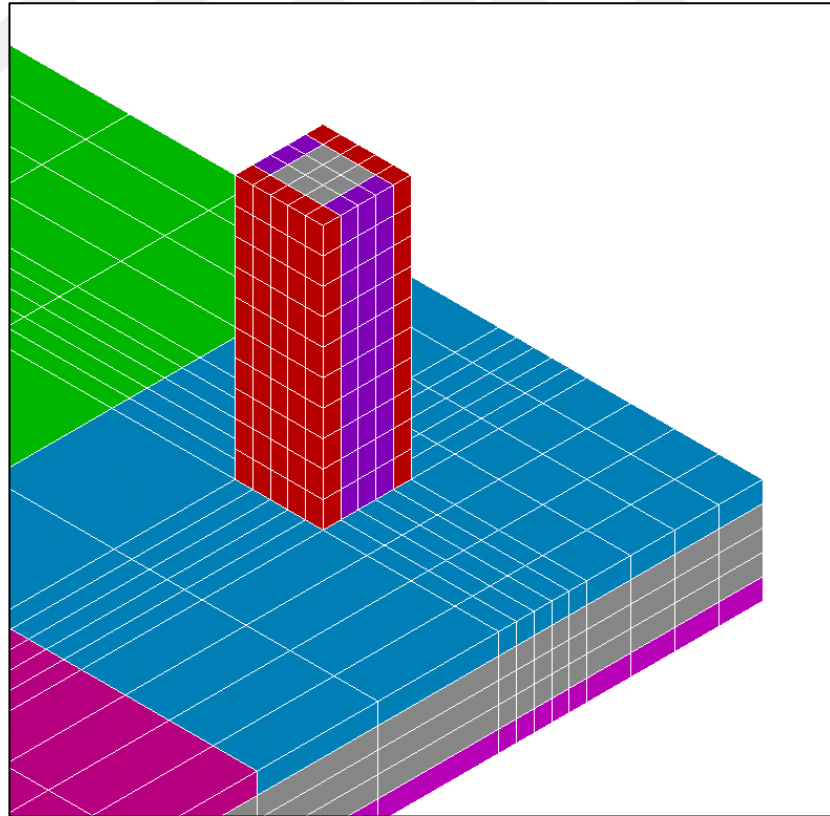
θ_i : Donatının XY Düzlemindeki izdüşümü ile X eksenini arasındaki açı

ϕ_i : Donatı ile XY Düzlemi arasında kalan açıdır.

Modelde kolonlar için boyuna donatı tasarımı TS500(2000) Denklem 7.8’de belirtilen donatı alanının kolon kesit alanına oranı en az %1 olacak şekilde belirlenmiş olup radye temelin üst ve alt yüzü için Bölüm 3.7’de hesaplanan donatı oranları kullanılmıştır. Kolonlar ve radye temelde donatılandırılan bölgeler Şekil 3.25 ve 3.26’da gösterilmektedir.



Şekil 3.25. Radye temelde donatılandırılan sonlu elemanlar



Şekil 3.26. Kolonlarda donatılandırılan sonlu elemanlar

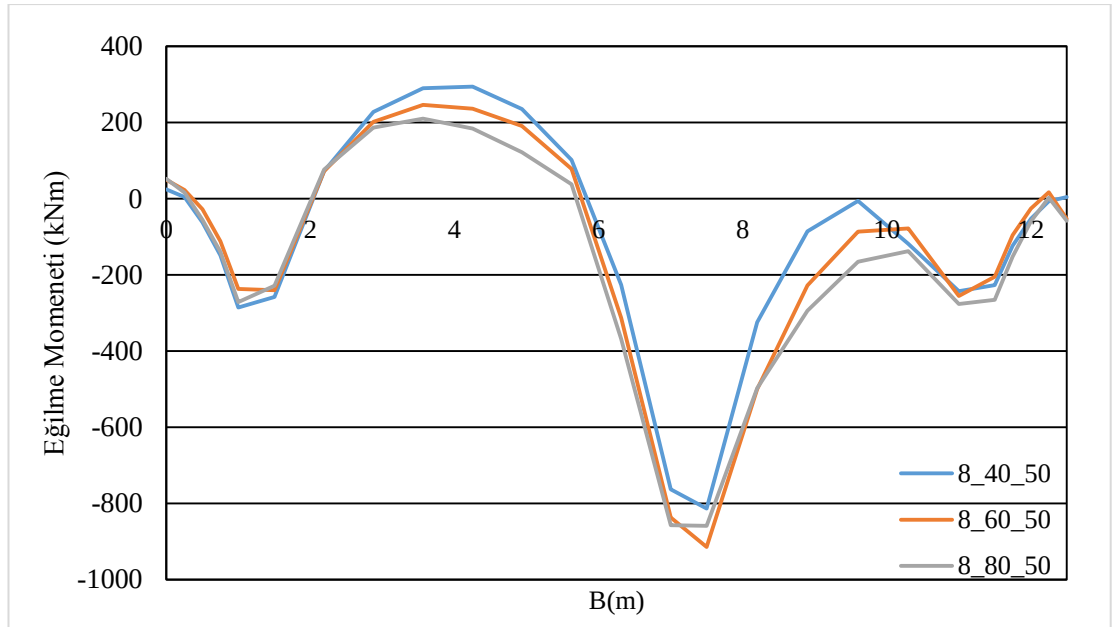
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde, prosedürü materyal ve yöntem bölümünde açıklanan çözümlemeler ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Elde edilen veriler kullanılarak, tasarım parametrelerinin sonuçlar üzerindeki etkisi incelenmiştir.

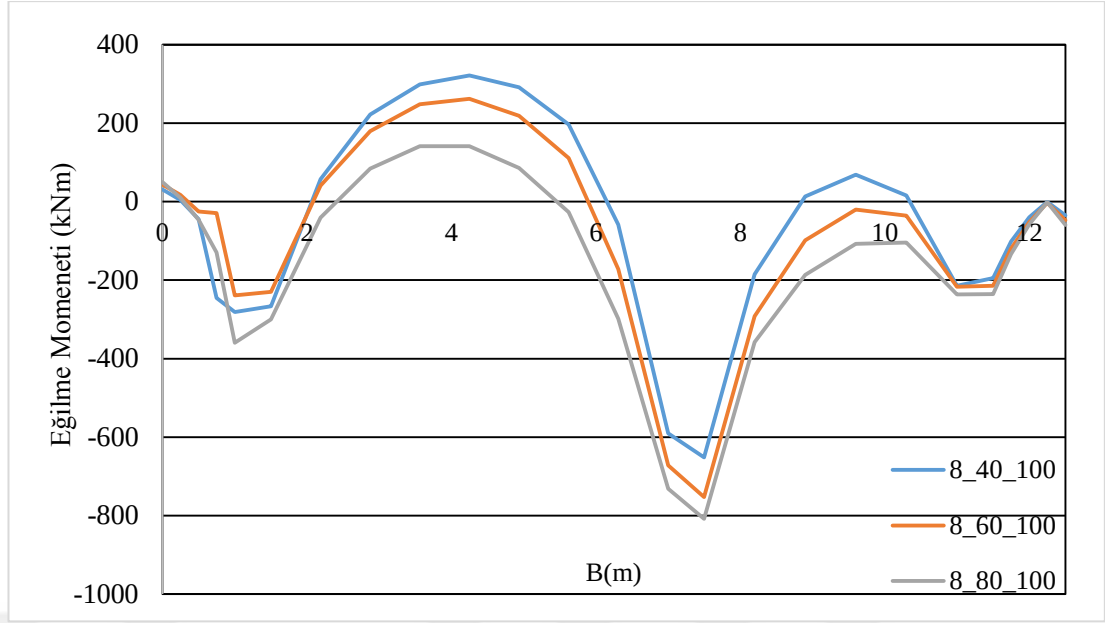
Çizelge ve şekillerde gösterilen model isimlendirmelerinde ilk değer kat yüksekliğini, ikinci değer radye temel kalınlığını (cm), son değer ise zemin kohezyonunu (kPa) temsil etmektedir. Bu bölümde sunulan verilerin detayları EK-4 – EK-10’da verilmiştir.

4.1. Radye Kalınlığının Etkisi

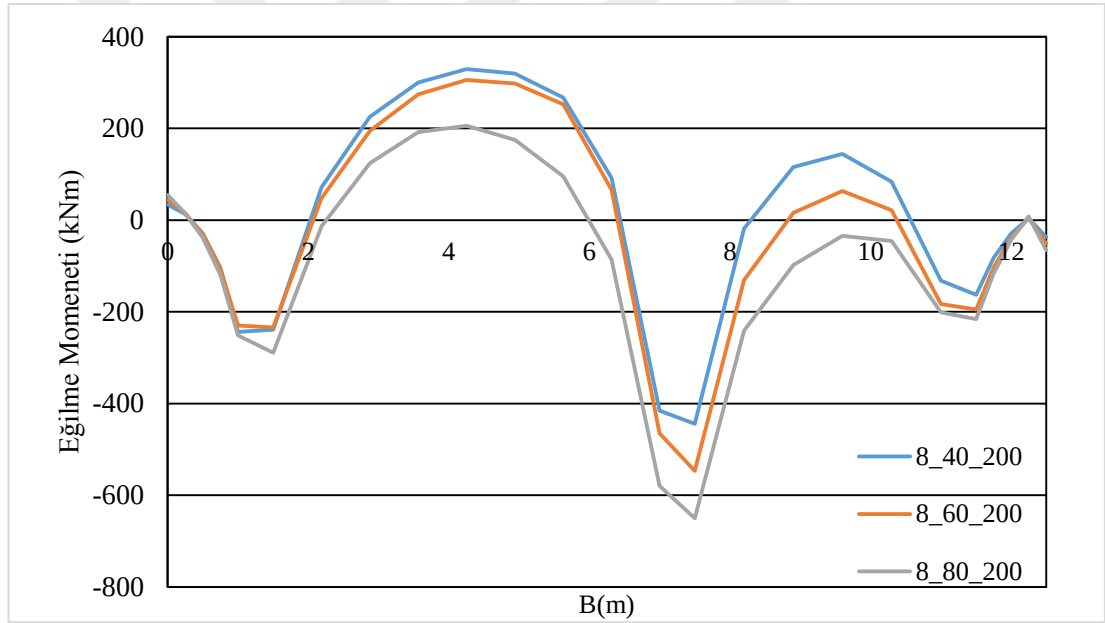
İncelemenin ilk bölümünde zemin koşullarının aynı olduğu farklı radye kalınlığına sahip modeller ele alınmıştır. Farklı radye kalınlıklarında; temel plağındaki iç kuvvetler, temelde oluşan birim boy değişimleri, oturma ve taban basıncı grafikleri mukayese edilmiştir.



(a)



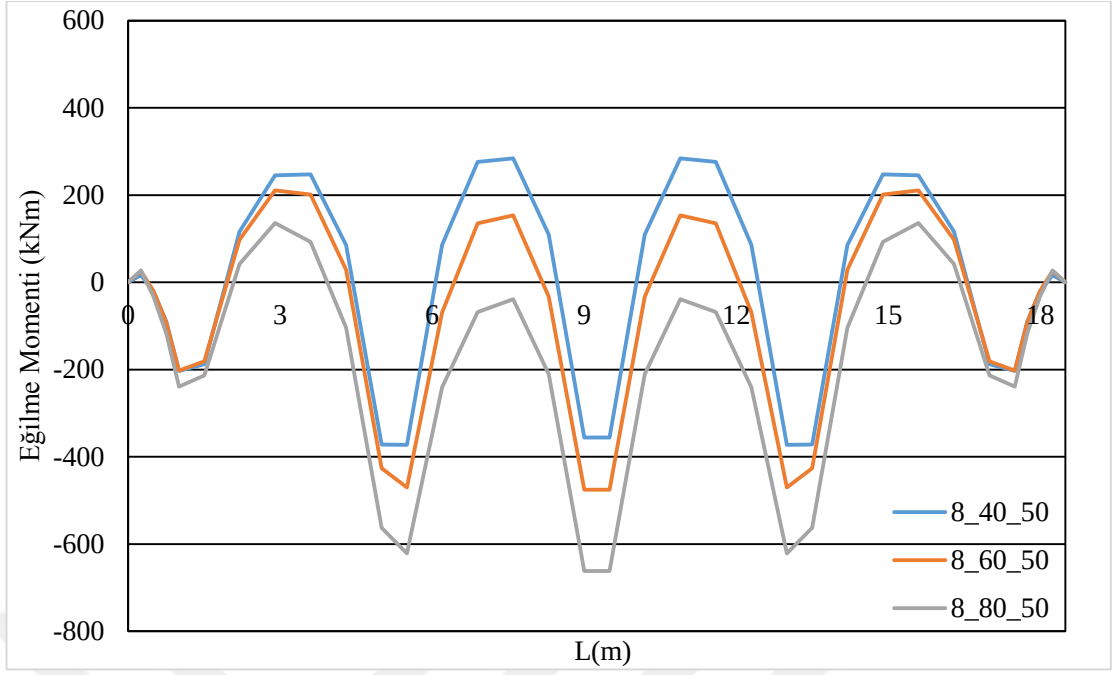
(b)



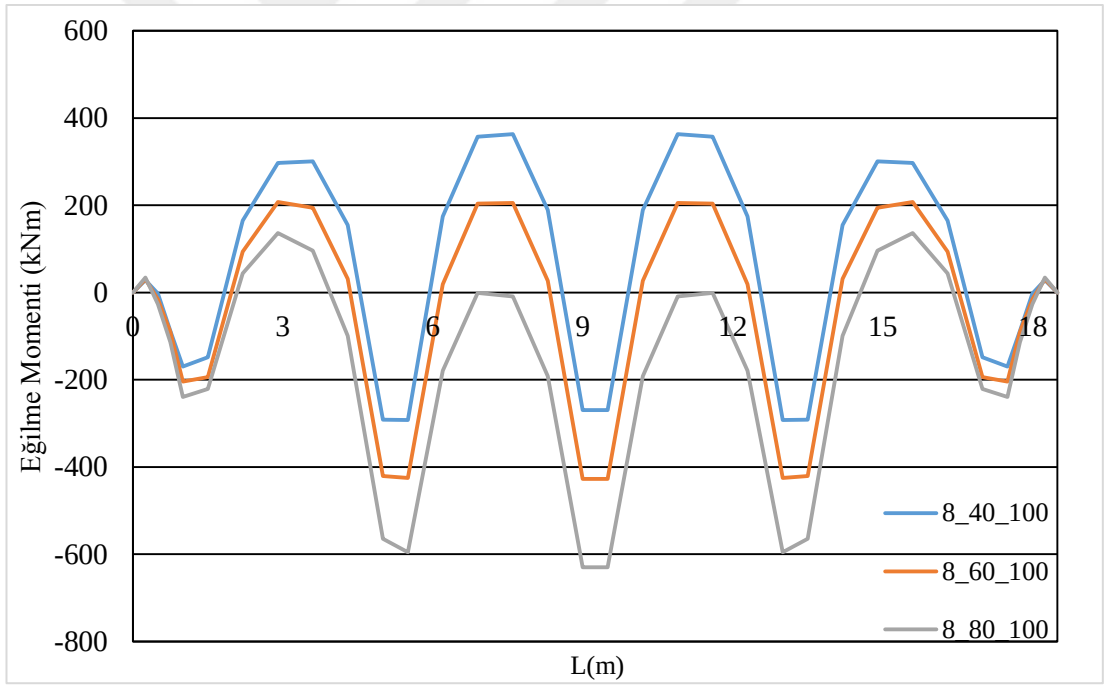
(c)

Şekil 4.1. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan eğilme momenti değişimi, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.

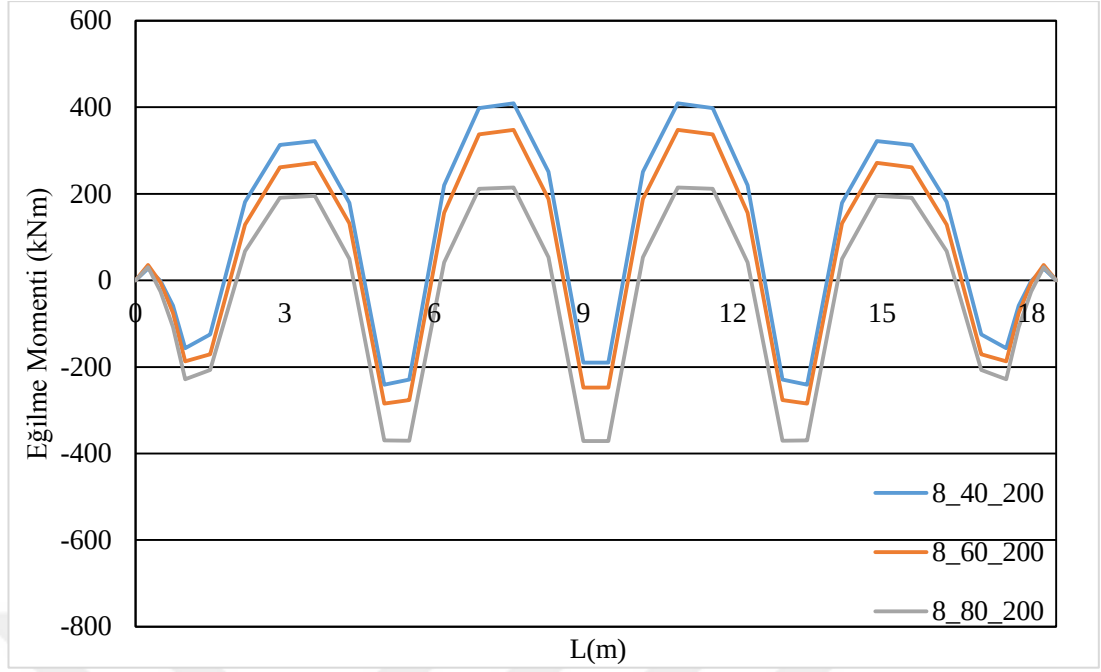
Şekil 4.1’de radye kalınlığına bağlı, kısa doğrultuda oluşan eğilme momenti değişimleri gösterilmiştir. Radye kalınlığının artması, dolayısıyla temel rijitliğinin artması nihai momentin mesnet bölgelerinde artışına, açıklık bölgelerinde ise azalmasına neden olmaktadır.



(a)



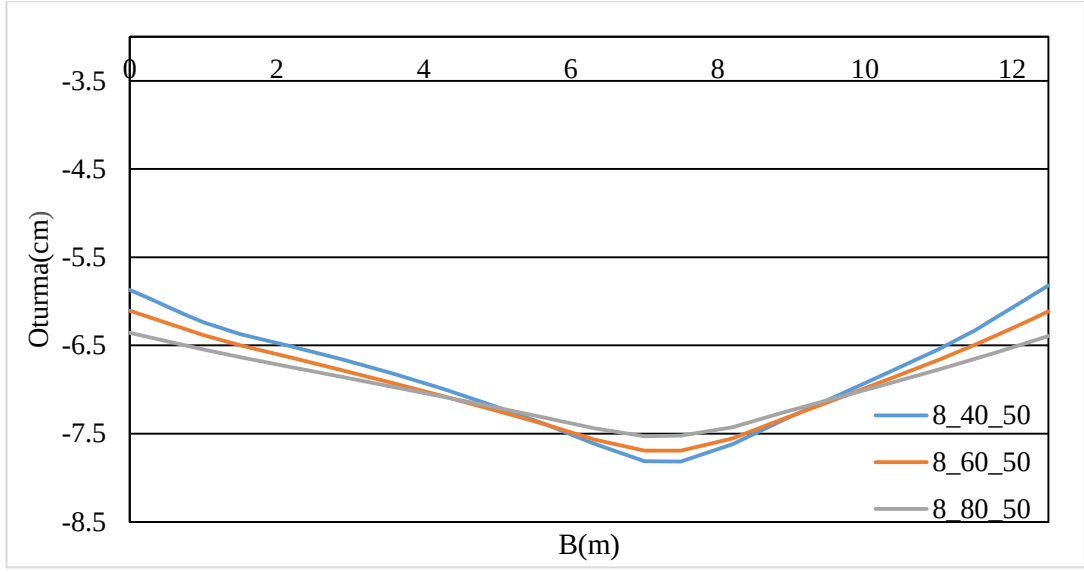
(b)



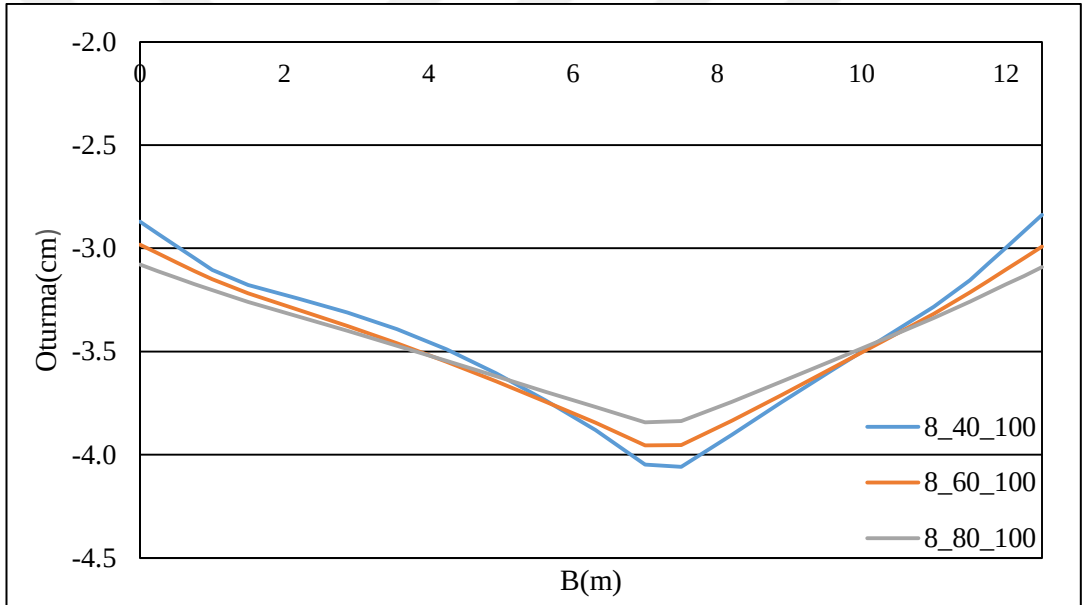
(c)

Şekil 4.2. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan eğilme momenti değişimi, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.

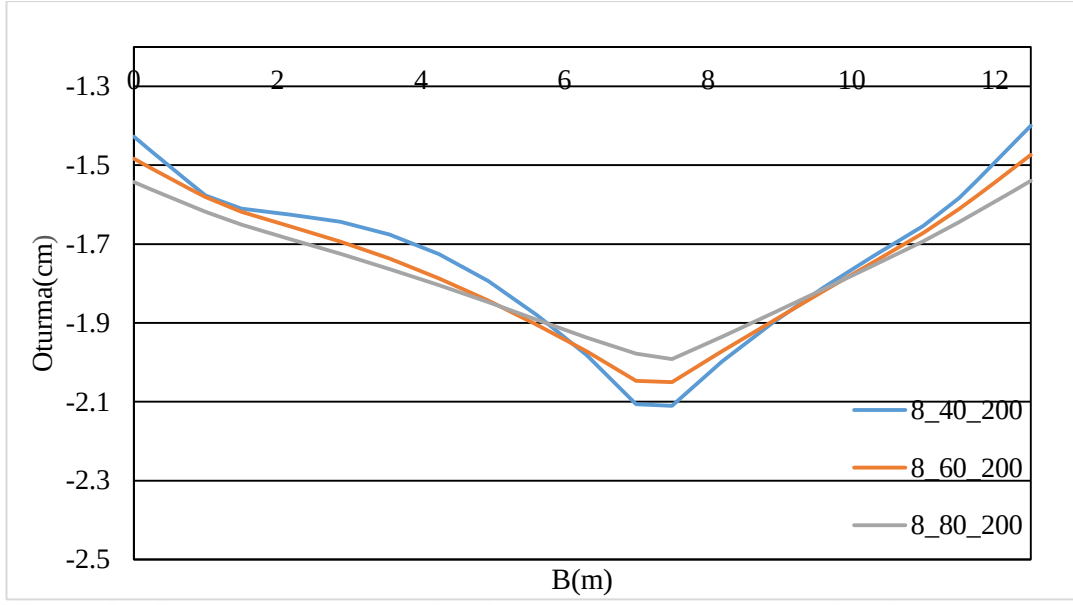
Kısa doğrultu grafiklerine benzer olarak uzun doğrultuda da radye kalınlığının artması mesnet momentlerinde artışa, açıklık momentlerinde ise azalmaya neden olmuştur. Radye kalınlığının eğilme momenti üzerindeki etkilerini incelendiği çalışmalarda Tabs El-Emam (2014), artan radye kalınlığı karşısında pozitif ve negatif momentler arasındaki farkın azaldığı, Tanaydın (2008) ise Şekil 4.1 ve 4.2’de sunulan verilere benzer olarak negatif moment büyüklüğünün arttığı, pozitif moment değerlerinde ise azaldığı sonucuna varmıştır.



(a)

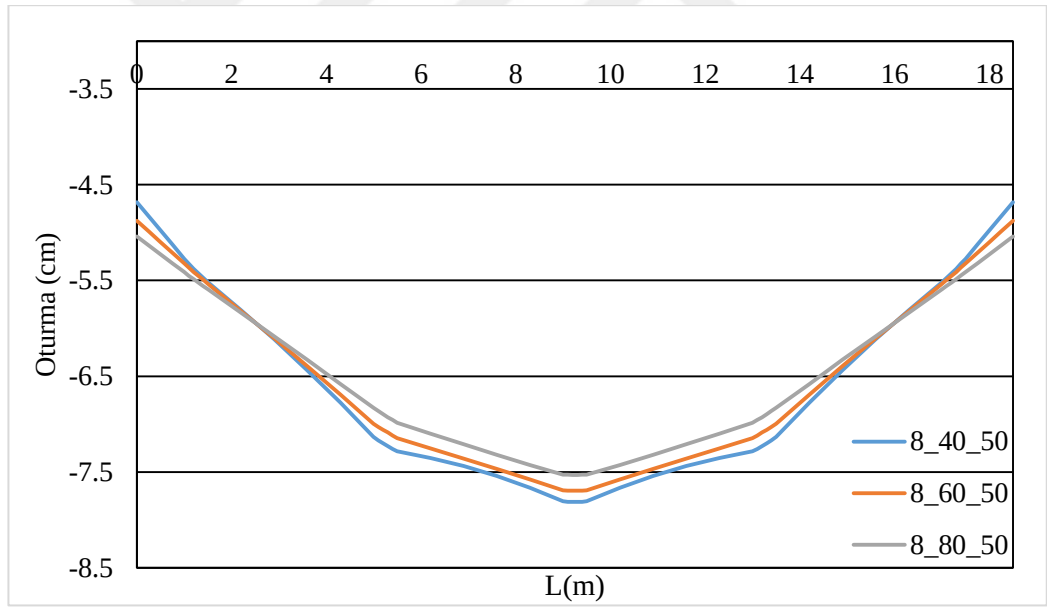


(b)

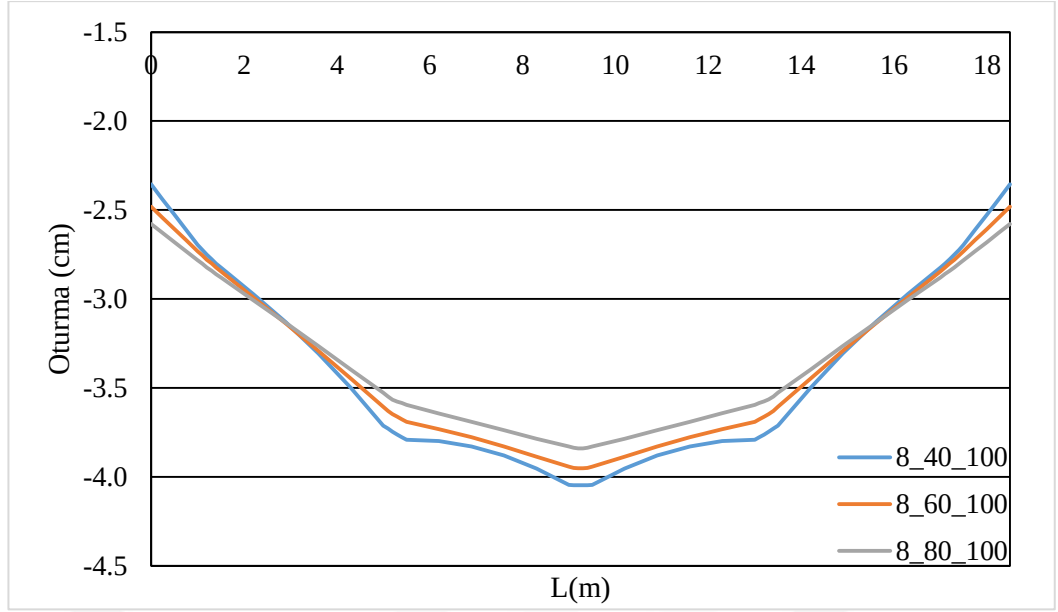


(c)

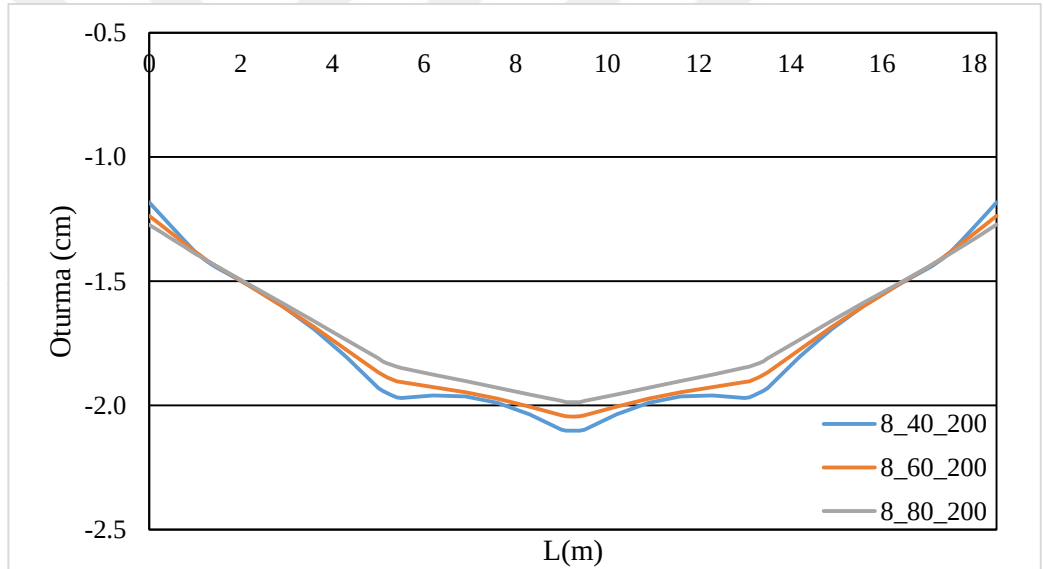
Şekil 4.3. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan oturma grafiği, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.4. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan oturma grafiği, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.

Şekil 4.3 ve 4.4’de radye kalınlığının yük altında temelde oluşan oturma dağılımı üzerindeki etkileri gösterilmektedir. Grafiklerde her iki doğrultuda da benzer olarak, artan radye kalınlığının farklı oturmaları azalttığı ve daha üniform bir oturma dağılımının oluştuğunu görülmektedir. Bu durum literatürdeki birçok çalışma (Sinha and Poulos 1996; Tanaydın 2008; Thangaraj and Ilamparuthi 2010) ile benzerlik göstermektedir.

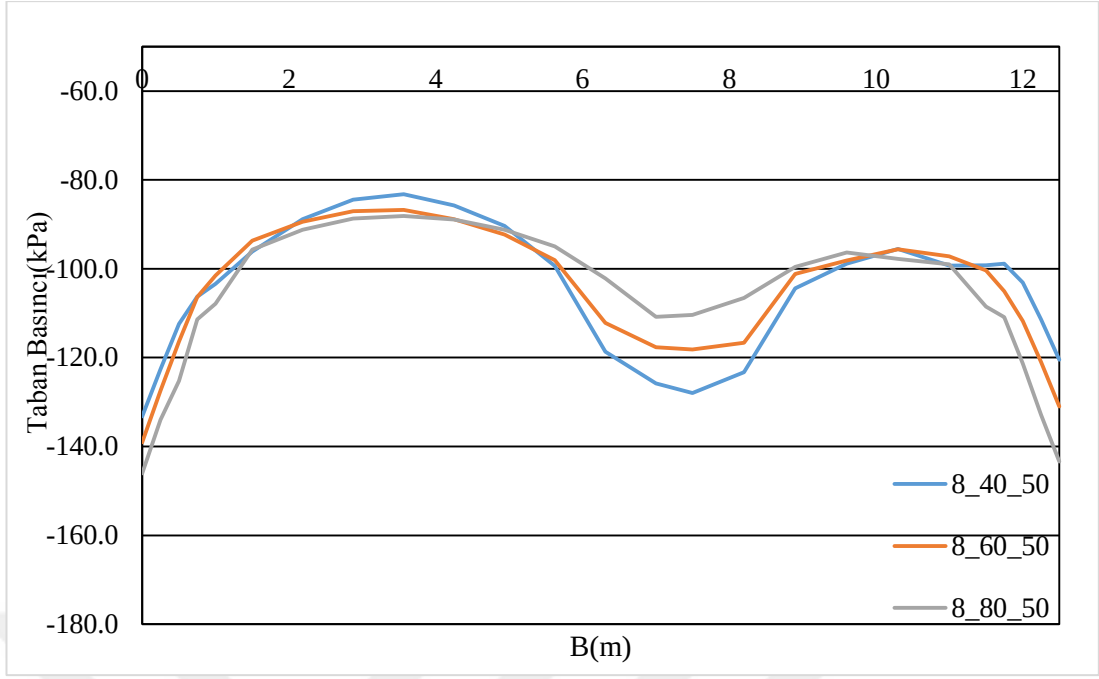
Çizelge 4.1’de farklı radye kalınlığı ve zemin rijitliğine bağlı olarak oluşan farklı oturma değerleri verilmiştir. Artan radye kalınlığının yanı sıra zemin rijitliğindeki artışın da farklı oturmaları azalttığı görülmektedir. Çizelge 4.2’de minimum kalınlık referans alınarak radye kalınlığına bağlı farklı oturma değerlerindeki azalışlar gösterilmiştir. Özellikle aks açıklığının fazla olduğu kısa doğrultuda radye kalınlığının oturmalar üzerindeki etkinliğinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Radye ve zemin rijitliğine bağlı oluşan farklı oturma değerleri (cm)

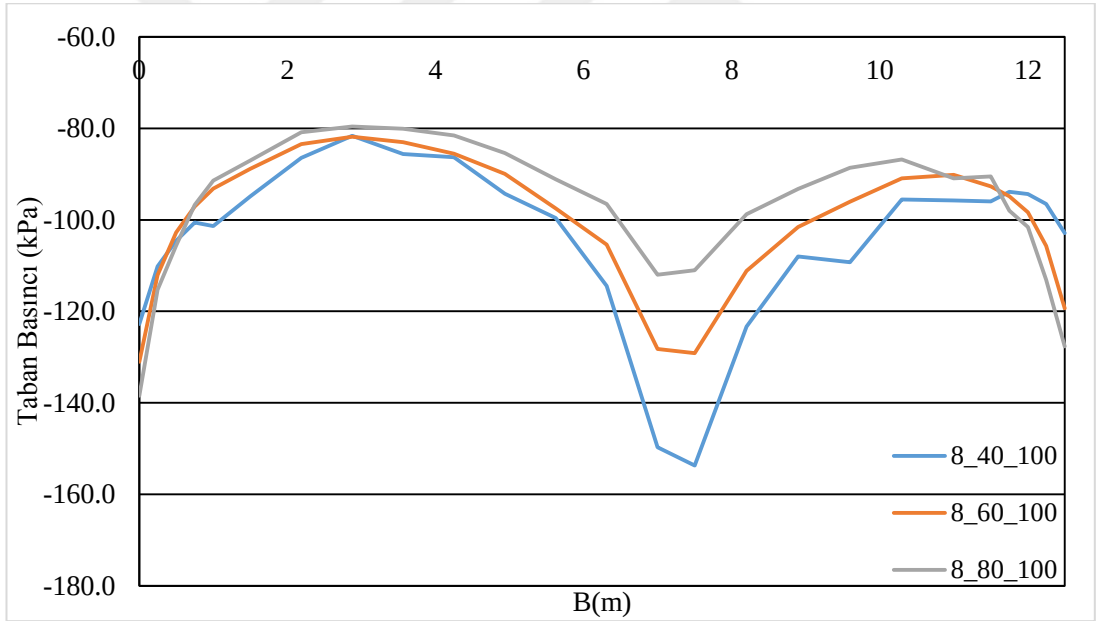
	Radye Kalınlığı (cm)	Zayıf Zemin	Orta Sert Zemin	Sert Zemin
Kısa Doğrultu	40	1,99	1,22	0,71
	60	1,58	0,97	0,58
	80	1,17	0,76	0,45
Uzun Doğrultu	40	3,13	1,69	0,92
	60	2,82	1,47	0,81
	80	2,49	1,26	0,71

Çizelge 4.2. Radye kalınlığı ve zemin durumuna bağlı olarak farklı oturmalarındaki azalış miktarı (%).

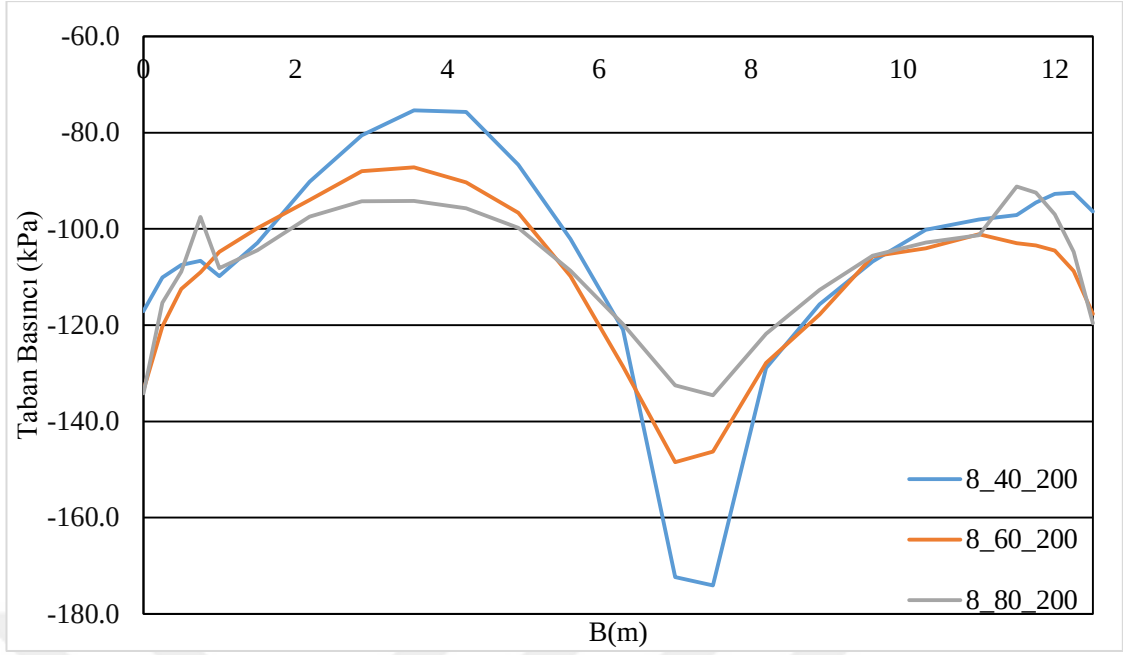
	Radye Kalınlığı (cm)	Zayıf Zemin	Orta Sert Zemin	Sert Zemin
Kısa Doğrultu	40	0,0	0,0	0,0
	60	20,3	19,6	18,9
	80	41,1	36,8	36,4
Uzun Doğrultu	40	0,0	0,0	0,0
	60	9,9	13,1	12,1
	80	20,4	25,4	22,3



(a)

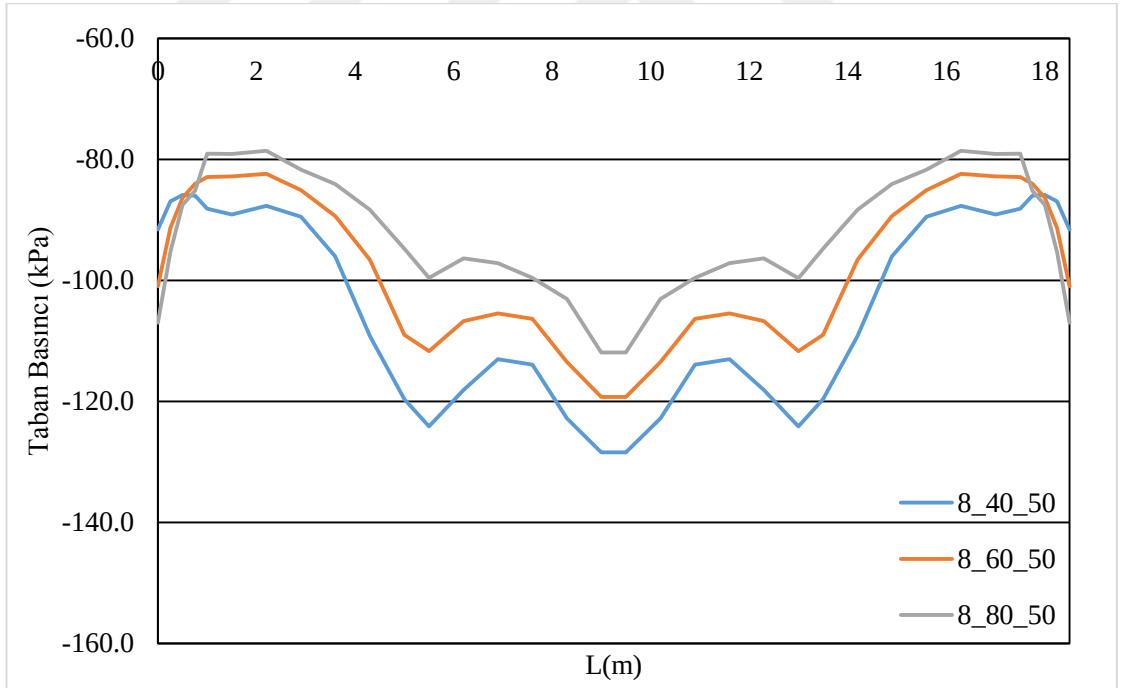


(b)

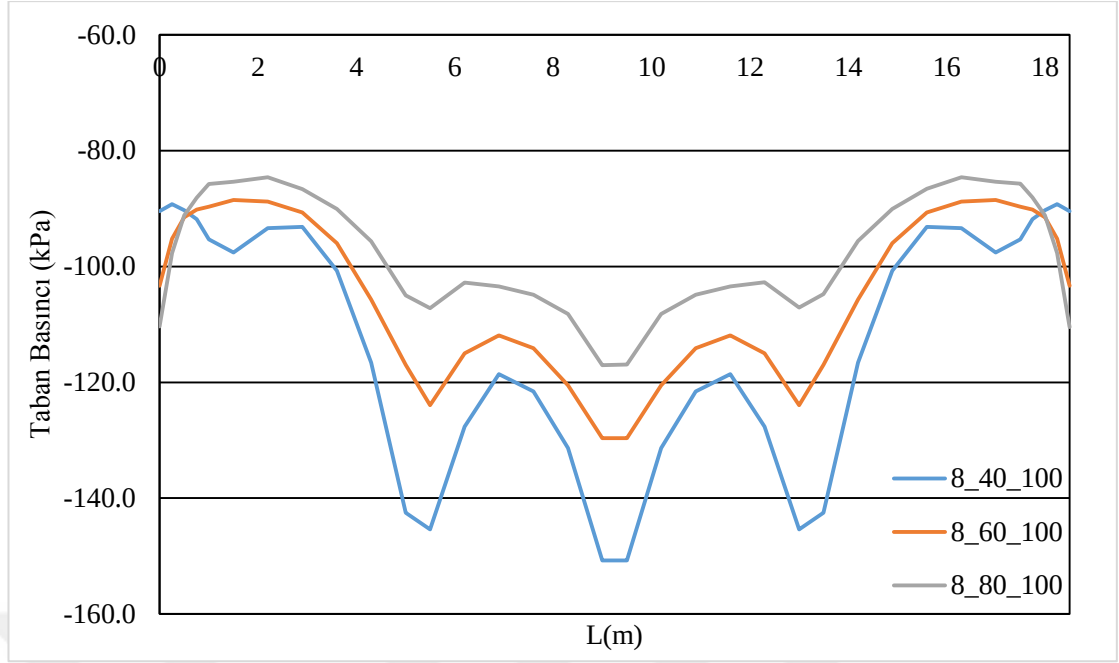


(c)

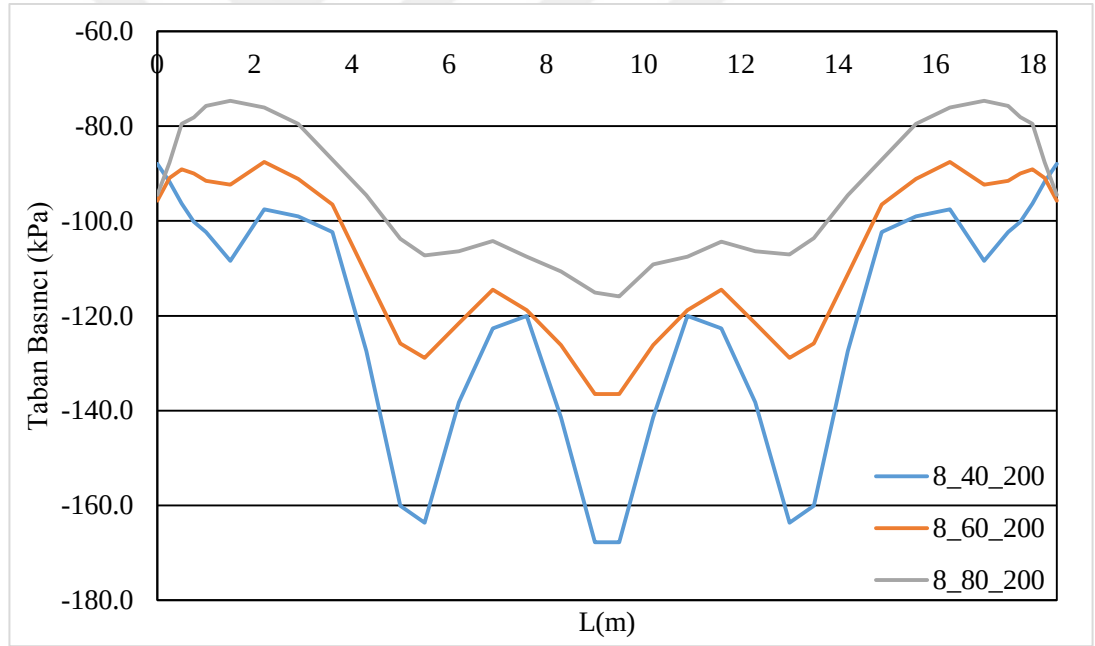
Şekil 4.5. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan taban basıncı grafiği, (a) zayıf, (b) orta sert,(c) sert zemin.



(a)



(b)



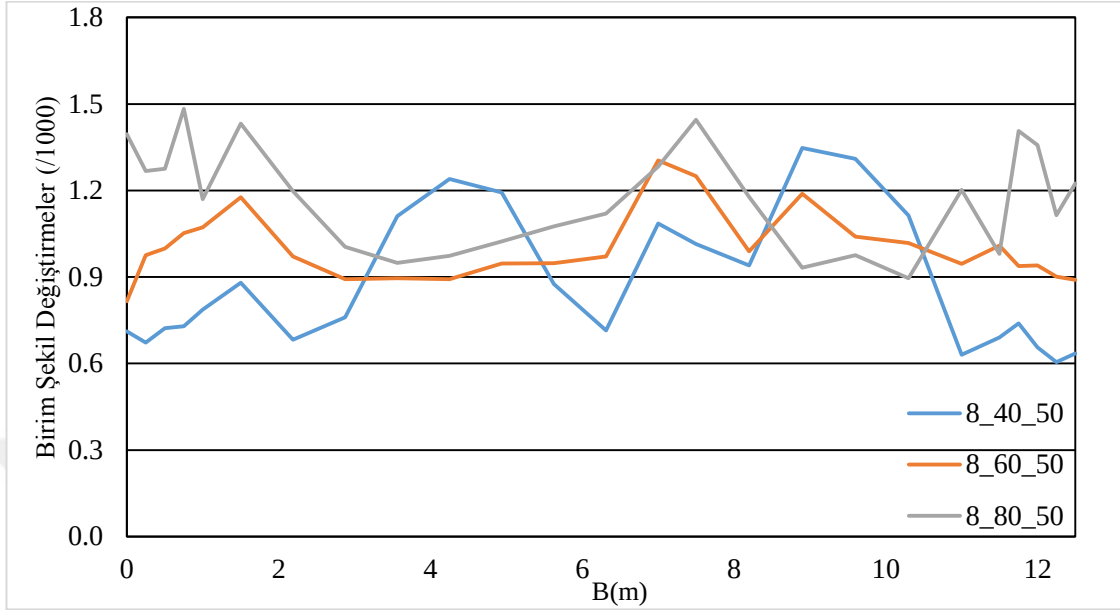
(c)

Şekil 4.6. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan taban basıncı grafiği, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.

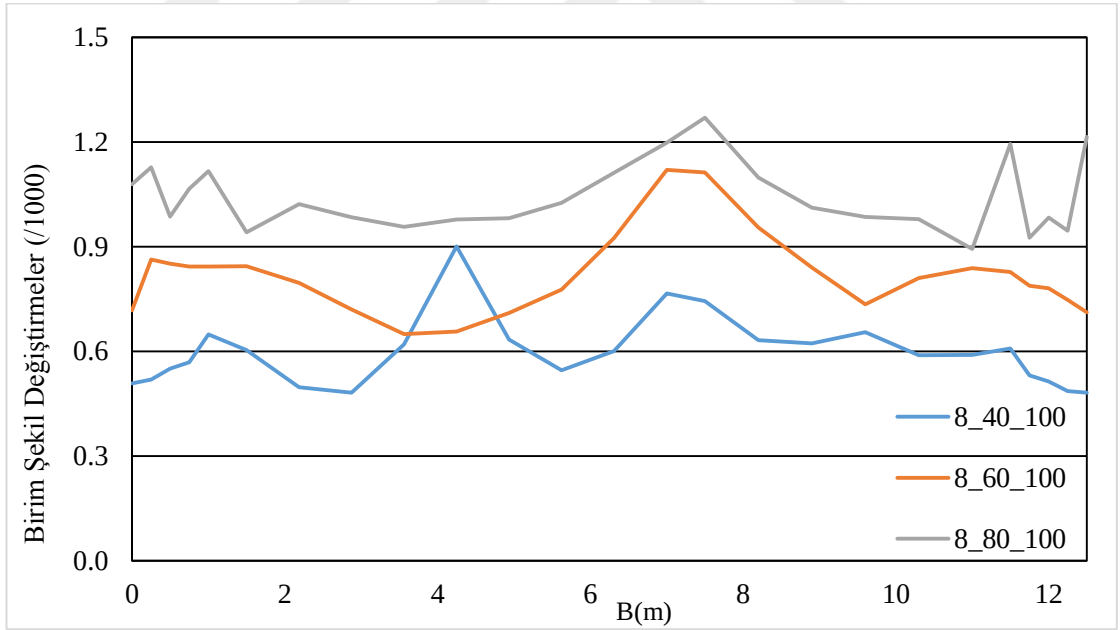
Şekil 4.5 ve 4.6’da radye kalınlığı ile taban basıncı arasındaki ilişki gösterilmiştir. Oturma grafikleri ile benzer olarak radye kalınlığının artması taban basıncında daha uniform bir dağılım oluşturmıştır. Elde edilen sonuçlarda, nihai taban basıncının radye kalınlığının artışına bağlı olarak %13 ile %30 arasında azaldığı görülmüştür. Tanaydın (2008), radye kalınlığı ile temas basıncı arasındaki ilişkinin ihmal edilebilir düzeyde

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

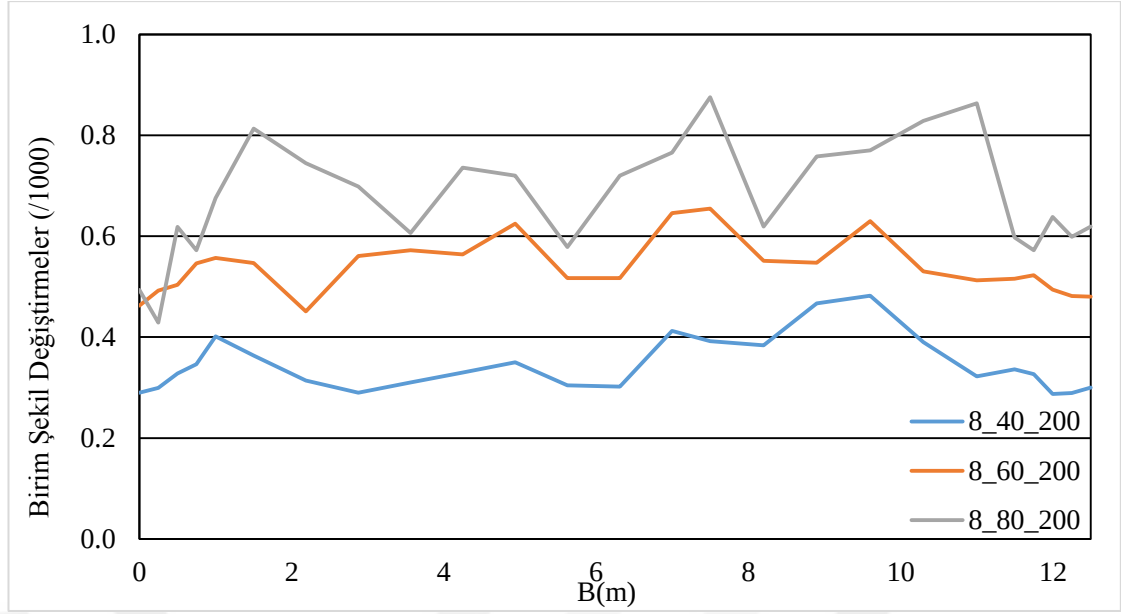
olduğunu belirtse de elde edilen veriler radye kalınlığı ile taban basınç dağılımları arasındaki ilişkinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.



(a)



(b)



(c)

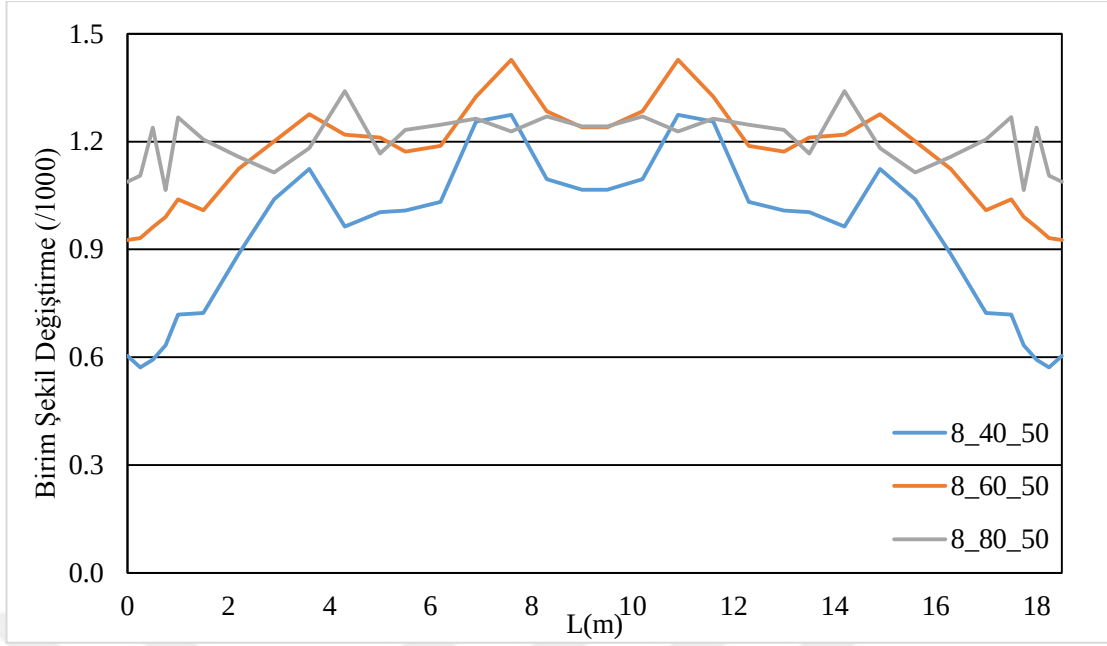
Şekil 4.7. Radye kalınlığı ile kısa doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.

Kısa doğrultuda radye tabanında meydana gelen birim şekil değiştirmeler Şekil 4.7’de verilmiştir. Şekil 4.7a’da radye kalınlığı ile birim boy değişimi arasında sağlıklı bir ilişki olmadığı görülmüştür. Şekil 4.7b ve 4.7c’de ise radye kalınlığının artması ile birim şekil değiştirmelerin arttığı görülmüştür. Bu dağılımın radye kalınlığının yanında tasarımda kullanılan donatı oranlarının da etkili olduğu düşünülmektedir. Çizelge 4.3’de farklı radye kalınlıkları için kullanılan donatı oranları ile radye tabanında oluşan ortalama birim şekil değiştirme değerleri karşılaştırılmıştır.

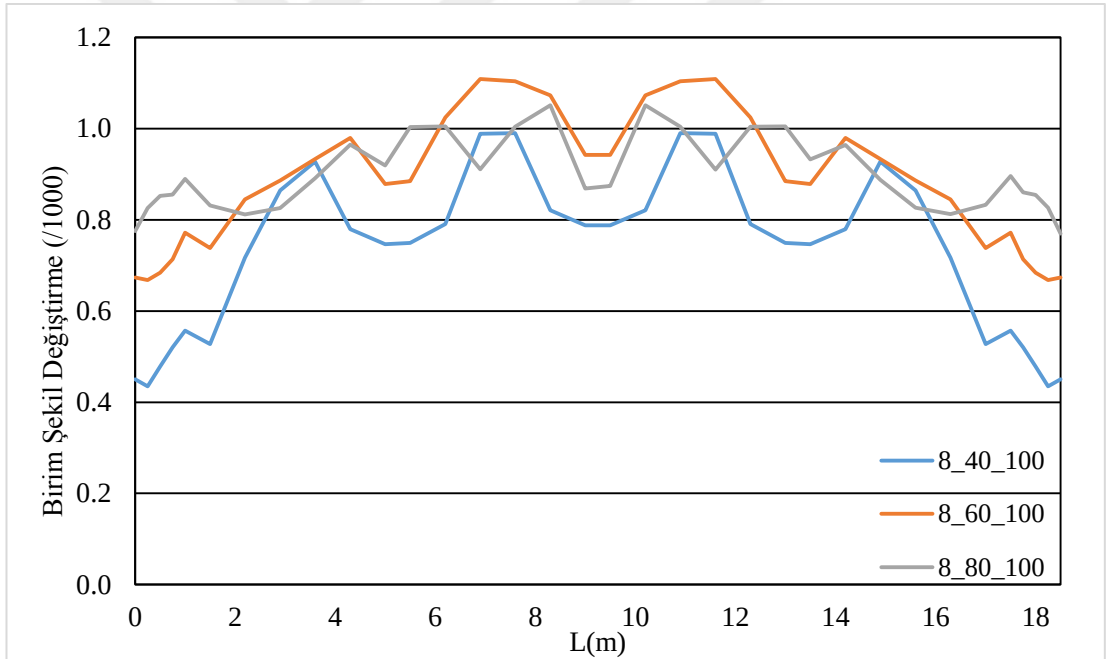
Çizelge 4.3. Farklı radye kalınlıkları için hesaplanan donatı oranlarının birim şekil değiştirmelere etkisi.

Radye Kalınlığı (cm)	Donatı Oranı	Ortalama Birim Şekil Değişimleri ($\times 10^{-3}$)		
		Zayıf Zemin	Orta Sert Zemin	Sert Zemin
40	0,01501	0,87	0,60	0,34
60	0,00618	1,00	0,82	0,54
80	0,00342	1,17	1,04	0,68

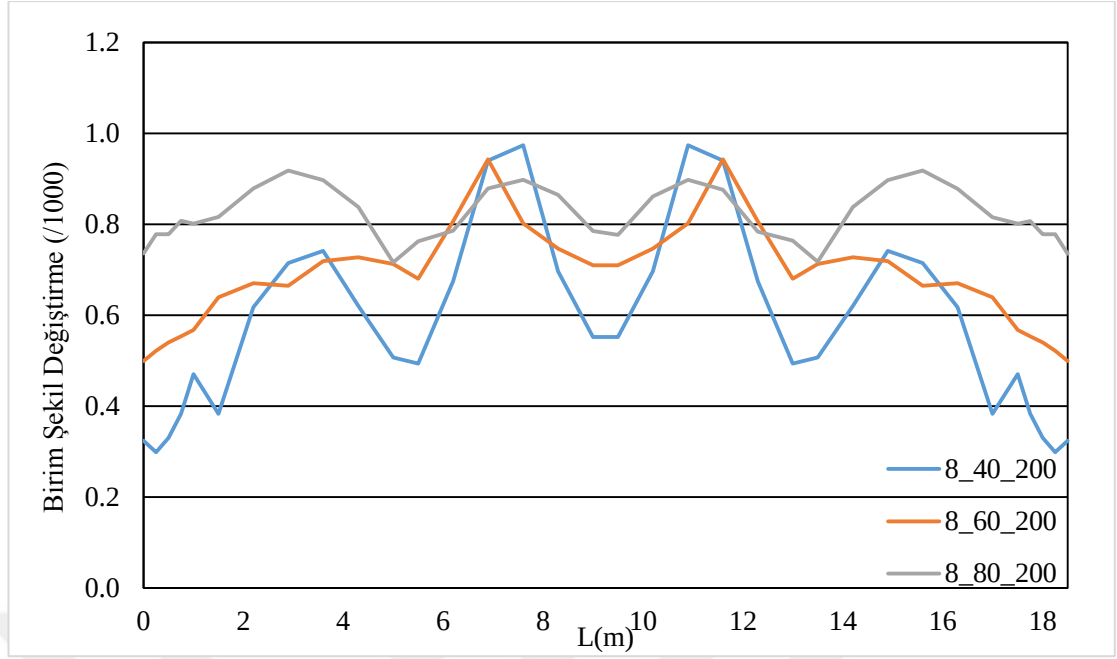
Çizelge 4.3’de verilen değerler incelendiğinde, radye temelde oluşan birim şekil değiştirmeler üzerinde, temel ve zemin özelliklerinin yanı sıra donatı oranının da etkili olduğu düşünülmektedir.



(a)



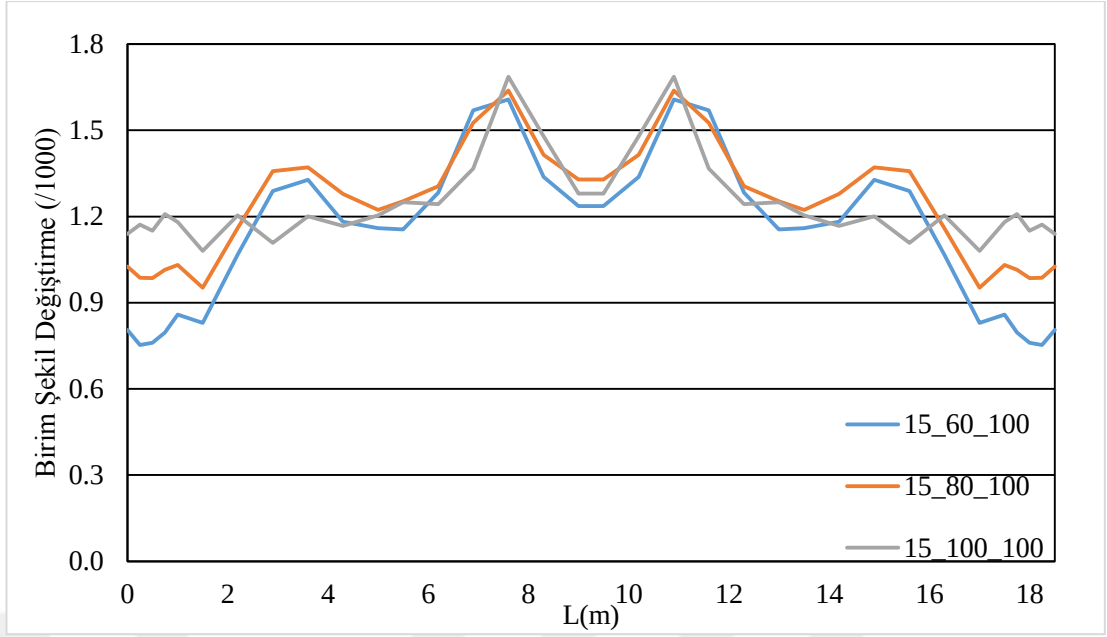
(b)



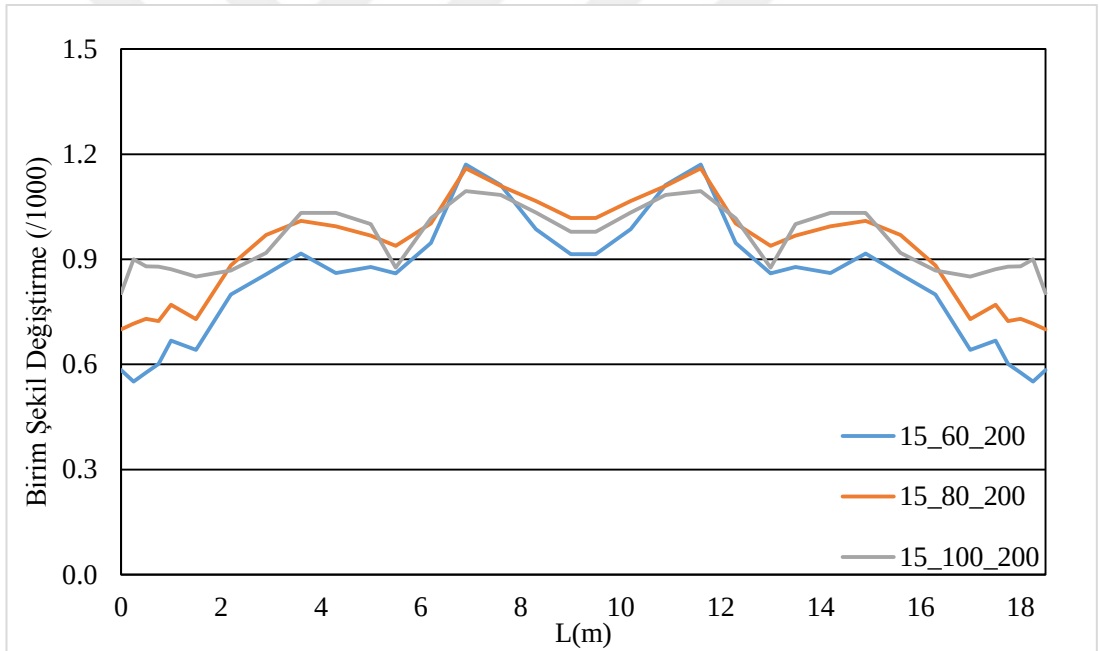
(c)

Şekil 4.8. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) zayıf, (b) orta sert, (c) sert zemin.

Şekil 4.8’de sunulan grafiklerde birim boy değişiminin uzun doğrultudaki dağılımları verilmiştir. Kısa doğrultuya nispeten daha tutarlı dağılımların elde edilmesinin yanı sıra pik değerlerin açıklık bölgelerinde oluşması söz konusu davranışın, kullanılan donatı oranlarıyla ilişkilendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bahsi geçen durumun daha net görülmesi için Şekil 4.9’da 15 katlı yapı yükü altında oluşan birim boy değişimleri sunulmuştur.

