

**TEMEL TASARIMINDA ETKİN
PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ**

Rabia EKE

**Yüksek Lisans Tezi
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA 2004**

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMEL TASARIMINDA ETKİN PARAMETRELERİN
BELİRLENMESİ**

RABİA EKE

DANIŞMAN: DOÇ. DR. S.NİLAY KESKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISPARTA 2004

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Üye :

Üye :

ONAY

Bu tez/...../20.. tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../2004

Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1.Elastik Zemin ve Winkler Hipotezi.....	4
2.2.Elastik Zemin Davranışları ve Zemin Parametreleri.....	7
2.3.Sonlu Elemanlar Analizi ve SAP2000.....	11
3.MATERYAL ve METOD.....	16
4.BULGULAR.....	24
5.TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	72
6.KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÖZET

Bu çalışmada, elastik zemin tabakalarından oluşan bir zemin sistemi üzerine oturan bir radye temel modellenmiş ve tabakalı zemine ait parametre değişimlerinin, radye temelin gerilme ve deformasyon durumlarına etkisi incelenmiştir. Çözüm yöntemi olarak yaklaşık çözüm metotlarından “ sonlu elemanlar yöntemi “ kullanılmıştır. SAP2000 bilgisayar programı kullanılarak oluşturulan sonlu elemanlar ağında kare sonlu eleman şekli seçilmiş ve elastik zemin “ solid “ eleman olarak tanımlanarak zeminin plağa etkisi araştırılmıştır.

Uygulamada, elastik zemin üzerinde ince plak olarak radye temel düşünülebilir. Elastik zemin durumu göz önüne alınmazsa bu model nervürlü plaklar ya da asmolen döşemeler için de kullanılabilir. Dış yük olarak plağın kendi ağırlığı ve yapıdan geldiği varsayılan tekil kolon yükleriyle momentler göz önüne alınmıştır. Modelde kullanılan zemin parametreleri değiştirilerek elde edilen, radye temele ait, gerilme ve deformasyon grafikleri karşılaştırılmış ve incelenen parametreler arasında temel tasarımında en etkili olanı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sonlu elemanlar metodu, elastik zemin parametreleri, gerilme-deformasyon ilişkisi

ABSTRACT

In this study, a mat foundation is modelled on a soil system composed of elastic soil layers, and is examined the effect of parametric changes layered soil in the condition of stress and deformation of mat foundation. Finite element process is used as a solution from approximate solution methods. Finite square element shape is chosen in finite elements net composed by using SAP2000 computer programme and effect of soil to the plate is researched by identifying elastic soil as a solid.

During the application, the thin plate on the elastic soil can be thought as a mat foundation. This model can be used for ribbed slabs if it isn't paid attention to the situation of the elastic soil. Self weight of the plate and single column load supposed to come from structure and moments are taken as external load. The stress and deformation graphics belonging to mat foundation are compared which is obtained by changing soil parameters used in the model and is determined which one is most effective in mat project between the examined parameters.

Keywords: Finite element, elastic soil parameters, stress-deformation relation

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişilere içtenlikle teşekkür eder.

Değerli hocam, danışmanım, sayın Doç. Dr. S.Nilay Keskin (tez danışmanı), tez çalışmasının gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlamış, çalışmanın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön gösterici olmuştur. Kendisine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sayın Doç. Dr. Zeki Ay ve okutman Gülhan Durmuş, SAP2000 bilgisayar programı kullanımı konusunda ve modelin hazırlanması sürecinde yardımlarını esirgememişlerdir. Yakın ilgi ve desteklerinden dolayı kendilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın düzenlenmesinde desteklerinden dolayı değerli arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Ayrıca maddi ve manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme en içten duygularıyla teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Isparta 2004

Rabia EKE

SİMGELER DİZİNİ

B_p	Plaka genişliği
B_t	Temel genişliği
E	Elastisite modülü
E_u	Drenajsız elastisite modülü
G	Kayma modülü
g	Yerçekimi ivmesi
K_o	Sükunetteki toprak basıncı katsayısı
K_p	Plaka yükleme deneyinden bulunan yatak katsayısı
k_s	Yatak katsayısı
K_t	Temel için yatak katsayısı
m	Metre
p	Taban basıncı
y	Birim çökme
γ	Kayma açısı
γ_a	Su altındaki zeminin birim hacim ağırlığı
γ_d	Zeminin doymun birim hacim ağırlığı
γ_n	Zeminin doğal birim hacim ağırlığı
γ_w	Suyun birim hacim ağırlığı
$\varepsilon, \varepsilon_z$	Birim uzama veya kısalma
μ	Poisson oranı
ρ	Birim hacim kütle
σ	Gerilme
τ	Kayma gerilmesi
Φ	İçsel sürtünme açısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Winkler modeline göre yüzey yer değiştirmeleri.....	5
Şekil 2.2. Elastisite modülü E'nin gerilme-deformasyon eğrisinden elde edilişi.....	8
Şekil 2.3. Basit kayma durumu.....	10
Şekil 2.4. Çok tabakalı sistemde gerilmeler.....	12
Şekil 2.5. Düzensiz geometriye sahip bir levhanın üçgen sonlu elemanlara ayrılması.....	13
Şekil 3.1. Radye temel üzerinde tekil kolon yükleri ve momentlerin yerleşimi.....	17
Şekil 3.2. Oluşturulan modelin (a) sonlu elemanlar ağında izdüşüm görüntüsü (b) üç boyutlu görüntüsü.....	18
Şekil 3.3. Örnek modelin gerilme diyagramı	19
Şekil 3.4. Örnek modele ait radye temel deplasman diyagramı	21
Şekil 4.1. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı.....	24
Şekil 4.2. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	26
Şekil 4.3. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı.....	27
Şekil 4.4. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	29
Şekil 4.5. Minimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	30
Şekil 4.6. Minimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı.....	32
Şekil 4.7. Maksimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı.....	32
Şekil 4.8. Maksimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	34
Şekil 4.9. Zeminin minimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	35
Şekil 4.10. Zeminin minimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı.....	37
Şekil 4.11. Zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	38
Şekil 4.12. Zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı.....	40
Şekil 4.13. 1.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı.....	40

Şekil 4.14. 1.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	42
Şekil 4.15. 1.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	43
Şekil 4.16. 1.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı.....	45
Şekil 4.17. 1.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı.....	45
Şekil 4.18. 1.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	47
Şekil 4.19. 2.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	48
Şekil 4.20. 2.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı.....	50
Şekil 4.21. 2.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı.....	50
Şekil 4.22. 2.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	52
Şekil 4.23. 2.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	53
Şekil 4.24. 2.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı.....	55
Şekil 4.25. Yatak katsayısı değerinin 4250 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	56
Şekil 4.26. Yatak katsayısı değerinin 4250 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı.....	58
Şekil 4.27. Yatak katsayısı değerinin 1200 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	59
Şekil 4.28. Yatak katsayısı değerinin 1200 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı.....	61
Şekil 4.29. Yatak katsayısı değerinin 1500 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	62
Şekil 4.30. Yatak katsayısı değerinin 1500 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı.....	64
Şekil 4.31. Yatak katsayısı değerinin 3000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	65
Şekil 4.32. Yatak katsayısı değerinin 3000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı.....	67
Şekil 4.33. Yatak katsayısı değerinin 5000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı.....	68
Şekil 4.34. Yatak katsayısı değerinin 5000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı.....	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Zemin cinsine göre yatak katsayısı (K_S) değerleri.....	6
Çizelge 2.2. Zeminlerde drenajsız elastisite modülü (E_u) değerleri.....	9
Çizelge 2.3. Zemin cinsine göre poisson oranı (μ) değişimi.....	10
Çizelge 3.1. Çalışmada dikkate alınan temsili zemin profili.....	16
Çizelge 3.2. Modelde kullanılan tekil kolon yükleri ve momentler.....	18
Çizelge 3.3. Örnek modelin radye temel düğüm noktalarına ait deplasman değerleri.....	20
Çizelge 3.4. Modelde kullanılan ortalama zemin parametreleri	21
Çizelge 3.5. Modelde kullanılan minimum ve maksimum zemin parametresi değerleri.....	22
Çizelge 4.1. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	25
Çizelge 4.2. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	28
Çizelge 4.3. Minimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	31
Çizelge 4.4. Maksimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	33
Çizelge 4.5. Zeminin minimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	36
Çizelge 4.6. Zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	39
Çizelge 4.7. 1.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	41
Çizelge 4.8. 1.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	44
Çizelge 4.9. 1.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	46
Çizelge 4.10. 2.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	49
Çizelge 4.11. 2.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	51
Çizelge 4.12. 2.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	54
Çizelge 4.13.Yatak katsayısı değerinin 4250 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	57
Çizelge 4.13. Devam	58
Çizelge 4.14.Yatak katsayısı değerinin 1200 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	60

Çizelge 4.14. Devam.....	61
Çizelge 4.15.Yatak katsayısı değerinin 1500 t/m ³ olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	63
Çizelge 4.15. Devam.....	64
Çizelge 4.16.Yatak katsayısı değerinin 3000 t/m ³ olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	66
Çizelge 4.16. Devam.....	67
Çizelge 4.17.Yatak katsayısı değerinin 5000 t/m ³ olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi.....	69
Çizelge 4.17. Devam.....	70

1. GİRİŞ

Geoteknik, genel anlamıyla inşaat mühendisliğinin, zemin mekaniği, temel inşaatı ve zemin dinamiği konularını içeren alt bilim dallarından biridir. Geoteknik incelemenin başlıca amaçlarından biri inşaatın yapılacağı arazide zemin tabakalaşmalarını ve bu tabakaların mühendislik özelliklerini belirlemek, belirlenen bu parametreleri kullanarak ekonomik ve güvenli bir temel sistemi seçmektir. İnceleme üst yapı ve temel sisteminin tasarımı için gerekli parametrelerin bulunmasına yönelik olmalıdır.

Bu parametrelerin bulunması için ilk önce, yapılacak inşaatın meydana getireceği ilave yük artışlarının, zemin tabakalarının gerilme ve şekil değiştirme durumlarını ne şekilde değiştireceği ve denge durumunu nasıl etkileyeceği hesaplanmalıdır. Dolayısıyla zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenmesine, yapıya ait yükleme durumlarına ve diğer inşaat mühendisliği bilgilerine ihtiyaç vardır. Daha sonra yapıdan gelecek yüklerin zemin içindeki gerilme dağılımını nasıl etkilediği bulunmalıdır. Zeminler homojen ve izotrop olmayan malzemelerdir ve zemin içinde gerilmeye bağlı şekil değiştirmeler farklı biçimlerde gelişir. Bu nedenle, hesapların yapılabilmesi için zemin tabakalarının gerilme, şekil değiştirme, mukavemet özelliklerinin bilinmesi gerekir ki bu da bir takım arazi ve laboratuvar deneyleri ile belirlenir.

Kısaca geoteknik araştırma; temel zemininin, kendisi ile temas içinde çalışan bir inşaatın yapısından gelecek olan etkilere karşı nasıl tepki vereceğinin incelenmesi ve bu “ etki – tepki “ nin gerekli uygun çözümlerle ele alınarak, geçerli tasarımların sağlanması amacına yönelik bir çalışmadır. Burada bir yapı – zemin etkileşimi söz konusudur. Etkileşim probleminin çözümü ise, zemin ve yapının gerilme altındaki davranışlarının bilinmesine bağlıdır.

Ülkemizin bir deprem ülkesi olması ve yakın zamanda birçok büyük deprem yaşanmış olması geoteknik araştırmanın önemini bir kez daha göstermiştir. 1997 Marmara depremine kadar bölgenin sismik özelliklerinin, kabaca sınıflandırılmış zemin türünün ve yapıya ait bazı bilgilerin depreme dayanıklı yapı tasarımında

yeterliği olacağı düşünölmekteydi. Ancak Marmara depremi bunun yeterli olmadığını ve geniş kapsamlı geoteknik incelemenin gerekliliğini gözler önüne sermiştir. Ayrıca bu depreme ait gözlemlerde, zemin tabakalarının davranışlarının da önemli olduğu ve yakın bölgelerde bile zemin davranışının önemli farklılıklar gösterdiği ve farklı yapı hasarlarına neden olduğu belirlenmiştir.

Depremlerde yapısal hasara etki eden etkenler; deprem, yerel zemin koşulları ve yapı özellikleri olarak üç grup altında toplanabilir (Ansal, 2000). Zemin tabakalarının cinsi, kalınlığı, yeraltı su seviyesi gibi özelliklerinin, kısa mesafeler içinde çok değişebilmesi, farklı bölgelerde yapılmış aynı tip yapılarda farklı derecelerde hasar oluşmasına yol açar.

Yerel zemin koşullarının etkisinin; arazideki zemin tabakalaşması, sağlam tabakanın derinliği, yeraltı su seviyesi, zeminin cinsi ve yapısı gibi değişkenlere bağlı olduğu bilinmektedir. Zemin tabakalarının kalınlığı, kıvamı, esnekliği ve plastisitesi; zeminin deprem özelliklerini büyütmesine yol açan parametrelerdir. Bu parametrelerin temel sistemi seçilip, yapı tasarlanmadan önce ayrıntılı biçimde incelenmesi gerekir.

Yukarıda anlatılan geoteknik zemin araştırması geotekniğin zemin mekaniği ile ilgili bölümüdür. Geotekniğin diğer bir konusu ise temel mühendisliğidir. Temel mühendisliği en basit anlatımıyla; geoteknik araştırma ile bulunan zemin parametreleri kullanılarak temel tipinin seçimi ve boyutlandırılmasıdır. Marmara depreminde yapısal hasarların bir kısmı yanlış temel tipi veya temel derinliği seçimi ya da hatalı temel işçiliğinden kaynaklanmıştır. Bu durum temel mühendisliğinin önemini gündeme getirmektedir. Sonuç olarak geoteknik, inşaatın yapılacağı zemin ile zemin üzerine yapılacak yapı temelini ve temele etkiyen yükleri bir bütün olarak ele alır.

Bu tezin amacı; yukarıda belirtilen zemin parametrelerinin farklı değerlerinin temel tasarımını ne şekilde etkilediğini belirlemektir. Bu amaçla non-lineer problemlerde sonlu elemanlar yöntemiyle hesap yapan SAP2000 bilgisayar programı kullanılarak

değişik kalınlıkta üst üste modellenmiş zemin tabakalarının üzerine oturduğu varsayılan bir radye temel modeli oluşturulmuş ve model üzerinde zeminin elastisite modülü, kayma modülü, poisson oranı, zemin birim hacim ağırlığı, birim hacim kütlesi, zemin cinsi, tabaka kalınlığı, yatak katsayısı gibi parametrelerine farklı değerler verilerek, temel modelini ne şekilde etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, elde edilen grafikler değerlendirilmiş, temel tasarımını etkileyen bu parametrelerden en etkin olanları belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

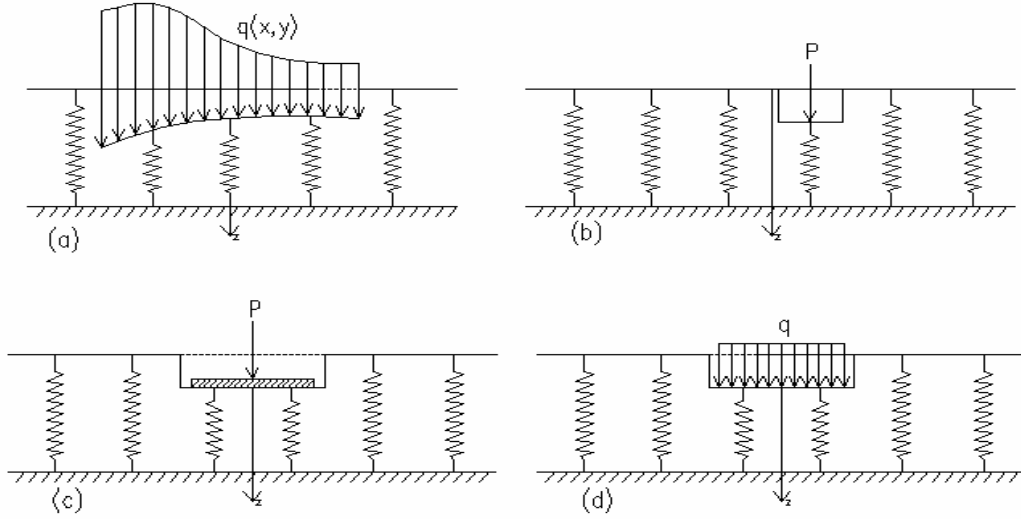
2.1. Elastik Zemin ve Winkler Hipotezi

Yapı sistemlerinin önemli bir parçası olan temellerin hesabı, temel altındaki zeminin fiziksel özelliklerinin belirsizliğinden dolayı, inşaat mühendisliğinin karmaşık problemlerinden biridir. Temel sistemlerinin çözümleri genellikle temel altındaki zeminin fiziksel özelliklerini dikkate almayan basit yaklaşık yöntemlerle yapılmaktadır. Oysa ki, temel hesaplamalarında, temel altındaki zeminin fiziksel özelliklerini ve temel ile birlikte üst yapı rijitliğini de dikkate alan hesap yöntemlerinin kullanılması durumunda, temel sistemi daha güvenli ve ekonomik olacaktır (Düzgün, 2001).

Elastik zemine oturan temellerin hesabı için, temel altındaki zeminin fiziksel özelliklerini de dikkate alan ve zemin davranışına yakın sonuçlar veren yatak katsayısı yönteminde; temel elastik bir kiriş olarak, zemin ise birbirine sonsuz yakın yaylar ile temsil edilmektedir (Keleşoğlu vd.,2002).

Elastik zemine oturan kirişler problemi, önce Winkler tarafından incelenmiş ve teorisinin esasları verilmiştir. Daha sonra Zimmermann, elastik zemine oturan kirişler teorisini demiryolu üst yapılarının hesabına uygulamıştır. Bu çalışmalardan sonra, yollarla hava meydanları iniş pistlerinin beton plaklarla inşa edilmeye başlaması probleme gittikçe artan bir önem verilmesi sonucunu doğurmuş ve konu ile ilgili birçok araştırma yayınlanmıştır (Keskinel ve Kumbasar, 1976). Miranda ve Nair (1966), Winkler temeline oturan sonlu kirişler için başlangıç şartlarını kullanarak diferansiyel denklem çözümünü vermişlerdir. Malter (1960), elastik zemine oturan sonlu kirişler için Newmark ve Sonlu Farklar Metodunu kullanarak nümerik çözümler vermiştir. Glassman (1972), elastik zemine oturan, kesişen kirişlerin davranışını incelemiştir. Hetenyi (1955) ve Selvadurai (1979), Winkler metodunu esas alarak sonlu ve sonsuz kirişler için pratik çözümler önermişlerdir. Elastik zemine oturan kirişlere ait çalışmalarda en çok kullanılan model Winkler modelidir.

Winkler tarafından önerilen idealleştirilmiş zemin ortamı modelinde, p zemin etkilerinin, y kiriş çökmeleriyle orantılı olduğu, zemine etkiyen kuvvetlerin yalnız etkideği noktada şekil değiştirdiği kabul edilir (Selvadurai, 1979). Bu durumda zeminin birbirinden bağımsız ve birbirine sonsuz yakın yaylardan oluştuğu düşünülmekte, bu yayların yalnız doğrudan doğruya yüklendiklerinde çöküp tepki gösterdikleri, ancak yayların, komşu yayların yüklenme ve çökmesinden etkilenmediği varsayılmaktadır. Bunun sonucu olarak, zemin tamamen süreksiz bir ortam olarak göz önüne alınmış olur (Hetenyi, 1955). Winkler modelinde yüklü alanın altındaki yerdeğiştirme, zeminin sonsuz rijit yüke veya üniform fleksibil yüke maruz olması durumunda sabit olacaktır (Selvadurai,1979). Bu durum Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Winkler modeline göre yüzey yer değiştirmeleri
a) üniform olmayan yük; b) tekil yük; c) rijit yük; d) üniform fleksibil yük

Bu durum, Köseoğlu (1996), tarafından ispatlanmış ve yatak katsayısı metodunun yumuşak davranışlı alan temellerinde gerçeğe çok yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Winkler hipotezi;

$$p = k_s * y \dots\dots\dots(2.1)$$

bağıntısıyla ifade edilmiştir. Bu bağıntıdaki k_s orantı katsayısı t/m^3 boyutunda olup birim çökme elde etmek için birim alana yüklenmesi gereken yük olarak tanımlanır ve genellikle yatak katsayısı olarak adlandırılır (Liao, 1995). Yatak katsayısı, zemin modeli için sabit veya değişken olabilir (Köseoğlu, 1986).

Yatak katsayısı metodu, elastik alan temellerindeki taban basıncı ve kesit kuvvetlerinin bulunmasında temel elemanını ve zeminin deformasyon koşullarını göz önüne alan en eski hesap metotlarından biridir. Köseoğlu (1986), yatak katsayısı metodunu “ herhangi bir yük etkisindeki elastik ve prizmatik bir kirişin, elastik bir yatak üzerinde bulunduğu ve yükten x uzaklığındaki p_x taban basıncının aynı noktadaki y_x çökmesi ile orantılı olduğu varsayılmıştır “ şeklinde açıklar.

Bu hipotez yatak ortamının elastik olduğunu, diğer bir deyişle zemin malzemesinin Hooke Kanununa uyduğunu belirtir. Winkler hipotezinde k_s yatak katsayısının p taban basıncı değerinden bağımsız olduğu ve bütün temel yüzeyi boyunca sabit kaldığı varsayılır (Angın ve Erusta, 1996). Yatak katsayısı, mekaniğe ilk önce Winkler tarafından getirilmiş ve daha sonra birçok araştırmacı özel uygulamalarında farklı zeminler için buldukları ve kullandıkları k_s değerlerini vermişlerdir. Zemin cinsine göre bazı yatak katsayısı değerleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Zemin cinsine göre yatak katsayısı (k_s) değerleri (Uzuner, 2000)

Zemin Cinsi	k_s (t/m^3)
Gevşek Kum	1.000-2.000
Orta Sıkı Kum	2.000-5.000
Sıkı Kum	5.000-10.000
Sıkı Kumlu Çakıl	10.000-15.000
Dolma Toprak	1.000-2.000
Yumuşak Kil	500-1.000
Orta Sert Kil	1.000-1.500
Sert Kil	1.500-3.000
Sağlam Şist	>50.000
Kaya	>200.000

Yatak katsayısı arazi ve laboratuvar deneyleri ile elde edilebilir. Temel yatak katsayısı, plaka yükleme deneyinden elde edilen yatak katsayısı kullanılarak kaba daneli zeminler için Eşitlik (2.2)'den, ince daneli zeminler için Eşitlik (2.3)'den elde edilebilir (Terzaghi ve Peck, 1972).

$$K_t = K_p \left[\frac{(B_t + B_p)}{2B_t} \right]^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$K_t = K_p \left(\frac{B_p}{B_t} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Bu bağıntılarda K_t : temel için yatak katsayısı, K_p : plaka yükleme deneyinde bulunan yatak katsayısı, B_t : temel genişliği, B_p : plaka genişliğini ifade eder.

2.2. Elastik Zemin Davranışları ve Zemin Parametreleri

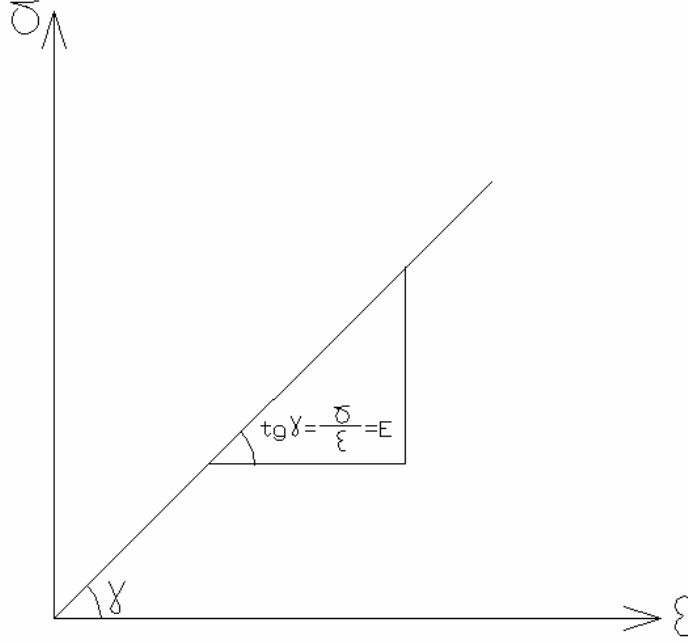
Doğal etkenlerle oluşan, taşınma ve birikme gibi olaylar sonucu meydana gelen zeminler, genellikle heterojen ve anizotrop bir yapı göstermektedirler. Bu nedenle, zeminlerin mühendislik özelliklerinin genel olarak incelenebilmesi oldukça zordur. Öte yandan, denge durumundaki zeminlerin, yanal yöndeki deplasmanlarının çok küçük olması nedeniyle yanal genişlemeler genellikle ihmal edilir (Tekinsoy ve Laman, 2000). Sonuçta, zemin hesaplarında bazı basitleştirme ve varsayımların yapılması kaçınılmaz olmaktadır. Yapılan deneyler, zeminlerin de, yaklaşık olarak, elastik bir cisimmiş gibi düşünülmesine ve değerlendirilmesine yol açmıştır. Sonuç olarak, yanal deplasmanların kısıtlandığı elastik bir ortamın, dengesi ve kırılma durumu söz konusudur. Bu nedenle, elastik malzemelerin gerilmeler altındaki davranışını incelemek için geliştirilen Hooke kanunu elastik zeminler için de geçerlidir. Hooke yasası (1675), elastik malzemeler için geliştirilen ilk bağıntıdır.

Elastik bir cisim, gerilme altında, elastisite modülüne bağlı olarak, orantılılık limitine ulaşana kadar, doğrusal geri dönüşümlü, ani birim uzama veya kısalma gösterir (İnan, 1984). Bu durum Eşitlik 2.4'ten belirlenir.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \dots\dots\dots(2.4)$$

Burada, ϵ : birim uzama veya kısalma, σ : gerilme ve E : elastisite modülünü ifade etmektedir.

Bir başka deyişle ideal elastik malzemenin gerilme-şekil değiştirme diyagramının eğimi, elastisite modülünü verir (Pakdemirli vd, 1973).(Şekil 2.2.)



Şekil 2.2. Elastisite modülünün(E), gerilme-şekil değiştirme eğrisinden elde edilişi

Basit anlamıyla gerilme; bir cisme tatbik edilen kuvvetin, tatbik alanına bölümüdür (Pakdemirli vd.,1973). Zeminlerde gerilmeler Önalp (1997), tarafından üç ana başlık altında toplanmıştır.

- Özağırlık, suyun etkisi, oluşum sırası ve sonrasında edinilen doğal gerilmeler.
- Yükün zemine uygulandığı sınırlarda yükün ve zeminin özelliklerine bağlı olarak belirlenen gerilmeler (ki bunlar, dış yük-zemin ara yüzeyinde yani temelde meydana gelen taban basıncını verirler.)
- Zemin kitlesinde yüke yakın yerlerde yüksek, buralardan uzaklaştıkça azalan gövde veya kitle gerilmeleri

Elastisite modülü, elastisitenin temel kavramlarından biridir. Zeminlerde drenajsız elastisite modülü değerleri Çizelge 2.2'deki gibi verilmiştir (Özüdoğru, 1986).

Çizelge 2.2. Zeminlerde drenajsız elastisite modülü (E_u) değerleri (Özüdoğru, 1986).

Zemin Cinsi	E_u (MN/m ²)
Yumuşak kil	2 - 5
Katı kil	3 - 5
Sert kil	7 - 20
Kumlu kil	30 - 40
Siltli kil	7 - 20
Gevşek kum	10 - 25
Sıkı kum	50 - 90
Sıkı çakıl/kum	100 - 200

Tek ekseninde gerilme alan bir cisim ε_z birim kısalması gösteriyorsa, x ekseninde ölçülecek birim kısalma

$$\varepsilon_x = -\mu \varepsilon_z \dots \dots \dots (2.5)$$

olur (Lambe and Whiteman, 1979).

Burada ε_z : cismin birim kısalması, ε_x : x ekseninde ölçülecek birim kısalma μ ise Poisson oranıdır ve kuvvete dik kenarlardaki kısalmanın kuvvet doğrultusundaki uzamaya oranı sabittir şeklinde de tanımlanabilir (Pakdemirli vd, 1973).

Zeminlerde poisson oranı μ , zeminin sükunetteki toprak basıncı katsayısı K_0 olmak üzere

$$\mu = \frac{K_0 - 1}{2K_0 + 1} \dots \dots \dots (2.6)$$

bağıntısıyla da bulunabilir. Ancak bu değer yalnızca ödometre veya K_0 koşulları için geçerlidir (Andrawes ve El-Shoby, 1973).

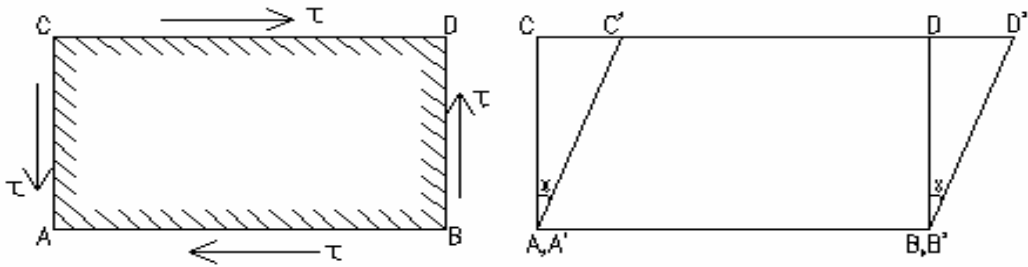
Poisson oranı katılarda her ne kadar kuramsal olarak -1 ile 0.5 arasında değerler alabilirse de, poisson oranı negatif olan zeminlere pek rastlanmaz. Bu nedenle μ oldukça dar bir aralıkta değişmektedir (Sönmez, vd., 2004). $\mu > 0.5$ olan değerler için ise elastisite modülü E'nin değeri negatif işaret taşır ve bu durum zeminlerde genellikle kabarma (şişme) durumunu gösterir.

Poisson oranı (μ)nın zemin cinsine göre değişimi Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Zemin cinsine göre poisson oranı (μ) değişimi (Özüdoğru, 1986)

Zemin Cinsi	Poisson Oranı (μ)
Doygun kil	0.4 - 0.5
Doygun olmayan kil veya kumlu kil	0.2 - 0.4
Kum, ($\Phi = 40^\circ$)	0.3 - 0.4
Kum, ($\Phi = 20^\circ$)	0.1 - 0.2
Silt	0.3 - 0.4
Kaya	0.1 - 0.4

İzotropik, elastik ve homojen bir malzeme modelinde gerekli başlıca parametreler elastisite modülü ve poisson oranıdır (Keleşoğlu vd., 2002). Bunların dışında başka bir parametre de kayma modülüdür. Bu elastik sabit, bağımsız bir sabit olmayıp, elastisite modülüne bağlı bir büyüklüktür (Tekinsoy ve Laman, 2000). Şekil 2.3'te basit bir kayma durumu gösterilmiştir.

**Şekil 2.3.** Basit kayma durumu

Şekil 2.3.'te görüldüğü gibi τ kayma gerilmesi cisim üzerinde γ kadar sapmalar meydana getirir. Yapılan deneysel çalışmalar, bazı elastik cisimler için kayma gerilmesi τ ile kayma açısı γ arasında

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \dots\dots\dots(2.7)$$

lineer bağıntısının varlığını ortaya koymuştur (Pakdemirli, 1983). Burada G kayma modülü olarak adlandırılır. Önalp (1997), çalışmasında kayma modülünü, cisim yalnızca kesme gerilmesi alıyorsa iki boyutta belirtilen şekil değiştirme, kayma deformasyonu γ olacağından, bunu veren parametre kayma modülüdür, şeklinde açıklamış ve poisson oranı μ ve elastisite modülü E'ye bağlı olarak Eşitlik 2.8'deki gibi ifade etmiştir.

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Bunların dışında zeminin önemli parametrelerinden biri de, zeminin dane özelliklerinden olan birim hacim ağırlıktır. Zeminlerin bir çok mekanik ve fiziksel özelliği bu parametreye bağlıdır. Zeminin birim hacim ağırlığı bir metre küp hacme sığan kütle olarak tarif edilir (Sümer vd., 1983). Birim hacim ağırlık danelerin özgül ağırlığı, doygunluk derecesi gibi şartlara bağlı olarak değişir.

Doğal birim hacim ağırlık γ_n , zeminin doğal haldeki birim hacim ağırlığıdır ve yeraltı su seviyesine göre kurudan doyguna değişebilir. Yeraltı su seviyesinin altında ise

$$\gamma_A = \gamma_d - \gamma_w \dots\dots\dots(2.9)$$

şeklinde bulunur. Burada γ_A : su altındaki birim hacim ağırlık, γ_d : doygun birim hacim ağırlık ve γ_w : suyun birim hacim ağırlığıdır.

