



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

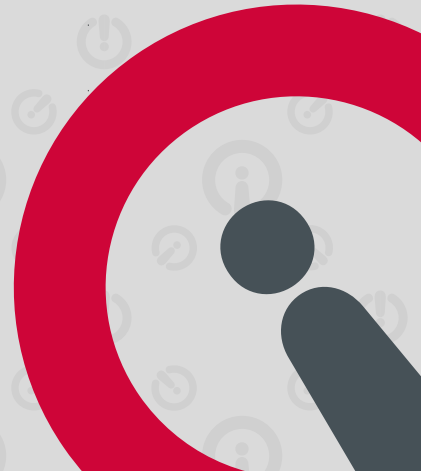
**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**RİNG TEMELLERDE
MİKROGRİD DONATININ
TAŞIMA GÜCÜNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Mehmet Şerif KAHRAMAN

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

EYLÜL 2021





**RİNG TEMELLERDE MİKROGRİD DONATININ
TAŞIMA GÜCÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Mehmet Şerif KAHRAMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2021

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Yükseköğretim Kuruluna gönderilen kopya ile tarafından Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne verilen basılı ve/veya elektronik kopyaların birebir aynı olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mehmet Şerif KAHRAMAN

27/09/2021

RİNG TEMELLERDE MİKROGRİD DONATININ
TAŞIMA GÜCÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet Şerif KAHRAMAN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Eylül 2021

ÖZET

Yumuşak veya gevşek zemin koşullarının hâkim olduğu alanlarda inşa edilecek yapılarda temellerin tasarım ve yapımı inşaat mühendisleri için büyük problem oluşturmaktadır. Bu problemi ortadan kaldırmak için ya derin temel uygulamasına geçilmeli ya da temel zemininde zemin iyileştirme yöntemleri uygulanmalıdır. Zemin iyileştirme tekniklerinden biri olan donatılı zemin uygulamasında zemin içerisine geosentetik donatılar yerleştirilip taşıma gücü ve oturma problemlerine karşı çözümler üretilebilmektedir.

Bu çalışmada, farklı geometrilere sahip mikrogrid donatı ile güçlendirilmiş gevşek kum zemine oturan ring ve daire kesitli temellerin yükleme altındaki davranışı model deneyler ile analiz edilmiştir. İlk donatı derinliği, donatılar arası mesafe, donatı çapı, donatı sayısı, donatı geometrisi ve donatı kombinasyonu değiştirilerek optimum donatı parametreleri araştırılmıştır. Deneyler laboratuvar ortamında yükleme düzeneği ile yapılmış, yük ve oturma değerleri grafikler halinde sunulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda ring kesitli model temel için optimum donatı parametreleri sırasıyla, ilk donatı derinliği 0,4R (kare kesitli donatıda), 0,2R (daire kesitli donatıda) ve 0,2R (ring kesitli donatıda); donatılar arası mesafe 0,2R (daire kesitli donatıda), donatı çapı 2,5R (daire kesitli donatıda); donatı sayısı 3 (daire kesitli donatıda) olarak belirlenmiştir. Daire kesitli model temellerin kullanıldığı model deneylerde ise optimum donatı parametreleri de sırasıyla; ilk donatı derinliği 0,4D (kare kesitli donatıda), 0,3D (daire kesitli donatıda) ve 0,4D (ring kesitli donatıda); donatılar arası mesafe 0,3D (daire kesitli donatıda), donatı çapı 2,5D (daire kesitli donatıda), donatı sayısı 3 (daire kesitli donatıda) olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Ring temeller, geosentetikler, mikrogrid donatı, yükleme deneyleri
Sayfa Adedi : 79
Danışman : Prof. Dr. Murat ÖRNEK

INVESTIGATION OF MICROGRID REINFORCEMENT EFFECT
ON THE RING FOOTINGS
(M. Sc. Thesis)

Mehmet Şerif KAHRAMAN

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

September 2021

ABSTRACT

The design and construction of footings in buildings to be built in areas where soft or loose soil conditions results an important problem for civil engineers. To eliminate this problem, either deep footing systems or soil improvement methods should be applied on the footing soil. In soil reinforcement applications, which is one of the soil improvement techniques, geosynthetic reinforcements can be placed in the soil against bearing capacity and settlement problems.