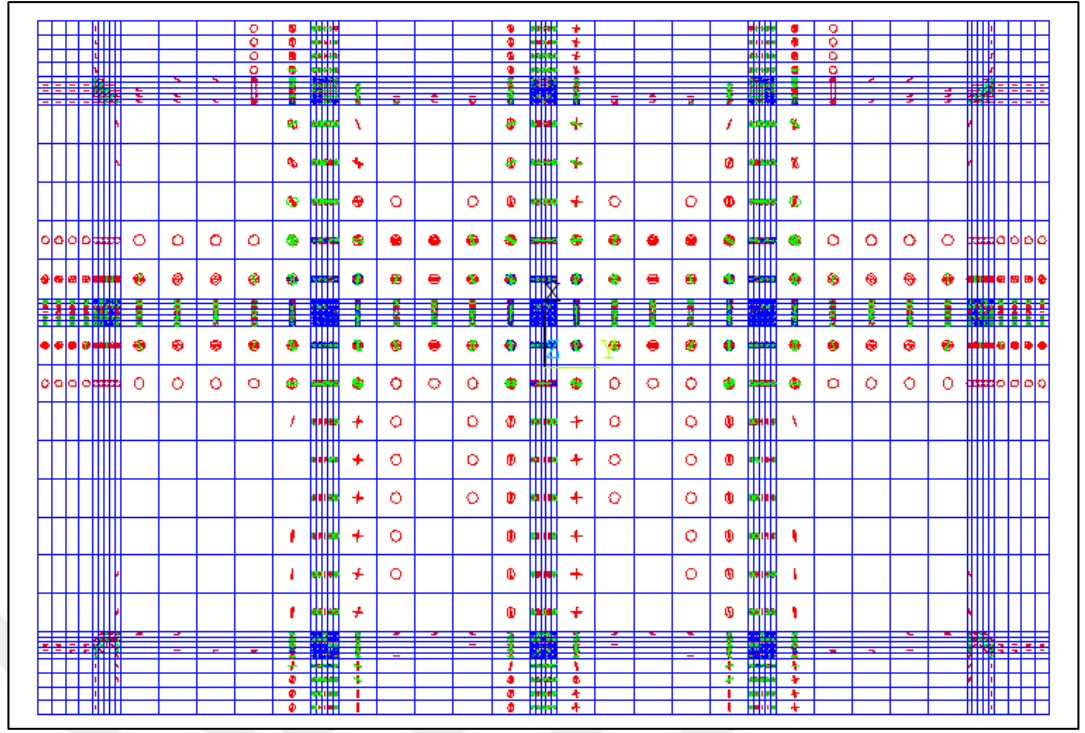


(a)

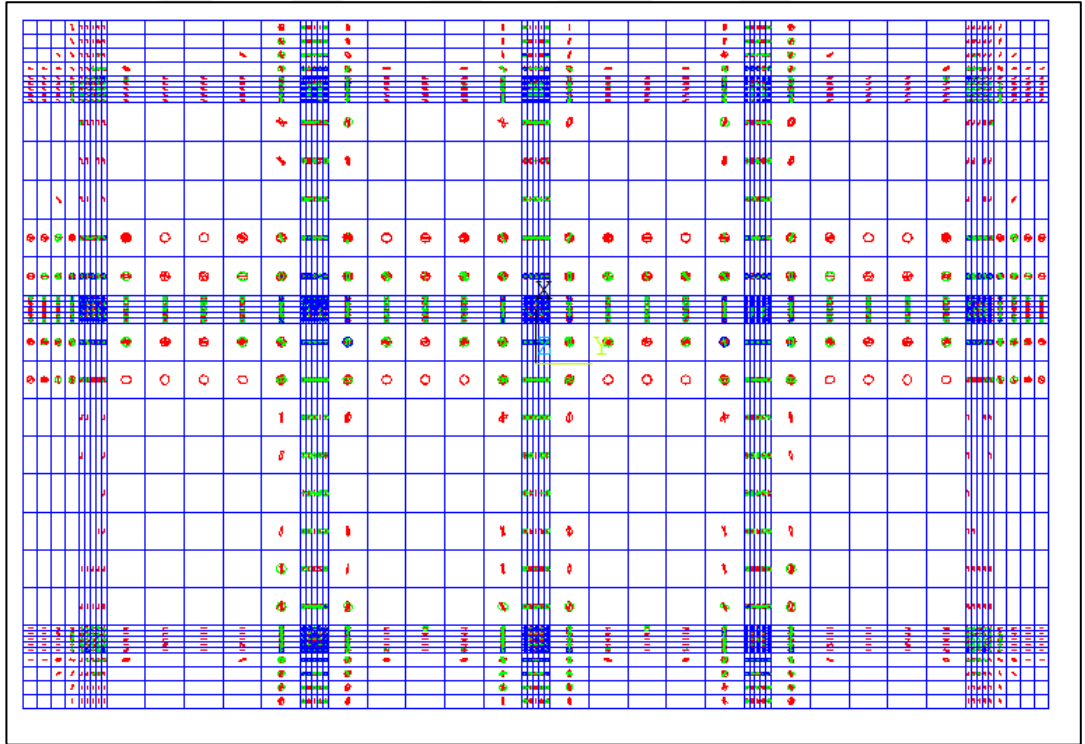


(b)

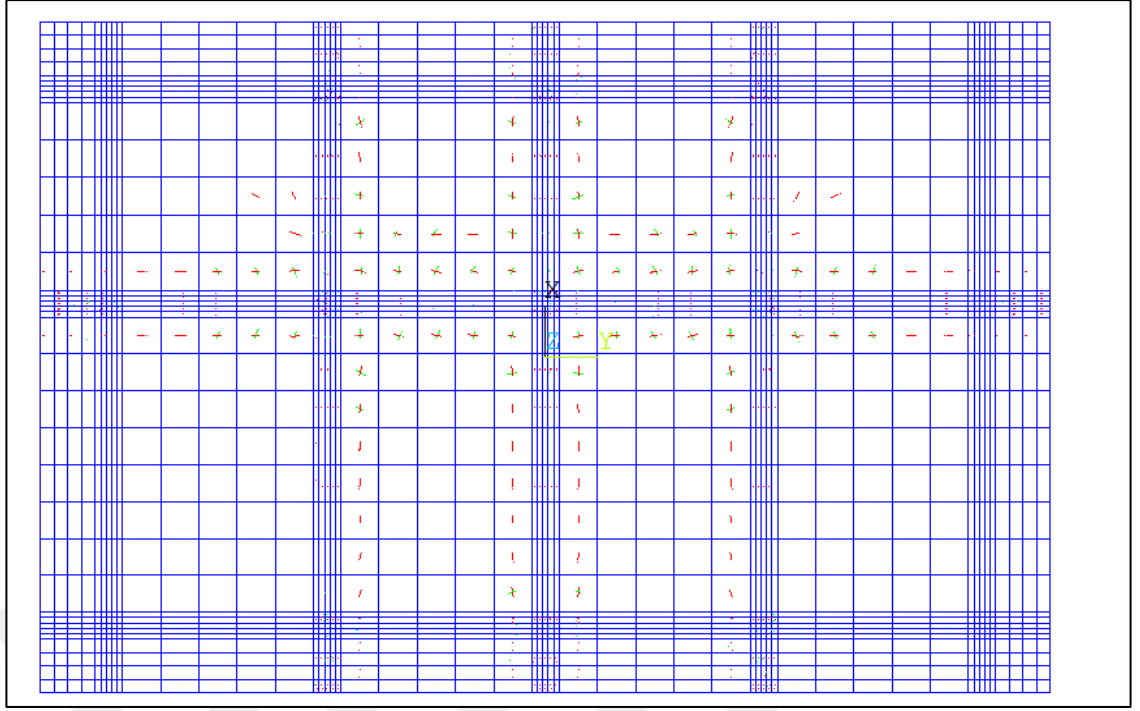
Şekil 4.9. Radye kalınlığı ile uzun doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) orta sert, (b) sert zemin.



(a)

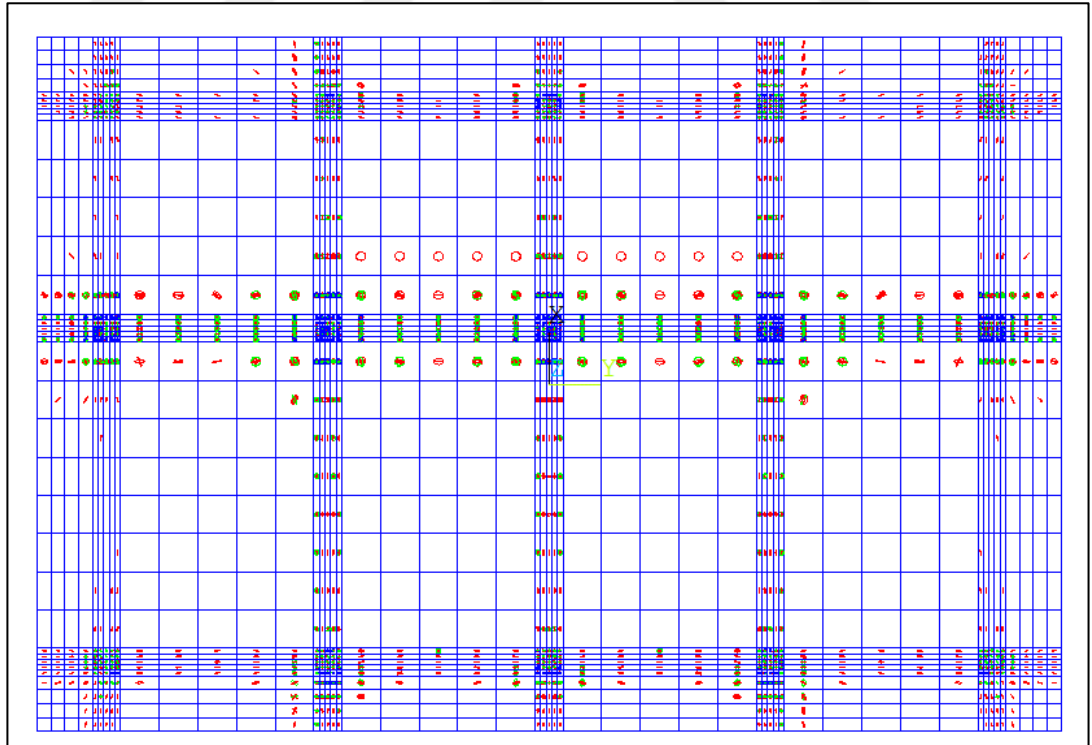


(b)

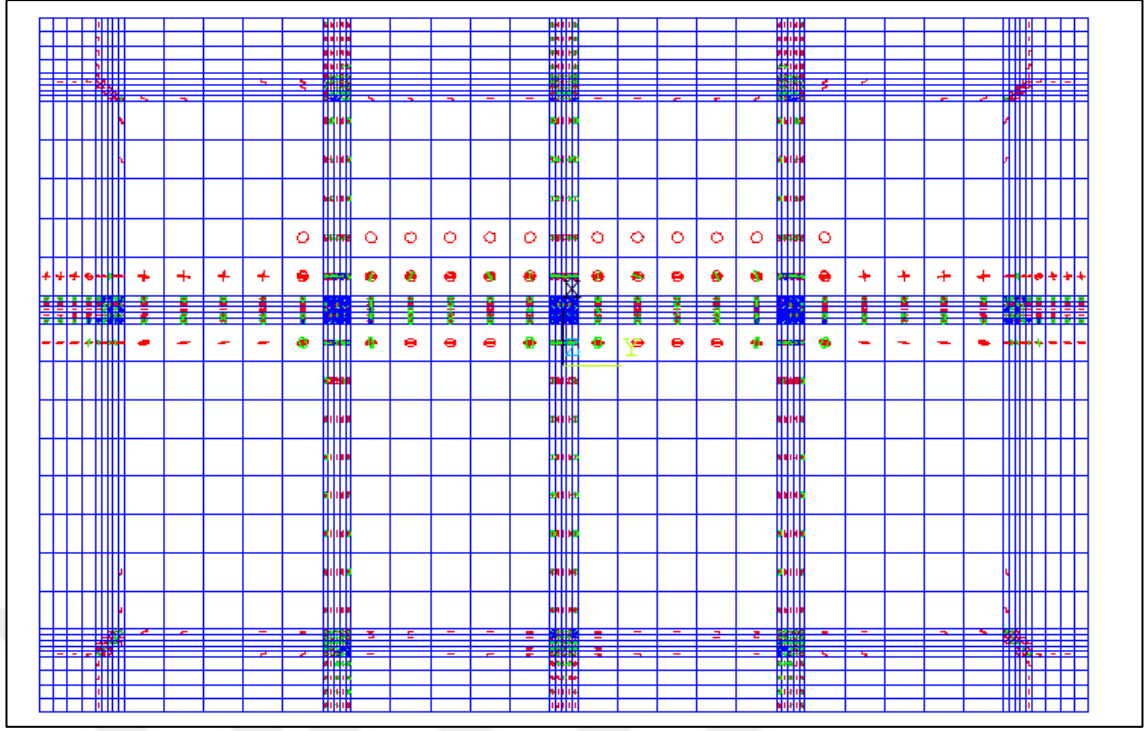


(c)

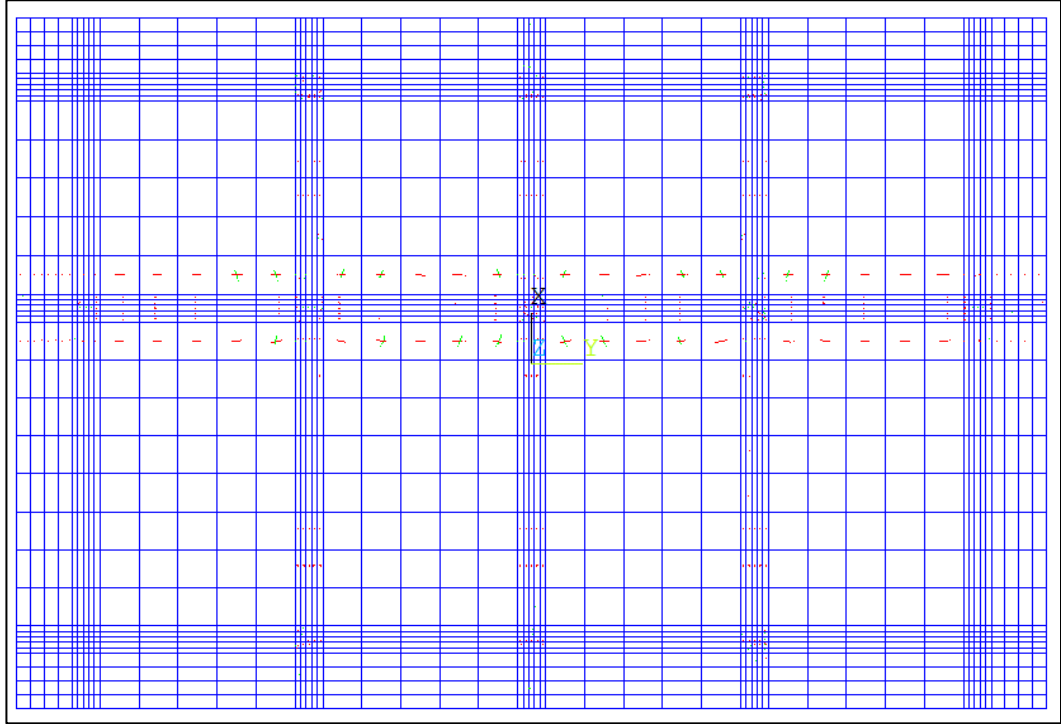
Şekil 4.10. Zayıf zemin durumunda temel kalınlığının çatlak oluşumları üzerindeki etkisi, (a) 40cm, (b) 60cm, (c) 80cm.



(a)

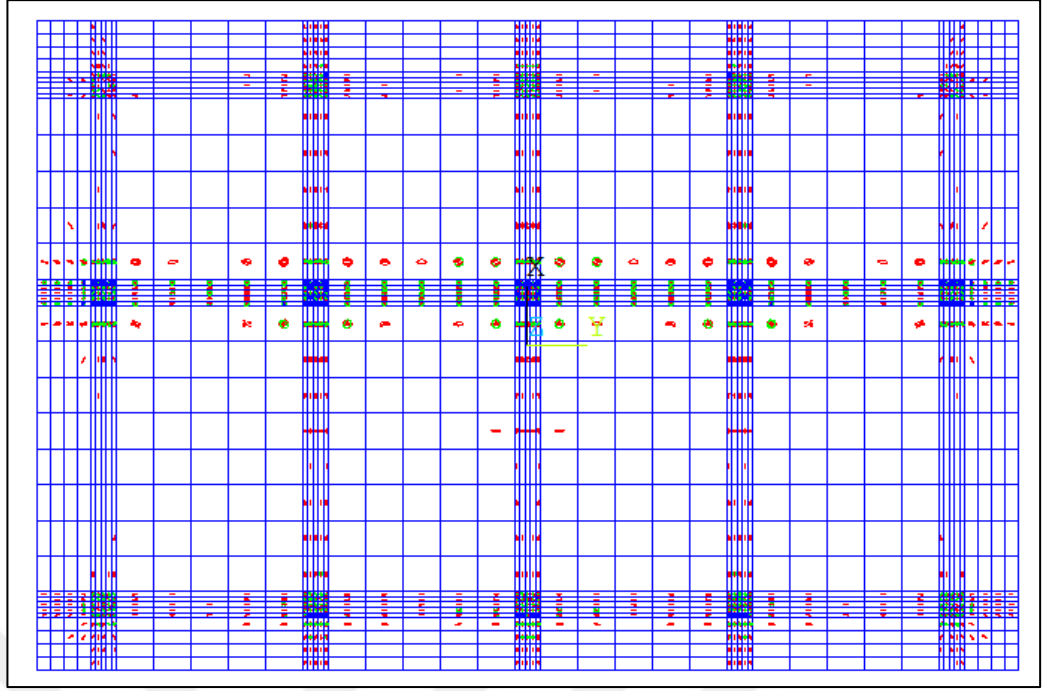


(b)

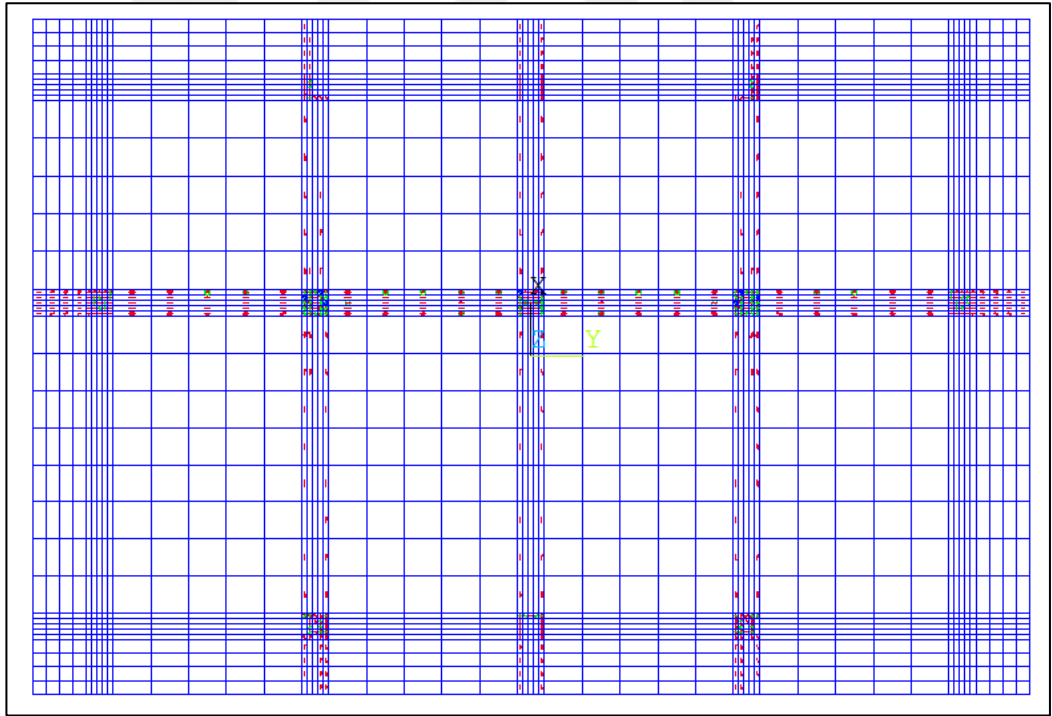


(c)

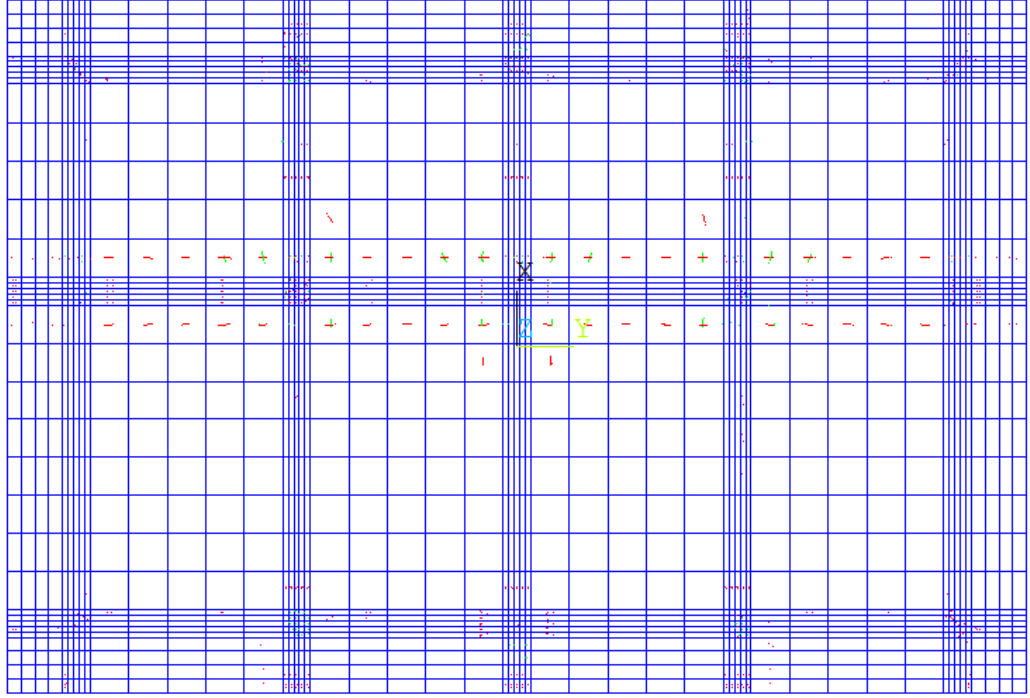
Şekil 4.11. Orta sert zeminlerde temel kalınlığının çatlak oluşumları üzerindeki etkisi, (a) 40cm, (b) 60cm, (c) 80cm.



(a)



(b)



(c)

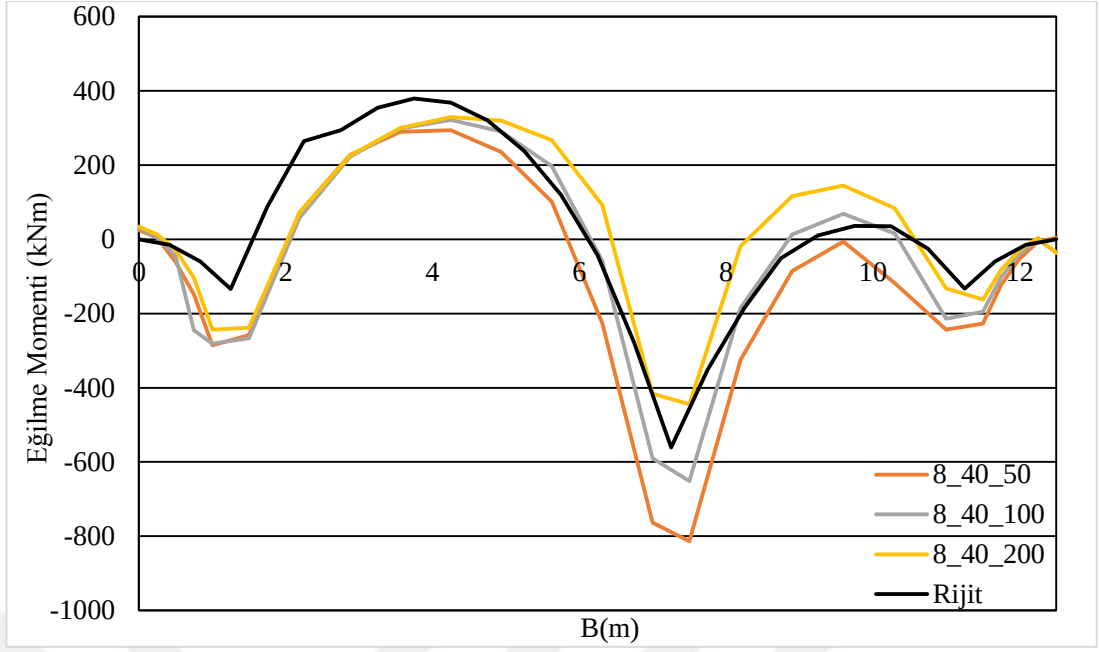
Şekil 4.12. Sert zeminlerde temel kalınlığının çatlak oluşumları üzerindeki etkisi, (a) 40cm, (b) 60cm, (c) 80cm.

Şekil 4.10 - 4.12’de farklı zemin ve temel rijitliğine bağlı olarak temel tabanındaki çatlak oluşumları gösterilmiştir. Şekillerde temel rijitliğindeki artış ile birlikte orta şeritlerde oluşan çatlakların azaldığı görülmektedir. Zayıf zemin koşullarında kritik radye kalınlığının kullanılmasıyla orta şeritlere kadar uzanan çatlak oluşumlarının, rijit zemin durumunda yalnızca kolon şeritlerinde olduğu görülmüştür.

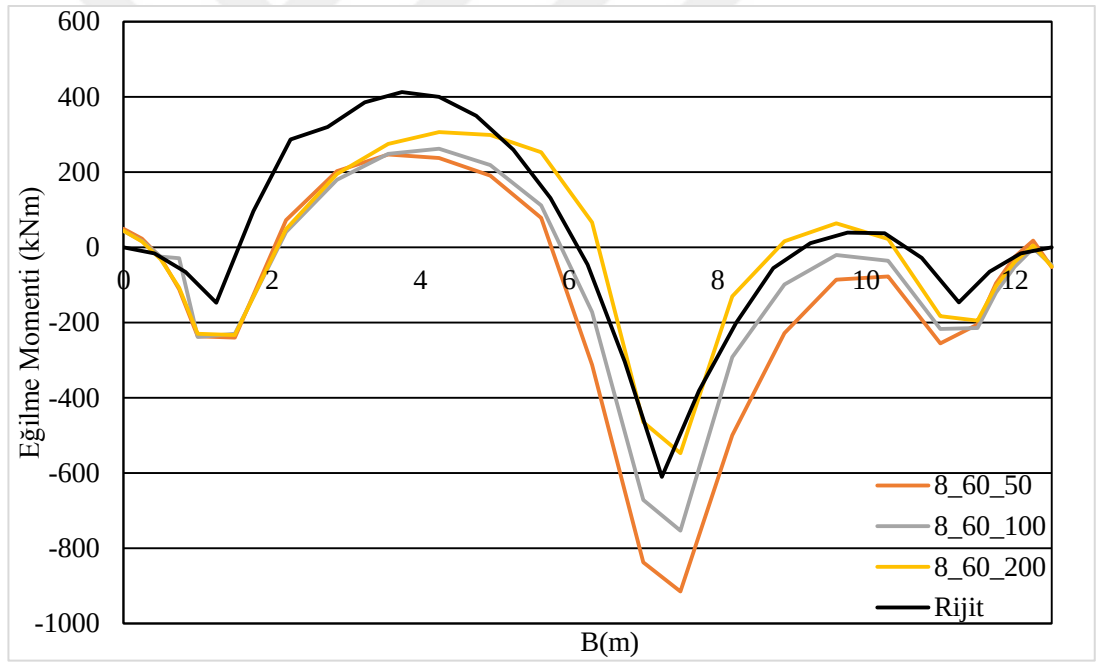
Grafikler farklı zemin koşulları açısından incelendiğinde, rijit zeminlerde çatlakların yalnızca kolon şeritlerinde olduğu görülmüştür. Bu bilgiden hareketle, zemin rijitliğinin çatlak oluşumunu sınırlayan etkili bir faktör olduğu düşünülmüştür.

4.2. Zemin Rijitliğinin Etkisi ve Rijit Varsayımın Değerlendirilmesi

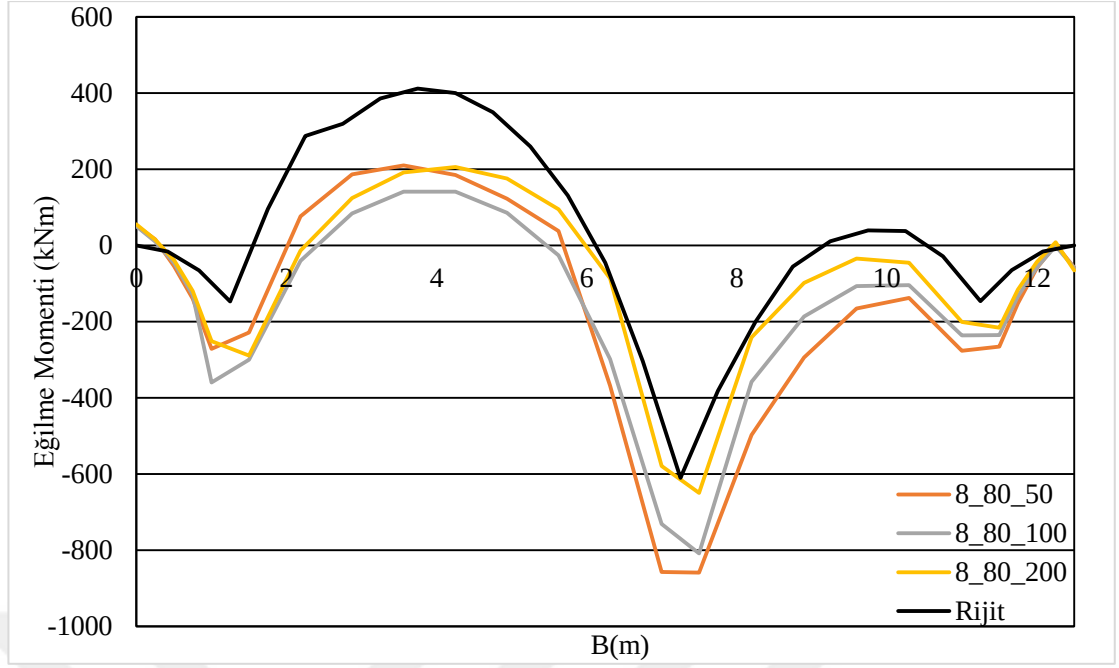
Bu bölümde çalışmada kullanılan bir diğer değişken parametre olarak zemin rijitliğinin temel tasarımına etkileri araştırılmıştır. Ayrıca rijit taban varsayımı, sonlu eleman yöntemi ile karşılaştırılmış ve kullanılabilirliği irdelenmiştir.



(a)



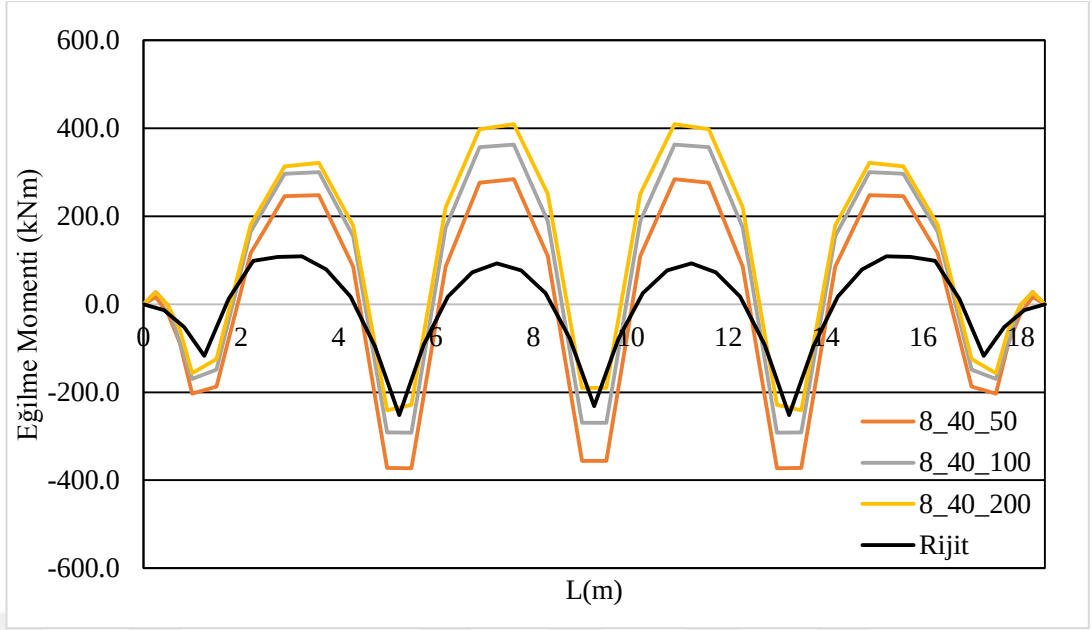
(b)



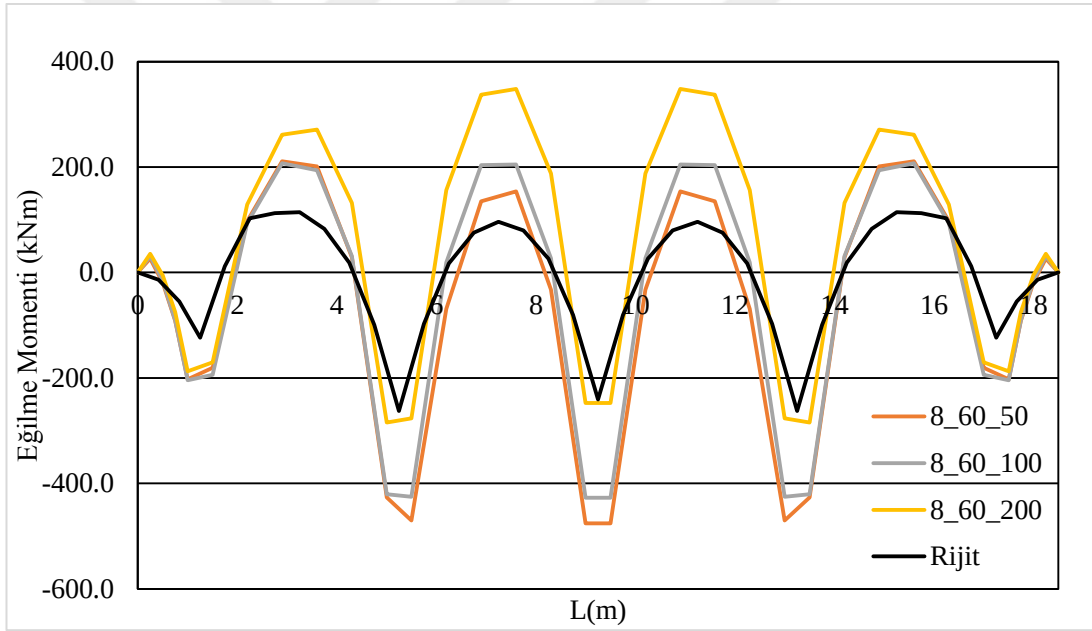
(c)

Şekil 4.13. Zemin rijitliğinin değişimi ile kısa doğrultuda oluşan eğilme momenti grafikleri, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye.

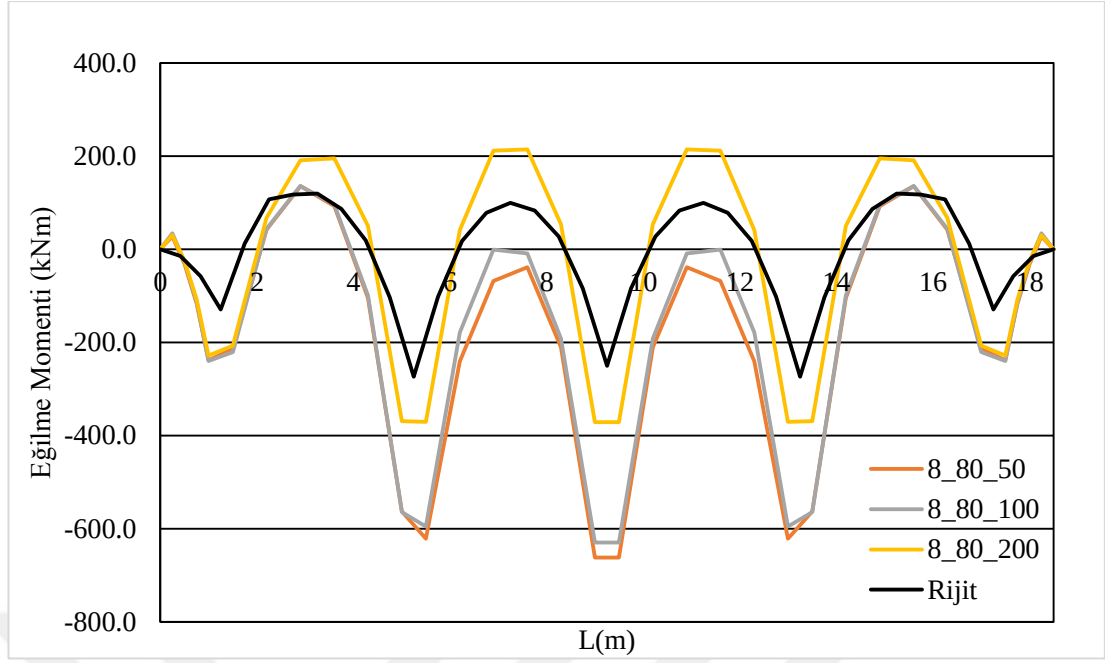
Şekil 4.13’de kısa doğrultuda oluşan eğilme momentlerinin zemin rijitliğine bağlı değişimi gösterilmiştir. Elde edilen verilerde zemin rijitliğinin artması açıklık momentinde artışa, mesnet momentlerinde ise azalışa neden olmuştur. Artan zemin rijitliği ile eğilme momenti diyagramlarının rijit varsayıma yaklaştığı görülmüştür. Şekil 4.13 (c)’de rijit varsayım ile hesaplanan mesnet momentleri sert zemin için benzer olsa da açıklık momentlerinde yakın sonuçlar elde edilmemiştir.



(a)



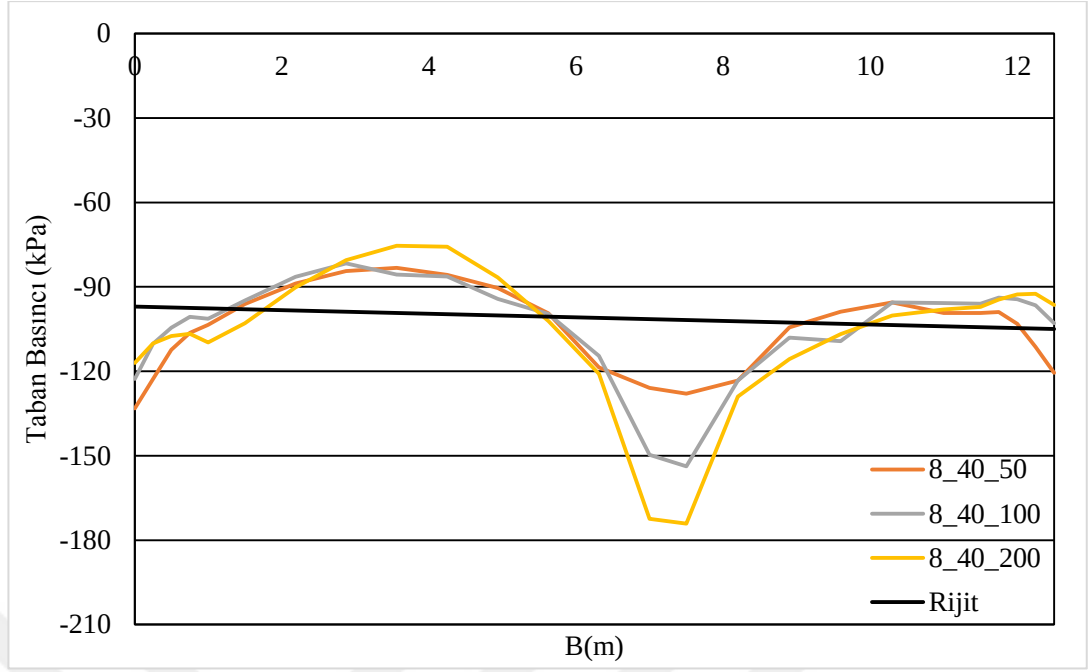
(b)



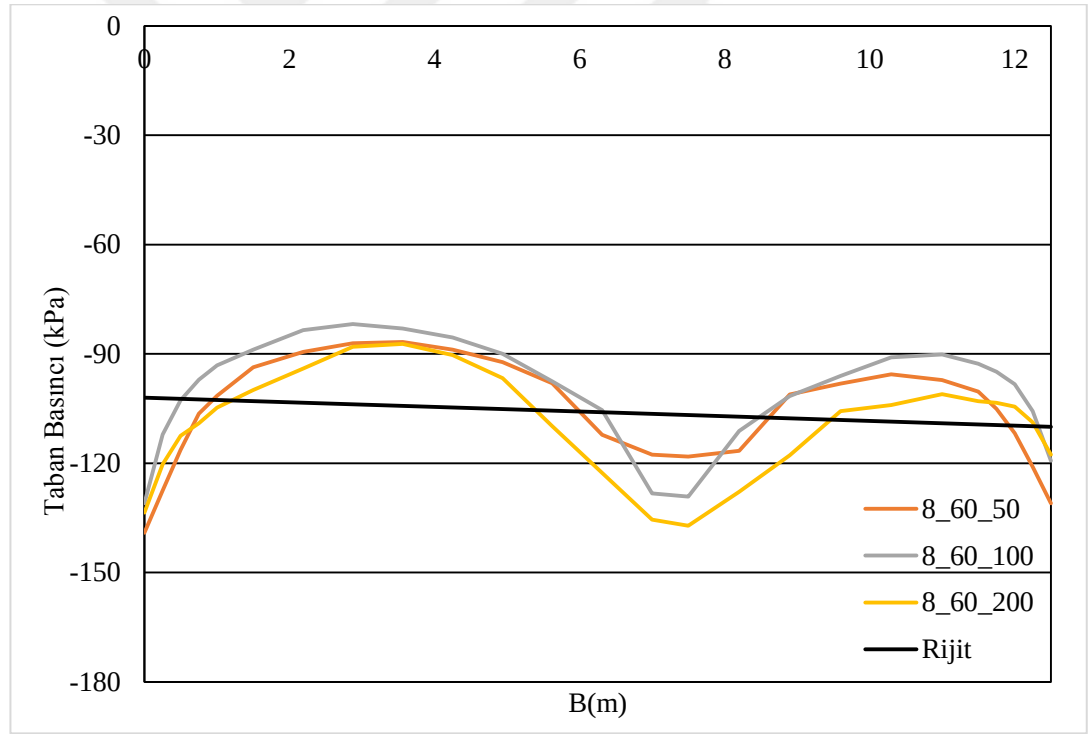
(c)

Şekil 4.14. Zemin rijitliğinin değişimi ile uzun doğrultuda oluşan eğilme momenti grafikleri, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye.

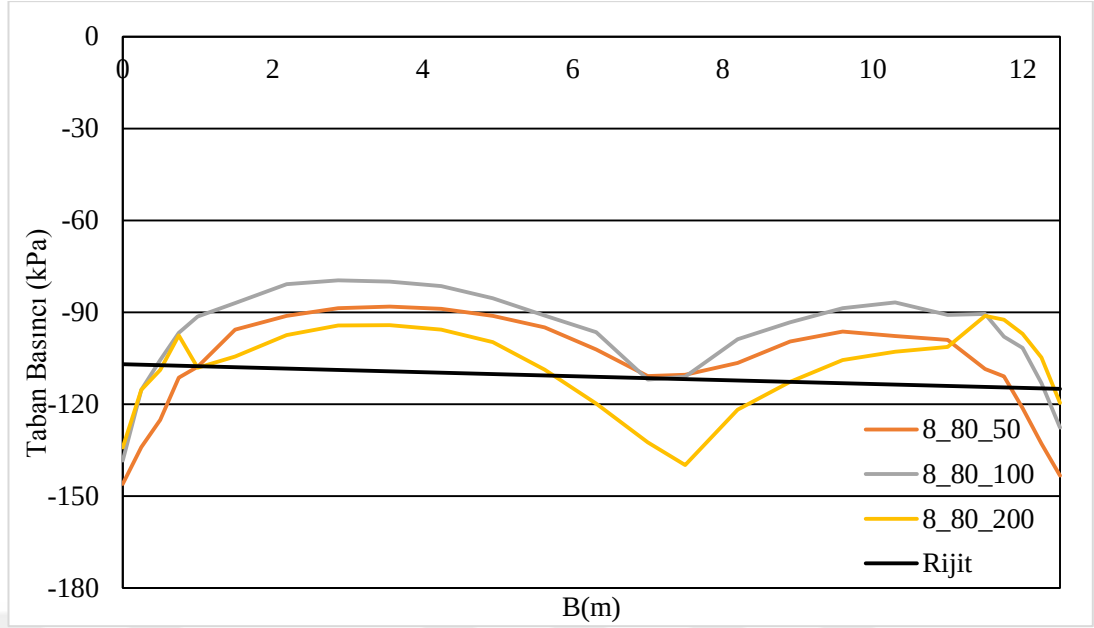
Zemin rijitliğinin uzun doğrultuda oluşan eğilme momentleri üzerindeki etkisi ise Şekil 4.14’de gösterilmektedir. Şekil 4.13’e benzer şekilde zemin rijitliğinin artması ile açıklık momentlerinde artış, mesnet momentlerinde ise azalış gözlemlenmiştir. Sonlu eleman çözümleri rijit varsayım ile mukayese edildiğinde en yakın diyagramın rijit zemin koşullarında olduğu görülmüştür. Ancak değer olarak kabul edilebilir bir yakınlık sağlanmamıştır.



(a)



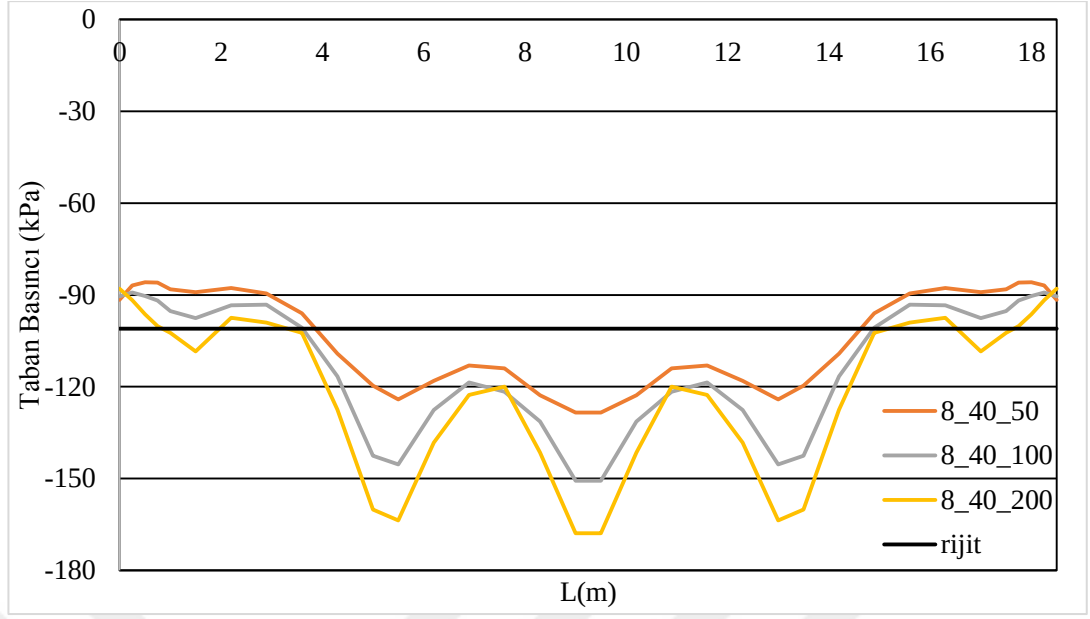
(b)



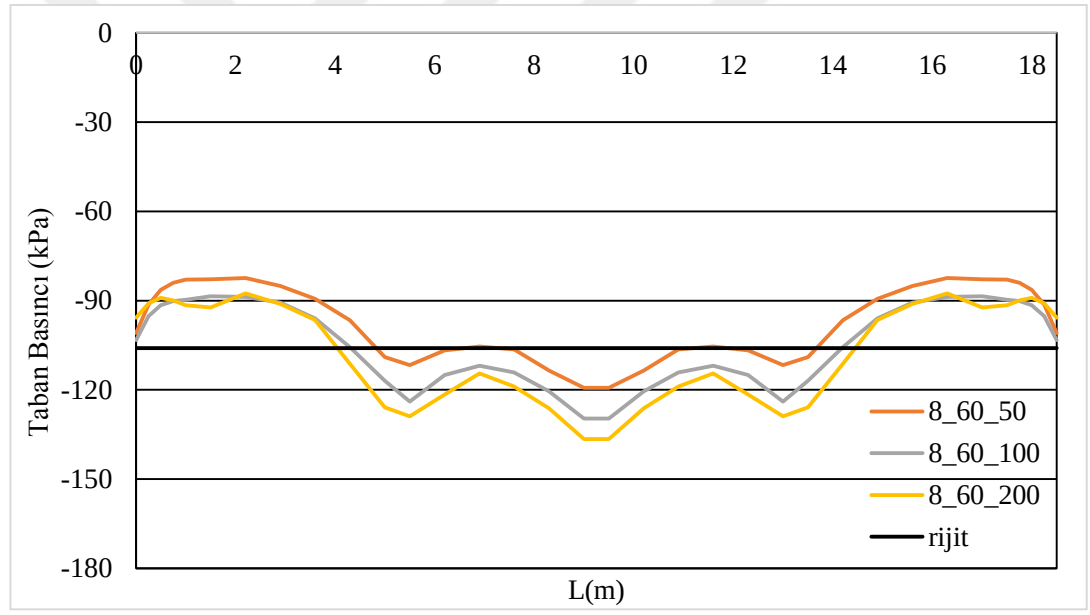
(c)

Şekil 4.15. Zemin rijitliğinin değişimi ile kısa doğrultuda oluşan taban basıncı dağılımları, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye.

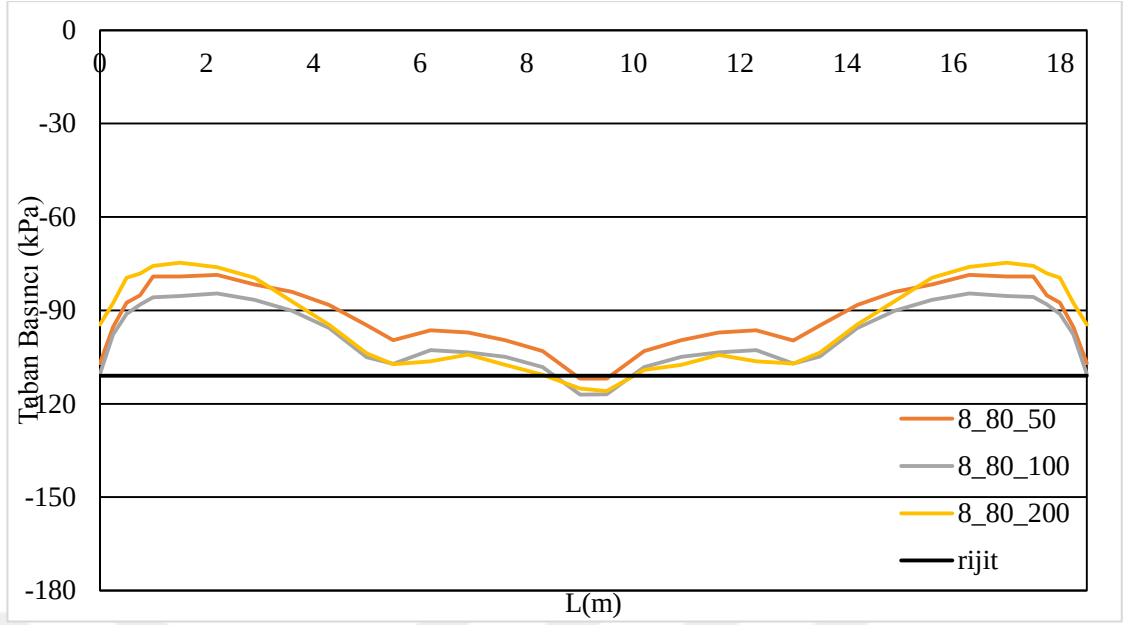
Şekil 4.15’de zemin rijitliğine bağlı olarak kısa doğrultudaki taban basınç dağılımları verilmiştir. Grafikte ayrıca rijit varsayım ile elde edilen sonuçlar da gösterilmiştir. Grafiklerde ortalama taban basınç değerleri benzer olsa da rijit zemin koşullarında yükleme bölgelerinde basınç artışları görülmüştür. Mesnet bölgelerinde görülen gerilme artışları rijit varsayım ile mukayese edildiğinde, zemin şartlarına bağlı olarak %22 ile %65 arasında artışlar gözlenmiştir. Rijit zeminlerde oturma grafiklerinde görülen üniform dağılım, taban basıncı için yumuşak zeminlerde elde edilmiştir.



(a)



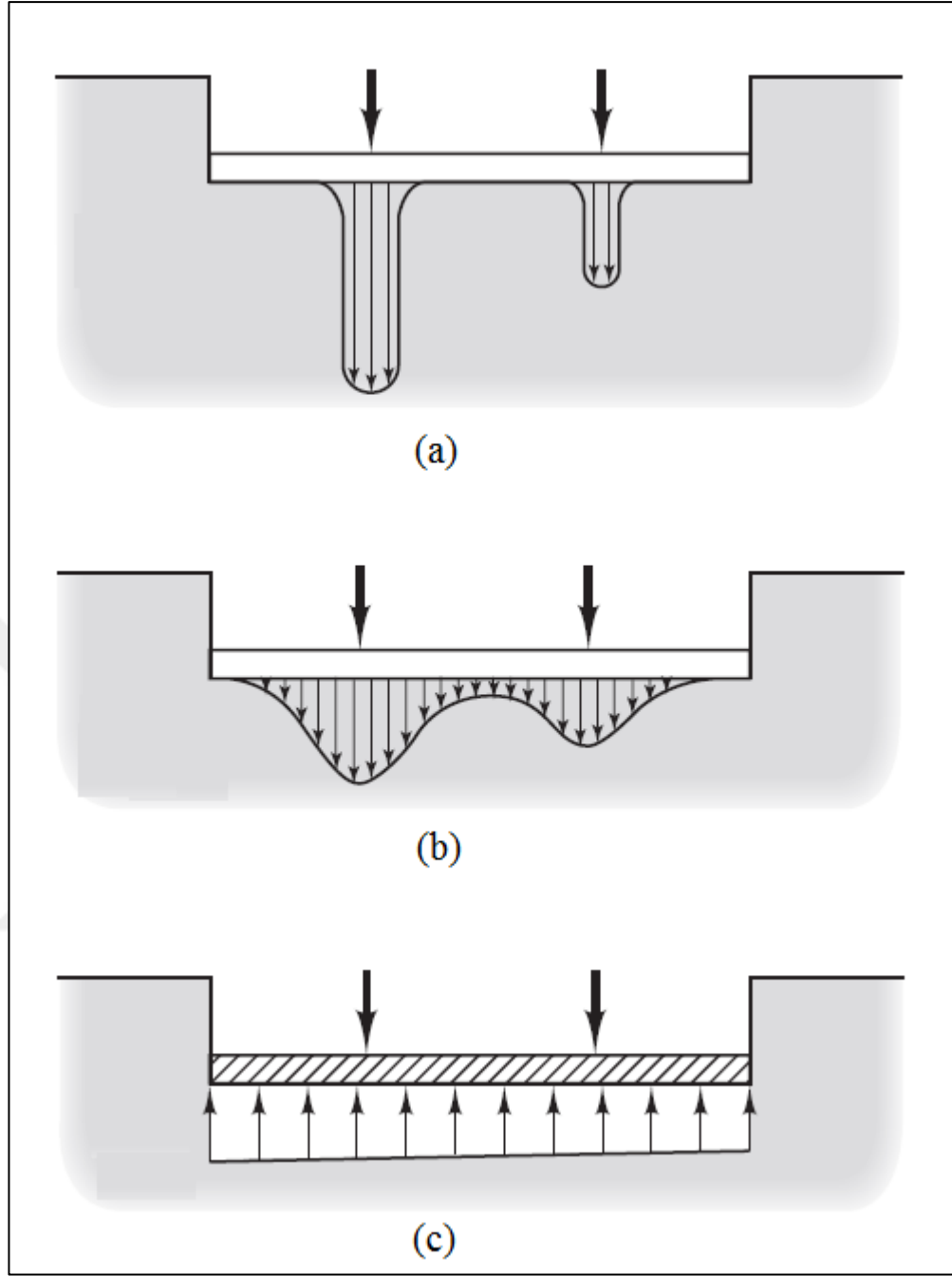
(b)



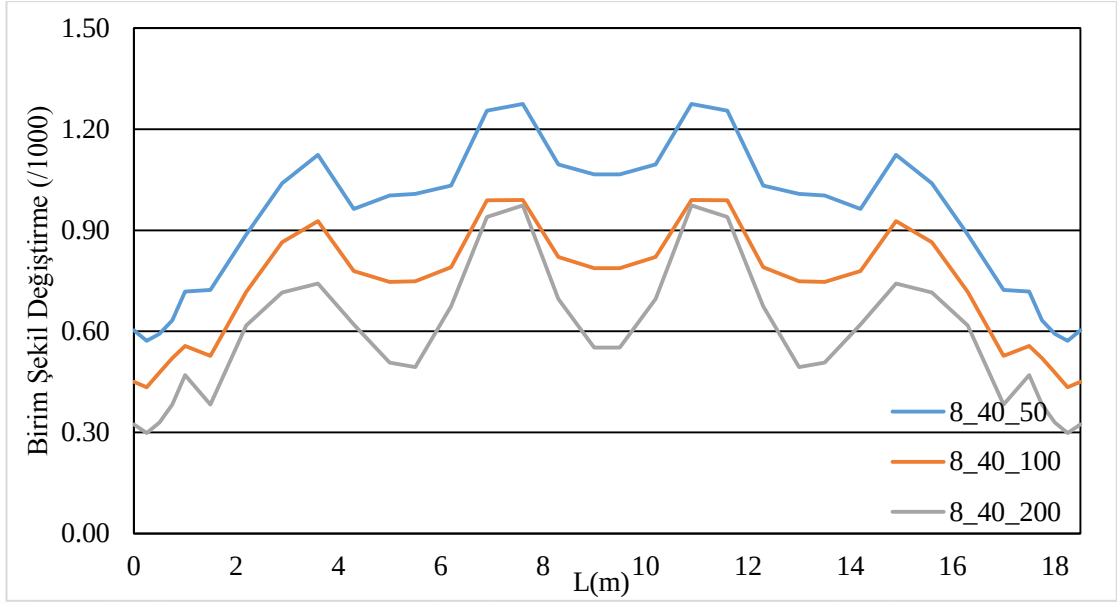
(c)

Şekil 4.16. Zemin rijitliğinin değişimi ile uzun doğrultuda oluşan taban basıncı dağılımları, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye.

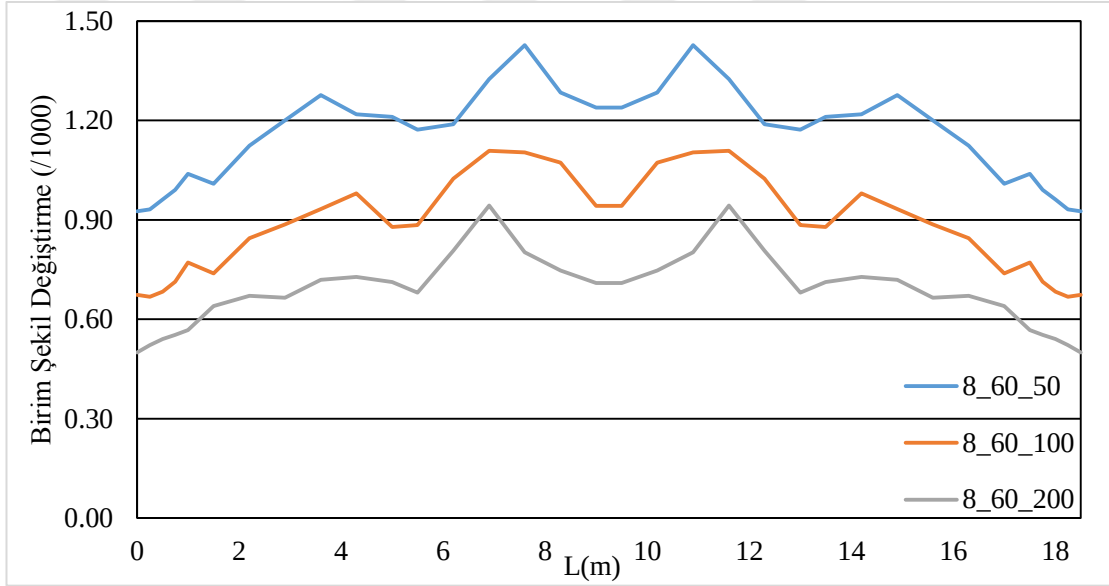
Şekil 4.16’da zemin rijitliğine bağlı olarak uzun doğrultudaki taban basınç dağılımları verilmiştir. Şekil 4.15’e benzer olarak yumuşak zeminlerde gerilme dağılımlarının daha uniform olduğu görülmüştür. Radye kalınlığındaki artış da bu durumu desteklemiştir. Elde edilen sonuçlar Teng (1962) tarafından sunulan radye temel tabanındaki basınç dağılımının zemin koşullarına göre değişimi ile benzerlik göstermektedir (Şekil 4.17). Şekil 4.17(a)’da çok sert zemin koşullarında taban basıncının yükleme noktasına yakın bölgelerde oluştuğu görülmektedir. 4.17(b)’de orta sert zeminler için taban basınç dağılımının kısmen düzlemsel dağılım oluşmaktadır. Çok yumuşak zeminler için bu dağılımın neredeyse taban boyunca eşit oluştuğu görülmektedir (Teng 1962).



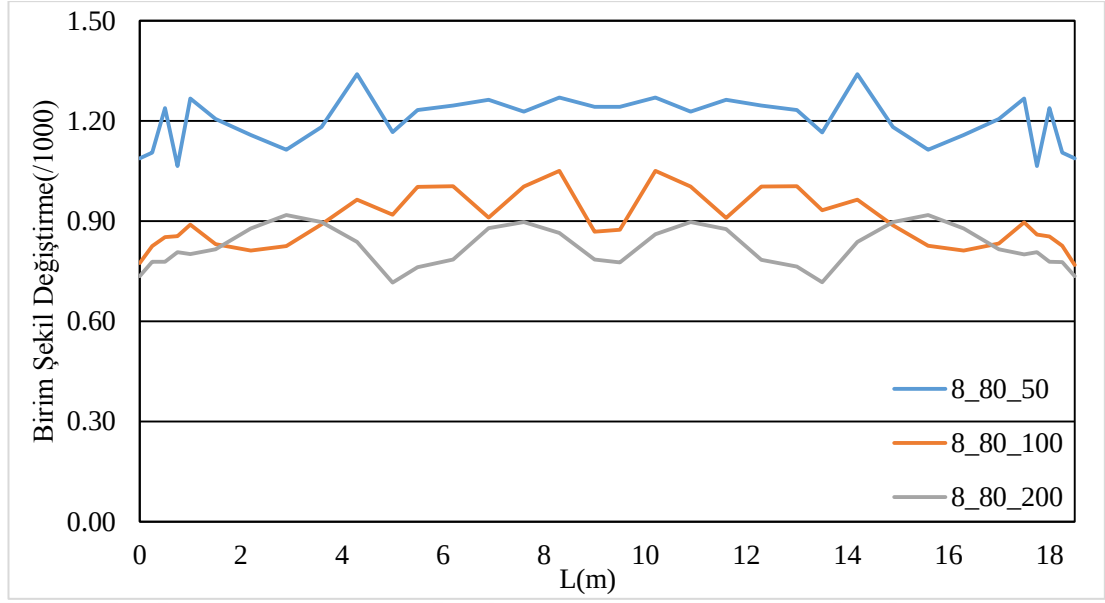
Şekil 4.17. Radye temel altında temas basıncı dağılımı, (a) sert zemin, (b) orta sert zemin, (c) yumuşak zemin (Teng 1962).



(a)



(b)



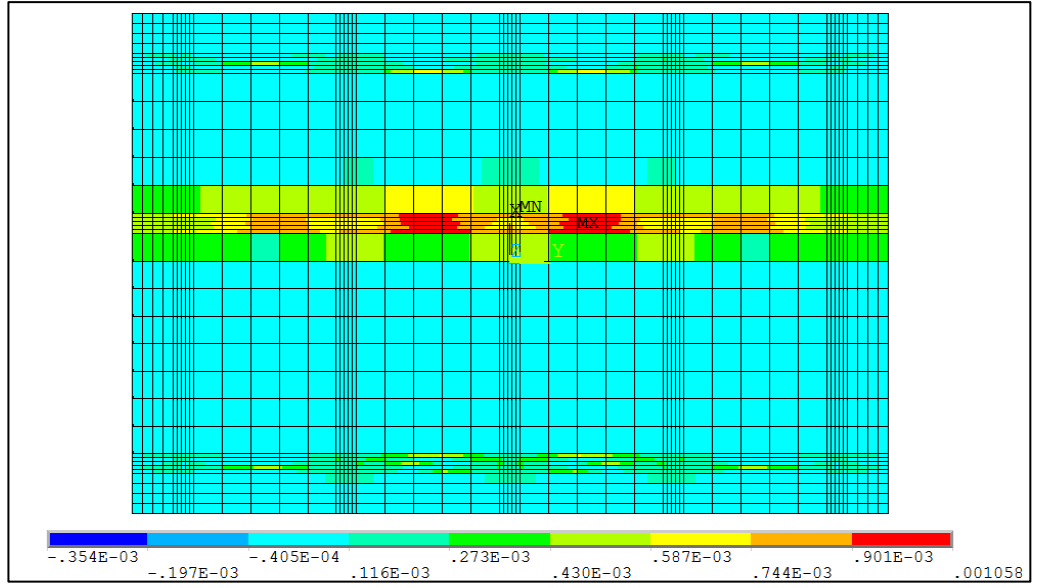
(c)

Şekil 4.18. Zemin rijitliğine bağlı uzun doğrultuda oluşan birim şekil değiştirmeler, (a) 40cm radye, (b) 60cm radye, (c) 80cm radye.

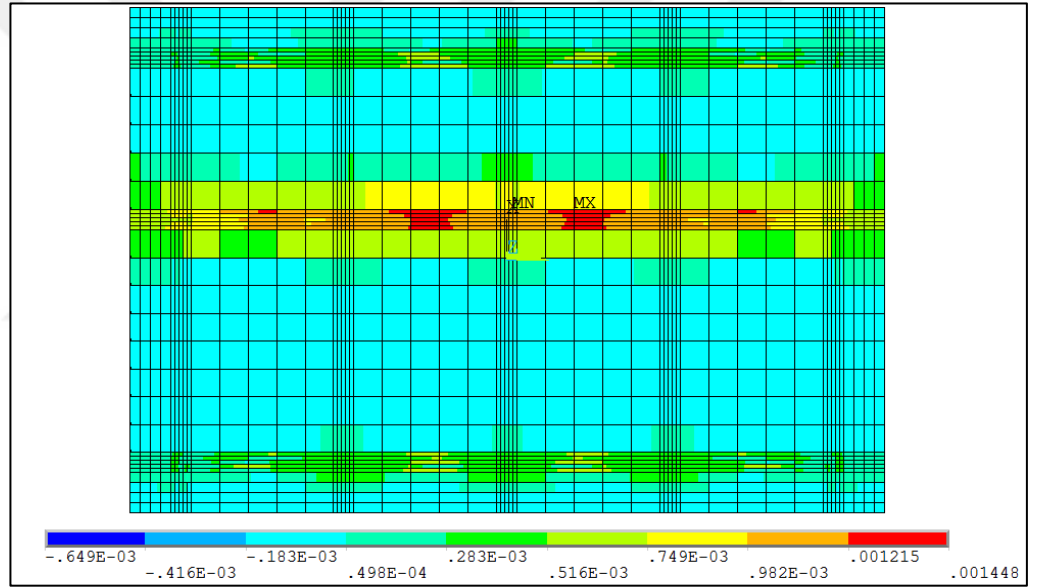
Şekil 4.17’de zemin rijitliğine bağlı olarak temel tabanında oluşan birim şekil değiştirmeler verilmiştir. Grafiklerde zemin rijitliğinin artması ile birim boy değişimlerinin azaldığı görülmüştür. Ayrıca radye kalınlığının artması dağılım daha uniform oluşmasına neden olmuştur.

4.3. Kullanım Yükleri Altındaki Davranışın İncelenmesi

Çalışmada radye tasarım yükünün (nihai yük) yanı sıra kullanım esnasında maruz kalacağı servis yükleri altındaki davranışı da incelenmiştir. Nihai yükün 2/3 katı olan servis yükü ve nihai yük altında radye tabanında oluşan birim şekil değiştirme dağılımları Şekil 4.18 – 4.26’da sunulmuştur.