Birim hacim kütle (ρ) ise, birim hacim ağırlığın (γ), 9.81 yerçekimi ivmesine (g) bölünmesiyle elde edilen bir parametredir ve

$$\rho = \gamma / g \dots\dots\dots(2.10)$$

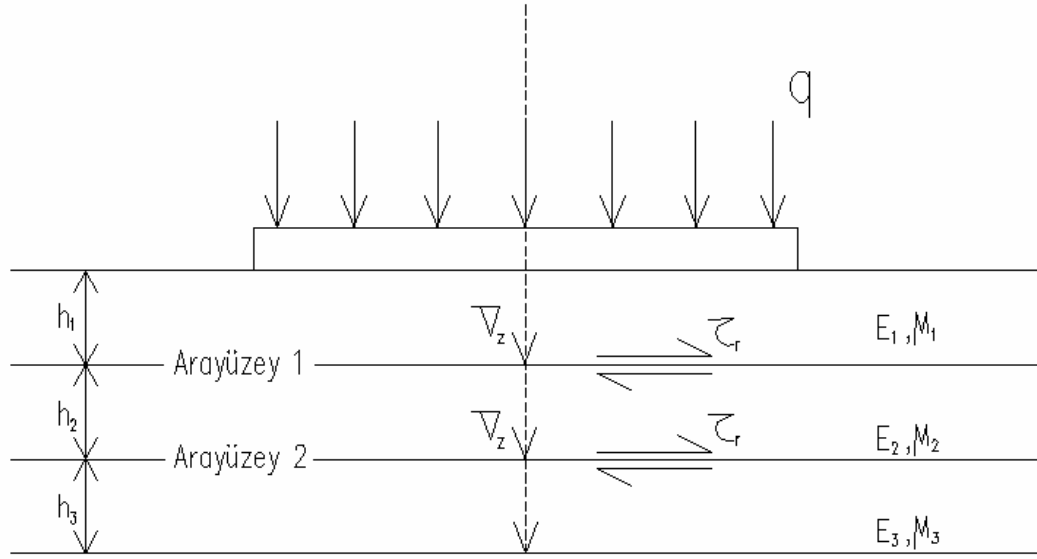
bağıntısıyla bulunur (Sümer vd., 1983).

2.3. Sonlu Elemanlar Analizi ve SAP2000

Zemin sisteminin tabakalardan oluşması durumunda (gerçekte genellikle durum böyledir) elastik yöntemler çözüm için yeterli olmayabilir. Bu durumda sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı çözümler yeterli doğrulukta sonuç vermektedir. Önalp (1997), Şekil 2.4.'de gösterilen çok tabakalı zemin sisteminin çözümünde şu varsayımları kullanmayı tavsiye etmektedir;

- Her tabakadaki malzeme homojen ve izotropdur.
- En alttaki tabakanın dışındaki tabakalar sonlu kalınlıktadır.
- Her tabaka ara yüzeyinde sürtünme kuvvetleri tümüyle uyanmıştır.
- Sistemin yüzeyine kesme kuvveti uygulanmamaktadır.

- Zeminlerin özellikleri μ ve E ile temsil edilebilir.



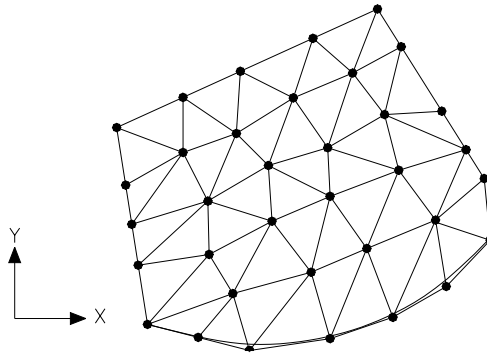
Şekil 2.4. Çok tabakalı sistemde gerilmeler (Önalp, 1997)

Sonlu elemanlar yöntemi, bilgisayar teknolojisinde yaşanan gelişmelerle birlikte son yıllarda geliştirilen önemli sayısal hesap yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, süreksiz veya karışık sınır koşulları, düzensiz geometri, heterojen ya da anizotrop non-lineer malzeme davranışları (zemin gibi), süreksiz veya tekil yüklerin varlığı gibi karmaşık mühendislik problemlerinde, yaklaşık çözümlerin elde edilmesini sağlar. Bu nedenle son zamanlarda hesaplanması zaman alan, varsayımlara dayalı analitik çözüm metotlarının yerine sonlu elemanlar yöntemi oldukça sık kullanılmaya başlamıştır.

Sonlu elemanlar yönteminin esası, çözüm aranan yapıyı, bölgeyi veya cismi çok sayıda küçük sonlu elemanlara, kısaca elemanlara bölmektir (Aydoğan, 2003). Böylece problemin çözümü, bütün sistemde değil sistem içinde küçük parçalara ayrılmış, seçilmiş noktalar için yapılabilir. Daha sonra tüm parçalar bir araya getirilerek orijinal sisteme ait çözüme ulaşılır. Bu sayede ayrılmış küçük elemanlar için yapılan basit yaklaşımlar ile sistemin tamamı için doğru sonuçlar elde edilir.

Bir, iki veya üç boyutlu olabilen bu ayrılmış elemanların, düğüm noktası olarak adlandırılan noktalarla birbirlerine bağlandığı varsayılır. Şekil 2.5’de düzgün sınırları olmayan bir levhanın üçgen sonlu eleman parçacıklarına ayrılması ve düğüm noktası birleşimleri gösterilmiştir. Aydoğan (2003), şekil üzerinde sonlu elemanlar yönteminin kullanılmasını şu şekilde özetlemiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm sonucunda aranan büyüklüklerin, mesela x ve y doğrultusundaki yer değiştirme veya gerilmelerin, düğüm noktalarındaki sayısal değerlerinin elde edilmesi gerekir. Eleman düğüm noktalarındaki büyüklüklerin sayısal değerlerine, düğüm nokta serbestlikleri denir. Aranan büyüklüğün eleman içindeki değişimi için, matematiksel olarak çözümü kolay ve problemin fiziğine uygun, yani gerçek davranışa yakın sürekli fonksiyonlar seçilir. Seçilen fonksiyona genelde şekil fonksiyonu denir ve fonksiyonun katsayıları, düğüm noktalarında aranan büyüklükler cinsinden belirlenir.

Böylece çözüm yapıp düğüm noktalarındaki bilinmeyenler elde edildiğinde, eleman içindeki değişimde belirlenmiş olur. Sistemin davranışını tam olarak yansıtan bir fonksiyon yardımıyla yapılan sonlu eleman çözümü orijinal sistem için birleştirildiğinde, tüm yapıyı gerçeğe çok yakın şekilde temsil eder.



Şekil.2.5. Düzensiz geometriye sahip bir levhanın üçgen sonlu elemanlara ayrılması

Sonlu elemanlar yöntemi esas olarak yapı sistemleri için geliştirilmiş bir yöntemdir. Ancak dayandığı temeller genel olduğu için daha sonra zemin mekaniği, akışkanlar mekaniği, kaya mekaniği, elektromanyetik alanlar gibi birçok inşaat, makine ve elektronik mühendisliği problemine uyarlanmıştır.

Özellikle geleneksel tasarım yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla yönelik olarak, sonlu elemanlar modelleri büyük faydalar sağlamaktadır. Böylece zemin içindeki gerilme ve deformasyon değerleri belirlenebilmekte ve daha sağlıklı tasarımlar yapılabilmektedir (Adip ve Mitchell, 1990). Sonlu elemanlarla yapılan analizlerde geometrik model ve zemin modelinin yanı sıra, zaman süreci içinde meydana gelen değişimlerin etkisi de önem kazanmaktadır (Thamm vd., 1990). Sonlu elemanlar yönteminde, herhangi bir eleman için, istenilen geometri ve malzeme özelliği kolaylıkla oluşturulabilir. Bu durum sonlu elemanlar yöntemini; karmaşık yükleme durumları, sınır koşulları ve çok tabakalı zemin problemleri için kullanışlı hale getirmektedir (Hsiung vd., 1997).

Sonlu elemanlar yönteminin geoteknik problemlerinde uygulanması, yapı problemlerine nazaran daha yenidir. Anandarajah ve Zhang (1994), sonlu elemanlar yöntemini tekil bir kazığın deprem sırasındaki davranışını belirlemek için kullanmışlardır. İki boyutlu bir model oluşturarak, kazık – zemin etkileşim problemini çözmüşler ve sonuçları grafikler halinde karşılaştırmalı olarak sunmuşlardır. Griffiths ve Lane (1998), sonlu elemanlar metodu ile şev stabilitesi analizleri için bir çalışma sunmuştur. Bu çalışmada serbest yüzey etkisi içeren şev ve baraj örnekleri üzerinde, diğer çözüm metotları ile karşılaştırmalı olarak sonlu elemanlar yöntemiyle şev stabilitesi hesabı yapmışlardır. Bu konuda çeşitli örnekler sunulmuş ve sonuçlar grafik çıktılar şeklinde gösterilmiştir. Sheng vd.(2003), doymamış zeminlerde, sonlu eleman formülasyon ve algoritmaları için iki bölümden oluşan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın birinci bölümünde, doymamış zeminler için sonlu eleman davranışları bir bütün olarak ele alınmış ve genel kurucu denklem için yeni bir formül sunulmuştur. Artan basınç-gerilme denklemlerinde, emme ya da boşluk suyu basıncı, bir basınç değişimi yerine bir gerilme değişimi olarak ele alınmış ve buna bağlı şemasal çözümler elde edilmiştir. İkinci bölümde ise birinci bölümde teorik olarak geliştirilen formülasyon ve integrasyon çözümleri, doymuş ve doymamış zeminleri kapsayan problemlerin çözümlerinde uygulanmış ve tüm analiz durumları için iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Sitharam ve Kumar (1998), klasik sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı sonsuz bölge problemlerinde çözümün non-lineer ve zamana bağlı problemlerde ekonomik olmadığını bulmuşlardır. Bu tür problemler için ilk kez Bettess (1977) tarafından önerilen sonsuz elemanlar yöntemi ile sonlu elemanlar yöntemini birleştirerek yeni bir yöntem ortaya koymuşlardır. Bu yöntemi sonsuz bölge problemleri için kullanmışlar ve bu tür problemlerin çözümünde etkili ve yararlı bir teknik olduğu sonucuna varmışlardır.

Sonlu elemanlar yöntemi günümüzde lineer, non-lineer, statik ya da dinamik mühendislik problemlerinde rahatlıkla kullanılmaktadır. Ancak yöntemin kullanılabilmesi için bilgisayarlara ve bu amaca yönelik bilgisayar programlarına ihtiyaç vardır. Sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapan bilgisayar programları, bilgisayar teknolojisi ve kullanımının hızla gelişmesi sonucunda, son zamanlarda artış göstermiştir. Bu amaca yönelik programlar arasında INFEMEP, Cadre Analytic, Soil Vision, EFEMER, Sigma W, PLAXIS, SAP2000 gibi direkt sonlu elemanlar yöntemini kullanan programların yanı sıra, yapısal tasarımın sadece bazı kısımlarında sonlu elemanlar yöntemini kullanan PROBİNA, İDESTATİK gibi paket hesap programları da sayılabilir. SAP2000 bilgisayar programı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan genel amaçlı bir programdır (Özmen vd., 2003).

3. MATERYAL VE METOD

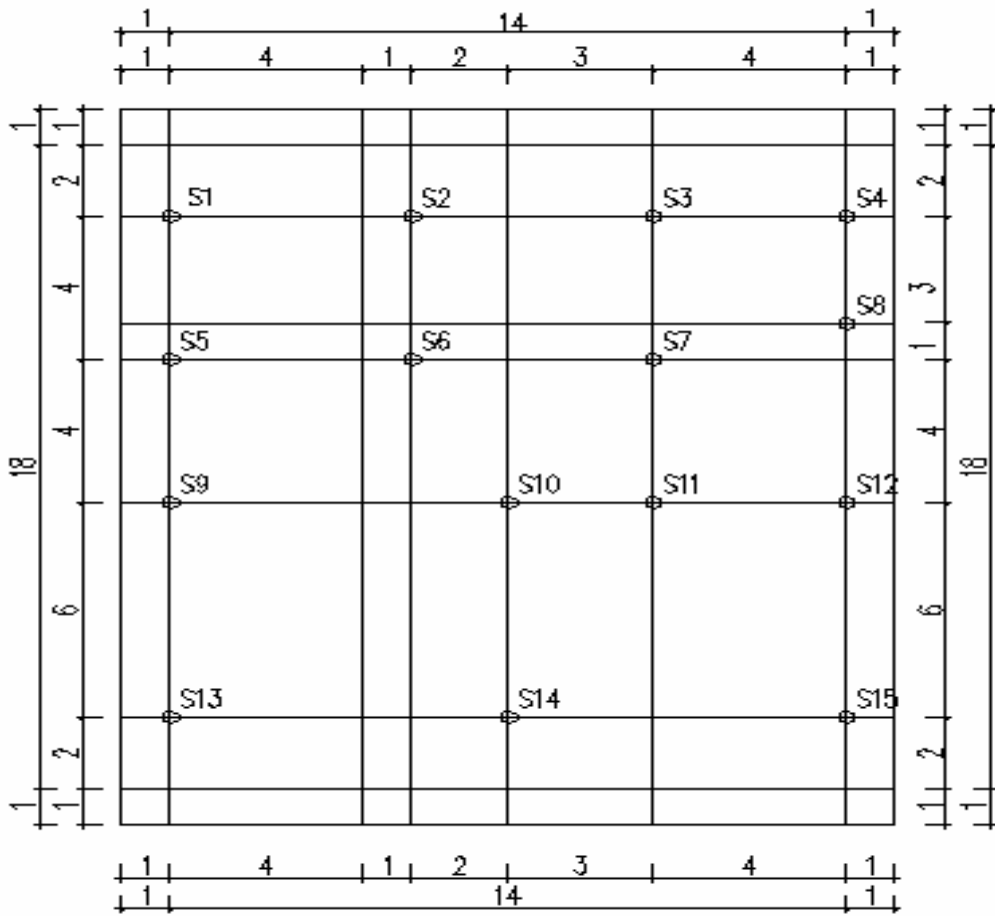
Zeminler, üzerlerine bir yapı inşa edildiği zaman ilave yük artışlarından dolayı bir takım elastik ve plastik şekil değiştirme gösterirler. Bu çalışmada zemin, lineer, elastik ve izotrop bir malzeme olarak ele alınmış, yüklemeler karşısında tabakalı, elastik zemine oturan radye temelde oluşan gerilme ve deplasmanlar üç boyutlu olarak düşünülmüş bu nedenle oluşturulan temsili zemin modeli de üç boyutlu elemanlardan oluşmuştur. Zeminin elastik parametrelerinin değişiminin radye temelde oluşturacağı gerilme- deformasyon etkilerini belirlemek amacıyla ilk önce, non-lineer, izotropik malzemeleri kullanarak analiz yapabilen SAP2000 sonlu elemanlar bilgisayar programıyla, Çizelge 3.1'de verilen zemin parametreleri kullanılarak örnek bir model oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1. Çalışmada dikkate alınan temsili zemin profili

Tabaka	Derinlik	Zemin Durumu	Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	Birim Hacim Kütle (ρ)	Elastisite Modülü (E)	Poisson Oranı (μ)	Yatak Katsayısı (k_s)
	(m)		(t/m ³)	(t/m ⁴)	(t/m ²)		(t/m ³)
1	4	Gevşek Kum	2.4	0.244	1732.93	0.15	1500
2	5	Orta Katı Kil	2.1	0.214	611.62	0.2	1200
3	3	Çok Katı Kil	1.9	0.193	815.494	0.4	3000
4	6	Az Çakıllı Çok Katı Kil	2.1	0.214	5086.84	0.3	5000

Model, farklı kalınlıkta, üst üste dört yatay tabakadan meydana gelmiş ve her birine ayrı özellik atanmıştır. En alt tabakadan sonra zeminin ana kaya üzerine oturduğu varsayılmış ve zemin modeli en altta sabit mesnetlerle sabitlenmiştir. Ayrıca yanal deformasyonlar hesaba katılmamış ve yatay deformasyonları engellemek amacıyla model etrafına, sadece düşey yönde hareketi sağlayan mesnetler yerleştirilmiştir. Zeminin profil derinliği 18 m'dir ve yanal deformasyonları sınırlandırılan 20 m

genişliğinde 24 m eninde bir alan göz önünde bulundurulmuştur. Zemin katı (solid) malzeme olarak tanımlanmış ve 1m x 1m lik yatay ve düşey sonlu elemanlar ağına bölünmüştür. Daha sonra bu zeminin üzerine 16 m ye 20 m lik, 0.5 m kalınlığında bir radye temel modellenmiştir. Radye temelin üzerine ise Probina Orion yapı tasarım programında hesaplatılan 6 katlı bir yapının düşey kolon yükleri ve momentleri Şekil 3.1’de gösterildiği şekilde yüklenmiştir. Ayrıca radye temelin kendi ağırlığı $16*20*0.5*2.4 = 384$ ton olarak verilmiştir. Kullanılan tekil yük değerleri ve momentler Çizelge 3.2’de verildiği gibidir. Radye temel de, 1m x 1m lik sonlu elemanlar ağına ayrılmış ve temel üzerinde 357 adet düğüm noktası elde edilmiştir.

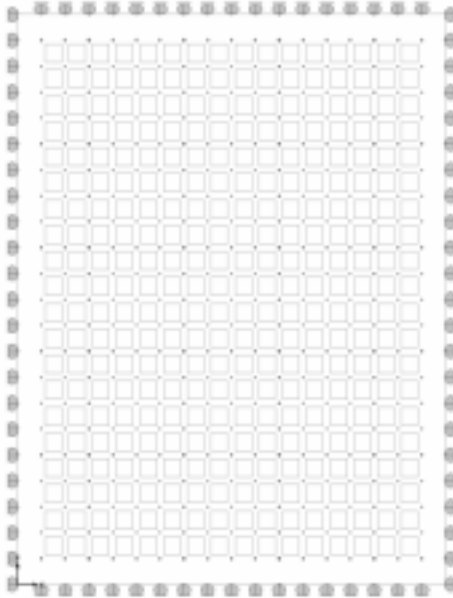


Şekil 3.1. Radye temel üzerinde tekil kolon yükleri ve momentlerin yerleşimi

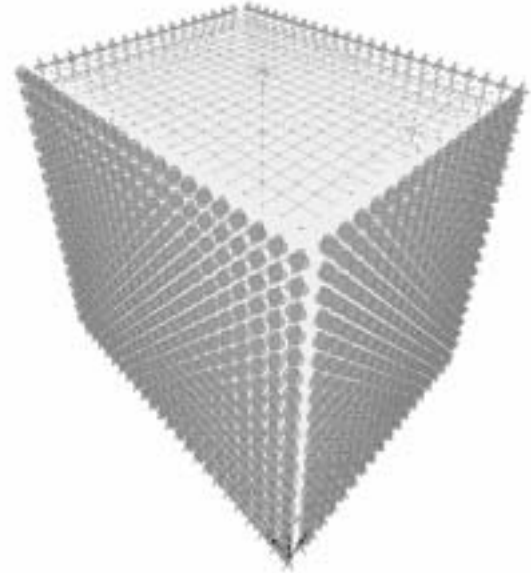
Çizelge 3.2. Modelde kullanılan tekil kolon yükleri ve momentler

Kolon Sayısı	Tekil DüşeyYük(N) (ton)	Moment (M) (ton*m)
S1	90	1.3
S2	135	
S3	125	1.23
S4	130	
S5	130	
S6	150	3.75
S7	175	
S8	160	
S9	190	
S10	200	
S11	155	
S12	175	
S13	130	3.15
S14	220	2.28
S15	180	4.02

Örnek model tamamlandıktan sonraki plandaki görünümü ve üç boyutlu görüntüsü Şekil 3.2'deki gibidir.



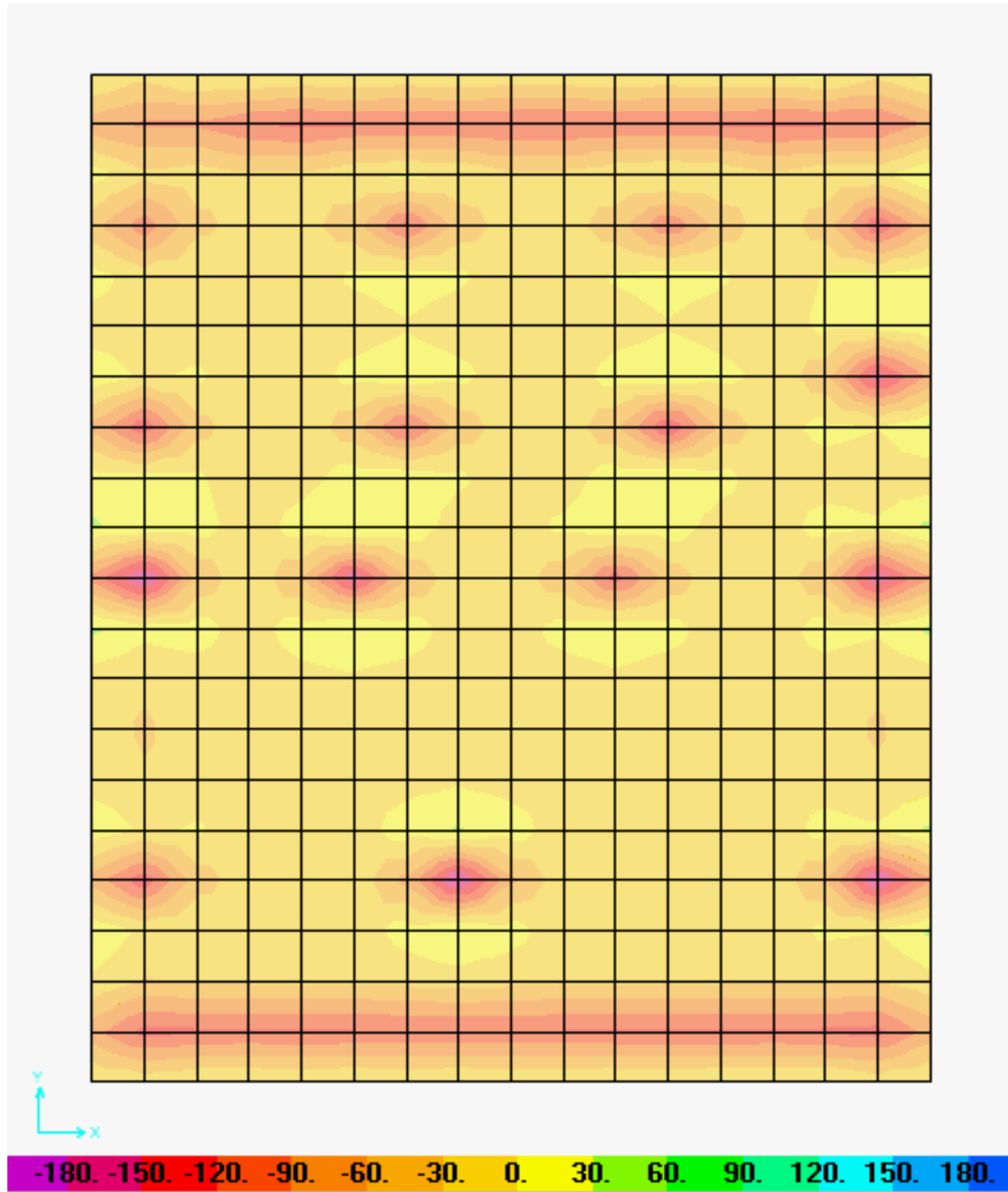
(a)



(b)

Şekil 3.2. Oluşturulan modelin (a) sonlu elemanlar ağında izdüşüm görüntüsü (b) üç boyutlu görüntüsü

Daha sonra model analiz ettirilmiş ve analiz sonucunda bilgisayar programının hazırladığı Şekil 3.3'deki zemin gerilme durumu elde edilmiştir. Programın analiz sonuçlarını excele aktarma özelliğinden faydalanılarak, radye temel üzerindeki düğüm noktalarının düşey yöndeki yer değiştirme değerleri excel ortamına aktarılmış ve düğüm noktaları için 17x21 lik bir matris oluşturulmuştur (Çizelge 3.3.). Sonra bu matris grafik sihirbazında yüzey grafik tipine çevrilmiş ve deformasyona ait bir grafik elde edilmiştir (Şekil 3.4.).

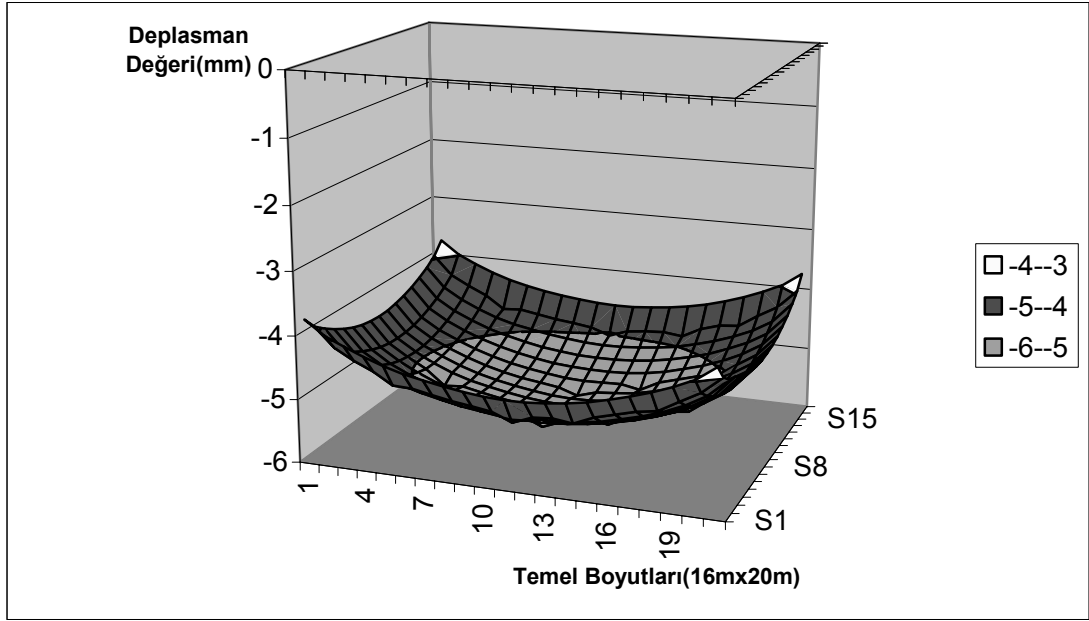


Şekil 3.3. Örnek modelin gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Çizelge 3.3. Örnek modelin radye temel düğüm noktalarına ait deplasman değerleri

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-3.723	-3.925	-4.050	-4.154	-4.241	-4.310	-4.360	-4.391	-4.402
2	-3.940	-4.229	-4.376	-4.485	-4.574	-4.645	-4.697	-4.728	-4.739
3	-4.078	-4.391	-4.554	-4.669	-4.761	-4.836	-4.890	-4.921	-4.933
4	-4.201	-4.527	-4.691	-4.807	-4.902	-4.980	-5.046	-5.085	-5.089
5	-4.306	-4.709	-4.805	-4.920	-5.020	-5.098	-5.174	-5.333	-5.216
6	-4.390	-4.721	-4.893	-5.015	-5.115	-5.197	-5.265	-5.306	-5.309
7	-4.455	-4.782	-4.961	-5.091	-5.193	-5.275	-5.333	-5.366	-5.378
8	-4.510	-4.840	-5.019	-5.150	-5.255	-5.335	-5.392	-5.427	-5.437
9	-4.556	-4.883	-5.065	-5.198	-5.302	-5.382	-5.440	-5.473	-5.483
10	-4.591	-4.929	-5.103	-5.229	-5.342	-5.429	-5.479	-5.503	-5.513
11	-4.607	-5.053	-5.122	-5.240	-5.362	-5.557	-5.499	-5.515	-5.526
12	-4.602	-4.939	-5.114	-5.239	-5.352	-5.439	-5.489	-5.514	-5.523
13	-4.579	-4.912	-5.089	-5.216	-5.320	-5.407	-5.470	-5.497	-5.501
14	-4.540	-4.949	-5.052	-5.173	-5.277	-5.370	-5.513	-5.460	-5.458
15	-4.484	-4.818	-4.992	-5.116	-5.220	-5.306	-5.368	-5.395	-5.399
16	-4.410	-4.735	-4.914	-5.042	-5.145	-5.224	-5.277	-5.311	-5.320
17	-4.325	-4.655	-4.827	-4.950	-5.050	-5.133	-5.191	-5.217	-5.220
18	-4.225	-4.603	-4.722	-4.837	-4.935	-5.019	-5.149	-5.102	-5.099
19	-4.107	-4.427	-4.588	-4.701	-4.795	-4.873	-4.928	-4.953	-4.955
20	-3.966	-4.256	-4.407	-4.518	-4.607	-4.678	-4.726	-4.755	-4.763
21	-3.739	-3.994	-4.128	-4.181	-4.271	-4.341	-4.389	-4.417	-4.426

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-4.394	-4.367	-4.321	-4.257	-4.177	-4.079	-3.960	-3.762
2	-4.730	-4.702	-4.655	-4.590	-4.508	-4.406	-4.266	-3.981
3	-4.922	-4.891	-4.842	-4.776	-4.692	-4.585	-4.430	-4.123
4	-5.068	-5.034	-4.984	-4.915	-4.829	-4.726	-4.570	-4.246
5	-5.187	-5.154	-5.101	-5.031	-4.940	-4.839	-4.777	-4.347
6	-5.287	-5.251	-5.198	-5.124	-5.032	-4.920	-4.755	-4.425
7	-5.366	-5.330	-5.276	-5.200	-5.103	-4.979	-4.804	-4.481
8	-5.425	-5.392	-5.336	-5.259	-5.158	-5.030	-4.855	-4.527
9	-5.473	-5.438	-5.382	-5.302	-5.200	-5.072	-4.892	-4.567
10	-5.509	-5.480	-5.418	-5.331	-5.227	-5.105	-4.933	-4.597
11	-5.527	-5.583	-5.437	-5.343	-5.239	-5.121	-5.045	-4.609
12	-5.520	-5.491	-5.429	-5.342	-5.236	-5.112	-4.939	-4.601
13	-5.491	-5.465	-5.415	-5.328	-5.217	-5.085	-4.903	-4.577
14	-5.447	-5.429	-5.474	-5.294	-5.178	-5.054	-4.881	-4.545
15	-5.388	-5.364	-5.315	-5.232	-5.122	-5.005	-4.921	-4.496
16	-5.309	-5.278	-5.223	-5.149	-5.050	-4.929	-4.758	-4.426
17	-5.209	-5.183	-5.135	-5.057	-4.956	-4.838	-4.667	-4.340
18	-5.088	-5.067	-5.087	-4.944	-4.839	-4.729	-4.637	-4.237
19	-4.943	-4.918	-4.872	-4.798	-4.702	-4.592	-4.435	-4.117
20	-4.752	-4.723	-4.672	-4.604	-4.517	-4.408	-4.261	-3.973
21	-4.415	-4.385	-4.336	-4.269	-4.183	-4.080	-3.956	-3.754



Şekil 3.4. Örnek modele ait radye temel deplasman diyagramı

Daha sonra zemin parametrelerinin radye temel üzerindeki etkisini belirleme çalışmalarına geçilmiştir. Bunun için ilk önce kullanılan tüm zemin parametrelerinin ortalama değeri bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 3.4’de verilmiştir. Sonra örnek temel modelinde, ortalama zemin değerleri sabit tutulup, her seferinde sadece biri için, zemin cinslerine ait sınır değerler içinden, minimum ve maksimum değerler seçilerek (Çizelge 3.5.) yukarıda anlatılan analiz ve hesaplamalar tekrarlanmıştır.

Çizelge 3.4. Modelde kullanılan ortalama zemin parametreleri

Zemin Parametresi	Ortalama Değer
Ortalama Elastisite Modülü (E_{ort})	2064.22t/m ²
Ortalama Poisson Oranı (μ_{ort})	0.2625
Ortalama Birim Hacim Ağırlık (γ_{ort})	2.125t/m ³
Ortalama Birim Hacim Kütle (ρ_{ort})	0.217t/m ⁴

Çizelge 3.5. Modelde kullanılan minimum ve maksimum zemin parametresi değerleri

Tabaka	Zemin Cinsi	Elastisite Modülü(min) t/m ²	Poisson Oranı(min)	Birim Hacim Ağırlık(min) t/m ³	Birim Hacim Kütle(min) t/m ⁴
1	Gevşek Kum	1019.367	0.1	2	0.203
2	Orta Katı Kil	407.747	0.2	1.7	0.173
3	Çok Katı Kil	713.557	0.4	1.5	0.152
4	Az Çakıllı Çok Katı Kil	5504.587	0.3	1.7	0.173

Tabaka	Zemin Cinsi	Elastisite Modülü(max) t/m ²	Poisson Oranı(max)	Birim Hacim Ağırlık(max) t/m ³	Birim Hacim Kütle(max) t/m ⁴
1	Gevşek Kum	2548.42	0.2	2.8	0.285
2	Orta Katı Kil	815.494	0.4	2.5	0.255
3	Çok Katı Kil	2038.735	0.5	2.3	0.234
4	Az Çakıllı Çok Katı Kil	11213.047	0.45	2.5	0.255

İlk seferde tüm parametreler ortalama değerde alınıp, elastisite modülü için zemin cinslerine ait sınır değerler içinden minimum olanları seçilerek analiz yaptırılmıştır. Daha sonra aynı işlem elastisite modülünün maksimum değerleri kullanılarak tekrarlanmıştır.

İkinci aşamada tüm parametreler yine ortalama değerlerde sabit tutulmuş ve analizler poisson oranının minimum ve maksimum değerleri kullanılarak yeniden yapılmıştır.