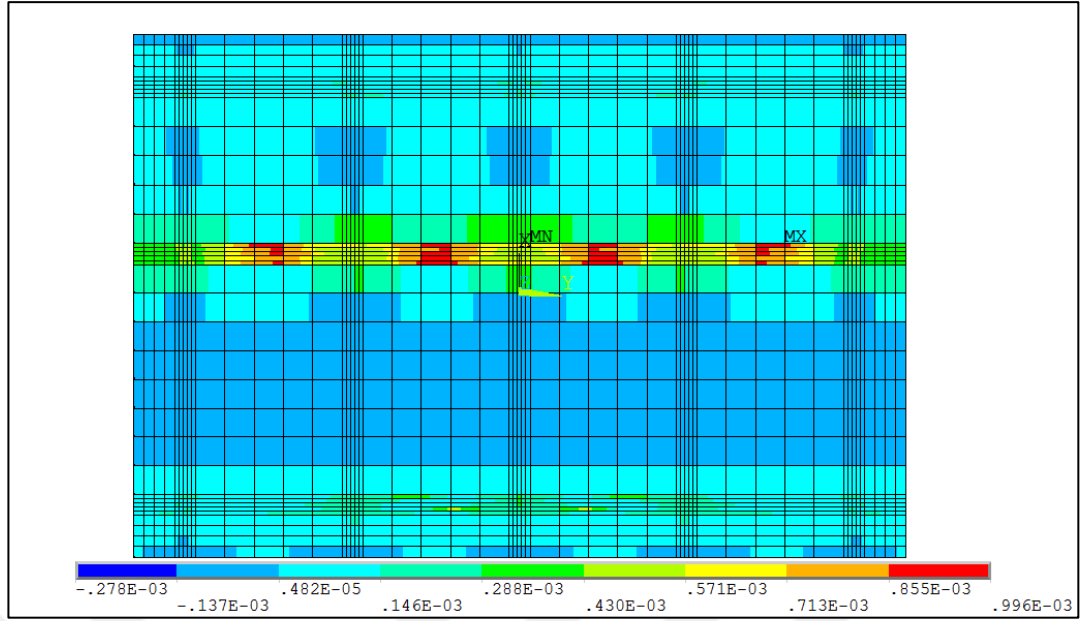


(a)

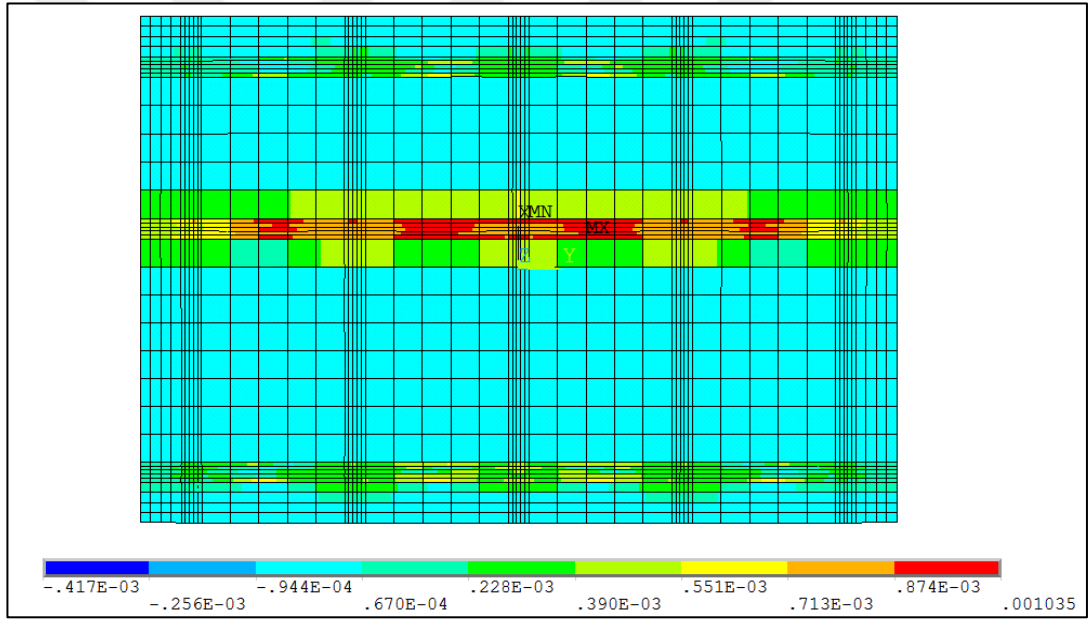


(b)

Şekil 4.19. Model 8_40_50 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

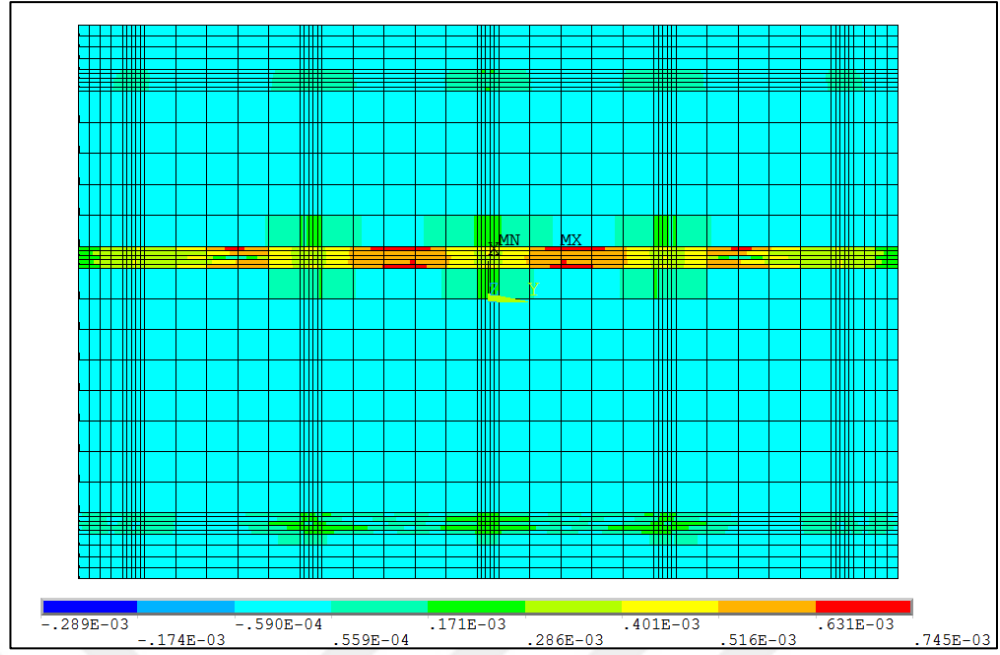


(a)

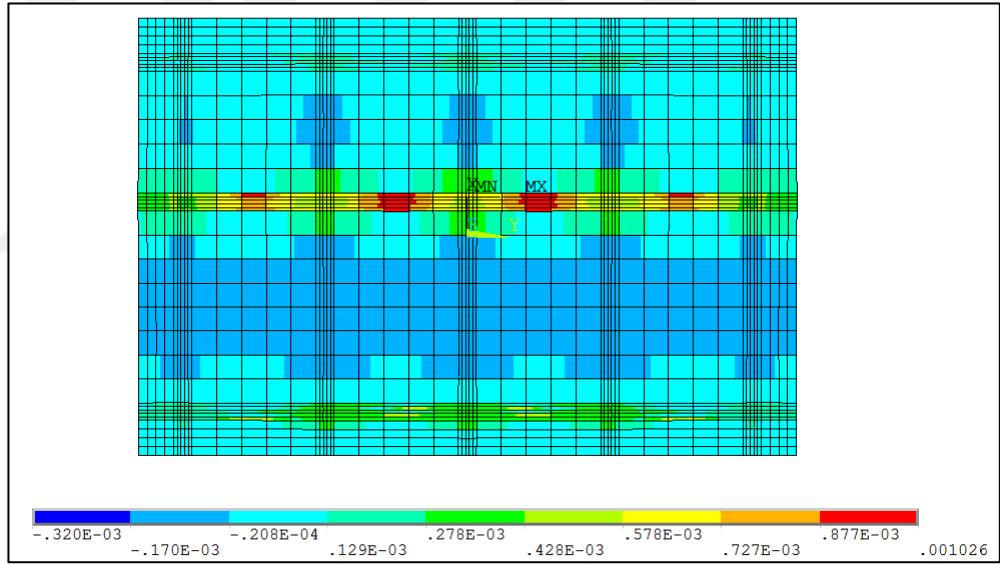


(b)

Şekil 4.20. Model 8_40_100 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

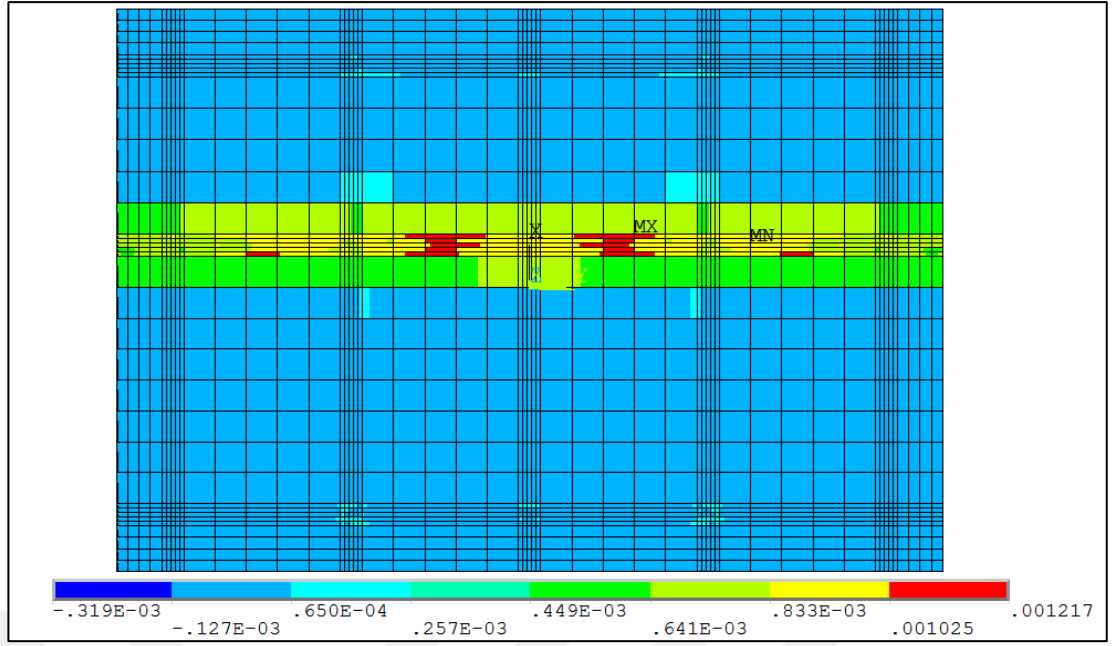


(a)

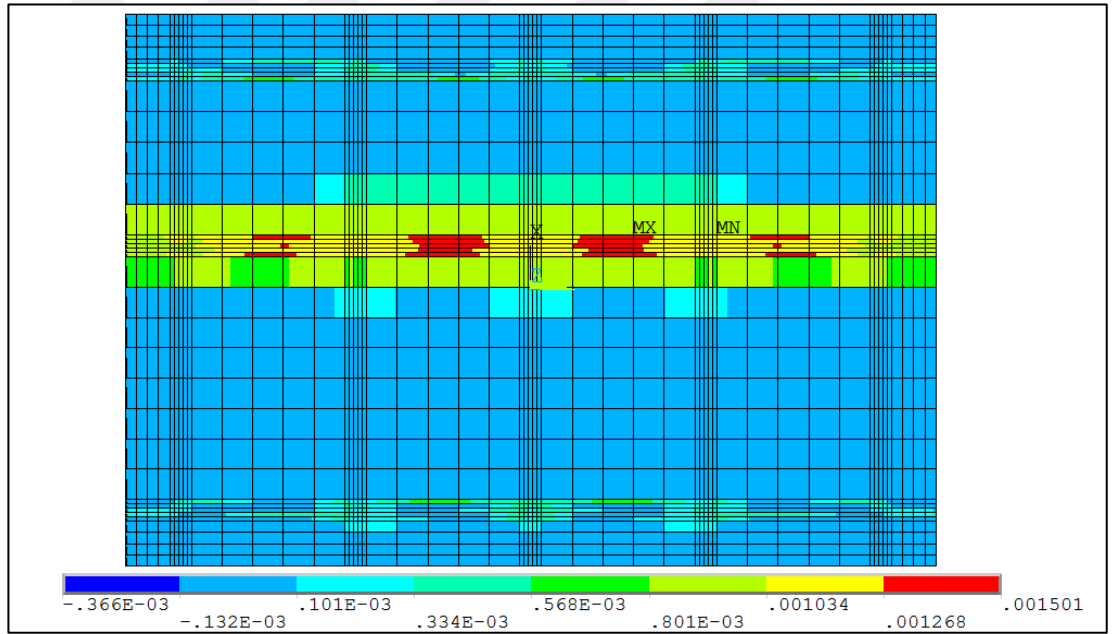


(b)

Şekil 4.21. Model 8_40_200 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

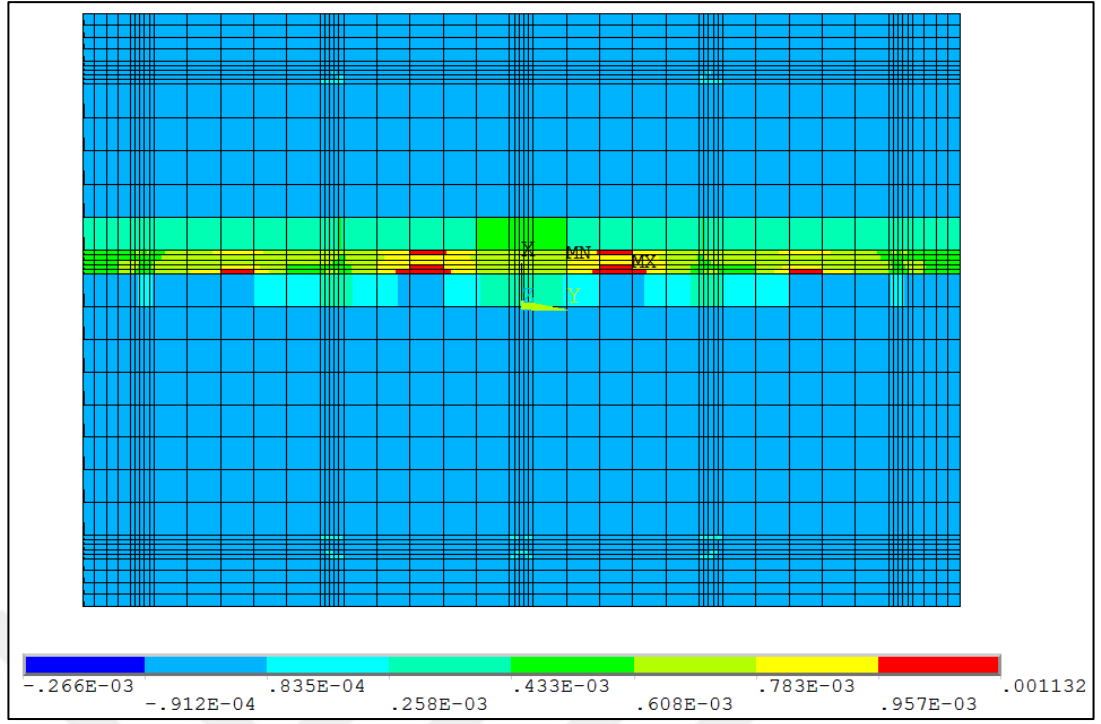


(a)

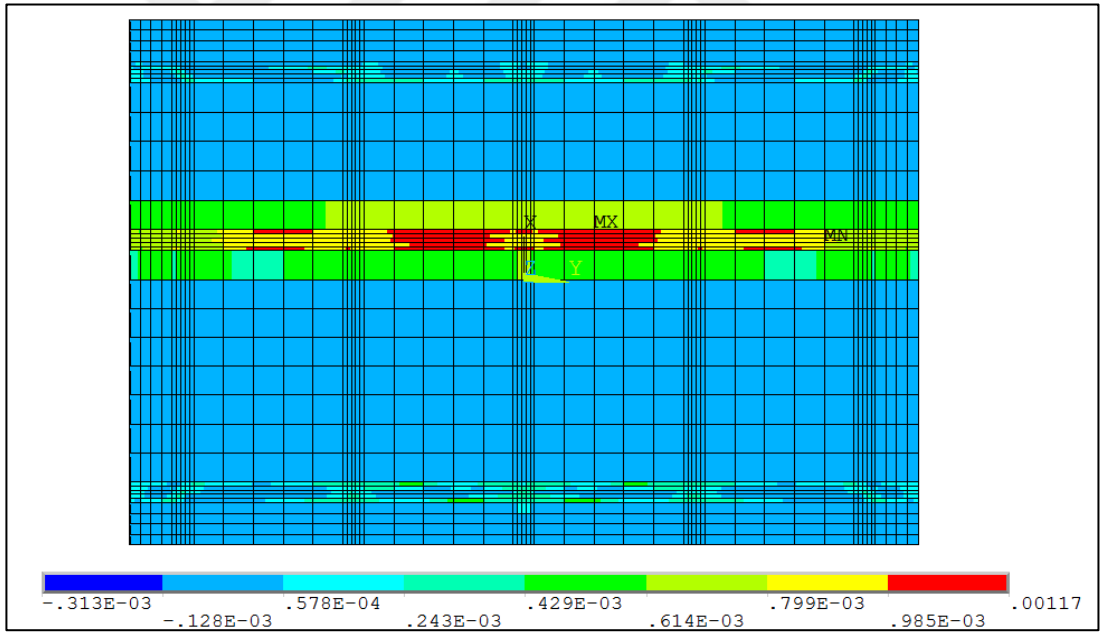


(b)

Şekil 4.22. Model 8_60_50 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

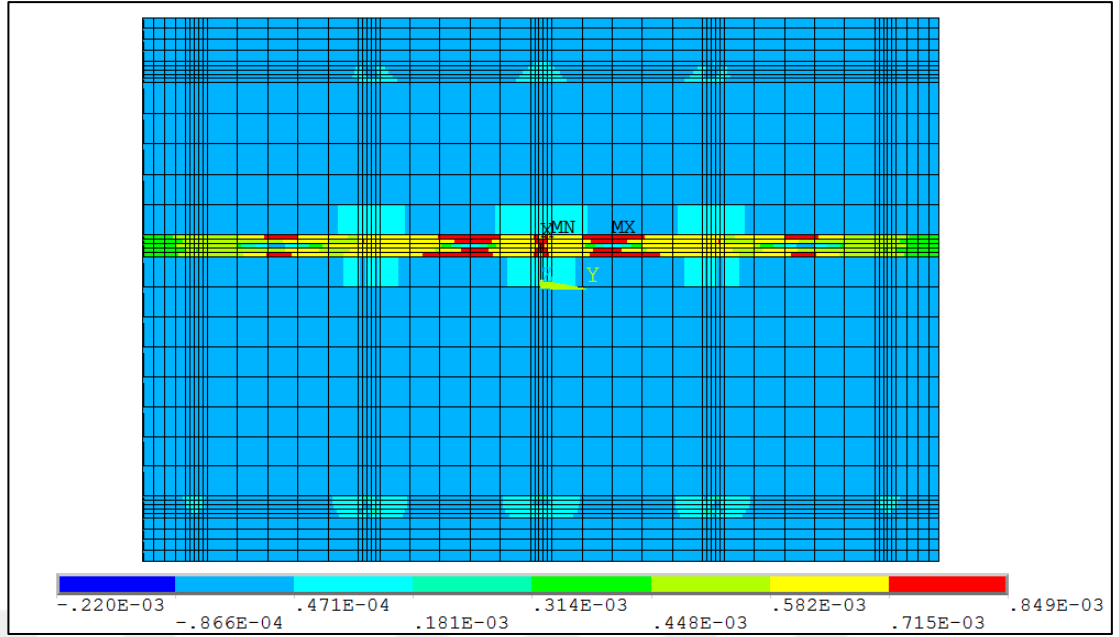


(a)

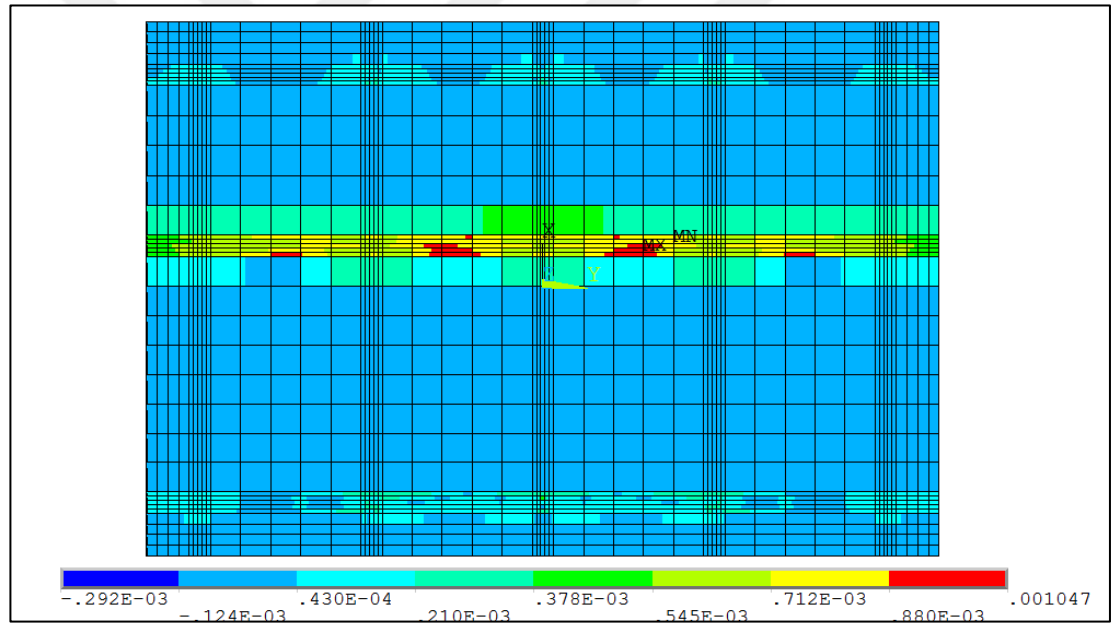


(b)

Şekil 4.23. Model 8_60_100 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

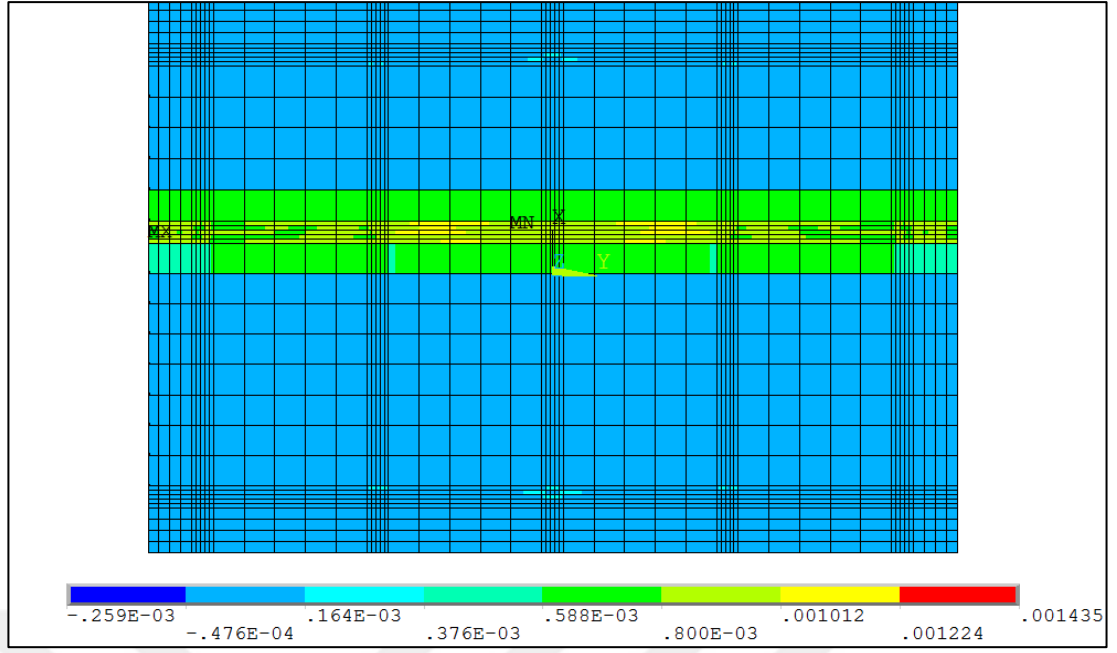


(a)

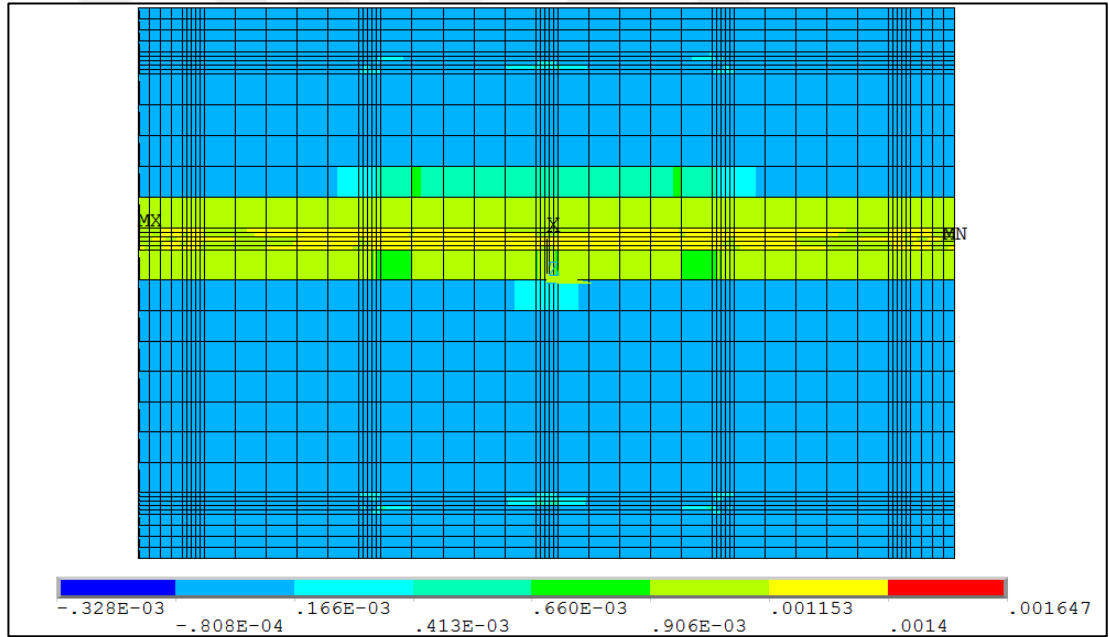


(b)

Şekil 4.24. Model 8_60_200 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

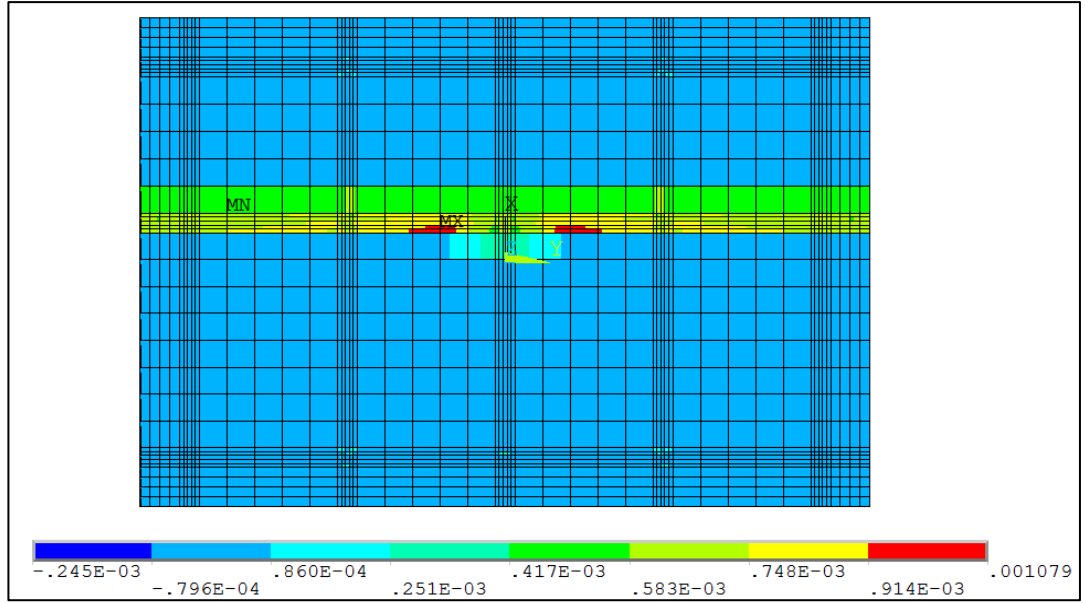


(a)

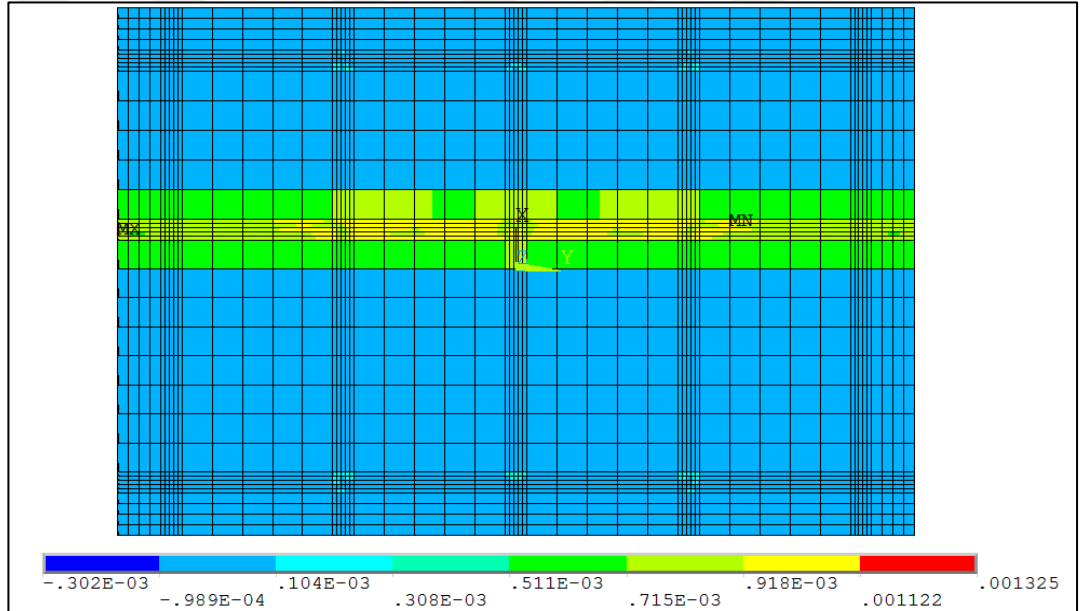


(b)

Şekil 4.25. Model 8_80_50 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

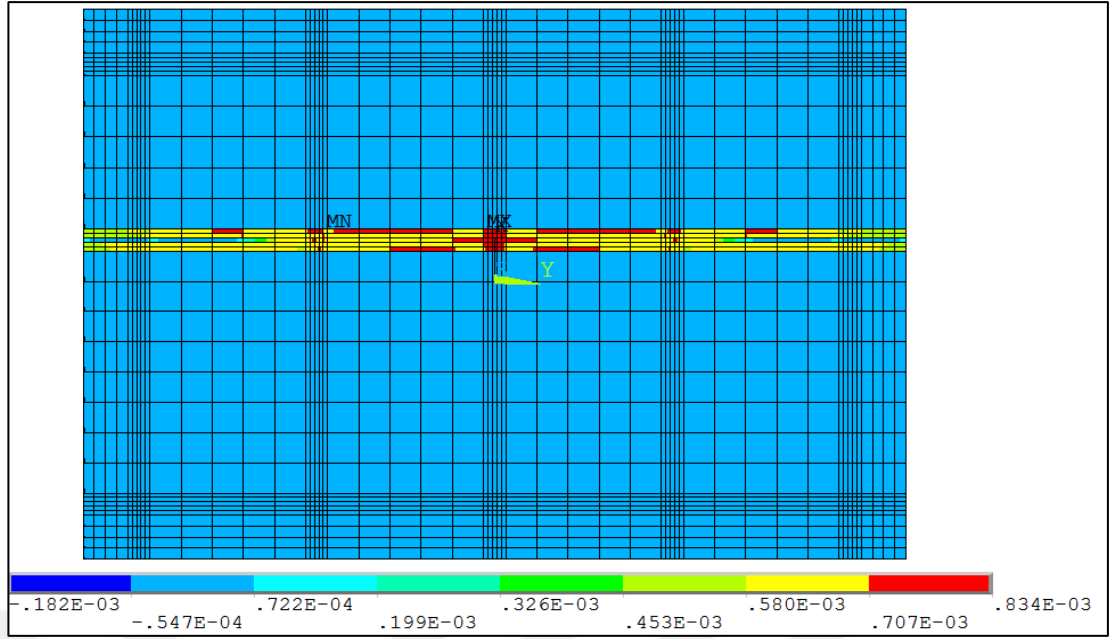


(a)

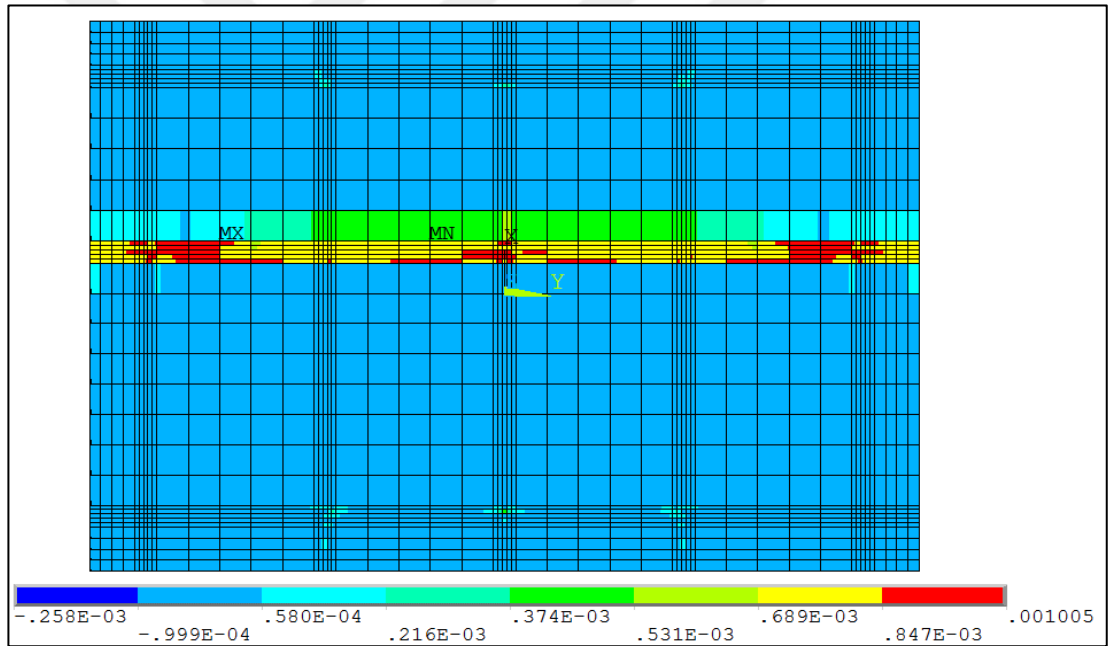


(b)

Şekil 4.26. Model 8_80_100 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



(a)



(b)

Şekil 4.27. Model 8_80_200 temel altında oluşan birim şekil değiştirme şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

Radye tabanı boyunca oluşan birim deformasyon dağılımları incelendiğinde, temel ve zemin rijitliğinin artması ile deformasyonların kolon şeridinde yoğunlaştığı, zayıf zemin koşullarında birim deformasyonların orta şeritlere doğru dağıldığı görülmüştür.

Deformasyon dağılımlarının kritik radye kalınlığının kullanıldığı modellerde diğer temel modelleri ile benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca deformasyon değerleri açısından ele alındığında, kritik temel kalınlıklarda daha az deformasyonların olduğu görülmektedir.

Analizlerden elde edilen temel tabanındaki pik birim şekil değiştirme değerleri Çizelge 4.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Farklı yük durumlarında temel tabanındaki pik birim şekil değiştirmeler ($\times 10^{-3}$).

Model	Uzun Doğrultu		Kısa Doğrultu	
	Servis Yüğü	Nihai Yüğü	Servis Yüğü	Nihai Yüğü
5_40_50	1,37	1,33	1,01	1,04
5_60_50	1,13	1,17	1,05	1,45
5_80_50	1,05	1,17	1,21	1,45
5_40_100	0,93	1,30	0,66	1,01
5_60_100	0,92	1,12	0,88	0,98
5_80_100	0,91	1,05	0,85	0,96
5_40_200	0,75	0,77	0,39	0,58
5_60_200	0,73	0,84	0,62	0,79
5_80_200	0,75	0,83	0,59	0,71
8_40_50	1,05	1,45	1,02	1,53
8_60_50	1,22	1,50	1,25	1,43
8_80_50	1,44	1,65	1,34	1,78
8_40_100	0,99	1,04	0,75	0,90
8_60_100	1,13	1,17	0,84	1,15
8_80_100	1,08	1,33	1,14	1,49
8_40_200	0,75	1,03	0,70	0,79
8_60_200	0,85	1,05	0,72	0,80
8_80_200	0,83	1,00	0,98	1,00
15_60_100	1,32	1,71	1,25	1,52
15_80_100	1,31	1,71	1,29	1,61
15_100_100	1,72	2,25	1,59	2,04
15_60_200	1,15	1,22	0,85	1,05
15_80_200	0,97	1,26	1,12	1,11
15_100_200	1,04	1,43	0,98	1,58

Çizelge 4.4’de verilen değerler incelendiğinde, radye kalınlığı ve zemin rijitliğinden bağımsız olarak yükleme ile birim şekil değiştirme arasında doğrusal

olmayan bir ilişki olduğu görülmüştür. Yüklemede meydana gelen %50 artışa rağmen çoğu durumda pik değerlerdeki artış %50'nin altında kalmıştır. Gözlenen bu davranışın malzemenin doğrusal olmayan özellikleriyle ve kullanılan donatı miktarları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Radye kalınlığının oluşan azami şekil değiştirmeler üzerindeki etkisi servis yükleri altında ihmal edilebilir seviyede iken, nihai yükte temel kalınlığındaki artışın birim şekil değiştirmelerin de arttırdığı açıkça görülmektedir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada radye temel tasarımı, zemin etkileri ve doğrusal olmayan malzeme davranışının dikkate alındığı sonlu eleman yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada ayrıca rijit yöntemin kullanılabilirliği de irdelenmiştir.

Çalışmanın ilk kısmında temel-zemin etkileşiminin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmesinde yeterli doğrulukta sonuçlar elde edebilmek ve yazılımı verimli kullanabilmek adına bir takım kalibrasyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda; statik düşey yükler altında sonuçların mesnet şartlarından etkilenmemesi için zemin ortamının yatayda her yönde temel kısa kenarı, düşeyde ise temel kısa kenarının iki katı büyüklükte kullanılmasının yeterli kesinlikte sonuçlar elde edilmesi için uygun olacağı görülmüştür.

Çalışma kapsamında incelenen ilk olgu geleneksel yöntemin tasarım açısından kullanılabilirliği olmuştur. Bu bağlamda sonlu eleman yöntemi ile elde edilen kesme ve moment değerleri, geleneksel yöntem verileri ile karşılaştırılmış ve çoğu durumda geleneksel rijit taban varsayımının sonlu eleman yöntemiyle farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle zayıf zeminler için rijit varsayımın kullanılması elde edilen sonuçların çok farklı olmasına neden olmuştur. Bu nedenle zayıf zemin koşullarında geleneksel yöntemin ideal bir tasarım için uygun olmayacağı düşünülmektedir. Radye temel tasarımında geleneksel yöntemin kullanılması yönelik Coduto (2011), otoriteler tarafından uygun görülmediğini belirterek bu düşüncayı desteklemektedir.

Bir diğer ayrım noktası olarak temel kalınlığının artması; rijit varsayımda hem açıklık hem de mesnet bölgelerindeki eğilme momenti büyüklüklerinde artışa neden olurken, sonlu eleman yönteminde yalnızca mesnet momenti büyüklüğünde artışa neden olmaktadır. Radye kalınlığına bağlı iç kuvvetlerde meydana gelen bu değişim Tanaydın (2008) tarafından yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir.

Geleneksel tasarım, deformasyon esaslı düşünüldüğünde kenar kolon şeritleri için ekonomik olmayan sonuçlara neden olmaktadır. Bu nedenle gerek güvenli gerekse ekonomik bir temel tasarımı için geleneksel yöntemin kullanılmasının yetersiz kalacağı düşünülmektedir.

Mesnet momentleri açısından rijit zeminlerin geleneksel çözüme yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Öte yandan zemin rijitliğinin azalması mesnet momentlerinde azalmalara neden olmuştur. Thangaraj and Ilamparuthi (2010) tarafından yürütülen çalışmada, radye temellerin zemine göre göreceli rijitliğinin temelde oluşan iç kuvvetler açısından önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir. Yapılan analizlerde temel kalınlığı ve zemin rijitliğinin iç kuvvetler üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, temel ve zemin arasındaki göreceli rijitliğin hesaplamalarda dikkate alınmasının tasarım açısından daha sağlıklı olacağı düşünülmektedir.

Temeldeki otumalar incelendiğinde, radye ve zemin rijitliğinin artması ile farklı oturmaların azaldığı görülmüştür. Öte yandan temel rijitliğinin farklı oturmalar üzerindeki etkisi, özellikle zayıf zemin koşullarında ve geniş açıklıklarda daha fazla olmuştur. Bu bağlamda farklı oturmayı azaltmak için temel kalınlığının artırılması veya aks açıklıklarının azaltılması önerilmektedir.

Temel rijitliğinin artmasıyla oturma grafiklerinde daha uniform bir dağılım görülür iken, esnek temellerde bu üniform dağılım taban basıncı için oluşmaktadır. Bununla birlikte, rijit zeminler için pik taban basıncı değerinin rijit varsayımda kabul edilen değerden %40 daha fazla olduğu görülmüştür. Zayıf zeminler için elde edilen taban basınç değerlerinin rijit çözüm ile yakınlık gösterdiği görülmüştür. Bu duruma benzer olarak, Tanaydın (2008) tarafından yapılan çalışmada radye kalınlığı ile temas basıncı arasındaki ilişkinin zayıf zeminler için ihmal edilebilir seviyede olduğunu belirtilmiştir. Sonuç olarak, rijit zeminlerde yapı yükünün zemin taşıma gücü sınırına yakın olduğu durumlarda bu olgunun göz ardı edilmemesi önerilmektedir.

Her ne kadar literatürdeki çalışmaların çoğunluğunda yalnızca temel ve zemin rijitliği deformasyonları etkileyen faktörler olarak düşünülse de donatının daha az kullanıldığı orta şeritlerde maksimum deformasyonların elde edilmesi, kullanılan donatı miktarının da yapı ve temel performansını etkileyebileceği düşünülmektedir.

Tez çalışmasında ayrıca geleneksel yöntemde zımbalama tahkikini sağlamayan temel kalınlıklarının, rijit zemin koşullarında deformasyon açısından bir sorun teşkil etmeyeceği düşünülmüştür. Ayrıca zımbalama tahkikinde kullanılan taban basıncı ve düşey eksenel kuvvet değerlerinin zemin durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde zımbalama kontrolünün zemin şartları dikkate alınarak geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Temel tabanında oluşan çatlak dağılımları incelendiğinde, temel ve zemin rijitliğinin artması ile çatlak oluşumlarının azaldığı görülmüştür. Özellikle rijit zemin koşullarında çatlakların yalnızca kolon şeridi boyunca oluşması nedeniyle bu davranış üzerindeki etkili faktörün zemin rijitliği olduğu düşünülmektedir. Benzer sonuçlar Markou et al. (2005) tarafından yapılan çalışmada görülmüş ve zemin esnekliğinin artmasıyla temelde çatlak oluşumuna neden olan deformasyonların artacağı belirtilmiştir.

Servis yükleri durumunda temel tabanındaki birim şekil değiştirme dağılımları incelendiğinde, radye kalınlığı ve zemin rijitliğinden bağımsız olarak yükleme ile birim şekil değiştirmeler arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu görülmüştür. Benzer durum Nakhaei and Ghannad (2008) tarafından yapılan çalışmada irdelenmiş ve zemin etkileşiminde yük-deformasyon ilişkisinin bir eşik değere kadar doğrusal olduğu ve sonrasında ilişkinin doğrusal olmadığı görülmüştür. Yük değerinin artırılması ile meydana gelen şekil değiştirme dağılımlarının belirli bir değerde sınırlanmasının; malzemenin doğrusal olmayan özellikleri, kullanılan donatı miktarı ve yük-deformasyon arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin neden olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AASHTO American Association Of State Highway And Transportation Officials, 2005. Aashto Materials, Part 10: Foundations, Washington.
- Ada, M. 2020. Bina grupları üzerindeki yapı-zemin-yapı etkileşiminin incelenmesi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana bilim Dalı, 202, İstanbul.
- Ahmed, M., Mohamed, M. H., Mallick, J., ve Hasan, M. A. 2014. 3D-analysis of soil-foundation-structure interaction in layered soil. Open Journal of Civil Engineering, 4(4), 373.
- AlHamaydeh, M., Markou, G. ve Saadi, D. 2018. Effects of the soil-structure-interaction phenomenon on RC structures with pile foundations. In Proceedings of the 9th GRACM International Congress on Computational Mechanics. 4-6 June 2018, Book of Full-length Papers, 9, 338-345, Chania, Greece.
- Alshorafa, M. A. 2008. Modifications of conventional rigid and flexible methods for mat foundation design. Master's Thesis, Islamic University of Gaza, High Studies Deanery, Civil Engineering Department, 142, Gaza, Palestine.
- ANSYS, 2015. Engineering analysis system version 16., Swanson Analysis System Inc., Houston, Pennsylvania.
- Arslan, G. 2004. Mesh size effect on load carrying capacity of the reinforced concrete beams without stirrups by using Drucker-Prager cracking concrete fracture criteria. Journal of Engineering and Natural Sciences, 3, 34-42.
- Aydinoğlu, M. N. ve Çakıroğlu, A. 1977. Dynamic interaction between soil and a group of buildings. In Proc. 6. World Conference on Earthquake Engineering, 4, 133-138.
- Bahrami, M., Khodakarami, M. I. ve Haddad, A. 2019. Seismic behavior and design of strutted diaphragm walls in sand. Computers and Geotechnics, 108, 75-87.
- Boussinesq, J. 1885. Application of Potentials to The Study of The Equilibrium and The Movement of Elastic Soils, Gauthier-Villars, 734, Paris.
- Bowles, J. E. 1988. Foundation Analysis and Design Fourth Edition. McGraw-Hill Book Company, 1023, New York.
- Bowles, J. E. 1997. Foundation Analysis and Design Fifth Edition. McGraw-Hill Book Company, 1023, New York.
- Brinkgreve, R. B. 2005. Selection of soil models and parameters for geotechnical engineering application. Geotechnical Special Publication, 128, 69-98.

- Brown, P. T. ve Yu, Si, K. R. 1986. Load sequence and structure-foundation-interaction. Journal Of Structural Engineering, 112(3), 481-488.
- BSI, 2015. Code Of Practice For Ground Investigations. BS5930:2015, BSI, London, UK.
- Chansawat, K. 2003. Nonlinear finite element analysis of reinforced concrete structures strengthened with FRP laminates. PhD thesis, Oregon State University, College of Engineering, Civil Engineering Department, 252, Oregon, USA.
- Coduto, D. P. 2011. Temel Tasarımı İlkeler ve Uygulamalar, Çevirenler: Mollamahmutoğlu, M., Kayabalı, K. Gazi Kitapevi, 816, Ankara.
- Das, B. M. 2007. Fundamentals of geotechnical engineering third edition. Cengage Learning, 243-282, New York.
- Das, B. M. 2008. Advanced Soil Mechanics Third Edition, CRC Press, 567, New York.
- Das, B. M. 2017. Shallow Foundations: Bearing Capacity and Settlement. CRC press, 400, New York.
- Datta, T. 2010. Seismic Analysis of Structures, John Wiley ve Sons, 464, Singapore.
- De Beer, E. E. 1970. Experimental determination of the shape factors and the bearing capacity factors of sand. Geotechnique, 20(4), 387-411.
- Dede, F. T. 2006. Tersinir-tekrarlanır yükleme altındaki betonarme çerçevelerin Ansys programı ile nonlineer sonlu eleman analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 100, Konya.
- Derdiman, M. K. 2013. Farklı özelliklere sahip zeminlerin betonarme yüksek yapılarda yapı salınım periyoduna etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 9-15.
- Drucker, D. C. ve Prager, W. 1952. Soil mechanics and plastic analysis or limit design. Quarterly of Applied Mathematics, 10(2), 157-165.
- Duman, T. 2008. Elastik zemine oturan radye temellerin hesabı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 77, İstanbul.
- Efendioğlu, K. 2008. Radye temellerin tasarımında kullanılan hesap yöntemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 130, Trabzon.
- Eke, R. 2004. Temel tasarımında etkin parametrelerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 78, Isparta.

- El Arabi, I. ve El Gendy, M. 2001. Optimum design of foundation systems. Port Said Engineering Research Journal, 5(2), 456-473.
- Fang, H. Y. 1990. Foundation Engineering Handbook, Springer, 923, New York.
- Filonenko-Borodich, M. M. 1940. Some approximate theories of the elastic foundation. Uchenyie Zapiski Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 46, 3-18.
- Ganesh, B. K. ve Sujatha, C. 2010. Track modulus analysis of railway track system using finite element model. Journal of Vibration and Control, 16(10), 1559-1574.
- Girgin, S. C., Mısıır, S., Özden, G. ve Kahraman, S. 2008. Yapı zemin etkileşiminin yapısal tasarımdaki rolü. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 10(1), 27-37.
- Gülkan, P. ve Clough, R. W. 2012. Developments in dynamic soil-structure interaction. Springer Science ve Business Media, 454.
- Haddadin, M. J. 1971. Mats and combined footings-analysis by the finite element method. In Journal Proceedings, 68(12), 945-949.
- Hadjian, A. H., Luco, J. E. ve Tsai, N. C. 1974. Soil-structure interaction: continuum or finite element?. Nuclear Engineering and Design, 31(2), 151-167.
- Hammam, A. H. ve Eliwa, M. 2013. Comparison between results of dynamic ve static moduli of soil determined by different methods. HBRC Journal, 9(2), 144-149.
- Hansen, B. J. 1961. The ultimate resistance of rigid piles against transversal force. The Danish Geotechnical Institute, 12, 5-9.
- Hansen, B. J. 1970. A revised and extended formula for bearing capacity. The Danish Geotechnical Institute, 28, 5-11.
- Hetenyi, M. 1946. Beams on Elastic Foundation: Theory with Applications in The Fields of Civil and Mechanical Engineering. Ann Arbor The University of Michigan Press, 255, Michigan.
- Hora, M. S. 2014. Nonlinear interaction analysis of infilled frame-foundation beam-homogeneous soil system. Coupled Systems Mechanics, 3(3), 267-289.
- Imam, H. 2011. Influence of structural and soil parameters on mat deflection. International Journal of Civil and Structural Engineering, 2(1), 1-10.
- Isenberg, J. 1993. Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures II, Amer Society of Civil Engineers, 720, New York.
- İnel, M., Özmen, H., Senel, S. ve Kayhan, A. 2009. Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi, Uluslararası Sakarya Deprem Sempozyumu, 1-2 Ekim, Sakarya Üniversitesi, Bildiri Özetleri Kitabı, 37-38, Sakarya.

- Janbu, N. 1963. Soil compressibility as determined by odometer and triaxial tests. European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1, 19–25.
- Jayalekshmi, B. R., Jisha, S. V. ve Shivashankar, R. 2013. Soil-structure interaction analysis of 300 meters tall reinforced concrete chimney with piled raft and annular raft under along-wind load. Journal of Structures, 2013, 1-14.
- Kahraman, S., Mısır, İ. S. ve Özden, G. 2007. Sabit ve Değişken Yatak Katsayısı Yaklaşımlarının Yapı Davranışına Etkisi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, 217-228, İstanbul.
- Kausel, E. ve Roesset, J. M. 1974. Soil-Structure Interaction Problems for Nuclear Containment Structures. Presented at the Power Division ASCE Specialty Conference held at Boulder, 12-14, 469-498, Colorado.
- Kazaz, İ. 2010. Dynamic characteristics and performance assessment of reinforced concrete structural walls. PhD. Thesis, Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering, 379, Ankara.
- Kézdi, Á. ve Rétháti, L. 1974. Handbook of Soil Mechanics. Elsevier, 249, Amsterdam.
- Khanna, J. 1969. Elastic soil-structure interaction. Proceedings 4. World Conference on Earthquake Engineering, 13-18 Ocak, Editorial Universitaria, Proceedings Book, 6, 143-152, Santiago.
- King, G. J. W. ve Chandrasekaran, V. S. 1974. An assessment of the effects of interaction between a structure and its foundation, In: Settlement of Structures. British Geotechnical Society, Pentek Press, 368–383, Cambridge.
- Kolar, V. ve Nemec, I. 1989. Modelling of Soil-Structure interaction. Elsevier Science Publishing Company, 333, Amsterdam.
- Korkmaz, K. A. ve Demir, F. 2012. Yapı-zemin etkileşiminin yapıların deprem davranışına etkileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1), 12-17.
- Kramer, S. L. 2003. Geoteknik Deprem Mühendisliği, Çeviren: Kamil Kayabalı. Gazi Kitabevi, 708, Ankara.
- Laman, M. ve Keskin, M. S. 2004. Kumlu zeminlere oturan kare temeller altında düşey gerilme analizi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 431, 53-57.
- Lee, I. K. ve Brown, P. T. 1972. Structure-foundation interaction analysis. Journal of the Structural Division, 98(11), 2413-2431.
- Lee, T. H. ve Wesley, D. A. 1973. Soil-structure interaction of nuclear reactor structures considering through-soil coupling between adjacent structures. Nuclear Engineering and Design, 24(3), 374-387.

- Leong, T. K. ve Huat, C. S. 2013. Sustainable design for unpiled-raft foundation structure. *Procedia Engineering*, 54, 353-364.
- Lou, M., Wang, H., Chen, X. ve Zhai, Y. 2011. Structure–soil–structure interaction: Literature review. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31(12), 1724-1731.
- Luco, J. E. ve Contesse, L. 1973. Dynamic structure-soil-structure interaction. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 63(4), 1289-1303.
- Malviya, G. ve Garg, V. 2017. Effect of soil flexibility on analysis and design of building. *International Journal of Engineering Research and Application*, 7(6), 71-78.
- Markou, G., Sabouni, R., Suleiman, F. ve El-Chouli, R. 2015. Full-scale modeling of the soil-structure interaction problem through the use of hybrid models (HYMOD). *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(2), 885-892.
- Mayne, P. W. ve Poulos, H. G. 1999. Approximate displacement influence factors for elastic shallow foundations. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(6), 453-460.
- Meyerhof, G. G. 1951. The ultimate bearing capacity of foundations. *Geotechnique*, 2(4), 301-332.
- Meyerhof, G. G. 1957. The ultimate bearing capacity of foundations on slopes. *International Society For Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1, 384-386.
- Meyerhof, G. G. 1963. Some recent research on the bearing capacity of foundations. *Canadian Geotechnical Journal*, 1(1), 16-26.
- Meyerhof, G. G. 1976. Bearing capacity and settlement of pile foundations. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 102(3), 197-228.
- Moghaddasi, M. 2012. Probabilistic quantification of the effects of soil-shallow foundation-structure interaction on seismic structural response. PhD. Thesis, University of Canterbury, College of Engineering, Department of Civil and Natural Resources Engineering, 472, New Zealand.
- Nakhaei, M. ve Ghannad, M. A. 2008. The effect of soil–structure interaction on damage index of buildings. *Engineering Structures*, 30(6), 1491-1499.
- Noorzaei, J., Viladkar M. N. ve Godbole P.N. 1994. Nonlinear soil-structure interaction in plane frames, *Engineering Computations*, 11, 303-316.
- Orakdoğan, E., Girgin, K., Boduroğlu, M. H., Büyüksişli, B. ve Gökçe, T. 2008. Performance evaluation of a strengthened building considering the soil-structure interaction. *Journal of Earthquake Engineering*, 12(2), 222-233.

- Önalp, A. ve Sert, S. 2016. Geoteknik Bilgisi-III Bina Temelleri, Birsen yayinevi, 445, İstanbul.
- Pasternak, P. L. 1954. On a new method of analysis of an elastic foundation by means of two foundation constants. Gosudarstvennoe Izdatelstvo Literaturi po Stroitelstvu i Arkhitekture, 1, 1-56.
- Pender, M. J., Wotherspoon, L. M., Ingham, J. M. ve Carr, A. J. 2006. Shallow Foundation Stiffness: Continuous Soil And Discrete Spring Models Compared, In Annual Conference NZ Society for Earthquake Engineering, 1-4 Haziran, Books of Abstracts, 27-28, Napier, New Zealand.
- Prandtl, L. 1920. Theory of lifting surfaces, National Advisory Committee for Aeronautics Technical Report, 9, 1-11.
- Prat, M., Bisch, E., Millard, A., Mestat, P. ve Cabot, G. 1995. La Modelisation Des Ouvrages. Hermes, 770, Paris.
- Priyanka, R. J., Anand, N. ve Justin, D. S. 2012. Studies on soil structure interaction of multi storeyed buildings with rigid and flexible foundation. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2(12), 111-118.
- Reissner, E. 1936. Stationäre, axialsymmetrische, durch eine schüttelnde Masse erregte Schwingung eines homogenen elastischen Halbraum. Ingenieur-Archiv, 7(6), 381-396.
- Seetharamulu, K. ve Kumar, A. 1973. Interaction of Foundation Beams and Soil with Frames. Proceedings of 8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 6-11 Ağustos, Conference Paper, 231-234, Moscow.
- Shihada, S., Hamad, J. ve Alshorafa, M. 2012. Suggested modifications of the conventional rigid method for mat foundation design. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2(4), 418-428.
- Sinha, J. ve Poulos, H. G. 1996. Behaviour of Stiffened Raft Foundations. In 7th Australia New Zealand Conference on Geomechanics: Geomechanics in a Changing World: Conference Proceedings, 1 Ocak, Institution of Engineers, Conference Paper, 704-709, Australia.
- Songür, S. 2019. Three-dimensional finite element modelling in piled raft foundation design. Master of Science Thesis, Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering, 146, Ankara.
- Stewart, J. P., Seed, R. B. ve Fenves, G. L. 1998. Empirical evaluation of inertial soil structure interaction effects. Pacific Earthquake Engineering Research Center, 209, California.
- Sutradhar, A. 1999. An improved design rational for mat foundation based on finite element analysis. Master of Science Thesis, Bangladesh University of Engineering and Technology, Department of Civil Engineering, 114, Dhaka.

- Tabsh, S. W. ve El-Emam, M. 2014. Finite element-based parametric analysis of mat foundations. Proceedings of the 8th European Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering, 14-20 Haziran, Proceedings Book, 1, 693-697, Leiden, The Netherlands.
- Tanaydın, M. O. 2008. The effect of the rigidity on the Analysis of Rafts. Master of Science Thesis, Kultur University, Institute of Graduate Studies, Civil Engineering Department, 66, İstanbul.
- TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018. Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara.
- Teng, W.C. 1962. Foundation Desing. Prentice Hall Inc., 466, New Jersey.
- Terzaghi, K. 1943. Theoretical Soil Mechanics. Wiley, 528, New York.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. ve Mesri, G. 1996. Soil Mechanics in Engineering Practice (3rd Edition). John Wiley and Sons, 592, New York.
- Thangaraj, D. D. ve Ilamparuthi, K. 2012. Interaction analysis of mat foundation and space frame for non linear behaviour of the soil. Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science, 2(4), 33-40.
- Thangaraj, D. D. ve Ilamparuthi, K. 2010. Parametric study on the performance of raft foundation with interaction of frame. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 15, 861-878.
- Torabi, H. ve Rayhani, M. T. 2014. Three dimensional finite element modeling of seismic soil–structure interaction in soft soil. Computers and Geotechnics, 60, 9-19.
- Tormal, V. M., Ladhane, K. B. ve Rathi, V. R. 2014. Effect of soil structure interaction on response of multistorey building. International Journal of Engineering Research ve Technology, 3(8), 412-418.
- TS500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vesić, A. S. 1973. Analysis of ultimate loads of shallow foundations. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 99(1), 45-73.
- Viladkar, M. N., Noorzaei, J. ve Godbole, P. N. 1994. Interactive analysis of a space frame-raft-soil system considering soil nonlinearity. Computers and Structures, 51(4), 343-356.
- Vlasov, V. Z. ve Leont'ev, N. N. 1966. Beams, Plates And Shells On Elastic Foundations. Israel Program for Scientific Translations, 357, Jerusalem.
- Wang, C. M., Chow, Y. K., ve How, Y. C. 2001. Analysis of rectangular thick rafts on an elastic half-space. Computers and Geotechnics, 28(3), 161-184.

- Warburton, G. B., Richardson, J. D. ve Webster, J. J. 1971. Forced vibrations of two masses on an elastic half space. *Journal of Applied Mechanics*, 38 (1), 148–156.
- Westergaard, H. M. 1938. A problem of elasticity suggested by a problem in soil mechanics: A soft material reinforced by numerous strong horizontal sheets. *Contributions to the Mechanics of Solids, Stephen Timoshenko 60th Anniversary Volume*, 260–277, New York.
- Wight, L. H. 1977. Soil-structure interaction in nuclear power plants: a comparison of methods. *Proceedings 6th World Conference on Earthquake Engineering*, 4, 91–96.
- William, K. J. ve Warnke, E. P. 1975. Constitutive model for the triaxial behavior of concrete. *International Association for Bridge and Structure Engineering Proceedings*, 19, 117-131.
- Winkler, E. 1867. *Theory of Elasticity and Strength*. H. Dominicus, 388, Prague.
- Wolf, J. P. 1985. *Dynamic Soil Structure Interaction*. Prentice-Hall, 466, New Jersey.
- Wolf, J. P. 1976. Soil-structure interaction with separation of base mat from soil (lifting-off). *Nuclear Engineering and Design*, 38(2), 357-384.
- Wong, H. L. ve Trifunac, M. D. 1975. Two-dimensional, antiplane, building-soil-building interaction for two or more buildings and for incident planet SH waves. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 65(6), 1863-1885.
- Yalçın, A. 2010. Kazıklı radyejeneral temellerin düşey ve yatay yükler altında davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 209, İstanbul.

EKLER

EK-1: William-Warnke Malzeme Modeli¹

ANSYS betonda üç eksenli gerilme durumundaki kırılma şeklini tanımlamak için William ve Warnke (1975) tarafından geliştirilmiş beş parametrelili kırılma modelini kullanmaktadır. Bu parametrelerden ikisi betonun basınç ve çekme dayanımı diğerleri ise betonun basınç dayanımına bağlı hesaplanan parametrelerdir (Denk. EK1.2 - EK1.4). Çok eksenli gerilme durumunda yenilme kriteri Denklem EK1.1’de ifade edilmiştir (William ve Warnke,1975).

$$\frac{F}{f_c} - S \geq 0 \quad (EK1.1)$$

Burada;

F: Asal gerilme durumunun bir fonksiyonunu ($\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \sigma_{zp}$)

S: Beton malzeme çizelgesinde beş parametre ($f_t, f_c, f_{cb}, f_1, f_2$) ve asal gerilme terimleriyle ifade edilen kırılma yüzeyini

f_c : Tek eksenli basınç dayanımı

$\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \sigma_{zp}$: Asal gerilmeleri ifade etmektedir.

Malzemede ezilme veya çatlama meydana gelebilmesi için (EK1.1) denkleminin sağlanması gerekmektedir. Ezilmenin meydana gelebilmesi için tüm gerilmelerin basınç olması şarttır, ancak asal gerilmelerden herhangi birinin çekme olması durumunda malzeme çatlayacaktır.

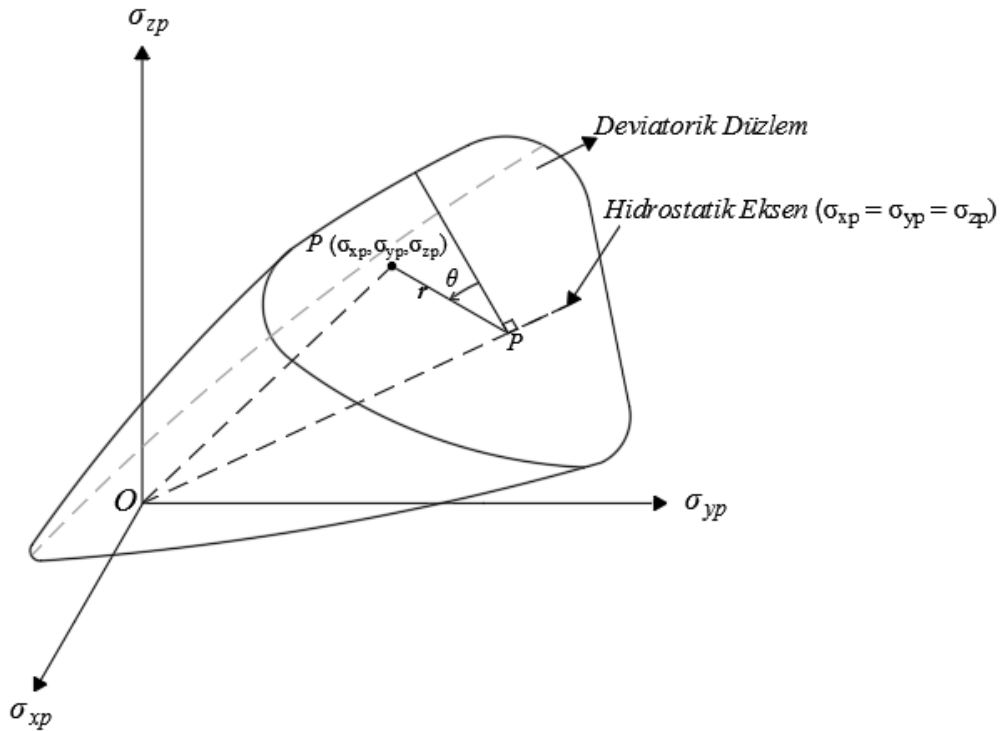
Kırılma yüzeyinin yanı sıra ortamdaki hidrostatik gerilme durumunu tanımlamak için (her biri sıcaklığa bağlı olabilen) toplam beş dayanım parametresine ihtiyaç vardır. Bu parametreler Çizelge EK1.1’de açıklanmıştır.

¹ ANSYS User Guide kaynağından çevrilmiştir.

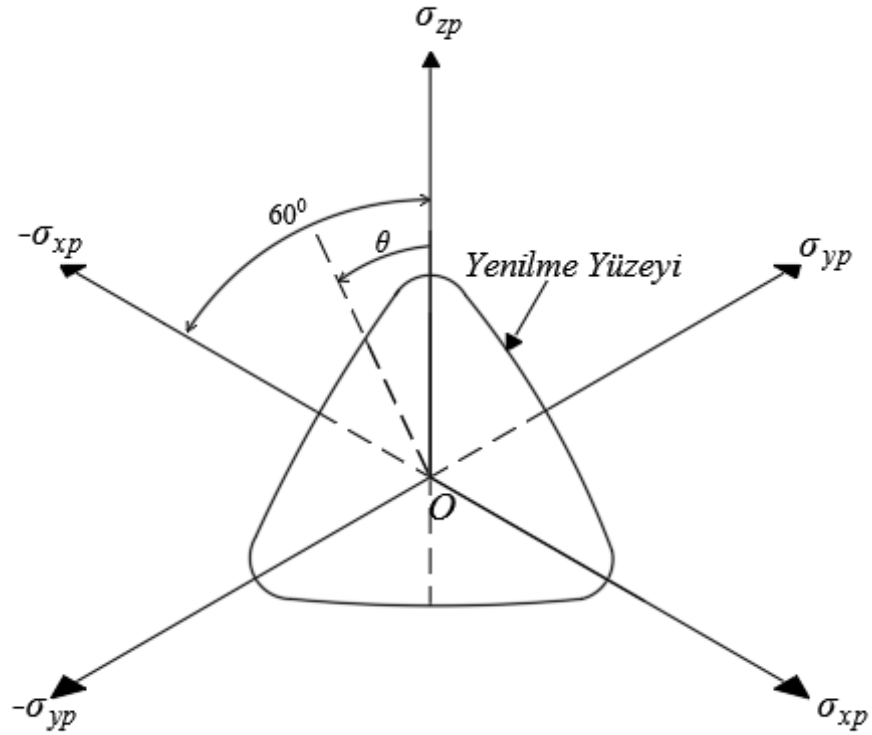
Çizelge EK1.1. Willam-Warnke modeli parametrelerinin tanım çizelgesi

Sembol	Tanım
f_t	Tek eksenli çekme dayanımı
f_c	Tek eksenli basınç dayanımı
f_{cb}	İki eksenli basınç dayanımı
σ_h^a	Ortamdaki hidrostatik gerilme
f_1	Hidrostatik gerilme durumuna eklenecek olan iki eksenli basınç durumu için nihai basınç dayanımı
f_2	Hidrostatik gerilme durumuna eklenecek olan tek eksenli basınç durumu için nihai basınç dayanımı

Willam-Warnke kırılma yüzeyinin asal gerilme uzayındaki gösterimi Şekil EK1.1'deki gibidir. Yenilme yüzeyi kavisli meridyenlere sahiptir ve bu durumun deviatorik düzlemde gösterimi Şekil EK 1.2'de sunulmuştur.



Şekil EK1.1. Yenilme yüzeyinin asal gerilme uzayında gösterimi



Şekil EK1.2. Yenilme yüzeyinin deviatorik düzlemde gösterimi

Kırılma yüzeyinin tanımlanabilmesi için en az iki sabite (f_t , f_c) ihtiyaç vardır. Diğer üç parametre için ANSYS şu denklemleri varsaymaktadır,

$$f_{cb} = 1,2 f_c \quad (\text{EK1.2})$$

$$f_1 = 1,45 f_c \quad (\text{EK1.3})$$

$$f_2 = 1,725 f_c \quad (\text{EK1.4})$$

Ancak bu varsayılan değerler Denklem (EK1.5)'in sağlandığı koşullar için geçerlidir. Hidrostatik gerilme durumunun sağlanmadığı durumlarda bu parametreleri kullanıcının tanımlaması gerekmektedir.

$$\sigma_h \leq \sqrt{3} f_c \quad (\text{EK1.5})$$

$$\sigma_h = 1/3 (\sigma_{xp} + \sigma_{yp} + \sigma_{zp}) \quad (\text{EK1.6})$$

Hem F fonksiyonu hem de S kırılma yüzeyi $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ifadeleriyle gösterilen asal gerilme terimleri cinsinden ifade edilmektedir. Bu asal gerilmeler,

$$\sigma_1 : \max (\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \sigma_{zp}) \quad (\text{EK1.7})$$

$$\sigma_3 : \min (\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \sigma_{zp}) \quad (\text{EK1.8})$$

Betonun kırılma hali 4 grupta toplanabilir.

1. $0 \geq \sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ (basınç-basınç-basınç)
2. $\sigma_1 \geq 0 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ (çekme-basınç-basınç)
3. $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq 0 \geq \sigma_3$ (çekme-çekme-basınç)
4. $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \geq 0$ (çekme-çekme-çekme)

Her bir durumda, bağımsız fonksiyonlar F 'yi ve yenilme yüzeyi S 'yi tanımlamaktadır. Genel F fonksiyonunu tanımlayan dört fonksiyon F_1, F_2, F_3 ve F_4 ile gösterilirken, S 'yi tanımlayan fonksiyonlar S_1, S_2, S_3 ve S_4 ile sembolize edilmektedir. S_i ($i = 1, 4$) fonksiyonunun sahip olduğu özellik, ana gerilmelerden herhangi birinin işaret değiştirdiği (yüzey sürekliliğinin olmadığı) durumda yüzeyin sürekli olduğunu tanımlamaktadır.

EK-2:Drucker – Prager Plastik Modeli

Malzemelerin bünye denklemlerinin belirlenmesinde kullanılan pek çok matematiksel model; zemin ve beton gibi granüler malzemelerin mekanik davranışını, plastik ve viskoplastik teoriler ile ifade edebilmektedir (Arslan 2004). Granüler malzemelerin davranışını modellemek için ANSYS’de bulunan malzeme modeli, Drucker-Prager (Drucker ve Prager 1952) malzeme modelidir. Bu çalışmada zemin ortamının doğrusal ve doğrusal olmayan davranışını modellemek için Drucker-Prager akma kriteri kullanılmıştır.

Söz konusu modelde akma kriteri, Von-Mises kriterinin genelleştirilmiş şeklidir (Arslan 2004). Genelleştirilmiş kriter şu şekilde ifade edilmektedir.

$$f(I_1, J_2) = \alpha I_1 + \sqrt{J_2} - \tau_0 = 0 \quad (\text{EK2.1})$$

Burada α ve τ_0 pozitif malzeme parametreleridir. $I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$, gerilme tensörünün birinci sabiti J_2 ise deviatör gerilme tensörünün ikinci sabitidir (Denklem 3.10).

$$J_2 = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2] \quad (\text{EK2.2})$$

Aynı şekilde, gerilme durumunun ve akma yüzeyinin basit geometrik yorumu için $\xi = I_1 / \sqrt{3}$ ve $r = \sqrt{2J_2}$ ifadeleri kullanılmaktadır.

$$f(\xi, r) = \sqrt{6}\alpha\xi + r - \sqrt{2}\tau_0 = 0 \quad (\text{EK2.3})$$

Burada r ve ξ gerilme tensörünün sırasıyla deviatorik ve hidrostatik bileşenleridir.

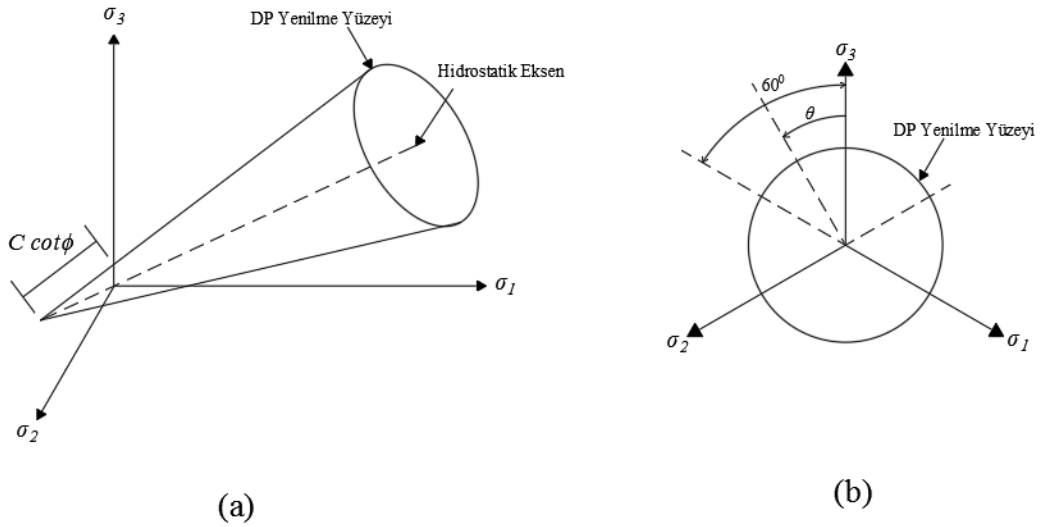
Drucker-Prager akma kriteri, çok eksenli basınca maruz kalan düzlem elemanların tepkisini iyi derecede temsil eder ve düzgün bir yenilme yüzeyi sağlar.

ANSYS’de Drucker-Prager kriterinin α ve τ_0 giriş parametreleri, Mohr-Coulomb modelinin c ve ϕ parametreleri üzerinden yorumlanır. Drucker-Prager konisinin boyutu bu parametreler ile belirlenir. Burada c kohezyon, ϕ ise içsel sürtünme açısıdır. Mohr-Coulomb kriteri için genel ifade;

$$(1+\sin\phi)\sigma_1 - (1-\sin\phi)\sigma_3 = 2c \cos\phi \quad (\text{EK2.4})$$

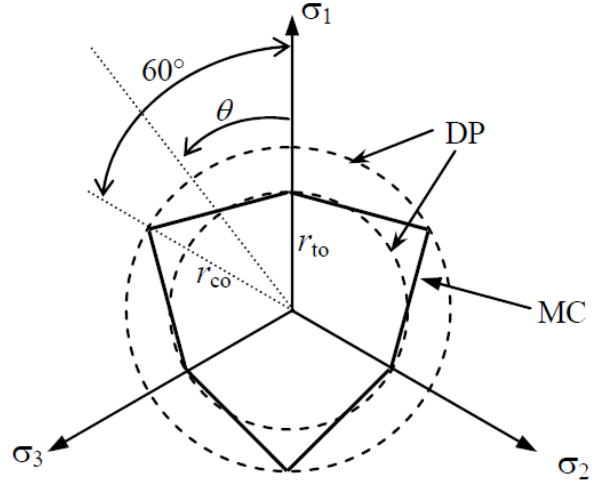
şeklinde verilir.

Drucker-Prager yenilme kriteri üç boyutlu gerilme durumunda dairesel bir koni, deviatorik düzlemde ise kriter daire şeklindedir (Şekil EK2.1).



Şekil EK2.1. Drucker-Prager akma yüzeyinin gösterimi, (a) asal gerilme uzayında (b) deviatorik düzlemde.

Drucker-Prager konisinin boyutu, deviatorik düzlemde Mohr-Coulomb altıgeninin köşe noktalarını çevreleyen bir dış zarf şeklindedir (Şekil EK2.2).



Şekil EK2.2. Drucker-Prager akma kriterinin Mohr-Coulomb yenilme yüzeyi ile karşılaştırılması (Kazaz 2010).

Drucker-Prager akma kriteri dairesi, Mohr-Coulomb altıgeninin dış noktalarından çizilen bir sınır daire olarak düşünülürse ve iki yenilme yüzeyi (Şekil EK2.3) basınç meridyeni üzerinde verilirse malzeme sabitleri şu şekilde ilişkilendirilmektedir.

$$\alpha = \frac{2 \sin \phi}{\sqrt{3} (3 - \sin \phi)} \quad (\text{EK2.5})$$

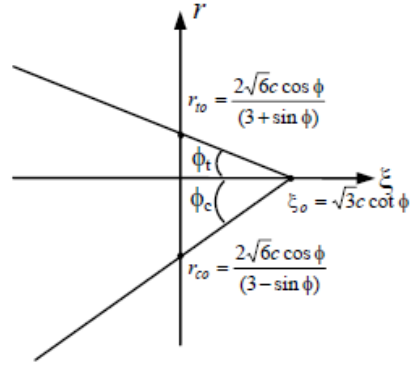
$$\tau_0 = \frac{6c \cos \phi}{\sqrt{3} (3 - \sin \phi)} \quad (\text{EK2.6})$$

Ayrıca çekme meridyeninden geçen, iç koniyi ifade eden sabitler;

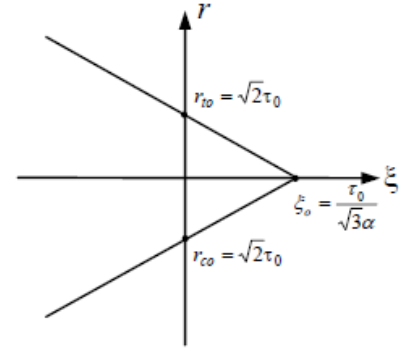
$$\alpha = \frac{2 \sin \phi}{\sqrt{3} (3 + \sin \phi)} \quad (\text{EK2.7})$$

$$\tau_0 = \frac{6c \cos \phi}{\sqrt{3} (3 + \sin \phi)} \quad (\text{EK2.8})$$

şeklinde verilmektedir.



(a)



(b)

Şekil EK2.3. Meridyen düzleminde hidrostatik gerilmenin deviatorik gerilmeye karşı gösterimi, (a) Mohr-Coulomb , (b) Drucker-Prager (Kazaz 2010).

EK-3: 2-2 ve C-C Aksları İçin Hesaplanan Donatı Oranları

5 Kat 40cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M_d (kNm/m)	b (mm)	d_{ort} (mm)	A_s (mm²)	Min A_s (mm²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	74,3	1000	338	708,8	591,5	0,00210
	S107-S108	63,3	1000	338	603,5	591,5	0,00178
	S108-S109	63,3	1000	338	603,5	591,5	0,00178
	S109-S110	74,3	1000	338	708,8	591,5	0,00210
Mesnet	S106	80,0	1000	338	763,3	591,5	0,00226
	S107	170,4	1000	338	1625,1	591,5	0,00481
	S108	156,1	1000	338	1489,0	591,5	0,00440
	S109	171,0	1000	338	1630,2	591,5	0,00482
	S110	80,1	1000	338	764,0	591,5	0,00226

5 Kat 40cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M_d (kNm/m)	b (mm)	d_{ort} (mm)	A_s (mm²)	Min A_s (mm²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	23,6	1000	338	225,2	591,5	0,00175
	S108-S103	242,3	1000	338	2309,2	591,5	0,00683
Mesnet	S113	83,7	1000	338	797,3	591,5	0,00236
	S108	350,3	1000	338	3338,2	591,5	0,00988
	S103	84,0	1000	338	801,0	591,5	0,00237

5 Kat 60cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M_d (kNm/m)	b (mm)	d_{ort} (mm)	A_s (mm²)	Min A_s (mm²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	79,5	1000	538	475,8	941,5	0,00175
	S107-S108	67,2	1000	538	402,1	941,5	0,00175
	S108-S109	67,2	1000	538	402,1	941,5	0,00175
	S109-S110	79,5	1000	538	475,8	941,5	0,00175
Mesnet	S106	86,3	1000	538	516,7	941,5	0,00175
	S107	181,6	1000	538	1087,2	941,5	0,00202
	S108	165,6	1000	538	991,3	941,5	0,00184
	S109	182,2	1000	538	1090,6	941,5	0,00203
	S110	86,4	1000	538	517,1	941,5	0,00175

5 Kat 60cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	25,0	1000	538	149,9	941,5	0,00175
	S108-S103	258,3	1000	538	1546,5	941,5	0,00287
Mesnet	S113	89,9	1000	538	538,3	941,5	0,00175
	S108	373,6	1000	538	2236,8	941,5	0,00416
	S103	90,3	1000	538	540,6	941,5	0,00175

5 Kat 80cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	84,6	1000	738	369,3	1291,5	0,00175
	S107-S108	71,0	1000	738	310,1	1291,5	0,00175
	S108-S109	71,0	1000	738	310,1	1291,5	0,00175
	S109-S110	84,6	1000	738	369,3	1291,5	0,00175
Mesnet	S106	92,5	1000	738	403,9	1291,5	0,00175
	S107	192,7	1000	738	841,3	1291,5	0,00175
	S108	175,0	1000	738	763,8	1291,5	0,00175
	S109	193,3	1000	738	843,9	1291,5	0,00175
	S110	92,6	1000	738	404,3	1291,5	0,00175

5 Kat 80cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	26,4	1000	738	115,4	1291,5	0,00175
	S108-S103	274,3	1000	738	1197,2	1291,5	0,00175
Mesnet	S113	96,2	1000	738	419,7	1291,5	0,00175
	S108	396,9	1000	738	1732,4	1291,5	0,00235
	S103	96,5	1000	738	421,4	1291,5	0,00175

8 Kat 40cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S101-S102	112,8	1000	338	1074,9	591,5	0,00318
	S102-S103	96,6	1000	338	921,0	591,5	0,00272
	S103-S104	96,6	1000	338	921,0	591,5	0,00272
	S104-S105	112,8	1000	338	1074,9	591,5	0,00318
Mesnet	S101	120,5	1000	338	1148,8	591,5	0,0034
	S102	259,3	1000	338	2471,6	591,5	0,00731
	S103	238,6	1000	338	2273,8	591,5	0,00673
	S104	260,2	1000	338	2479,4	591,5	0,00734
	S105	120,7	1000	338	1149,9	591,5	0,0034

8 Kat 40cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	36,1	1000	338	344,2	591,5	0,00175
	S108-S103	368,4	1000	338	3511,4	591,5	0,01039
Mesnet	S113	126,3	1000	338	1203,2	591,5	0,00356
	S108	532,3	1000	338	5073,4	591,5	0,01501
	S103	126,9	1000	338	1209,5	591,5	0,00358

8 Kat 60cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	117,9	1000	538	706,1	941,5	0,00175
	S107-S108	100,5	1000	538	601,8	941,5	0,00175
	S108-S109	100,5	1000	538	601,8	941,5	0,00175
	S109-S110	117,9	1000	538	706,1	941,5	0,00175
Mesnet	S106	126,8	1000	538	759,2	941,5	0,00175
	S107	270,5	1000	538	1619,6	941,5	0,00301
	S108	248,0	1000	538	1484,9	941,5	0,00276
	S109	271,4	1000	538	1624,7	941,5	0,00302
	S110	126,9	1000	538	759,8	941,5	0,00175

8 Kat 60cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	37,5	1000	538	224,7	941,5	0,00175
	S108-S103	384,4	1000	538	2301,8	941,5	0,00428
Mesnet	S113	132,5	1000	538	793,3	941,5	0,00175
	S108	555,7	1000	538	3327,0	941,5	0,00618
	S103	133,2	1000	538	797,3	941,5	0,00175

8 Kat 80cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	123,1	1000	738	537,2	1291,5	0,00175
	S107-S108	104,4	1000	738	455,6	1291,5	0,00175
	S108-S109	104,4	1000	738	455,6	1291,5	0,00175
	S109-S110	123,1	1000	738	537,2	1291,5	0,00175
Mesnet	S106	133,0	1000	738	580,7	1291,5	0,00175
	S107	281,7	1000	738	1229,4	1291,5	0,00175
	S108	257,4	1000	738	1123,6	1291,5	0,00175
	S109	282,5	1000	738	1233,3	1291,5	0,00175
	S110	133,2	1000	738	581,2	1291,5	0,00175

8 Kat 80cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	38,9	1000	738	169,9	1291,5	0,00175
	S108-S103	400,4	1000	738	1747,8	1291,5	0,00237
Mesnet	S113	138,8	1000	738	605,6	1291,5	0,00175
	S108	579,0	1000	738	2527,1	1291,5	0,00342
	S103	139,4	1000	738	608,5	1291,5	0,00175

15 Kat 60cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	207,6	1000	538	1242,8	941,5	0,00231
	S107-S108	178,3	1000	538	1067,5	941,5	0,00198
	S108-S109	178,3	1000	538	1067,5	941,5	0,00198
	S109-S110	207,6	1000	538	1242,8	941,5	0,00231
Mesnet	S106	221,4	1000	538	1325,5	941,5	0,00246
	S107	477,8	1000	538	2861,1	941,5	0,00532
	S108	440,3	1000	538	2636,2	941,5	0,0049
	S109	479,4	1000	538	2870,2	941,5	0,00533
	S110	221,6	1000	538	1326,8	941,5	0,00247

15 Kat 60cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	66,7	1000	538	456,0	941,5	0,00175
	S108-S103	679,0	1000	538	383,0	941,5	0,00756
Mesnet	S113	232,1	1000	538	498,0	941,5	0,00258
	S108	980,8	1000	538	1039,0	941,5	0,01092
	S103	233,3	1000	538	944,0	941,5	0,00260

15 Kat 80cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	212,7	1000	738	928,5	1291,5	0,00175
	S107-S108	182,2	1000	738	795,1	1291,5	0,00175
	S108-S109	182,2	1000	738	795,1	1291,5	0,00175
	S109-S110	212,7	1000	738	928,5	1291,5	0,00175
Mesnet	S106	227,6	1000	738	993,6	1291,5	0,00175
	S107	489,0	1000	738	2134,5	1291,5	0,00289
	S108	449,7	1000	738	1962,9	1291,5	0,00266
	S109	490,6	1000	738	2141,2	1291,5	0,0029
	S110	227,8	1000	738	994,5	1291,5	0,00175

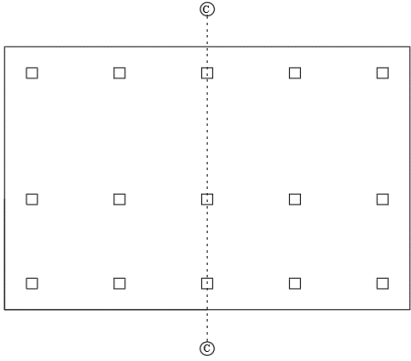
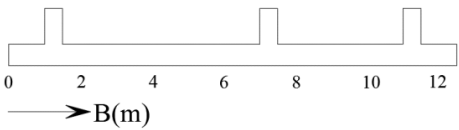
15 Kat 80cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	68,1	1000	738	297,2	1291,5	0,00175
	S108-S103	695,0	1000	738	3033,4	1291,5	0,00411
Mesnet	S113	238,4	1000	738	1040,4	1291,5	0,00175
	S108	1004,2	1000	738	4383,0	1291,5	0,00594
	S103	239,6	1000	738	1045,6	1291,5	0,00175

15 Kat 100cm Radye İçin 2-2 Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S106-S107	217,9	1000	938	748,2	1641,5	0,0021
	S107-S108	186,0	1000	938	638,9	1641,5	0,00178
	S108-S109	186,0	1000	938	638,9	1641,5	0,00178
	S109-S110	217,9	1000	938	748,2	1641,5	0,0021
Mesnet	S106	233,9	1000	938	803,2	1641,5	0,00226
	S107	500,2	1000	938	1717,7	1641,5	0,00481
	S108	459,1	1000	938	1576,7	1641,5	0,0044
	S109	501,8	1000	938	1723,1	1641,5	0,00482
	S110	234,1	1000	938	803,9	1641,5	0,00226

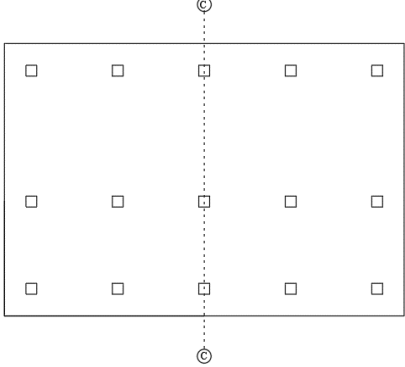
15 Kat 100cm Radye İçin C-C Aksı Kolon Şeridi Donatı Oranları							
	Bölge	M _d (kNm/m)	b (mm)	d _{ort} (mm)	A _s (mm ²)	Min A _s (mm ²)	Donatı Oranı
Açıklık	S113-S108	69,5	1000	938	238,7	1641,5	0,00175
	S108-S103	710,9	1000	938	2441,5	1641,5	0,00260
Mesnet	S113	244,6	1000	938	840,1	1641,5	0,00175
	S108	1027,5	1000	938	3528,6	1641,5	0,00376
	S103	245,8	1000	938	844,2	1641,5	0,00175

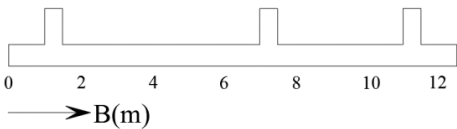
EK-4:Rijit Yöntem Kullanılarak Elde Edilen Tasarıma Esas İç Kuvvetler

5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
0,42	-9,9	-10,6	-11,3	0,42	-59,2	-63,6	-68,0
0,83	-39,5	-42,4	-45,3	0,83	-118,4	-127,1	-135,9
1,25	-88,8	-95,4	-101,9	1,25	406,9	434,4	461,9
1,75	58,3	61,7	65,0	1,75	328,5	350,7	372,9
2,25	174,0	185,2	196,4	2,25	250,1	267,0	284,0
2,75	206,7	206,5	219,2	2,75	171,6	183,3	195,0
3,25	233,5	248,9	264,3	3,25	93,2	99,7	106,1
3,75	249,7	266,3	282,8	3,75	14,8	16,0	17,2
4,25	242,3	258,5	274,6	4,25	-63,6	-67,7	-71,8
4,75	211,5	225,6	239,8	4,75	-142,1	-151,4	-160,7
5,25	157,1	167,7	178,2	5,25	-220,5	-235,1	-249,7
5,75	79,2	84,6	89,9	5,75	-298,9	-318,8	-338,6
6,25	-27,8	-29,5	-31,2	6,25	-377,3	-402,4	-427,6
6,75	-184,0	-196,1	-208,3	6,75	-455,7	-486,1	-516,5
7,25	-369,6	-394,1	-418,6	7,25	408,5	435,7	462,8
7,75	-231,1	-246,4	-261,7	7,75	330,3	352,2	374,1
8,25	-121,9	-130,0	-138,1	8,25	252,0	268,7	285,3
8,75	-33,6	-35,9	-38,2	8,75	173,8	185,2	196,5
9,25	6,8	7,1	7,5	9,25	95,5	101,7	107,8
9,75	23,7	25,1	26,5	9,75	17,3	18,2	19,0
10,25	22,8	24,0	25,2	10,25	-60,9	-65,3	-69,7
10,75	-17,2	-18,8	-20,5	10,75	-139,2	-148,8	-158,5
11,25	-88,5	-95,1	-101,6	11,25	177,0	190,1	203,3
11,67	-39,3	-42,3	-45,2	11,67	118,0	126,8	135,5
12,08	-9,8	-10,6	-11,3	12,08	59,0	63,4	67,8
12,50	0,0	0,0	0,0	12,50	0,0	0,0	0,0

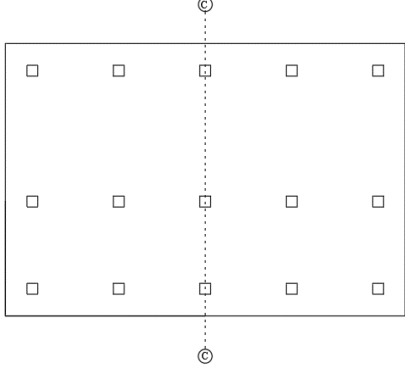
8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
0,42	-14,9	-15,3	-16,3	0,42	-89,3	-91,8	-98,0
0,83	-59,5	-61,2	-65,4	0,83	-178,6	-183,6	-196,1
1,25	-133,9	-137,7	-147,1	1,25	617,1	631,8	672,1
1,75	89,1	90,7	95,8	1,75	498,1	510,0	542,6
2,25	264,5	270,3	287,0	2,25	379,1	388,2	413,1
2,75	294,3	300,9	319,7	2,75	260,1	266,4	283,6
3,25	354,5	362,6	385,4	3,25	141,2	144,7	154,1
3,75	379,0	387,7	412,1	3,75	22,2	22,9	24,6
4,25	367,8	376,3	400,1	4,25	-96,8	-98,9	-104,9
4,75	320,9	328,4	349,2	4,75	-215,8	-220,7	-234,4
5,25	238,3	243,9	259,4	5,25	-334,7	-342,5	-363,9
5,75	120,1	122,9	130,8	5,75	-453,7	-464,3	-493,4
6,25	-42,4	-43,4	-45,8	6,25	-572,7	-586,1	-622,9
6,75	-279,4	-286,0	-303,7	6,75	-691,7	-707,9	-752,4
7,25	-561,1	-574,3	-610,1	7,25	620,1	635,3	674,5
7,75	-350,8	-358,8	-381,4	7,75	501,5	513,6	545,3
8,25	-185,0	-189,1	-201,2	8,25	382,8	391,9	416,1
8,75	-51,0	-52,0	-55,5	8,75	264,1	270,2	286,8
9,25	10,4	10,8	11,2	9,25	145,4	148,5	157,6
9,75	36,3	37,1	39,1	9,75	26,7	26,7	28,4
10,25	35,3	35,8	37,6	10,25	-92,0	-95,0	-100,8
10,75	-25,2	-26,5	-28,5	10,75	-210,7	-216,7	-230,0
11,25	-133,2	-137,5	-146,4	11,25	266,4	275,0	292,8
11,67	-59,2	-61,1	-65,1	11,67	177,6	183,3	195,2
12,08	-14,8	-15,3	-16,3	12,08	88,8	91,7	97,6
12,50	0,0	0,0	0,0	12,50	0,0	0,0	0,0

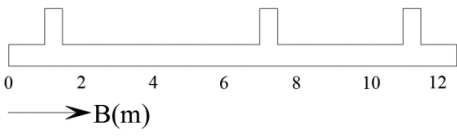




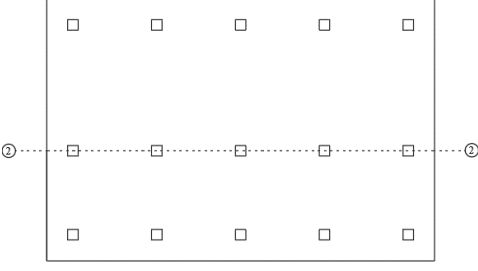
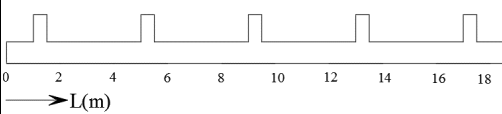
→ B(m)

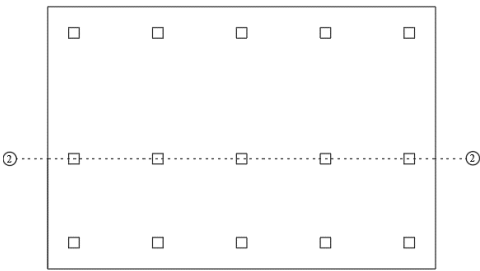
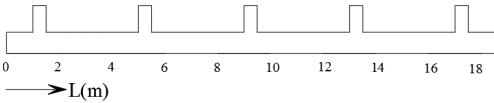
15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	60	80	100	b(m)	60	80	100
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
0,42	-26,7	-28,1	-28,8	0,42	-160,5	-168,3	-172,7
0,83	-107,0	-112,2	-115,1	0,83	-321,0	-336,7	-345,4
1,25	-240,7	-252,5	-259,1	1,25	1111,3	1162,8	1190,3
1,75	160,9	167,8	171,1	1,75	897,0	938,6	960,8
2,25	476,9	498,4	509,6	2,25	682,7	714,4	731,4
2,75	530,3	554,5	567,2	2,75	468,4	490,2	501,9
3,25	638,7	667,9	683,3	3,25	254,1	266,0	272,5
3,75	682,8	714,1	730,7	3,75	39,7	41,8	43,0
4,25	662,5	693,0	709,2	4,25	-174,6	-182,3	-186,4
4,75	578,0	604,7	618,8	4,75	-388,9	-406,5	-415,9
5,25	429,2	449,1	459,6	5,25	-603,2	-630,7	-645,3
5,75	216,1	226,3	231,6	5,75	-817,5	-854,9	-874,8
6,25	-76,6	-79,8	-81,5	6,25	-1031,8	-1079,1	-1104,2
6,75	-503,7	-526,5	-538,6	6,75	-1246,1	-1303,3	-1333,7
7,25	-1011,2	-1057,2	-1081,8	7,25	1118,5	1168,6	1195,8
7,75	-632,0	-661,0	-676,3	7,75	904,4	944,9	966,8
8,25	-333,0	-348,5	-356,6	8,25	690,2	721,2	737,9
8,75	-91,4	-96,0	-98,3	8,75	476,1	497,6	508,9
9,25	19,3	19,7	20,1	9,25	262,0	273,9	280,0
9,75	65,8	68,3	69,7	9,75	47,9	50,2	51,1
10,25	64,1	66,4	67,6	10,25	-166,2	-173,5	-177,9
10,75	-45,2	-47,7	-49,4	10,75	-380,3	-397,2	-406,8
11,25	-240,1	-251,3	-257,9	11,25	480,3	502,6	515,8
11,67	-106,7	-111,7	-114,6	11,67	320,2	335,1	343,9
12,08	-26,7	-27,9	-28,7	12,08	160,1	167,5	171,9
12,50	0,0	0,0	0,0	12,50	0,0	0,0	0,0



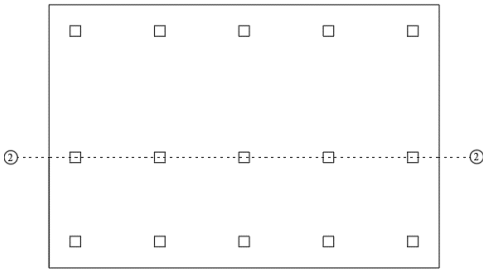
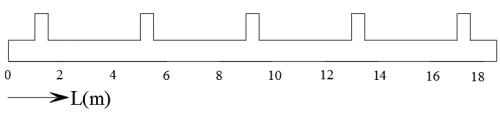


5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
0,42	-8,6	-9,3	-10,0	0,42	-51,8	-55,8	-59,9
0,83	-34,5	-37,2	-39,9	0,83	-103,6	-111,7	-119,7
1,25	-77,7	-83,7	-89,8	1,25	248,2	265,9	283,6
1,75	7,7	7,7	7,7	1,75	178,4	191,3	204,1
2,25	65,1	69,3	73,5	2,25	108,6	116,6	124,6
2,75	70,9	75,8	80,6	2,75	38,9	42,0	45,1
3,25	72,1	77,2	82,2	3,25	-30,9	-32,6	-34,4
3,75	52,4	56,2	60,0	3,75	-100,7	-107,3	-113,9
4,25	11,7	12,8	13,9	4,25	-170,5	-181,9	-193,4
4,75	-62,4	-66,2	-70,1	4,75	-240,3	-256,6	-272,9
5,25	-165,6	-176,4	-187,3	5,25	317,1	337,1	357,1
5,75	-61,3	-65,6	-69,8	5,75	239,0	254,2	269,3
6,25	10,9	11,3	11,7	6,25	160,9	171,2	181,5
6,75	47,5	50,2	53,0	6,75	82,8	88,2	93,6
7,25	60,6	64,3	67,9	7,25	4,7	5,2	5,8
7,75	50,3	53,4	56,5	7,75	-73,4	-77,7	-82,0
8,25	16,5	17,6	18,7	8,25	-151,6	-160,7	-169,8
8,75	-50,8	-53,8	-56,8	8,75	-229,7	-243,7	-257,7
9,25	-151,6	-160,7	-169,9	9,25	307,8	326,6	345,5
9,75	-50,8	-53,8	-56,8	9,75	229,7	243,7	257,7
10,25	16,5	17,6	18,7	10,25	151,6	160,7	169,8
10,75	50,3	53,4	56,5	10,75	73,4	77,7	82,0
11,25	60,6	64,3	67,9	11,25	-4,7	-5,2	-5,8
11,75	47,5	50,2	53,0	11,75	-82,8	-88,2	-93,6
12,25	10,9	11,3	11,7	12,25	-160,9	-171,2	-181,5
12,75	-61,3	-65,6	-69,8	12,75	-239,0	-254,2	-269,3
13,25	-165,6	-176,4	-187,3	13,25	310,1	331,2	352,3
13,75	-62,4	-66,2	-70,1	13,75	240,3	256,6	272,9
14,25	11,7	12,8	13,9	14,25	170,5	181,9	193,4
14,75	52,4	56,2	60,0	14,75	100,7	107,3	113,9
15,25	72,1	77,2	82,2	15,25	30,9	32,6	34,4
15,75	70,9	75,8	80,6	15,75	-38,9	-42,0	-45,1
16,25	65,1	69,3	73,5	16,25	-108,6	-116,6	-124,6
16,75	7,7	7,7	7,7	16,75	-178,4	-191,3	-204,1
17,25	-77,7	-83,7	-89,8	17,25	155,3	167,5	179,6
17,67	-34,5	-37,2	-39,9	17,67	103,6	111,7	119,7
18,08	-8,6	-9,3	-10,0	18,08	51,8	55,8	59,9
18,50	0,0	0,0	0,0	18,50	0,0	0,0	0,0

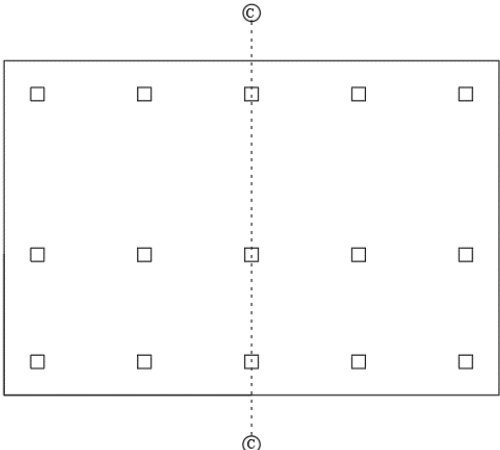
8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
0,42	-13,0	-13,7	-14,4	0,42	-78,2	-82,2	-86,2
0,83	-52,1	-54,8	-57,5	0,83	-156,3	-164,4	-172,5
1,25	-117,2	-123,3	-129,4	1,25	376,0	393,7	411,4
1,75	12,0	12,1	12,1	1,75	270,2	283,0	295,9
2,25	98,9	103,1	107,3	2,25	164,3	172,3	180,3
2,75	107,6	112,4	117,3	2,75	58,5	61,6	64,8
3,25	109,3	114,3	119,4	3,25	-47,3	-49,1	-50,8
3,75	79,2	83,0	86,8	3,75	-153,2	-159,8	-166,3
4,25	17,4	18,5	19,6	4,25	-259,0	-270,5	-281,9
4,75	-95,3	-99,1	-102,9	4,75	-364,9	-381,2	-397,4
5,25	-251,9	-262,8	-273,6	5,25	483,5	503,5	523,5
5,75	-93,0	-97,2	-101,5	5,75	364,3	379,4	394,6
6,25	17,0	17,4	17,8	6,25	245,1	255,4	265,7
6,75	72,7	75,5	78,2	6,75	125,9	131,4	136,8
7,25	92,6	96,3	99,9	7,25	6,8	7,3	7,9
7,75	76,8	79,9	83,0	7,75	-112,4	-116,7	-121,0
8,25	25,2	26,2	27,3	8,25	-231,6	-240,8	-249,9
8,75	-77,8	-80,7	-83,7	8,75	-350,8	-364,8	-378,8
9,25	-231,6	-240,8	-249,9	9,25	470,0	488,8	507,7
9,75	-77,8	-80,7	-83,7	9,75	350,8	364,8	378,8
10,25	25,2	26,2	27,3	10,25	231,6	240,8	249,9
10,75	76,8	79,9	83,0	10,75	112,4	116,7	121,0
11,25	92,6	96,3	99,9	11,25	-6,8	-7,3	-7,9
11,75	72,7	75,5	78,2	11,75	-125,9	-131,4	-136,8
12,25	17,0	17,4	17,8	12,25	-245,1	-255,4	-265,7
12,75	-93,0	-97,2	-101,5	12,75	-364,3	-379,4	-394,6
13,25	-251,9	-262,8	-273,6	13,25	470,7	491,9	513,0
13,75	-95,3	-99,1	-102,9	13,75	364,9	381,2	397,4
14,25	17,4	18,5	19,6	14,25	259,0	270,5	281,9
14,75	79,2	83,0	86,8	14,75	153,2	159,8	166,3
15,25	109,3	114,3	119,4	15,25	47,3	49,1	50,8
15,75	107,6	112,4	117,3	15,75	-58,5	-61,6	-64,8
16,25	98,9	103,1	107,3	16,25	-164,3	-172,3	-180,3
16,75	12,0	12,1	12,1	16,75	-270,2	-283,0	-295,9
17,25	-117,2	-123,3	-129,4	17,25	234,5	246,6	258,7
17,67	-52,1	-54,8	-57,5	17,67	156,3	164,4	172,5
18,08	-13,0	-13,7	-14,4	18,08	78,2	82,2	86,2
18,50	0,0	0,0	0,0	18,50	0,0	0,0	0,0
							

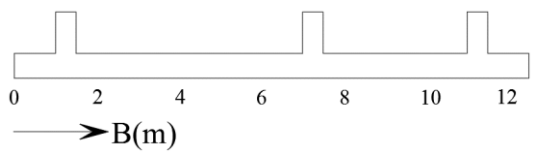
15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	60	80	100	b(m)	60	80	100
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
0,42	-23,9	-24,6	-25,2	0,42	-143,4	-147,4	-151,5
0,83	-95,6	-98,3	-101,0	0,83	-286,7	-294,8	-302,9
1,25	-215,0	-221,1	-227,2	1,25	691,5	709,2	726,9
1,75	22,6	22,6	22,7	1,75	496,8	509,6	522,4
2,25	182,4	186,6	190,8	2,25	302,0	310,0	318,0
2,75	198,2	203,0	207,8	2,75	107,2	110,4	113,5
3,25	201,1	206,1	211,2	3,25	-87,5	-89,2	-91,0
3,75	145,6	149,4	153,2	3,75	-282,3	-288,8	-295,4
4,25	31,7	32,8	33,9	4,25	-477,0	-488,5	-499,9
4,75	-175,7	-179,6	-183,4	4,75	-671,8	-688,1	-704,4
5,25	-464,2	-475,0	-485,9	5,25	891,5	911,4	931,4
5,75	-171,1	-175,3	-179,6	5,75	671,7	686,8	701,9
6,25	31,7	32,1	32,5	6,25	451,9	462,1	472,4
6,75	134,3	137,0	139,8	6,75	232,0	237,5	242,9
7,25	170,9	174,5	178,2	7,25	12,2	12,8	13,4
7,75	141,6	144,7	147,8	7,75	-207,6	-211,9	-216,1
8,25	46,4	47,4	48,5	8,25	-427,4	-436,5	-445,7
8,75	-143,5	-146,5	-149,5	8,75	-647,2	-661,2	-675,2
9,25	-427,4	-436,6	-445,7	9,25	867,0	885,8	904,7
9,75	-143,5	-146,5	-149,5	9,75	647,2	661,2	675,2
10,25	46,4	47,4	48,5	10,25	427,4	436,5	445,7
10,75	141,6	144,7	147,8	10,75	207,6	211,9	216,1
11,25	170,9	174,5	178,2	11,25	-12,2	-12,8	-13,4
11,75	134,3	137,0	139,8	11,75	-232,0	-237,5	-242,9
12,25	31,7	32,1	32,5	12,25	-451,9	-462,1	-472,4
12,75	-171,1	-175,3	-179,6	12,75	-671,7	-686,8	-701,9
13,25	-464,2	-475,0	-485,9	13,25	866,5	887,7	908,8
13,75	-175,7	-179,6	-183,4	13,75	671,8	688,1	704,4
14,25	31,7	32,8	33,9	14,25	477,0	488,5	499,9
14,75	145,6	149,4	153,2	14,75	282,3	288,8	295,4
15,25	201,1	206,1	211,2	15,25	87,5	89,2	91,0
15,75	198,2	203,0	207,8	15,75	-107,2	-110,4	-113,5
16,25	182,4	186,6	190,8	16,25	-302,0	-310,0	-318,0
16,75	22,6	22,6	22,7	16,75	-496,8	-509,6	-522,4
17,25	-215,0	-221,1	-227,2	17,25	430,1	442,2	454,4
17,67	-95,6	-98,3	-101,0	17,67	286,7	294,8	302,9
18,08	-23,9	-24,6	-25,2	18,08	143,4	147,4	151,5
18,50	0,0	0,0	0,0	18,50	0,0	0,0	0,0

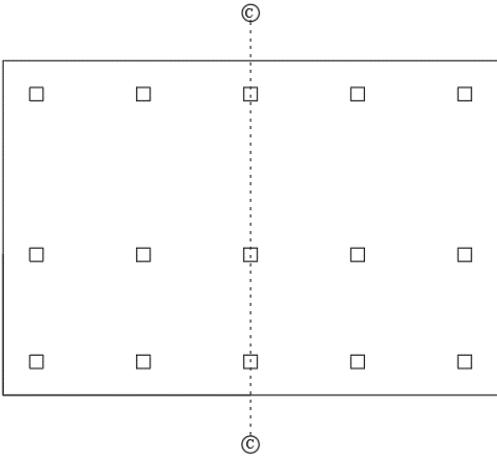
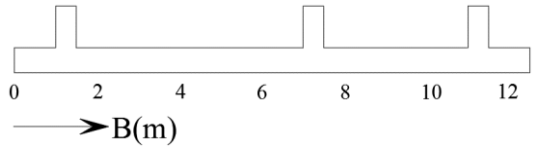
EK-5: Sonlu Eleman Modellerinden Elde Edilen İç Kuvvetler

5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 50$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	19,7	26,0	13,6	0,00	-120,3	-161,7	-192,7
0,25	4,3	2,6	-22,7	0,25	-181,2	-222,9	-249,5
0,50	-22,8	-32,1	-68,5	0,50	-258,7	-293,7	-306,1
0,75	-61,8	-83,9	-130,1	0,75	-369,1	-388,3	-387,1
1,00	-173,0	-166,2	-215,0	1,00	-159,4	-288,1	-273,7
1,50	-166,6	-185,1	-217,1	1,50	295,9	264,0	302,7
2,19	23,7	-17,9	-32,4	2,19	135,8	113,9	158,9
2,88	119,5	67,0	52,8	2,88	46,3	28,1	72,4
3,56	162,6	106,8	87,7	3,56	-12,7	-37,9	6,6
4,25	169,3	110,7	76,5	4,25	-70,1	-102,9	-59,3
4,94	141,3	78,6	2,7	4,94	-141,7	-180,0	-157,8
5,63	72,0	0,7	-137,1	5,63	-269,7	-297,5	-266,6
6,31	-112,7	-197,6	-303,1	6,31	-501,8	-482,2	-480,4
7,00	-463,8	-499,9	-605,2	7,00	-88,2	-136,3	-158,4
7,50	-501,4	-551,9	-562,0	7,50	430,3	424,2	429,1
8,20	-186,4	-263,5	-252,6	8,20	215,7	231,3	270,0
8,90	-49,7	-134,6	-153,2	8,90	72,3	98,1	167,3
9,60	-9,4	-80,7	-82,6	9,60	-34,0	-7,7	74,4
10,30	-31,6	-77,7	-98,6	10,30	-175,9	-144,6	-79,0
11,00	-167,1	-162,6	-294,4	11,00	-76,3	-125,4	-69,4
11,50	-137,0	-153,3	-180,1	11,50	301,0	329,4	376,5
11,75	-76,5	-91,1	-114,6	11,75	221,0	255,5	310,9
12,00	-34,6	-44,7	-60,2	12,00	158,1	195,1	253,4
12,25	-5,6	-8,4	-12,8	12,25	104,8	144,2	189,4
12,50	-21,1	-28,4	-35,7	12,50	-104,0	-151,1	-198,5

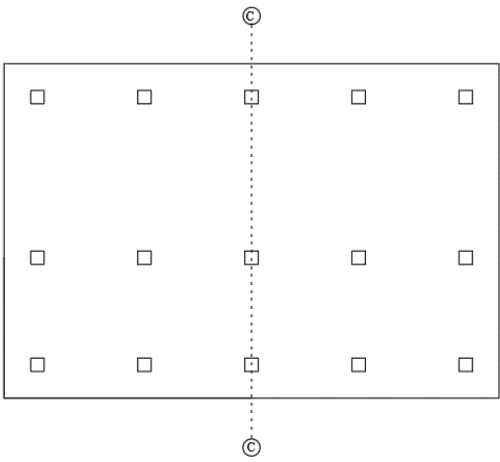


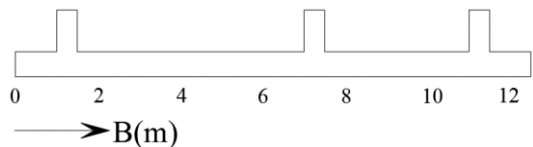


5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 100$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	20,7	26,8	32,90	0,00	-116,9	-156,8	-196,7
0,25	5,7	2,6	1,50	0,25	-181,4	-220,0	-262,2
0,50	-21,9	-32,6	-41,70	0,50	-259,5	-294,0	-328,5
0,75	-70,1	-85,8	-101,70	0,75	-354,6	-384,0	-420,1
1,00	-162,4	-168,3	-191,90	1,00	-155,3	-267,9	-315,7
1,50	-154,9	-188,2	-228,60	1,50	305,7	283,5	244,6
2,19	34,4	-15,5	-82,20	2,19	150,2	134,4	96,3
2,88	131	69,3	-18,10	2,88	60,8	46,4	8,5
3,56	178,3	107,6	1,40	3,56	1,1	-19,7	-58,7
4,25	193,7	113,6	-13,10	4,25	-55,6	-86,9	-122,3
4,94	181,8	90,2	-56,50	4,94	-126,2	-170,5	-195,8
5,63	137,9	31,6	-131,40	5,63	-239,5	-295,6	-303,5
6,31	1,1	-97,1	-277,20	6,31	-514,2	-519,5	-514,8
7,00	-357,3	-427,5	-597,40	7,00	-105,7	-222,7	-248,1
7,50	-352,9	-465,1	-636,10	7,50	440,0	418,2	460,2
8,20	-70,9	-180	-363,50	8,20	176,9	197,6	235,9
8,90	19,6	-74,1	-237,90	8,90	46,4	73,2	113,0
9,60	41,7	-33,3	-170,00	9,60	-58,4	-30,3	11,2
10,30	10,6	-44,4	-143,20	10,30	-200,8	-169,4	-125,3
11,00	-114,9	-148,9	-205,90	11,00	-126,6	-134,5	-95,3
11,50	-124,4	-144,6	-181,30	11,50	285,0	322,2	373,6
11,75	-67,5	-82,3	-107,70	11,75	209,8	247,4	296,9
12,00	-28,7	-37,2	-50,60	12,00	148,1	187,7	233,5
12,25	-2,6	-3,7	-7,40	12,25	96,7	134,8	178,6
12,50	-22,1	-30,7	-38,40	12,50	-101,4	-141,6	-187,7

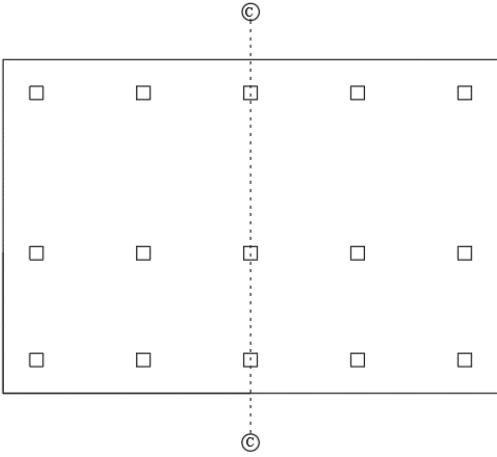



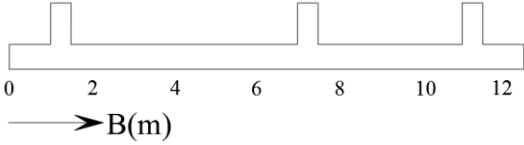
5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 200$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	21,7	28,1	36,5	0,00	-114,1	-151,7	-185,5
0,25	7,4	5,2	7,2	0,25	-179,1	-216,7	-246,7
0,50	-19,6	-30,6	-35,6	0,50	-256,8	-291,2	-317,3
0,75	-66,1	-84,2	-95,8	0,75	-347,8	-378,4	-402,7
1,00	-152,7	-166,6	-183,3	1,00	-157,7	-257,4	-290,6
1,50	-146,9	-188,1	-213,4	1,50	307	304,8	274,5
2,19	38,2	-9,4	-50,7	2,19	149	153,6	125,4
2,88	131,5	83	27,6	2,88	59,8	59,4	35,5
3,56	176,4	130,2	64,1	3,56	6,5	-13,8	-32,4
4,25	192,6	143,1	68,4	4,25	-43,1	-84,8	-96,8
4,94	185,8	125,9	46,6	4,94	-117	-167,1	-171,5
5,63	144,9	74,2	3,3	5,63	-245,4	-285,9	-279,6
6,31	29,1	-49,2	-100,6	6,31	-478,3	-502,3	-491,5
7,00	-284,9	-363,3	-393,6	7,00	-170,4	-259	-293,2
7,50	-273,1	-403,1	-467,3	7,50	424,7	429	428,5
8,20	-25,8	-154,2	-241	8,20	169,3	199,9	214,3
8,90	60,4	-48,9	-137,6	8,90	37,2	64,8	90,6
9,60	77,1	-9,5	-86,4	9,60	-74,2	-48,9	-15,2
10,30	35	-25,4	-82,1	10,30	-221	-189,8	-155,2
11,00	-108,5	-142,7	-170,4	11,00	-147,1	-144,9	-115,4
11,50	-119,3	-139,7	-155,7	11,50	275,6	314,4	352,2
11,75	-62,7	-77,8	-89,2	11,75	201,9	242,4	282,8
12,00	-24,1	-32,8	-42,2	12,00	139,1	181,1	222,6
12,25	0,7	-0,1	-1,5	12,25	86,8	127,3	162,9
12,50	-23	-32,5	-40,2	12,50	-91,5	-134,2	-172



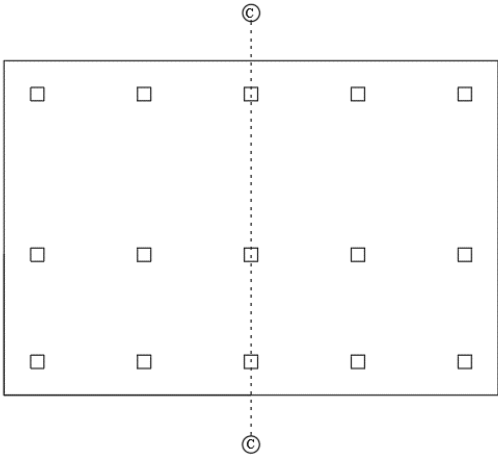
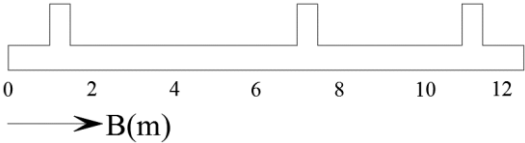


8 Kath Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 50$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	24,5	49,5	52,2	0,00	-167	-156,3	-233,7
0,25	4,3	23	15,9	0,25	-283,5	-245,8	-342,1
0,50	-61,7	-27,3	-54,9	0,50	-412,1	-395,6	-461,5
0,75	-148,8	-111,7	-139,5	0,75	-569,8	-573,1	-601,7
1,00	-285,3	-236,7	-271,8	1,00	-254,2	-353,5	-431,1
1,50	-257,8	-240	-228,7	1,50	493,5	425,9	351,8
2,19	72,6	72,2	76,6	2,19	215,2	160,7	94,6
2,88	227,6	202,1	186,7	2,88	66,5	29,2	-33,1
3,56	289,9	246,8	210,4	3,56	-22,6	-50,5	-116,9
4,25	294,3	236,8	184,4	4,25	-115,7	-138,7	-188,4
4,94	235,7	190,6	122,3	4,94	-243,7	-242,8	-288,5
5,63	101,6	78,3	38,1	5,63	-454,9	-472,1	-474,2
6,31	-225,9	-312,3	-368,1	6,31	-795,2	-795,9	-793,2
7,00	-763,5	-837,4	-857,2	7,00	-416,2	-273,5	-332,9
7,50	-813,4	-914,5	-859,1	7,50	674,9	607,1	588,9
8,20	-324,1	-499,9	-497,8	8,20	355	307,4	282,9
8,90	-85,6	-227,9	-294,4	8,90	137	156,7	225
9,60	-5,8	-86,5	-165,7	9,60	-45,7	-25,6	101
10,30	-118,1	-77,6	-138	10,30	-305,9	-261,1	-132,8
11,00	-243	-255,5	-276,5	11,00	-148,8	-162,5	-86,9
11,50	-226,9	-205,1	-265,7	11,50	456,3	464,8	528,9
11,75	-123	-95,7	-151,9	11,75	340	318	408,8
12,00	-52,8	-25,5	-59,5	12,00	231,7	209,7	312,4
12,25	-6,5	17,4	2,8	12,25	138,8	139,4	217,1
12,50	4,4	-53,2	-58,2	12,50	-143,6	-146,3	-226,2

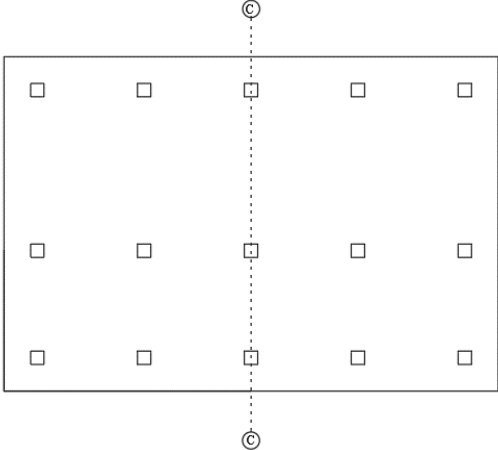
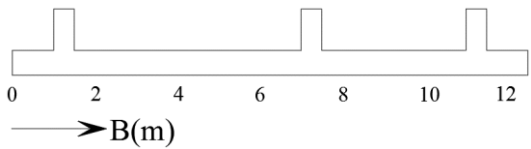




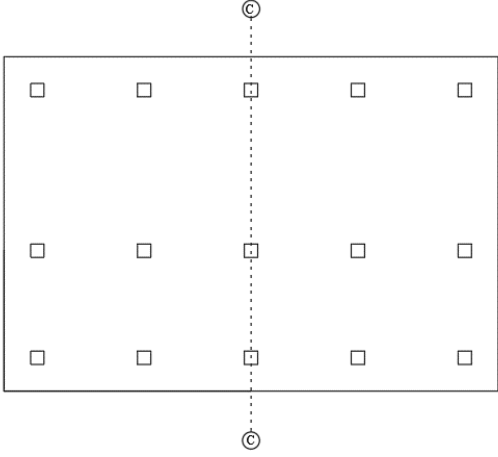
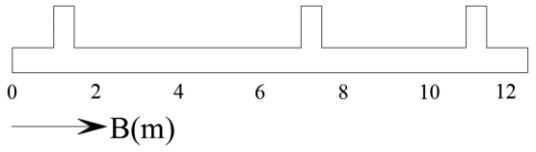
8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 100$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	31	43,2	50,3	0,00	-181	-220,8	-270,8
0,25	4,4	17	9,7	0,25	-286,4	-310,5	-370
0,50	-44,7	-25	-46,2	0,50	-415,5	-423,8	-486,7
0,75	-245,3	-28,8	-129,5	0,75	-577,6	-576,9	-628,5
1,00	-281,1	-238,6	-359,5	1,00	-229,7	-370,3	-459,6
1,50	-266,9	-229,9	-299,8	1,50	506,3	456,2	435,8
2,19	57,5	41,1	-40,6	2,19	247,1	213,3	195,8
2,88	222	179,3	84,2	2,88	102,6	78	54
3,56	298,7	248,4	140,9	3,56	6,8	-24	-58,8
4,25	321,2	262	141,5	4,25	-87,4	-125,2	-166,9
4,94	291	218,7	85,9	4,94	-202,1	-246,8	-294,1
5,63	197	111	-26,4	5,63	-400,3	-430,2	-449,4
6,31	-58,3	-172	-298,2	6,31	-787,2	-758,9	-723,3
7,00	-590,3	-671,6	-731,6	7,00	-216,5	-304,6	-310,3
7,50	-651,3	-752,7	-808,5	7,50	657,9	655,1	667,2
8,20	-184,6	-292	-358,1	8,20	317,2	335,1	335,9
8,90	13	-98,5	-186,8	8,90	97,5	133,8	146,1
9,60	68,6	-20,6	-107,2	9,60	-80,7	-37,3	-14,6
10,30	15,7	-35,6	-104,1	10,30	-315,8	-258,1	-226
11,00	-214,2	-217,2	-236,4	11,00	-168,2	-217,6	-191,5
11,50	-194,8	-214,6	-235,2	11,50	463,5	500	532,6
11,75	-101,9	-119,8	-133,8	11,75	326,4	381,4	416
12,00	-40,2	-52,2	-57,8	12,00	223,9	282,6	320,8
12,25	-0,7	-3	-1,5	12,25	140,9	197,8	238,5
12,50	-35	-47,3	-59,1	12,50	-145,7	-204,8	-247,4

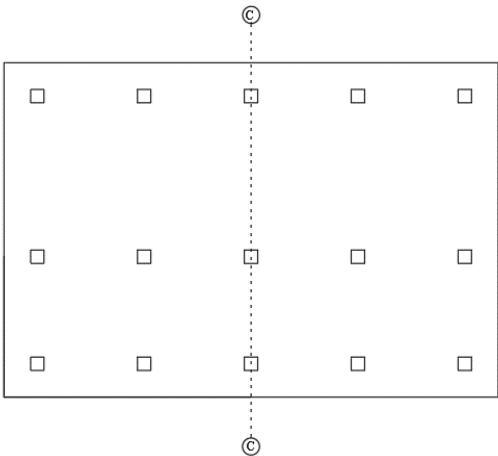
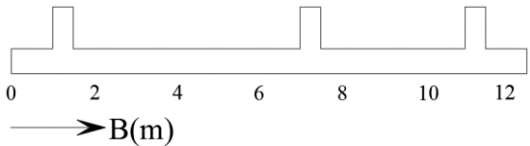
8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 200$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	34,3	44,4	55,2	0,00	-168,3	-220,1	-263,3
0,25	12,8	15,5	14,7	0,25	-270,4	-320,4	-366,5
0,50	-28,6	-31,3	-38,4	0,50	-395,6	-437,8	-481,5
0,75	-103,4	-107,1	-119,3	0,75	-555,6	-578,8	-615,4
1,00	-243,6	-230,1	-251,2	1,00	-231,7	-382,8	-435,5
1,50	-238,6	-233,7	-289,1	1,50	502,6	477,8	462,7
2,19	71,7	48,2	-13,6	2,19	247,5	237,2	216,6
2,88	225,5	194,7	124,2	2,88	106	99,4	71,2
3,56	299,9	274,5	191,8	3,56	12,6	-0,8	-38,7
4,25	329,1	305,8	205,6	4,25	-71,2	-96,3	-146,5
4,94	319,7	298,3	175,2	4,94	-168,4	-207,6	-273,3
5,63	267,3	252,6	95,2	5,63	-348,8	-388,3	-454,8
6,31	91,8	66,2	-86,3	6,31	-762,6	-802,6	-803
7,00	-415,5	-464,7	-579,6	7,00	-252,4	-431,2	-498,6
7,50	-444,1	-546,8	-649,7	7,50	674,5	646,7	641,1
8,20	-18,2	-130,5	-241,1	8,20	258,9	294,7	313
8,90	115,9	16	-98,1	8,90	57,9	90,3	126,4
9,60	144,4	63,4	-34,2	9,60	-111,1	-87,4	-38,7
10,30	83,9	21,7	-45,2	10,30	-340,1	-316,9	-256,8
11,00	-132	-182,8	-201,1	11,00	-221,3	-253,2	-212,7
11,50	-162,7	-195,1	-216,1	11,50	418,3	477,7	521,9
11,75	-81,9	-102,9	-116,1	11,75	301,1	360,7	404,9
12,00	-29,1	-39,5	-43,5	12,00	205,9	263,6	307,1
12,25	4,3	4,9	8,4	12,25	127,4	180,9	224
12,50	-36,8	-51,1	-65,5	12,50	-132,3	-187,8	-233,1

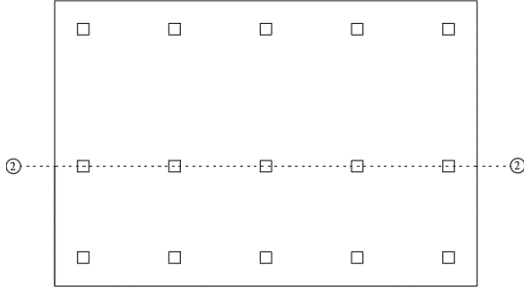
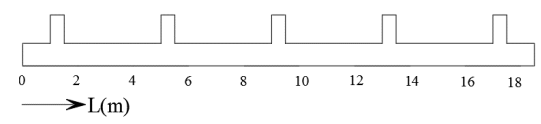
15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 100$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	60	80	100	b(m)	60	80	100
0,00	78,2	116,6	127,5	0,00	-380,5	-381,4	-463,6
0,25	40,4	64,5	62,6	0,25	-558,2	-566,3	-645,6
0,50	-41,5	-25,9	-24,2	0,50	-761,7	-812,3	-859,3
0,75	-281,1	-141,9	-186,3	0,75	-1092,7	-1083,2	-1157,2
1,00	-527,7	-377,8	-335,9	1,00	-541,2	-697,2	-744,1
1,50	-508,1	-429,2	-376,7	1,50	945,8	799,4	733,1
2,19	127,5	141,6	180,4	2,19	409,4	326,4	243,5
2,88	422,8	403,1	399,4	2,88	130,1	52,4	-11,2
3,56	536	495,1	460,8	3,56	-47,1	-118,6	-173,2
4,25	536,4	475,6	436,2	4,25	-237,6	-283,3	-327,3
4,94	419,8	368,3	317,8	4,94	-469,4	-503,1	-533,4
5,63	192,8	164,1	157,5	5,63	-813,1	-879,3	-886,1
6,31	-466,9	-594,4	-619,3	6,31	-1471,9	-1467,6	-1474,9
7,00	-1427,6	-1535,4	-1555	7,00	-652,1	-729,3	-826,4
7,50	-1558,2	-1697,3	-1701,1	7,50	1220,3	1185,9	1180,1
8,20	-719,1	-926,1	-956,6	8,20	605,2	632,8	640,2
8,90	-258,9	-451,5	-486,5	8,90	281,9	357	453,5
9,60	-42,2	-190,1	-246,8	9,60	-83,1	15,6	178,8
10,30	-66,7	-155,3	-234,6	10,30	-546,5	-428,8	-302,9
11,00	-472,5	-471,5	-626,4	11,00	-314,3	-316,8	-229,8
11,50	-408	-359,2	-421,52	11,50	915,3	949,5	993,6
11,75	-212,8	-187,7	-203,6	11,75	692,2	700,8	759,1
12,00	-67,2	-58,1	-61,9	12,00	464,8	501,8	574,5
12,25	19,1	34,2	43,3	12,25	298,4	356,2	412,2
12,50	-94,6	-124,4	-147,8	12,50	-305,5	-365,5	-423,6

15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 200$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	60	80	100	b(m)	60	80	100
0,00	87	108,6	121,8	0,00	-360	-426	-512,4
0,25	46,5	61,9	57,1	0,25	-545	-601	-708
0,50	-34,5	-18,2	-42,7	0,50	-787,2	-819,5	-929,7
0,75	-208,5	-143,1	-188,8	0,75	-1068,1	-1105	-1197,6
1,00	-474,4	-427,3	-430	1,00	-602,8	-742,1	-883,5
1,50	-461,4	-432,3	-370,6	1,50	938	863,4	766,9
2,19	127,8	96,9	169,3	2,19	459,1	405,1	303,6
2,88	432,4	368,1	395,4	2,88	185,4	142,1	57,4
3,56	582,8	504,1	485	3,56	-5,2	-56,3	-119,9
4,25	628	534,6	471,8	4,25	-194,5	-249,4	-298,7
4,94	569,8	461,1	362,6	4,94	-429,3	-483,1	-521,4
5,63	387,6	268,6	163,4	5,63	-790,5	-863,3	-871,1
6,31	-74,8	-215,3	-286,6	6,31	-1437,2	-1436,3	-1420
7,00	-1012,5	-1151,7	-1196,7	7,00	-754,3	-789,2	-837
7,50	-1126,1	-1322,7	-1389,1	7,50	1233,5	1210,3	1249,3
8,20	-256,8	-519,3	-652,3	8,20	601,4	642,9	710
8,90	55	-157,7	-263,8	8,90	197,4	266,3	342,7
9,60	136,6	-12,3	-73,3	9,60	-132	-62	27,2
10,30	38,2	-54,3	-90,8	10,30	-565	-477,9	-408,7
11,00	-365,2	-401,6	-453,7	11,00	-395	-372,5	-321
11,50	-341,5	-380	-411	11,50	879,8	951,6	1020,4
11,75	-169	-196,7	-217,9	11,75	647,9	727,5	795,9
12,00	-55,7	-69,5	-74,5	12,00	457,9	544,2	613,5
12,25	18,4	19,6	33,4	12,25	304,6	386,8	455,8
12,50	-95,5	-117,5	-148,8	12,50	-311,7	-396	-467,3

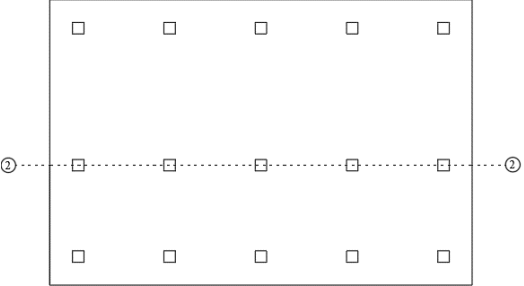
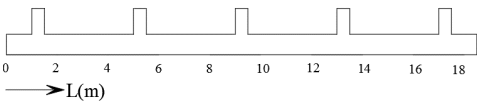



5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 50$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	-256,9	-264,8	-258,7
0,25	27,7	34,5	30,4	0,25	-366,4	-368,5	-361,2
0,50	-31,8	-26,5	-25,6	0,50	-485,8	-487,5	-478,4
0,75	-116,9	-114,2	-108,1	0,75	-614,4	-628,7	-608,7
1,00	-238,8	-239,8	-228,4	1,00	-474,7	-475,3	-465,7
1,50	-213,3	-220,9	-207,0	1,50	266,7	293,6	314,7
2,20	42,1	44,1	67,6	2,20	2,8	16,1	45,9
2,90	135,7	135,9	191,3	2,90	-208,3	-199,6	-168,9
3,60	93,0	95,8	195,2	3,60	-439,4	-441,5	-408,6
4,30	-104,2	-99,3	49,9	4,30	-786,7	-818	-789,4
5,00	-563,2	-564,4	-369,4	5,00	-488,4	-509,9	-600,4
5,50	-621,3	-595,3	-370,6	5,50	569	627,8	611,1
6,20	-240,9	-179,0	41,2	6,20	259,8	255,8	226
6,90	-68,2	-0,7	211,6	6,90	26,4	-36,8	-50,5
7,60	-38,7	-9,2	214,5	7,60	-281,3	-330,8	-331,9
8,30	-210,2	-192,0	53,3	8,30	-698,3	-734,3	-735,1
9,00	-661,8	-629,6	-371,5	9,00	-316,3	-440,6	-520,9
9,50	-661,8	-629,6	-371,5	9,50	663,6	698,3	698,4
10,20	-210,2	-192,0	53,3	10,20	246,6	295,7	297
10,90	-38,7	-9,2	214,5	10,90	-61,1	1,7	14,1
11,60	-68,2	-0,7	211,6	11,60	-294,4	-291,4	-264
12,30	-240,9	-179,0	41,2	12,30	-603,9	-664,5	-645,6
13,00	-621,3	-595,3	-370,6	13,00	-232,1	-297	-411,1
13,50	-563,2	-564,4	-369,4	13,50	752	786	756,8
14,20	-104,2	-99,3	49,9	14,20	404,9	408,7	374,6
14,90	93,0	95,8	195,2	14,90	173,8	166,3	134,6
15,60	135,7	135,9	191,3	15,60	-37,3	-50,7	-80,3
16,30	42,1	44,1	67,6	16,30	-301,4	-330,5	-349,3
17,00	-213,3	-220,9	-207,0	17,00	-233,5	-251,8	-292,1
17,50	-238,8	-239,8	-228,4	17,50	602,1	616,6	596,3
17,75	-116,9	-114,2	-108,1	17,75	473,4	475,4	466,1
18,00	-31,8	-26,5	-25,6	18,00	354,1	356,1	348,9
18,25	27,7	34,5	30,4	18,25	244,5	252,8	246,3
18,50	0,0	0,0	0,0	18,50	-256,9	-265,2	-258,7

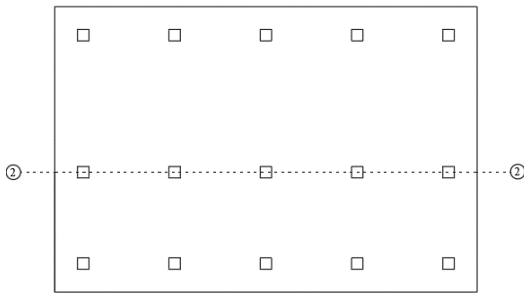
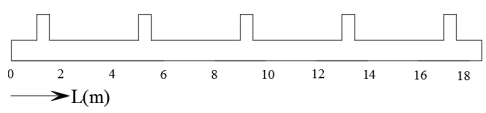