Üçüncü adımda parametreler ortalama değerlerde sabit tutulup zeminin doğal birim hacim ağırlığı ve buna bağlı olarak birim hacim kütlesi minimum ve maksimum değerlerde alınarak işlemler tekrarlanmıştır.

Tabaka kalınlığının radye temel üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla tabakaların zemin parametreleri normal değerlerinde tutularak 1. tabaka kalınlığı 9m'ye

çıkartılmış ve model analiz ettirilmiştir. Sonra 1. tabaka kalınlığı 12m ve 18m'ye çıkartılarak analizler tekrarlanmıştır.

Son olarak yatak katsayısının etkisini belirlemek için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada zemin modelinin tüm değerleri ortalama değerlerdeyken sadece yatak katsayısı artırılarak analiz yapılacağından yani model, temel altında tek bir zemin tabakası varmış gibi davranacağından zemin tabakalarının modellendiği katı(solid) kısım ihmal edilmiş ve radye temelin altına tek bir zemin gibi hareket edecek yaylar yerleştirilmiştir. Bu yaylara ilk önce tüm tabakaların ortalama yatak katsayısı olan 4250 t/m^3 değeri verilerek analiz yaptırılmış, daha sonra her tabakanın kendi yatak katsayısı değeri olan 1200 t/m^3 , 1500 t/m^3 , 3000 t/m^3 , 5000 t/m^3 değerleri için analizler tekrarlanmıştır.

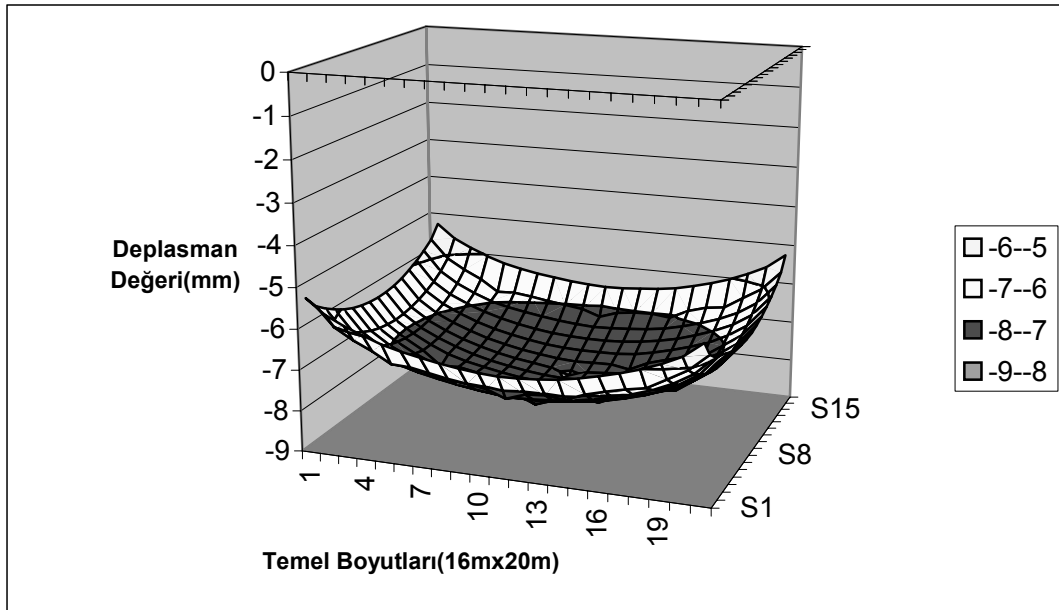
Tüm bu analizler sonucunda elde edilen gerilme ve deplasman grafikleri ile radye temel üzerindeki noktaların deplasman değerlerinin çizelgeleri Bölüm 4'te gösterilmiştir.

4. BULGULAR

Örnek modele ait Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Çizelge 3.3’de görüldüğü gibi gerilmeler tekil kolon yükleri etrafında artmakta ve 180 ton/m^2 civarına ulaşmakta, kolondan uzaklaştıkça bu değer azalmaktadır. Deplasman değerleri ise radye temel ortasında maksimum 5.5 mm değerini alırken temelin kenarlarına doğru bu değer azalarak 3.7 mm değerine gerilemektedir.

Bölüm 3’de, yapılan diğer analizler sonucunda elde edilen gerilme ve deplasman grafikleri ve deplasman değerlerine ait çizelgeler bu bölümde verilmiştir.

Tabakalarda tüm değerlerin ortalama değerlerde sabit tutulup elastisite modülünün minimum değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait deplasman kontur diyagramı Şekil 4.1’de, radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri Çizelge 4.1’de ve gerilme diyagramı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

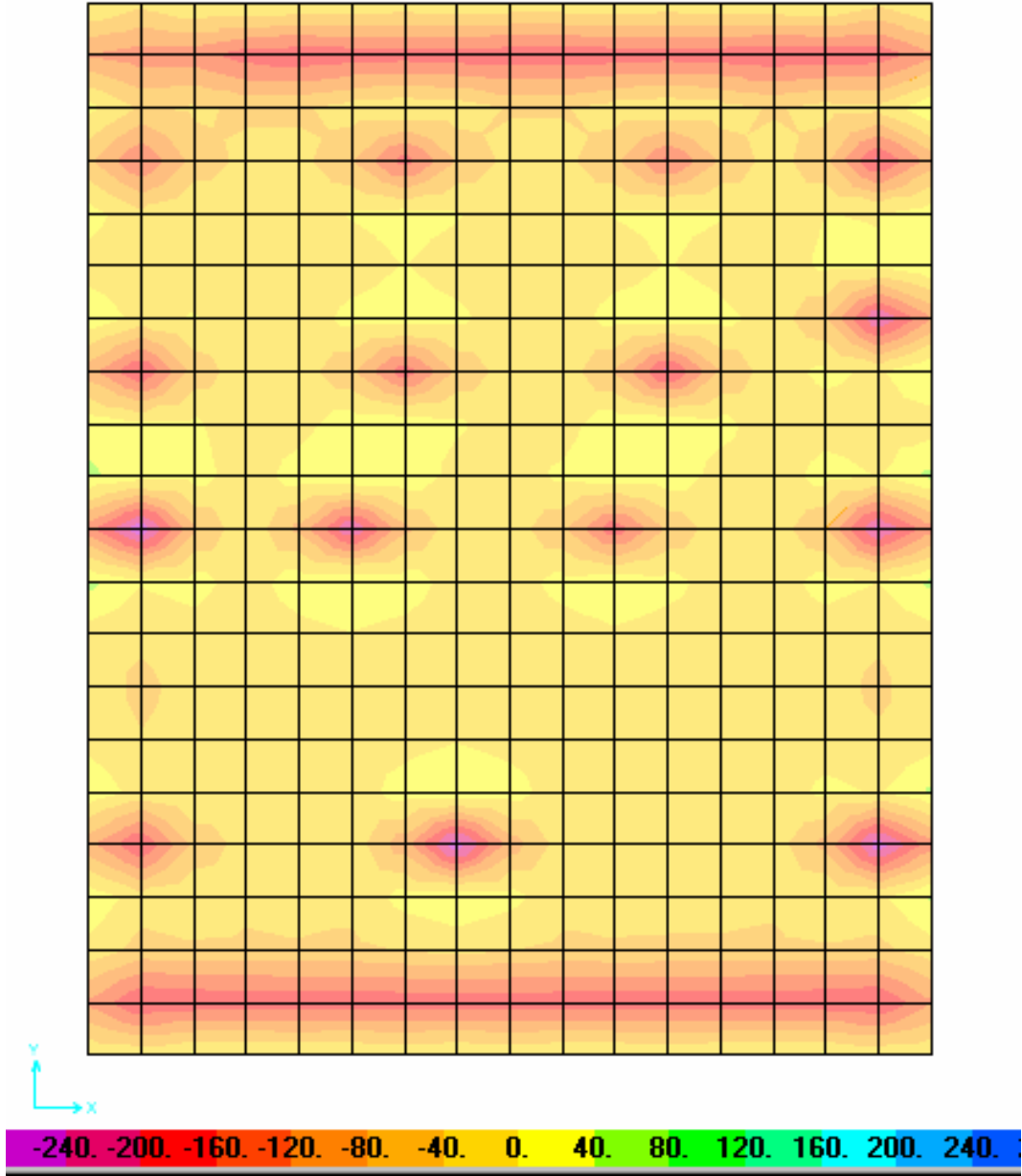


Şekil 4.1. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı

Çizelge 4.1. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-5.229	-5.553	-5.749	-5.907	-6.038	-6.142	-6.216	-6.261	-6.278
2	-5.577	-6.027	-6.262	-6.428	-6.564	-6.669	-6.746	-6.793	-6.808
3	-5.793	-6.285	-6.545	-6.721	-6.860	-6.973	-7.052	-7.098	-7.116
4	-5.977	-6.495	-6.755	-6.931	-7.075	-7.192	-7.292	-7.356	-7.355
5	-6.135	-6.757	-6.927	-7.099	-7.251	-7.368	-7.489	-7.712	-7.552
6	-6.253	-6.780	-7.052	-7.238	-7.391	-7.514	-7.617	-7.683	-7.682
7	-6.346	-6.861	-7.149	-7.348	-7.503	-7.626	-7.713	-7.762	-7.779
8	-6.423	-6.944	-7.230	-7.433	-7.592	-7.713	-7.797	-7.849	-7.864
9	-6.489	-7.005	-7.297	-7.502	-7.660	-7.779	-7.866	-7.914	-7.930
10	-6.540	-7.079	-7.354	-7.546	-7.719	-7.855	-7.924	-7.958	-7.973
11	-6.568	-7.253	-7.387	-7.562	-7.753	-8.033	-7.959	-7.976	-7.992
12	-6.557	-7.094	-7.370	-7.561	-7.733	-7.871	-7.939	-7.974	-7.988
13	-6.524	-7.053	-7.334	-7.528	-7.686	-7.818	-7.916	-7.953	-7.956
14	-6.472	-7.103	-7.284	-7.466	-7.625	-7.770	-7.973	-7.903	-7.895
15	-6.388	-6.919	-7.194	-7.384	-7.542	-7.673	-7.769	-7.806	-7.810
16	-6.281	-6.794	-7.081	-7.278	-7.433	-7.553	-7.632	-7.682	-7.695
17	-6.158	-6.681	-6.954	-7.142	-7.294	-7.419	-7.510	-7.545	-7.548
18	-6.013	-6.599	-6.800	-6.974	-7.122	-7.254	-7.439	-7.376	-7.367
19	-5.834	-6.338	-6.594	-6.768	-6.910	-7.028	-7.113	-7.145	-7.147
20	-5.615	-6.068	-6.309	-6.477	-6.612	-6.717	-6.789	-6.832	-6.843
21	-5.255	-5.666	-5.874	-5.951	-6.083	-6.187	-6.259	-6.299	-6.311

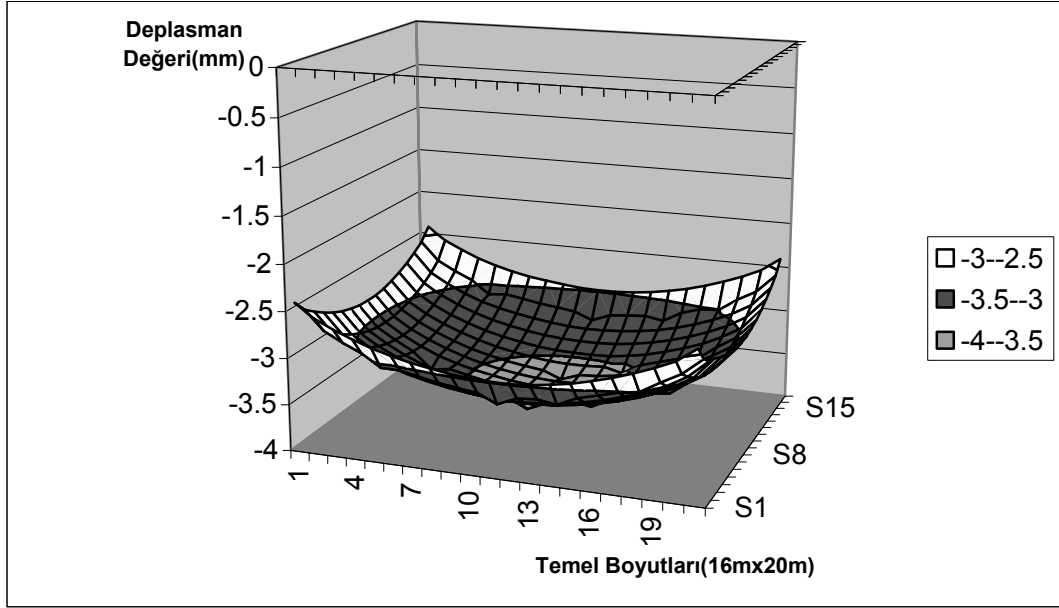
	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-6.265	-6.225	-6.157	-6.061	-5.940	-5.791	-5.604	-5.286
2	-6.794	-6.752	-6.682	-6.586	-6.461	-6.306	-6.081	-5.638
3	-7.099	-7.052	-6.980	-6.881	-6.755	-6.592	-6.342	-5.859
4	-7.321	-7.271	-7.196	-7.093	-6.963	-6.806	-6.560	-6.045
5	-7.500	-7.450	-7.371	-7.265	-7.128	-6.979	-6.858	-6.199
6	-7.646	-7.593	-7.513	-7.403	-7.262	-7.091	-6.832	-6.305
7	-7.761	-7.707	-7.626	-7.512	-7.365	-7.175	-6.894	-6.385
8	-7.846	-7.797	-7.712	-7.596	-7.443	-7.246	-6.966	-6.448
9	-7.914	-7.862	-7.779	-7.659	-7.503	-7.305	-7.018	-6.504
10	-7.968	-7.929	-7.832	-7.699	-7.542	-7.355	-7.083	-6.547
11	-7.999	-8.072	-7.863	-7.717	-7.558	-7.384	-7.239	-6.570
12	-7.984	-7.946	-7.848	-7.716	-7.556	-7.365	-7.092	-6.554
13	-7.941	-7.904	-7.834	-7.700	-7.529	-7.326	-7.034	-6.520
14	-7.879	-7.859	-7.914	-7.656	-7.474	-7.284	-7.010	-6.475
15	-7.794	-7.759	-7.692	-7.562	-7.394	-7.218	-7.065	-6.410
16	-7.679	-7.633	-7.551	-7.439	-7.291	-7.105	-6.835	-6.306
17	-7.531	-7.494	-7.426	-7.305	-7.151	-6.970	-6.701	-6.180
18	-7.350	-7.323	-7.346	-7.140	-6.977	-6.812	-6.649	-6.031
19	-7.130	-7.094	-7.029	-6.914	-6.768	-6.601	-6.353	-5.848
20	-6.826	-6.782	-6.708	-6.605	-6.473	-6.307	-6.072	-5.625
21	-6.295	-6.251	-6.178	-6.077	-5.947	-5.790	-5.596	-5.272



Şekil 4.2. Minimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagram (Şeklin altındaki çizelge gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Bu diyagram ve çizelgeden görüldüğü gibi deplasman değerleri radye temel ortasında maksimum 8 mm'ye yakın bir değer alırken temelin genelinde 7 mm civarında bir değere almakta, kenarlarda 6 mm'ye ve köşelerde 5 mm'ye kadar gerilemektedir. Gerilme değeri ise kolon altlarında maksimum $240 \text{ ton}/m^2$ 'ye kadar çıkmaktadır.

Tabakalarda tüm değerlerin ortalama değerlerde sabit tutulup elastisite modülünün maksimum değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait deplasman kontur diyagramı Şekil 4.3’de, radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri Çizelge 4.2’de ve gerilme diyagramı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



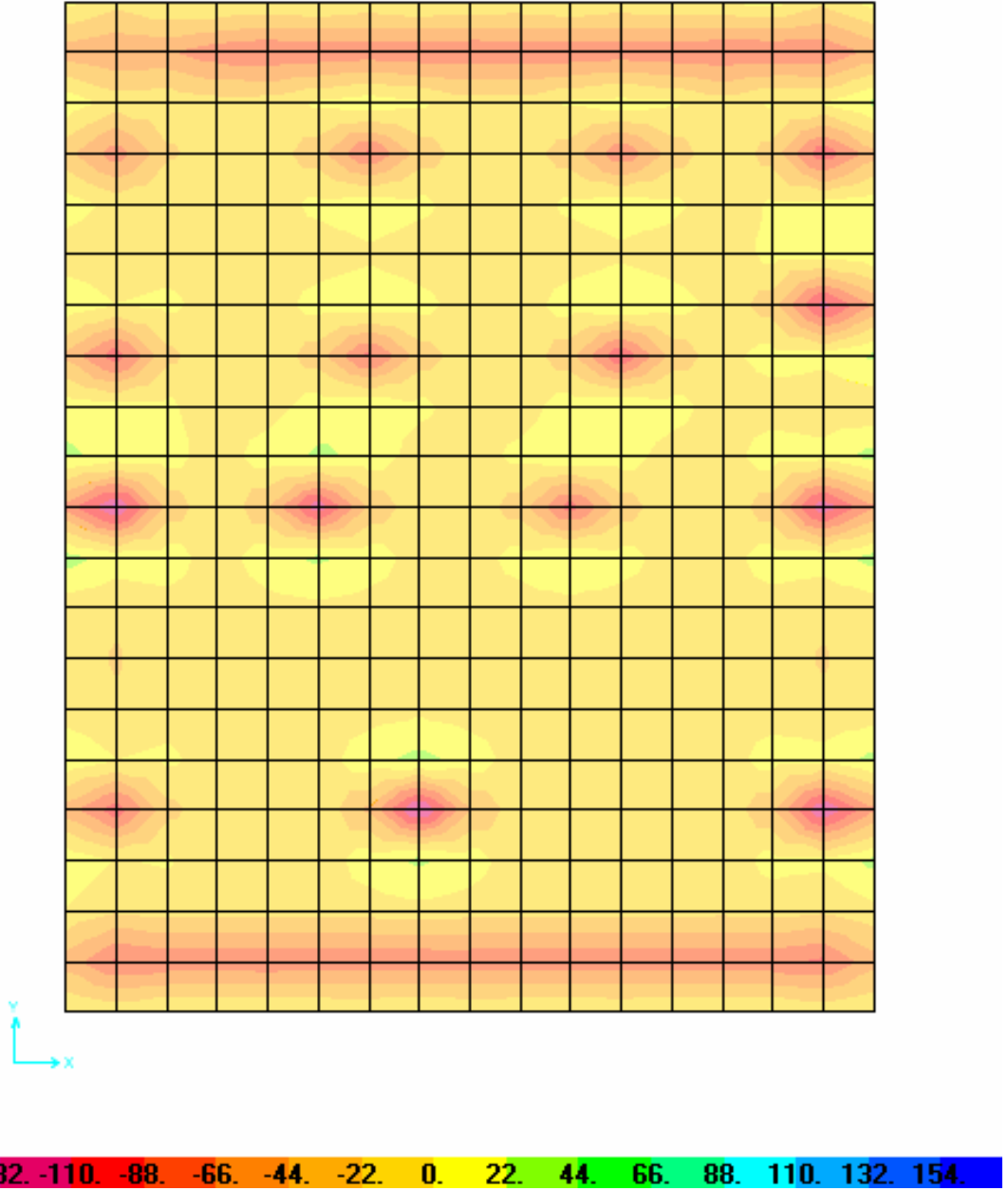
Şekil 4.3. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı

Diyagram ve çizelgelerden görüldüğü gibi deplasman değeri radye temel ortasında 3.5, 4 mm civarında değişmekte ve kenarlara doğru azalarak 2.5 mm’ye kadar düşmektedir. Gerilme değerleri ise kolon altlarında 132 t/m^2 olmaktadır.

Çizelge 4.2. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

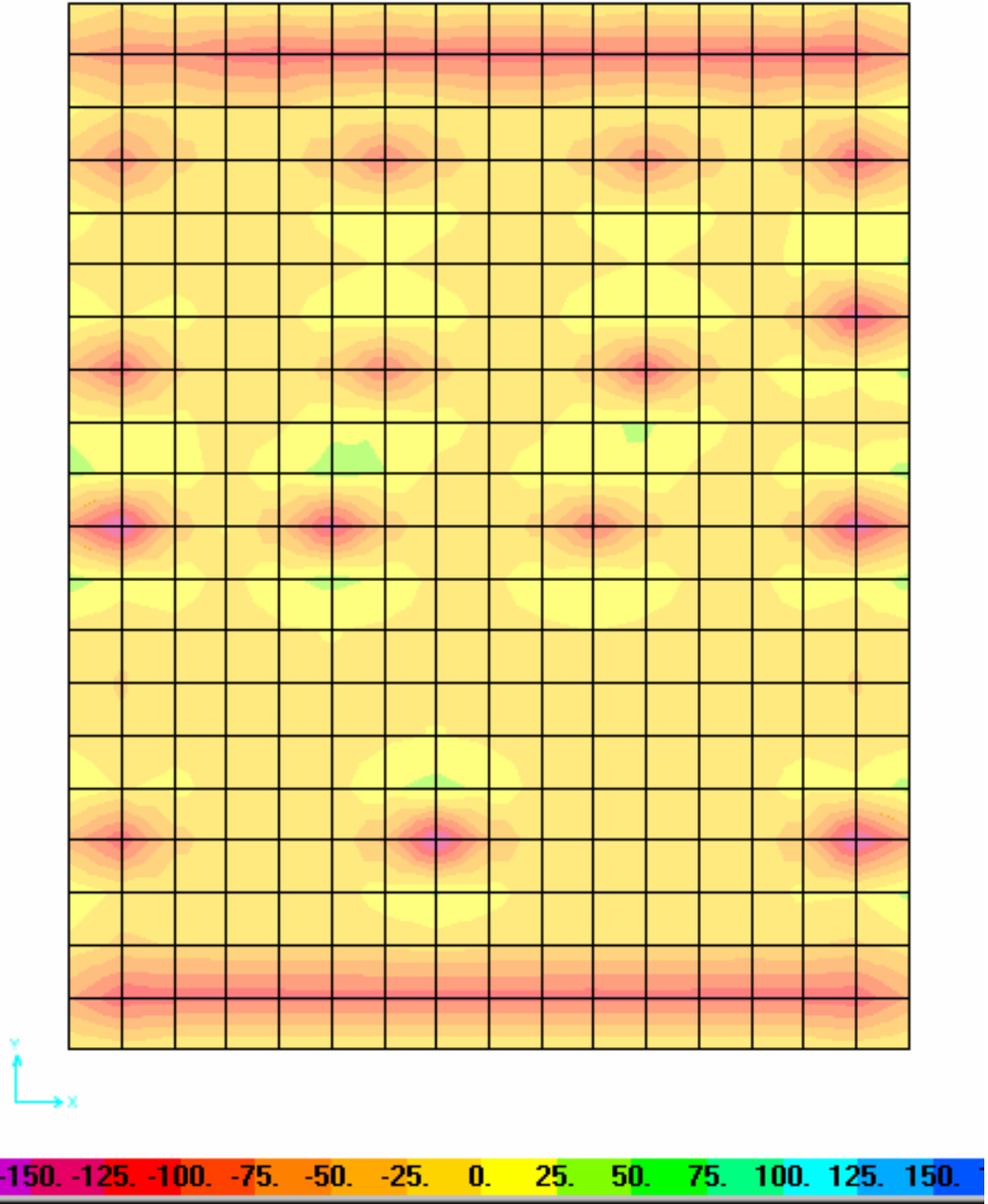
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-2.394	-2.527	-2.610	-2.681	-2.741	-2.789	-2.823	-2.845	-2.852
2	-2.538	-2.732	-2.827	-2.901	-2.963	-3.011	-3.047	-3.069	-3.076
3	-2.630	-2.838	-2.943	-3.021	-3.084	-3.136	-3.173	-3.194	-3.202
4	-2.713	-2.928	-3.036	-3.115	-3.180	-3.234	-3.278	-3.302	-3.307
5	-2.782	-3.057	-3.111	-3.192	-3.260	-3.314	-3.362	-3.481	-3.392
6	-2.840	-3.059	-3.172	-3.256	-3.325	-3.381	-3.427	-3.452	-3.457
7	-2.885	-3.102	-3.219	-3.307	-3.377	-3.434	-3.474	-3.497	-3.505
8	-2.922	-3.142	-3.258	-3.347	-3.419	-3.475	-3.514	-3.538	-3.545
9	-2.953	-3.170	-3.289	-3.380	-3.451	-3.506	-3.546	-3.569	-3.576
10	-2.976	-3.198	-3.314	-3.400	-3.477	-3.535	-3.572	-3.590	-3.597
11	-2.984	-3.292	-3.325	-3.408	-3.488	-3.631	-3.583	-3.598	-3.605
12	-2.983	-3.205	-3.321	-3.407	-3.484	-3.542	-3.579	-3.597	-3.603
13	-2.968	-3.188	-3.305	-3.391	-3.463	-3.522	-3.564	-3.585	-3.588
14	-2.940	-3.219	-3.278	-3.362	-3.434	-3.496	-3.601	-3.558	-3.559
15	-2.904	-3.124	-3.239	-3.324	-3.395	-3.454	-3.495	-3.516	-3.519
16	-2.854	-3.070	-3.187	-3.274	-3.344	-3.399	-3.436	-3.459	-3.465
17	-2.796	-3.015	-3.127	-3.211	-3.280	-3.336	-3.375	-3.395	-3.397
18	-2.727	-2.983	-3.055	-3.135	-3.201	-3.258	-3.353	-3.315	-3.315
19	-2.649	-2.860	-2.965	-3.043	-3.107	-3.160	-3.196	-3.215	-3.217
20	-2.556	-2.749	-2.846	-2.924	-2.985	-3.034	-3.067	-3.087	-3.092
21	-2.405	-2.575	-2.664	-2.699	-2.762	-2.810	-2.843	-2.862	-2.868

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-2.847	-2.828	-2.796	-2.752	-2.697	-2.630	-2.551	-2.420
2	-3.070	-3.050	-3.018	-2.973	-2.917	-2.847	-2.757	-2.566
3	-3.195	-3.173	-3.140	-3.094	-3.037	-2.964	-2.864	-2.660
4	-3.294	-3.271	-3.236	-3.189	-3.130	-3.059	-2.956	-2.744
5	-3.375	-3.352	-3.315	-3.267	-3.205	-3.133	-3.105	-2.810
6	-3.443	-3.418	-3.381	-3.330	-3.267	-3.190	-3.081	-2.864
7	-3.496	-3.472	-3.434	-3.382	-3.315	-3.231	-3.117	-2.903
8	-3.537	-3.514	-3.475	-3.421	-3.352	-3.265	-3.152	-2.933
9	-3.569	-3.545	-3.506	-3.451	-3.381	-3.293	-3.176	-2.960
10	-3.593	-3.571	-3.530	-3.470	-3.399	-3.315	-3.201	-2.979
11	-3.603	-3.648	-3.540	-3.478	-3.407	-3.324	-3.285	-2.986
12	-3.600	-3.578	-3.537	-3.477	-3.405	-3.319	-3.205	-2.983
13	-3.581	-3.562	-3.525	-3.468	-3.392	-3.302	-3.183	-2.967
14	-3.552	-3.536	-3.574	-3.443	-3.366	-3.281	-3.166	-2.944
15	-3.512	-3.494	-3.458	-3.403	-3.328	-3.245	-3.201	-2.909
16	-3.458	-3.436	-3.398	-3.346	-3.279	-3.196	-3.083	-2.864
17	-3.389	-3.371	-3.336	-3.283	-3.215	-3.134	-3.022	-2.806
18	-3.307	-3.290	-3.310	-3.206	-3.136	-3.059	-3.008	-2.735
19	-3.209	-3.191	-3.158	-3.108	-3.043	-2.968	-2.865	-2.654
20	-3.085	-3.064	-3.029	-2.982	-2.922	-2.848	-2.753	-2.560
21	-2.861	-2.840	-2.806	-2.759	-2.700	-2.629	-2.547	-2.414



Şekil 4.4. Maksimum elastisite modülünün kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Tabakalarda tüm değerlerin ortalama değerlerde sabit tutulup poisson oranının minimum değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.5’de, deplasman kontur diyagramı Şekil 4.6’da ve radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.



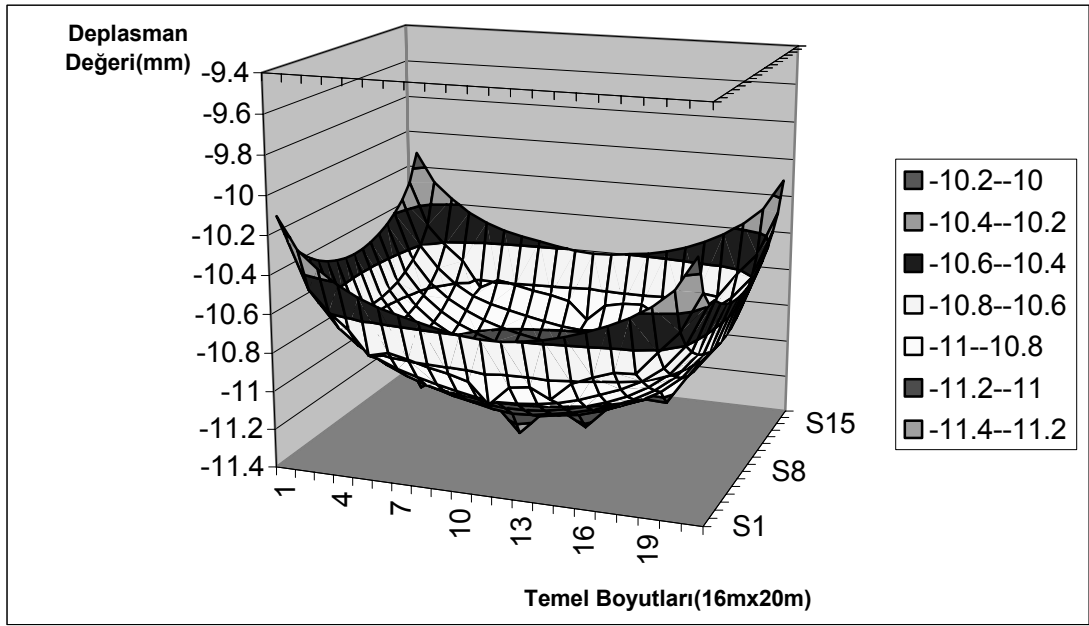
Şekil 4.5. Minimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Diyagram ve çizelgelerden görüldüğü üzere poisson oranının minimuma düşmesi deplasmanları oldukça arttırmış ve deplasmanlar radye temel ortasında 11 mm'ye kadar çıkmıştır. Köşelere gidildikçe azalan deplasmanlar 10 mm civarına inmektedir. Gerilmeler ise kolon altlarında artarak $150 \text{ ton}/m^2$ 'ye ulaşmıştır.