5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 100$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0	0	0	0,00	-97,6	-151,9	191,10
0,25	11,6	9,1	9,9	0,25	-150,2	-215,5	-257,20
0,50	-10,65	-25,25	-40,75	0,50	-223,5	-290,1	-328,10
0,75	-50,4	-76,2	-105,8	0,75	-319,7	-373,6	-413,80
1,00	-117,2	-150,9	-191,75	1,00	-171,3	-283,5	-326,10
1,50	-108,7	-139,6	-189,6	1,50	251,4	197,5	159,50
2,20	83,7	32	-42,8	2,20	73,1	28,1	-11,30
2,90	163,95	105,3	-4,8	2,90	-54,6	-101,4	-149,60
3,60	169,9	105,4	-55,55	3,60	-209,9	-245,4	-296,70
4,30	77,7	13,15	-201,05	4,30	-449,6	-485,5	-525,90
5,00	-190,7	-256,4	-497	5,00	-243,5	-312,1	-383,20
5,50	-187,1	-266,65	-519,8	5,50	417,6	391,3	358,50
6,20	93,8	1	-225,05	6,20	172,3	156	131,90
6,90	208,4	115,05	-86,95	6,90	-8,7	-21,5	-40,20
7,60	216,6	118,95	-112	7,60	-189,7	-195,6	-215,30
8,30	116,6	17,35	-238	8,30	-447,6	-454,1	-469,70
9,00	-162,65	-258,25	-478,3	9,00	-255,2	-259,8	-286,20
9,50	-162,65	-258,25	-478,3	9,50	429,8	428	435,20
10,20	116,6	17,35	-238	10,20	172,3	169,7	180,80
10,90	216,6	118,95	-112	10,90	-8,6	-4,3	5,70
11,60	208,4	115,05	-86,95	11,60	-189,7	-181,9	-166,40
12,30	93,8	1	-225,05	12,30	-435,5	-417,4	-393,10
13,00	-187,1	-266,65	-519,8	13,00	-211,1	-186	-225,10
13,50	-190,7	-256,4	-497	13,50	431,7	459,4	491,40
14,20	77,7	13,15	-201,05	14,20	192,5	219,5	262,30
14,90	169,9	105,4	-55,55	14,90	37,2	75,5	115,20
15,60	163,95	105,3	-4,8	15,60	-90,5	-53,9	-23,10
16,30	83,7	32	-42,8	16,30	-269,3	-223,6	-194,10
17,00	-108,7	-139,6	-189,6	17,00	-180,2	-187,6	-157,10
17,50	-117,2	-150,9	-191,75	17,50	313,3	364,2	401,40
17,75	-50,4	-76,2	-105,8	17,75	217,1	280,8	315,8
18,00	-10,65	-25,25	-40,75	18,00	143,8	206,2	244,9
18,25	11,6	9,1	9,9	18,25	91,2	142,6	178,8
18,50	0	0	0	18,50	-97,6	-151,9	-191,1

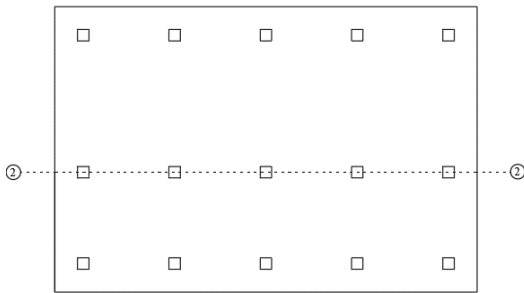
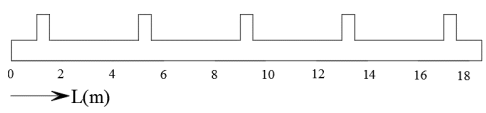
5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 200$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0	0	0	0,00	-106	-150,1	-184,3
0,25	9,25	11,1	15,15	0,25	-163,1	-211,4	-250,7
0,50	-15,45	-23,05	-27,2	0,50	-233,4	-282,7	-323,4
0,75	-57	-73,85	-87,05	0,75	-314,4	-361,9	-404,9
1,00	-122,1	-147,7	-170,35	1,00	-175,6	-260,6	-313,3
1,50	-104,3	-137,55	-175,8	1,50	260,3	225,5	175,5
2,20	87,95	40,1	-25,7	2,20	91,5	56,3	3,9
2,90	173,25	114,4	24,65	2,90	-40,6	-83,1	-136,3
3,60	181,85	113,85	6,3	3,60	-188,1	-233,8	-287,5
4,30	101,9	28,25	-91,4	4,30	-420,6	-458,9	-513,2
5,00	-145,25	-218,2	-352,35	5,00	-228,5	-323,7	-412,1
5,50	-134,95	-203,2	-373,4	5,50	404,4	384,4	364,4
6,20	133,45	44,7	-134,1	6,20	160,5	149	141,2
6,90	237,9	139,9	-36,8	6,90	-8,5	-21,7	-39,3
7,60	244,3	143,35	-29,25	7,60	-179,3	-194,8	-219
8,30	151,65	53	-115,95	8,30	-436,8	-440,7	-466,5
9,00	-114,6	-198,05	-368,4	9,00	-232,3	-323,1	-341,3
9,50	-114,6	-198,05	-368,4	9,50	418,9	414,6	431,9
10,20	151,65	53	-115,95	10,20	161,9	168,9	184,5
10,90	244,3	143,35	-29,25	10,90	-8,8	-4,1	4,8
11,60	237,9	139,9	-36,8	11,60	-177,9	-174,9	-175,7
12,30	133,45	44,7	-134,1	12,30	-422,3	-410,5	-398,9
13,00	-134,95	-203,2	-373,4	13,00	-233,4	-283,7	-252,1
13,50	-145,25	-218,2	-352,35	13,50	402,7	432,9	478,7
14,20	101,9	28,25	-91,4	14,20	170,7	207,9	253
14,90	181,85	113,85	6,3	14,90	23,2	57,1	101,8
15,60	173,25	114,4	24,65	15,60	-108,9	-82,3	-38,4
16,30	87,95	40,1	-25,7	16,30	-278,1	-251,6	-210
17,00	-104,3	-137,55	-175,8	17,00	-192,3	-200,3	-166,1
17,50	-122,1	-147,7	-170,35	17,50	308,1	352,6	392,5
17,75	-57	-73,85	-87,05	17,75	227,1	273,4	311,1
18,00	-15,45	-23,05	-27,2	18,00	156,7	202,1	238,4
18,25	9,25	11,1	15,15	18,25	99,6	140,8	172
18,50	0	0	0	18,50	-106	-150,1	-184,3

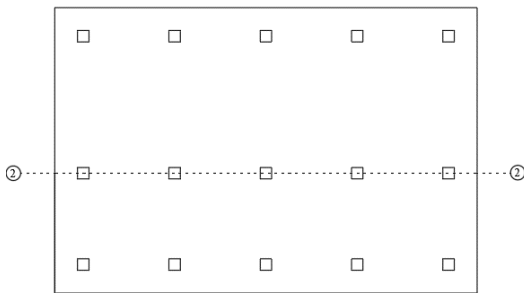
8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler (cu= 50 kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,1	0,0	0,0	0,00	-127,7	-198,1	-256,9
0,25	16,5	26,1	27,7	0,25	-201,8	-290,8	-366,4
0,50	-20,5	-19,3	-31,8	0,50	-327,2	-409,4	-485,8
0,75	-89,1	-91,5	-116,9	0,75	-481,4	-544,2	-614,4
1,00	-202,9	-202,6	-238,8	1,00	-250,7	-383,4	-474,7
1,50	-187,5	-181,0	-213,3	1,50	393	332,6	266,7
2,20	116,5	97,6	42,1	2,20	124,9	56,3	2,8
2,90	245,6	210,7	135,7	2,90	-74,9	-153	-208,3
3,60	247,9	201,4	93,0	3,60	-308,4	-379,1	-439,4
4,30	85,7	28,7	-104,2	4,30	-692	-734,6	-786,7
5,00	-371,9	-426,4	-563,2	5,00	-496,7	-415	-488,4
5,50	-372,8	-470,3	-621,3	5,50	643	571,3	569
6,20	86,0	-68,8	-240,9	6,20	269,1	251,9	259,8
6,90	276,2	135,0	-68,2	6,90	-7,8	-16,1	26,4
7,60	284,2	153,8	-38,7	7,60	-284,4	-309,4	-281,3
8,30	109,9	-32,8	-210,2	8,30	-685,2	-693,9	-698,3
9,00	-355,9	-475,7	-661,8	9,00	-501,8	-311,9	-316,3
9,50	-355,9	-475,7	-661,8	9,50	666,9	667,6	663,6
10,20	109,9	-32,8	-210,2	10,20	266,8	283,5	246,6
10,90	284,2	153,8	-38,7	10,90	-9,8	-9,8	-61,1
11,60	276,2	135,0	-68,2	11,60	-286,8	-277,9	-294,4
12,30	86,0	-68,8	-240,9	12,30	-661,4	-597,6	-603,9
13,00	-372,8	-470,3	-621,3	13,00	-444,8	-220,4	-232,1
13,50	-371,9	-426,4	-563,2	13,50	673,7	708,2	752
14,20	85,7	28,7	-104,2	14,20	290,8	353,7	404,9
14,90	247,9	201,4	93,0	14,90	57,3	127,1	173,8
15,60	245,6	210,7	135,7	15,60	-142,5	-82,2	-37,3
16,30	116,5	97,6	42,1	16,30	-411,4	-358,9	-301,4
17,00	-187,5	-181,0	-213,3	17,00	-263,2	-284,5	-233,5
17,50	-202,9	-202,6	-238,8	17,50	474,9	534,8	602,1
17,75	-89,1	-91,5	-116,9	17,75	320,6	400	473,4
18,00	-20,5	-19,3	-31,8	18,00	195,2	281,4	354,1
18,25	16,5	26,1	27,7	18,25	121,2	188,6	244,5
18,50	0,1	0,0	0,0	18,50	-127,7	-198,1	-256,9

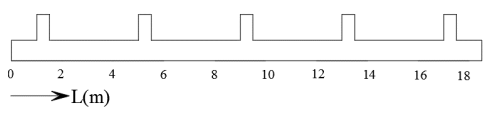
8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 100$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	-131,7	-199,8	-264,8
0,25	28,5	30,5	34,5	0,25	-220,7	-291,7	-368,5
0,50	-2,5	-15,5	-26,5	0,50	-343,2	-413,3	-487,5
0,75	-88,0	-90,7	-114,2	0,75	-498,1	-559,2	-628,7
1,00	-170,0	-204,3	-239,8	1,00	-247,2	-373,3	-475,3
1,50	-148,4	-194,2	-220,9	1,50	417,4	362,9	293,6
2,20	164,7	94,0	44,1	2,20	140,8	88,5	16,1
2,90	296,7	207,3	135,9	2,90	-66,2	-126,6	-199,6
3,60	300,3	193,9	95,8	3,60	-300,3	-367,9	-441,5
4,30	154,8	31,0	-99,3	4,30	-694,8	-757,2	-818,0
5,00	-291,6	-420,4	-564,4	5,00	-341,2	-472,2	-509,9
5,50	-292,0	-425,3	-595,3	5,50	667,7	648,3	627,8
6,20	174,4	19,1	-179,0	6,20	266,6	260,0	255,8
6,90	357,4	203,4	-0,7	6,90	-14,1	-34,0	-36,8
7,60	362,8	205,1	-9,2	7,60	-298,2	-324,3	-330,8
8,30	188,9	27,3	-192,0	8,30	-694,8	-724,9	-734,3
9,00	-269,6	-427,0	-629,6	9,00	-356,1	-394,4	-440,6
9,50	-269,6	-427,0	-629,6	9,50	676,4	698,5	698,3
10,20	188,9	27,3	-192,0	10,20	280,6	298,4	295,7
10,90	362,8	205,1	-9,2	10,90	-3,4	8,1	1,7
11,60	357,4	203,4	-0,7	11,60	-284,2	-286,0	-291,4
12,30	174,4	19,1	-179,0	12,30	-686,1	-674,6	-664,5
13,00	-292,0	-425,3	-595,3	13,00	-292,5	-318,2	-297,0
13,50	-291,6	-420,4	-564,4	13,50	676,5	730,8	786,0
14,20	154,8	31,0	-99,3	14,20	282,7	342,0	408,7
14,90	300,3	193,9	95,8	14,90	48,6	100,6	166,3
15,60	296,7	207,3	135,9	15,60	-158,4	-114,5	-50,7
16,30	164,7	94,0	44,1	16,30	-435,7	-389,2	-330,5
17,00	-148,4	-194,2	-220,9	17,00	-294,9	-295,6	-251,8
17,50	-170,0	-204,3	-239,8	17,50	491,6	549,7	616,6
17,75	-88,0	-90,7	-114,2	17,75	336,7	403,9	475,4
18,00	-2,5	-15,5	-26,5	18,00	214,2	282,3	356,1
18,25	28,5	30,5	34,5	18,25	125,1	190,4	252,8
18,50	0,0	0,0	0,0	18,50	-131,7	-199,8	-265,2

8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler ($c_u = 200$ kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	40	60	80	b(m)	40	60	80
0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	-134,0	-191,0	-258,7
0,25	27,5	35,6	30,4	0,25	-223,3	-276,0	-361,2
0,50	-1,4	-5,4	-25,6	0,50	-342,5	-398,0	-478,4
0,75	-58,5	-75,3	-108,1	0,75	-483,3	-539,5	-608,7
1,00	-156,4	-187,2	-228,4	1,00	-228,3	-368,1	-465,7
1,50	-124,9	-170,6	-207,0	1,50	433,5	390,1	314,7
2,20	181,2	129,0	67,6	2,20	152,8	117,5	45,9
2,90	313,2	261,3	191,3	2,90	-61,6	-102,9	-168,9
3,60	321,8	271,3	195,2	3,60	-312,2	-361,3	-408,6
4,30	179,2	132,0	49,9	4,30	-704,5	-747,1	-789,4
5,00	-240,9	-284,4	-369,4	5,00	-350,0	-501,8	-600,4
5,50	-229,0	-276,7	-370,6	5,50	682,4	657,3	611,1
6,20	220,1	156,3	41,2	6,20	279,9	279,0	226,0
6,90	398,2	337,3	211,6	6,90	-6,6	-19,4	-50,5
7,60	409,3	348,1	214,5	7,60	-295,8	-317,6	-331,9
8,30	250,7	187,8	53,3	8,30	-705,3	-725,8	-735,1
9,00	-189,8	-247,7	-371,5	9,00	-379,5	-477,5	-520,9
9,50	-189,8	-247,7	-371,5	9,50	686,9	699,4	698,4
10,20	250,7	187,8	53,3	10,20	278,3	291,6	297,0
10,90	409,3	348,1	214,5	10,90	-10,9	-6,5	14,1
11,60	398,2	337,3	211,6	11,60	-297,5	-304,9	-264,0
12,30	220,1	156,3	41,2	12,30	-700,8	-683,7	-645,6
13,00	-229,0	-276,7	-370,6	13,00	-335,2	-422,6	-411,1
13,50	-240,9	-284,4	-369,4	13,50	686,2	720,8	756,8
14,20	179,2	132,0	49,9	14,20	294,5	335,4	374,6
14,90	321,8	271,3	195,2	14,90	43,9	77,0	134,6
15,60	313,2	261,3	191,3	15,60	-170,4	-143,5	-80,3
16,30	181,2	129,0	67,6	16,30	-451,8	-416,5	-349,3
17,00	-124,9	-170,6	-207,0	17,00	-287,6	-317,6	-292,1
17,50	-156,4	-187,2	-228,4	17,50	476,7	530,0	596,3
17,75	-58,5	-75,3	-108,1	17,75	336,0	388,6	466,1
18,00	-1,4	-5,4	-25,6	18,00	216,7	266,6	348,9
18,25	27,5	35,6	30,4	18,25	127,5	180,7	246,3
18,50	0,0	0,0	0,0	18,50	-134,0	-190,1	-258,7

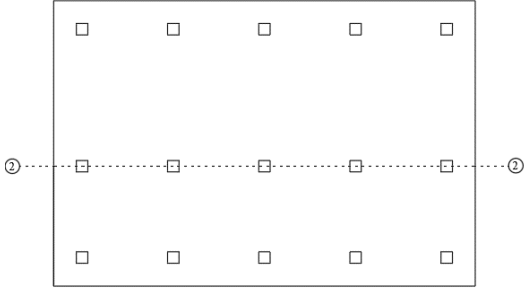
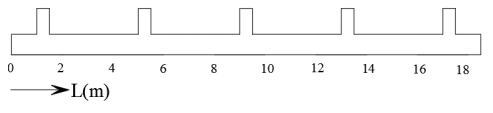


2-2

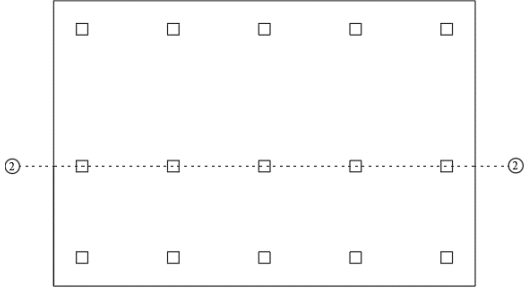
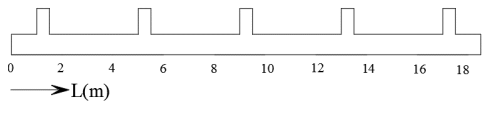


L(m)

15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler (cu= 100 kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	60	80	100	b(m)	60	80	100
0,00	0	0	0	0,00	-294,1	-404,5	-473,5
0,25	74,9	45,7	96,2	0,25	-438,9	-557,4	-683,3
0,50	7	-47,75	-13,95	0,50	-648,1	-742,8	-895,4
0,75	-109,65	-187,8	-164,35	0,75	-941,8	-973	-1133,7
1,00	-312,9	-392,15	-380,7	1,00	-538,5	-676,6	-847,6
1,50	-280,65	-327,6	-324,05	1,50	728,4	681,2	559,6
2,20	251,85	211,8	207,75	2,20	243,8	205,6	66,1
2,90	483,4	447,65	436,7	2,90	-153,3	-197,7	-351,4
3,60	464,3	415,3	408,15	3,60	-599,8	-662,9	-768,7
4,30	139,75	69,15	43,15	4,30	-1307,4	-1368,7	-1425,4
5,00	-691,3	-769,75	-828,8	5,00	-712,2	-854,7	-973,4
5,50	-695,4	-781,65	-876,65	5,50	1195	1114,2	1055,6
6,20	131,75	-13,65	-179,6	6,20	521,9	489,4	487,1
6,90	500,5	338,4	137,75	6,90	-7	-24,7	1,1
7,60	522,15	357,5	156,7	7,60	-536,4	-558,3	-559,7
8,30	188,6	17,25	-166	8,30	-1273,7	-1268,6	-1267,6
9,00	-651,4	-798,5	-957,2	9,00	-687,7	-738,8	-790,6
9,50	-651,4	-798,5	-957,2	9,50	1246,5	1233,5	1224,2
10,20	188,6	17,25	-166	10,20	510,3	523,7	516,6
10,90	522,15	357,5	156,7	10,90	-19,1	-9,8	-44,2
11,60	500,5	338,4	137,75	11,60	-548	-524	-530,3
12,30	131,75	-13,65	-179,6	12,30	-1221,9	-1149,3	-1099,1
13,00	-695,4	-781,65	-876,65	13,00	-560,3	-598,9	-569,6
13,50	-691,3	-769,75	-828,8	13,50	1280,5	1333,6	1382
14,20	139,75	69,15	43,15	14,20	573,7	628,3	725,6
14,90	464,3	415,3	408,15	14,90	127,2	163,1	308,3
15,60	483,4	447,65	436,7	15,60	-270	-240,2	-109,2
16,30	251,85	211,8	207,75	16,30	-755,4	-716,3	-603,1
17,00	-280,65	-327,6	-324,05	17,00	-510,5	-572,1	-532,7
17,50	-312,9	-392,15	-380,7	17,50	932,1	960,4	1118,2
17,75	-109,65	-187,8	-164,35	17,75	638,4	730,3	879,9
18,00	7	-47,75	-13,95	18,00	429,3	544,9	667,8
18,25	74,9	45,7	96,2	18,25	284,5	392	458,1
18,50	0	0	0	18,50	-294,1	-404,5	-473,5

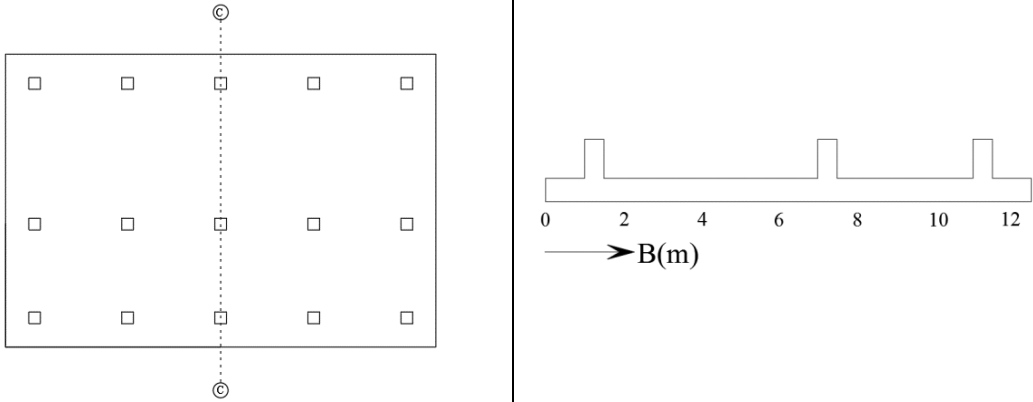



15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan İç Kuvvetler (cu= 200 kPa)							
Eğilme Momenti (kNm)				Kesme Kuvveti (kN)			
b(m)	60	80	100	b(m)	60	80	100
0,00	0	0	0	0,00	-305,2	-406,8	-488,3
0,25	69,25	92,8	108,15	0,25	-459,5	-587,6	-679,6
0,50	6,7	7,8	7,05	0,50	-692,5	-812	-898,8
0,75	-96,35	-125,8	-147,8	0,75	-967,4	-1068,2	-1141,5
1,00	-289,4	-332,4	-370,45	1,00	-602,9	-753,2	-869,9
1,50	-231,4	-297,75	-345,95	1,50	745,1	663,6	602,3
2,20	337,4	236,2	171,35	2,20	235,9	161,5	89,5
2,90	592,1	462,25	380,3	2,90	-154,1	-249,7	-338,1
3,60	616,65	447,5	337,05	3,60	-596,1	-717	-824,4
4,30	362,15	144,35	0,15	4,30	-1315,8	-1430,3	-1534,8
5,00	-437,55	-668,1	-840,75	5,00	-798,4	-968,5	-1152,3
5,50	-427	-639,2	-816,6	5,50	1186,5	1209	1119,3
6,20	387,05	179,35	-34,6	6,20	484,5	506,5	497,6
6,90	712,2	528,4	322,3	6,90	-18,7	-9,1	-61,6
7,60	736,15	578,55	360,85	7,60	-529,5	-544,7	-595,7
8,30	452,8	326,15	71,15	8,30	-1268,5	-1342,5	-1331,1
9,00	-360,35	-505	-693,55	9,00	-783,2	-859,3	-917,6
9,50	-360,35	-505	-693,55	9,50	1241,5	1308,4	1289,7
10,20	452,8	326,15	71,15	10,20	503,4	510,1	552,6
10,90	736,15	578,55	360,85	10,90	-7,4	-25,5	18,5
11,60	712,2	528,4	322,3	11,60	-510,7	-541,1	-540,8
12,30	387,05	179,35	-34,6	12,30	-1213,5	-1244,6	-1269,3
13,00	-427	-639,2	-816,6	13,00	-677,5	-754,1	-775,7
13,50	-437,55	-668,1	-840,75	13,50	1288,8	1395,3	1491
14,20	362,15	144,35	0,15	14,20	569,9	682,4	781
14,90	616,65	447,5	337,05	14,90	128	215,1	295
15,60	592,1	462,25	380,3	15,60	-262,1	-196,1	-132,6
16,30	337,4	236,2	171,35	16,30	-772,1	-698,7	-645,7
17,00	-231,4	-297,75	-345,95	17,00	-572,8	-557,5	-520
17,50	-289,4	-332,4	-370,45	17,50	957,7	1055,7	1126
17,75	-96,35	-125,8	-147,8	17,75	682,9	799,5	883,3
18,00	6,7	7,8	7,05	18,00	449,9	575,1	664,1
18,25	69,25	92,8	108,15	18,25	295,6	394,2	472,8
18,50	0	0	0	18,50	-305,2	-406,8	-488,3

EK-6: Sonlu Eleman Yönteminden Elde Edilen Oturma Değerleri

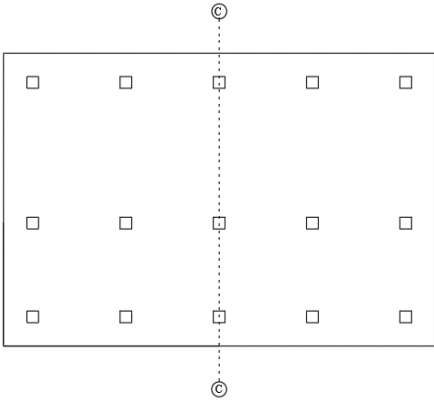
5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar (cm) ($c_u = 50$ kPa)			
b(m)	40	60	80
0,00	-3,83	-4,06	-4,29
0,25	-3,90	-4,11	-4,33
0,50	-3,96	-4,15	-4,36
0,75	-4,02	-4,19	-4,39
1,00	-4,08	-4,23	-4,42
1,50	-4,17	-4,31	-4,48
2,19	-4,27	-4,41	-4,56
2,88	-4,38	-4,50	-4,64
3,56	-4,49	-4,60	-4,72
4,25	-4,60	-4,71	-4,80
4,94	-4,73	-4,81	-4,88
5,63	-4,87	-4,92	-4,96
6,31	-5,01	-5,02	-5,04
7,00	-5,15	-5,11	-5,11
7,50	-5,15	-5,11	-5,11
8,20	-5,01	-4,99	-5,02
8,90	-4,84	-4,85	-4,92
9,60	-4,66	-4,71	-4,82
10,30	-4,48	-4,57	-4,72
11,00	-4,30	-4,43	-4,61
11,50	-4,15	-4,32	-4,53
11,75	-4,07	-4,26	-4,49
12,00	-3,99	-4,21	-4,45
12,25	-3,91	-4,15	-4,41
12,50	-3,83	-4,09	-4,37

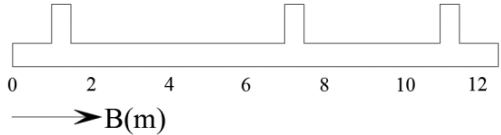


The diagram illustrates the cross-section of a 5-story building model and the settlement curve along its length. The cross-section shows a rectangular building with a central vertical axis (C-C) and a horizontal axis (B(m)). The settlement curve shows the settlement values (cm) for different building widths (b(m)) along the length of the building. The curve is plotted against the horizontal axis B(m), which ranges from 0 to 12 meters. The settlement values are shown for various widths (40, 60, 80 cm) and are generally negative, indicating settlement. The curve shows that settlement increases with width and decreases with length.

5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($C_u = 100$ kPa)			
b(m)	40	60	80
0,00	-1,91	-2,04	-2,15
0,25	-1,94	-2,06	-2,17
0,50	-1,98	-2,09	-2,19
0,75	-2,02	-2,11	-2,21
1,00	-2,05	-2,14	-2,23
1,50	-2,10	-2,18	-2,26
2,19	-2,15	-2,23	-2,30
2,88	-2,19	-2,28	-2,34
3,56	-2,25	-2,33	-2,38
4,25	-2,31	-2,39	-2,42
4,94	-2,39	-2,45	-2,46
5,63	-2,47	-2,50	-2,49
6,31	-2,56	-2,56	-2,53
7,00	-2,66	-2,62	-2,56
7,50	-2,66	-2,63	-2,56
8,20	-2,56	-2,56	-2,51
8,90	-2,46	-2,49	-2,47
9,60	-2,36	-2,41	-2,42
10,30	-2,26	-2,33	-2,37
11,00	-2,16	-2,24	-2,31
11,50	-2,08	-2,18	-2,27
11,75	-2,03	-2,15	-2,25
12,00	-1,99	-2,11	-2,22
12,25	-1,94	-2,08	-2,20
12,50	-1,89	-2,04	-2,18

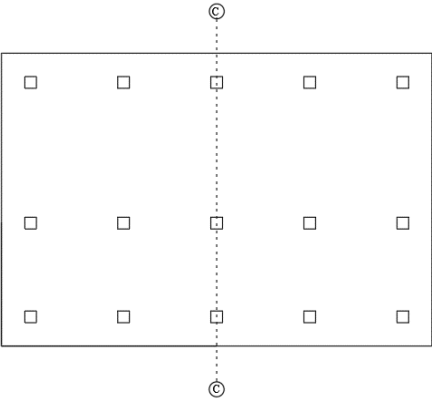
5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) (Cu = 200 kPa)			
b(m)	40	60	80
0,00	-0,95	-1,00	-1,07
0,25	-0,97	-1,02	-1,08
0,50	-0,99	-1,04	-1,10
0,75	-1,02	-1,05	-1,11
1,00	-1,04	-1,07	-1,12
1,50	-1,06	-1,09	-1,14
2,19	-1,07	-1,12	-1,16
2,88	-1,09	-1,14	-1,19
3,56	-1,11	-1,17	-1,21
4,25	-1,14	-1,20	-1,24
4,94	-1,19	-1,24	-1,26
5,63	-1,24	-1,27	-1,29
6,31	-1,31	-1,31	-1,32
7,00	-1,36	-1,35	-1,34
7,50	-1,38	-1,35	-1,34
8,20	-1,31	-1,31	-1,31
8,90	-1,25	-1,27	-1,27
9,60	-1,19	-1,22	-1,24
10,30	-1,14	-1,18	-1,21
11,00	-1,09	-1,13	-1,17
11,50	-1,04	-1,09	-1,14
11,75	-1,01	-1,07	-1,12
12,00	-0,99	-1,05	-1,11
12,25	-0,96	-1,03	-1,09
12,50	-0,93	-1,01	-1,08

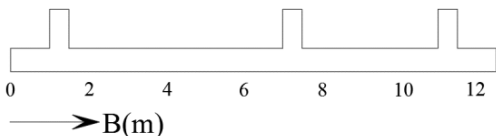




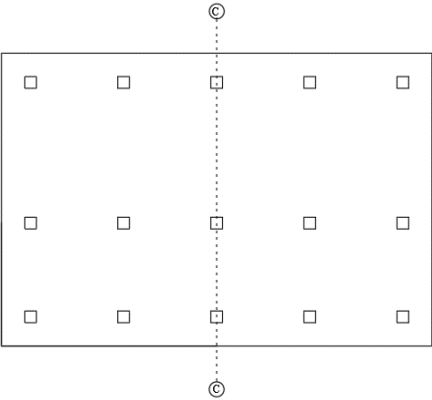
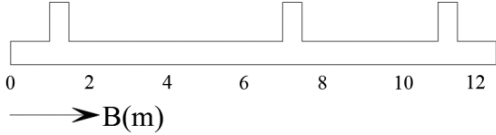
8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) (Cu = 50 kPa)			
b(m)	40	60	80
0,00	-5,87	-6,11	-6,36
0,25	-5,96	-6,18	-6,40
0,50	-6,06	-6,25	-6,45
0,75	-6,15	-6,31	-6,50
1,00	-6,24	-6,38	-6,55
1,50	-6,37	-6,50	-6,63
2,19	-6,51	-6,64	-6,74
2,88	-6,65	-6,78	-6,85
3,56	-6,81	-6,92	-6,97
4,25	-6,99	-7,07	-7,08
4,94	-7,18	-7,23	-7,20
5,63	-7,38	-7,39	-7,31
6,31	-7,61	-7,57	-7,44
7,00	-7,81	-7,69	-7,53
7,50	-7,81	-7,69	-7,52
8,20	-7,62	-7,55	-7,43
8,90	-7,34	-7,33	-7,26
9,60	-7,08	-7,11	-7,10
10,30	-6,81	-6,89	-6,94
11,00	-6,55	-6,67	-6,78
11,50	-6,33	-6,49	-6,65
11,75	-6,20	-6,40	-6,59
12,00	-6,08	-6,31	-6,52
12,25	-5,95	-6,21	-6,46
12,50	-5,82	-6,12	-6,39

8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) (Cu = 100 kPa)			
b(m)	40	60	80
0,00	-2,87	-2,98	-3,08
0,25	-2,93	-3,02	-3,11
0,50	-2,99	-3,07	-3,14
0,75	-3,05	-3,11	-3,17
1,00	-3,11	-3,15	-3,20
1,50	-3,18	-3,22	-3,26
2,19	-3,24	-3,30	-3,33
2,88	-3,31	-3,38	-3,40
3,56	-3,39	-3,46	-3,47
4,25	-3,49	-3,55	-3,55
4,94	-3,61	-3,64	-3,62
5,63	-3,74	-3,74	-3,70
6,31	-3,88	-3,84	-3,77
7,00	-4,05	-3,95	-3,84
7,50	-4,06	-3,95	-3,84
8,20	-3,90	-3,84	-3,74
8,90	-3,74	-3,71	-3,64
9,60	-3,59	-3,58	-3,54
10,30	-3,44	-3,45	-3,44
11,00	-3,28	-3,32	-3,34
11,50	-3,15	-3,21	-3,26
11,75	-3,08	-3,16	-3,22
12,00	-3,00	-3,10	-3,18
12,25	-2,92	-3,05	-3,13
12,50	-2,84	-2,99	-3,09

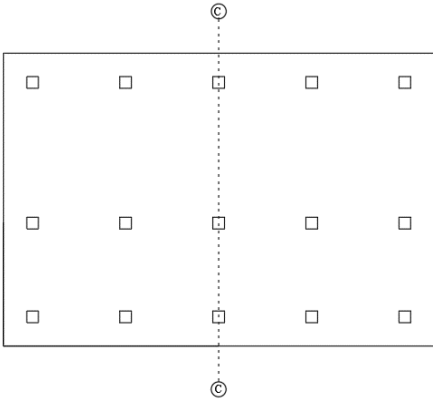


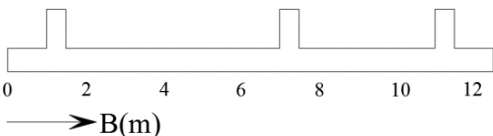


8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) (Cu = 200 kPa)			
b(m)	40	60	80
0,00	-1,43	-1,48	-1,54
0,25	-1,47	-1,51	-1,56
0,50	-1,50	-1,53	-1,58
0,75	-1,54	-1,56	-1,60
1,00	-1,58	-1,58	-1,62
1,50	-1,61	-1,62	-1,65
2,19	-1,63	-1,66	-1,69
2,88	-1,64	-1,69	-1,73
3,56	-1,68	-1,74	-1,76
4,25	-1,73	-1,79	-1,80
4,94	-1,79	-1,84	-1,85
5,63	-1,88	-1,91	-1,89
6,31	-1,98	-1,97	-1,94
7,00	-2,11	-2,05	-1,98
7,50	-2,11	-2,05	-1,99
8,20	-2,00	-1,97	-1,93
8,90	-1,90	-1,90	-1,88
9,60	-1,81	-1,82	-1,82
10,30	-1,73	-1,75	-1,75
11,00	-1,65	-1,67	-1,69
11,50	-1,58	-1,61	-1,64
11,75	-1,54	-1,58	-1,62
12,00	-1,49	-1,54	-1,59
12,25	-1,45	-1,51	-1,57
12,50	-1,40	-1,47	-1,54

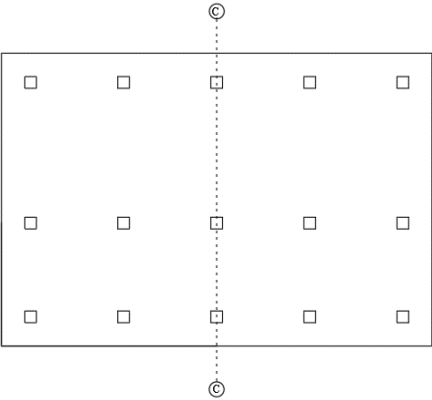



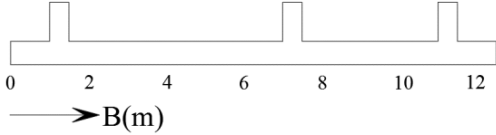
15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) (Cu = 100 kPa)			
b(m)	60	80	100
0,00	-5,24	-5,35	-5,42
0,25	-5,33	-5,41	-5,47
0,50	-5,42	-5,48	-5,52
0,75	-5,51	-5,54	-5,57
1,00	-5,59	-5,60	-5,61
1,50	-5,71	-5,71	-5,70
2,19	-5,84	-5,83	-5,81
2,88	-5,97	-5,96	-5,91
3,56	-6,11	-6,09	-6,02
4,25	-6,27	-6,22	-6,13
4,94	-6,43	-6,36	-6,25
5,63	-6,62	-6,50	-6,36
6,31	-6,83	-6,67	-6,50
7,00	-6,99	-6,78	-6,58
7,50	-6,99	-6,78	-6,58
8,20	-6,83	-6,66	-6,49
8,90	-6,58	-6,45	-6,32
9,60	-6,34	-6,26	-6,17
10,30	-6,11	-6,06	-6,01
11,00	-5,88	-5,86	-5,86
11,50	-5,68	-5,70	-5,74
11,75	-5,57	-5,62	-5,67
12,00	-5,45	-5,53	-5,61
12,25	-5,34	-5,44	-5,54
12,50	-5,22	-5,36	-5,48





15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) (Cu = 200 kPa)			
b(m)	60	80	100
0,00	-2,58	-2,63	-2,69
0,25	-2,63	-2,67	-2,72
0,50	-2,68	-2,71	-2,75
0,75	-2,74	-2,75	-2,78
1,00	-2,79	-2,79	-2,81
1,50	-2,85	-2,85	-2,87
2,19	-2,92	-2,92	-2,93
2,88	-2,98	-2,99	-2,99
3,56	-3,06	-3,06	-3,05
4,25	-3,14	-3,14	-3,12
4,94	-3,24	-3,22	-3,19
5,63	-3,36	-3,31	-3,26
6,31	-3,49	-3,40	-3,33
7,00	-3,63	-3,50	-3,41
7,50	-3,63	-3,50	-3,41
8,20	-3,50	-3,39	-3,32
8,90	-3,35	-3,28	-3,23
9,60	-3,22	-3,16	-3,14
10,30	-3,08	-3,05	-3,05
11,00	-2,95	-2,94	-2,96
11,50	-2,84	-2,85	-2,89
11,75	-2,77	-2,80	-2,85
12,00	-2,70	-2,75	-2,81
12,25	-2,63	-2,70	-2,77
12,50	-2,57	-2,65	-2,73





5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($c_u = 50$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-3,17	-3,40	-3,56
0,25	-3,26	-3,47	-3,62
0,50	-3,34	-3,54	-3,67
0,75	-3,43	-3,60	-3,73
1,00	-3,52	-3,67	-3,79
1,50	-3,67	-3,80	-3,90
2,20	-3,87	-3,98	-4,05
2,90	-4,07	-4,15	-4,20
3,60	-4,28	-4,33	-4,35
4,30	-4,49	-4,50	-4,50
5,00	-4,70	-4,68	-4,65
5,50	-4,81	-4,77	-4,74
6,20	-4,86	-4,84	-4,82
6,90	-4,92	-4,91	-4,90
7,60	-4,99	-4,97	-4,97
8,30	-5,07	-5,04	-5,05
9,00	-5,15	-5,11	-5,11
9,50	-5,15	-5,11	-5,11
10,20	-5,07	-5,04	-5,05
10,90	-4,99	-4,97	-4,97
11,60	-4,92	-4,91	-4,90
12,30	-4,86	-4,84	-4,82
13,00	-4,81	-4,77	-4,74
13,50	-4,70	-4,68	-4,65
14,20	-4,49	-4,50	-4,50
14,90	-4,28	-4,33	-4,35
15,60	-4,07	-4,15	-4,20
16,30	-3,87	-3,98	-4,05
17,00	-3,67	-3,80	-3,90
17,50	-3,52	-3,67	-3,79
17,75	-3,43	-3,60	-3,73
18,00	-3,34	-3,54	-3,67
18,25	-3,26	-3,47	-3,62
18,50	-3,17	-3,40	-3,56

5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($c_u = 100$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-1,58	-1,67	-1,76
0,25	-1,63	-1,71	-1,79
0,50	-1,68	-1,75	-1,82
0,75	-1,73	-1,79	-1,85
1,00	-1,78	-1,82	-1,88
1,50	-1,86	-1,90	-1,94
2,20	-1,96	-2,00	-2,03
2,90	-2,07	-2,10	-2,11
3,60	-2,18	-2,20	-2,19
4,30	-2,31	-2,30	-2,27
5,00	-2,43	-2,40	-2,35
5,50	-2,48	-2,45	-2,39
6,20	-2,51	-2,49	-2,43
6,90	-2,53	-2,52	-2,47
7,60	-2,56	-2,55	-2,50
8,30	-2,61	-2,59	-2,53
9,00	-2,65	-2,62	-2,56
9,50	-2,65	-2,62	-2,56
10,20	-2,61	-2,59	-2,53
10,90	-2,56	-2,55	-2,50
11,60	-2,53	-2,52	-2,47
12,30	-2,51	-2,49	-2,43
13,00	-2,48	-2,45	-2,39
13,50	-2,43	-2,40	-2,35
14,20	-2,31	-2,30	-2,27
14,90	-2,18	-2,20	-2,19
15,60	-2,07	-2,10	-2,11
16,30	-1,96	-2,00	-2,03
17,00	-1,86	-1,90	-1,94
17,50	-1,78	-1,82	-1,88
17,75	-1,73	-1,79	-1,85
18,00	-1,68	-1,75	-1,82
18,25	-1,63	-1,71	-1,79
18,50	-1,58	-1,67	-1,76

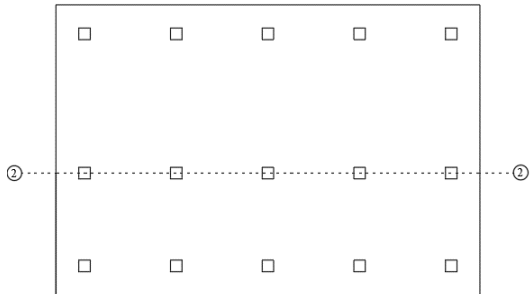
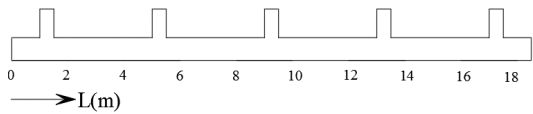
5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($c_u = 200$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-0,79	-0,84	-0,88
0,25	-0,82	-0,87	-0,90
0,50	-0,85	-0,89	-0,92
0,75	-0,88	-0,91	-0,94
1,00	-0,91	-0,93	-0,96
1,50	-0,95	-0,97	-0,99
2,20	-1,00	-1,02	-1,04
2,90	-1,05	-1,07	-1,08
3,60	-1,11	-1,13	-1,13
4,30	-1,18	-1,18	-1,18
5,00	-1,26	-1,24	-1,22
5,50	-1,28	-1,26	-1,24
6,20	-1,29	-1,28	-1,27
6,90	-1,29	-1,30	-1,29
7,60	-1,31	-1,31	-1,31
8,30	-1,34	-1,33	-1,32
9,00	-1,37	-1,35	-1,34
9,50	-1,37	-1,35	-1,34
10,20	-1,34	-1,33	-1,32
10,90	-1,31	-1,31	-1,31
11,60	-1,29	-1,30	-1,29
12,30	-1,29	-1,28	-1,27
13,00	-1,28	-1,26	-1,24
13,50	-1,26	-1,24	-1,22
14,20	-1,18	-1,18	-1,18
14,90	-1,11	-1,13	-1,13
15,60	-1,05	-1,07	-1,08
16,30	-1,00	-1,02	-1,04
17,00	-0,95	-0,97	-0,99
17,50	-0,91	-0,93	-0,96
17,75	-0,88	-0,91	-0,94
18,00	-0,85	-0,89	-0,92
18,25	-0,82	-0,87	-0,90
18,50	-0,79	-0,84	-0,88

8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($c_u = 50$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-4,68	-4,88	-5,04
0,25	-4,83	-4,99	-5,14
0,50	-4,98	-5,10	-5,23
0,75	-5,13	-5,21	-5,32
1,00	-5,27	-5,32	-5,41
1,50	-5,52	-5,53	-5,59
2,20	-5,81	-5,82	-5,84
2,90	-6,11	-6,10	-6,08
3,60	-6,44	-6,39	-6,33
4,30	-6,77	-6,69	-6,58
5,00	-7,13	-7,00	-6,83
5,50	-7,29	-7,15	-6,99
6,20	-7,35	-7,25	-7,10
6,90	-7,44	-7,36	-7,21
7,60	-7,54	-7,47	-7,32
8,30	-7,66	-7,58	-7,43
9,00	-7,81	-7,69	-7,53
9,50	-7,81	-7,69	-7,53
10,20	-7,66	-7,58	-7,43
10,90	-7,54	-7,47	-7,32
11,60	-7,44	-7,36	-7,21
12,30	-7,35	-7,25	-7,10
13,00	-7,29	-7,15	-6,99
13,50	-7,13	-7,00	-6,83
14,20	-6,77	-6,69	-6,58
14,90	-6,44	-6,39	-6,33
15,60	-6,11	-6,10	-6,08
16,30	-5,81	-5,82	-5,84
17,00	-5,52	-5,53	-5,59
17,50	-5,27	-5,32	-5,41
17,75	-5,13	-5,21	-5,32
18,00	-4,98	-5,10	-5,23
18,25	-4,83	-4,99	-5,13
18,50	-4,68	-4,88	-5,04

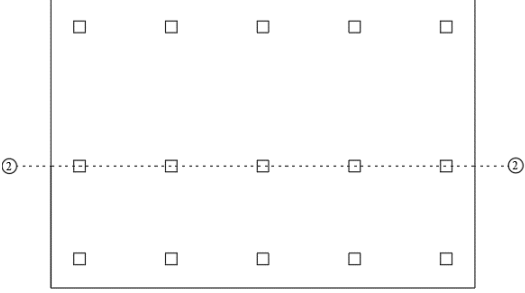
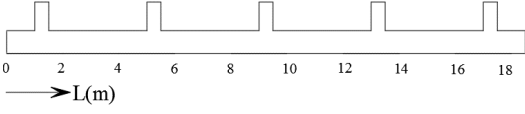
The diagram shows a 5-story building model with a horizontal section line 2-2. To the right, a longitudinal section view shows the settlement profile along the length L(m). The profile consists of a series of rectangular blocks representing the building's footprint, with settlement values indicated by the height of the blocks. The x-axis is labeled L(m) and ranges from 0 to 18 meters.

8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($c_u = 100$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-2,36	-2,48	-2,58
0,25	-2,44	-2,54	-2,63
0,50	-2,53	-2,61	-2,68
0,75	-2,61	-2,67	-2,73
1,00	-2,70	-2,73	-2,78
1,50	-2,82	-2,84	-2,88
2,20	-2,97	-2,99	-3,01
2,90	-3,13	-3,14	-3,13
3,60	-3,31	-3,29	-3,27
4,30	-3,50	-3,45	-3,40
5,00	-3,71	-3,61	-3,53
5,50	-3,79	-3,69	-3,60
6,20	-3,80	-3,73	-3,64
6,90	-3,83	-3,78	-3,69
7,60	-3,88	-3,83	-3,74
8,30	-3,95	-3,89	-3,79
9,00	-4,05	-3,94	-3,83
9,50	-4,05	-3,94	-3,83
10,20	-3,95	-3,89	-3,79
10,90	-3,88	-3,83	-3,74
11,60	-3,83	-3,78	-3,69
12,30	-3,80	-3,73	-3,64
13,00	-3,79	-3,69	-3,59
13,50	-3,71	-3,61	-3,53
14,20	-3,50	-3,45	-3,40
14,90	-3,31	-3,29	-3,26
15,60	-3,13	-3,14	-3,13
16,30	-2,97	-2,99	-3,01
17,00	-2,82	-2,84	-2,88
17,50	-2,70	-2,73	-2,78
17,75	-2,61	-2,67	-2,73
18,00	-2,53	-2,61	-2,68
18,25	-2,44	-2,54	-2,63
18,50	-2,36	-2,48	-2,58

8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($c_u = 200$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-1,18	-1,24	-1,27
0,25	-1,23	-1,27	-1,30
0,50	-1,28	-1,31	-1,33
0,75	-1,33	-1,35	-1,36
1,00	-1,38	-1,38	-1,39
1,50	-1,45	-1,44	-1,44
2,20	-1,52	-1,52	-1,52
2,90	-1,60	-1,60	-1,59
3,60	-1,69	-1,68	-1,66
4,30	-1,80	-1,78	-1,74
5,00	-1,93	-1,87	-1,81
5,50	-1,97	-1,91	-1,85
6,20	-1,96	-1,93	-1,88
6,90	-1,96	-1,95	-1,90
7,60	-1,99	-1,97	-1,93
8,30	-2,04	-2,01	-1,96
9,00	-2,10	-2,04	-1,98
9,50	-2,10	-2,04	-1,98
10,20	-2,04	-2,01	-1,96
10,90	-1,99	-1,97	-1,93
11,60	-1,96	-1,95	-1,90
12,30	-1,96	-1,93	-1,88
13,00	-1,97	-1,91	-1,85
13,50	-1,93	-1,87	-1,81
14,20	-1,80	-1,78	-1,74
14,90	-1,69	-1,68	-1,66
15,60	-1,60	-1,60	-1,59
16,30	-1,52	-1,52	-1,52
17,00	-1,45	-1,44	-1,44
17,50	-1,38	-1,38	-1,39
17,75	-1,33	-1,35	-1,36
18,00	-1,28	-1,31	-1,33
18,25	-1,23	-1,27	-1,30
18,50	-1,18	-1,24	-1,27

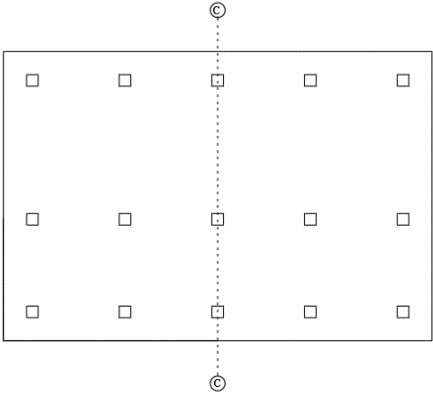
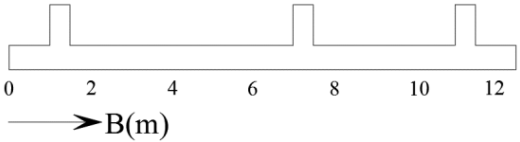
15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) ($c_u = 100$ kPa)			
L(m)	60	80	100
0,00	-4,23	-4,30	-4,34
0,25	-4,35	-4,40	-4,43
0,50	-4,48	-4,50	-4,51
0,75	-4,61	-4,60	-4,60
1,00	-4,73	-4,70	-4,69
1,50	-4,95	-4,89	-4,85
2,20	-5,21	-5,14	-5,08
2,90	-5,48	-5,39	-5,30
3,60	-5,77	-5,64	-5,54
4,30	-6,07	-5,91	-5,77
5,00	-6,39	-6,19	-6,02
5,50	-6,52	-6,32	-6,14
6,20	-6,59	-6,40	-6,22
6,90	-6,67	-6,49	-6,32
7,60	-6,76	-6,58	-6,40
8,30	-6,87	-6,68	-6,49
9,00	-6,99	-6,78	-6,58
9,50	-6,99	-6,78	-6,58
10,20	-6,87	-6,68	-6,49
10,90	-6,76	-6,58	-6,40
11,60	-6,67	-6,49	-6,32
12,30	-6,59	-6,40	-6,22
13,00	-6,52	-6,32	-6,14
13,50	-6,39	-6,19	-6,02
14,20	-6,07	-5,91	-5,77
14,90	-5,77	-5,64	-5,54
15,60	-5,48	-5,39	-5,30
16,30	-5,21	-5,14	-5,08
17,00	-4,95	-4,89	-4,85
17,50	-4,73	-4,70	-4,69
17,75	-4,61	-4,60	-4,60
18,00	-4,48	-4,50	-4,51
18,25	-4,35	-4,40	-4,43
18,50	-4,23	-4,30	-4,34

15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Oturmalar(cm) (Cu = 200 kPa)			
L(m)	60	80	100
0,00	-2,13	-2,19	-2,22
0,25	-2,21	-2,25	-2,27
0,50	-2,28	-2,30	-2,32
0,75	-2,35	-2,36	-2,36
1,00	-2,42	-2,41	-2,41
1,50	-2,53	-2,51	-2,50
2,20	-2,67	-2,64	-2,61
2,90	-2,81	-2,77	-2,72
3,60	-2,96	-2,90	-2,84
4,30	-3,13	-3,04	-2,97
5,00	-3,32	-3,18	-3,09
5,50	-3,39	-3,27	-3,15
6,20	-3,40	-3,29	-3,20
6,90	-3,43	-3,33	-3,25
7,60	-3,48	-3,38	-3,30
8,30	-3,54	-3,43	-3,35
9,00	-3,63	-3,50	-3,41
9,50	-3,63	-3,50	-3,41
10,20	-3,54	-3,43	-3,35
10,90	-3,48	-3,38	-3,30
11,60	-3,43	-3,33	-3,25
12,30	-3,40	-3,29	-3,20
13,00	-3,39	-3,27	-3,15
13,50	-3,32	-3,18	-3,09
14,20	-3,13	-3,04	-2,97
14,90	-2,96	-2,90	-2,84
15,60	-2,81	-2,77	-2,72
16,30	-2,67	-2,64	-2,61
17,00	-2,53	-2,51	-2,50
17,50	-2,42	-2,41	-2,41
17,75	-2,35	-2,36	-2,36
18,00	-2,28	-2,30	-2,32
18,25	-2,21	-2,25	-2,27
18,50	-2,13	-2,19	-2,22

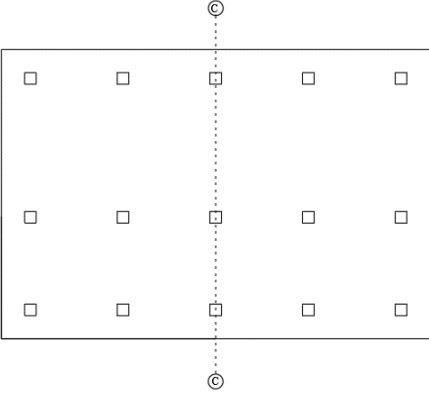
EK-7: Sonlu Eleman Yöntemiyle Elde Edilen Taban Basıncı Dağılımları

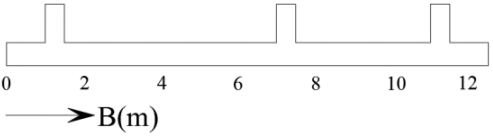
5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basıncı Dağılımı(kPa) ($C_u = 50$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	-85,9	-92,9	-101,1
0,25	-75,0	-79,2	-85,9
0,50	-69,3	-70,9	-74,8
0,75	-65,5	-65,6	-71,0
1,00	-64,0	-63,2	-64,2
1,50	-60,2	-58,2	-61,6
2,19	-56,7	-55,6	-56,4
2,88	-54,8	-54,4	-55,9
3,56	-55,6	-54,6	-56,0
4,25	-56,9	-56,0	-56,6
4,94	-60,3	-58,3	-58,2
5,63	-64,9	-62,7	-61,3
6,31	-71,9	-67,7	-67,7
7,00	-87,0	-79,0	-75,0
7,50	-88,1	-78,9	-74,5
8,20	-76,6	-68,7	-69,8
8,90	-68,3	-64,0	-65,8
9,60	-70,0	-61,0	-64,0
10,30	-60,9	-59,7	-63,9
11,00	-61,4	-59,9	-64,7
11,50	-62,1	-64,2	-68,5
11,75	-63,4	-64,4	-75,9
12,00	-65,2	-70,9	-79,1
12,25	-69,3	-76,1	-89,2
12,50	-77,7	-89,5	-102,2

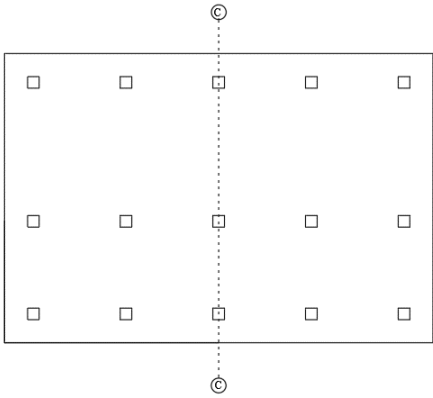
5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) ($C_u = 100$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	-82,4	-90,0	-99,7
0,25	-73,7	-84,8	-87,6
0,50	-69,3	-78,3	-77,0
0,75	-66,9	-74,0	-72,4
1,00	-65,2	-69,8	-68,3
1,50	-61,3	-67,9	-70,5
2,19	-60,4	-63,6	-66,7
2,88	-57,4	-61,9	-64,8
3,56	-55,8	-62,1	-64,4
4,25	-57,7	-55,5	-65,0
4,94	-62,0	-58,2	-66,7
5,63	-71,3	-62,1	-69,5
6,31	-76,3	-75,2	-73,8
7,00	-94,0	-78,6	-77,5
7,50	-96,7	-91,2	-78,1
8,20	-80,1	-80,8	-74,4
8,90	-76,2	-75,0	-71,0
9,60	-68,1	-70,6	-69,4
10,30	-67,6	-68,7	-69,7
11,00	-60,9	-69,2	-71,9
11,50	-61,5	-64,6	-68,6
11,75	-62,9	-68,3	-70,1
12,00	-62,8	-68,2	-74,4
12,25	-69,1	-76,5	-84,9
12,50	-75,3	-83,6	-96,6

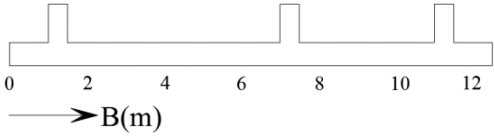
5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 200 kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	-81,5	-90,1	-90,8
0,25	-76,6	-80,2	-89,8
0,50	-76,1	-74,6	-83,7
0,75	-76,6	-71,5	-77,6
1,00	-75,0	-69,6	-74,2
1,50	-72,7	-63,8	-70,3
2,19	-61,2	-61,3	-66,2
2,88	-52,6	-57,8	-64,3
3,56	-50,1	-56,8	-64,0
4,25	-51,7	-58,6	-65,2
4,94	-56,9	-63,5	-67,8
5,63	-70,2	-71,1	-72,0
6,31	-82,1	-81,3	-78,6
7,00	-95,7	-90,0	-83,7
7,50	-106,5	-90,7	-82,3
8,20	-83,8	-83,9	-79,7
8,90	-78,8	-75,4	-74,1
9,60	-69,4	-70,7	-71,0
10,30	-66,4	-68,6	-70,1
11,00	-66,3	-68,9	-71,4
11,50	-65,0	-69,3	-75,1
11,75	-65,2	-69,9	-77,1
12,00	-63,8	-71,5	-65,2
12,25	-63,8	-75,2	-80,8
12,50	-66,0	-82,1	-98,0





8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 50 kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	-133,2	-139,1	-146,0
0,25	-122,7	-127,5	-134,0
0,50	-112,4	-116,4	-125,2
0,75	-106,3	-106,4	-111,4
1,00	-103,4	-101,5	-107,9
1,50	-96,1	-93,7	-95,7
2,19	-88,8	-89,4	-91,2
2,88	-84,4	-87,1	-88,7
3,56	-83,2	-86,8	-88,1
4,25	-85,8	-88,9	-88,9
4,94	-90,4	-92,3	-91,2
5,63	-99,4	-98,1	-94,9
6,31	-118,6	-112,2	-102,2
7,00	-125,8	-117,6	-110,8
7,50	-128,0	-118,2	-110,4
8,20	-123,3	-116,6	-106,6
8,90	-104,4	-101,1	-99,5
9,60	-98,9	-98,1	-96,3
10,30	-95,5	-95,6	-97,8
11,00	-99,3	-97,2	-99,0
11,50	-99,2	-100,4	-108,5
11,75	-98,9	-105,1	-110,9
12,00	-103,1	-111,7	-121,3
12,25	-111,4	-121,0	-132,9
12,50	-120,5	-131,0	-143,4

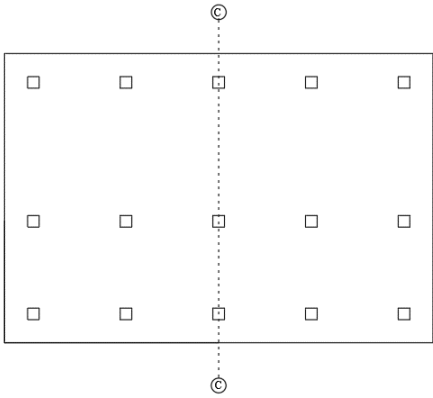


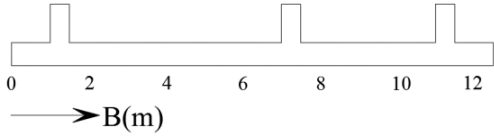


8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 100 kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	-122,8	-131,0	-138,4
0,25	-110,2	-112,1	-115,3
0,50	-104,6	-102,7	-105,7
0,75	-100,6	-97,1	-96,7
1,00	-101,4	-93,1	-91,4
1,50	-94,8	-88,8	-87,0
2,19	-86,4	-83,5	-80,9
2,88	-81,6	-81,8	-79,6
3,56	-85,6	-83,0	-80,0
4,25	-86,3	-85,5	-81,5
4,94	-94,3	-89,9	-85,4
5,63	-99,6	-97,5	-91,1
6,31	-114,5	-105,4	-96,5
7,00	-149,7	-128,3	-112,0
7,50	-153,7	-129,1	-111,0
8,20	-123,3	-111,2	-98,8
8,90	-108,0	-101,6	-93,2
9,60	-109,3	-96,1	-88,6
10,30	-95,6	-90,9	-86,8
11,00	-95,8	-90,1	-90,9
11,50	-96,0	-92,7	-90,5
11,75	-93,9	-94,9	-98,0
12,00	-94,4	-98,3	-101,6
12,25	-96,5	-105,7	-113,1
12,50	-102,9	-119,3	-127,7

8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) ($C_u = 200$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	-117,0	-133,5	-134,2
0,25	-110,1	-120,3	-115,3
0,50	-107,5	-112,5	-108,9
0,75	-106,6	-109,0	-97,5
1,00	-109,8	-104,7	-108,2
1,50	-102,9	-99,9	-104,5
2,19	-90,2	-94,0	-97,4
2,88	-80,5	-88,0	-94,3
3,56	-75,3	-87,2	-94,2
4,25	-75,7	-90,3	-95,7
4,94	-86,6	-96,6	-99,8
5,63	-102,1	-109,9	-108,7
6,31	-120,9	-122,7	-119,8
7,00	-172,4	-135,5	-132,5
7,50	-174,1	-137,2	-139,9
8,20	-128,9	-127,8	-121,8
8,90	-115,7	-117,8	-112,7
9,60	-106,7	-105,7	-105,6
10,30	-100,1	-104,1	-102,8
11,00	-98,0	-101,1	-101,3
11,50	-97,1	-103,0	-91,2
11,75	-94,5	-103,4	-92,4
12,00	-92,7	-104,5	-97,0
12,25	-92,5	-108,8	-104,8
12,50	-96,4	-117,6	-119,6

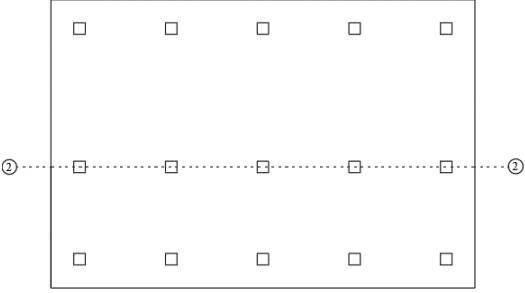
15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 100 kPa)			
B(m)	60	80	100
0,00	-233,0	-242,4	-251,0
0,25	-205,6	-218,5	-223,6
0,50	-192,0	-197,1	-199,5
0,75	-184,4	-182,5	-183,0
1,00	-181,8	-176,2	-173,1
1,50	-172,2	-163,0	-158,3
2,19	-158,0	-155,3	-151,6
2,88	-151,6	-151,5	-148,6
3,56	-151,5	-151,5	-149,0
4,25	-155,7	-156,8	-150,9
4,94	-163,1	-162,1	-156,1
5,63	-177,3	-170,8	-163,4
6,31	-213,6	-195,7	-183,6
7,00	-230,8	-213,2	-194,0
7,50	-232,4	-215,9	-195,9
8,20	-222,0	-202,8	-189,8
8,90	-179,5	-178,5	-171,9
9,60	-174,2	-171,4	-166,3
10,30	-168,4	-167,0	-162,7
11,00	-177,2	-168,4	-167,0
11,50	-174,3	-172,1	-174,6
11,75	-174,5	-176,6	-184,0
12,00	-177,8	-187,8	-202,1
12,25	-188,0	-202,8	-220,9
12,50	-207,8	-229,9	-244,8

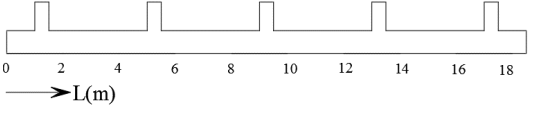




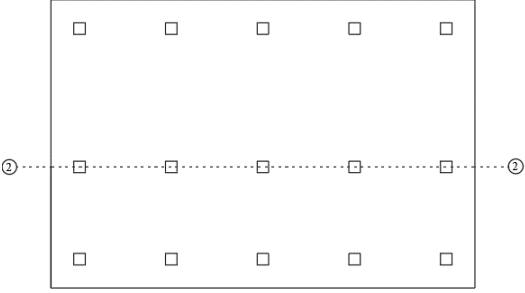
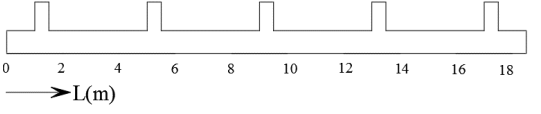
15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) ($C_u = 200$ kPa)			
b(m)	60	80	100
0,00	-208,8	-226,0	-235,6
0,25	-188,3	-195,0	-199,2
0,50	-177,5	-184,6	-181,5
0,75	-179,2	-166,6	-169,3
1,00	-174,1	-166,0	-156,9
1,50	-162,9	-151,9	-155,5
2,19	-152,1	-143,9	-151,3
2,88	-142,0	-140,6	-151,1
3,56	-155,2	-141,9	-152,0
4,25	-161,5	-145,3	-155,5
4,94	-171,5	-158,2	-163,3
5,63	-172,3	-173,7	-174,0
6,31	-214,2	-196,8	-191,9
7,00	-265,5	-237,0	-219,4
7,50	-270,0	-236,5	-213,7
8,20	-225,2	-193,6	-188,4
8,90	-188,3	-180,5	-173,5
9,60	-175,5	-171,2	-168,0
10,30	-166,2	-165,4	-162,9
11,00	-165,0	-164,0	-167,5
11,50	-166,9	-164,4	-170,6
11,75	-161,3	-171,2	-175,5
12,00	-164,1	-176,4	-186,3
12,25	-168,7	-188,5	-205,6
12,50	-181,6	-210,1	-229,4

5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basıncı Dağılımı (kPa) (Cu = 50 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-65,7	-74,0	-77,9
0,25	-61,1	-66,7	-68,7
0,50	-59,0	-62,3	-62,5
0,75	-58,6	-60,1	-60,7
1,00	-58,3	-58,5	-58,2
1,50	-59,3	-58,1	-56,1
2,20	-57,9	-57,3	-55,4
2,90	-59,9	-58,2	-55,0
3,60	-62,6	-60,8	-56,9
4,30	-69,8	-64,8	-59,2
5,00	-79,8	-70,3	-62,4
5,50	-83,5	-72,9	-63,8
6,20	-76,2	-69,8	-63,5
6,90	-74,1	-69,6	-66,1
7,60	-75,2	-70,7	-67,3
8,30	-79,1	-73,8	-68,5
9,00	-88,0	-80,5	-75,0
9,50	-88,0	-80,5	-75,0
10,20	-79,1	-73,8	-68,5
10,90	-75,2	-70,7	-67,3
11,60	-74,1	-69,6	-66,1
12,30	-76,2	-69,8	-63,5
13,00	-83,5	-72,9	-63,8
13,50	-79,8	-70,3	-62,4
14,20	-69,8	-64,8	-59,2
14,90	-62,6	-60,8	-56,9
15,60	-59,9	-58,2	-55,0
16,30	-57,9	-57,3	-55,4
17,00	-59,3	-58,1	-56,1
17,50	-58,3	-58,5	-58,2
17,75	-58,6	-60,1	-60,7
18,00	-59,0	-62,3	-62,5
18,25	-61,1	-66,7	-68,7
18,50	-65,7	-74,0	-77,9



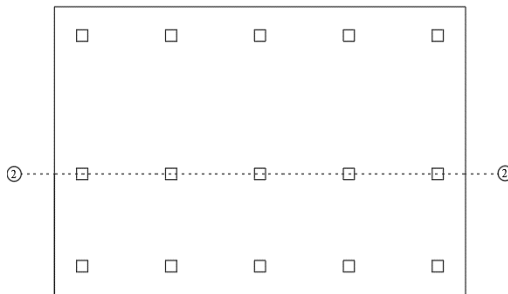
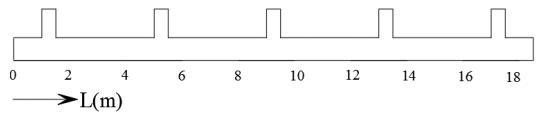


5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 100 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-62,6	-66,2	-72,3
0,25	-59,2	-59,3	-64,0
0,50	-58,3	-56,2	-57,8
0,75	-58,7	-54,8	-55,0
1,00	-58,9	-53,9	-54,4
1,50	-60,2	-52,3	-51,1
2,20	-58,1	-52,9	-48,8
2,90	-61,1	-55,8	-51,6
3,60	-64,5	-58,5	-51,6
4,30	-74,0	-65,2	-56,1
5,00	-86,2	-71,8	-58,3
5,50	-89,4	-74,4	-58,8
6,20	-80,6	-71,8	-58,4
6,90	-77,0	-70,9	-61,4
7,60	-77,1	-71,4	-60,3
8,30	-83,7	-75,2	-63,4
9,00	-93,4	-78,6	-63,8
9,50	-93,4	-78,6	-63,8
10,20	-83,7	-75,2	-63,4
10,90	-77,1	-71,4	-60,3
11,60	-77,0	-70,9	-61,4
12,30	-80,6	-71,8	-58,4
13,00	-89,4	-74,4	-58,8
13,50	-86,2	-71,8	-58,3
14,20	-74,0	-65,2	-56,1
14,90	-64,5	-58,5	-51,6
15,60	-61,1	-55,8	-51,6
16,30	-58,1	-52,9	-48,8
17,00	-60,2	-52,3	-51,1
17,50	-58,9	-53,9	-54,4
17,75	-58,7	-54,8	-55,0
18,00	-58,3	-56,2	-57,8
18,25	-59,2	-59,3	-64,0
18,50	-62,6	-66,2	-72,3