Çizelge 4.3. Minimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

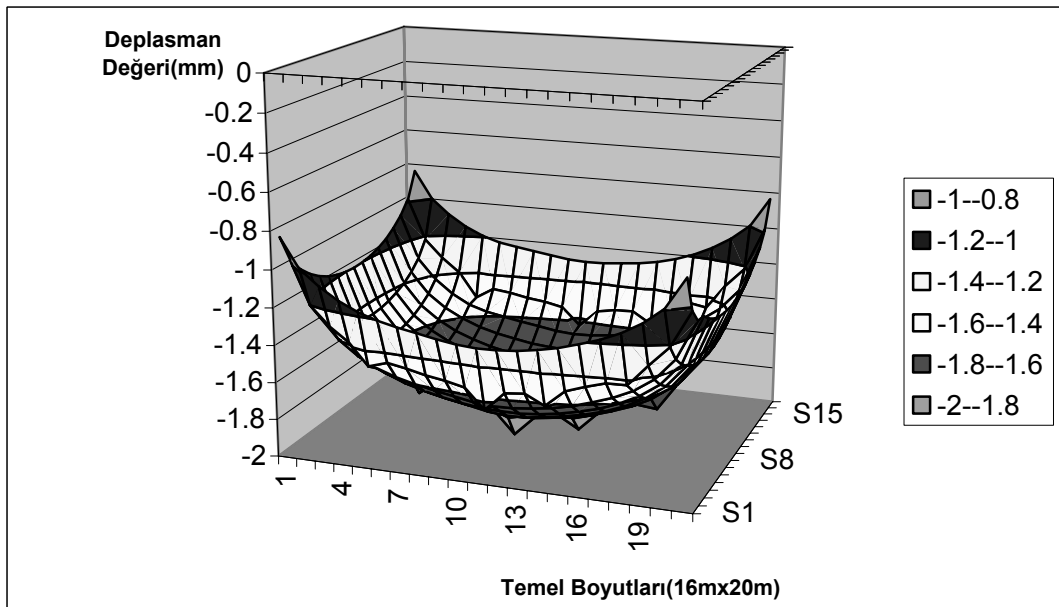
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-10.097	-10.249	-10.327	-10.384	-10.427	-10.460	-10.482	-10.496	-10.501
2	-10.258	-10.486	-10.582	-10.643	-10.689	-10.722	-10.745	-10.759	-10.764
3	-10.344	-10.591	-10.702	-10.767	-10.814	-10.850	-10.874	-10.888	-10.893
4	-10.414	-10.671	-10.782	-10.847	-10.895	-10.933	-10.967	-10.987	-10.986
5	-10.467	-10.792	-10.840	-10.905	-10.956	-10.994	-11.035	-11.161	-11.053
6	-10.506	-10.767	-10.882	-10.951	-11.002	-11.041	-11.076	-11.096	-11.095
7	-10.534	-10.790	-10.911	-10.985	-11.037	-11.076	-11.103	-11.117	-11.123
8	-10.558	-10.817	-10.937	-11.012	-11.066	-11.103	-11.128	-11.143	-11.148
9	-10.581	-10.838	-10.960	-11.036	-11.088	-11.125	-11.151	-11.164	-11.169
10	-10.601	-10.865	-10.981	-11.051	-11.111	-11.153	-11.173	-11.179	-11.183
11	-10.610	-10.970	-10.993	-11.057	-11.123	-11.261	-11.184	-11.185	-11.189
12	-10.609	-10.871	-10.988	-11.057	-11.117	-11.159	-11.179	-11.185	-11.189
13	-10.597	-10.857	-10.976	-11.046	-11.099	-11.142	-11.171	-11.181	-11.179
14	-10.578	-10.906	-10.959	-11.026	-11.079	-11.126	-11.227	-11.164	-11.159
15	-10.552	-10.814	-10.930	-11.000	-11.052	-11.095	-11.124	-11.134	-11.133
16	-10.517	-10.772	-10.892	-10.966	-11.018	-11.055	-11.078	-11.093	-11.097
17	-10.477	-10.736	-10.852	-10.921	-10.972	-11.013	-11.040	-11.050	-11.049
18	-10.427	-10.730	-10.799	-10.863	-10.913	-10.956	-11.047	-10.992	-10.986
19	-10.363	-10.614	-10.722	-10.785	-10.832	-10.871	-10.896	-10.905	-10.903
20	-10.275	-10.503	-10.601	-10.663	-10.707	-10.739	-10.760	-10.772	-10.776
21	-10.106	-10.304	-10.387	-10.398	-10.443	-10.475	-10.497	-10.508	-10.512

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-10.498	-10.487	-10.467	-10.438	-10.399	-10.345	-10.270	-10.120
2	-10.760	-10.748	-10.728	-10.699	-10.658	-10.601	-10.508	-10.282
3	-10.888	-10.874	-10.853	-10.823	-10.782	-10.721	-10.615	-10.370
4	-10.973	-10.957	-10.935	-10.904	-10.861	-10.804	-10.697	-10.441
5	-11.034	-11.019	-10.995	-10.964	-10.918	-10.863	-10.842	-10.492
6	-11.081	-11.065	-11.042	-11.008	-10.962	-10.900	-10.789	-10.529
7	-11.117	-11.101	-11.077	-11.043	-10.995	-10.924	-10.806	-10.552
8	-11.143	-11.129	-11.105	-11.070	-11.019	-10.946	-10.829	-10.571
9	-11.165	-11.150	-11.127	-11.090	-11.039	-10.966	-10.845	-10.590
10	-11.185	-11.174	-11.146	-11.104	-11.052	-10.985	-10.870	-10.607
11	-11.195	-11.260	-11.157	-11.110	-11.057	-10.994	-10.965	-10.614
12	-11.191	-11.181	-11.153	-11.111	-11.058	-10.989	-10.873	-10.610
13	-11.176	-11.169	-11.149	-11.108	-11.050	-10.974	-10.852	-10.597
14	-11.155	-11.154	-11.219	-11.094	-11.032	-10.963	-10.847	-10.584
15	-11.129	-11.123	-11.104	-11.064	-11.007	-10.942	-10.906	-10.562
16	-11.092	-11.081	-11.056	-11.023	-10.974	-10.906	-10.791	-10.531
17	-11.044	-11.036	-11.017	-10.980	-10.928	-10.862	-10.747	-10.489
18	-10.982	-10.977	-11.018	-10.923	-10.867	-10.806	-10.760	-10.437
19	-10.899	-10.891	-10.872	-10.838	-10.788	-10.727	-10.622	-10.370
20	-10.771	-10.759	-10.738	-10.707	-10.664	-10.604	-10.506	-10.280
21	-10.508	-10.495	-10.475	-10.444	-10.402	-10.346	-10.269	-10.117



Şekil 4.6. Minimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı

Tabakalarda tüm değerlerin ortalama değerlerde sabit tutulup poisson oranının maksimum değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait deplasman kontur diyagramı Şekil 4.7'de, radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri Çizelge 4.4'de ve gerilme diyagramı Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

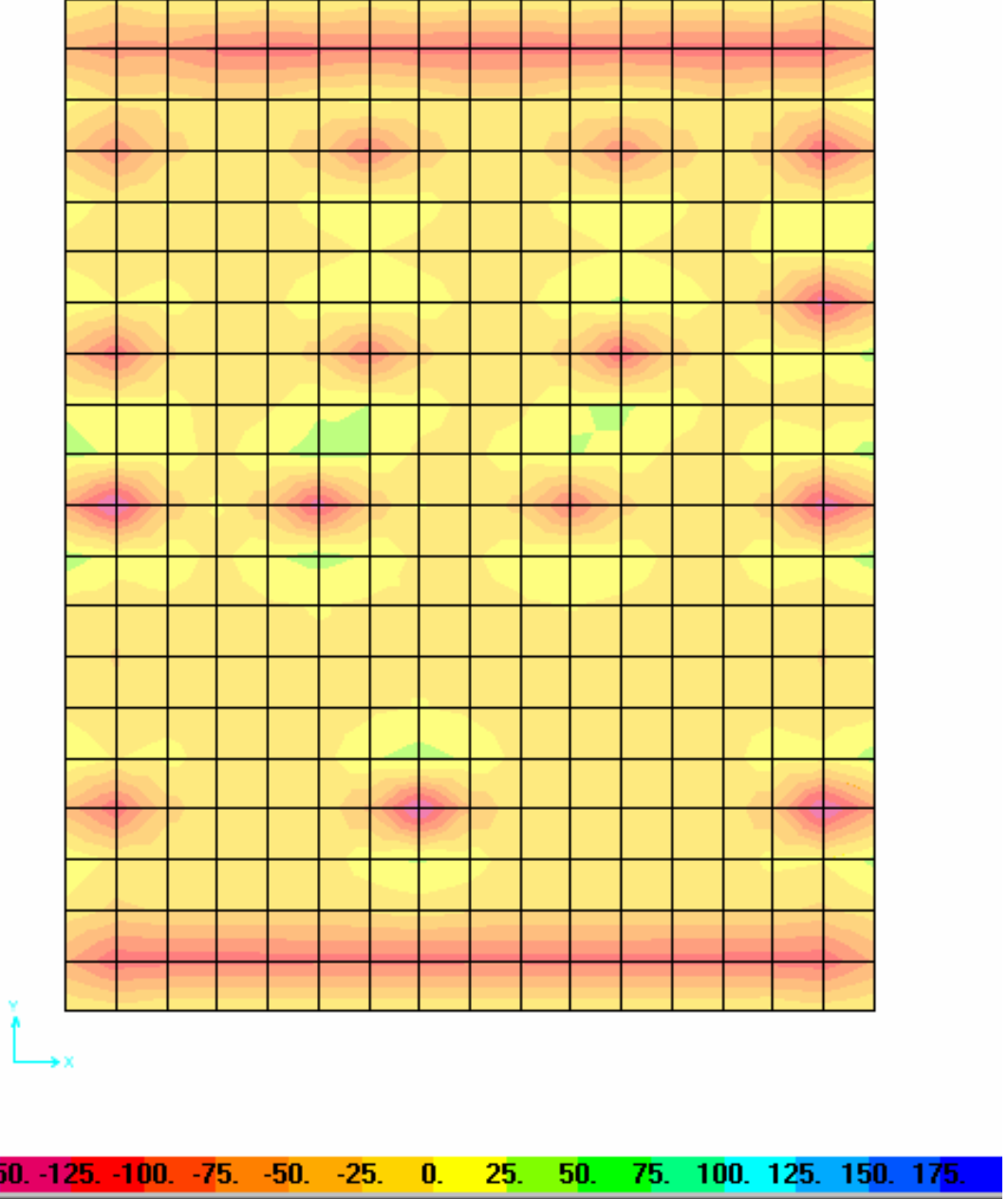


Şekil 4.7. Maksimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı

Çizelge 4.4. Maksimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-0.825	-0.971	-1.046	-1.099	-1.140	-1.169	-1.189	-1.201	-1.205
2	-0.980	-1.202	-1.293	-1.351	-1.393	-1.423	-1.444	-1.457	-1.460
3	-1.062	-1.302	-1.406	-1.468	-1.511	-1.544	-1.567	-1.579	-1.583
4	-1.126	-1.375	-1.481	-1.542	-1.588	-1.623	-1.654	-1.672	-1.671
5	-1.173	-1.491	-1.534	-1.595	-1.644	-1.678	-1.716	-1.842	-1.732
6	-1.207	-1.460	-1.570	-1.636	-1.684	-1.721	-1.753	-1.771	-1.770
7	-1.230	-1.479	-1.595	-1.665	-1.715	-1.751	-1.776	-1.788	-1.793
8	-1.249	-1.501	-1.615	-1.688	-1.738	-1.774	-1.797	-1.811	-1.814
9	-1.268	-1.517	-1.634	-1.707	-1.757	-1.792	-1.816	-1.828	-1.832
10	-1.285	-1.541	-1.653	-1.720	-1.777	-1.816	-1.835	-1.840	-1.843
11	-1.292	-1.646	-1.662	-1.725	-1.787	-1.924	-1.845	-1.845	-1.849
12	-1.291	-1.546	-1.659	-1.725	-1.782	-1.822	-1.840	-1.846	-1.849
13	-1.282	-1.535	-1.648	-1.716	-1.767	-1.807	-1.834	-1.843	-1.841
14	-1.266	-1.587	-1.634	-1.698	-1.749	-1.794	-1.893	-1.829	-1.824
15	-1.244	-1.498	-1.610	-1.676	-1.727	-1.767	-1.793	-1.803	-1.801
16	-1.213	-1.462	-1.577	-1.647	-1.697	-1.732	-1.753	-1.767	-1.769
17	-1.179	-1.431	-1.541	-1.607	-1.656	-1.694	-1.719	-1.728	-1.726
18	-1.134	-1.429	-1.493	-1.554	-1.601	-1.641	-1.731	-1.674	-1.668
19	-1.074	-1.318	-1.421	-1.481	-1.525	-1.561	-1.584	-1.592	-1.590
20	-0.992	-1.212	-1.306	-1.365	-1.406	-1.436	-1.455	-1.466	-1.469
21	-0.829	-1.023	-1.101	-1.109	-1.151	-1.181	-1.200	-1.210	-1.213

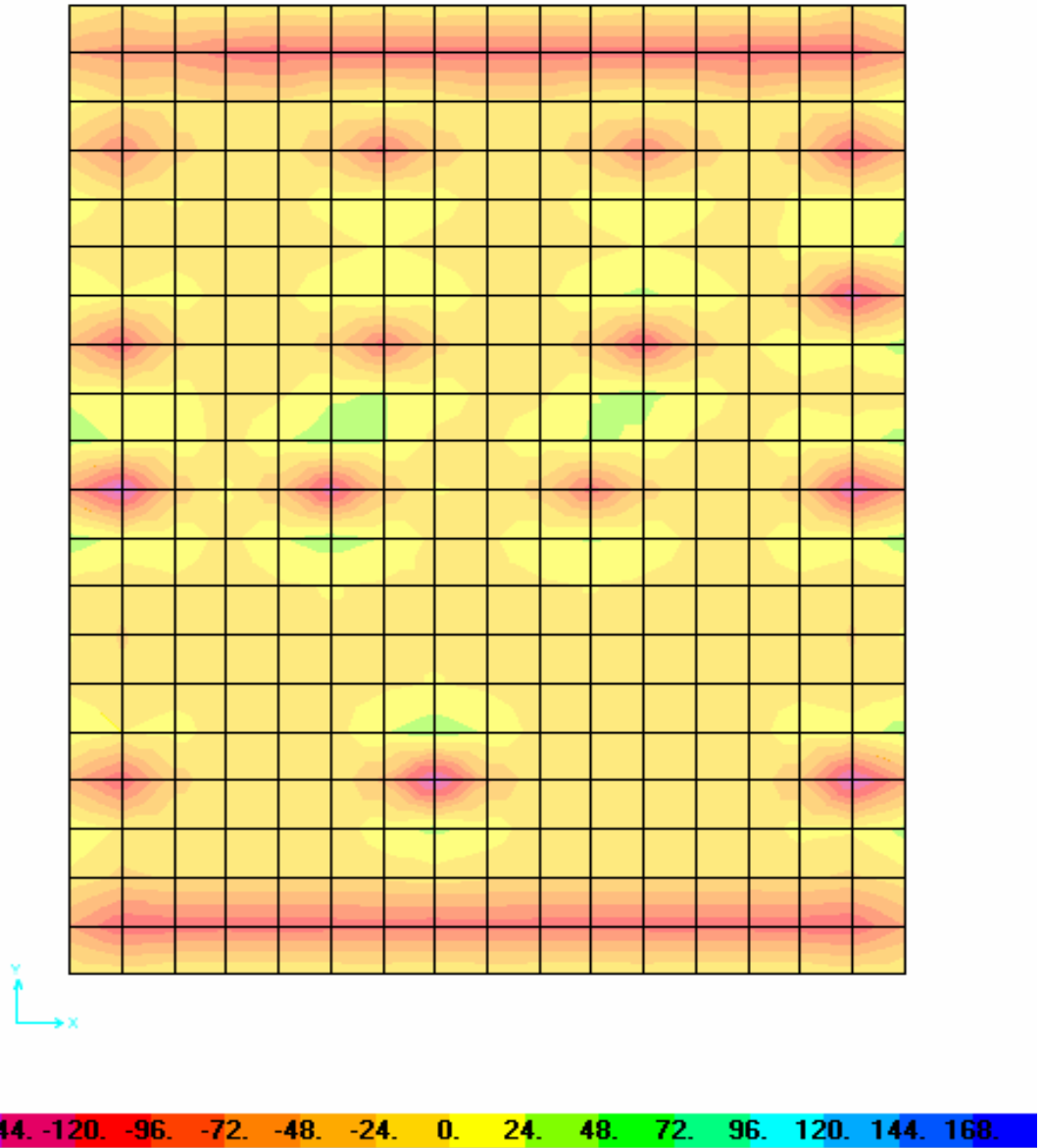
	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-1.202	-1.191	-1.173	-1.146	-1.109	-1.057	-0.986	-0.841
2	-1.456	-1.445	-1.426	-1.399	-1.360	-1.306	-1.218	-0.998
3	-1.578	-1.565	-1.545	-1.517	-1.478	-1.420	-1.319	-1.082
4	-1.657	-1.643	-1.622	-1.592	-1.552	-1.497	-1.396	-1.147
5	-1.714	-1.699	-1.677	-1.647	-1.604	-1.551	-1.536	-1.193
6	-1.757	-1.741	-1.719	-1.687	-1.643	-1.583	-1.477	-1.224
7	-1.787	-1.772	-1.750	-1.716	-1.670	-1.602	-1.489	-1.242
8	-1.809	-1.796	-1.773	-1.739	-1.690	-1.620	-1.508	-1.257
9	-1.828	-1.814	-1.791	-1.756	-1.707	-1.636	-1.521	-1.272
10	-1.845	-1.835	-1.808	-1.767	-1.717	-1.652	-1.542	-1.286
11	-1.854	-1.920	-1.817	-1.772	-1.722	-1.660	-1.637	-1.291
12	-1.851	-1.841	-1.814	-1.774	-1.723	-1.656	-1.545	-1.289
13	-1.837	-1.831	-1.812	-1.773	-1.717	-1.644	-1.527	-1.279
14	-1.820	-1.818	-1.885	-1.761	-1.702	-1.636	-1.524	-1.269
15	-1.797	-1.791	-1.773	-1.736	-1.681	-1.618	-1.588	-1.251
16	-1.765	-1.754	-1.731	-1.700	-1.653	-1.588	-1.478	-1.225
17	-1.722	-1.714	-1.696	-1.662	-1.612	-1.549	-1.439	-1.189
18	-1.664	-1.659	-1.703	-1.609	-1.556	-1.497	-1.457	-1.141
19	-1.586	-1.578	-1.561	-1.529	-1.482	-1.424	-1.323	-1.079
20	-1.465	-1.453	-1.433	-1.405	-1.364	-1.307	-1.214	-0.994
21	-1.209	-1.198	-1.178	-1.150	-1.110	-1.057	-0.983	-0.836



Şekil 4.8. Maksimum poisson oranının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Diyagram ve çizelgelerde poisson oranının maksimuma çıkması durumunda gerilme dağılımında çok az bir değişiklik olduğu ancak deplasmanların büyük ölçüde azaldığı görülmektedir. Deplasmanlar radye temel ortasında 2 mm'ye kadar gerilemiştir. Köşelere gidildikçe azalan deplasmanlar 0.8 mm civarına inmektedir.

Tabakalarda tüm değerlerin ortalama değerlerde sabit tutulup zeminin birim hacim ağırlığının ve buna bağlı olarak birim hacim kütesinin minimum değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.9'da, deplasman kontur diyagramı Şekil 4.10'da, radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

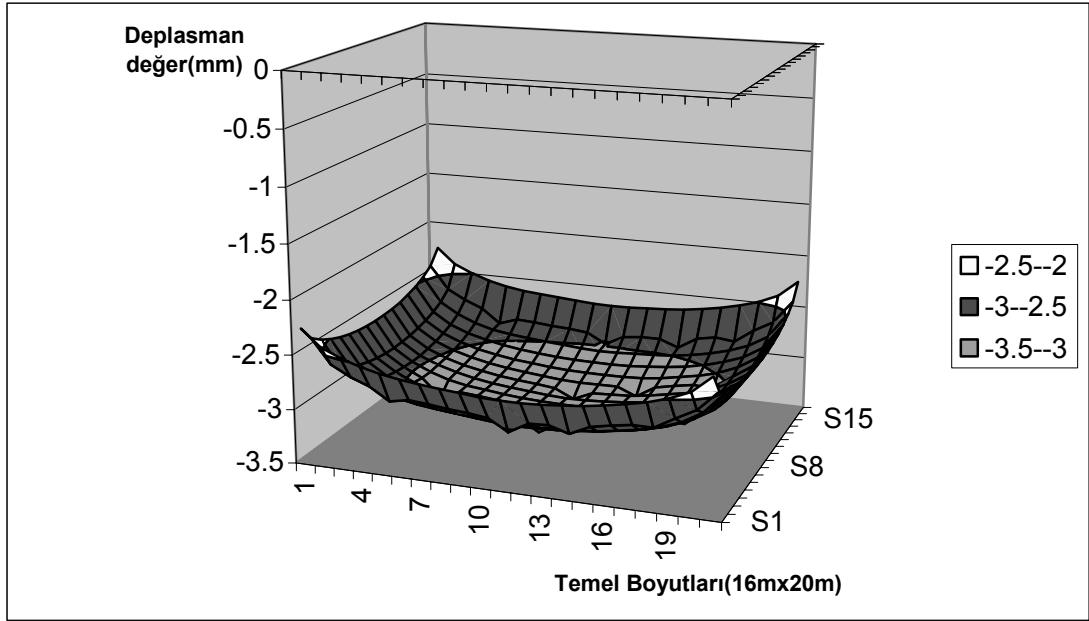


Şekil 4.9. Zeminin minimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Çizelge 4.5. Zeminin minimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-2.773	-2.873	-2.93	-2.972	-3.005	-3.033	-3.049	-3.048	-3.036
2	-2.885	-2.921	-2.979	-3.023	-3.055	-3.09	-3.214	-3.105	-3.087
3	-2.85	-2.954	-3.015	-3.06	-3.094	-3.124	-3.14	-3.139	-3.126
4	-2.867	-2.976	-3.042	-3.087	-3.121	-3.143	-3.155	-3.159	-3.154
5	-2.887	-2.995	-3.062	-3.109	-3.141	-3.162	-3.175	-3.178	-3.174
6	-2.902	-3.012	-3.081	-3.126	-3.158	-3.18	-3.19	-3.194	-3.191
7	-2.925	-3.03	-3.093	-3.145	-3.18	-3.197	-3.202	-3.205	-3.206
8	-3.029	-3.039	-3.096	-3.154	-3.288	-3.207	-3.206	-3.21	-3.214
9	-2.929	-3.035	-3.097	-3.15	-3.186	-3.202	-3.207	-3.21	-3.212
10	-2.919	-3.026	-3.089	-3.135	-3.172	-3.197	-3.205	-3.203	-3.2
11	-2.973	-3.012	-3.073	-3.119	-3.16	-3.257	-3.192	-3.188	-3.184
12	-2.886	-2.991	-3.053	-3.099	-3.136	-3.16	-3.169	-3.167	-3.164
13	-2.852	-2.961	-3.026	-3.072	-3.105	-3.124	-3.136	-3.138	-3.135
14	-2.825	-2.929	-2.991	-3.035	-3.071	-3.093	-3.101	-3.099	-3.095
15	-2.827	-2.884	-2.942	-2.985	-3.022	-3.11	-3.052	-3.047	-3.043
16	-2.722	-2.818	-2.874	-2.916	-2.948	-2.969	-2.977	-2.974	-2.97
17	-2.623	-2.711	-2.766	-2.804	-2.831	-2.848	-2.858	-2.861	-2.857
18	-2.443	-2.515	-2.519	-2.558	-2.585	-2.602	-2.611	-2.614	-2.61
19	-2.459	-2.509	-2.546	-2.573	-2.591	-2.602	-2.606	-2.603	-2.593
20	-2.698	-2.751	-2.79	-2.818	-2.837	-2.848	-2.852	-2.848	-2.838
21	-2.803	-2.861	-2.901	-2.932	-2.952	-2.963	-2.967	-2.963	-2.95

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-2.603	-2.593	-2.577	-2.552	-2.518	-2.471	-2.404	-2.265
2	-2.848	-2.838	-2.821	-2.796	-2.761	-2.711	-2.628	-2.416
3	-2.963	-2.95	-2.933	-2.907	-2.871	-2.817	-2.722	-2.493
4	-3.036	-3.023	-3.004	-2.977	-2.94	-2.889	-2.793	-2.553
5	-3.087	-3.075	-3.054	-3.027	-2.987	-2.939	-2.929	-2.594
6	-3.126	-3.112	-3.092	-3.063	-3.023	-2.967	-2.867	-2.622
7	-3.154	-3.14	-3.12	-3.09	-3.048	-2.984	-2.877	-2.639
8	-3.174	-3.162	-3.141	-3.11	-3.065	-3	-2.894	-2.652
9	-3.191	-3.178	-3.158	-3.125	-3.08	-3.015	-2.906	-2.666
10	-3.206	-3.197	-3.173	-3.136	-3.09	-3.03	-2.926	-2.679
11	-3.214	-3.282	-3.182	-3.141	-3.095	-3.037	-3.02	-2.683
12	-3.212	-3.204	-3.179	-3.142	-3.095	-3.033	-2.929	-2.681
13	-3.2	-3.194	-3.177	-3.141	-3.09	-3.022	-2.911	-2.672
14	-3.184	-3.183	-3.252	-3.131	-3.077	-3.015	-2.91	-2.663
15	-3.164	-3.159	-3.142	-3.109	-3.058	-2.999	-2.975	-2.646
16	-3.135	-3.125	-3.104	-3.075	-3.033	-2.972	-2.867	-2.623
17	-3.095	-3.089	-3.073	-3.041	-2.995	-2.936	-2.832	-2.59
18	-3.043	-3.039	-3.084	-2.993	-2.944	-2.889	-2.855	-2.547
19	-2.97	-2.964	-2.948	-2.918	-2.875	-2.821	-2.727	-2.491
20	-2.857	-2.846	-2.828	-2.802	-2.765	-2.711	-2.625	-2.412
21	-2.61	-2.6	-2.582	-2.556	-2.52	-2.471	-2.402	-2.261

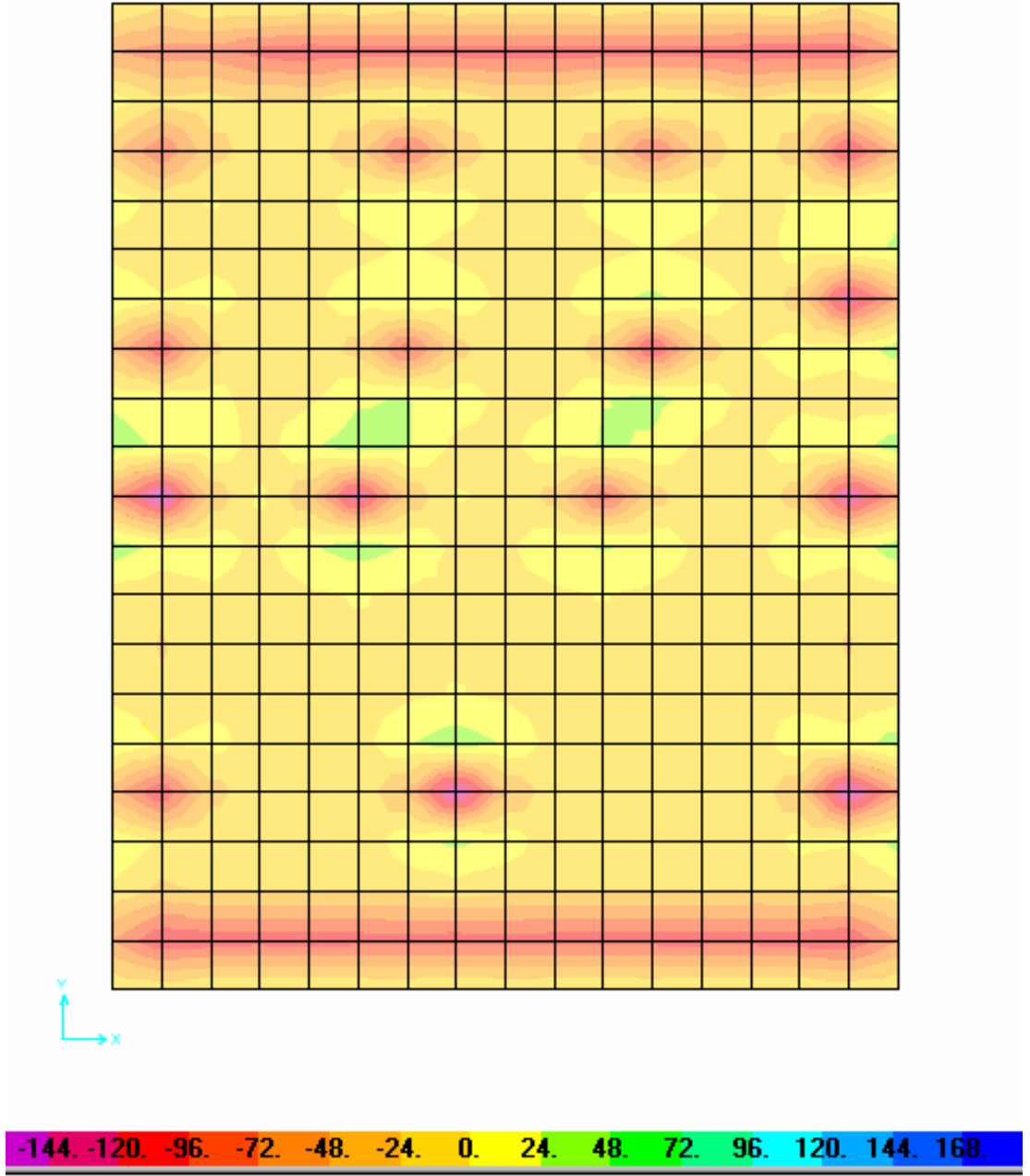


Şekil 4.10. Zeminin minimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı

Diyagramlar ve çizelgeden görüldüğü gibi minimum doğal birim hacim ağırlığının kullanılması durumunda gerilmeler kolon altlarında maksimum 144 t/m^2 değerini almakta ve deplasmanlar maksimum 3.5 mm'den 2 mm'ye kadar değişmektedir.

Analizlerde zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığı ve maksimum birim hacim kütlesi kullanıldığında ise Şekil 4.11'deki gerilme diyagramı, Şekil 4.12'deki deplasman kontur diyagramı ve Çizelge 4.6'daki deplasman değerleri elde edilmiştir.

Çizelge ve diyagramlar incelendiğinde zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığının kullanılması durumunda radye temel üzerindeki gerilmelerde değişiklik olmadığı, deplasmanlarda ise değer olarak fazla bir değişim olmamakla birlikte gerilme dağılımında farklar olduğu ve maksimum değer kullanılması durumunda deplasman dağılımının daha üniform olduğu göze çarpmaktadır.

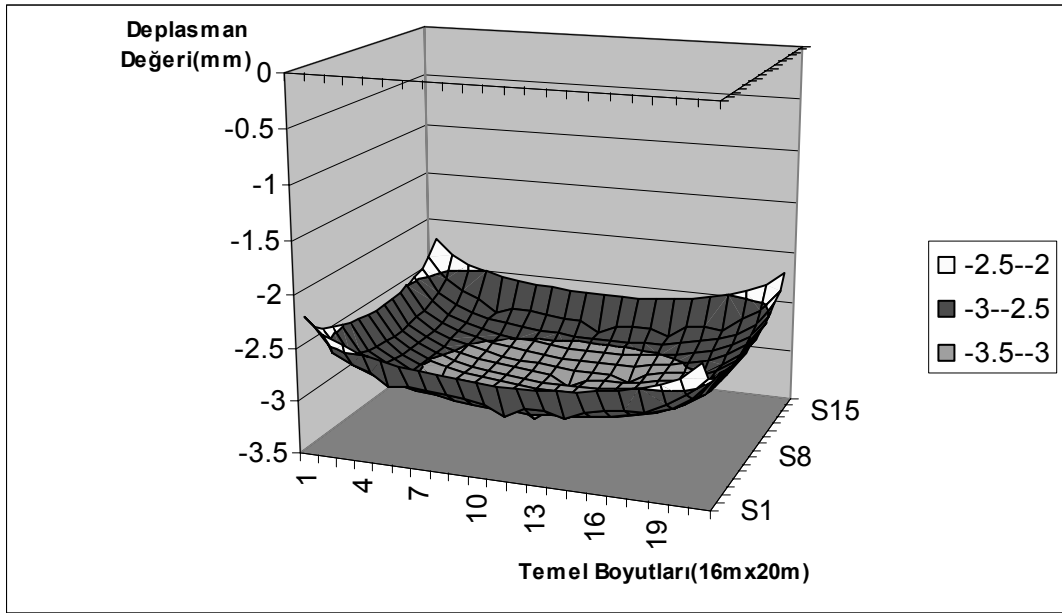


Şekil 4.11. Zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Çizelge 4.6. Zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

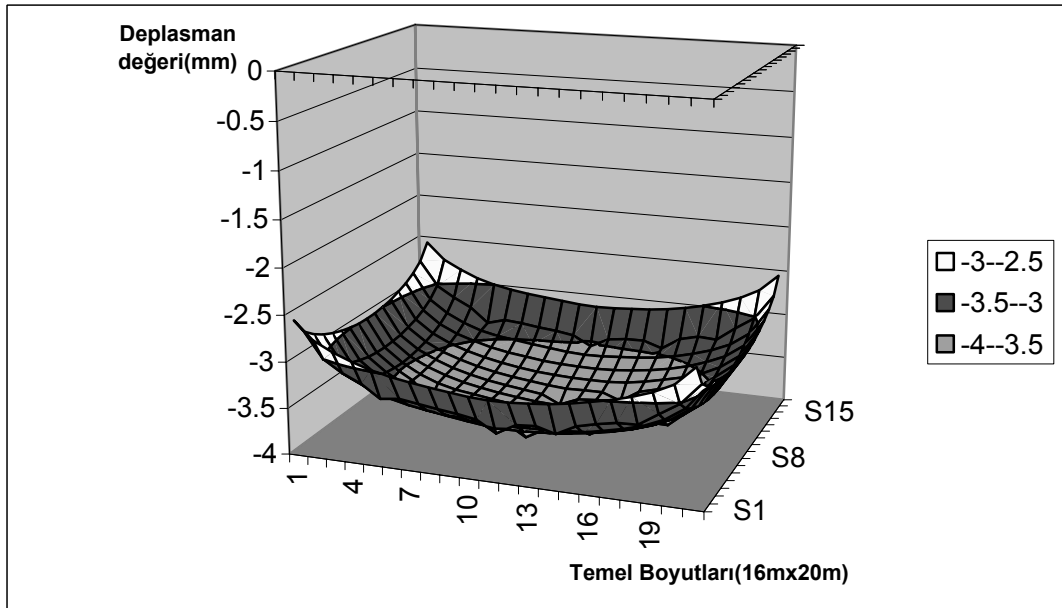
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-0.825	-0.971	-1.046	-1.099	-1.140	-1.169	-1.189	-1.201	-1.205
2	-0.980	-1.202	-1.293	-1.351	-1.393	-1.423	-1.444	-1.457	-1.460
3	-1.062	-1.302	-1.406	-1.468	-1.511	-1.544	-1.567	-1.579	-1.583
4	-1.126	-1.375	-1.481	-1.542	-1.588	-1.623	-1.654	-1.672	-1.671
5	-1.173	-1.491	-1.534	-1.595	-1.644	-1.678	-1.716	-1.842	-1.732
6	-1.207	-1.460	-1.570	-1.636	-1.684	-1.721	-1.753	-1.771	-1.770
7	-1.230	-1.479	-1.595	-1.665	-1.715	-1.751	-1.776	-1.788	-1.793
8	-1.249	-1.501	-1.615	-1.688	-1.738	-1.774	-1.797	-1.811	-1.814
9	-1.268	-1.517	-1.634	-1.707	-1.757	-1.792	-1.816	-1.828	-1.832
10	-1.285	-1.541	-1.653	-1.720	-1.777	-1.816	-1.835	-1.840	-1.843
11	-1.292	-1.646	-1.662	-1.725	-1.787	-1.924	-1.845	-1.845	-1.849
12	-1.291	-1.546	-1.659	-1.725	-1.782	-1.822	-1.840	-1.846	-1.849
13	-1.282	-1.535	-1.648	-1.716	-1.767	-1.807	-1.834	-1.843	-1.841
14	-1.266	-1.587	-1.634	-1.698	-1.749	-1.794	-1.893	-1.829	-1.824
15	-1.244	-1.498	-1.610	-1.676	-1.727	-1.767	-1.793	-1.803	-1.801
16	-1.213	-1.462	-1.577	-1.647	-1.697	-1.732	-1.753	-1.767	-1.769
17	-1.179	-1.431	-1.541	-1.607	-1.656	-1.694	-1.719	-1.728	-1.726
18	-1.134	-1.429	-1.493	-1.554	-1.601	-1.641	-1.731	-1.674	-1.668
19	-1.074	-1.318	-1.421	-1.481	-1.525	-1.561	-1.584	-1.592	-1.590
20	-0.992	-1.212	-1.306	-1.365	-1.406	-1.436	-1.455	-1.466	-1.469
21	-0.829	-1.023	-1.101	-1.109	-1.151	-1.181	-1.200	-1.210	-1.213

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-1.202	-1.191	-1.173	-1.146	-1.109	-1.057	-0.986	-0.841
2	-1.456	-1.445	-1.426	-1.399	-1.360	-1.306	-1.218	-0.998
3	-1.578	-1.565	-1.545	-1.517	-1.478	-1.420	-1.319	-1.082
4	-1.657	-1.643	-1.622	-1.592	-1.552	-1.497	-1.396	-1.147
5	-1.714	-1.699	-1.677	-1.647	-1.604	-1.551	-1.536	-1.193
6	-1.757	-1.741	-1.719	-1.687	-1.643	-1.583	-1.477	-1.224
7	-1.787	-1.772	-1.750	-1.716	-1.670	-1.602	-1.489	-1.242
8	-1.809	-1.796	-1.773	-1.739	-1.690	-1.620	-1.508	-1.257
9	-1.828	-1.814	-1.791	-1.756	-1.707	-1.636	-1.521	-1.272
10	-1.845	-1.835	-1.808	-1.767	-1.717	-1.652	-1.542	-1.286
11	-1.854	-1.920	-1.817	-1.772	-1.722	-1.660	-1.637	-1.291
12	-1.851	-1.841	-1.814	-1.774	-1.723	-1.656	-1.545	-1.289
13	-1.837	-1.831	-1.812	-1.773	-1.717	-1.644	-1.527	-1.279
14	-1.820	-1.818	-1.885	-1.761	-1.702	-1.636	-1.524	-1.269
15	-1.797	-1.791	-1.773	-1.736	-1.681	-1.618	-1.588	-1.251
16	-1.765	-1.754	-1.731	-1.700	-1.653	-1.588	-1.478	-1.225
17	-1.722	-1.714	-1.696	-1.662	-1.612	-1.549	-1.439	-1.189
18	-1.664	-1.659	-1.703	-1.609	-1.556	-1.497	-1.457	-1.141
19	-1.586	-1.578	-1.561	-1.529	-1.482	-1.424	-1.323	-1.079
20	-1.465	-1.453	-1.433	-1.405	-1.364	-1.307	-1.214	-0.994
21	-1.209	-1.198	-1.178	-1.150	-1.110	-1.057	-0.983	-0.836



Şekil 4.12. Zeminin maksimum doğal birim hacim ağırlığının kullanıldığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı

Tabaka kalınlığının etkisini belirlemek amacıyla zemin modelindeki tabakaların parametrelerinin normal değerlerinde (Çizelge 3.1.) alınarak 1.tabaka kalınlığının 9m'ye çıkartıldığı analiz durumu için radye temelin deplasman kontur diyagramı Şekil 4.13'de, temelin düğüm noktalarındaki deplasman değerleri matrisi Çizelge 4.7'de ve radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.14'de verilmiştir.