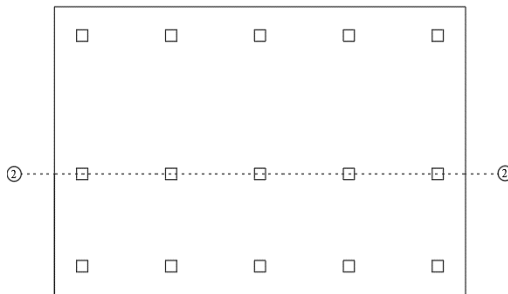
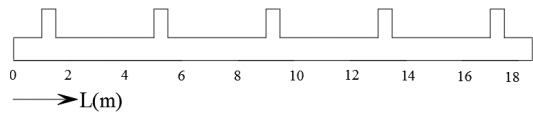



5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 200 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-60,7	-65,4	-62,8
0,25	-59,2	-60,4	-56,1
0,50	-59,8	-57,7	-51,1
0,75	-61,8	-57,4	-49,4
1,00	-61,7	-57,0	-47,1
1,50	-61,2	-55,7	-45,3
2,20	-62,6	-56,0	-46,8
2,90	-74,7	-71,9	-47,6
3,60	-78,3	-75,4	-59,1
4,30	-77,5	-66,3	-60,5
5,00	-91,4	-71,3	-64,2
5,50	-92,8	-72,5	-55,8
6,20	-84,3	-73,9	-62,7
6,90	-82,1	-73,5	-64,8
7,60	-82,0	-74,6	-64,5
8,30	-86,8	-75,7	-72,8
9,00	-99,7	-73,7	-70,2
9,50	-99,7	-73,7	-70,2
10,20	-86,8	-75,7	-72,8
10,90	-82,0	-74,6	-64,5
11,60	-82,1	-73,5	-64,8
12,30	-84,3	-73,9	-62,7
13,00	-92,8	-72,5	-55,8
13,50	-91,4	-71,3	-64,2
14,20	-77,5	-66,3	-60,5
14,90	-78,3	-75,4	-59,1
15,60	-74,7	-71,9	-47,6
16,30	-62,6	-56,0	-46,8
17,00	-61,2	-55,7	-45,3
17,50	-61,7	-57,0	-47,1
17,75	-61,8	-57,4	-49,4
18,00	-59,8	-57,7	-51,1
18,25	-59,2	-60,4	-56,1
18,50	-60,7	-65,4	-62,8

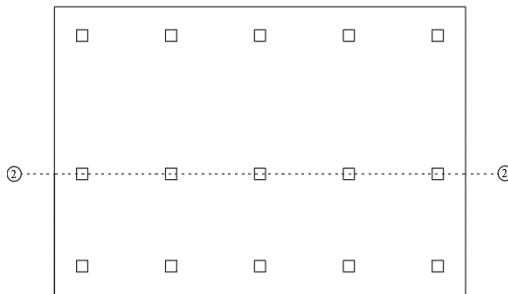
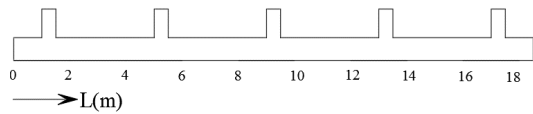
8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basıncı Dağılımı (kPa) (Cu = 50 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-91,6	-101,0	-107,0
0,25	-86,9	-91,3	-95,3
0,50	-85,9	-86,4	-87,5
0,75	-86,0	-84,0	-85,2
1,00	-88,1	-82,9	-79,1
1,50	-89,1	-82,8	-79,1
2,20	-87,7	-82,4	-78,6
2,90	-89,5	-85,1	-81,7
3,60	-96,0	-89,4	-84,1
4,30	-109,2	-96,6	-88,3
5,00	-119,6	-109,0	-94,8
5,50	-124,2	-111,7	-99,6
6,20	-118,1	-106,7	-96,4
6,90	-113,1	-105,5	-97,1
7,60	-114,0	-106,4	-99,6
8,30	-122,8	-113,5	-103,1
9,00	-128,4	-119,3	-111,9
9,50	-128,4	-119,3	-111,9
10,20	-122,8	-113,5	-103,1
10,90	-114,0	-106,4	-99,6
11,60	-113,1	-105,5	-97,1
12,30	-118,1	-106,7	-96,4
13,00	-124,2	-111,7	-99,6
13,50	-119,6	-109,0	-94,8
14,20	-109,2	-96,6	-88,3
14,90	-96,0	-89,4	-84,1
15,60	-89,5	-85,1	-81,7
16,30	-87,7	-82,4	-78,6
17,00	-89,1	-82,8	-79,1
17,50	-88,1	-82,9	-79,1
17,75	-86,0	-84,0	-85,2
18,00	-85,9	-86,4	-87,5
18,25	-86,9	-91,3	-95,3
18,50	-91,6	-101,0	-107,0

8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 100 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-90,5	-103,3	-110,3
0,25	-89,2	-95,2	-97,7
0,50	-90,3	-91,5	-91,2
0,75	-91,8	-90,2	-88,2
1,00	-95,3	-89,7	-85,8
1,50	-97,6	-88,5	-85,4
2,20	-93,4	-88,8	-84,6
2,90	-93,1	-90,7	-86,6
3,60	-100,8	-96,0	-90,1
4,30	-116,6	-105,7	-95,7
5,00	-142,5	-117,0	-105,0
5,50	-145,4	-123,9	-107,2
6,20	-127,6	-115,0	-102,8
6,90	-118,6	-111,9	-103,5
7,60	-121,6	-114,1	-104,9
8,30	-131,4	-120,5	-108,2
9,00	-150,7	-129,7	-117,0
9,50	-150,7	-129,7	-116,9
10,20	-131,4	-120,5	-108,2
10,90	-121,6	-114,1	-104,9
11,60	-118,6	-111,9	-103,5
12,30	-127,6	-115,0	-102,8
13,00	-145,4	-123,9	-107,1
13,50	-142,5	-117,0	-104,8
14,20	-116,6	-105,7	-95,6
14,90	-100,8	-96,0	-90,1
15,60	-93,1	-90,7	-86,6
16,30	-93,4	-88,8	-84,6
17,00	-97,6	-88,5	-85,4
17,50	-95,3	-89,7	-85,7
17,75	-91,8	-90,2	-88,1
18,00	-90,3	-91,5	-91,2
18,25	-89,2	-95,2	-97,7
18,50	-90,5	-103,3	-110,4

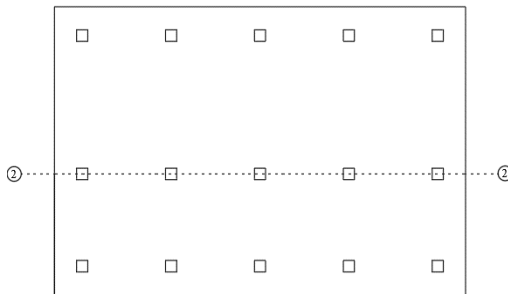



8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basınç Dağılımı (kPa) (Cu = 200 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-87,9	-95,7	-94,5
0,25	-91,7	-90,9	-87,7
0,50	-96,3	-89,1	-79,5
0,75	-100,2	-90,0	-78,1
1,00	-102,4	-91,5	-75,8
1,50	-108,4	-92,3	-74,7
2,20	-97,5	-87,5	-76,1
2,90	-99,0	-91,1	-79,5
3,60	-102,4	-96,5	-87,1
4,30	-127,4	-111,3	-94,6
5,00	-160,1	-125,8	-103,8
5,50	-163,6	-128,9	-107,2
6,20	-138,3	-121,6	-106,4
6,90	-122,7	-114,5	-104,2
7,60	-120,0	-118,8	-107,5
8,30	-141,5	-126,2	-110,6
9,00	-167,8	-136,5	-115,1
9,50	-167,8	-136,5	-115,9
10,20	-141,5	-126,2	-109,2
10,90	-120,0	-118,8	-107,5
11,60	-122,7	-114,5	-104,4
12,30	-138,3	-121,6	-106,4
13,00	-163,6	-128,9	-107,0
13,50	-160,1	-125,8	-103,6
14,20	-127,4	-111,3	-94,5
14,90	-102,4	-96,5	-87,1
15,60	-99,0	-91,1	-79,5
16,30	-97,5	-87,5	-76,1
17,00	-108,4	-92,3	-74,7
17,50	-102,4	-91,5	-75,7
17,75	-100,2	-90,0	-78,1
18,00	-96,3	-89,1	-79,5
18,25	-91,7	-90,9	-87,6
18,50	-87,9	-95,7	-94,5

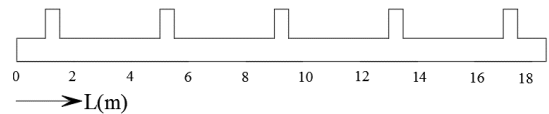



15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basıncı Dağılımı (kPa) (C_u = 100 kPa)			
L(m)	60	80	100
0,00	-161,0	-172,4	-177,8
0,25	-153,7	-157,7	-158,7
0,50	-151,7	-150,5	-150,0
0,75	-150,4	-147,0	-144,1
1,00	-154,2	-143,3	-142,1
1,50	-156,8	-145,1	-139,2
2,20	-153,9	-144,3	-139,0
2,90	-156,2	-147,8	-145,5
3,60	-167,8	-156,4	-151,2
4,30	-188,1	-170,5	-160,8
5,00	-219,2	-195,8	-180,5
5,50	-223,2	-200,6	-181,6
6,20	-205,1	-189,2	-173,4
6,90	-198,4	-185,9	-174,4
7,60	-201,4	-187,1	-171,8
8,30	-213,5	-197,0	-180,9
9,00	-236,2	-215,7	-197,9
9,50	-236,2	-215,7	-197,9
10,20	-213,5	-197,0	-180,9
10,90	-201,4	-187,1	-171,8
11,60	-198,4	-185,9	-174,4
12,30	-205,1	-189,2	-173,4
13,00	-223,2	-200,6	-181,6
13,50	-219,2	-195,8	-180,5
14,20	-188,1	-170,5	-160,8
14,90	-167,8	-156,4	-151,2
15,60	-156,2	-147,8	-145,5
16,30	-153,9	-144,3	-139,0
17,00	-156,8	-145,1	-139,2
17,50	-154,2	-143,3	-142,1
17,75	-150,4	-147,0	-144,1
18,00	-151,7	-150,5	-150,0
18,25	-153,7	-157,7	-158,7
18,50	-161,0	-172,4	-177,8

15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Oluşan Taban Basıncı Dağılımı (kPa) (C_u = 200 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	-161,9	-178,9	-188,7
0,25	-159,5	-165,3	-165,9
0,50	-160,8	-159,6	-158,3
0,75	-161,8	-159,1	-154,0
1,00	-167,5	-156,5	-146,6
1,50	-169,7	-157,0	-152,6
2,20	-164,8	-156,1	-149,9
2,90	-165,5	-156,1	-151,5
3,60	-176,8	-164,7	-156,5
4,30	-204,4	-187,0	-171,0
5,00	-249,2	-204,9	-181,0
5,50	-255,8	-220,7	-194,0
6,20	-224,1	-203,6	-188,0
6,90	-208,3	-195,5	-184,7
7,60	-213,7	-195,4	-189,6
8,30	-230,3	-209,8	-198,7
9,00	-266,3	-234,3	-221,0
9,50	-266,3	-234,3	-221,0
10,20	-230,3	-209,8	-198,7
10,90	-213,7	-195,4	-189,6
11,60	-208,3	-195,5	-184,7
12,30	-224,1	-203,6	-188,0
13,00	-255,8	-220,7	-194,0
13,50	-249,2	-204,9	-181,0
14,20	-204,4	-187,0	-171,0
14,90	-176,8	-164,7	-156,5
15,60	-165,5	-156,1	-151,5
16,30	-164,8	-156,1	-149,9
17,00	-169,7	-157,0	-152,6
17,50	-167,5	-156,5	-146,6
17,75	-161,8	-159,1	-154,0
18,00	-160,8	-159,6	-158,3
18,25	-159,5	-165,3	-165,9
18,50	-161,9	-178,9	-188,7



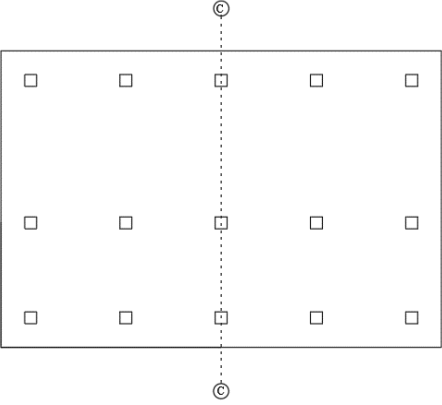
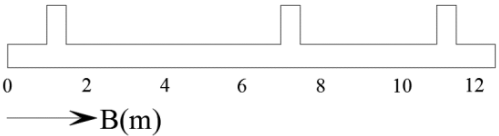
②-----②



→ L(m)

EK-8: Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Elde Edilen Birim Şekil Değişiklikleri

5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 50$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	0,69	1,13	1,09
0,25	0,69	1,07	1,12
0,50	0,71	1,15	0,96
0,75	0,72	1,21	1,28
1,00	0,80	1,33	1,02
1,50	0,78	1,22	1,13
2,19	0,70	1,19	0,97
2,88	0,72	1,12	0,92
3,56	0,79	1,12	0,89
4,25	0,83	1,13	0,91
4,94	0,82	1,16	0,98
5,63	0,79	1,21	1,03
6,31	0,79	1,12	0,68
7,00	0,93	0,91	0,89
7,50	0,76	0,87	0,91
8,20	0,83	1,20	0,69
8,90	0,88	1,25	0,84
9,60	1,00	1,24	0,80
10,30	0,78	1,25	0,90
11,00	0,77	1,25	1,04
11,50	0,77	1,26	1,00
11,75	0,74	1,04	1,03
12,00	0,70	1,22	0,96
12,25	0,69	1,14	1,09
12,50	0,68	1,21	1,00

5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 100$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	0,41	0,60	0,76
0,25	0,42	0,68	0,71
0,50	0,43	0,71	0,73
0,75	0,46	0,74	0,86
1,00	0,47	0,82	0,78
1,50	0,46	0,75	0,90
2,19	0,40	0,66	0,91
2,88	0,43	0,64	0,87
3,56	0,56	0,64	0,86
4,25	0,55	0,74	0,86
4,94	0,61	0,82	0,88
5,63	0,49	0,82	0,91
6,31	0,47	0,70	0,96
7,00	0,62	0,65	0,95
7,50	0,61	0,86	0,91
8,20	0,56	0,74	0,95
8,90	0,63	0,68	0,90
9,60	0,78	0,67	0,88
10,30	0,53	0,71	0,90
11,00	0,44	0,73	0,89
11,50	0,48	0,65	0,83
11,75	0,47	0,65	0,81
12,00	0,43	0,64	0,85
12,25	0,42	0,61	0,77
12,50	0,41	0,48	0,61

5 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 200$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	0,06	0,40	0,54
0,25	0,10	0,44	0,44
0,50	0,22	0,46	0,44
0,75	0,25	0,50	0,72
1,00	0,34	0,53	0,74
1,50	0,29	0,49	0,75
2,19	0,08	0,35	0,66
2,88	0,05	0,17	0,59
3,56	0,04	0,06	0,55
4,25	0,05	0,06	0,55
4,94	0,05	0,17	0,57
5,63	0,25	0,34	0,62
6,31	0,28	0,52	0,72
7,00	0,41	0,66	0,71
7,50	0,38	0,70	0,79
8,20	0,34	0,59	0,75
8,90	0,38	0,47	0,66
9,60	0,26	0,42	0,63
10,30	0,03	0,46	0,66
11,00	0,09	0,54	0,65
11,50	0,07	0,55	0,71
11,75	0,06	0,52	0,46
12,00	0,05	0,49	0,55
12,25	0,04	0,46	0,50
12,50	0,05	0,43	0,61

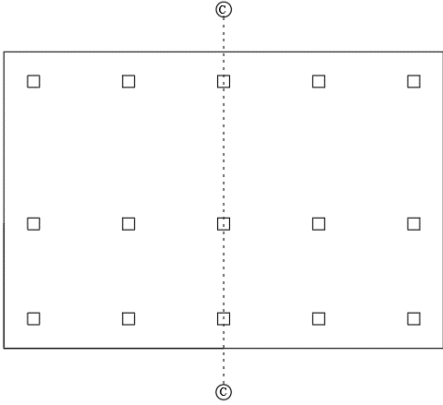
8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($c_u = 50$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	0,71	0,82	1,40
0,25	0,67	0,98	1,27
0,50	0,72	1,00	1,27
0,75	0,73	1,05	1,48
1,00	0,79	1,07	1,17
1,50	0,88	1,18	1,43
2,19	0,68	0,97	1,20
2,88	0,76	0,89	1,00
3,56	1,11	0,90	0,95
4,25	1,24	0,89	0,97
4,94	1,19	0,95	1,02
5,63	0,88	0,95	1,08
6,31	0,72	0,97	1,12
7,00	1,09	1,30	1,28
7,50	1,02	1,25	1,45
8,20	0,94	0,99	1,18
8,90	1,35	1,19	0,93
9,60	1,31	1,04	0,98
10,30	1,11	1,02	0,90
11,00	0,63	0,95	1,20
11,50	0,69	1,01	0,98
11,75	0,74	0,94	1,41
12,00	0,66	0,94	1,36
12,25	0,60	0,90	1,11
12,50	0,64	0,89	1,22

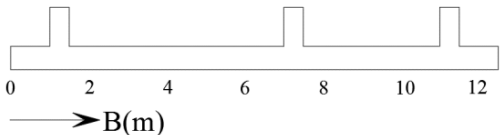
8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 100$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	0,51	0,72	1,08
0,25	0,52	0,86	1,13
0,50	0,55	0,85	0,99
0,75	0,57	0,84	1,07
1,00	0,65	0,84	1,12
1,50	0,60	0,84	0,94
2,19	0,50	0,80	1,02
2,88	0,48	0,72	0,98
3,56	0,62	0,65	0,96
4,25	0,90	0,66	0,98
4,94	0,63	0,71	0,98
5,63	0,55	0,78	1,03
6,31	0,60	0,93	1,11
7,00	0,77	1,12	1,20
7,50	0,74	1,11	1,27
8,20	0,63	0,95	1,10
8,90	0,62	0,84	1,01
9,60	0,66	0,74	0,99
10,30	0,59	0,81	0,98
11,00	0,59	0,84	0,89
11,50	0,61	0,83	1,20
11,75	0,53	0,79	0,93
12,00	0,51	0,78	0,98
12,25	0,49	0,75	0,95
12,50	0,48	0,71	1,22

8 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 200$ kPa)			
B(m)	40	60	80
0,00	0,29	0,46	0,49
0,25	0,30	0,49	0,43
0,50	0,33	0,50	0,62
0,75	0,35	0,55	0,57
1,00	0,40	0,56	0,68
1,50	0,36	0,55	0,81
2,19	0,31	0,45	0,74
2,88	0,29	0,56	0,70
3,56	0,31	0,57	0,61
4,25	0,33	0,56	0,74
4,94	0,35	0,63	0,72
5,63	0,30	0,52	0,58
6,31	0,30	0,52	0,72
7,00	0,41	0,65	0,77
7,50	0,39	0,65	0,88
8,20	0,38	0,55	0,62
8,90	0,47	0,55	0,76
9,60	0,48	0,63	0,77
10,30	0,39	0,53	0,83
11,00	0,32	0,51	0,86
11,50	0,34	0,52	0,60
11,75	0,33	0,52	0,57
12,00	0,29	0,49	0,64
12,25	0,29	0,48	0,60
12,50	0,30	0,48	0,62

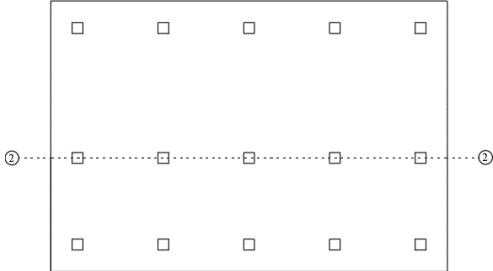
15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişimleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 100$ kPa)			
B(m)	60	80	100
0,00	0,83	1,00	1,33
0,25	0,73	0,93	1,13
0,50	0,79	0,98	1,22
0,75	0,92	0,97	1,12
1,00	0,83	1,11	1,22
1,50	0,92	1,14	1,31
2,19	0,72	0,86	1,00
2,88	0,70	0,80	0,89
3,56	0,78	0,79	0,84
4,25	0,77	0,78	0,83
4,94	0,83	0,83	0,89
5,63	0,79	0,84	0,95
6,31	0,87	0,93	1,05
7,00	1,17	1,27	1,47
7,50	1,14	1,20	1,44
8,20	0,93	0,90	1,06
8,90	0,89	0,94	0,89
9,60	0,94	0,99	0,95
10,30	0,93	0,91	1,13
11,00	0,72	0,99	1,22
11,50	0,82	1,01	1,27
11,75	0,77	0,95	1,23
12,00	0,71	0,86	1,26
12,25	0,67	0,89	1,23
12,50	0,73	0,93	1,23

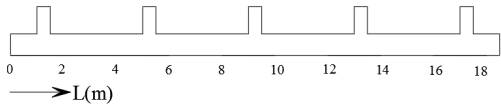
15 Katlı Model C-C Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişimleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 200$ kPa)			
B(m)	60	80	100
0,00	0,63	0,90	0,92
0,25	0,63	0,86	0,94
0,50	0,61	0,90	0,90
0,75	0,62	0,88	0,89
1,00	0,82	0,87	0,85
1,50	0,72	0,93	0,86
2,19	0,63	0,88	0,71
2,88	0,59	0,86	0,64
3,56	0,68	0,89	0,62
4,25	0,71	0,88	0,62
4,94	0,75	0,94	0,67
5,63	0,65	0,86	0,77
6,31	0,51	0,60	0,74
7,00	0,86	0,91	0,96
7,50	0,81	0,75	0,93
8,20	0,68	0,96	0,76
8,90	0,85	0,98	0,80
9,60	0,81	0,95	0,73
10,30	0,72	0,95	0,76
11,00	0,71	0,95	0,89
11,50	0,72	0,95	0,78
11,75	0,64	0,92	0,77
12,00	0,63	0,88	0,79
12,25	0,61	0,88	0,82
12,50	0,59	0,87	0,80





5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 50$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	0,55	0,81	1,02
0,25	0,54	0,76	0,94
0,50	0,58	0,78	1,05
0,75	0,62	0,80	0,91
1,00	0,64	0,85	0,90
1,50	0,63	0,84	0,92
2,20	0,87	0,85	0,86
2,90	1,05	0,91	0,88
3,60	1,12	0,99	0,88
4,30	0,99	1,02	0,97
5,00	0,80	0,99	0,94
5,50	0,82	0,91	1,04
6,20	0,99	1,08	1,06
6,90	1,16	1,06	0,82
7,60	1,15	1,09	0,87
8,30	1,02	1,05	1,11
9,00	0,87	1,00	1,09
9,50	0,87	1,00	1,09
10,20	1,02	1,05	1,11
10,90	1,15	1,09	0,87
11,60	1,16	1,06	0,82
12,30	0,99	1,08	1,06
13,00	0,82	0,91	1,04
13,50	0,80	0,99	0,94
14,20	0,99	1,02	0,97
14,90	1,12	0,99	0,88
15,60	1,05	0,91	0,88
16,30	0,87	0,85	0,86
17,00	0,63	0,84	0,92
17,50	0,64	0,85	0,90
17,75	0,62	0,80	0,91
18,00	0,58	0,78	1,05
18,25	0,54	0,76	0,94
18,50	0,55	0,81	1,02



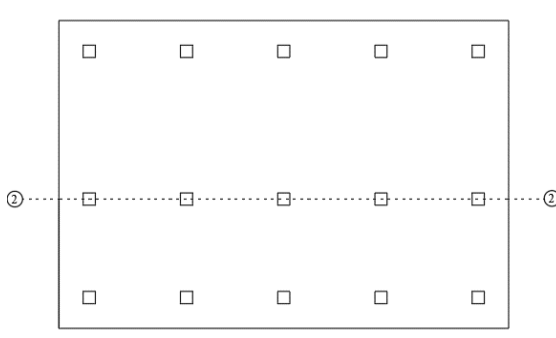


5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri (x10⁻³) (C_u = 100 kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	0,44	0,75	0,86
0,25	0,45	0,78	0,81
0,50	0,49	0,79	0,89
0,75	0,52	0,81	0,87
1,00	0,53	0,83	0,85
1,50	0,56	0,87	0,83
2,20	0,76	0,87	0,89
2,90	0,73	0,86	0,83
3,60	0,88	0,98	0,93
4,30	0,80	0,91	0,97
5,00	0,64	0,86	1,06
5,50	0,59	0,82	1,05
6,20	0,88	0,87	1,05
6,90	1,08	0,87	0,91
7,60	1,08	0,84	0,99
8,30	0,87	0,88	1,02
9,00	0,65	0,88	1,15
9,50	0,65	0,88	1,15
10,20	0,87	0,88	1,02
10,90	1,08	0,84	0,99
11,60	1,08	0,87	0,91
12,30	0,88	0,87	1,05
13,00	0,59	0,82	1,05
13,50	0,64	0,86	1,06
14,20	0,80	0,91	0,97
14,90	0,88	0,98	0,93
15,60	0,73	0,86	0,83
16,30	0,76	0,87	0,89
17,00	0,56	0,87	0,83
17,50	0,53	0,83	0,85
17,75	0,52	0,81	0,87
18,00	0,49	0,79	0,89
18,25	0,45	0,78	0,81
18,50	0,44	0,75	0,86

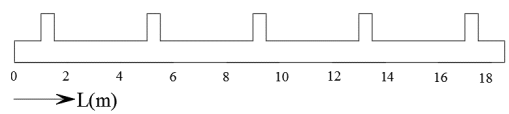
Plan view diagram showing the layout of the foundation points (squares) and a horizontal section line labeled 1-1.

Cross-section diagram showing the profile of the foundation along the section line 1-1. The horizontal axis is labeled L(m) and ranges from 0 to 18.

5 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 200$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	0,30	0,47	0,67
0,25	0,31	0,48	0,65
0,50	0,34	0,50	0,69
0,75	0,37	0,53	0,71
1,00	0,40	0,53	0,75
1,50	0,43	0,52	0,79
2,20	0,33	0,57	0,76
2,90	0,01	0,71	0,76
3,60	0,14	0,71	0,62
4,30	0,52	0,65	0,69
5,00	0,61	0,63	0,69
5,50	0,65	0,67	0,77
6,20	0,61	0,73	0,70
6,90	0,48	0,75	0,64
7,60	0,52	0,76	0,68
8,30	0,63	0,74	0,64
9,00	0,55	0,71	0,74
9,50	0,55	0,71	0,74
10,20	0,63	0,74	0,64
10,90	0,52	0,76	0,68
11,60	0,48	0,75	0,64
12,30	0,61	0,73	0,70
13,00	0,65	0,67	0,77
13,50	0,61	0,63	0,69
14,20	0,52	0,65	0,69
14,90	0,14	0,71	0,62
15,60	0,01	0,71	0,76
16,30	0,33	0,57	0,76
17,00	0,43	0,52	0,79
17,50	0,40	0,53	0,75
17,75	0,37	0,53	0,71
18,00	0,34	0,50	0,69
18,25	0,31	0,48	0,65
18,50	0,30	0,47	0,67

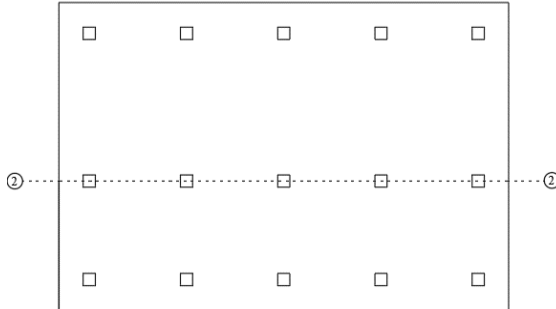
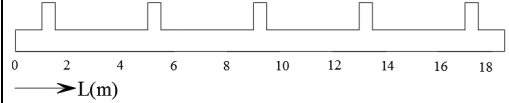


1-1

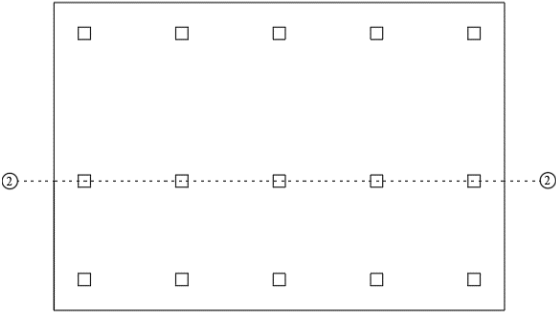


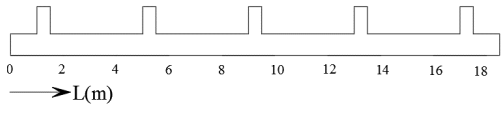
L(m)

8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişimleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 50$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	0,60	0,93	1,09
0,25	0,57	0,93	1,11
0,50	0,59	0,96	1,24
0,75	0,63	0,99	1,07
1,00	0,72	1,04	1,27
1,50	0,72	1,01	1,21
2,20	0,89	1,12	1,16
2,90	1,04	1,20	1,11
3,60	1,12	1,28	1,18
4,30	0,96	1,22	1,34
5,00	1,00	1,21	1,17
5,50	1,01	1,17	1,23
6,20	1,03	1,19	1,25
6,90	1,26	1,33	1,26
7,60	1,27	1,43	1,23
8,30	1,10	1,28	1,27
9,00	1,07	1,24	1,24
9,50	1,07	1,24	1,24
10,20	1,10	1,28	1,27
10,90	1,27	1,43	1,23
11,60	1,26	1,33	1,26
12,30	1,03	1,19	1,25
13,00	1,01	1,17	1,23
13,50	1,00	1,21	1,17
14,20	0,96	1,22	1,34
14,90	1,12	1,28	1,18
15,60	1,04	1,20	1,11
16,30	0,89	1,12	1,16
17,00	0,72	1,01	1,21
17,50	0,72	1,04	1,27
17,75	0,63	0,99	1,07
18,00	0,59	0,96	1,24
18,25	0,57	0,93	1,11
18,50	0,60	0,93	1,09

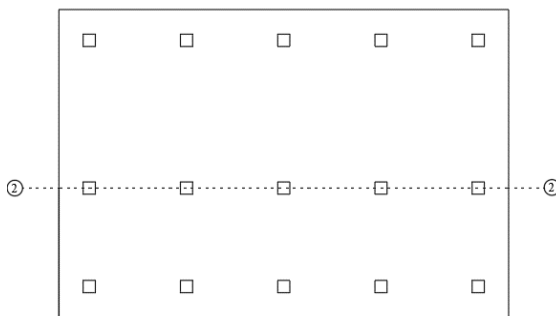
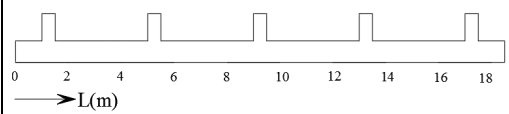
8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 100$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	0,45	0,67	0,78
0,25	0,43	0,67	0,83
0,50	0,48	0,68	0,85
0,75	0,52	0,71	0,86
1,00	0,56	0,77	0,89
1,50	0,53	0,74	0,83
2,20	0,72	0,84	0,81
2,90	0,86	0,89	0,83
3,60	0,93	0,93	0,89
4,30	0,78	0,98	0,96
5,00	0,75	0,88	0,92
5,50	0,75	0,88	1,00
6,20	0,79	1,02	1,01
6,90	0,99	1,11	0,91
7,60	0,99	1,10	1,00
8,30	0,82	1,07	1,05
9,00	0,79	0,94	0,87
9,50	0,79	0,94	0,87
10,20	0,82	1,07	1,05
10,90	0,99	1,10	1,00
11,60	0,99	1,11	0,91
12,30	0,79	1,02	1,00
13,00	0,75	0,88	1,01
13,50	0,75	0,88	0,93
14,20	0,78	0,98	0,96
14,90	0,93	0,93	0,89
15,60	0,86	0,89	0,83
16,30	0,72	0,84	0,81
17,00	0,53	0,74	0,83
17,50	0,56	0,77	0,90
17,75	0,52	0,71	0,86
18,00	0,48	0,68	0,85
18,25	0,43	0,67	0,83
18,50	0,45	0,67	0,77



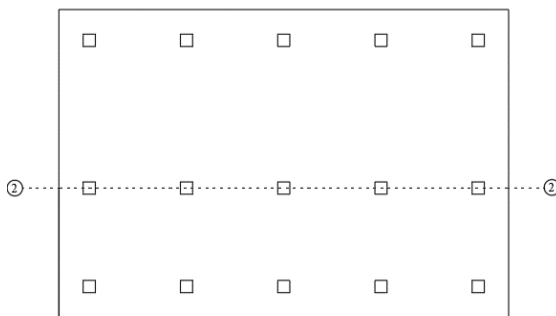
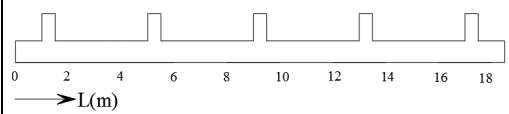


→ L(m)

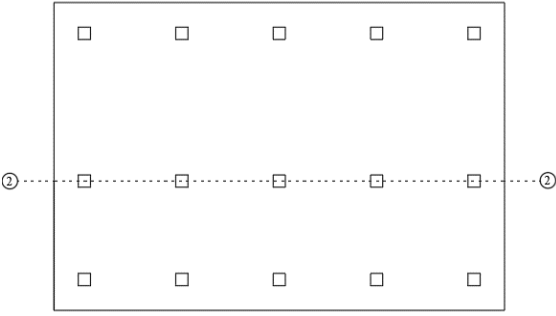
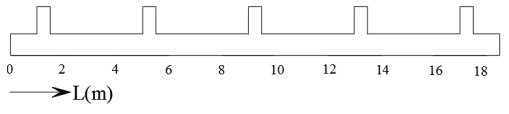
8 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişiklikleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 200$ kPa)			
L(m)	40	60	80
0,00	0,32	0,50	0,74
0,25	0,30	0,52	0,78
0,50	0,33	0,54	0,78
0,75	0,38	0,55	0,81
1,00	0,47	0,57	0,80
1,50	0,38	0,64	0,82
2,20	0,62	0,67	0,88
2,90	0,72	0,66	0,92
3,60	0,74	0,72	0,90
4,30	0,62	0,73	0,84
5,00	0,51	0,71	0,72
5,50	0,49	0,68	0,76
6,20	0,67	0,81	0,79
6,90	0,94	0,94	0,88
7,60	0,97	0,80	0,90
8,30	0,70	0,75	0,86
9,00	0,55	0,71	0,79
9,50	0,55	0,71	0,78
10,20	0,70	0,75	0,86
10,90	0,97	0,80	0,90
11,60	0,94	0,94	0,88
12,30	0,67	0,81	0,78
13,00	0,49	0,68	0,76
13,50	0,51	0,71	0,72
14,20	0,62	0,73	0,84
14,90	0,74	0,72	0,90
15,60	0,72	0,66	0,92
16,30	0,62	0,67	0,88
17,00	0,38	0,64	0,82
17,50	0,47	0,57	0,80
17,75	0,38	0,55	0,81
18,00	0,33	0,54	0,78
18,25	0,30	0,52	0,78
18,50	0,32	0,50	0,74

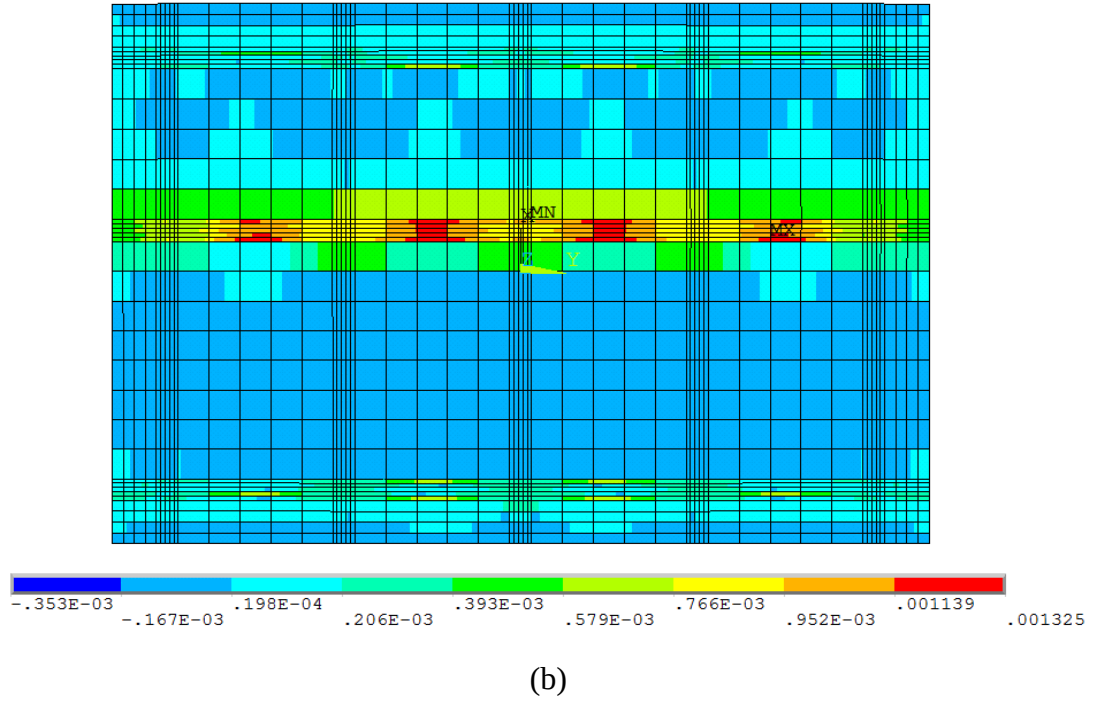
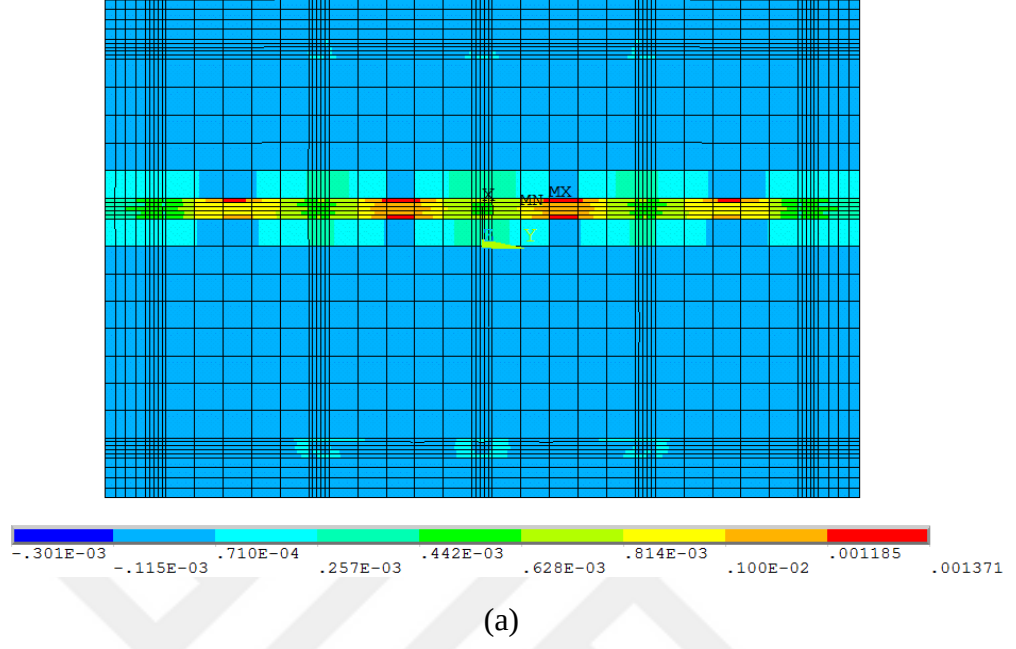
15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişimleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 100$ kPa)			
L(m)	60	80	100
0,00	0,81	1,03	1,14
0,25	0,75	0,99	1,17
0,50	0,76	0,99	1,15
0,75	0,80	1,01	1,21
1,00	0,86	1,03	1,18
1,50	0,83	0,95	1,08
2,20	1,07	1,16	1,20
2,90	1,29	1,36	1,11
3,60	1,33	1,37	1,20
4,30	1,18	1,28	1,17
5,00	1,16	1,22	1,20
5,50	1,16	1,25	1,25
6,20	1,28	1,31	1,24
6,90	1,57	1,53	1,37
7,60	1,61	1,64	1,69
8,30	1,34	1,42	1,48
9,00	1,24	1,33	1,28
9,50	1,24	1,33	1,28
10,20	1,34	1,42	1,48
10,90	1,61	1,64	1,69
11,60	1,57	1,53	1,37
12,30	1,28	1,31	1,24
13,00	1,16	1,25	1,25
13,50	1,16	1,22	1,20
14,20	1,18	1,28	1,17
14,90	1,33	1,37	1,20
15,60	1,29	1,36	1,11
16,30	1,07	1,16	1,20
17,00	0,83	0,95	1,08
17,50	0,86	1,03	1,18
17,75	0,80	1,01	1,21
18,00	0,76	0,99	1,15
18,25	0,75	0,99	1,17
18,50	0,81	1,03	1,14

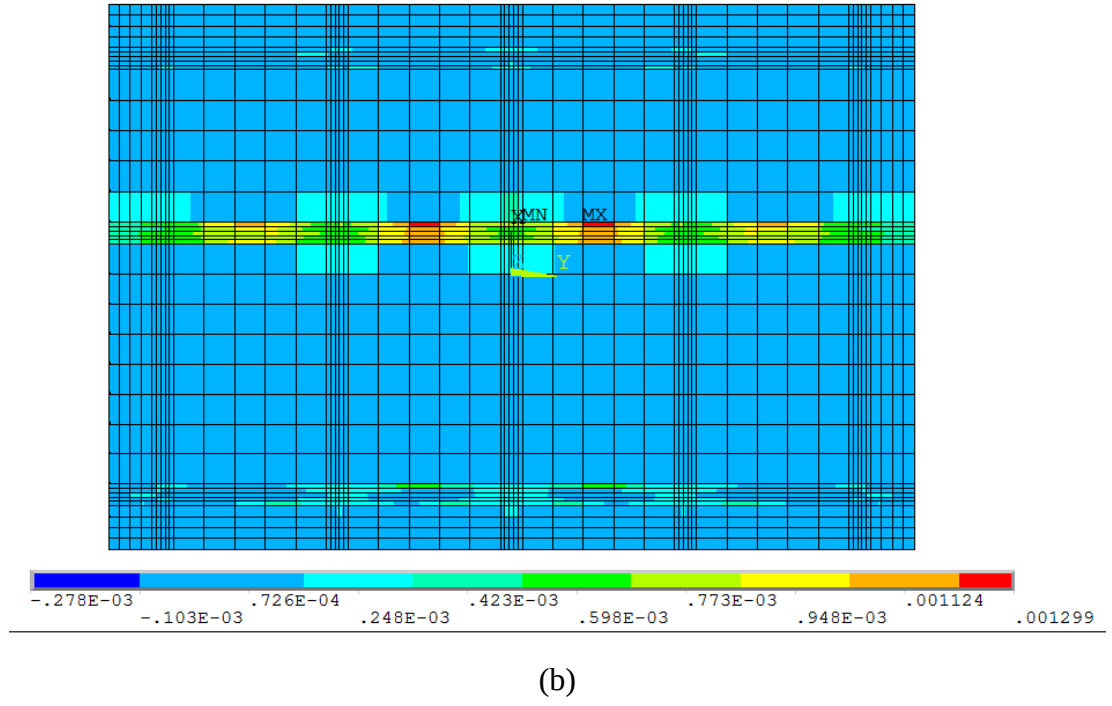
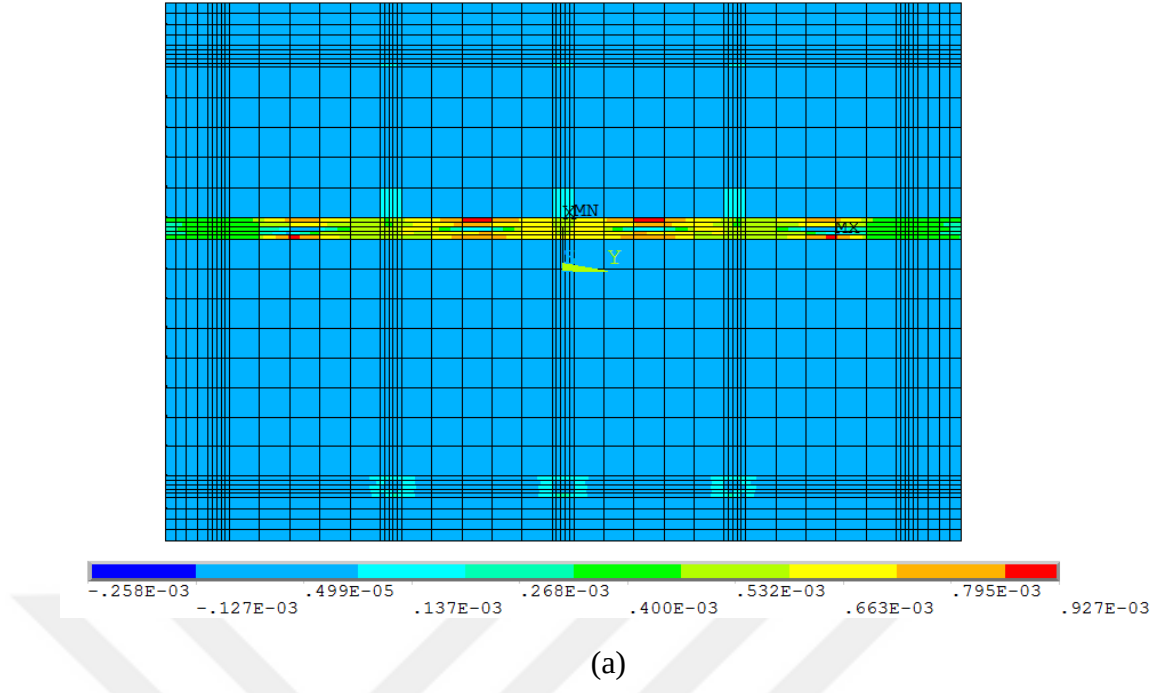
15 Katlı Model 2-2 Aksı Boyunca Radye Tabanında Oluşan Birim Şekil Değişimleri ($\times 10^{-3}$) ($C_u = 200 \text{ kPa}$)			
L(m)	60	80	100
0,00	0,58	0,70	0,80
0,25	0,55	0,72	0,90
0,50	0,58	0,73	0,88
0,75	0,60	0,72	0,88
1,00	0,67	0,77	0,87
1,50	0,64	0,73	0,85
2,20	0,80	0,88	0,87
2,90	0,86	0,97	0,92
3,60	0,92	1,01	1,03
4,30	0,86	0,99	1,03
5,00	0,88	0,97	1,00
5,50	0,86	0,94	0,88
6,20	0,95	1,00	1,02
6,90	1,17	1,16	1,09
7,60	1,11	1,11	1,08
8,30	0,99	1,07	1,03
9,00	0,91	1,02	0,98
9,50	0,91	1,02	0,98
10,20	0,99	1,07	1,03
10,90	1,11	1,11	1,08
11,60	1,17	1,16	1,09
12,30	0,95	1,00	1,02
13,00	0,86	0,94	0,88
13,50	0,88	0,97	1,00
14,20	0,86	0,99	1,03
14,90	0,92	1,01	1,03
15,60	0,86	0,97	0,92
16,30	0,80	0,88	0,87
17,00	0,64	0,73	0,85
17,50	0,67	0,77	0,87
17,75	0,60	0,72	0,88
18,00	0,58	0,73	0,88
18,25	0,55	0,72	0,90
18,50	0,58	0,70	0,80

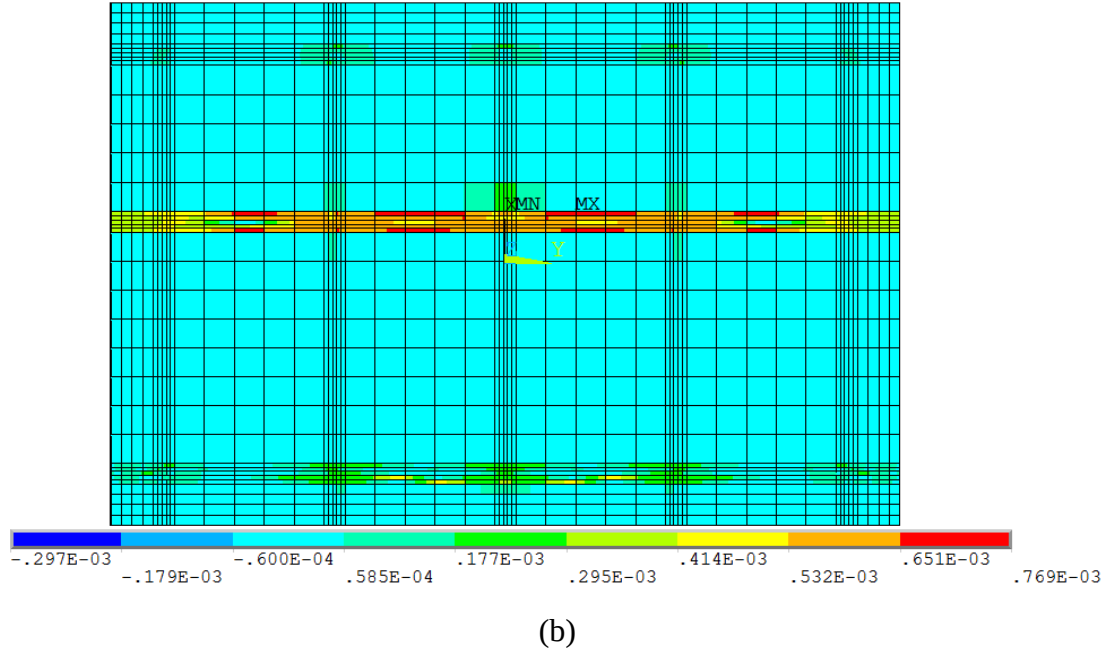
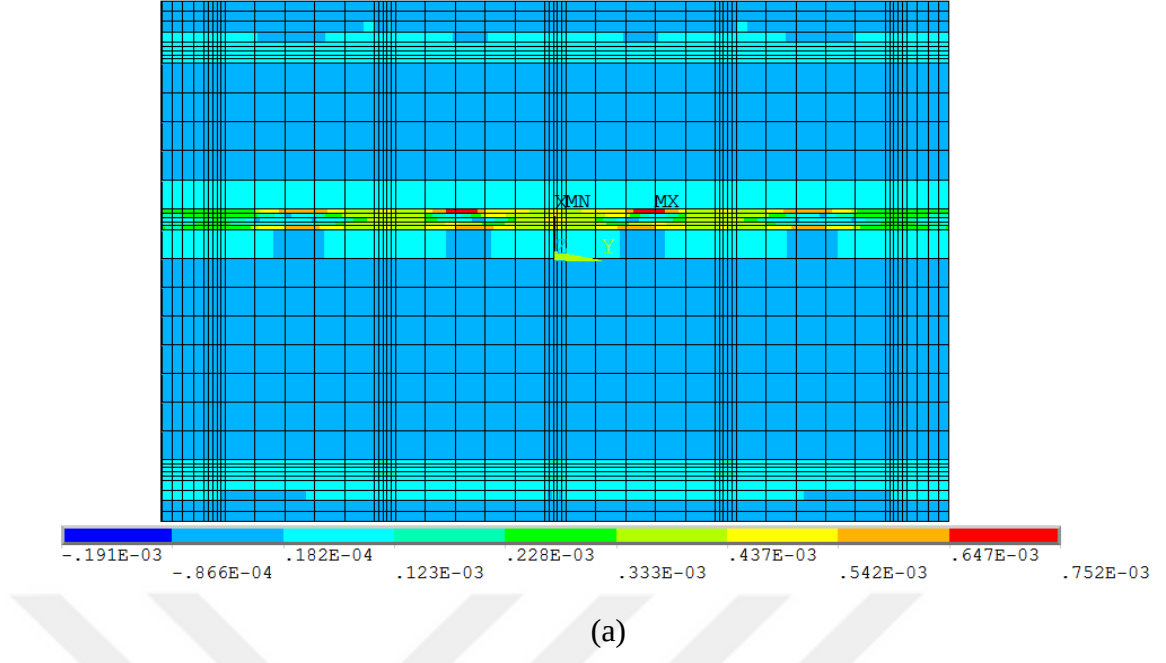
EK-9: Servis ve Nihai Yük Koşullarındaki Temelde Oluşan Birim Şekil Değişime Dağılımları



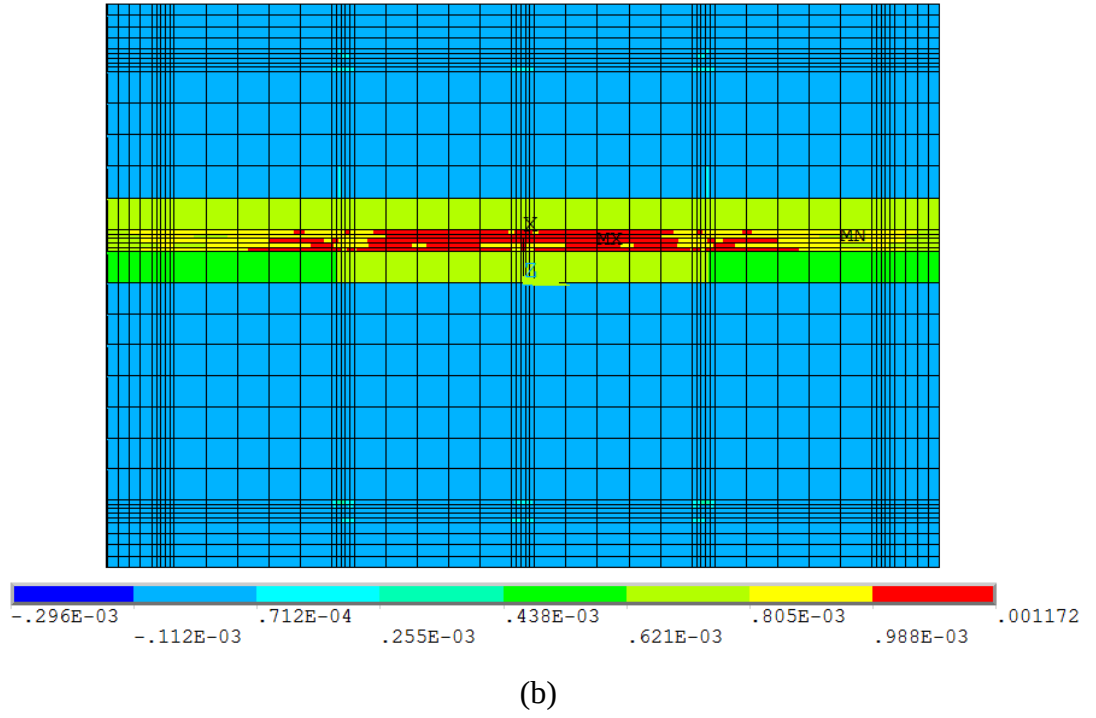
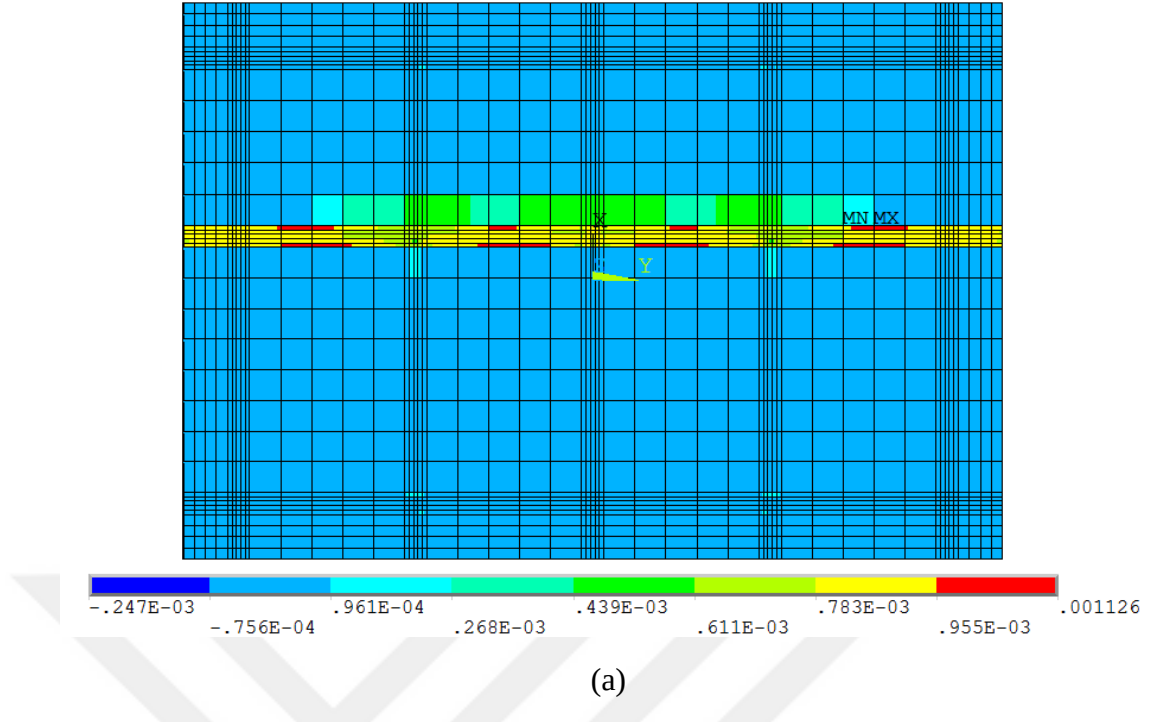
Şekil EK9.1. Model 5_40_50 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



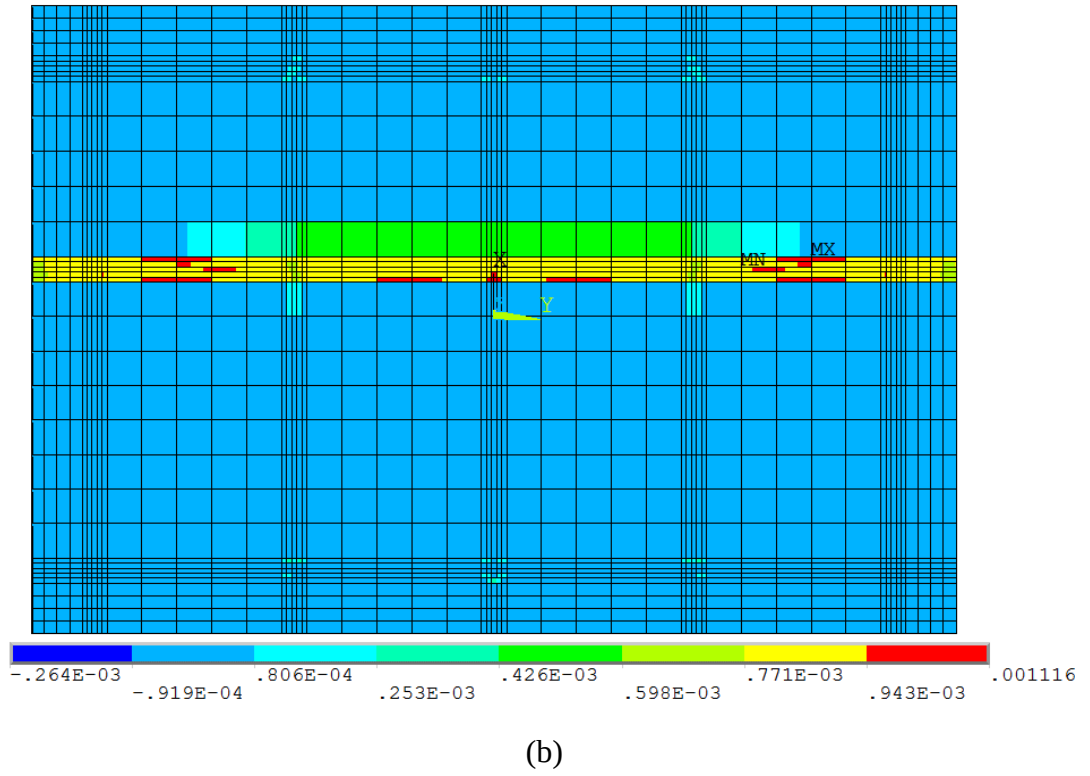
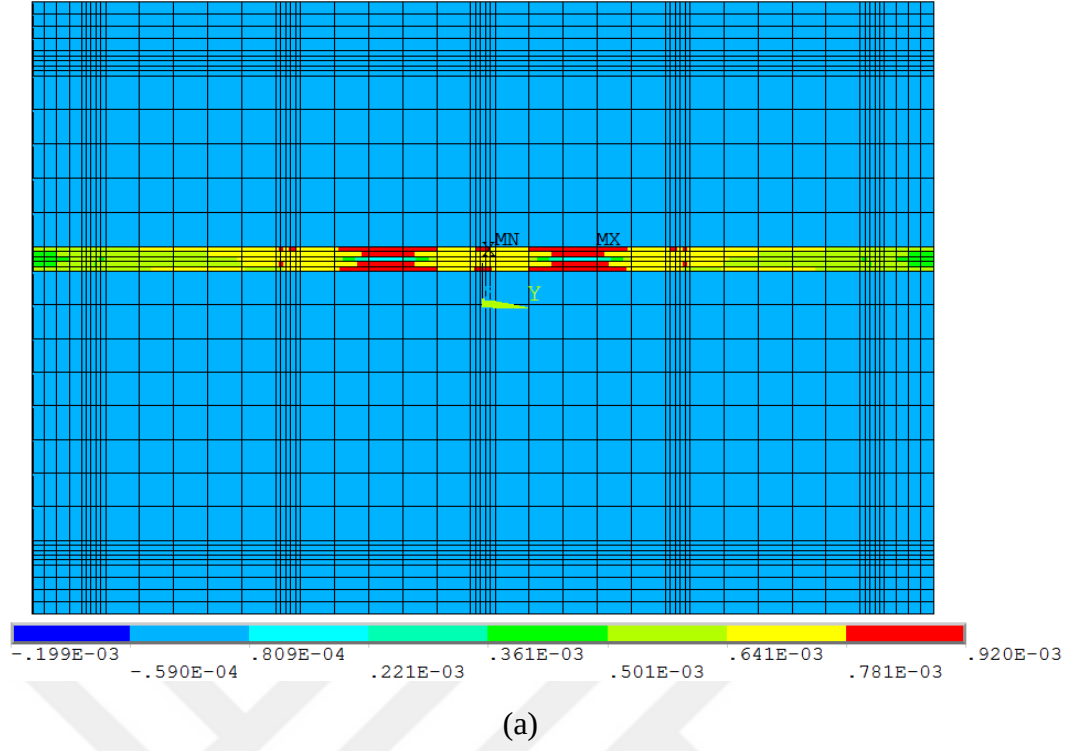
Şekil EK9.2. Model 5_40_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



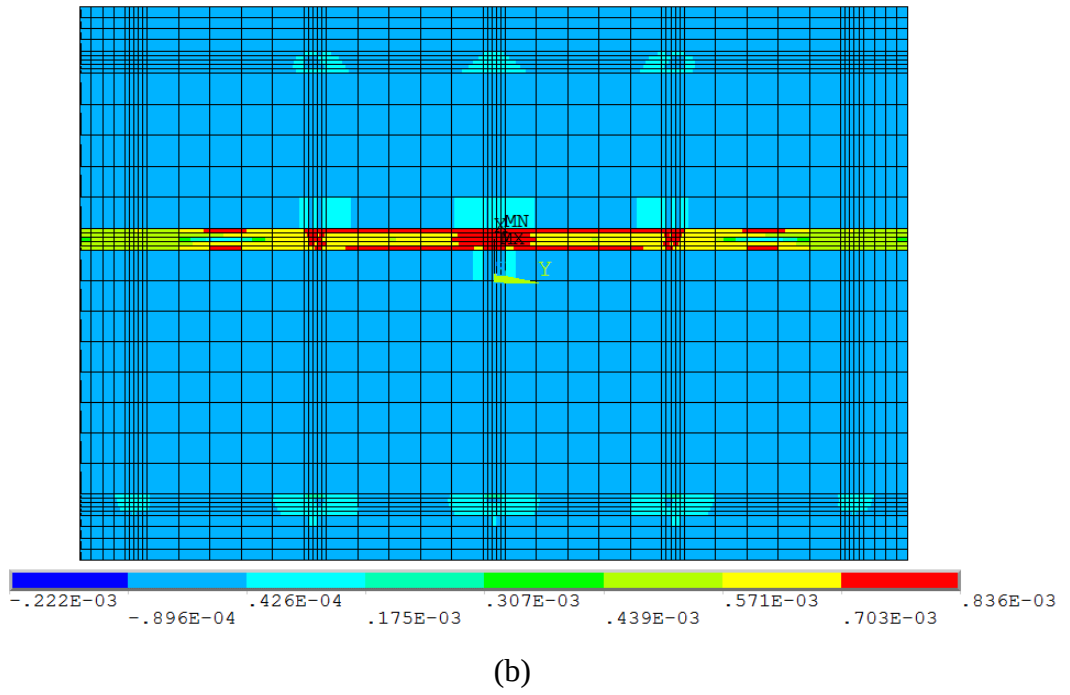
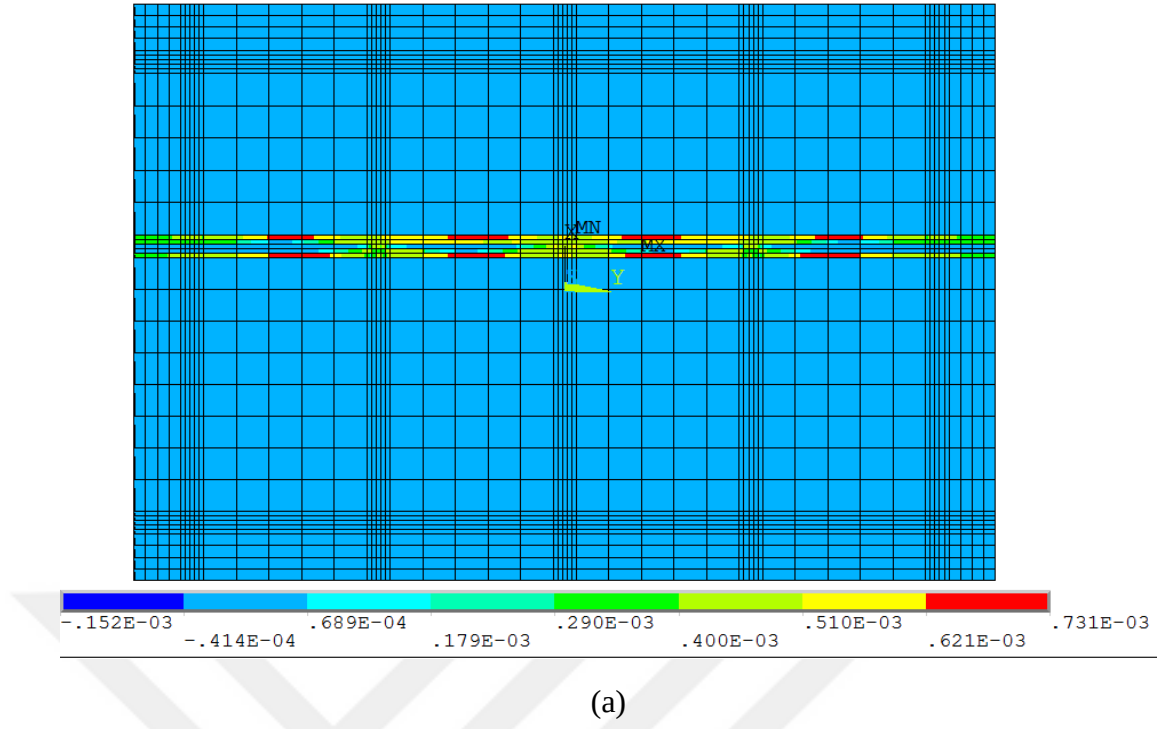
Şekil EK9.3. Model 5_40_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



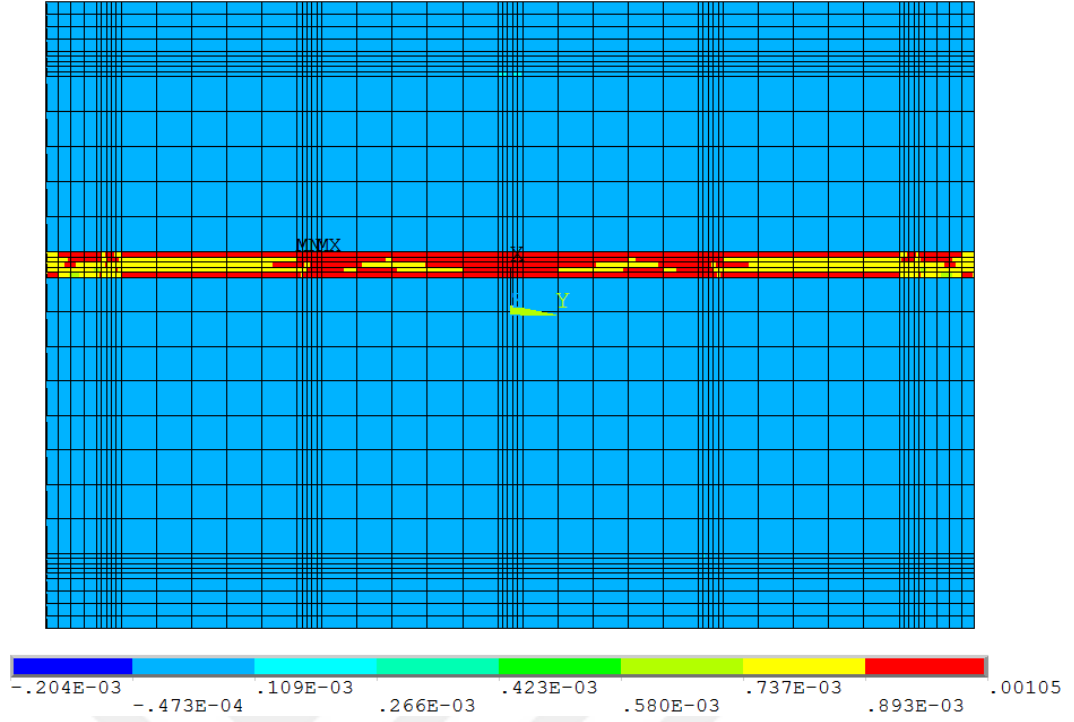
Şekil EK9.4. Model 5_60_50 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