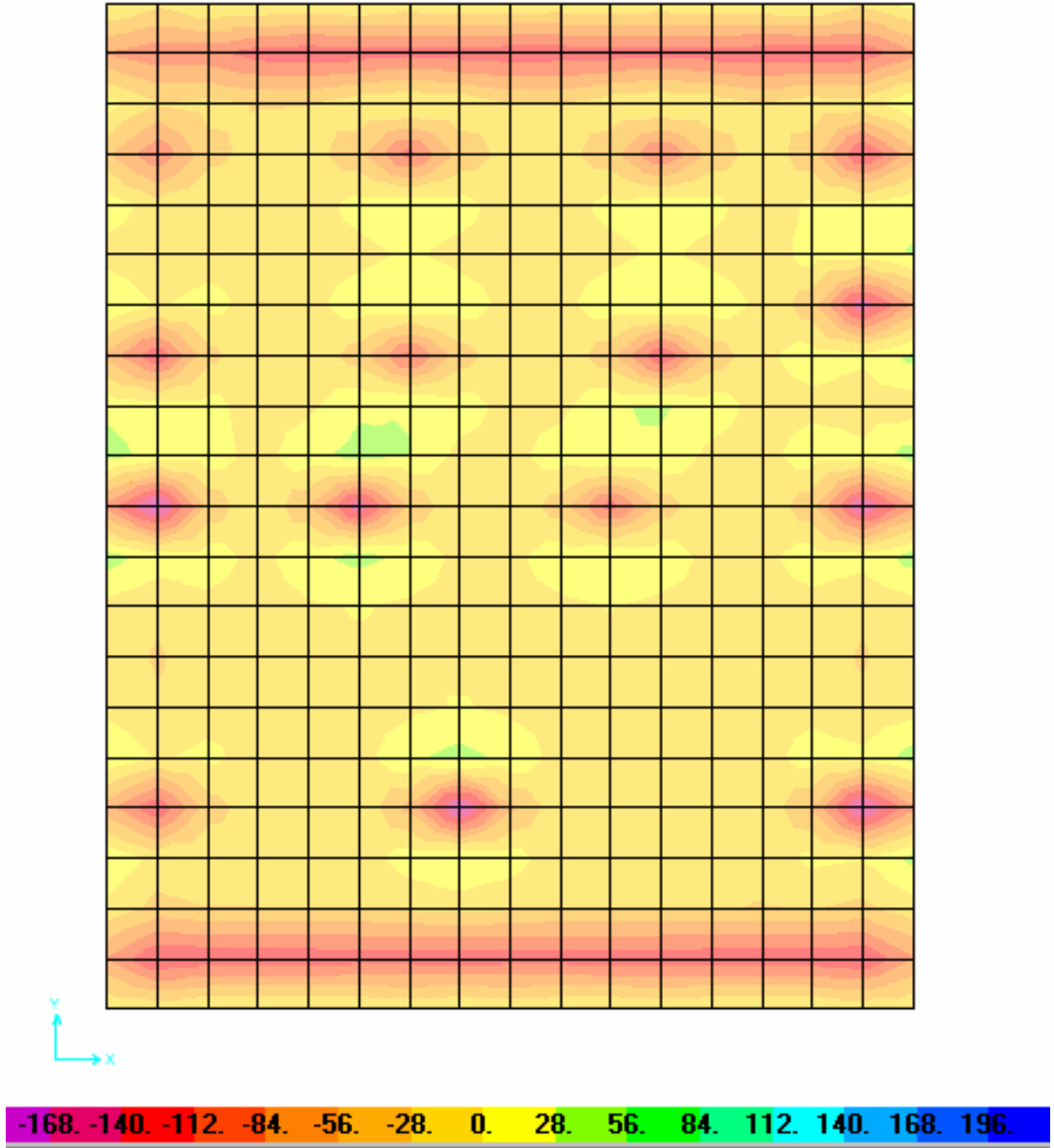


Şekil 4.13. 1.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasmanı kontur diyagramı

Çizelge 4.7. 1.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-3.215	-3.346	-3.422	-3.479	-3.524	-3.564	-3.588	-3.586	-3.569
2	-3.353	-3.414	-3.489	-3.550	-3.594	-3.644	-3.787	-3.665	-3.641
3	-3.326	-3.462	-3.543	-3.603	-3.650	-3.691	-3.716	-3.714	-3.697
4	-3.353	-3.496	-3.583	-3.645	-3.691	-3.723	-3.739	-3.746	-3.738
5	-3.384	-3.526	-3.614	-3.678	-3.723	-3.753	-3.771	-3.775	-3.769
6	-3.408	-3.552	-3.642	-3.704	-3.748	-3.779	-3.795	-3.800	-3.795
7	-3.441	-3.578	-3.660	-3.731	-3.782	-3.805	-3.812	-3.817	-3.819
8	-3.560	-3.592	-3.666	-3.745	-3.904	-3.819	-3.819	-3.825	-3.831
9	-3.448	-3.585	-3.667	-3.738	-3.789	-3.812	-3.820	-3.824	-3.826
10	-3.431	-3.571	-3.654	-3.717	-3.768	-3.803	-3.814	-3.812	-3.808
11	-3.486	-3.551	-3.629	-3.692	-3.750	-3.865	-3.796	-3.789	-3.784
12	-3.380	-3.517	-3.599	-3.662	-3.713	-3.748	-3.759	-3.758	-3.753
13	-3.330	-3.473	-3.559	-3.621	-3.666	-3.694	-3.711	-3.715	-3.710
14	-3.289	-3.426	-3.507	-3.568	-3.617	-3.650	-3.661	-3.659	-3.654
15	-3.280	-3.364	-3.440	-3.498	-3.550	-3.656	-3.593	-3.586	-3.581
16	-3.147	-3.275	-3.349	-3.405	-3.451	-3.481	-3.492	-3.490	-3.484
17	-3.016	-3.133	-3.205	-3.257	-3.296	-3.321	-3.336	-3.340	-3.334
18	-2.786	-2.883	-2.896	-2.949	-2.988	-3.013	-3.027	-3.031	-3.026
19	-2.814	-2.881	-2.931	-2.969	-2.996	-3.012	-3.017	-3.013	-2.999
20	-3.112	-3.184	-3.237	-3.276	-3.303	-3.320	-3.325	-3.320	-3.306
21	-3.252	-3.329	-3.384	-3.426	-3.455	-3.471	-3.478	-3.471	-3.454

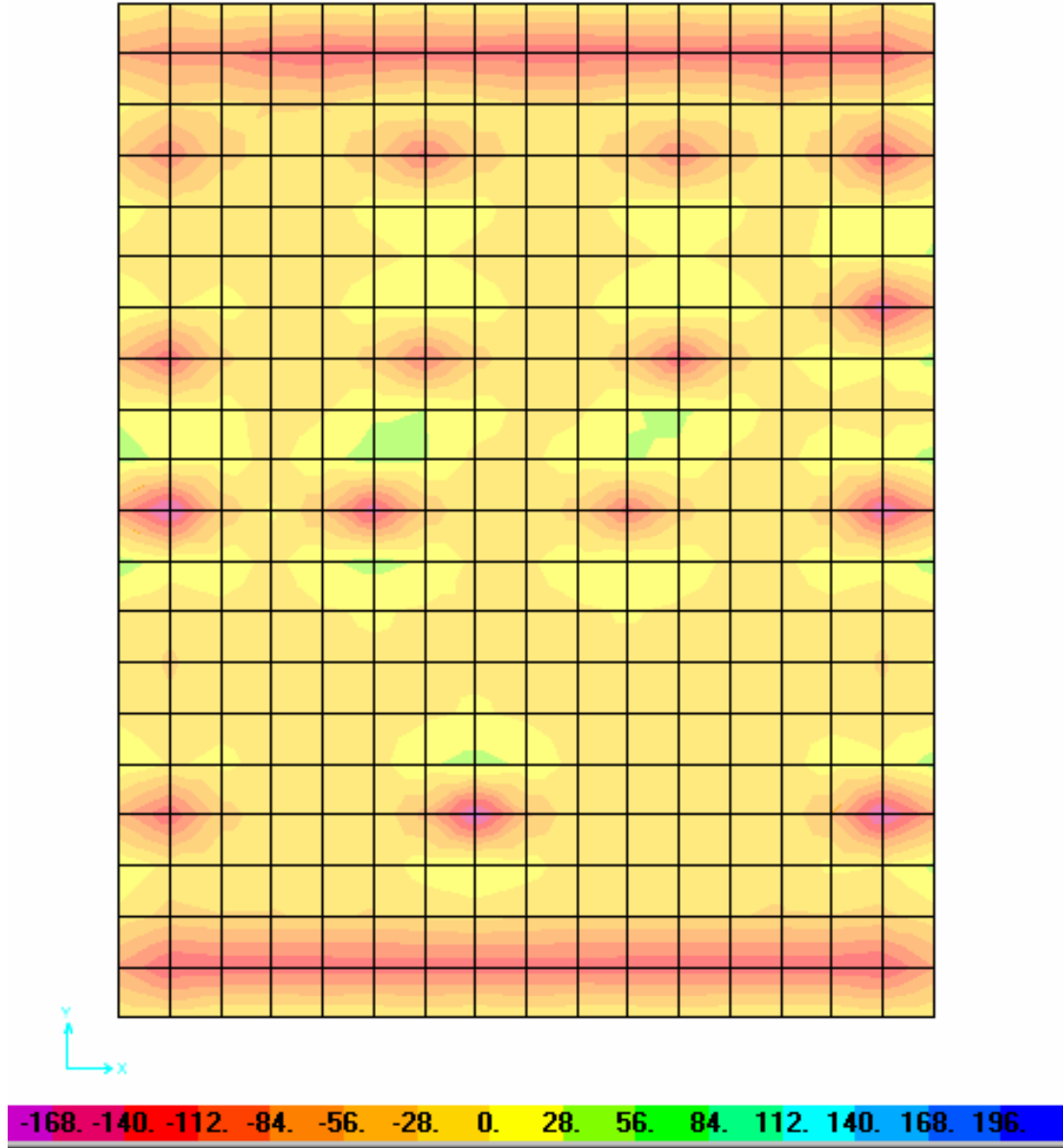
	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-3.013	-2.999	-2.976	-2.941	-2.894	-2.831	-2.742	-2.565
2	-3.320	-3.306	-3.281	-3.246	-3.197	-3.130	-3.020	-2.756
3	-3.471	-3.454	-3.429	-3.392	-3.343	-3.271	-3.145	-2.859
4	-3.569	-3.550	-3.524	-3.486	-3.435	-3.367	-3.242	-2.941
5	-3.641	-3.623	-3.594	-3.556	-3.501	-3.438	-3.408	-3.001
6	-3.697	-3.677	-3.648	-3.608	-3.553	-3.480	-3.349	-3.042
7	-3.738	-3.719	-3.690	-3.648	-3.591	-3.507	-3.367	-3.069
8	-3.769	-3.752	-3.722	-3.680	-3.619	-3.533	-3.394	-3.091
9	-3.795	-3.777	-3.748	-3.704	-3.642	-3.556	-3.413	-3.114
10	-3.819	-3.806	-3.771	-3.720	-3.658	-3.578	-3.443	-3.133
11	-3.831	-3.903	-3.784	-3.727	-3.664	-3.590	-3.551	-3.142
12	-3.826	-3.815	-3.779	-3.728	-3.665	-3.583	-3.447	-3.137
13	-3.808	-3.799	-3.775	-3.725	-3.655	-3.566	-3.421	-3.122
14	-3.784	-3.782	-3.853	-3.709	-3.634	-3.553	-3.416	-3.107
15	-3.753	-3.744	-3.722	-3.674	-3.605	-3.529	-3.482	-3.082
16	-3.710	-3.695	-3.666	-3.625	-3.567	-3.487	-3.351	-3.045
17	-3.654	-3.643	-3.621	-3.575	-3.513	-3.435	-3.299	-2.996
18	-3.581	-3.575	-3.620	-3.509	-3.442	-3.370	-3.312	-2.936
19	-3.484	-3.474	-3.452	-3.409	-3.350	-3.278	-3.154	-2.858
20	-3.334	-3.319	-3.293	-3.256	-3.204	-3.133	-3.018	-2.753
21	-3.026	-3.010	-2.985	-2.948	-2.899	-2.832	-2.741	-2.562



Şekil 4.14. 1.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Şekil ve çizelgelerden görüldüğü gibi 1.tabaka kalınlığının artması durumunda esas modele göre(Bkz. Şekil 3.4) gerilme davranışı değişmemekte fakat gerilmelerde bir azalma göze çarpmaktadır. Deplasman değerlerinde ise 3 mm'ye varan bir azalma söz konusudur.

1.tabaka kalınlığı 12 m'ye çıkartıldığı zaman oluşan radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.15'de, temelin düğüm noktalarındaki deplasman değerleri matrisi Çizelge 4.8'de ve radye temel deplasman kontur diyagramı Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

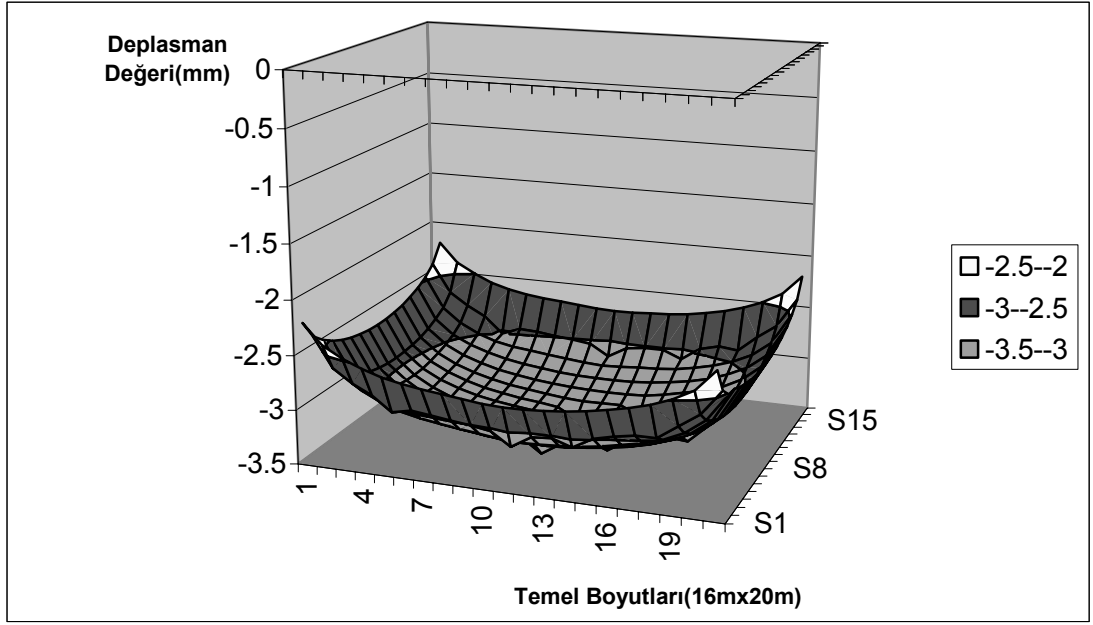


Şekil 4.15. 1.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Çizelge 4.8. 1.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

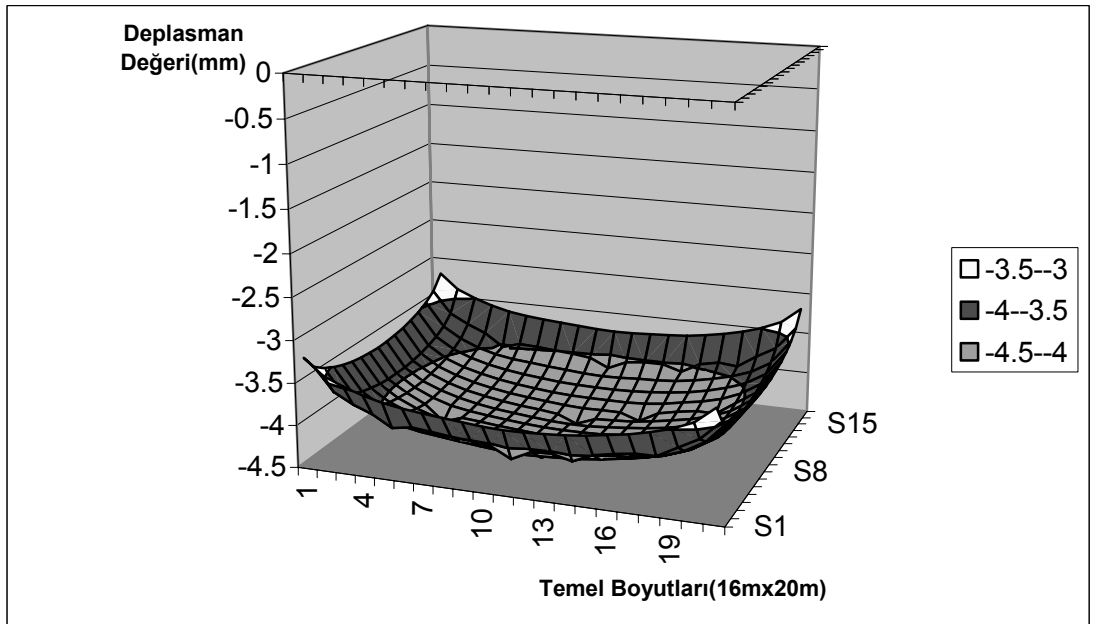
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-2.846	-2.973	-3.045	-3.097	-3.138	-3.174	-3.196	-3.193	-3.177
2	-2.977	-3.034	-3.105	-3.161	-3.200	-3.247	-3.388	-3.264	-3.241
3	-2.942	-3.074	-3.150	-3.206	-3.248	-3.286	-3.308	-3.305	-3.289
4	-2.961	-3.100	-3.183	-3.240	-3.282	-3.310	-3.324	-3.329	-3.323
5	-2.986	-3.124	-3.208	-3.267	-3.307	-3.333	-3.349	-3.353	-3.347
6	-3.005	-3.145	-3.231	-3.288	-3.327	-3.355	-3.368	-3.373	-3.368
7	-3.035	-3.168	-3.245	-3.311	-3.358	-3.377	-3.382	-3.386	-3.388
8	-3.152	-3.180	-3.250	-3.325	-3.479	-3.390	-3.388	-3.392	-3.399
9	-3.041	-3.175	-3.252	-3.318	-3.365	-3.383	-3.389	-3.392	-3.395
10	-3.026	-3.162	-3.241	-3.299	-3.345	-3.377	-3.386	-3.383	-3.380
11	-3.086	-3.147	-3.221	-3.279	-3.332	-3.444	-3.372	-3.365	-3.360
12	-2.986	-3.119	-3.197	-3.255	-3.301	-3.333	-3.342	-3.339	-3.335
13	-2.942	-3.082	-3.164	-3.221	-3.262	-3.286	-3.301	-3.304	-3.300
14	-2.909	-3.042	-3.119	-3.175	-3.220	-3.249	-3.258	-3.256	-3.251
15	-2.907	-2.988	-3.059	-3.113	-3.161	-3.263	-3.198	-3.190	-3.185
16	-2.781	-2.905	-2.975	-3.026	-3.068	-3.095	-3.104	-3.100	-3.095
17	-2.655	-2.768	-2.836	-2.884	-2.918	-2.940	-2.953	-2.956	-2.951
18	-2.429	-2.522	-2.531	-2.580	-2.614	-2.636	-2.647	-2.651	-2.646
19	-2.457	-2.520	-2.566	-2.599	-2.622	-2.635	-2.640	-2.637	-2.624
20	-2.752	-2.819	-2.868	-2.902	-2.926	-2.940	-2.944	-2.940	-2.927
21	-2.886	-2.959	-3.009	-3.047	-3.073	-3.086	-3.091	-3.086	-3.070

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-2.637	-2.624	-2.604	-2.573	-2.530	-2.471	-2.385	-2.211
2	-2.940	-2.927	-2.906	-2.874	-2.830	-2.766	-2.659	-2.397
3	-3.086	-3.070	-3.048	-3.015	-2.970	-2.902	-2.779	-2.495
4	-3.177	-3.160	-3.136	-3.102	-3.056	-2.992	-2.870	-2.570
5	-3.241	-3.224	-3.199	-3.164	-3.114	-3.055	-3.028	-2.623
6	-3.289	-3.271	-3.245	-3.209	-3.158	-3.089	-2.961	-2.657
7	-3.323	-3.305	-3.280	-3.242	-3.189	-3.109	-2.972	-2.677
8	-3.347	-3.332	-3.305	-3.267	-3.211	-3.129	-2.994	-2.693
9	-3.368	-3.352	-3.327	-3.286	-3.230	-3.148	-3.008	-2.711
10	-3.388	-3.378	-3.346	-3.299	-3.242	-3.167	-3.035	-2.728
11	-3.399	-3.474	-3.358	-3.305	-3.247	-3.177	-3.142	-2.735
12	-3.395	-3.386	-3.354	-3.307	-3.248	-3.171	-3.039	-2.731
13	-3.380	-3.373	-3.353	-3.307	-3.242	-3.157	-3.016	-2.719
14	-3.360	-3.361	-3.436	-3.296	-3.225	-3.148	-3.015	-2.708
15	-3.335	-3.329	-3.310	-3.266	-3.202	-3.130	-3.087	-2.690
16	-3.300	-3.287	-3.261	-3.225	-3.171	-3.095	-2.963	-2.659
17	-3.251	-3.243	-3.224	-3.183	-3.125	-3.051	-2.919	-2.618
18	-3.185	-3.182	-3.230	-3.124	-3.062	-2.994	-2.939	-2.565
19	-3.095	-3.088	-3.069	-3.031	-2.976	-2.908	-2.787	-2.494
20	-2.951	-2.938	-2.915	-2.882	-2.836	-2.768	-2.657	-2.394
21	-2.646	-2.633	-2.611	-2.579	-2.533	-2.471	-2.383	-2.207



Şekil 4.16. 1.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı

1.tabaka kalınlığının 18 m'ye çıkartılması durumunda oluşan radye temel deplasman kontur diyagramı Şekil 4.17'de, temelin düğüm noktalarındaki deplasman değerleri matrisi Çizelge 4.9'da ve radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

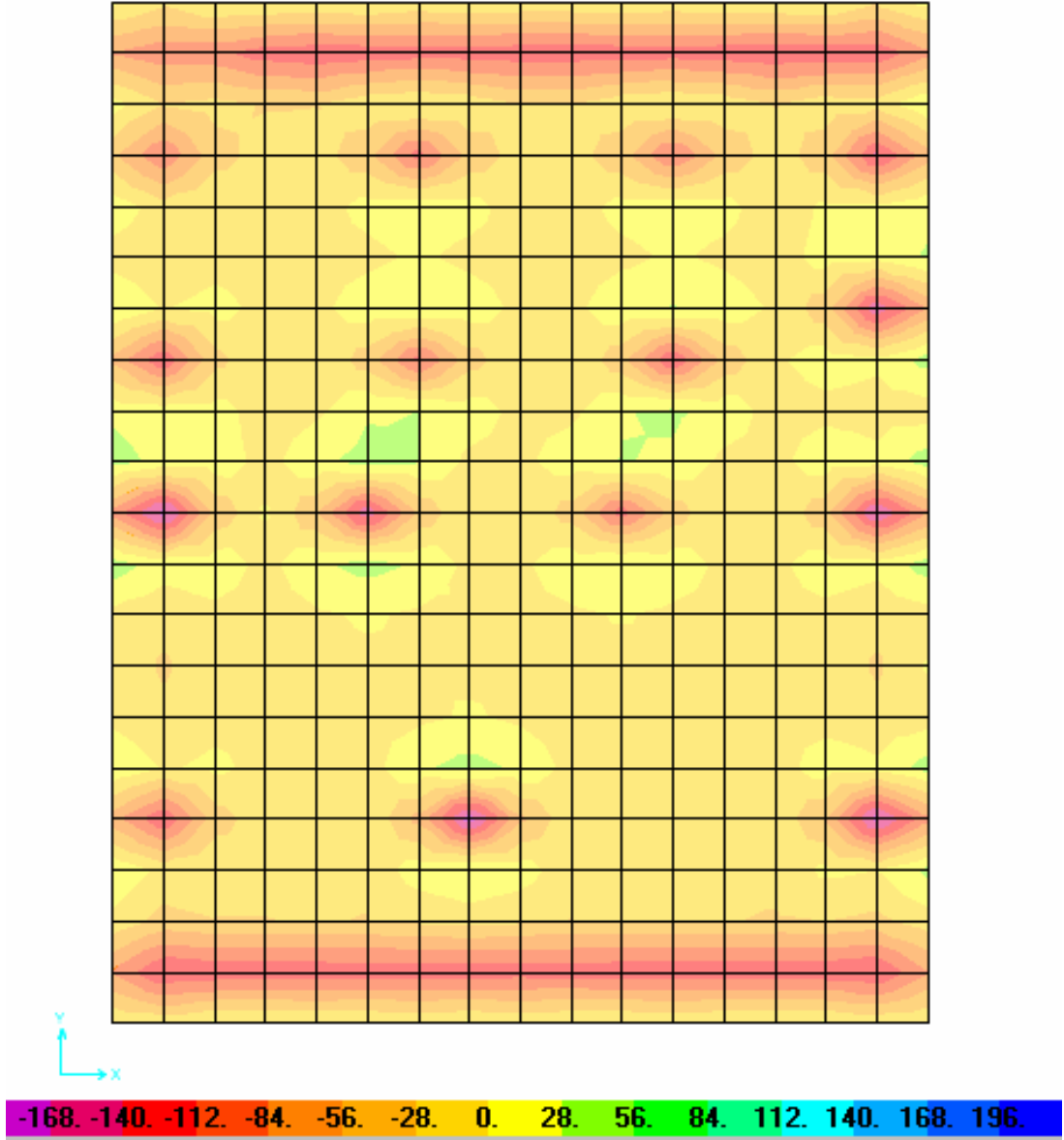


Şekil 4.17. 1.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı

Çizelge 4.9. 1.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-3.844	-3.971	-4.044	-4.097	-4.138	-4.175	-4.197	-4.194	-4.178
2	-3.976	-4.034	-4.105	-4.162	-4.202	-4.249	-4.390	-4.267	-4.243
3	-3.942	-4.075	-4.152	-4.208	-4.251	-4.289	-4.312	-4.309	-4.293
4	-3.963	-4.103	-4.186	-4.244	-4.286	-4.315	-4.329	-4.335	-4.328
5	-3.990	-4.128	-4.212	-4.271	-4.312	-4.339	-4.355	-4.359	-4.353
6	-4.009	-4.150	-4.236	-4.294	-4.334	-4.361	-4.375	-4.380	-4.375
7	-4.040	-4.173	-4.251	-4.318	-4.364	-4.384	-4.390	-4.394	-4.396
8	-4.158	-4.186	-4.256	-4.331	-4.486	-4.398	-4.396	-4.400	-4.407
9	-4.046	-4.180	-4.258	-4.324	-4.372	-4.391	-4.397	-4.400	-4.403
10	-4.031	-4.167	-4.247	-4.305	-4.352	-4.384	-4.394	-4.391	-4.387
11	-4.090	-4.151	-4.226	-4.284	-4.338	-4.450	-4.379	-4.371	-4.367
12	-3.988	-4.122	-4.200	-4.259	-4.306	-4.338	-4.347	-4.345	-4.341
13	-3.944	-4.083	-4.166	-4.224	-4.265	-4.289	-4.305	-4.308	-4.304
14	-3.909	-4.042	-4.120	-4.177	-4.222	-4.252	-4.261	-4.259	-4.254
15	-3.906	-3.987	-4.059	-4.113	-4.162	-4.264	-4.200	-4.192	-4.187
16	-3.779	-3.903	-3.974	-4.026	-4.068	-4.095	-4.104	-4.101	-4.096
17	-3.652	-3.765	-3.834	-3.882	-3.917	-3.939	-3.952	-3.955	-3.950
18	-3.425	-3.519	-3.529	-3.577	-3.612	-3.634	-3.646	-3.650	-3.645
19	-3.453	-3.516	-3.563	-3.597	-3.620	-3.634	-3.639	-3.635	-3.623
20	-3.748	-3.816	-3.865	-3.900	-3.925	-3.939	-3.944	-3.939	-3.927
21	-3.884	-3.957	-4.007	-4.046	-4.072	-4.086	-4.092	-4.086	-4.070