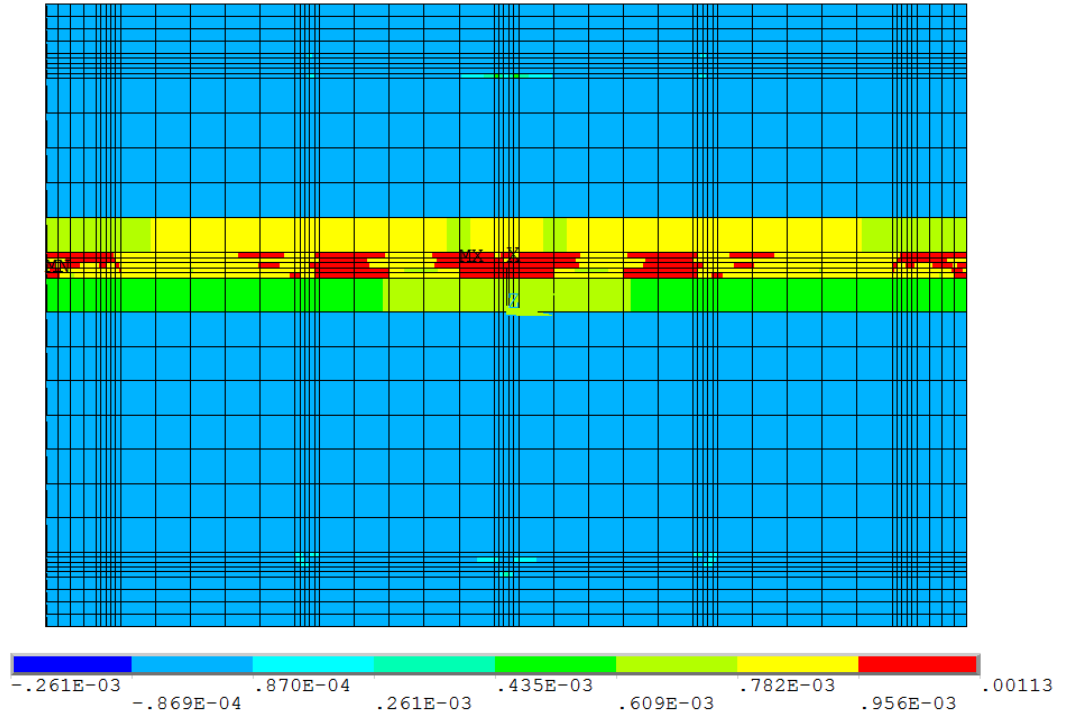
Şekil EK9.5. Model 5_60_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



Şekil EK9.6. Model 5_60_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

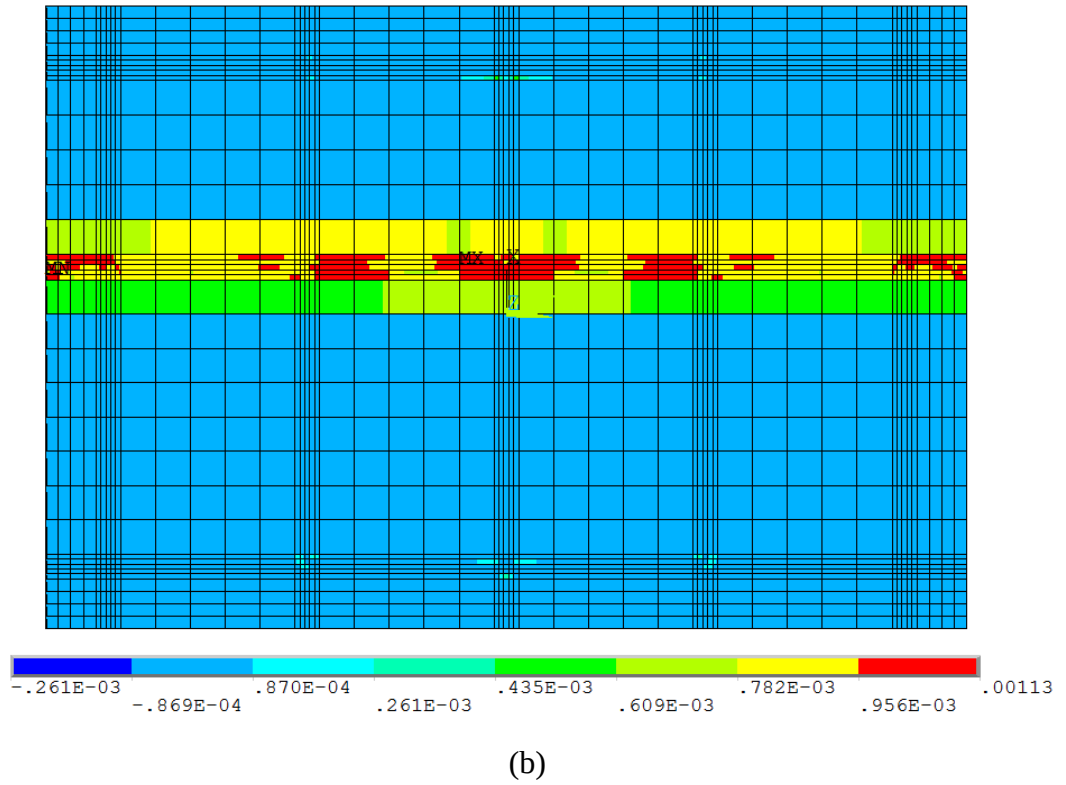
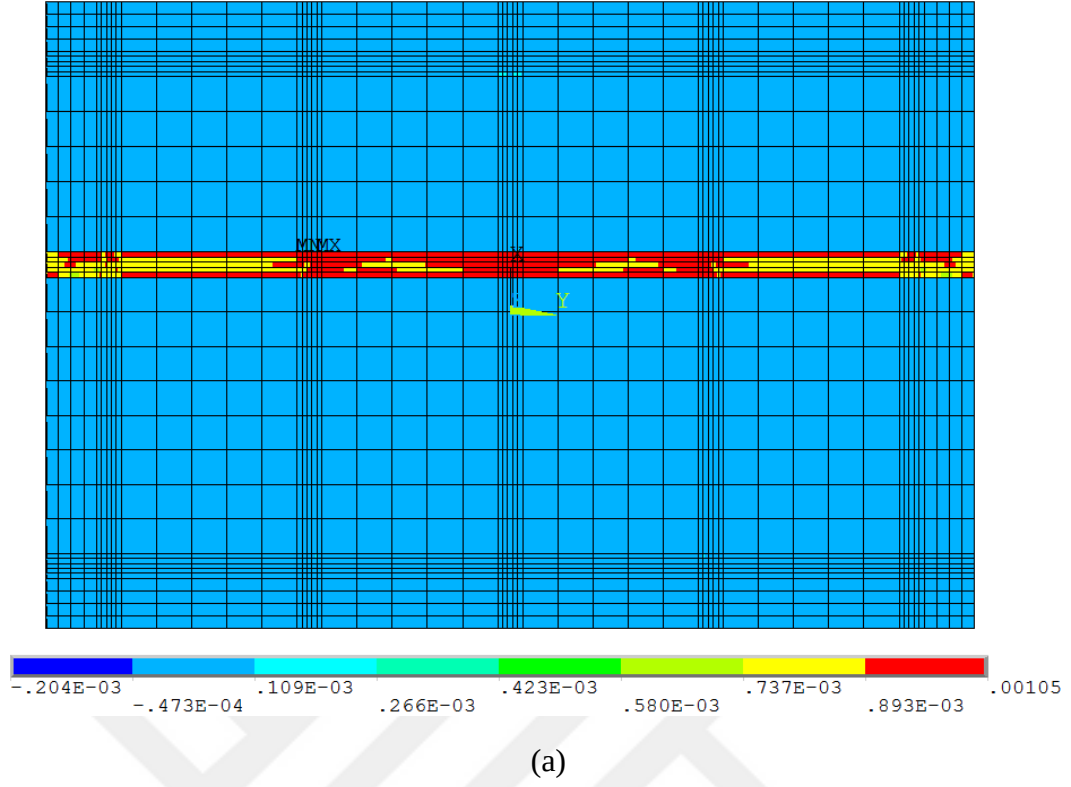


(a)

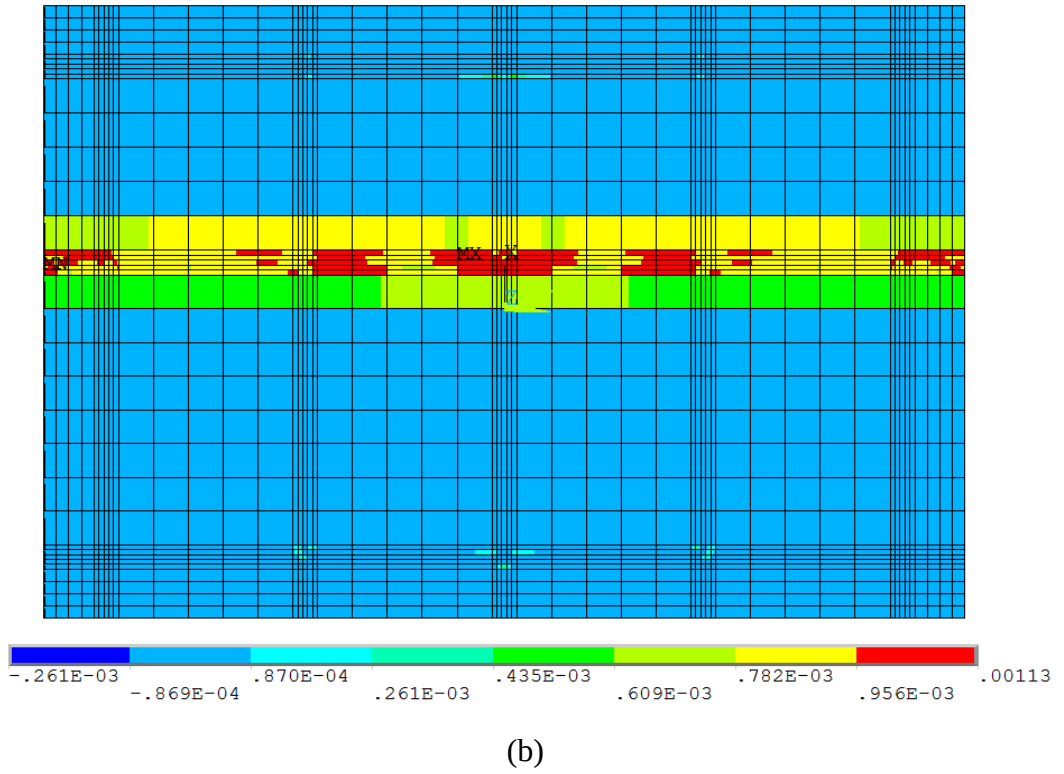
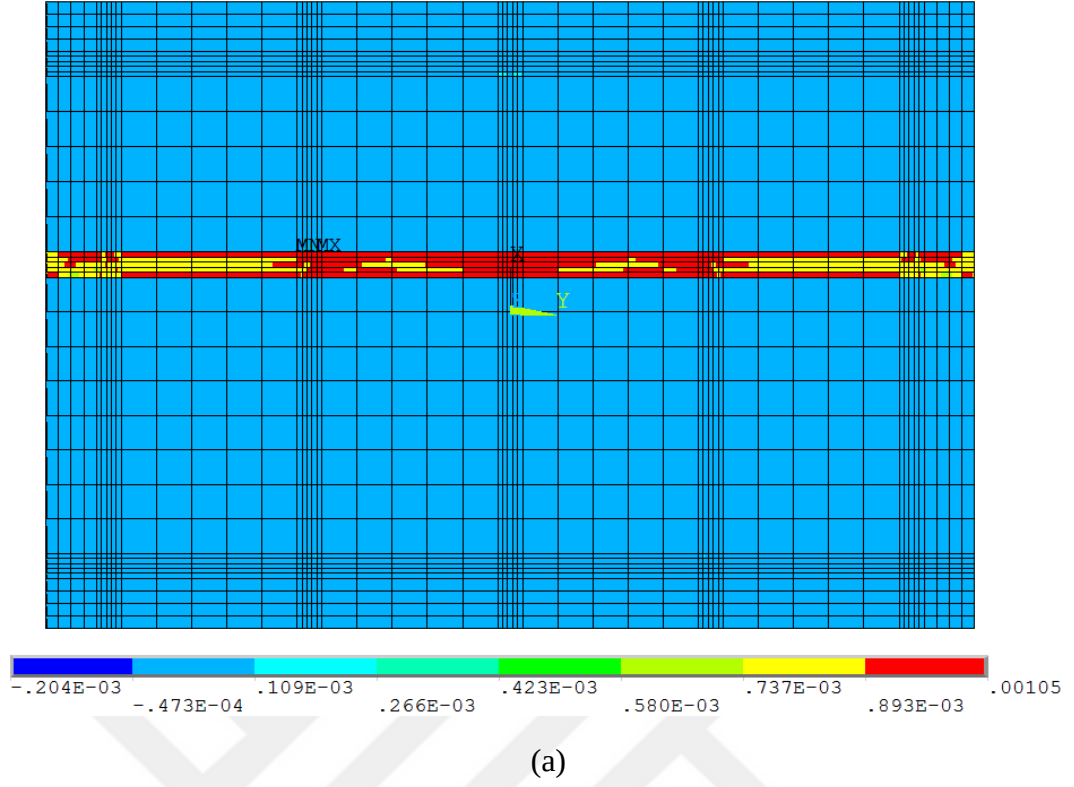


(b)

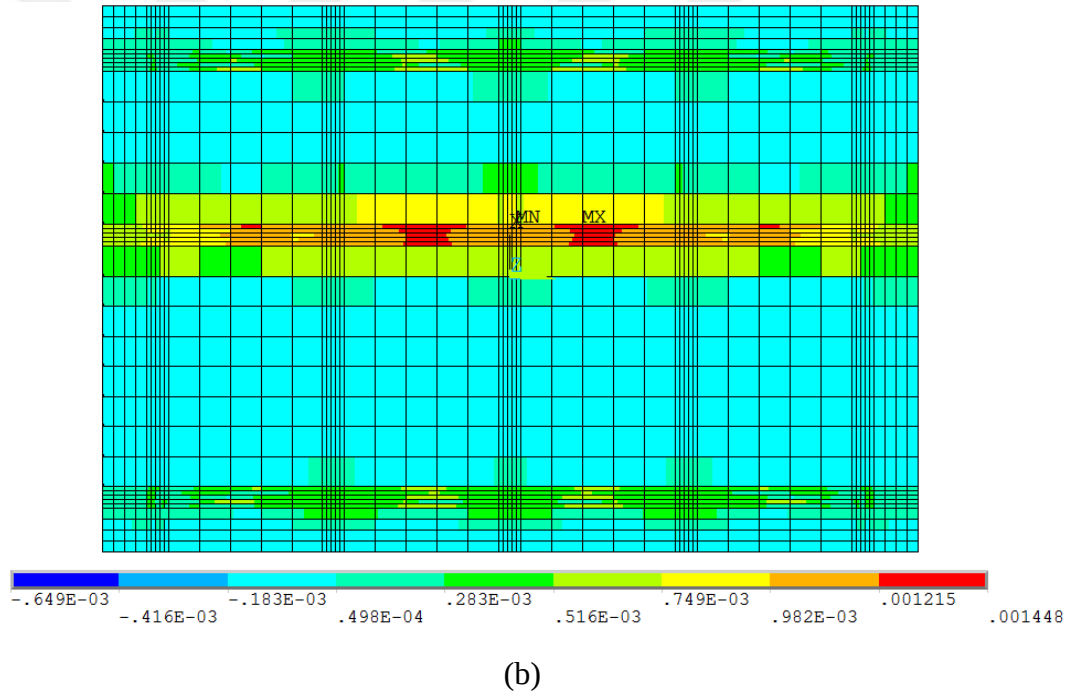
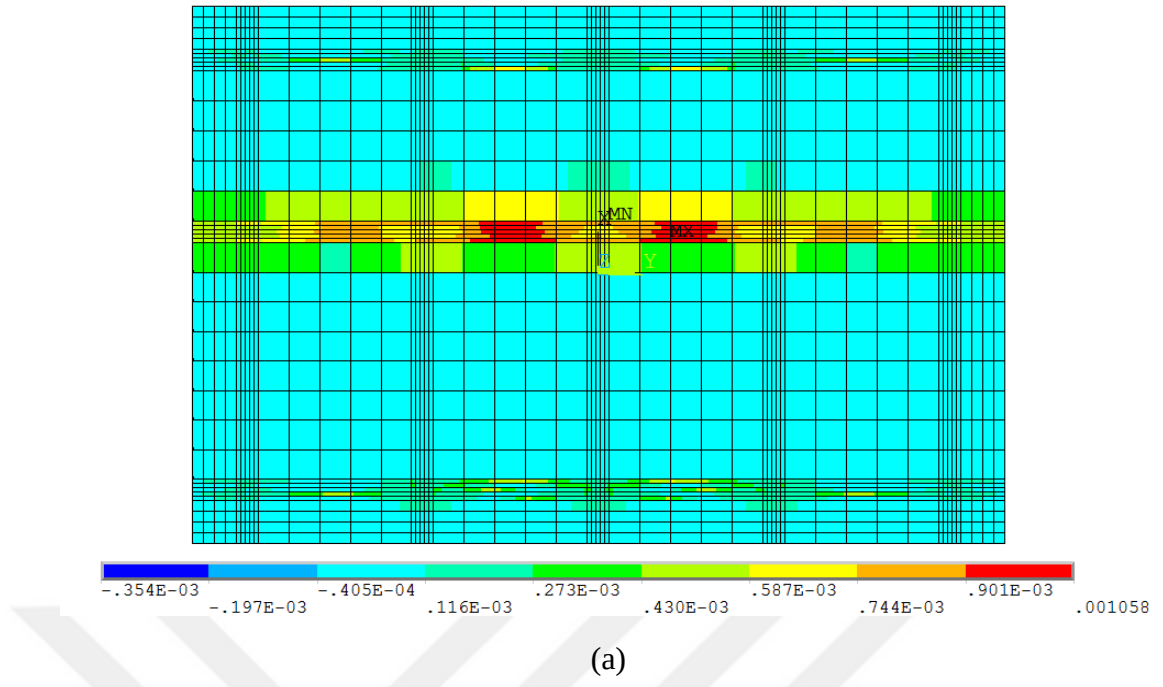
Şekil EK9.7. Model 5_80_50 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



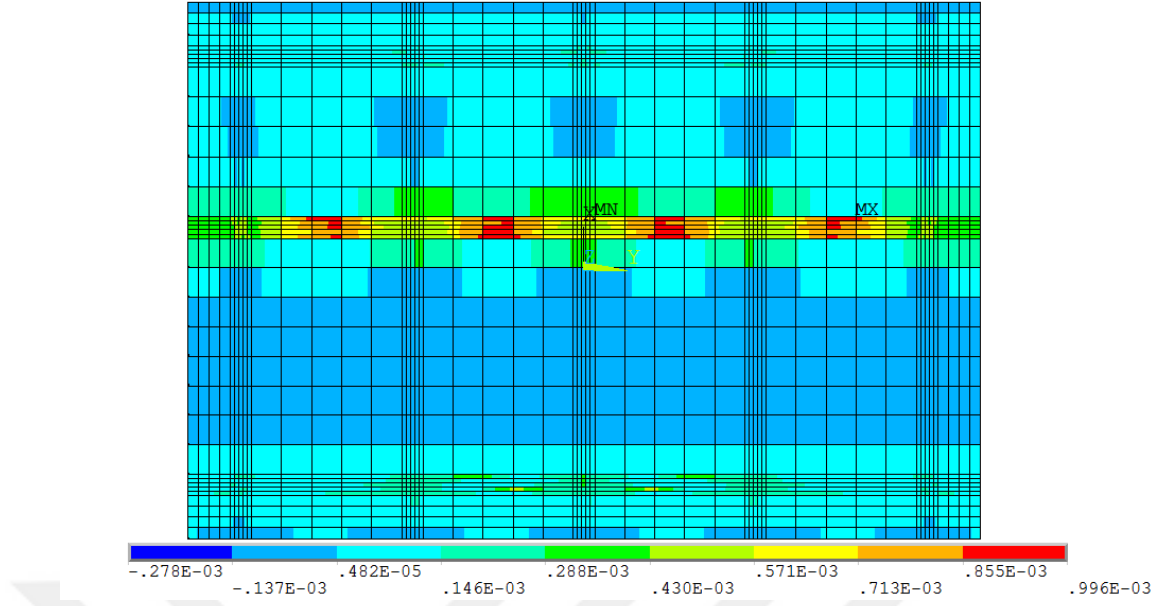
Şekil EK9.8. Model 5_80_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



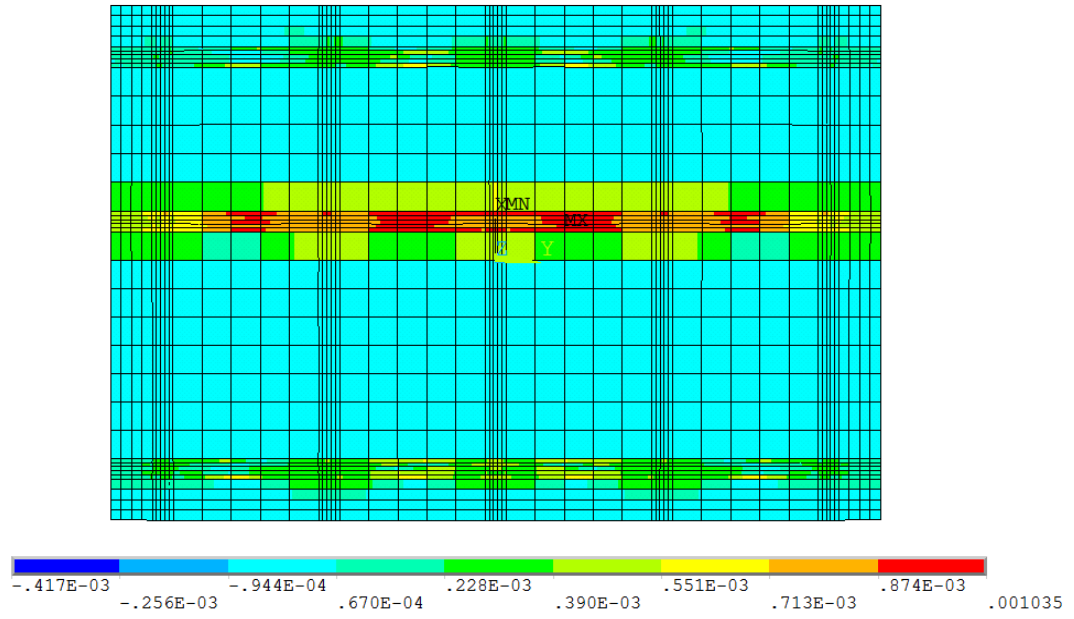
Şekil EK9.9. Model 5_80_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



Şekil EK9.10. Model 8_40_50 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

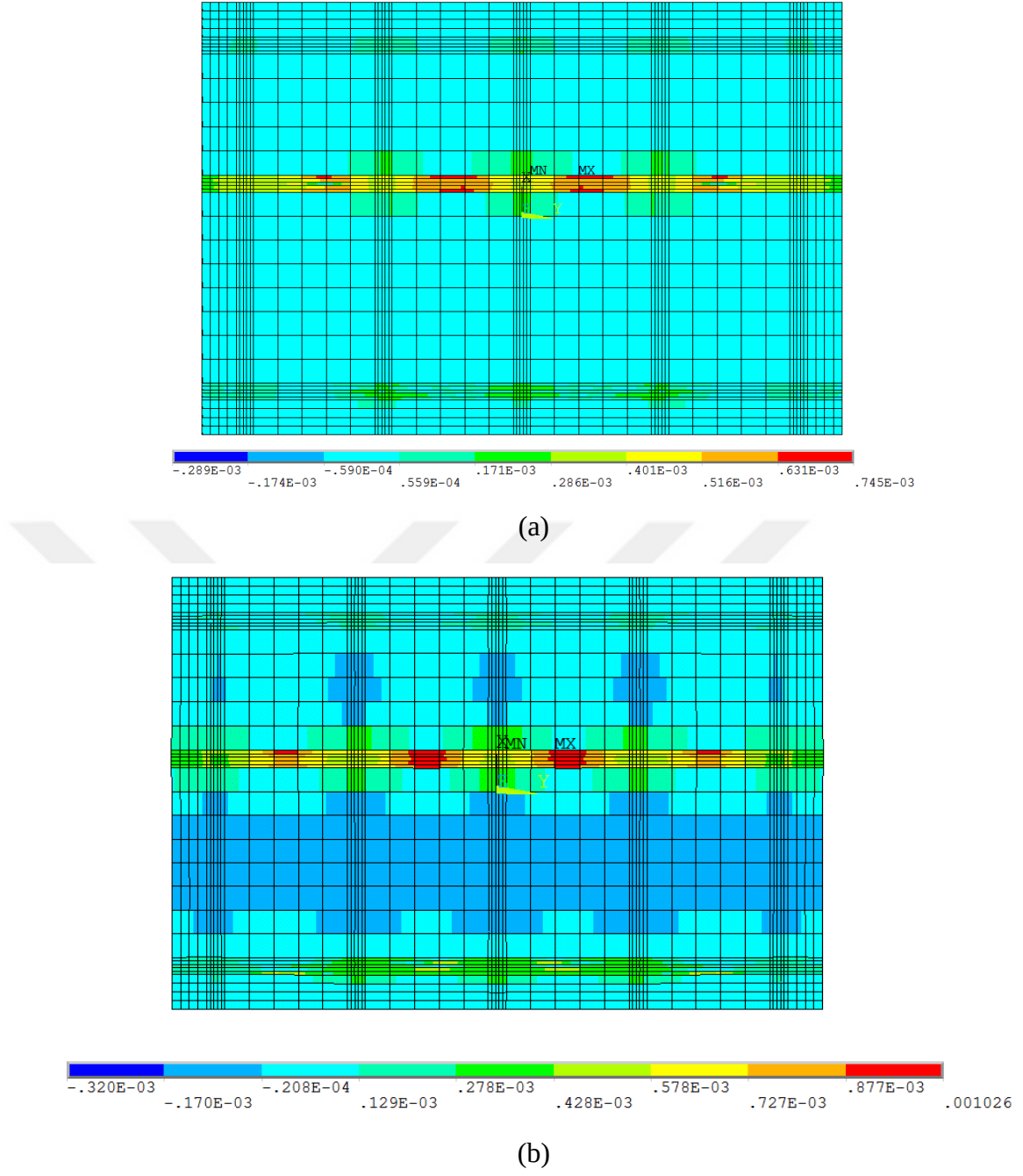


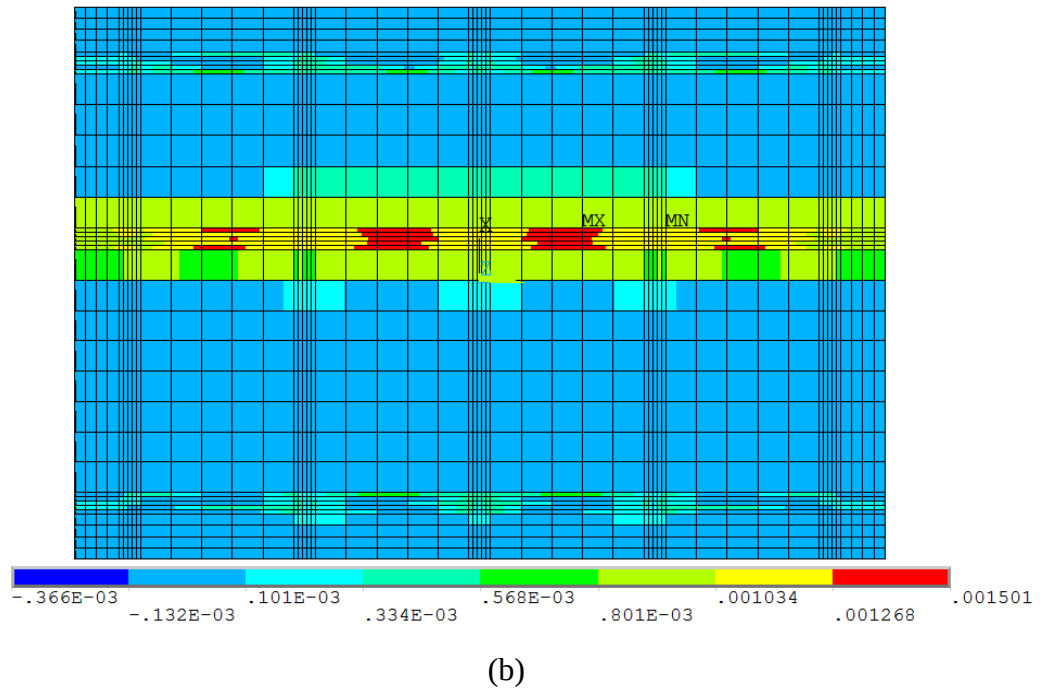
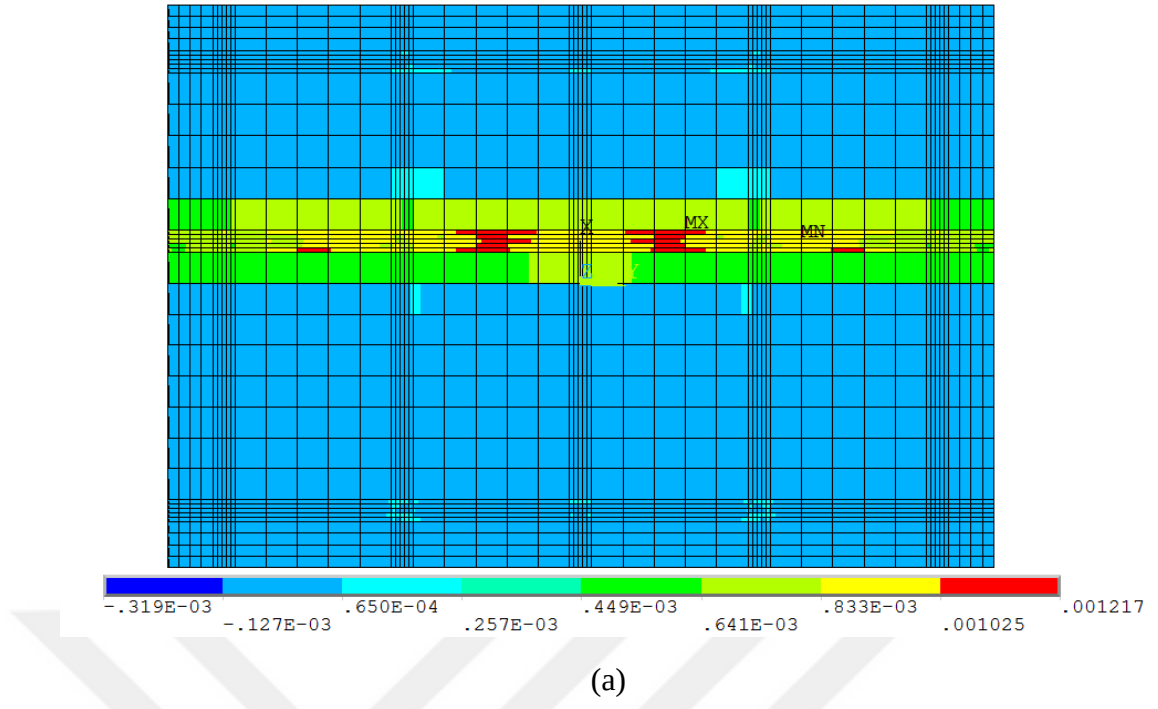
(a)



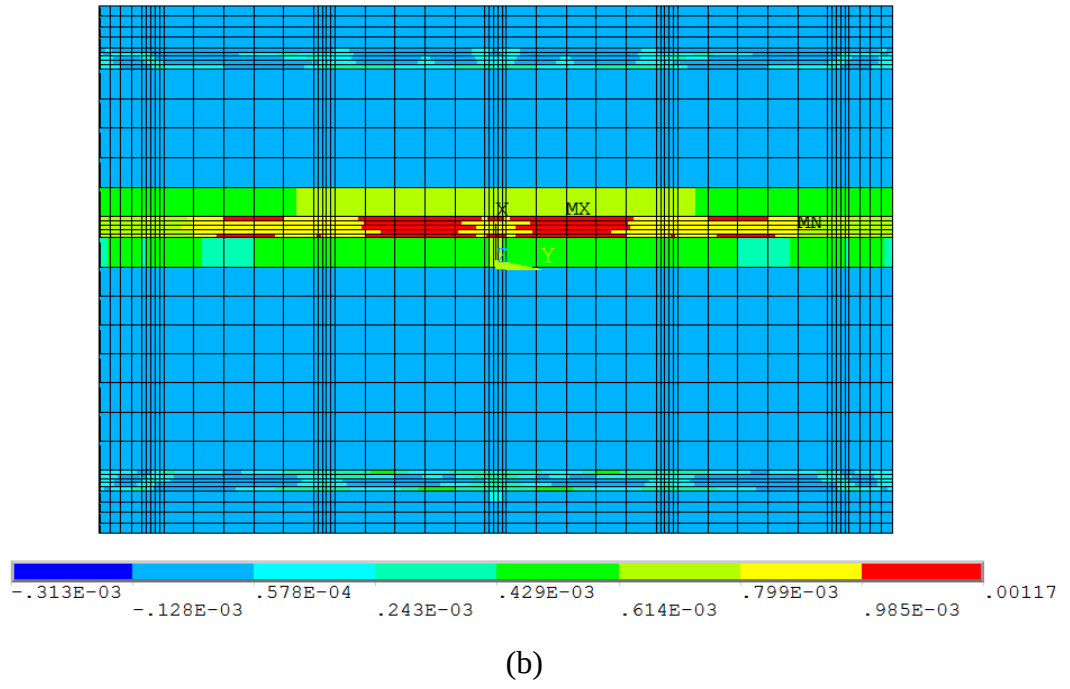
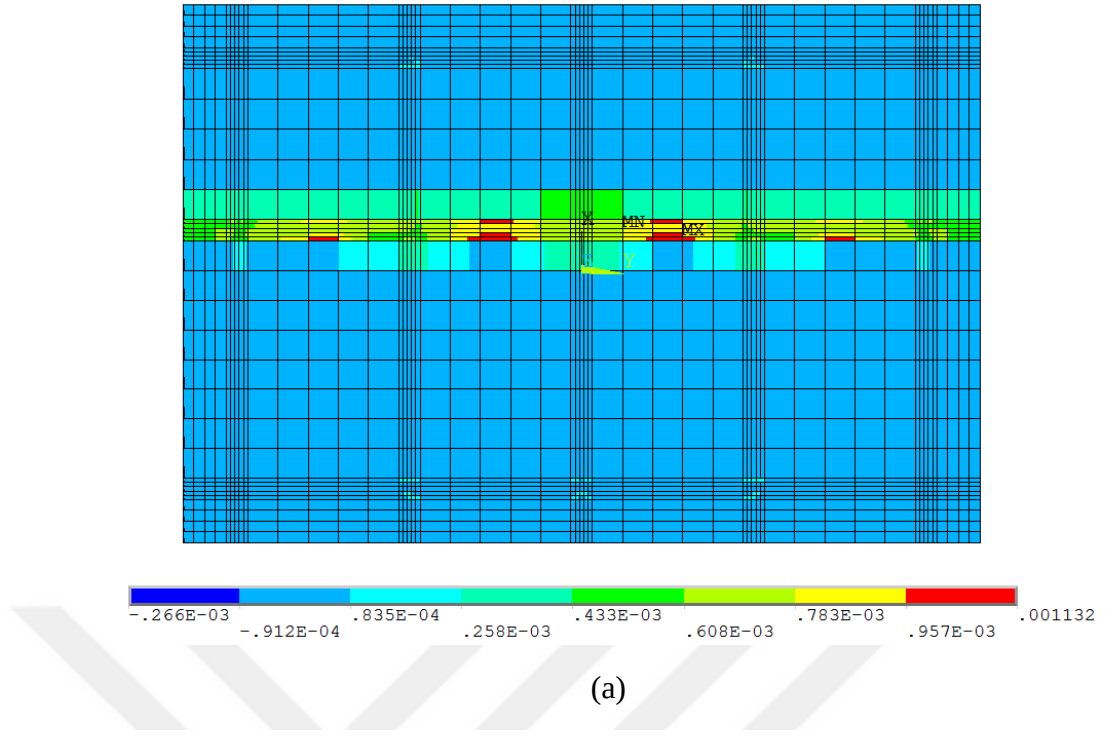
(b)

Şekil EK9.11. Model 8_40_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

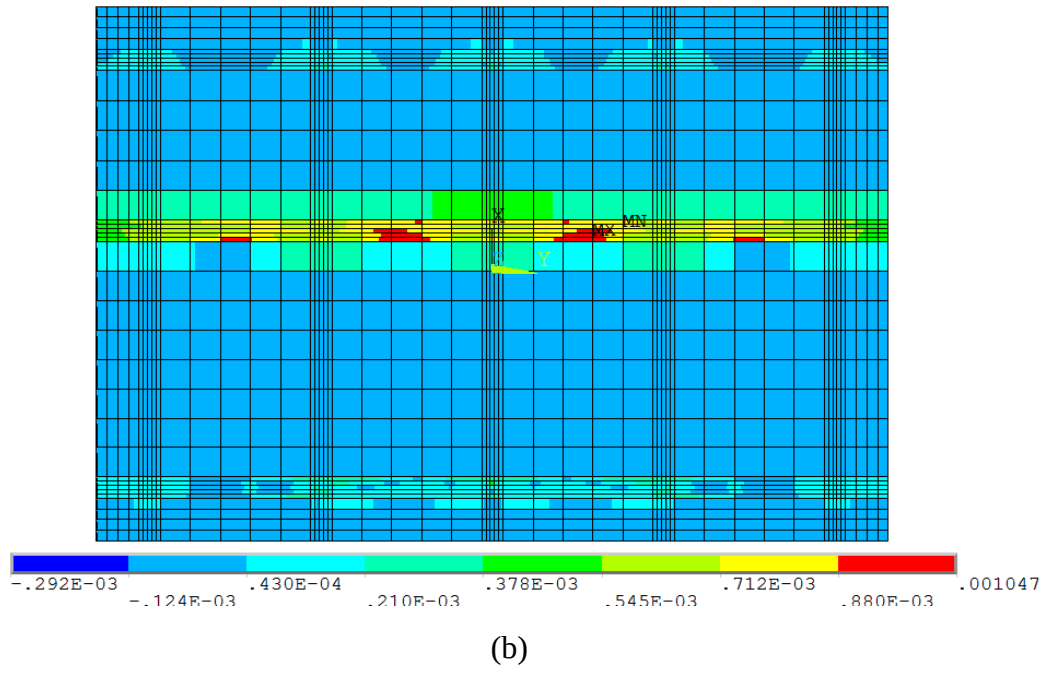
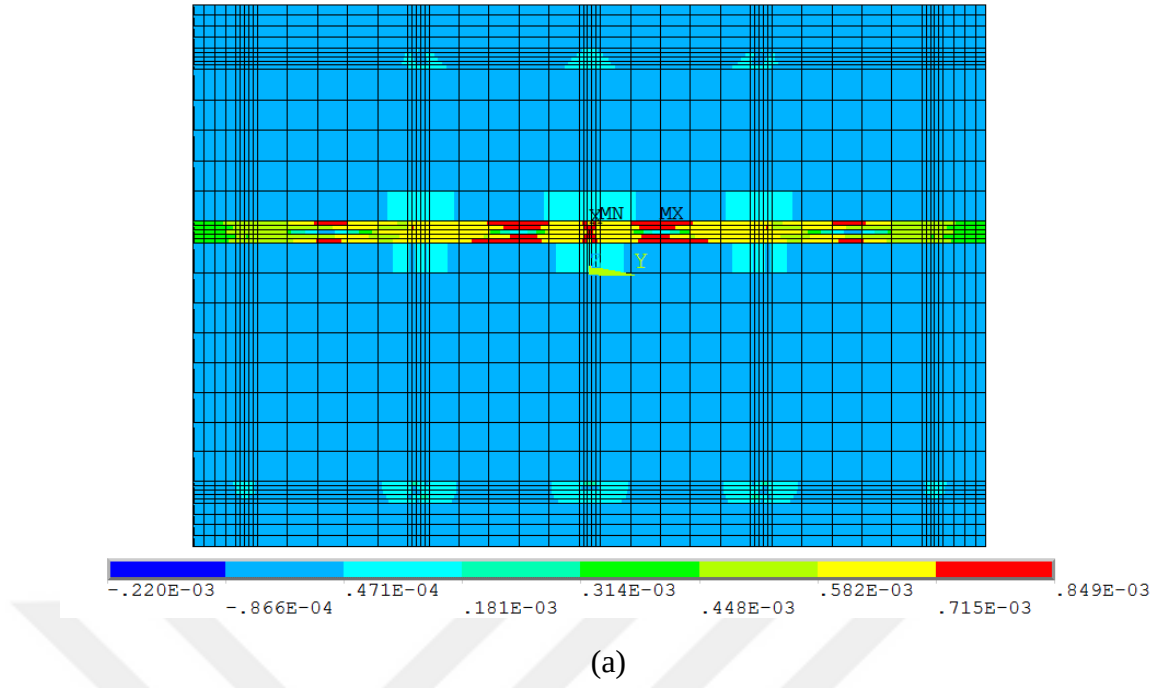




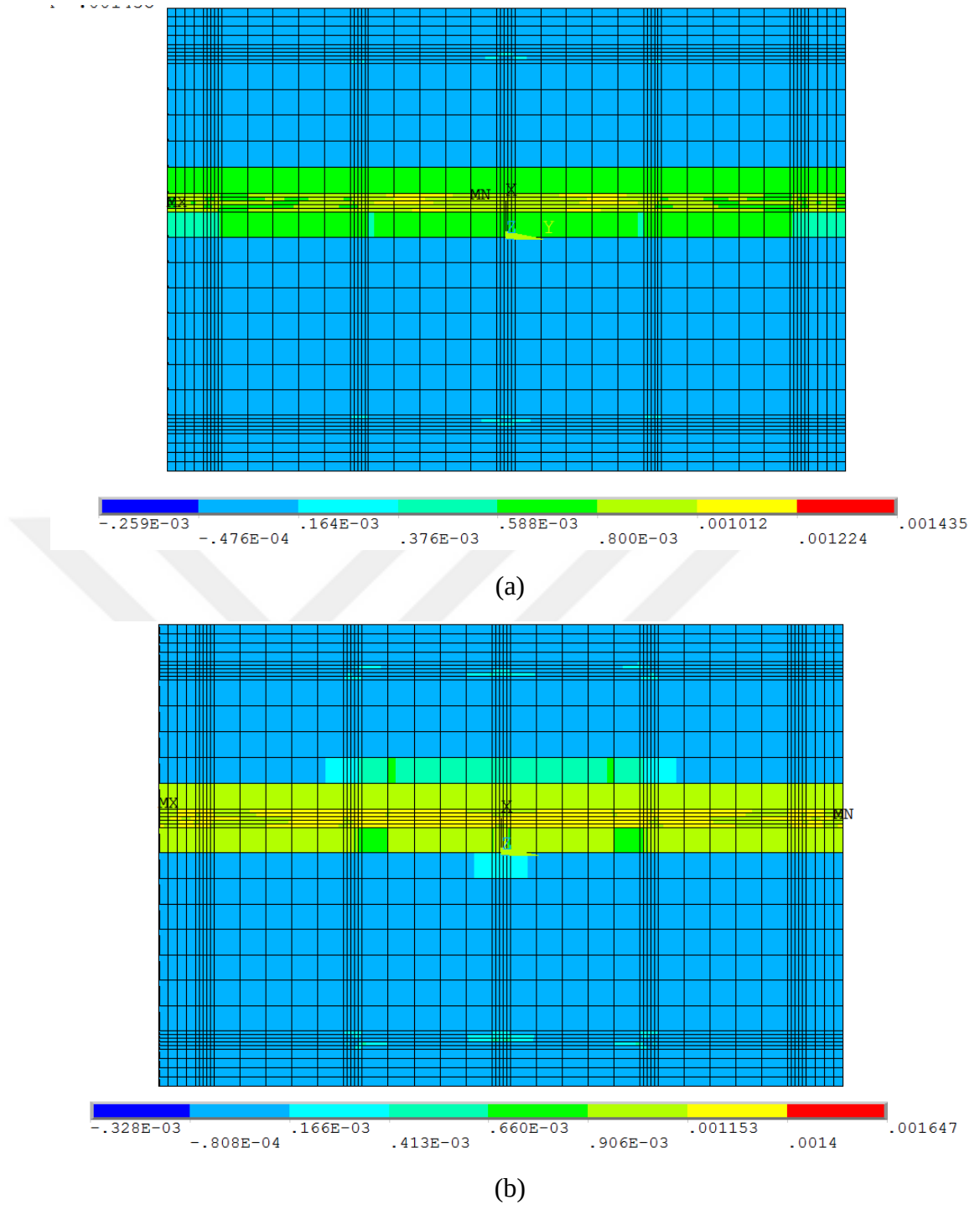
Şekil EK9.13. Model 8_60_50 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



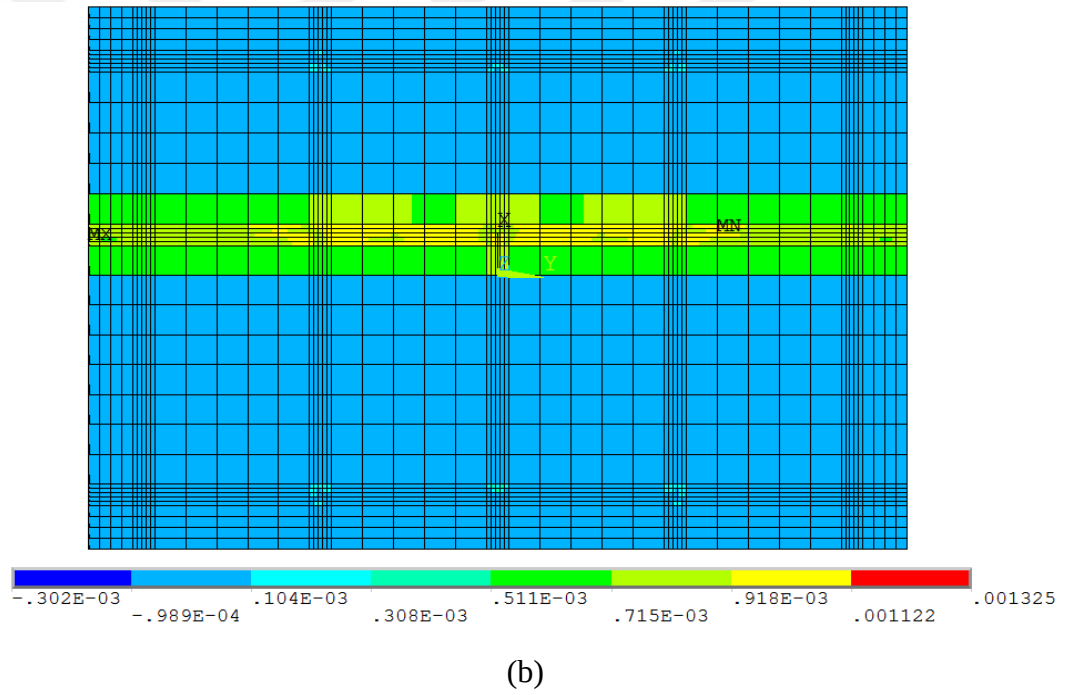
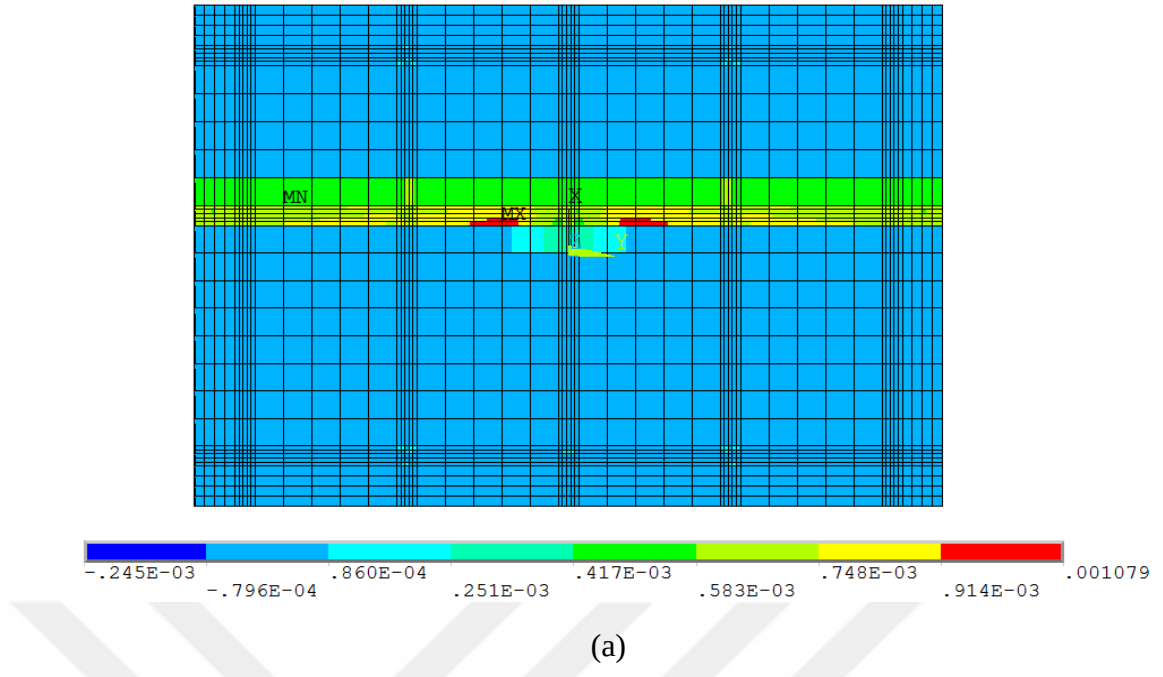
Şekil EK9.14. Model 8_60_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



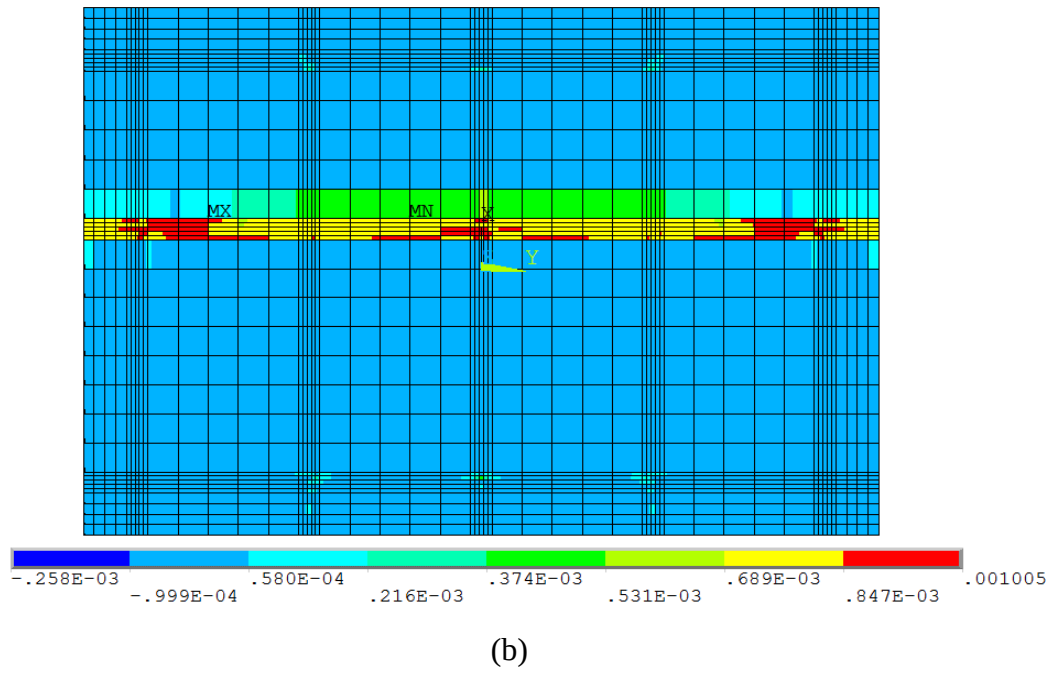
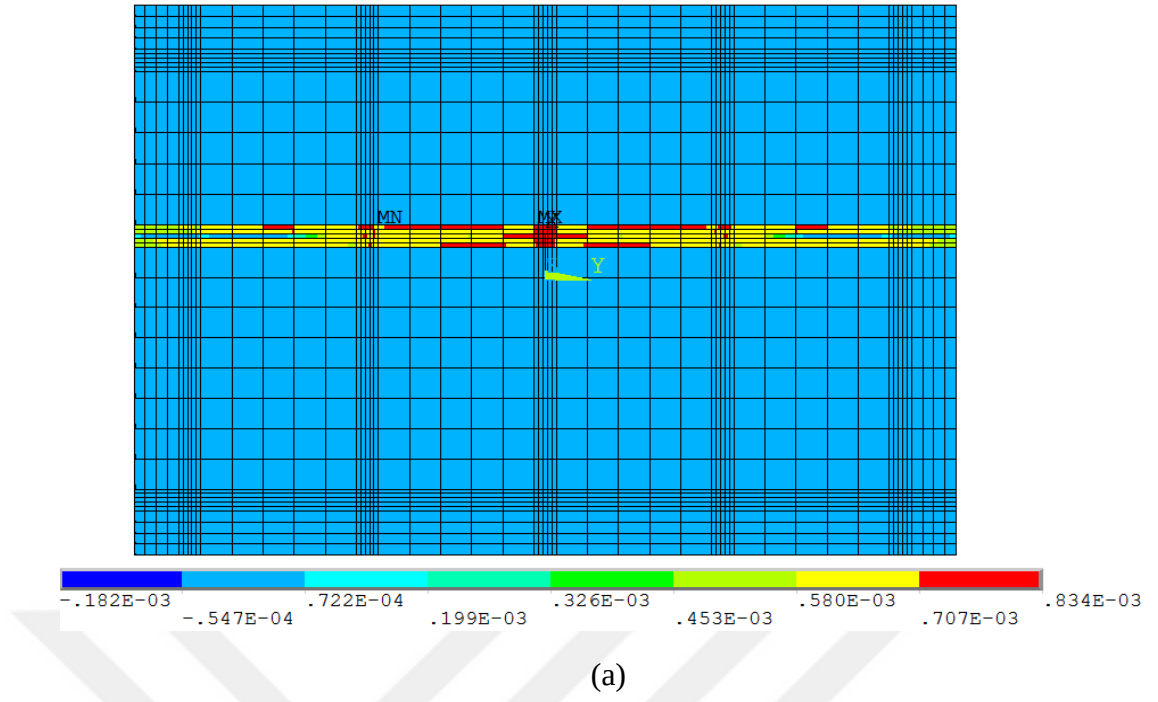
Şekil EK9.15. Model 8_60_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



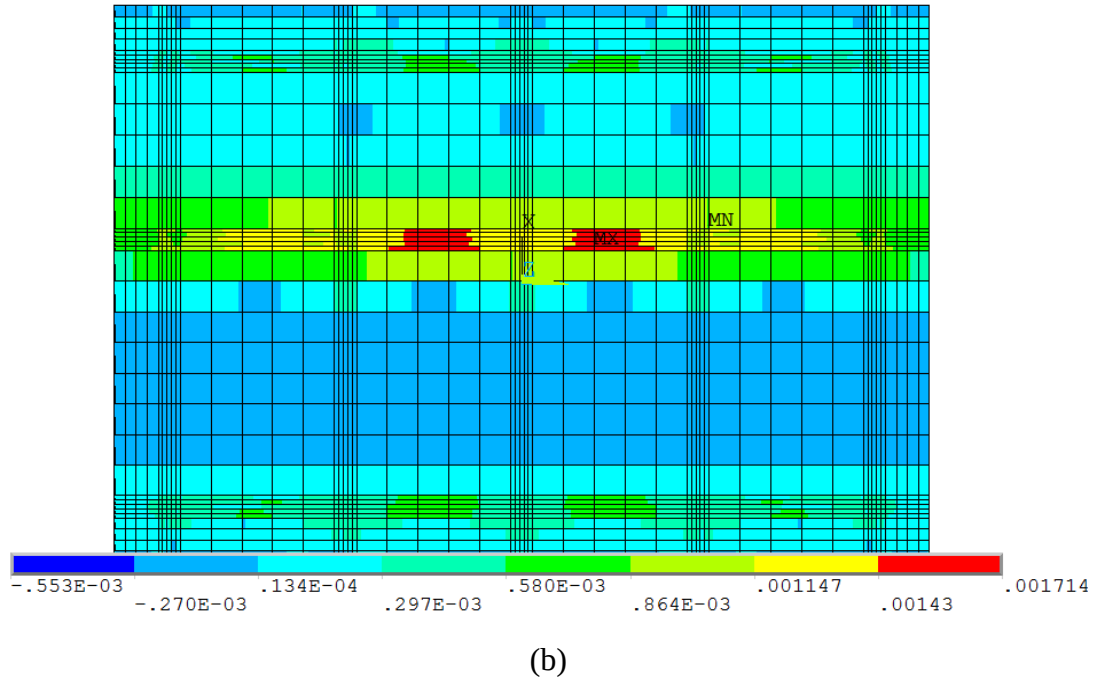
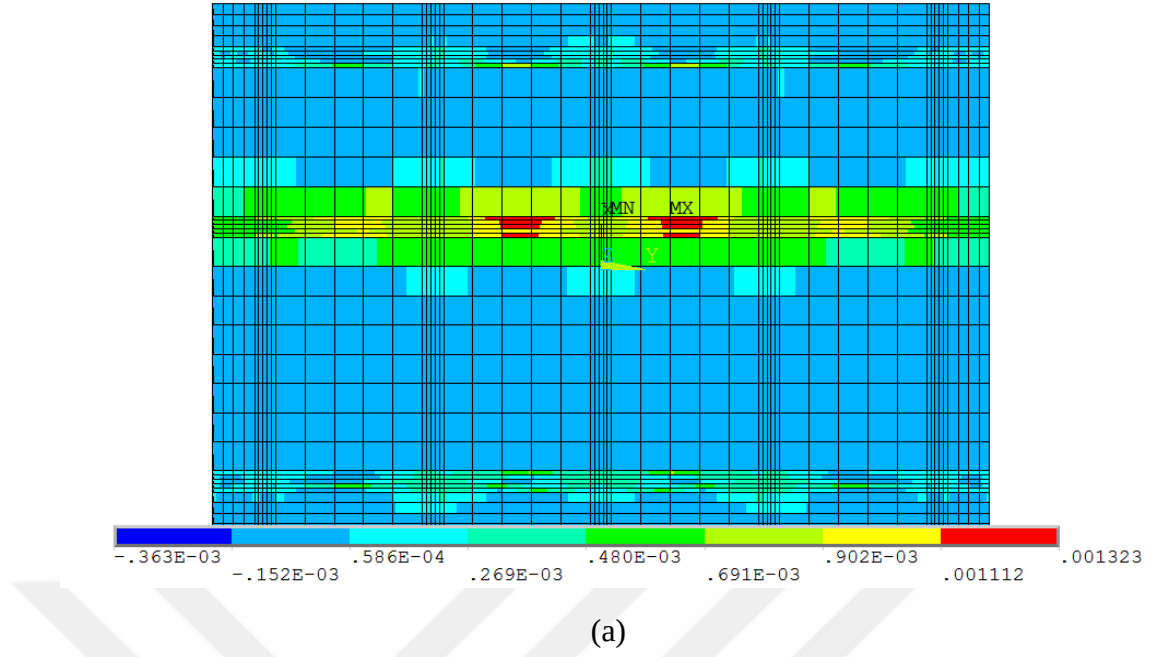
Şekil EK9.16. Model 8_80_50 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



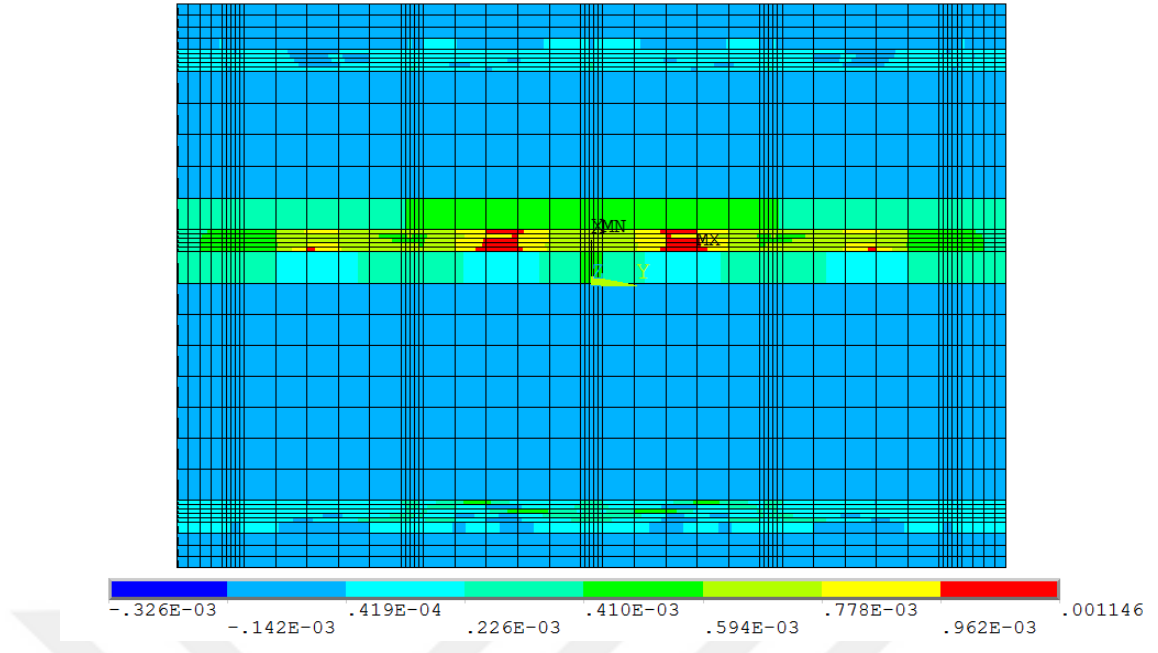
Şekil EK9.17. Model 8_80_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



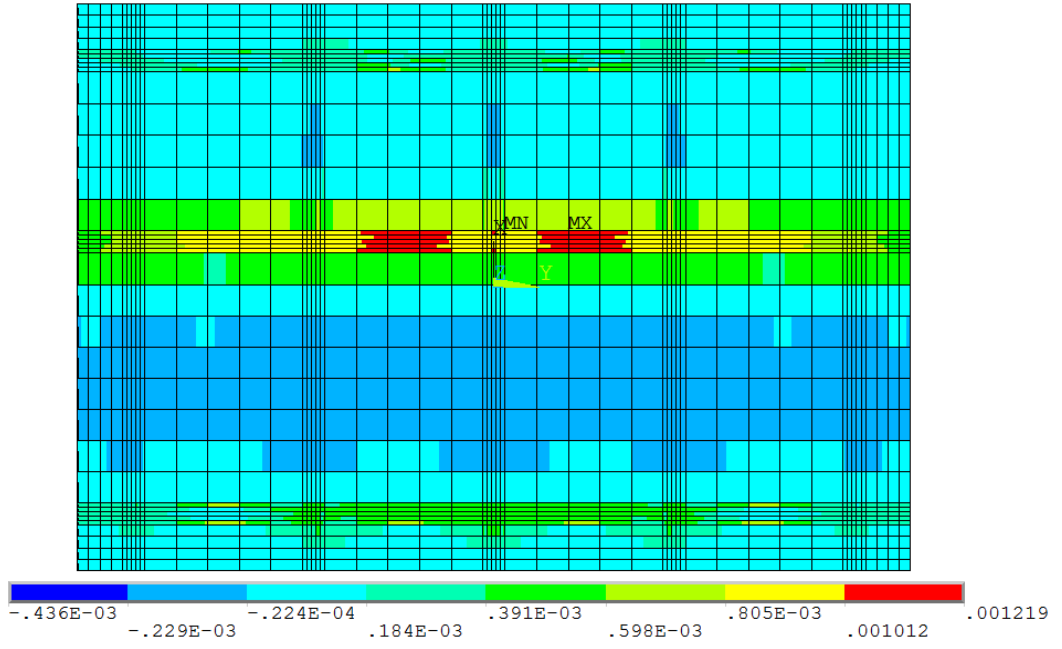
Şekil EK9.18. Model 8_80_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



Şekil EK9.19. Model 15_60_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

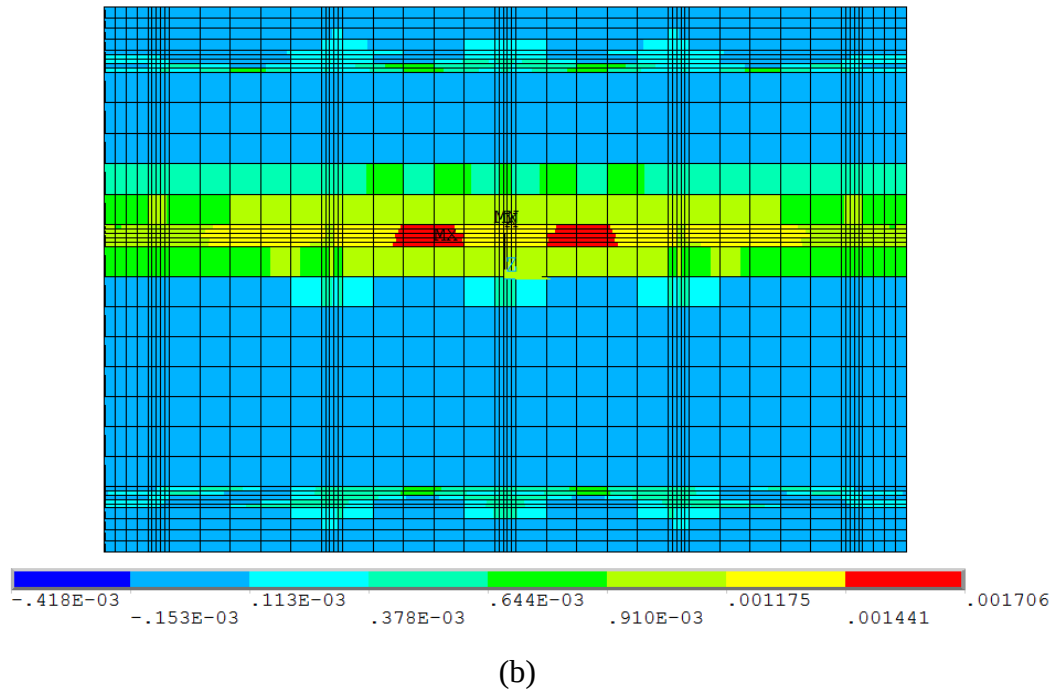
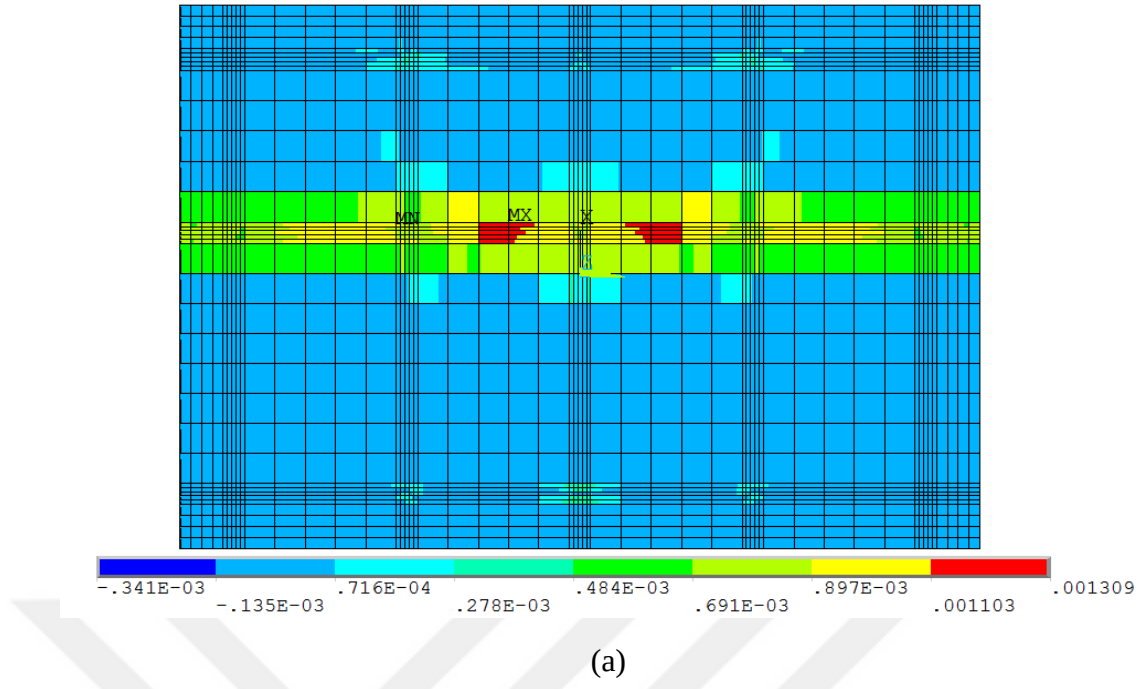


(a)

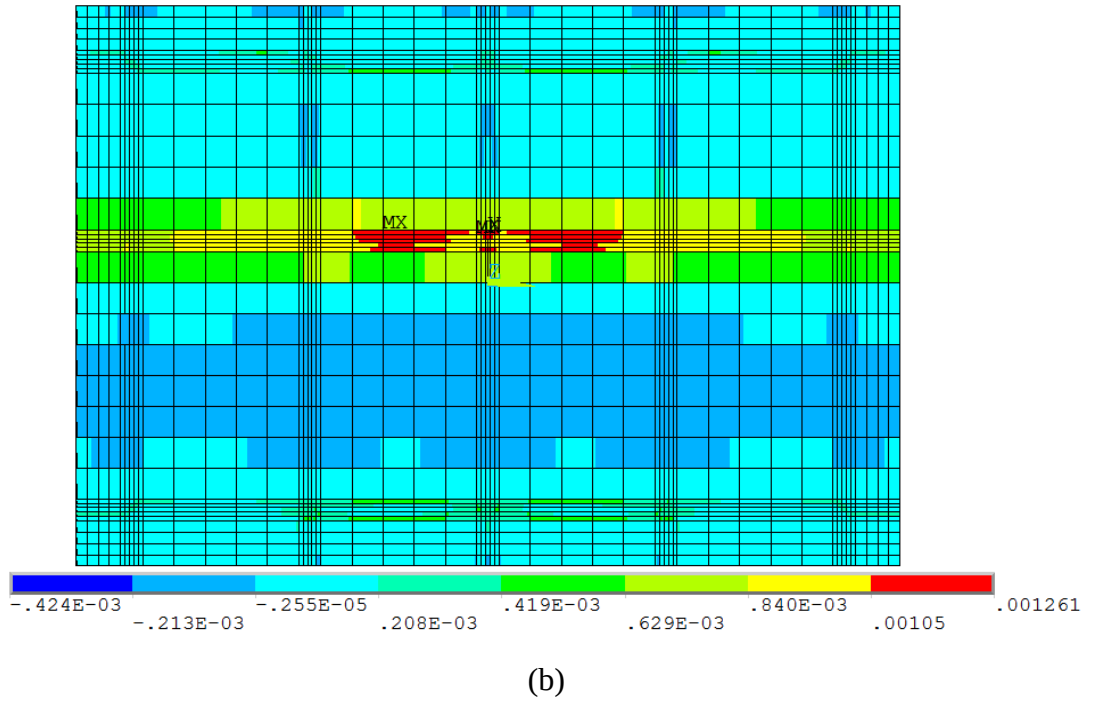
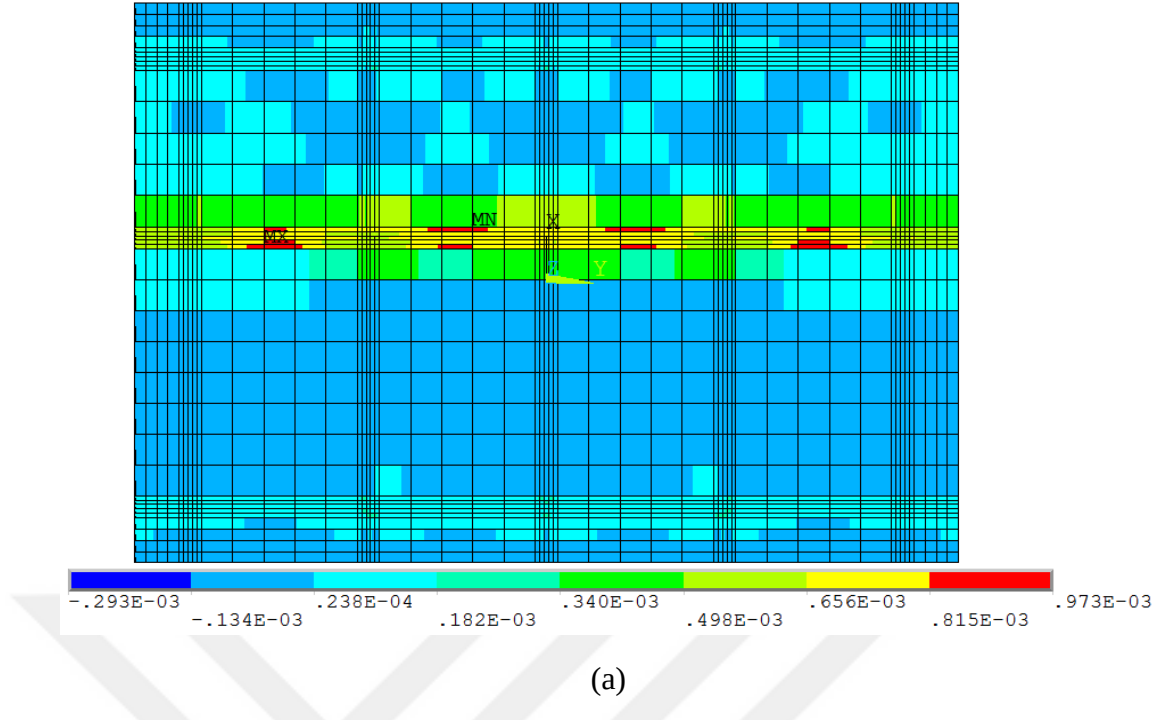


(b)

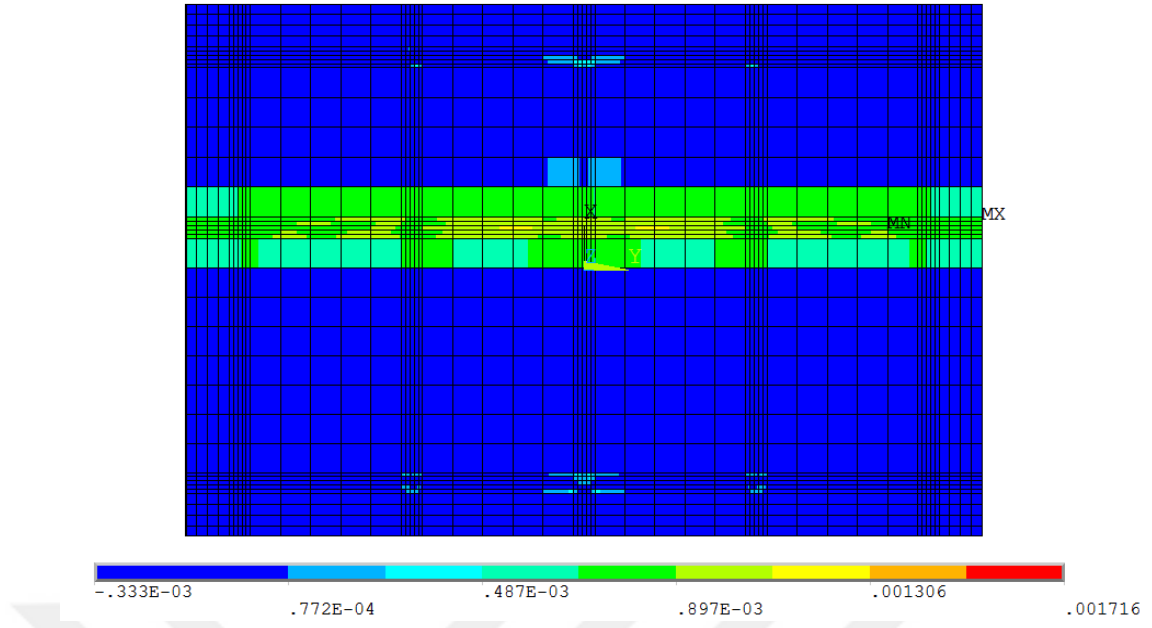
Şekil EK9.20. Model 15_60_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



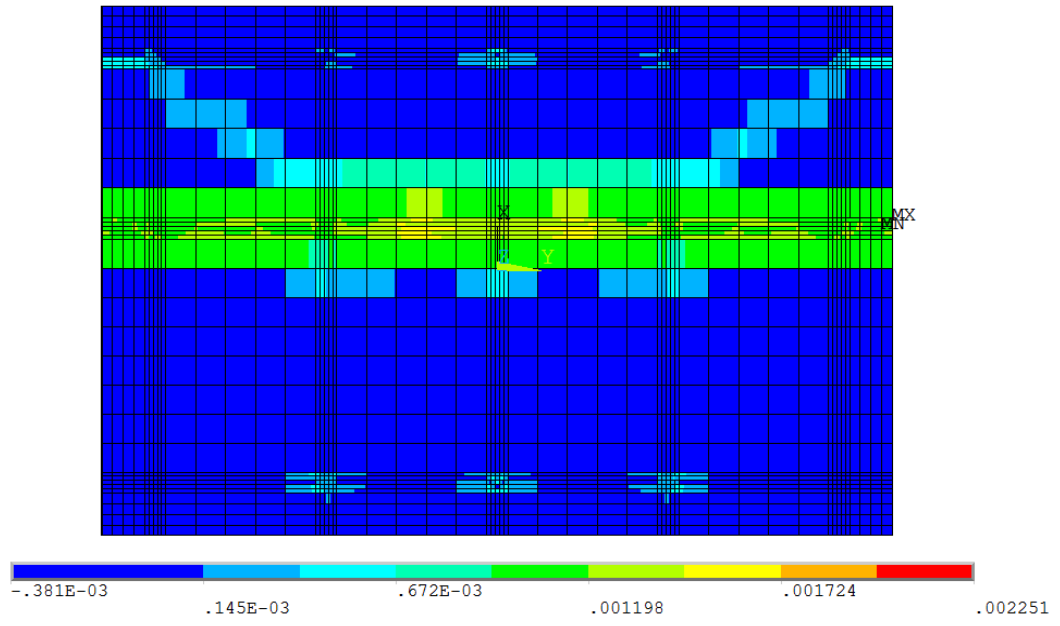
Şekil EK9.21. Model 15_80_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.