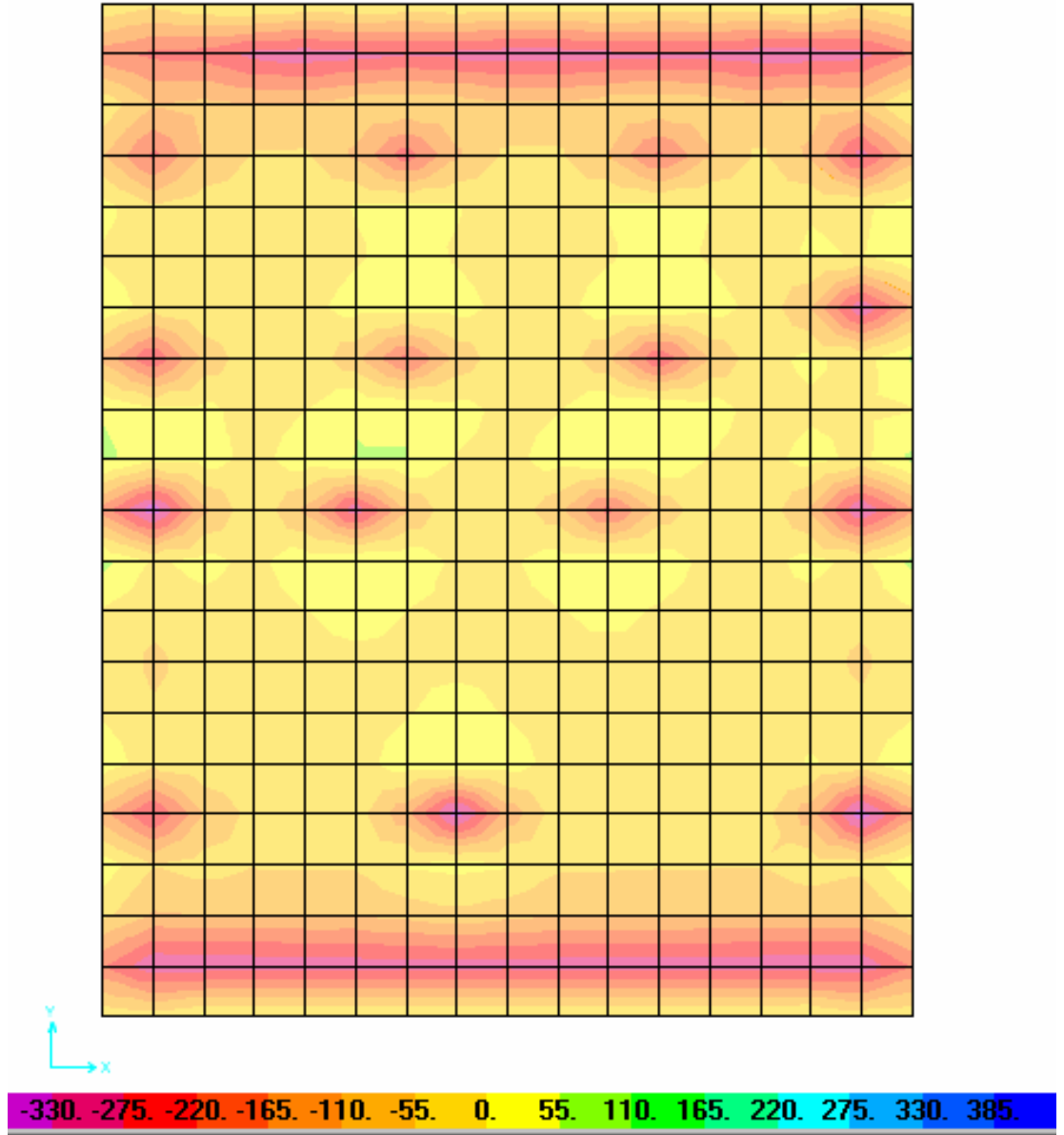
	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-3.635	-3.623	-3.602	-3.571	-3.528	-3.468	-3.382	-3.207
2	-3.939	-3.927	-3.905	-3.873	-3.828	-3.764	-3.656	-3.394
3	-4.086	-4.070	-4.048	-4.015	-3.969	-3.900	-3.777	-3.493
4	-4.178	-4.161	-4.137	-4.103	-4.056	-3.991	-3.869	-3.569
5	-4.243	-4.227	-4.201	-4.166	-4.116	-4.056	-4.028	-3.624
6	-4.293	-4.275	-4.249	-4.212	-4.161	-4.091	-3.963	-3.659
7	-4.328	-4.310	-4.285	-4.246	-4.193	-4.113	-3.976	-3.680
8	-4.353	-4.339	-4.312	-4.273	-4.216	-4.134	-3.998	-3.698
9	-4.375	-4.359	-4.333	-4.293	-4.236	-4.153	-4.014	-3.716
10	-4.396	-4.386	-4.354	-4.306	-4.249	-4.173	-4.041	-3.734
11	-4.407	-4.482	-4.366	-4.312	-4.254	-4.184	-4.148	-3.741
12	-4.403	-4.394	-4.361	-4.314	-4.255	-4.177	-4.045	-3.737
13	-4.387	-4.380	-4.360	-4.313	-4.248	-4.163	-4.021	-3.724
14	-4.367	-4.367	-4.442	-4.301	-4.231	-4.153	-4.020	-3.713
15	-4.341	-4.334	-4.315	-4.271	-4.206	-4.134	-4.090	-3.693
16	-4.304	-4.291	-4.265	-4.228	-4.174	-4.098	-3.965	-3.661
17	-4.254	-4.245	-4.226	-4.184	-4.126	-4.052	-3.919	-3.619
18	-4.187	-4.183	-4.231	-4.124	-4.062	-3.993	-3.938	-3.564
19	-4.096	-4.088	-4.069	-4.030	-3.975	-3.907	-3.786	-3.492
20	-3.950	-3.937	-3.914	-3.881	-3.834	-3.766	-3.654	-3.391
21	-3.645	-3.632	-3.610	-3.577	-3.531	-3.468	-3.380	-3.203



Şekil 4.18. 1.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Görüldüğü gibi tabaka kalınlığı arttıkça gerilmelerde çok fazla bir değişiklik olmamakla birlikte deplasmanlar artmakta ve gittikçe üniform bir dağılım göstermektedir.

1.tabaka yok sayılıp ilk 9 m'nin 2.tabaka özelliklerini taşıdığı varsayılarak oluşturulan modele ait analiz sonuçlarından elde edilen gerilme ve deplasman grafikleri ile radye temele ait düğüm noktaları deplasman değerleri sırasıyla Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Çizelge 4.10'da verildiği gibidir.

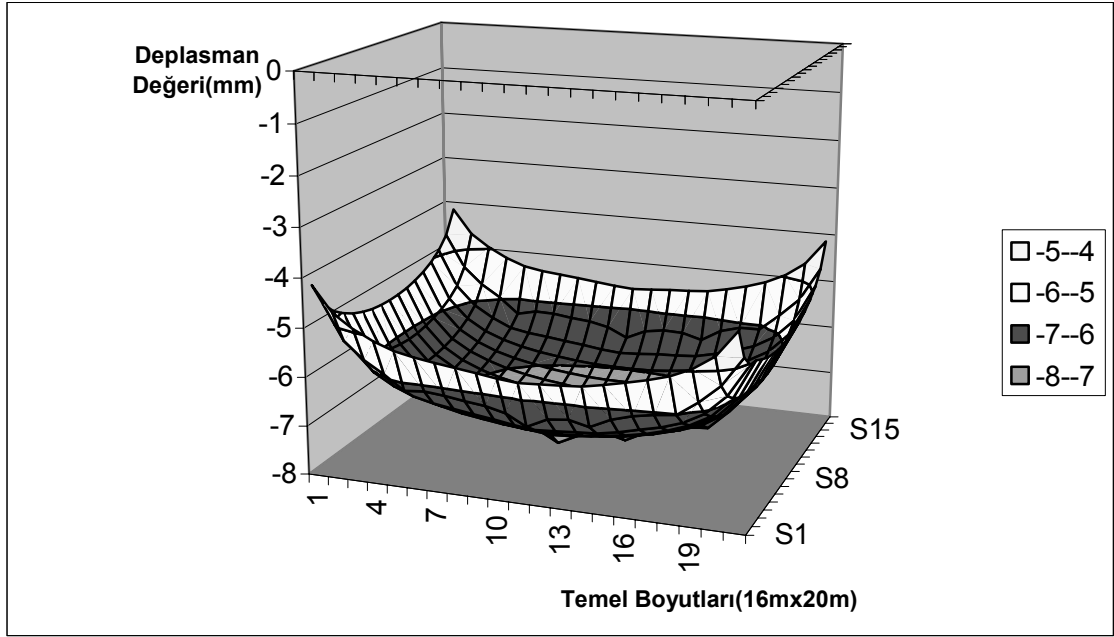


Şekil 4.19. 2.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Çizelge 4.10. 2.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

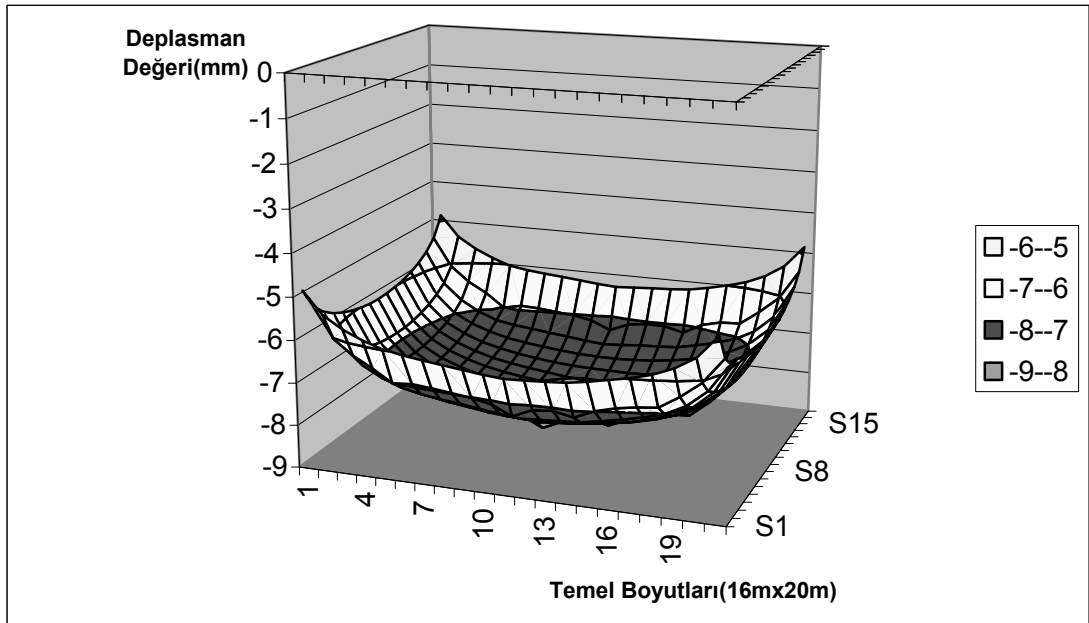
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-5.661	-6.035	-6.234	-6.368	-6.469	-6.537	-6.573	-6.585	-6.569
2	-5.904	-6.273	-6.468	-6.607	-6.716	-6.818	-6.889	-6.866	-6.818
3	-6.185	-6.443	-6.626	-6.773	-6.883	-7.023	-7.290	-7.070	-6.987
4	-6.152	-6.535	-6.742	-6.891	-7.006	-7.111	-7.184	-7.161	-7.111
5	-6.188	-6.598	-6.825	-6.978	-7.090	-7.165	-7.204	-7.216	-7.197
6	-6.247	-6.656	-6.888	-7.044	-7.152	-7.221	-7.262	-7.273	-7.257
7	-6.296	-6.710	-6.944	-7.099	-7.205	-7.276	-7.311	-7.322	-7.310
8	-6.390	-6.772	-6.983	-7.163	-7.300	-7.338	-7.346	-7.356	-7.366
9	-6.609	-6.817	-6.998	-7.210	-7.524	-7.385	-7.362	-7.372	-7.405
10	-6.407	-6.791	-6.999	-7.180	-7.319	-7.357	-7.365	-7.373	-7.384
11	-6.366	-6.759	-6.973	-7.129	-7.258	-7.350	-7.363	-7.351	-7.342
12	-6.460	-6.729	-6.922	-7.078	-7.232	-7.456	-7.339	-7.306	-7.294
13	-6.261	-6.649	-6.859	-7.015	-7.144	-7.237	-7.251	-7.240	-7.229
14	-6.141	-6.550	-6.775	-6.929	-7.038	-7.105	-7.143	-7.150	-7.138
15	-6.061	-6.449	-6.660	-6.811	-6.933	-7.020	-7.034	-7.024	-7.011
16	-6.013	-6.312	-6.502	-6.648	-6.786	-6.990	-6.884	-6.852	-6.839
17	-5.717	-6.080	-6.272	-6.410	-6.524	-6.605	-6.618	-6.606	-6.592
18	-5.351	-5.687	-5.865	-5.992	-6.084	-6.143	-6.174	-6.181	-6.168
19	-4.770	-5.035	-5.075	-5.190	-5.281	-5.338	-5.369	-5.377	-5.364
20	-4.869	-5.035	-5.158	-5.246	-5.306	-5.340	-5.352	-5.342	-5.310
21	-5.639	-5.823	-5.952	-6.044	-6.106	-6.143	-6.154	-6.142	-6.108

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-5.342	-5.310	-5.255	-5.173	-5.059	-4.901	-4.653	-4.166
2	-6.142	-6.108	-6.050	-5.967	-5.848	-5.673	-5.353	-4.686
3	-6.569	-6.528	-6.467	-6.381	-6.261	-6.074	-5.710	-4.967
4	-6.818	-6.771	-6.708	-6.618	-6.495	-6.322	-5.970	-5.167
5	-6.987	-6.941	-6.873	-6.781	-6.650	-6.499	-6.300	-5.320
6	-7.111	-7.062	-6.994	-6.896	-6.762	-6.575	-6.206	-5.390
7	-7.197	-7.150	-7.082	-6.980	-6.838	-6.620	-6.216	-5.434
8	-7.257	-7.217	-7.146	-7.043	-6.893	-6.666	-6.264	-5.474
9	-7.310	-7.269	-7.200	-7.091	-6.939	-6.713	-6.303	-5.517
10	-7.366	-7.349	-7.255	-7.124	-6.970	-6.767	-6.386	-5.562
11	-7.405	-7.527	-7.295	-7.140	-6.985	-6.806	-6.584	-5.596
12	-7.384	-7.370	-7.276	-7.146	-6.988	-6.778	-6.396	-5.570
13	-7.342	-7.329	-7.287	-7.152	-6.973	-6.740	-6.325	-5.537
14	-7.294	-7.310	-7.423	-7.136	-6.934	-6.722	-6.338	-5.515
15	-7.229	-7.218	-7.179	-7.050	-6.876	-6.690	-6.454	-5.483
16	-7.138	-7.105	-7.039	-6.940	-6.796	-6.591	-6.210	-5.393
17	-7.011	-6.993	-6.949	-6.833	-6.677	-6.475	-6.093	-5.288
18	-6.839	-6.840	-6.908	-6.685	-6.511	-6.333	-6.083	-5.161
19	-6.592	-6.576	-6.534	-6.424	-6.276	-6.092	-5.740	-4.963
20	-6.168	-6.135	-6.075	-5.987	-5.862	-5.678	-5.346	-4.675
21	-5.364	-5.330	-5.272	-5.186	-5.065	-4.900	-4.645	-4.152



Şekil 4.20. 2.tabaka kalınlığının 9 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı

1.tabaka yok sayılıp ilk 12 m'nin 2.tabaka özelliklerini taşıdığı varsayılarak oluşturulan modele ait analiz sonuçlarından elde edilen deplasman ve gerilme grafikleri ile radye temele ait düğüm noktaları deplasman değerleri sırasıyla Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Çizelge 4.11'da verildiği gibidir.

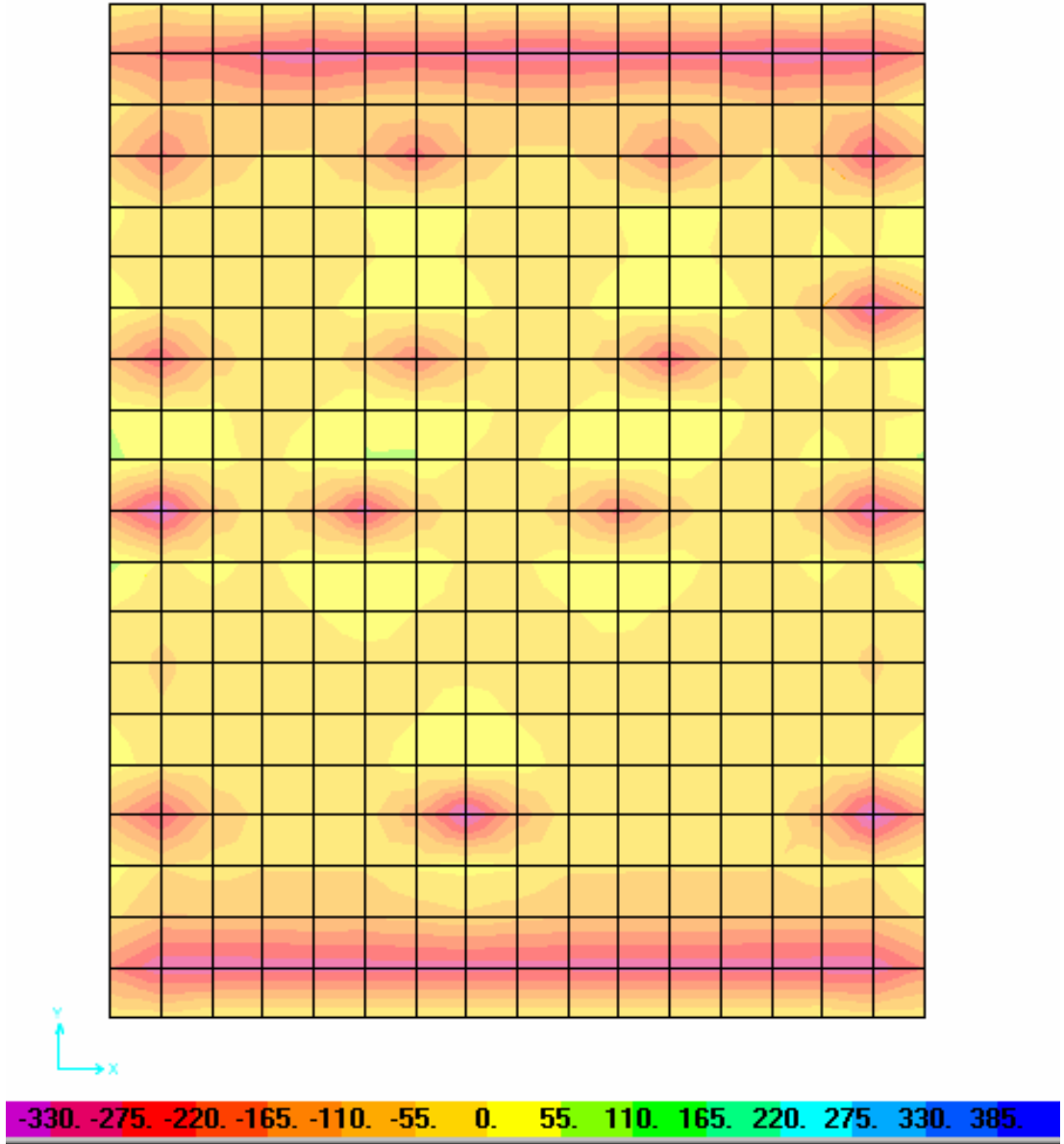


Şekil 4.21. 2.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı

Çizelge 4.11. 2.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

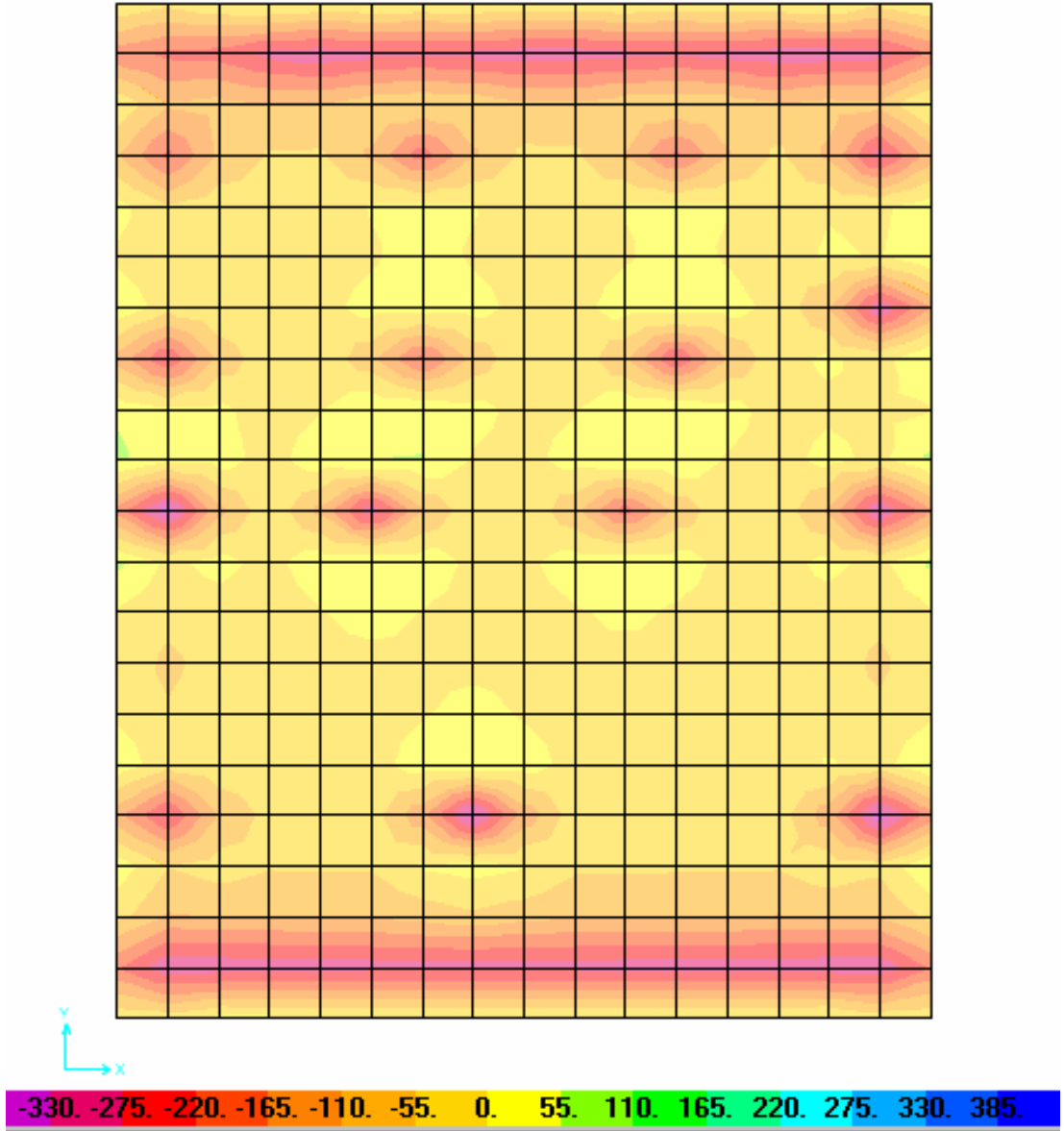
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-6.616	-6.986	-7.182	-7.323	-7.434	-7.537	-7.609	-7.586	-7.538
2	-6.900	-7.158	-7.343	-7.492	-7.603	-7.744	-8.012	-7.792	-7.710
3	-6.869	-7.253	-7.462	-7.612	-7.728	-7.835	-7.908	-7.885	-7.836
4	-6.908	-7.319	-7.547	-7.701	-7.815	-7.891	-7.930	-7.943	-7.924
5	-6.969	-7.379	-7.612	-7.770	-7.879	-7.950	-7.991	-8.002	-7.987
6	-7.020	-7.435	-7.671	-7.827	-7.934	-8.006	-8.042	-8.053	-8.041
7	-7.115	-7.498	-7.710	-7.892	-8.030	-8.070	-8.079	-8.088	-8.098
8	-7.335	-7.543	-7.726	-7.940	-8.255	-8.117	-8.094	-8.105	-8.138
9	-7.133	-7.517	-7.727	-7.909	-8.049	-8.089	-8.098	-8.106	-8.117
10	-7.091	-7.484	-7.700	-7.857	-7.987	-8.081	-8.095	-8.083	-8.073
11	-7.183	-7.453	-7.647	-7.805	-7.960	-8.186	-8.069	-8.036	-8.024
12	-6.982	-7.371	-7.583	-7.740	-7.870	-7.964	-7.979	-7.969	-7.958
13	-6.859	-7.270	-7.496	-7.652	-7.762	-7.830	-7.869	-7.876	-7.864
14	-6.777	-7.166	-7.379	-7.531	-7.655	-7.743	-7.758	-7.748	-7.734
15	-6.728	-7.028	-7.219	-7.366	-7.506	-7.711	-7.606	-7.574	-7.560
16	-6.429	-6.793	-6.986	-7.126	-7.242	-7.324	-7.337	-7.325	-7.311
17	-6.061	-6.399	-6.578	-6.706	-6.800	-6.860	-6.892	-6.899	-6.886
18	-5.479	-5.745	-5.787	-5.903	-5.996	-6.054	-6.085	-6.094	-6.081
19	-5.577	-5.745	-5.868	-5.958	-6.019	-6.055	-6.067	-6.057	-6.024
20	-6.348	-6.534	-6.664	-6.757	-6.821	-6.858	-6.869	-6.858	-6.823
21	-6.746	-6.946	-7.081	-7.184	-7.254	-7.291	-7.303	-7.286	-7.244

	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-6.057	-6.024	-5.968	-5.886	-5.770	-5.611	-5.361	-4.874
2	-6.858	-6.823	-6.765	-6.680	-6.560	-6.384	-6.062	-5.395
3	-7.286	-7.244	-7.183	-7.096	-6.974	-6.786	-6.421	-5.678
4	-7.538	-7.490	-7.426	-7.335	-7.210	-7.037	-6.683	-5.880
5	-7.710	-7.662	-7.594	-7.500	-7.368	-7.215	-7.016	-6.036
6	-7.836	-7.786	-7.717	-7.618	-7.482	-7.294	-6.925	-6.108
7	-7.924	-7.877	-7.807	-7.705	-7.561	-7.342	-6.937	-6.154
8	-7.987	-7.946	-7.874	-7.770	-7.618	-7.390	-6.987	-6.196
9	-8.041	-7.999	-7.929	-7.820	-7.666	-7.439	-7.028	-6.241
10	-8.098	-8.081	-7.985	-7.854	-7.698	-7.493	-7.112	-6.287
11	-8.138	-8.259	-8.027	-7.870	-7.713	-7.533	-7.311	-6.322
12	-8.117	-8.102	-8.007	-7.876	-7.716	-7.505	-7.122	-6.295
13	-8.073	-8.060	-8.017	-7.881	-7.701	-7.466	-7.050	-6.262
14	-8.024	-8.039	-8.152	-7.864	-7.660	-7.447	-7.061	-6.238
15	-7.958	-7.946	-7.905	-7.775	-7.600	-7.412	-7.176	-6.204
16	-7.864	-7.831	-7.763	-7.663	-7.517	-7.311	-6.929	-6.112
17	-7.734	-7.716	-7.671	-7.553	-7.396	-7.192	-6.810	-6.004
18	-7.560	-7.561	-7.628	-7.404	-7.227	-7.048	-6.797	-5.874
19	-7.311	-7.294	-7.252	-7.140	-6.991	-6.805	-6.452	-5.675
20	-6.886	-6.852	-6.791	-6.702	-6.575	-6.389	-6.057	-5.385
21	-6.081	-6.046	-5.987	-5.900	-5.777	-5.611	-5.354	-4.861



Şekil 4.22. 2.tabaka kalınlığının 12 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

18 m'lik zemin profilinin tamamının 2.tabaka özelliklerini taşıdığı varsayılarak oluşturulan modele ait analiz sonuçlarından elde edilen gerilme ve deplasman diyagramları ile radye temele ait düğüm noktaları deplasman değerleri sırasıyla Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir.

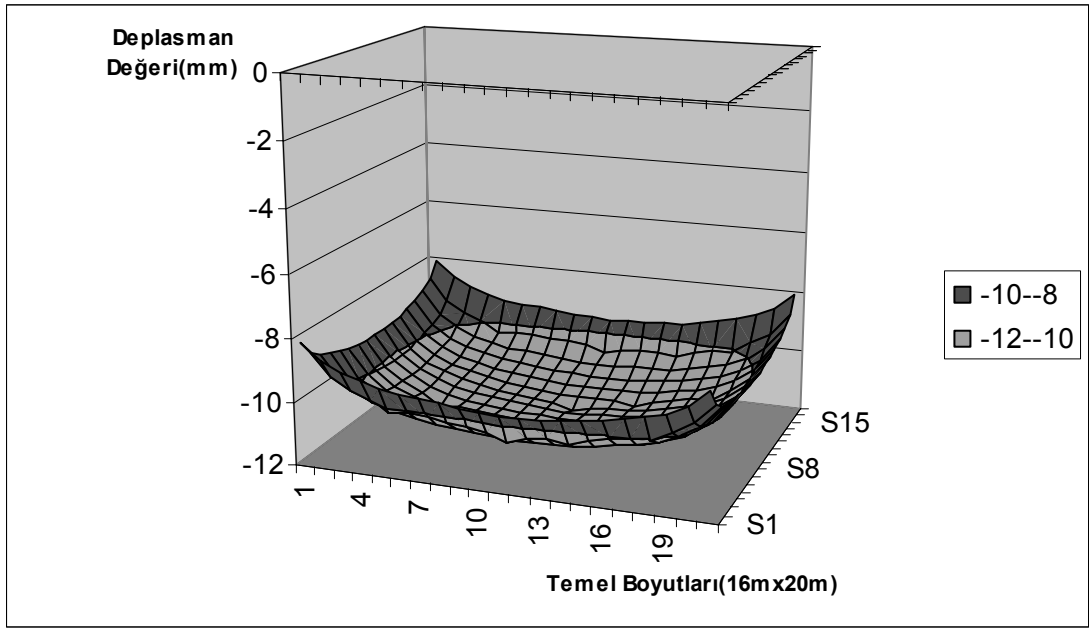


Şekil 4.23. 2.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı (Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

Çizelge 4.12. 2.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	-9.627	-10.004	-10.208	-10.346	-10.452	-10.523	-10.562	-10.576	-10.559
2	-9.878	-10.251	-10.449	-10.593	-10.707	-10.812	-10.886	-10.864	-10.816
3	-10.168	-10.429	-10.617	-10.768	-10.882	-11.026	-11.295	-11.077	-10.994
4	-10.145	-10.531	-10.742	-10.895	-11.014	-11.123	-11.198	-11.176	-11.127
5	-10.190	-10.603	-10.834	-10.991	-11.107	-11.186	-11.227	-11.240	-11.221
6	-10.257	-10.669	-10.905	-11.065	-11.177	-11.250	-11.293	-11.305	-11.289
7	-10.313	-10.729	-10.968	-11.127	-11.237	-11.311	-11.348	-11.360	-11.348
8	-10.411	-10.796	-11.010	-11.195	-11.335	-11.377	-11.387	-11.398	-11.407
9	-10.632	-10.842	-11.027	-11.244	-11.561	-11.426	-11.404	-11.416	-11.448
10	-10.429	-10.815	-11.028	-11.212	-11.355	-11.396	-11.407	-11.416	-11.426
11	-10.385	-10.780	-10.998	-11.158	-11.290	-11.387	-11.402	-11.391	-11.381
12	-10.473	-10.745	-10.942	-11.102	-11.259	-11.487	-11.372	-11.339	-11.327
13	-10.267	-10.658	-10.872	-11.032	-11.165	-11.260	-11.277	-11.267	-11.256
14	-10.139	-10.551	-10.780	-10.938	-11.051	-11.120	-11.160	-11.168	-11.156
15	-10.050	-10.441	-10.656	-10.811	-10.936	-11.026	-11.043	-11.034	-11.020
16	-9.994	-10.296	-10.490	-10.639	-10.781	-10.989	-10.885	-10.853	-10.839
17	-9.691	-10.056	-10.252	-10.394	-10.512	-10.596	-10.611	-10.599	-10.585
18	-9.318	-9.658	-9.840	-9.970	-10.066	-10.128	-10.161	-10.169	-10.155
19	-8.733	-9.001	-9.045	-9.164	-9.259	-9.319	-9.352	-9.361	-9.348
20	-8.828	-8.999	-9.126	-9.218	-9.282	-9.319	-9.333	-9.323	-9.290
21	-9.602	-9.791	-9.925	-10.020	-10.087	-10.126	-10.138	-10.127	-10.092

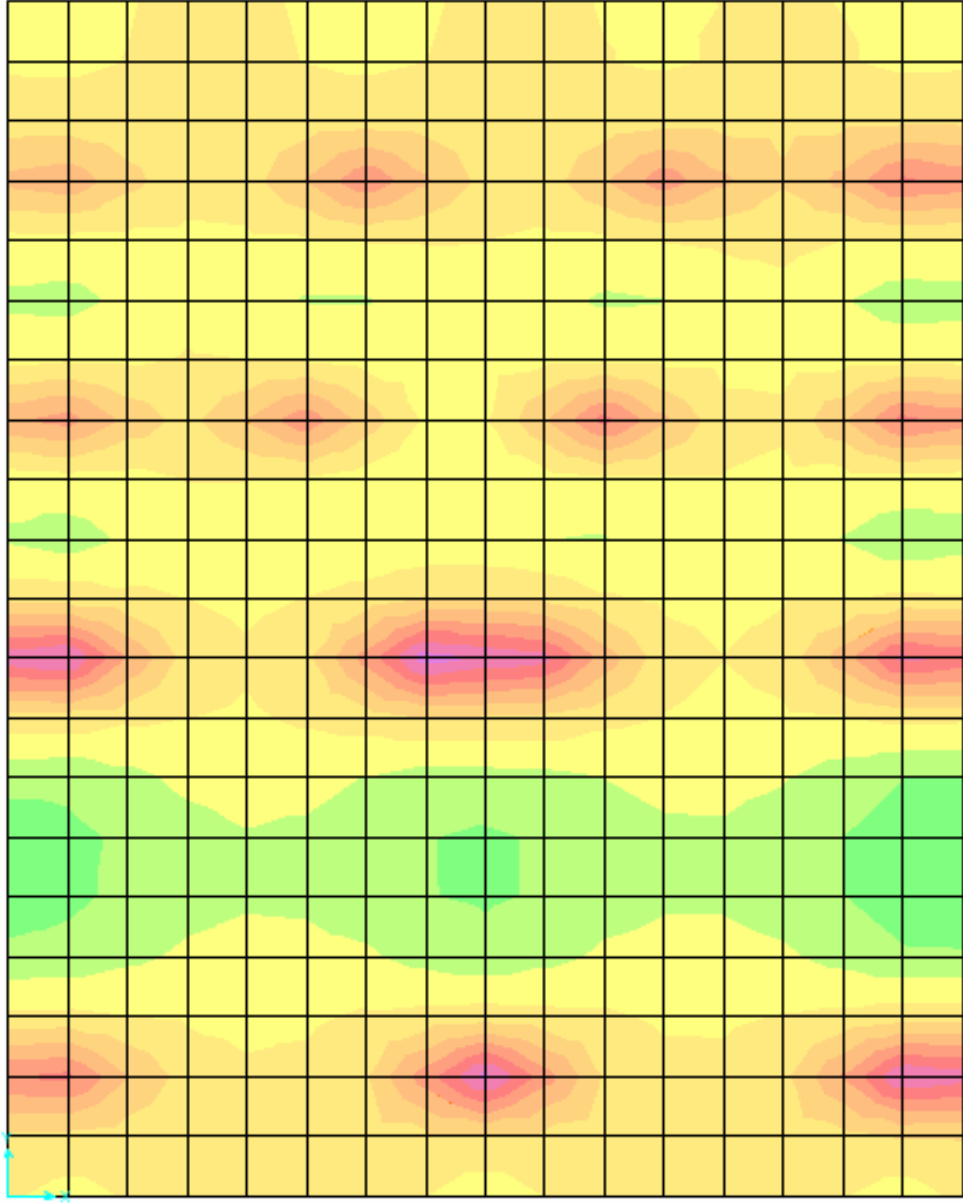
	J	K	L	M	N	O	P	R
1	-9.323	-9.290	-9.232	-9.148	-9.030	-8.868	-8.617	-8.128
2	-10.127	-10.092	-10.032	-9.945	-9.823	-9.645	-9.321	-8.652
3	-10.559	-10.517	-10.454	-10.365	-10.241	-10.051	-9.684	-8.939
4	-10.816	-10.768	-10.703	-10.609	-10.483	-10.307	-9.952	-9.147
5	-10.994	-10.946	-10.877	-10.781	-10.647	-10.492	-10.291	-9.309
6	-11.127	-11.076	-11.006	-10.905	-10.767	-10.577	-10.206	-9.388
7	-11.221	-11.173	-11.102	-10.998	-10.853	-10.631	-10.225	-9.441
8	-11.289	-11.248	-11.175	-11.069	-10.915	-10.685	-10.279	-9.488
9	-11.348	-11.305	-11.234	-11.122	-10.966	-10.737	-10.325	-9.536
10	-11.407	-11.389	-11.293	-11.159	-11.001	-10.795	-10.411	-9.585
11	-11.448	-11.569	-11.335	-11.176	-11.017	-10.835	-10.611	-9.621
12	-11.426	-11.411	-11.314	-11.181	-11.019	-10.807	-10.422	-9.594
13	-11.381	-11.366	-11.322	-11.183	-11.001	-10.764	-10.347	-9.557
14	-11.327	-11.341	-11.452	-11.162	-10.956	-10.741	-10.354	-9.529
15	-11.256	-11.243	-11.200	-11.068	-10.890	-10.701	-10.463	-9.490
16	-11.156	-11.121	-11.052	-10.950	-10.802	-10.594	-10.210	-9.391
17	-11.020	-11.000	-10.954	-10.834	-10.674	-10.469	-10.084	-9.277
18	-10.839	-10.839	-10.904	-10.678	-10.499	-10.318	-10.065	-9.141
19	-10.585	-10.567	-10.523	-10.409	-10.257	-10.069	-9.715	-8.936
20	-10.155	-10.120	-10.058	-9.966	-9.837	-9.649	-9.315	-8.642
21	-9.348	-9.312	-9.251	-9.161	-9.036	-8.868	-8.610	-8.115



Şekil 4.24. 2.tabaka kalınlığının 18 m olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı

Diyagram ve çizelgelerden görüldüğü gibi elastisitesi yüksek olan 2. tabakanın kalınlığı arttıkça gerilmelerde belirgin bir artış olmamakla birlikte, tabaka kalınlığı arttıkça deplasman değerleri artmaktadır.

Son olarak yatak katsayısının etkisini belirlemek amacıyla tabakaların ortalama yatak katsayısı olan 4250 t/m^3 değeri alınarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.25’de, deplasman kontur diyagramı Şekil 4.26’da ve radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri matrisleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.



-0.90 -0.75 -0.60 -0.45 -0.30 -0.15 0.00 0.15 0.30 0.45 0.60 0.75 0.90 1.05E+

Şekil 4.25. Yatak katsayısı değerinin 4250 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı(Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

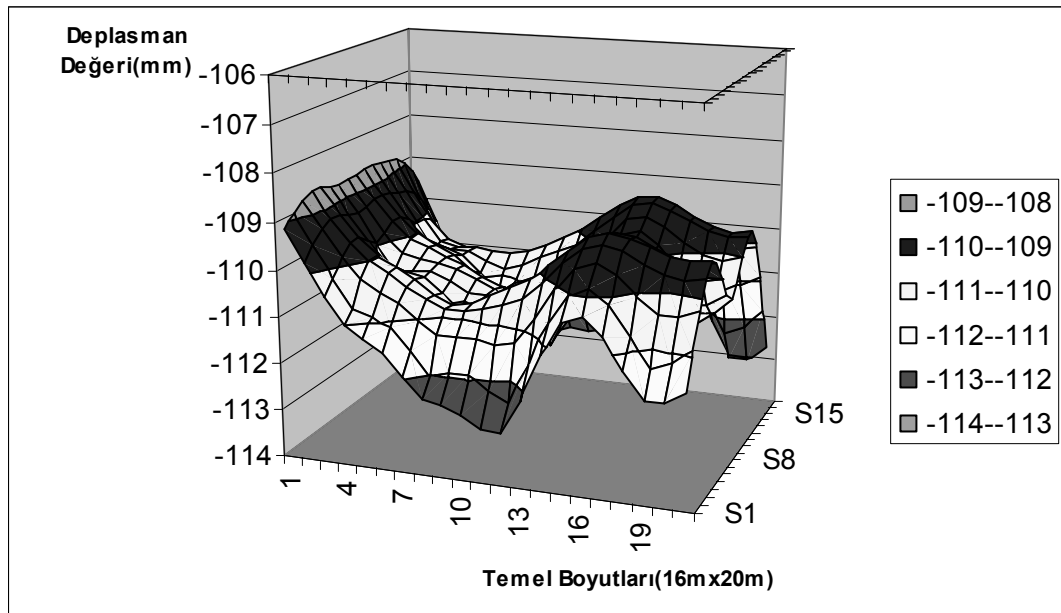
Çizelge 4.13. Yatak katsayısı değerinin 4250 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
1	-109.104	-109.78	-110.461	-110.997	-111.242	-111.5	-111.946
2	-108.888	-109.525	-110.187	-110.781	-110.904	-111.094	-111.527
3	-108.72	-109.302	-109.856	-110.284	-110.505	-110.714	-111.027
4	-108.636	-109.17	-109.633	-109.983	-110.232	-110.467	-110.706
5	-108.643	-109.175	-109.64	-109.982	-110.206	-110.419	-110.697
6	-108.702	-109.268	-109.83	-110.243	-110.371	-110.473	-110.779
7	-108.747	-109.335	-109.977	-110.563	-110.49	-110.47	-110.655
8	-108.739	-109.305	-109.864	-110.266	-110.363	-110.388	-110.501
9	-108.7	-109.233	-109.696	-110.024	-110.209	-110.352	-110.526
10	-108.674	-109.215	-109.684	-110.02	-110.227	-110.43	-110.735
11	-108.679	-109.273	-109.847	-110.263	-110.406	-110.536	-110.89
12	-108.702	-109.348	-110.022	-110.613	-110.57	-110.566	-110.748
13	-108.736	-109.413	-110.051	-110.492	-110.59	-110.58	-110.611
14	-108.818	-109.535	-110.154	-110.561	-110.727	-110.771	-110.801
15	-108.986	-109.776	-110.514	-111.029	-111.171	-111.221	-111.385
16	-109.25	-110.12	-111.016	-111.774	-111.788	-111.824	-112.147
17	-109.576	-110.509	-111.438	-112.121	-112.317	-112.447	-112.78

	H	I	J	K	L	M	N
1	-112.370	-112.474	-112.593	-112.873	-112.901	-112.166	-111.176
2	-112.024	-111.926	-111.925	-112.196	-112.408	-111.541	-110.619
3	-111.285	-111.293	-111.269	-111.344	-111.269	-110.739	-110.068
4	-110.859	-110.858	-110.770	-110.654	-110.451	-110.085	-109.643
5	-110.891	-110.788	-110.579	-110.395	-110.174	-109.851	-109.484
6	-111.159	-110.893	-110.687	-110.586	-110.415	-110.072	-109.637
7	-110.861	-110.881	-110.927	-111.101	-111.111	-110.626	-109.977
8	-110.665	-110.855	-111.151	-111.605	-111.944	-111.158	-110.291
9	-110.721	-110.929	-111.251	-111.709	-111.881	-111.255	-110.379
10	-111.014	-111.069	-111.166	-111.460	-111.675	-110.973	-110.186
11	-111.343	-111.064	-110.884	-110.904	-110.832	-110.384	-109.815
12	-110.899	-110.756	-110.534	-110.371	-110.168	-109.845	-109.469
13	-110.620	-110.529	-110.364	-110.173	-109.946	-109.647	-109.333
14	-110.806	-110.721	-110.591	-110.446	-110.229	-109.889	-109.509
15	-111.511	-111.368	-111.200	-111.166	-111.040	-110.537	-109.951
16	-112.550	-112.216	-111.982	-112.067	-112.167	-111.338	-110.521
17	-113.069	-112.933	-112.771	-112.813	-112.707	-111.982	-111.103

Çizelge 4.13. (Devam)

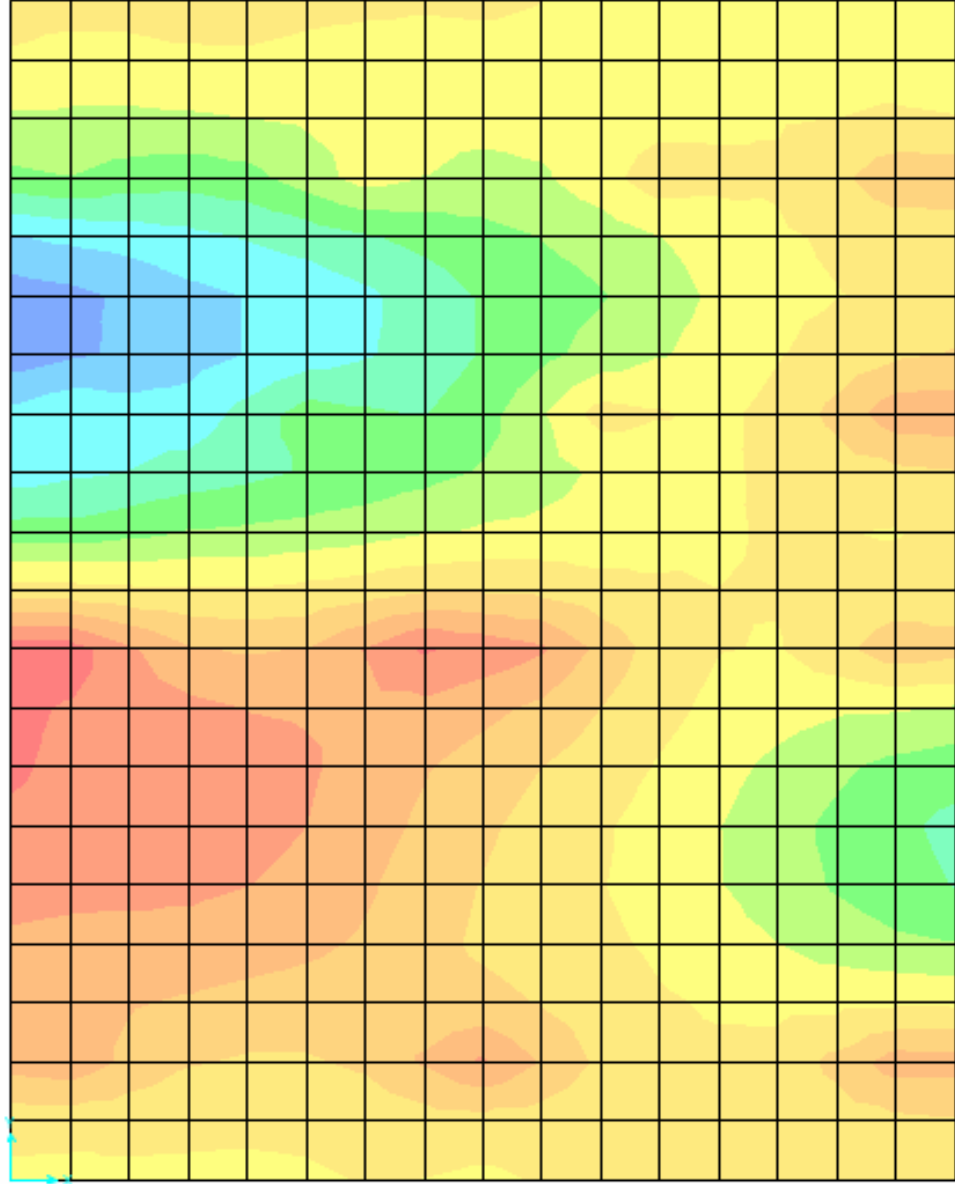
	O	P	R	S	T	U	V
1	-110.484	-110.314	-110.656	-111.315	-111.851	-111.853	-111.586
2	-110.033	-109.881	-110.153	-110.742	-111.332	-111.165	-110.88
3	-109.604	-109.472	-109.664	-110.062	-110.387	-110.384	-110.201
4	-109.299	-109.18	-109.288	-109.513	-109.704	-109.752	-109.673
5	-109.192	-109.07	-109.127	-109.283	-109.427	-109.483	-109.444
6	-109.289	-109.154	-109.22	-109.396	-109.558	-109.618	-109.582
7	-109.515	-109.363	-109.506	-109.8	-110.039	-110.096	-110.008
8	-109.727	-109.57	-109.818	-110.34	-110.765	-110.72	-110.482
9	-109.79	-109.647	-109.947	-110.63	-111.368	-111.047	-110.693
10	-109.668	-109.538	-109.8	-110.326	-110.752	-110.71	-110.474
11	-109.421	-109.315	-109.488	-109.8	-110.049	-110.109	-110.018
12	-109.191	-109.118	-109.235	-109.449	-109.633	-109.701	-109.658
13	-109.115	-109.077	-109.217	-109.443	-109.634	-109.703	-109.653
14	-109.259	-109.256	-109.497	-109.85	-110.123	-110.192	-110.086
15	-109.608	-109.633	-110.021	-110.636	-111.114	-111.112	-110.864
16	-110.086	-110.133	-110.659	-111.545	-112.389	-112.175	-111.795
17	-110.588	-110.656	-111.299	-112.281	-113.048	-113.075	-112.735



Şekil 4.26. Yatak katsayısı değerinin 4250t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman kontur diyagramı

İlk tabakanın yatak katsayısı değeri olan 1200 t/m^3 değeri alınarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.27'de, deplasman

kontur diyagramı Şekil 4.28’de ve radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri matrisleri Çizelge 4.14’de verilmiştir.



-2.40 -2.00 -1.60 -1.20 -0.80 -0.40 0.00 0.40 0.80 1.20 1.60 2.00 2.40 2.80E+

Şekil 4.27. Yatak katsayısı değerinin 1200 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı(Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

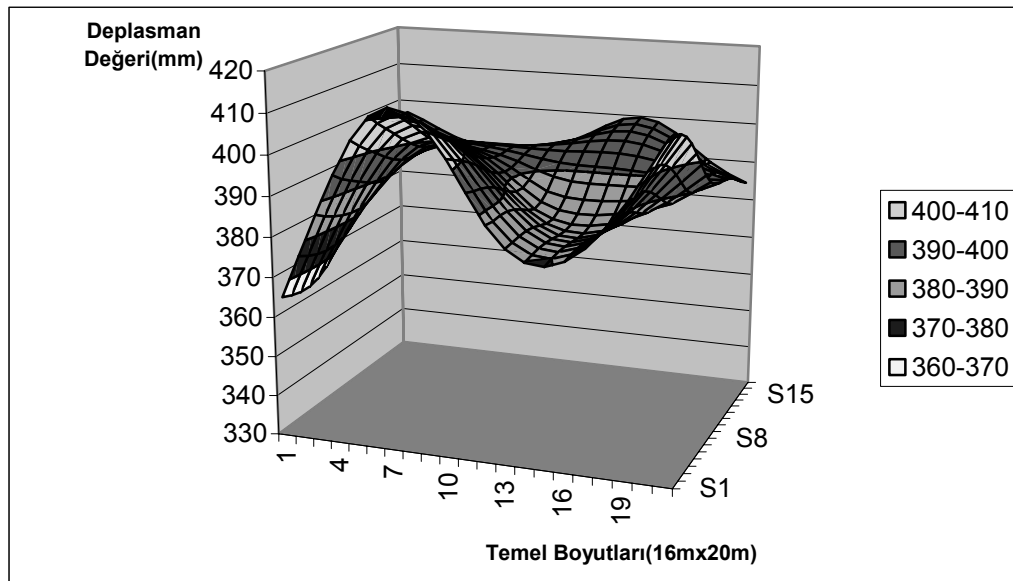
Çizelge 4.14. Yatak katsayısı değerinin 1200 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
1	365.310	375.986	386.552	396.520	405.078	410.981	413.404
2	364.420	374.864	385.070	394.544	402.832	408.541	410.911
3	363.903	374.019	383.911	393.121	400.932	406.367	408.775
4	363.987	373.610	383.043	391.804	399.135	404.226	406.570
5	364.816	373.734	382.458	390.561	397.352	402.055	404.146
6	366.508	374.528	382.295	389.522	395.723	400.030	401.807
7	369.122	376.124	382.826	388.955	394.567	398.407	399.963
8	372.584	378.512	384.227	389.533	394.106	397.251	398.507
9	376.641	381.448	386.137	390.468	394.049	396.407	397.232
10	380.940	384.572	388.124	391.393	394.060	395.714	396.076
11	385.128	387.574	389.923	392.098	393.988	395.129	395.174
12	388.908	390.251	391.480	392.545	393.857	394.620	394.635
13	392.045	392.432	392.795	393.182	393.676	394.001	394.008
14	394.368	393.940	393.559	393.274	393.121	393.010	392.885
15	395.824	394.722	393.609	392.637	392.028	391.590	391.215
16	396.522	394.922	393.190	391.515	390.640	389.946	389.309
17	396.766	394.832	392.712	390.719	389.310	388.275	387.530

	H	I	J	K	L	M	N
1	412.385	408.568	402.414	394.908	387.752	382.631	379.880
2	409.974	406.717	401.192	394.276	387.491	382.957	380.438
3	408.185	405.108	400.026	393.795	387.774	383.287	380.772
4	406.144	403.316	398.680	393.099	387.659	383.378	380.877
5	403.679	401.156	397.001	391.938	386.971	383.033	380.711
6	401.103	398.914	395.101	390.403	385.862	382.362	380.387
7	399.354	397.038	393.323	388.822	384.609	381.707	380.252
8	397.859	395.561	391.996	387.744	383.765	381.660	380.747
9	396.506	394.442	391.334	387.696	384.517	382.782	382.208
10	395.277	393.697	391.390	388.615	386.086	384.989	384.659
11	394.276	393.425	392.029	390.281	388.769	387.994	387.783
12	394.161	393.594	392.882	392.074	391.424	391.104	391.043
13	393.819	393.607	393.451	393.384	393.458	393.683	393.910
14	392.831	392.986	393.347	393.882	394.589	395.394	396.036
15	391.149	391.684	392.566	393.558	394.748	396.212	397.398
16	389.054	390.055	391.421	392.791	394.263	396.505	398.237
17	387.466	388.515	390.192	392.073	394.239	396.810	398.913

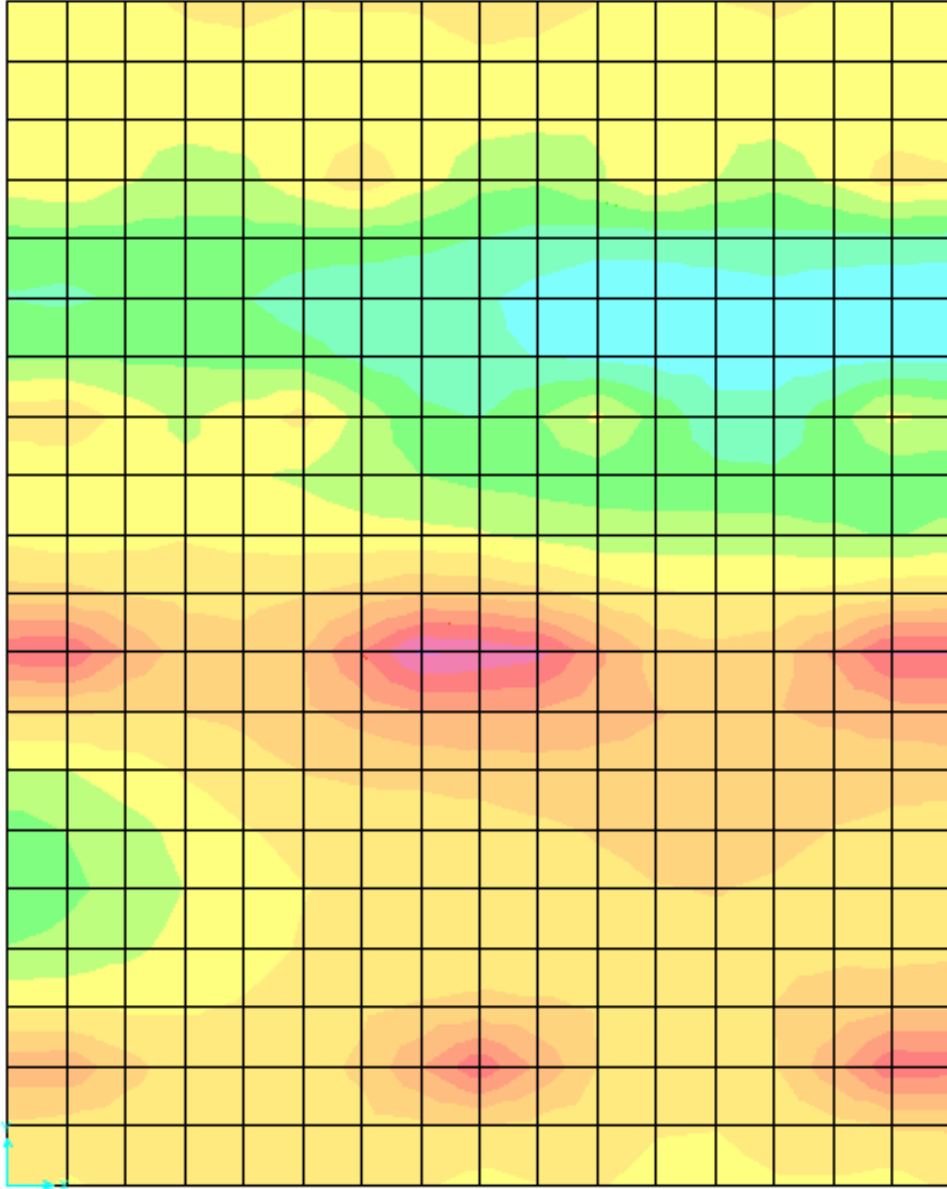
Çizelge 4.14. (Devam)

	O	P	R	S	T	U	V
1	379.382	380.975	384.415	389.414	395.784	403.280	411.154
2	379.964	381.510	384.857	389.668	395.683	403.072	410.756
3	380.287	381.783	385.059	389.816	395.796	402.701	409.978
4	380.366	381.793	384.963	389.592	395.325	401.749	408.478
5	380.235	381.572	384.530	388.828	394.108	399.966	406.068
6	380.051	381.266	383.870	387.636	392.273	397.442	402.822
7	380.111	381.166	383.272	386.306	390.133	394.516	399.127
8	380.781	381.629	383.154	385.275	388.105	391.733	395.611
9	382.328	382.930	383.899	385.143	386.816	389.825	392.916
10	384.761	385.111	385.614	386.304	387.450	389.283	391.359
11	387.815	387.907	388.009	388.228	388.735	389.596	390.667
12	391.023	390.866	390.558	390.218	390.014	390.048	390.267
13	393.913	393.529	392.765	391.796	390.868	390.149	389.641
14	396.175	395.598	394.342	392.691	391.037	389.659	388.561
15	397.746	397.018	395.279	392.882	390.475	388.621	387.135
16	398.798	397.955	395.797	392.718	389.490	387.422	385.677
17	399.680	398.738	396.201	392.649	389.092	386.434	384.385



Şekil 4.28. Yatak katsayısı değerinin 1200 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı

İkinci tabakanın yatak katsayısı değeri olan 1500 t/m^3 değeri alınarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.29'da, deplasman kontur diyagramı Şekil 4.30'da ve radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri matrisleri Çizelge 4.15'de verilmiştir.



-1.44 -1.20 -0.96 -0.72 -0.48 -0.24 0.00 0.24 0.48 0.72 0.96 1.20 1.44 1.68

Şekil 4.29. Yatak katsayısı değerinin 1500 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı(Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

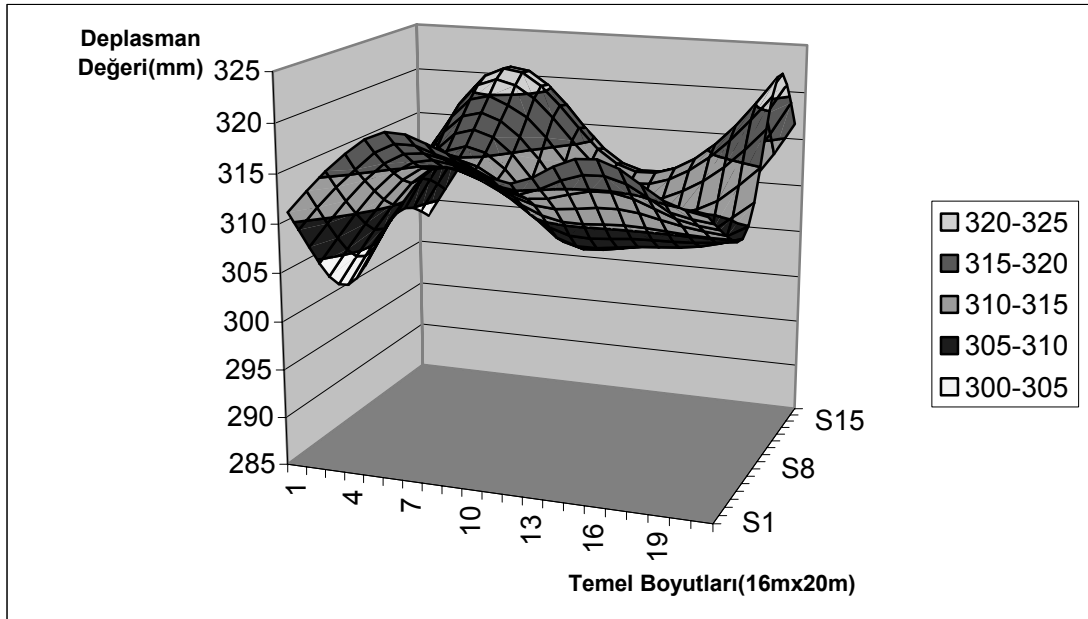
Çizelge 4.15. Yatak katsayısı değerinin 1500 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
1	311.257	313.563	315.671	317.531	319.102	319.937	319.832
2	308.996	311.424	313.648	315.561	317.370	318.384	318.389
3	306.706	309.325	311.797	314.022	315.871	316.986	317.200
4	304.489	307.336	310.072	312.546	314.523	315.735	316.098
5	302.560	305.604	308.525	311.188	313.352	314.706	315.084
6	301.174	304.371	307.376	310.147	312.568	314.146	314.530
7	300.539	303.880	306.974	309.739	312.510	314.311	314.838
8	300.708	304.204	307.532	310.634	313.363	315.201	315.819
9	301.521	305.144	308.692	311.998	314.748	316.541	317.118
10	302.681	306.353	309.984	313.382	316.207	318.013	318.497
11	303.875	307.519	311.098	314.488	317.458	319.413	319.907
12	304.841	308.438	311.943	315.200	318.415	320.570	321.300
13	305.396	308.957	312.503	315.924	319.019	321.211	322.129
14	305.429	308.939	312.487	315.924	318.934	321.060	321.966
15	304.955	308.379	311.774	315.061	318.050	320.118	320.832
16	304.117	307.450	310.656	313.655	316.721	318.735	319.203
17	303.119	306.389	309.554	312.614	315.467	317.330	317.694

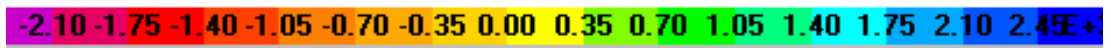
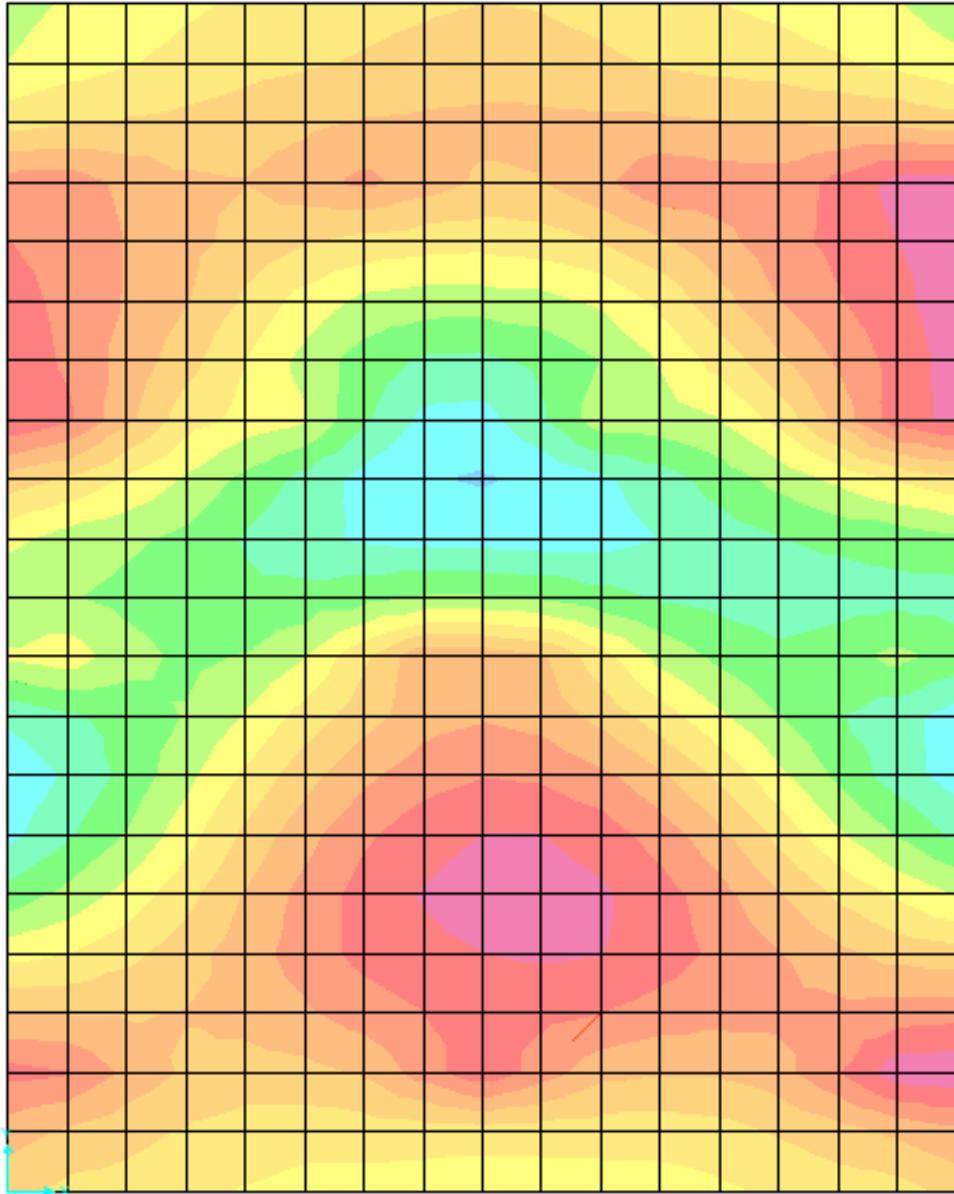
	H	I	J	K	L	M	N
1	319.115	318.313	317.354	316.355	315.933	316.651	317.859
2	317.668	317.095	316.234	315.166	314.430	315.123	316.112
3	316.760	316.068	315.161	314.173	313.571	313.750	314.330
4	315.775	315.035	314.074	313.113	312.442	312.255	312.443
5	314.694	313.952	312.938	311.824	310.934	310.488	310.443
6	313.897	313.167	311.924	310.459	309.256	308.614	308.501
7	314.306	313.116	311.369	309.343	307.692	306.994	306.986
8	315.259	313.742	311.521	308.958	306.741	306.174	306.299
9	316.489	314.852	312.450	309.704	307.478	306.610	306.671
10	317.785	316.267	314.025	311.345	308.964	308.069	307.976
11	319.058	317.893	315.923	313.485	311.330	310.105	309.740
12	320.804	319.536	317.620	315.359	313.303	311.902	311.303
13	321.807	320.502	318.530	316.284	314.227	312.770	312.083
14	321.634	320.303	318.267	315.941	313.842	312.403	311.769
15	320.316	318.980	316.918	314.417	312.177	310.874	310.438
16	318.308	317.058	314.956	312.234	309.688	308.665	308.439
17	316.786	315.186	312.849	310.017	307.555	306.349	306.144