Şekil EK9.22. Model 15_80_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

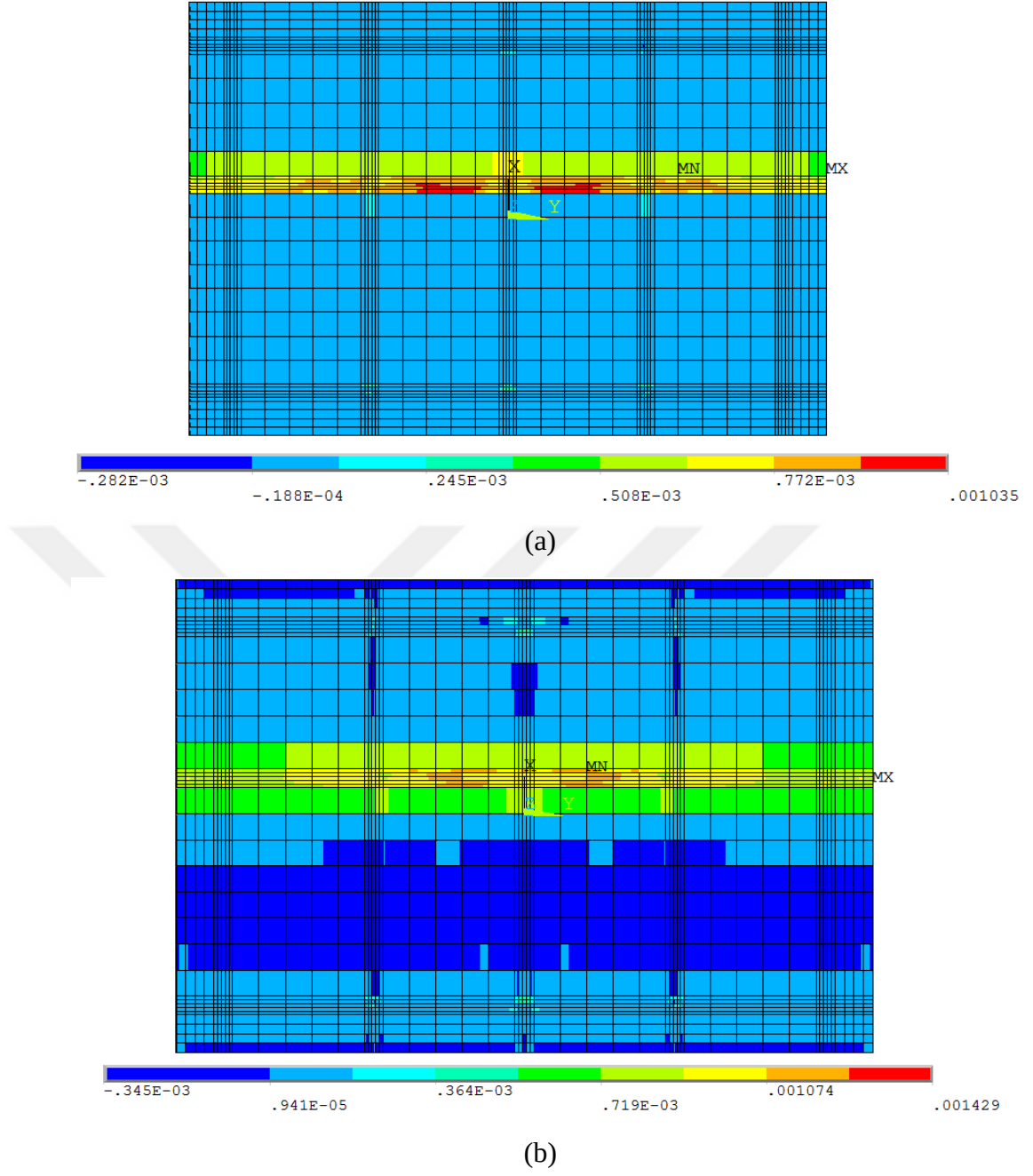


(a)



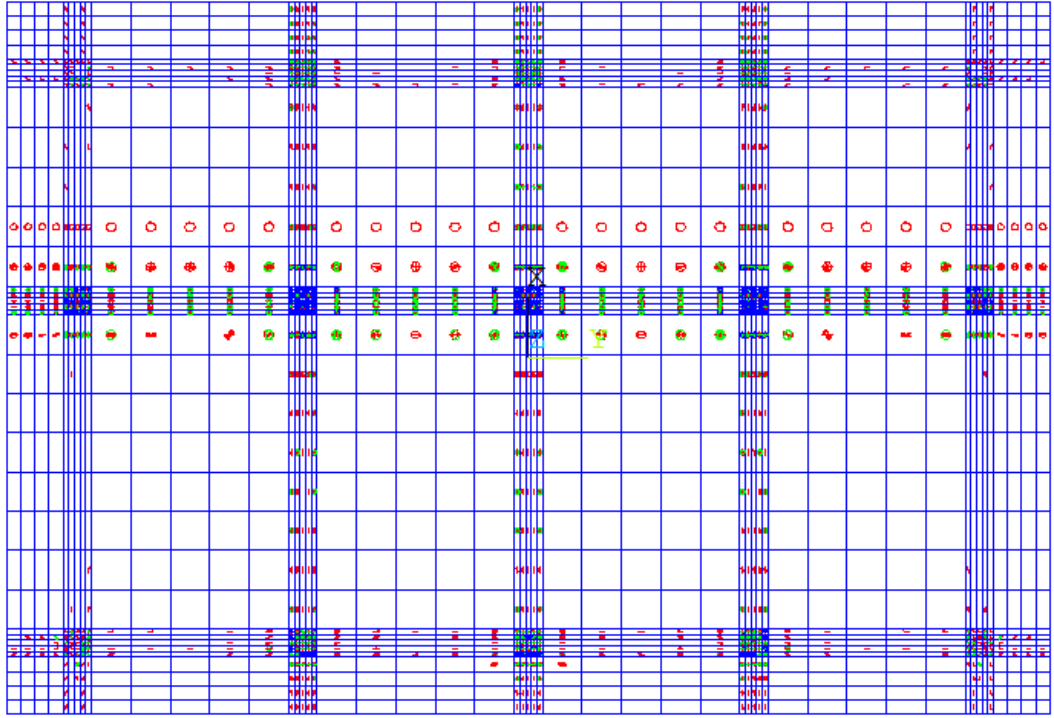
(b)

Şekil EK9.23. Model 15_100_100 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

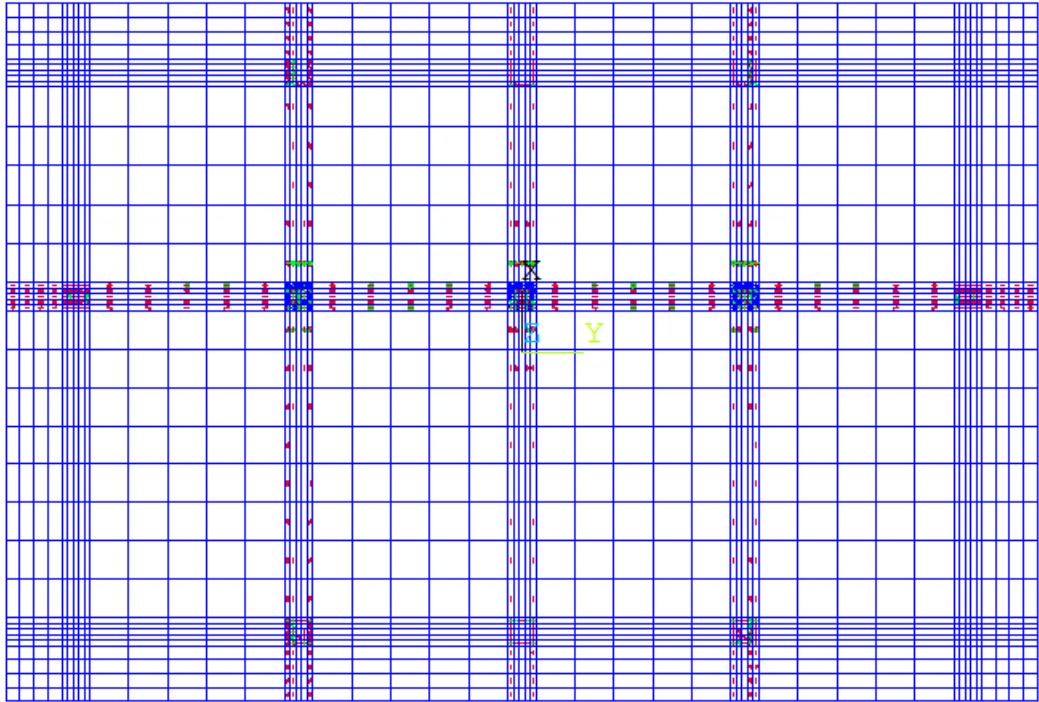


Şekil EK9.24. Model 15_100_200 temel altında oluşan gerinim şeması, (a) servis yükü, (b) nihai yük.

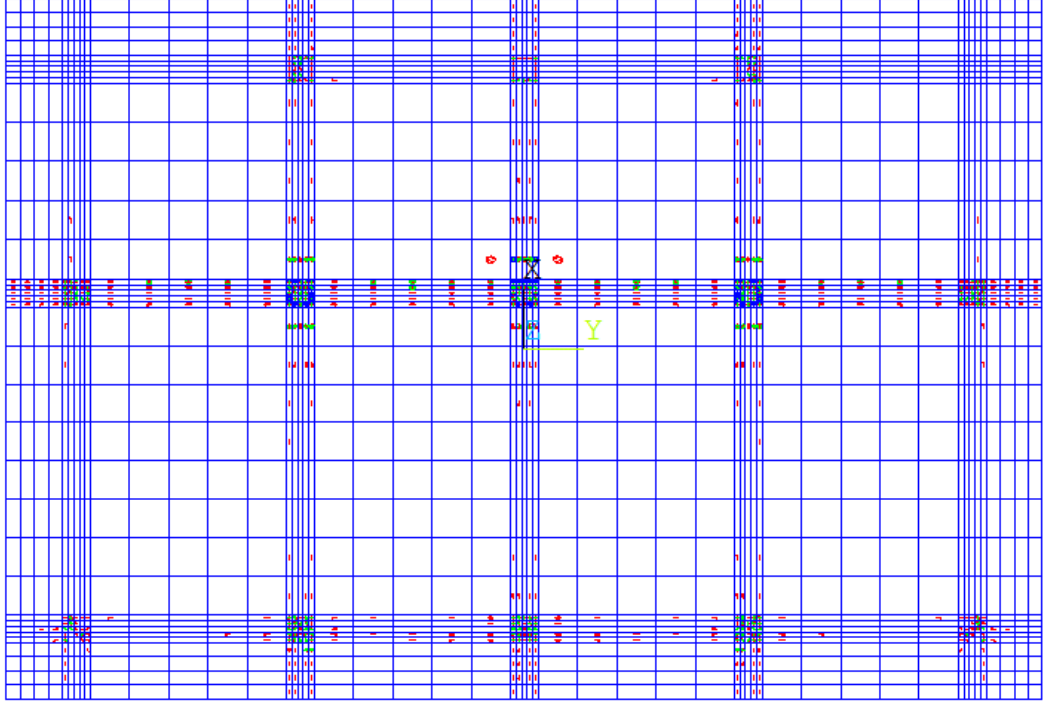
EK-10: Temel Tabanında Oluşan Çatlak Dağılımları



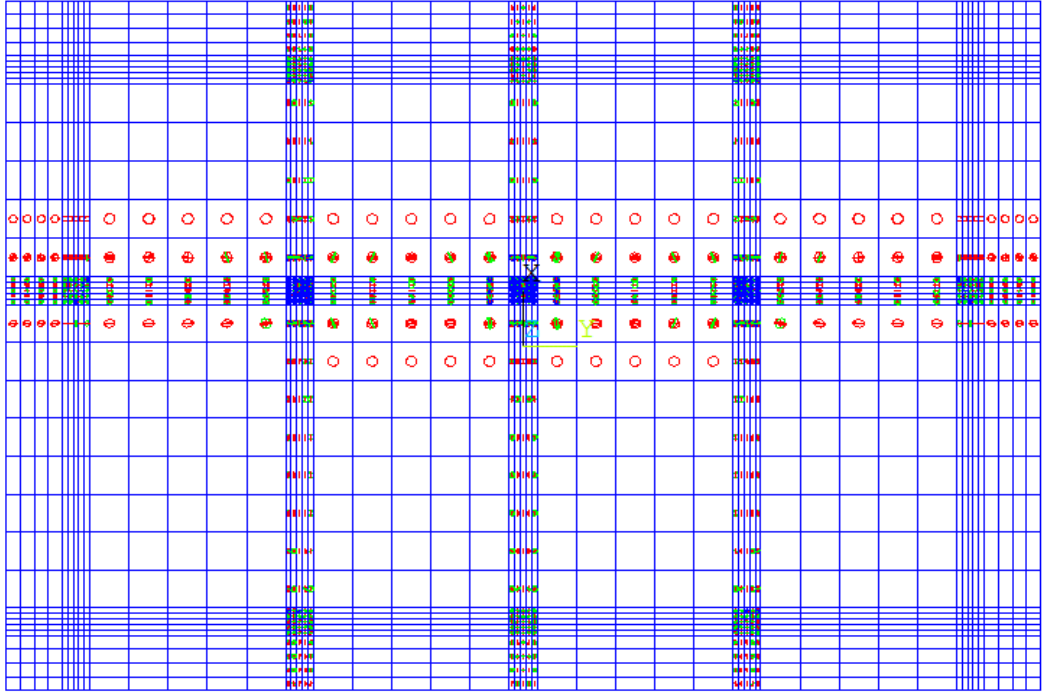
Şekil EK10.1. Model 5_40_50 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



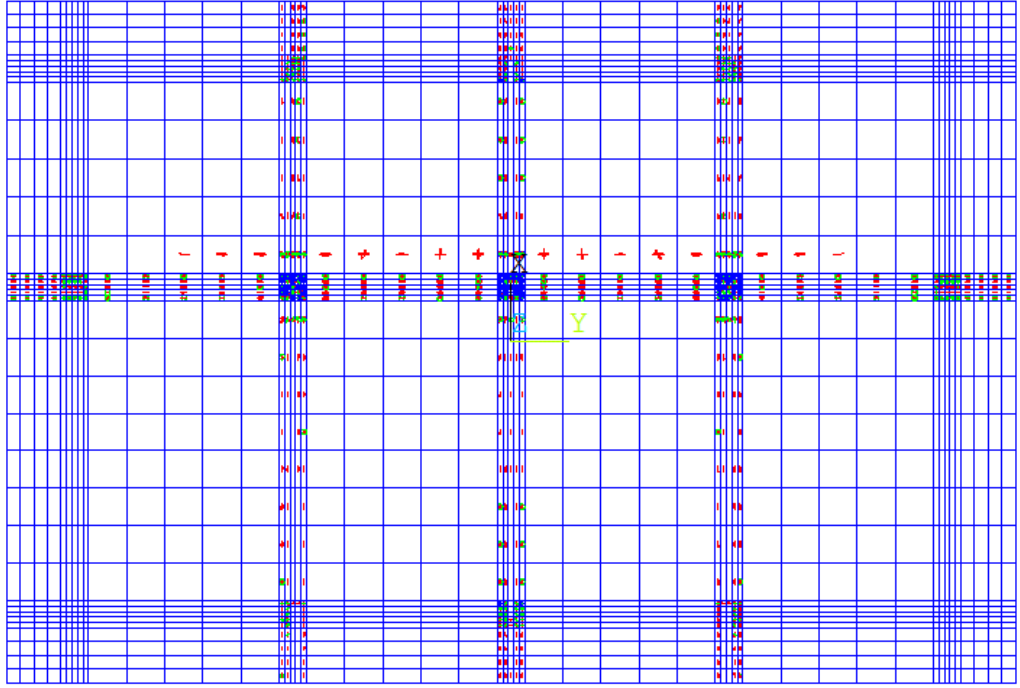
Şekil EK10.2. Model 5_40_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



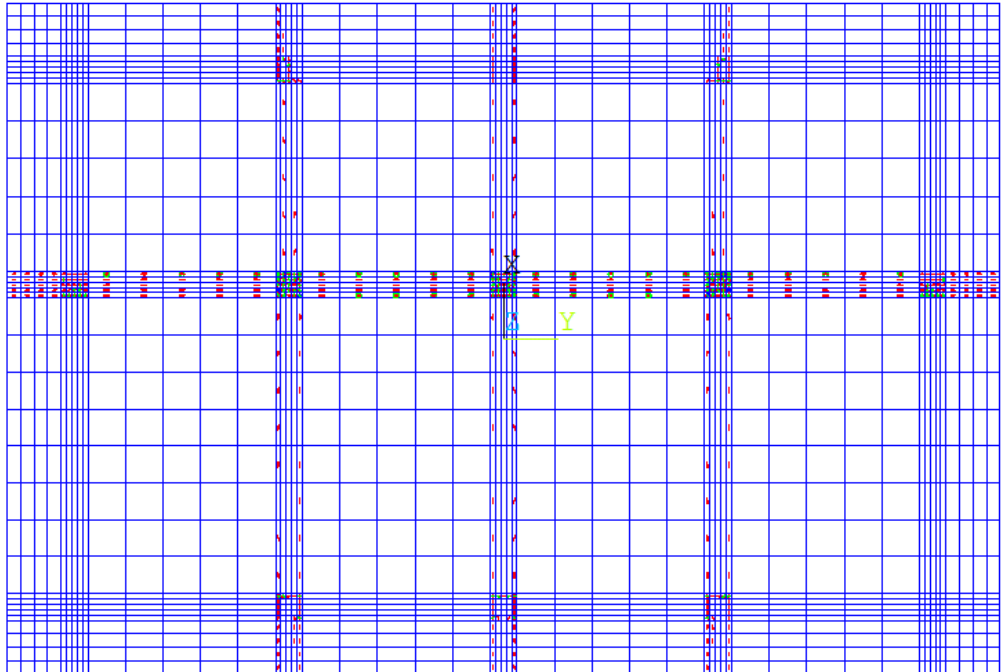
Şekil EK10.3. Model 5_40_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



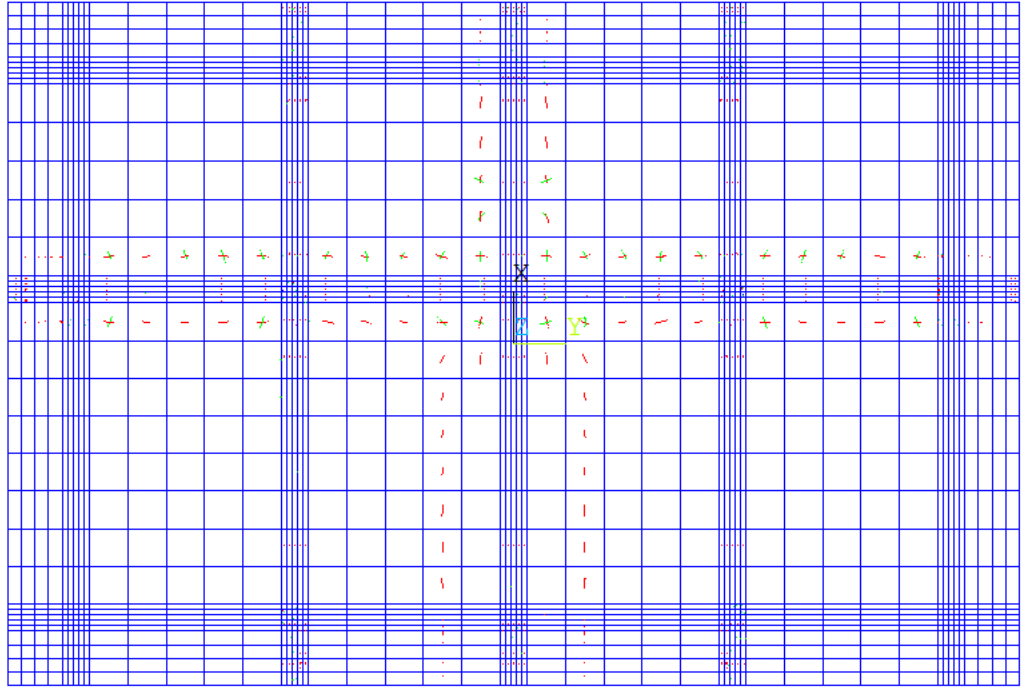
Şekil EK10.4. Model 5_60_50 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



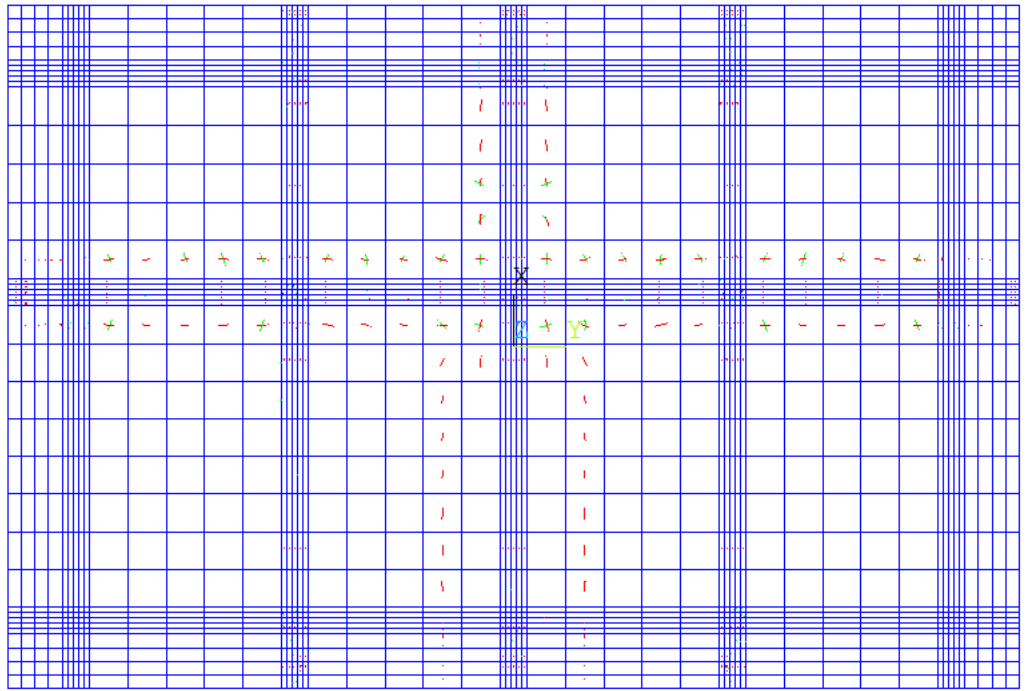
Şekil EK10.5. Model 5_60_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



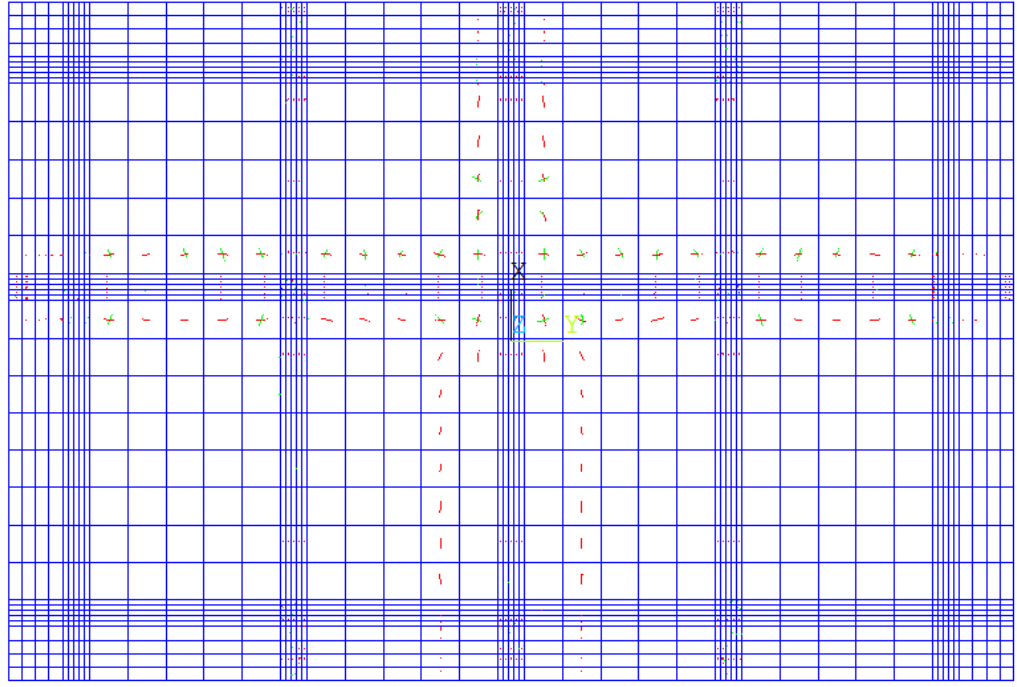
Şekil EK10.6. Model 5_60_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



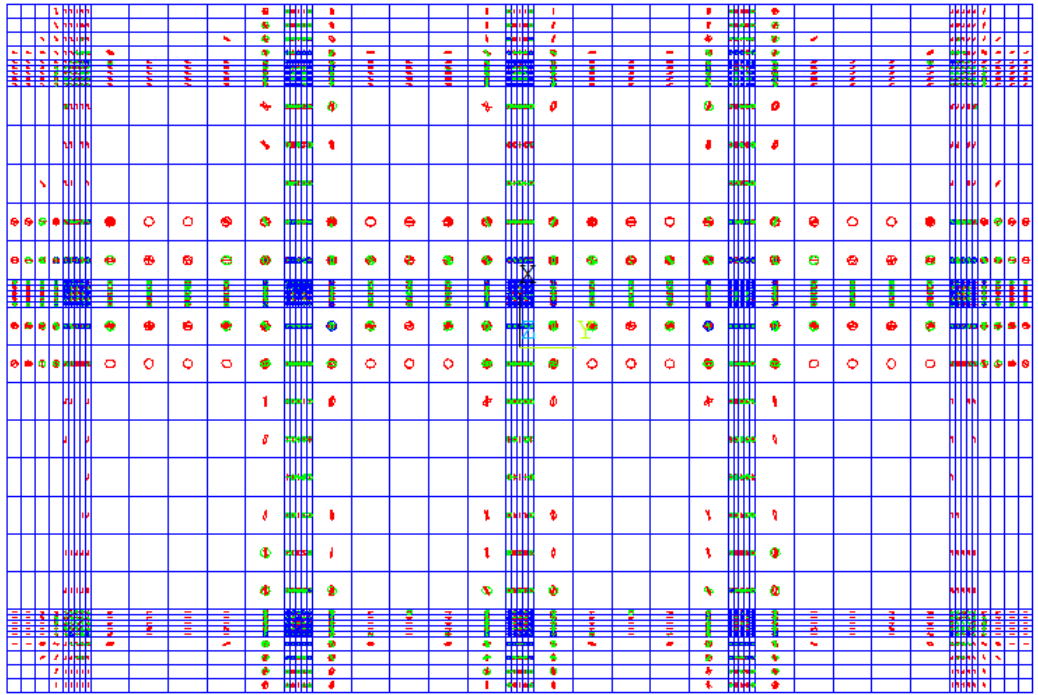
Şekil EK10.7. Model 5_80_50 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



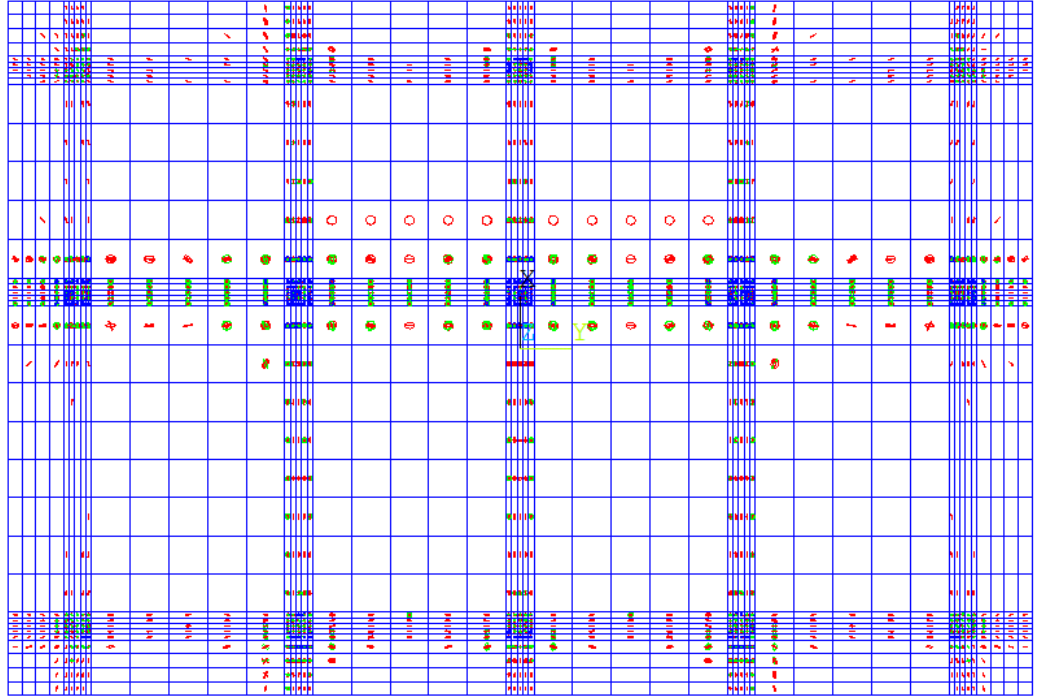
Şekil EK10.8. Model 5_80_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



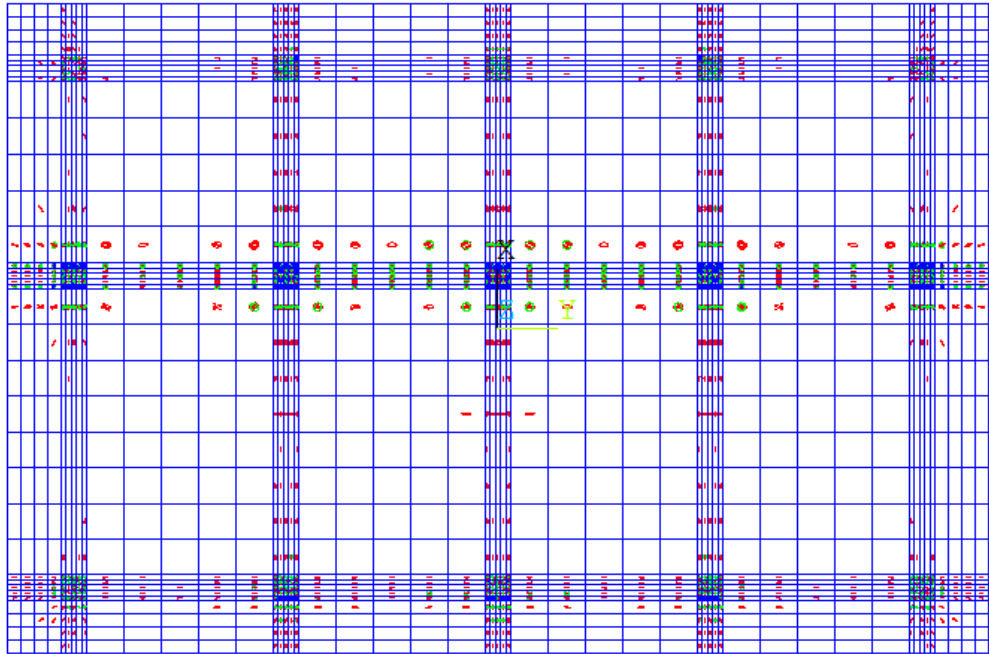
Şekil EK10.9. Model 5_80_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



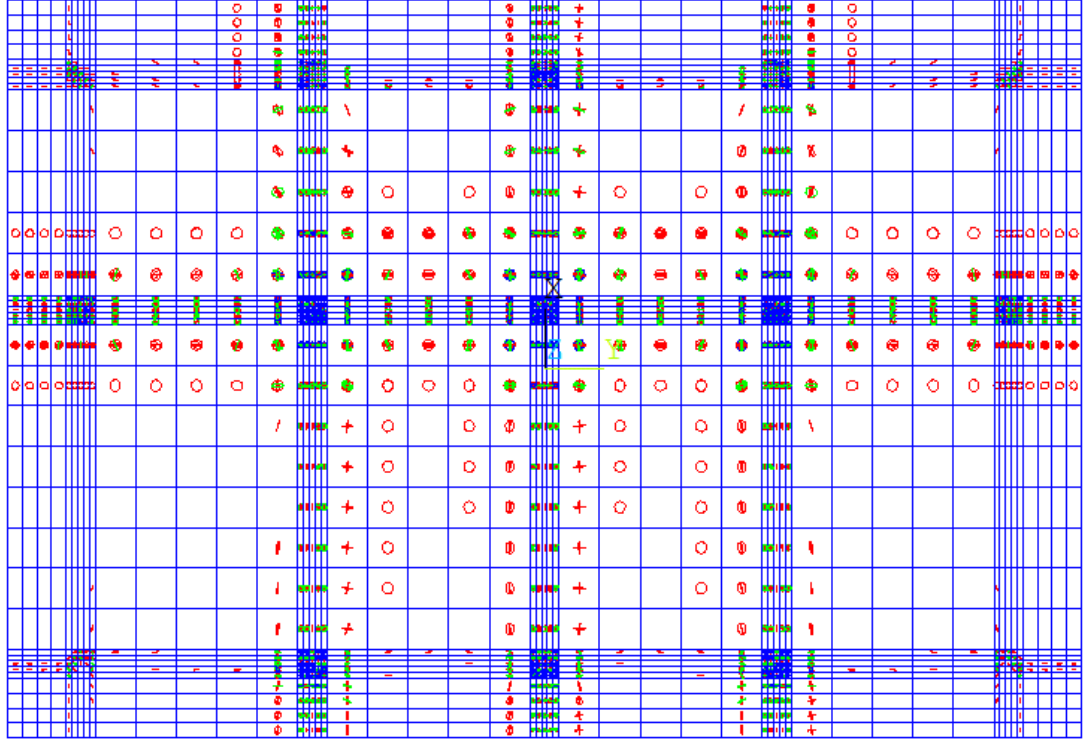
Şekil EK10.10. Model 8_40_50 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



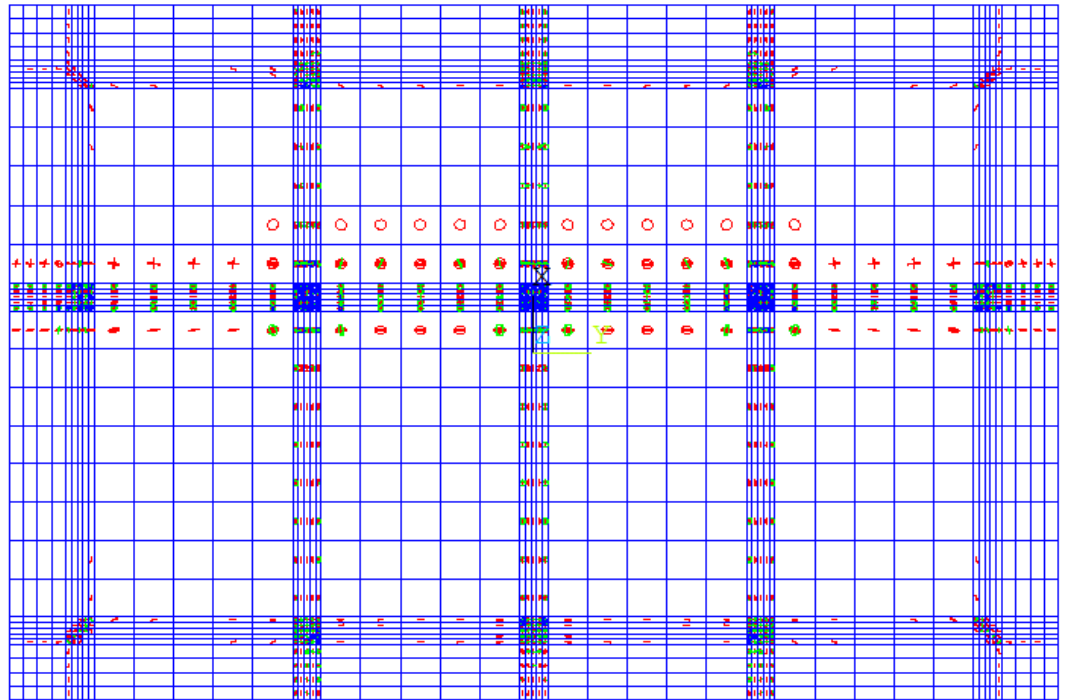
Şekil EK10.11. Model 8_40_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



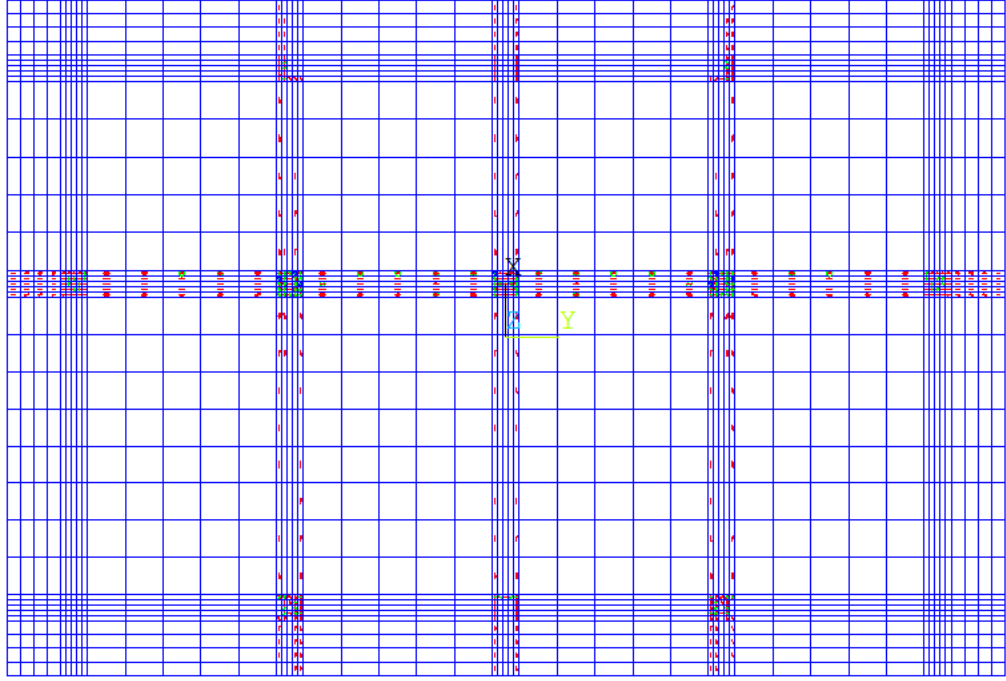
Şekil EK10.12. Model 8_40_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



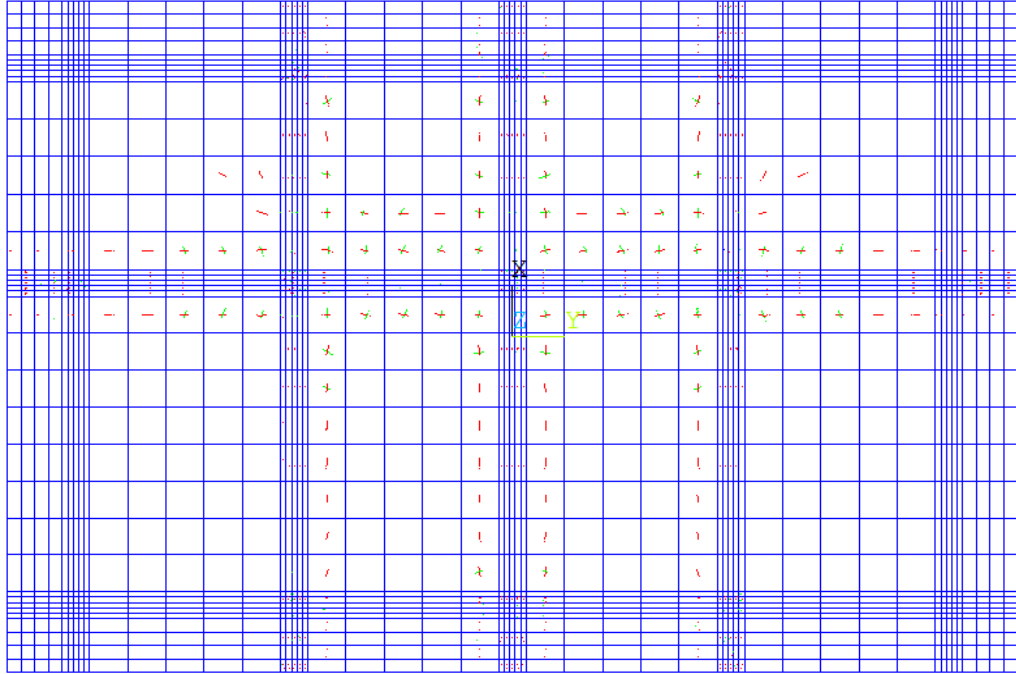
Şekil EK10.13. Model 8_60_50 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



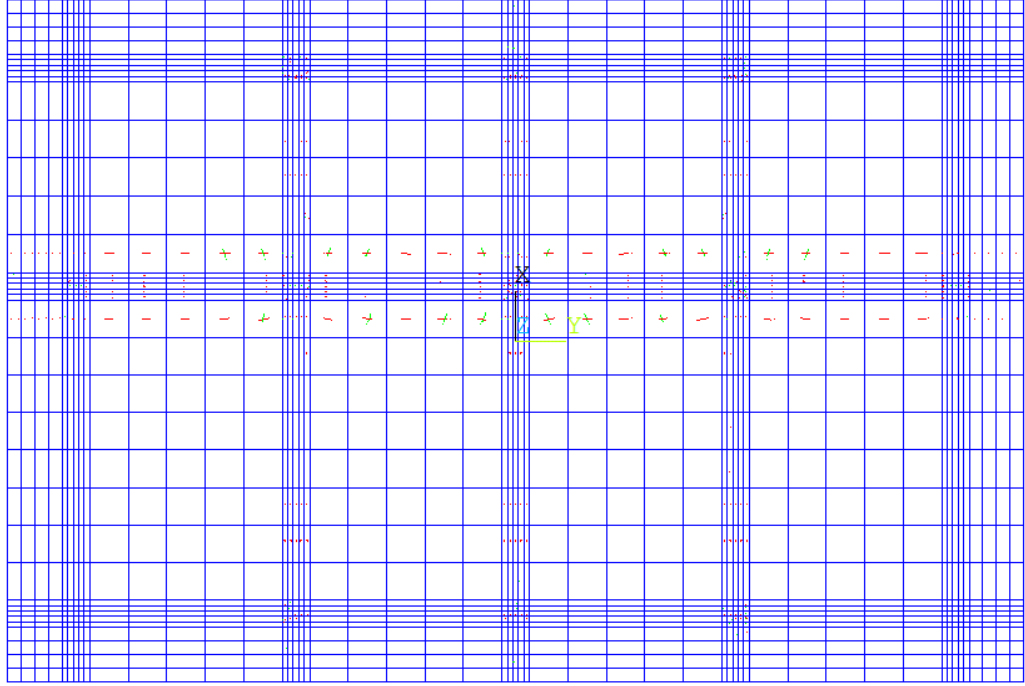
Şekil EK10.14. Model 8_60_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



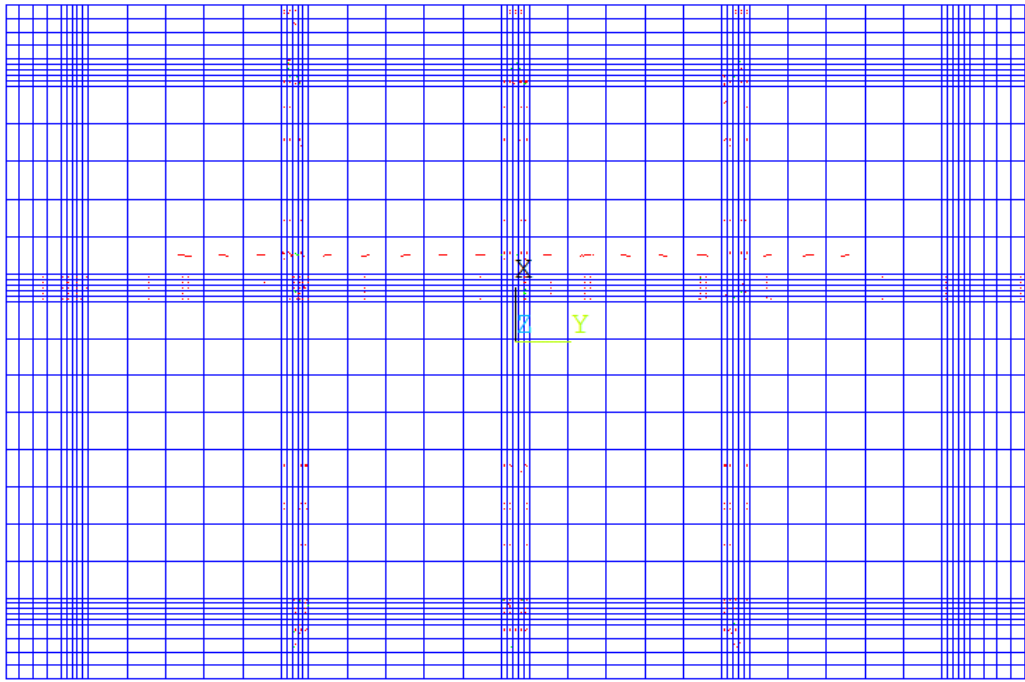
Şekil EK10.15. Model 8_60_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



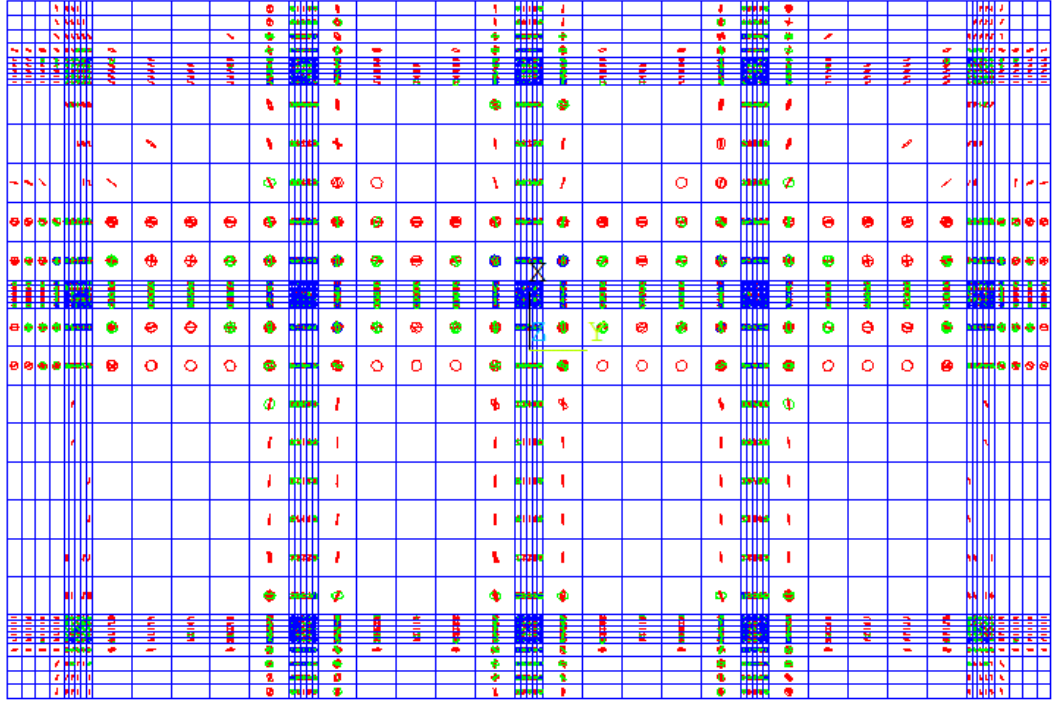
Şekil EK10.16. Model 8_80_50 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



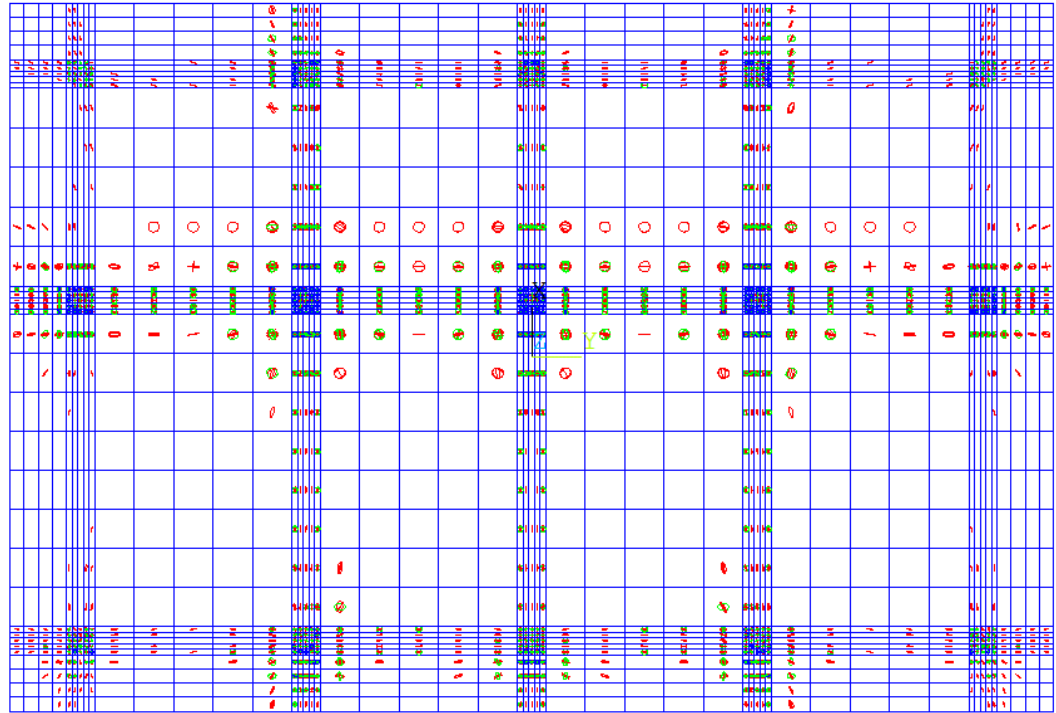
Şekil EK10.17. Model 8_80_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılım



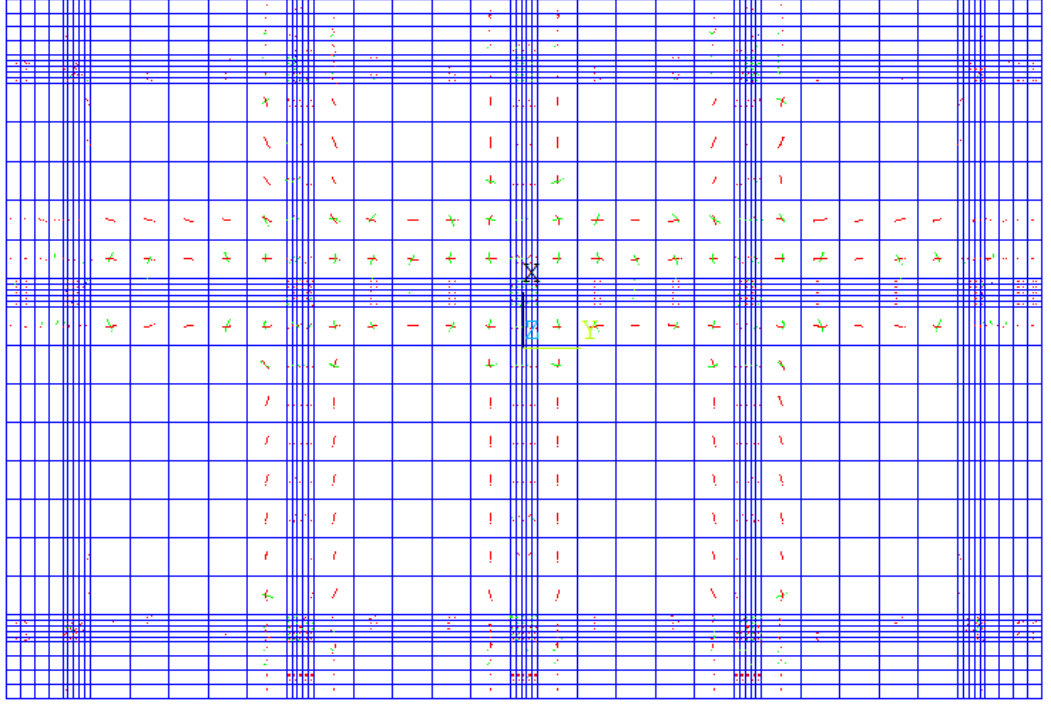
Şekil EK10.18. Model 8_80_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılım



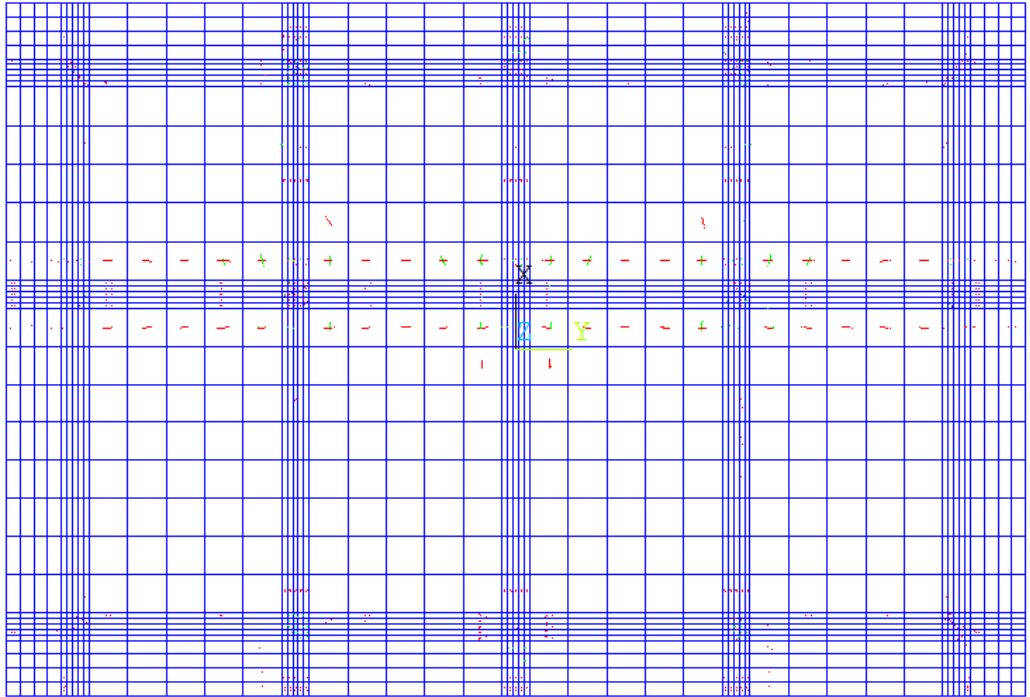
Şekil EK10.19. Model 15_60_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



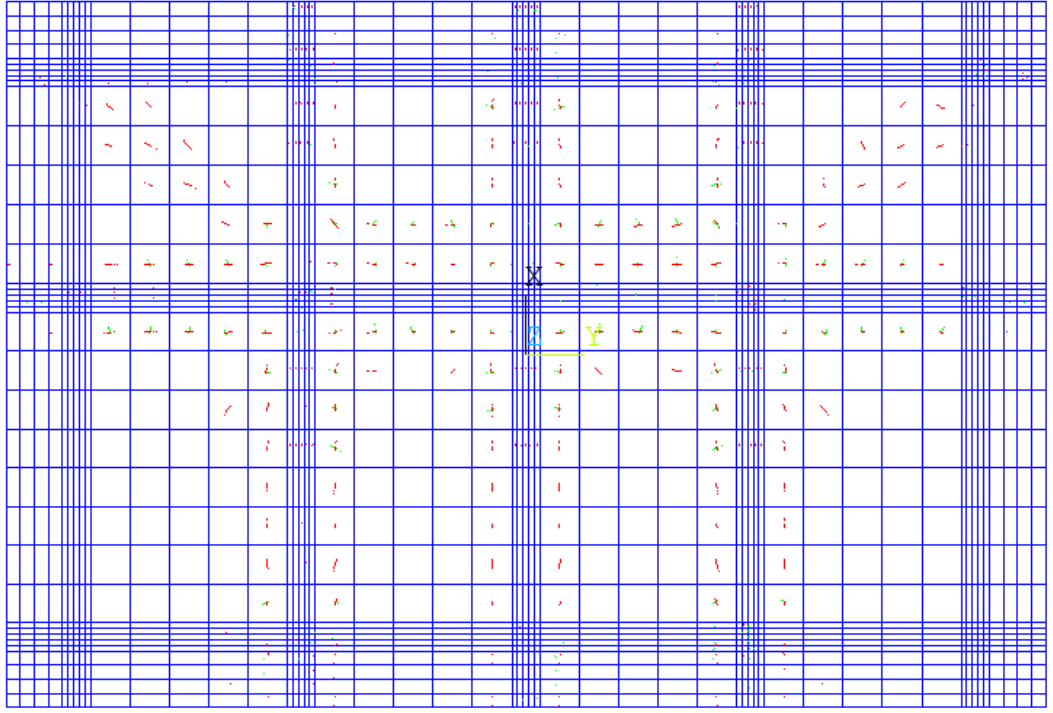
Şekil EK10.20. Model 15_60_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılımı



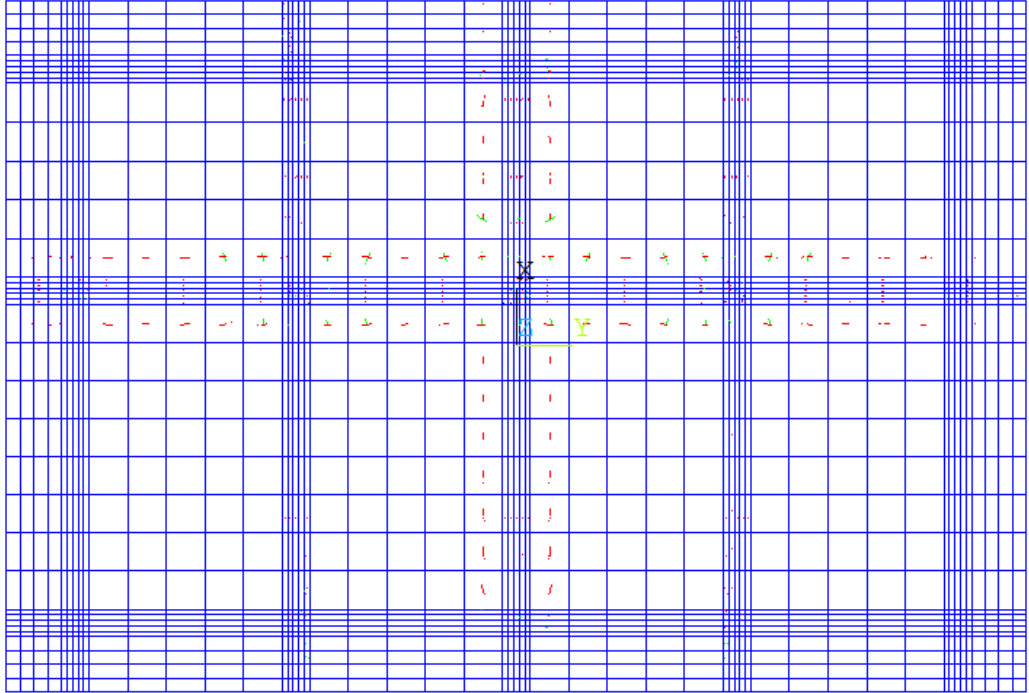
Şekil EK10.21. Model 15_80_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılım



Şekil EK10.22. Model 15_80_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılım



Şekil EK10.23. Model 15_100_100 için radye tabanında oluşan çatlak dağılım



Şekil EK10.24. Model 15_100_200 için radye tabanında oluşan çatlak dağılım