Çizelge 4.15. (Devam)

	O	P	R	S	T	U	V
1	318.747	318.869	318.141	316.821	315.507	314.768	314.375
2	316.794	316.879	316.288	315.163	313.940	313.493	313.207
3	314.798	314.859	314.430	313.640	312.851	312.392	312.129
4	312.703	312.763	312.526	312.087	311.637	311.323	311.128
5	310.583	310.680	310.624	310.457	310.292	310.212	310.197
6	308.656	308.824	308.908	308.941	309.024	309.221	309.468
7	307.241	307.505	307.674	307.824	308.119	308.636	309.250
8	306.661	307.023	307.265	307.435	307.852	308.822	309.952
9	307.069	307.520	307.901	308.176	308.607	310.226	311.877
10	308.314	308.854	309.471	310.183	311.264	312.975	314.926
11	309.959	310.567	311.457	312.649	314.224	316.184	318.388
12	311.407	312.054	313.148	314.654	316.559	318.812	321.314
13	312.128	312.783	313.949	315.590	317.683	320.165	322.936
14	311.847	312.484	313.589	315.178	317.305	319.941	322.936
15	310.605	311.209	312.168	313.514	315.489	318.282	321.508
16	308.685	309.253	310.061	311.130	312.757	315.808	319.200
17	306.451	306.988	307.669	308.646	310.372	313.212	316.583

Şekil 4.30. Yatak katsayısı değerinin 1500 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı

Üçüncü tabakanın yatak katsayısı değeri olan 3000 t/m^3 değeri alınarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.32’de, deplasman kontur diyagramı Şekil 4.33’de ve radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri matrisleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.31. Yatak katsayısı değerinin 3000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı(Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

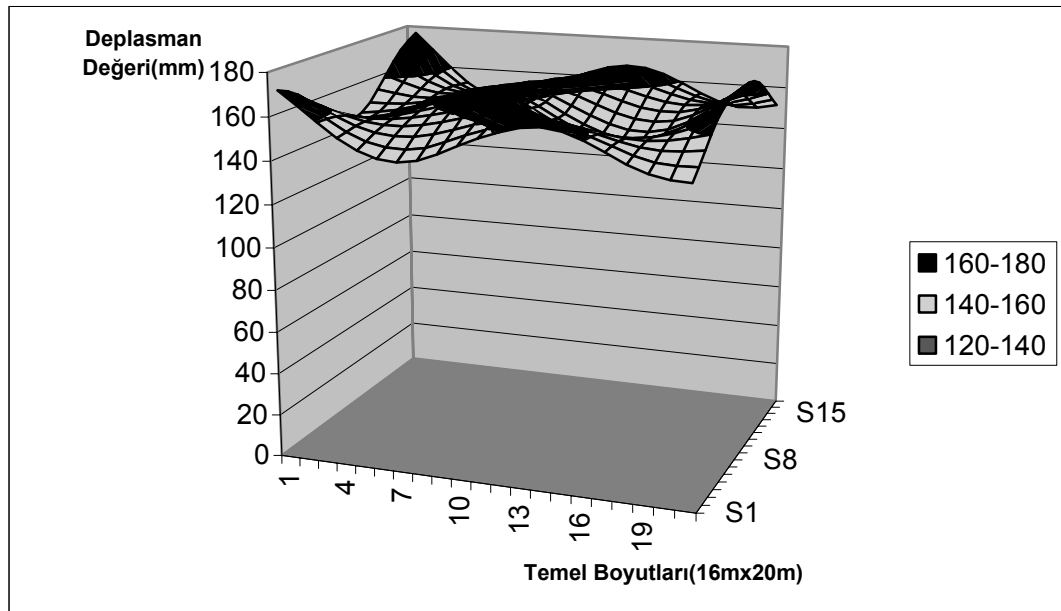
Çizelge 4.16. Yatak katsayısı değerinin 3000 t/m³ olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
1	172.419	165.982	159.234	152.854	147.928	144.937	144.101
2	170.312	164.665	158.974	153.771	150.166	148.194	147.914
3	167.317	162.769	158.400	154.700	152.280	151.321	151.778
4	163.188	160.019	157.164	155.034	153.994	154.133	155.330
5	158.272	156.547	155.192	154.615	155.041	156.341	158.153
6	153.268	152.868	152.811	153.588	155.435	157.881	160.238
7	149.034	149.702	150.673	152.404	155.496	158.874	161.786
8	146.342	147.692	149.419	152.019	155.568	159.384	162.623
9	145.667	147.176	149.132	151.952	155.551	159.364	162.602
10	147.126	148.187	149.699	152.090	155.312	158.815	161.809
11	150.507	150.556	151.001	152.378	154.862	157.872	160.565
12	155.314	153.956	152.936	152.809	154.327	156.654	159.156
13	160.834	157.869	155.292	153.748	153.749	155.093	157.292
14	166.254	161.642	157.443	154.303	152.791	153.023	154.715
15	170.869	164.743	158.912	154.134	151.268	150.472	151.526
16	174.302	166.983	159.731	153.364	149.395	147.698	148.149
17	176.790	168.615	160.254	152.724	147.429	144.814	144.897

	H	I	J	K	L	M	N
1	145.547	149.032	153.342	157.367	160.689	163.224	164.145
2	149.341	152.605	156.236	159.256	161.360	163.181	163.548
3	153.547	156.293	159.114	161.248	162.512	163.034	162.561
4	157.308	159.595	161.545	162.648	162.761	162.023	160.637
5	160.153	162.013	163.063	162.916	161.677	159.741	157.562
6	162.062	163.530	163.553	162.020	159.402	156.384	153.606
7	163.755	164.428	163.298	160.365	156.434	152.637	149.526
8	164.590	164.735	162.735	158.746	153.706	149.578	146.309
9	164.518	164.527	162.282	158.003	152.819	148.254	144.813
10	163.674	163.995	162.210	158.335	153.301	148.922	145.417
11	162.349	163.416	162.545	159.667	155.576	151.412	147.906
12	161.376	162.899	162.997	161.383	158.438	154.905	151.588
13	159.794	161.946	163.079	162.778	161.091	158.480	155.595
14	157.337	160.179	162.407	163.404	163.008	161.456	159.177
15	154.118	157.675	161.016	163.181	163.935	163.520	161.962
16	150.560	154.917	159.307	162.504	164.138	164.901	163.996
17	147.586	152.379	157.656	161.985	164.829	166.215	165.678

Çizelge 4.16. (Devam)

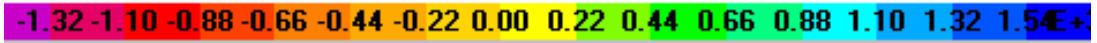
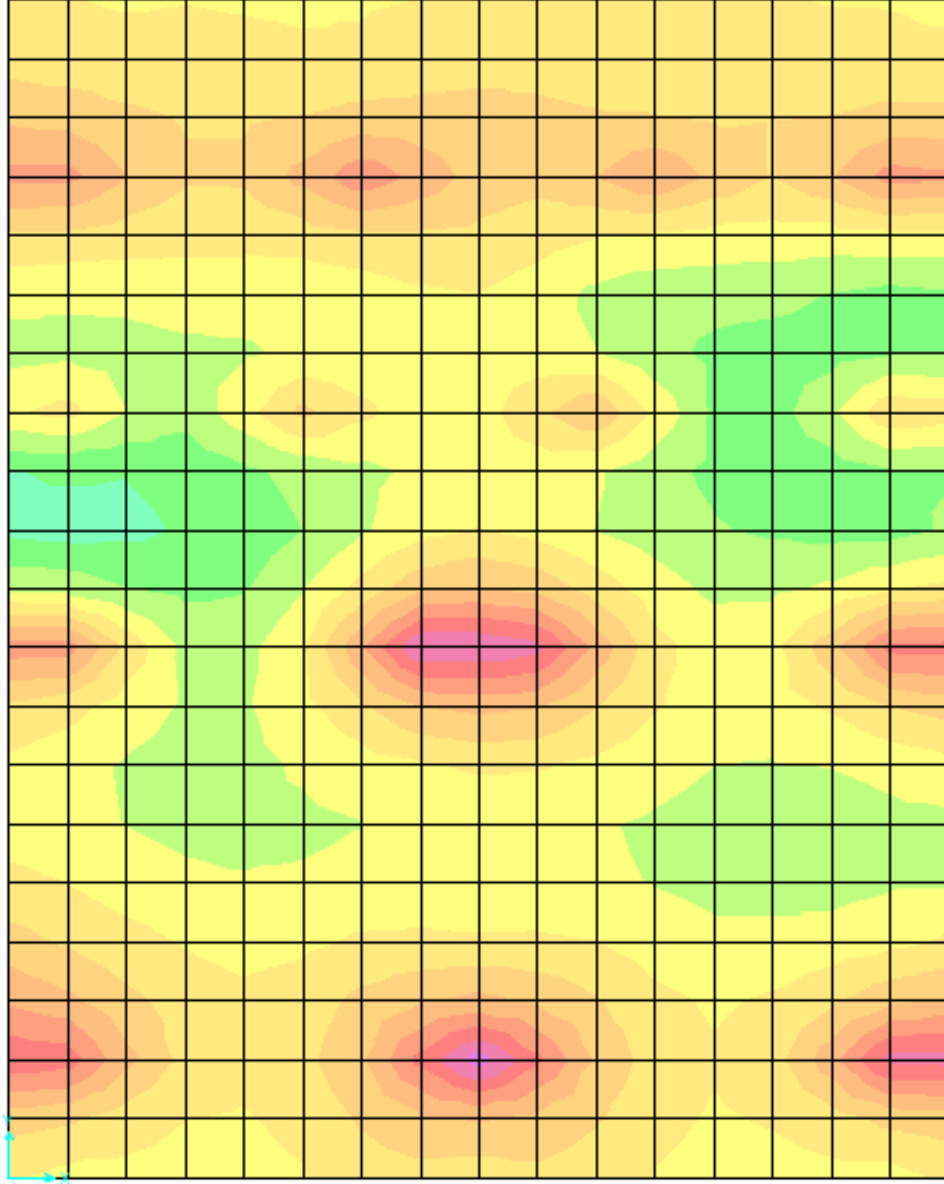
	O	P	R	S	T	U	V
1	162.938	159.806	155.487	151.019	147.549	145.821	145.269
2	162.221	159.547	156.177	152.888	150.491	149.876	150.050
3	161.032	158.798	156.427	154.536	153.686	154.079	155.191
4	158.866	157.101	155.820	155.449	156.202	157.960	160.310
5	155.612	154.347	154.155	155.262	157.622	160.911	164.689
6	151.602	150.823	151.603	154.025	157.865	162.642	167.836
7	147.554	147.192	148.716	152.143	157.180	163.240	169.696
8	144.382	144.300	146.295	150.288	156.053	163.151	170.641
9	142.868	142.889	145.102	149.327	155.248	163.116	171.198
10	143.366	143.309	145.497	149.837	156.056	163.648	171.637
11	145.698	145.369	147.245	151.320	157.216	164.235	171.662
12	149.231	148.457	149.685	152.979	158.010	164.139	170.717
13	153.145	151.798	152.065	154.170	157.951	162.899	168.401
14	156.721	154.730	153.829	154.470	156.768	160.401	164.742
15	159.540	156.893	154.759	153.791	154.495	156.922	160.235
16	161.564	158.273	154.974	152.487	151.571	153.117	155.623
17	163.140	159.179	154.767	151.032	149.087	149.503	151.324



Şekil 4.32. Yatak katsayısı değerinin 3000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı

Dördüncü tabakanın yatak katsayısı değeri olan 5000 t/m^3 değeri alınarak yapılan analizler sonucunda elde edilen radye temele ait gerilme diyagramı Şekil 4.33’de,

deplasman kontur diyagramı Şekil 4.34’de ve radye temelin düğüm noktalarına ait deplasman değerleri matrisleri Çizelge 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.33. Yatak katsayısı değerinin 5000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel gerilme diyagramı(Şeklin altındaki çizelge, gerilmeleri t/m^2 cinsinden ifade etmektedir.)

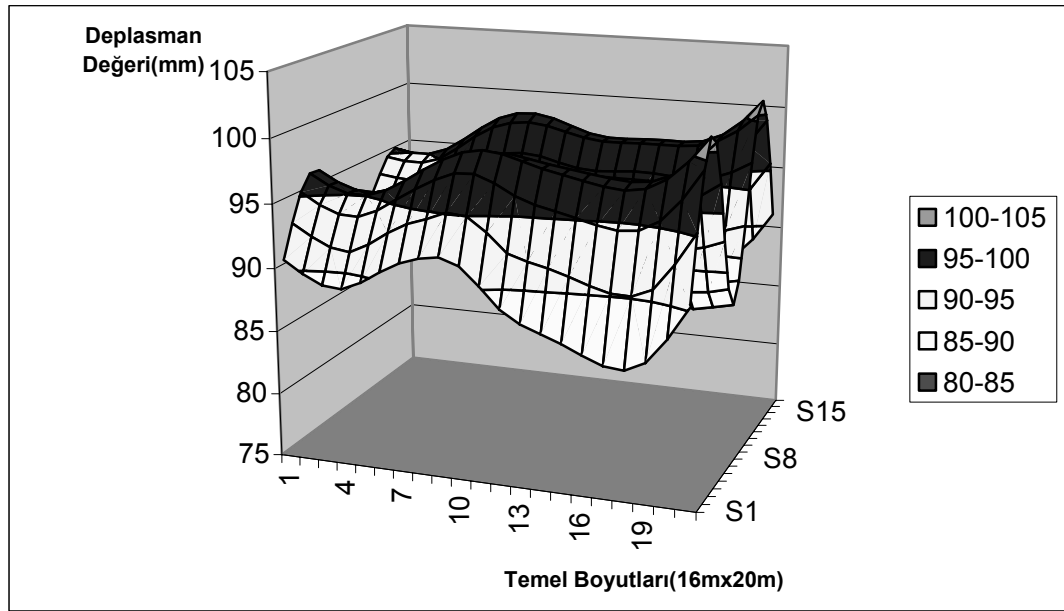
Çizelge 4.17. Yatak katsayısı değerinin 5000 t/m^3 olarak alındığı analiz için, radye temel deplasman matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
1	90.731	89.789	89.062	88.913	89.556	90.532	91.351
2	93.208	92.297	91.593	91.379	92.119	93.136	93.972
3	95.272	94.395	93.798	93.735	94.343	95.308	96.264
4	96.406	95.571	95.062	95.046	95.564	96.425	97.393
5	96.314	95.510	94.994	94.938	95.387	96.141	96.924
6	95.141	94.379	93.774	93.595	94.034	94.737	95.282
7	93.445	92.783	92.137	91.757	92.307	92.973	93.415
8	91.937	91.443	90.965	90.795	91.127	91.628	91.963
9	91.166	90.846	90.582	90.571	90.843	91.193	91.379
10	91.345	91.129	90.990	91.104	91.468	91.838	91.931
11	92.328	92.129	92.009	92.201	92.809	93.426	93.622
12	93.679	93.461	93.342	93.513	94.500	95.457	96.024
13	94.825	94.585	94.572	95.004	95.986	97.102	97.966
14	95.259	94.970	94.991	95.493	96.453	97.559	98.452
15	94.761	94.379	94.242	94.593	95.529	96.563	97.225
16	93.485	92.993	92.630	92.646	93.603	94.515	94.843
17	91.822	91.233	90.763	90.753	91.408	92.079	92.210

	H	I	J	K	L	M	N
1	91.880	92.132	91.606	90.210	88.623	87.683	87.116
2	94.495	95.104	94.945	93.874	92.444	91.963	91.613
3	97.083	97.717	97.797	97.210	96.383	95.858	95.509
4	98.300	98.992	99.272	99.092	98.650	98.212	97.858
5	97.661	98.381	98.785	98.762	98.494	98.207	97.966
6	95.605	96.284	96.540	96.376	96.102	95.959	95.940
7	93.645	93.755	93.513	92.911	92.409	92.473	92.783
8	92.000	91.682	90.949	89.890	88.981	89.371	89.975
9	91.260	90.779	89.885	88.724	87.935	88.166	88.814
10	91.740	91.420	90.758	89.764	88.932	89.238	89.803
11	93.386	93.517	93.232	92.584	92.069	92.110	92.441
12	96.262	96.391	96.247	95.845	95.476	95.365	95.474
13	98.465	98.610	98.436	98.051	97.668	97.480	97.485
14	98.952	99.049	98.758	98.221	97.719	97.483	97.500
15	97.475	97.475	97.042	96.200	95.434	95.238	95.389
16	94.604	94.565	93.950	92.738	91.529	91.506	91.789
17	91.857	91.351	90.374	88.925	87.680	87.373	87.598

Çizelge 4.17. (Devam)

	O	P	R	S	T	U	V
1	86.524	85.837	85.241	85.085	85.840	87.748	90.221
2	91.148	90.620	90.204	90.147	90.801	92.797	95.242
3	95.129	94.731	94.474	94.607	95.447	97.149	99.396
4	97.533	97.232	97.088	97.327	98.143	99.569	101.497
5	97.735	97.503	97.368	97.525	98.135	99.233	100.758
6	95.879	95.681	95.436	95.353	95.631	96.341	97.385
7	92.923	92.734	92.284	91.843	91.728	92.065	92.670
8	90.276	90.083	89.426	88.567	88.023	88.184	88.563
9	89.180	88.988	88.252	87.164	86.208	86.532	86.871
10	90.126	89.975	89.351	88.504	87.941	88.056	88.375
11	92.662	92.572	92.191	91.762	91.600	91.849	92.341
12	95.594	95.566	95.423	95.345	95.543	96.118	97.001
13	97.550	97.564	97.555	97.695	98.179	99.096	100.419
14	97.586	97.601	97.586	97.762	98.392	99.596	101.304
15	95.531	95.512	95.378	95.369	95.937	97.409	99.450
16	91.959	91.876	91.587	91.325	91.595	93.394	95.647
17	87.768	87.603	87.154	86.790	87.179	88.800	91.048

Şekil 4.34. Yatak katsayısı değerinin 5000 t/m³ olarak alındığı analiz için, radye temel kontur diyagramı

Radye temel gerilme diyagramları incelendiğinde yatak katsayısı değişimlerine bağlı olarak gerilme değerlerinin birbirine yakın değerler almasına karşın, oldukęa değişik dağılımlar gösterdiği ve deplasmanların normal değerlerin çok üstünde olduğu görölmektedir. Yatak katsayısının belirlenmesindeki değişik yaklaşımlar nedeniyle, zemin cinsine bağlı olarak seçilen yatak katsayıları kullanılarak oluşturulan model yardımıyla hesaplanan deplasman ve gerilme değerleri de yaklaşık sonuçlar vermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, özellikleri birbirinden farklı tabakalardan oluşmuş bir zemin sistemi üzerine oturan 16 m x 20 m'lik bir radye temel modellenmiş ve alttaki zemin tabakalarının elastisite modülü, poisson oranı, doğal birim hacim ağırlığı, yatak katsayısı ve tabaka kalınlığı gibi parametreleri değiştirilerek radye temelde oluşturduğu gerilme ve deplasman diyagramları incelenmiştir. Bu parametrelerin radye temel tasarımına etkisi araştırılmıştır.

Bilindiği gibi bir yapı – temel sistemini, zemin koşullarını gözardı ederek belirlemek mümkün değildir. Ancak, temel sisteminin seçimi ve boyutlandırılmasında; zemin özelliklerinin yanı sıra, üst yapıdan gelen yüklerin de çok önemli bir yer tuttuğu kesinlikle unutulmamalıdır. Bu durumda, bu çalışmada dikkate alınan radye temel tasarımında, radye plağında temel üstündeki yapı etkilerinin meydana getirdiği gerilme dağılımlarını görmeden, radye temelin geometrisine ve kolon – radye temel birleşim detaylarına karar vermek doğru olmayacaktır.

Örnek modele ait gerilme diyagramı incelendiği zaman, tekil kuvvet olarak etki eden kolon yüklerinin etkime bölgelerindeki gerilme değerlerinin diğer bölgelere göre oldukça arttığı görülmektedir. Bu durum radye temel kalınlığının yeterli olmadığı durumlarda kolon – temel birleşimlerinde zımbalama etkisinin artmasına yol açmaktadır. Bu gibi durumlarda, kolon birleşim bölgeleri güçlendirilmeli ya da kolonları doğrudan tekil yük olarak etkilemek yerine radye kirişleri yapma yoluna gidilmelidir.

Radye temel üzerine kolonların sık aralıklarla etkimesi durumunda gerilme bölgeleri birbirine daha çok yaklaşmakta, dolayısıyla kolonlar arasındaki mesafeye bağlı olarak bu gerilme bölgeleri birbirinin içine girebilmektedir.

Örnek modele ait gerilme diyagramında gözlemlenen ikinci bir etki, kolon etraflarında gerilmelerin belli bir dağılımdan sonra değerinin işaret değiştirmesi, etkinin bittiği yerden itibaren normale dönmesidir. Bu durum, zeminin elastik kabulünden kaynaklanmaktadır şeklinde yorumlanmaktadır.

Elastisite modülü düşük zeminlerde, radye temele etkiyen tekil kolon yükleri neticesinde kolon altındaki yer değiştirmeler daha büyük değerler almakta bu nedenle, radye plağının alt ve üst yüzeylerinde gerilmeler işaret değiştirmektedir. Dolayısıyla, elastisite modülü düşük zeminler üzerine oturacak radye temel kalınlığı daha büyük olmalıdır. Bu durumda, meydana gelecek yer değiştirmeler monolitik olacak ve üst yapının statik dengesi korunacaktır. Böylece yapı taşıyıcı sisteminde, ardışık olarak oluşması muhtemel sıkıntılar önlenmiş olacaktır.

Diğer taraftan elastisite modülü düşük zeminlerde, radye temel kalınlığının artırılması, yapı – temel sistemini ağırlaştıracağı için zeminde taşıma gücünün aşılmasına sebep olabilir. Bunun ortadan kaldırılması için, radye temelin yapı alınının dışına taşması gerekmektedir. Radyenin taşan kısmının boyutları arttıkça, radye ortasındaki moment etkisi buna bağlı olarak da deplasman azalır. Ancak bu durumda, özellikle radye temelin alan dışına taşan bölgelerinde kesme kontrollerinin iyi irdelenmesi gerekir.

Elastisite modülünün maksimum değerinde olması gerilme davranışı açısından, çalışmada örnek alınan modele göre bir değişikliğe yol açmamakla birlikte, radye temelde gerilme ve deplasman değerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Tam tersi düşünüldüğünde, yani elastisite modülleri minimum değerinde alındığında temel üzerindeki gerilme değerleri, dolayısıyla deplasmanlar oldukça artmaktadır.

Poisson oranına ait diyagramlar incelendiğinde, gerilmelerin davranış biçimlerinin pek fazla değişmediği, gerilme değerlerinin maksimum poisson durumunda çok az bir azalma gösterdiği görülmektedir. Ancak deplasman diyagramlarından, poisson oranındaki düşüşün, deplasmanlarda artışa neden olduğu da gözlenmektedir.

Kayma modülü, elastisite modülü ve poisson oranına bağlı bir değişken olduğu için, ayrıca değerlendirilmemekte ve elastisite modülü ile doğru orantılı olarak aynı sonuçları vereceği düşünülmektedir.

Zeminin doğal birim hacim ağırlığındaki değişim ise zeminin kendi içinde gerilme değişmelerine neden olmakta, ancak radye temel gerilmelerini doğrudan etkilememektedir. Deplasman diyagramları incelendiğinde ise, deplasman

değerlerinin de fazla bir değişiklik göstermediği gözlenmiştir. Ancak birim hacim ağırlık arttıkça deplasman dağılımının homojenleştiği, birim hacim ağırlığın minimum alınması durumunda ise deplasman dağılımının oldukça lokal kaldığı görülmektedir. Birim hacim kütle değerleri ise birim hacim ağırlığa bağlı bir parametre olduğu için, birim hacim ağırlık ile orantılı olarak aynı sonuçları vermektedir.

İncelenen diğer bir parametre olan tabaka kalınlığına ait diyagramlar göz önüne alındığında ise, gerilme ve deplasmanların, kalınlığı artırılan tabakanın elastisite modülüne bağlı olarak değişik davranışlar gösterdiği saptanmıştır. Radye temel üzerine oturduğu zemin tabakasının elastisite modülü düşük ve kalınlığı fazla olursa (2.tabaka kalınlığının artırıldığı örnekler gibi), elastisite modülü yüksek olan aynı kalınlıktaki tabakaya göre, gerilmeler daha yüksek çıkmaktadır. Tabakanın hem elastisite modülü hemde kalınlığı düşükse gerilme dağılımı daha homojen olur. Tabakanın elastisite modülü yüksek, kalınlığı az ise gerilmeler düşüktür ancak gerilmeler homojen bir dağılım göstermez. Deplasman değerleri ise kalınlık arttıkça çok az bir artış göstermekte ve gittikçe genişleyerek homojen bir dağılım şekli göstermektedir.

Yatak katsayısının ise, zemin cinsinden yola çıkılarak teorik olarak ele alınan bir değer olması sebebiyle, analizler sonucunda çok sağlıklı sonuçlar vermediği ve deplasman değerlerinin çok yüksek olduğu gözlenmektedir. Buradan hareketle, çok katlı veya önem derecesi yüksek yapıların temel analizlerinde, zeminin yatak katsayısı değerinin, zemin araştırmalarıyla bulunması gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, incelenen tüm bu parametreler içinde, radye temel üzerindeki gerilmeleri ve deplasmanları en çok değiştiren parametrenin elastisite modülü olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca elastisite modülünün; tabaka kalınlığı, kayma modülü, poisson oranı gibi diğer zemin parametrelerinin, temele etkisi üzerinde direkt bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla temelin geometrik tasarımında en etkin olan parametrenin elastisite modülü olduğu düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adip, M. and Mitchell, K., 1990. "Finite Element Modelling of Reinforced Soil Walls and Embakments." Design and Performance of Earth retaining structures. Geotechnical Special Publication No: 25, 409-423.
- Ananadarajah, A. and Zhang, J., 1994. "Simplified Finite Element Modeling of Nonlinear Dynamic Pile-Soil Interaction." Soils and Foundations, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 34(3), 81-98.
- Andrews, K.Z., and El-Shoby, M.A., 1973. "Factors Affecting Coefficient of Earth Pressure K_0 ." Journal of Geotechnical Engineering. 7, 521. U.S.A.
- Angın, Z. Ve Erusta, A., 1996. "İki Doğrultuda Uzanan Sürekli Temellerin Bilgisayar Yardımıyla Analizi." Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Altıncı Ulusal Kongresi. 205-216. İzmir, Türkiye.
- Ansal, A.M., 2000. "Depremlerde Yerel Zemin Davranışları." Bilim ve Teknik. 384, 16-22. İstanbul, Türkiye.
- Aydoğan, M., 2003. "Taşıyıcı Elemanlarda Sonlu Elemanlar Yöntemi." İstanbul İnşaat Mühendisleri Odası 2003 Yılı İlkbahar- Yaz Dönemi Yapı Tasarımı Seminer Notları. İstanbul, Türkiye.
- Bettess, P., 1977." Infinite elements." Int.II for Numerical Methods in Engineering, 11, 355-375.
- Düzgün, M., 2001. "Elastik Zemine Oturan Temellerin Kuvvet Yöntemi ile Analizi ve Sayısal Hesabı İçin Geliştirilen Bilgisayar Programı." DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 3 (33), 33-50. İzmir, Türkiye.
- Glassman, A., 1972." Behavior of Crossed Beams on Elastic Foundations." Journal of soil Mechanics and Foundation Division, Proceedings of the ASCE. 98 (SM1), 1-7.
- Griffiths, D.V., Lane, P.A., 1998. "Slope Stability Analysis by Finite Elements." Geotechnique, GE49, 03, 30-41.
- Hetenyi, M., 1955. "Beams On Elastic Foundation." The University Of Michigan Pres. 358p. Michigan, U.S.A.
- Hsiung, Y., Chen, Y., 1997. "Piles Subjected to Lateral Soil Movements." Journal of Geotechnical and Geoenvironmental engineering, ASCE, No: 9. 123, 85-94.
- İnan, M., 1984. "Strength of Materials." I.T.U. Publications, Ayazağa, İstanbul, Turkey

- Keleşoğlu, M.K., Özkan, M.T., Boran, E., 2002. “Yatay Yüklü Kazıkların Yük Deformasyon Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Belirlenmesi.” Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi. 633-640. Eskişehir, Türkiye.
- Keskinel, F. ve Kumbasar, N., 1976. “Sürekli Temeller ve Dönel Kabuklar.” İTÜ Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Yayınları. 260s. İstanbul, Türkiye.
- Köseoğlu, S., 1986. “Temeller, Statiği ve Konstruksiyonu II Yüzeysel Temeller.” İstanbul Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 408s. İstanbul, Türkiye.
- Köseoğlu, S., 1996. “Sürekli Alan Temellerinin Statik Analizi.” Akdeniz Zemin 96, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sergi ve Seminerleri. 125-132. Antalya, Türkiye.
- Lambe, W. and Whitman, R.V., 1979. “Soil Mechanics.” John Willey and Sons, New York, U.S.A.
- Liao, S.S.C., 1955. “Estimating the Coefficient of Subgrade Reaction for Plane Strain Conditions.” Proceedings of The Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering. 113, 166-181.
- Malter, H., 1960. “Numerical Solutions for Beams on Elastic Foundations.” Transactions of The American Society of Civil Engineers. 125, 757-767.
- Miranda, C. and Nair, K., 1966. “Finite Beams on Elastic Foundation.” Journal of The Structural Division, ASCE. 92(ST2), 131-141.
- Önalp, A., 1997. “Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği.” Sakarya Üniversitesi Yayınları No: 27, 593s. İstanbul, Türkiye.
- Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K., 2003. “Örneklerle SAP2000.” Birsen Yayınevi, 193s. İstanbul, Türkiye.
- Özüdoğru, K., Tan, O., Aksoy, İ.H., 1996. “Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği.” Birsen Yayınevi, 160s. İstanbul, Türkiye.
- Pakdemirli, E., Çağlayan, T., Özdemir, A., 1973. “Grafostatik ve Mukavemet.” Elif Matbaacılık, 248s. Ankara, Türkiye.
- Selvadurai, A.P.S., 1979. “Elastic Analysis of Soil Foundation Interaction.” Developments in Geotechnical Engineering. 17, 95-108.
- Sheng, D., Sloan, S.W., Gens, A., Smith, D.V., 2003. “Finite Element Formulation and Algorithms for Unsaturated Soils.” [International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics](#). 27, 9, 745-765 and 767-790.

- Sitharam, T.G. and Kumar, I.V.V., 1998. "Non-linear Analysis of Geomechanical Problems Using Coupled Finite and Infinite Elements." *Geotechnical and Geological Engineering.*, 16, 129-149.
- Sönmez, T., Gökçeoğlu, C., Kasapoğlu, E., Tuncay, E., Zorlu, K., 2004. "Kaya Malzemesinin Elastisite Modülünün Kestirimi İçin Görgül Bir Eşitlik". VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu. KAYAMEK- 2004 Sivas, Türkiye
- Sümer, B.M., Ünsal, İ., Bayazıt, M., 1983. "Hidrolik." Birsen Yayınevi, 325s. İstanbul, Türkiye.
- Tekinsoy, M.A. ve Laman, M., 2000. "Elastik Zemin Problemleri." Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları No: 6, 316s. Isparta, Türkiye.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., 1972. "Mühendislik Tatbikatında Zemin Mekaniği." İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları. 260s. İstanbul, Türkiye.
- Thamm, B.R., 1990. "Full-Scale Test on a Geotextile Reinforced Retainings Structure." *Geotextiles and Geomembrenes and Related Products.* 3, 8. Rotterdam.
- Uzuner, B.A., 2000. "Temel Mühendisliğine Giriş." Derya Kitabevi. 205s. Trabzon, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Rabia EKE

Doğum Yeri : Polatlı

Doğum Yılı : 1980

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu :

Lise 1994 – 1996 Polatlı Lisesi

Lisans 1997 – 2001 Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Master 2001 - Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

2002 – 2002 Kayı İnş. Müh. Ltd. Şti.

2002 - Gülsün İnş. Müh. San. Tic. Ltd. Şti.