In this study, the behavior of ring and circular footings resting on loose sand soil reinforced with microgrid reinforcement with different geometries, was analyzed by model experiments. The optimum reinforcement parameters were investigated by changing the first reinforcement depth, the distance between the reinforcement, the width of the reinforcement, the number of reinforcements, the reinforcement geometry and the reinforcement combination. The tests were carried out in the laboratory using a loading mechanism and the load-settlement values were presented in graphics. As a result of the tests, the optimum reinforcement parameters for the ring-shaped model footings obtained are; the first reinforcement depth $0,4R$ (in square shaped reinforcement), $0,2R$ (in circular shaped reinforcement) and $0,2R$ (in ring shaped reinforcement); distance between reinforcements $0,2R$ (in circular shaped reinforcement), reinforcement width $2,5R$ (in circle shaped reinforcement) and the number of reinforcements 3 (circle shaped reinforcement). In model tests in which circular model footings are used, optimum reinforcement parameters are; the first reinforcement depth $0,4D$ (in square shaped reinforcement), $0,3D$ (in circular shaped reinforcement) and $0,4D$ (in ring shaped reinforcement); the distance between the reinforcements $0,3D$ (in the circle shaped reinforcement), the reinforcement width $2,5D$ (in the circle shaped reinforcement) and the number of the reinforcements 3 (in the circle shaped reinforcement).

Key Words : Ring footings, geosynthetics, microgrid reinforcement, loading tests
Page Number : 79
Supervisor : Prof. Dr. Murat ÖRNEK

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasından başlayarak, bana çalışmalarımın her aşamasında sabırla yardımcı olan, beni yönlendiren ve destekleyen değerli danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Murat ÖRNEK'e saygı ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın başlangıç aşamasından itibaren gerek literatür çalışmalarında gerekse laboratuvar çalışmalarında beni yönlendiren ve destek olan sayın Arş. Gör. Yakup TÜREDİ'ye gösterdiği ilgiden dolayı çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, bana büyük bir sabır ve özveri gösteren değerli aileme sonsuz sevgilerimi sunarım.

Mehmet Şerif KAHRAMAN

Hatay, 2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. GEOSENTETİKLER	10
3.1. Geosentetiklerin Fonksiyonları	10
3.1.1. Ayrırma	12
3.1.2. Filtrasyon	12
3.1.3. Güçlendirme.....	12
3.1.4. Drenaj.....	13
3.1.5. Koruma	13
3.1.6. Yalıtım	13
3.1.7. Erozyon kontrolü	13
3.2. Başlıca Geosentetik Çeşitleri	13
3.2.1. Geotekstil	13
3.2.2. Geogrid	14
3.2.3. Geomembran.....	16
3.2.4. Geonet.....	17

	Sayfa
3.2.5. Geokompozit.....	17
3.2.6. Geosentetik Kil Kaplama.....	18
3.2.7. Geohücre (Geocell).....	19
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
4.1. Zemin Türü ve Özellikleri.....	22
4.1.1. Elek analizi deneyi.....	22
4.1.2. Kesme kutusu deneyi.....	23
4.1.3. Piknometre deneyi.....	24
4.1.4. Sıklık deneyi.....	24
4.2. Deney Düzenegi.....	25
4.2.1. Deney kasası, yük çerçevesi ve mekanik pompa.....	26
4.2.2. Deplasman ölçerler.....	27
4.2.3. Yük hücresi.....	29
4.2.4. Veri işleme ünitesi (ADU).....	30
4.3. Model Temeller.....	31
4.3.1. Model ring temel.....	31
4.3.2. Model daire temel.....	32
4.4. Mikrogrid Donatı.....	32
5. BULGULAR VE YORUM.....	35
5.1. Ring Temel ile Yapılan Yükleme Deneyleri.....	41
5.1.1. Seri 1-Kare kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi..	41
5.1.2. Seri 2-Daire kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi.	45
5.1.3. Seri 3-Ring kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi..	49
5.1.4. Seri 4-Donatılar arası mesafe analizi.....	53
5.1.5. Seri 5-Donatı sayısı analizi.....	55

	Sayfa
5.1.6. Seri 6-Donatı kombinasyonu analizi.....	56
5.2. Daire Temel ile Yapılan Yükleme Deneyleri.....	57
5.2.1. Seri 7- Kare kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi.	57
5.2.2. Seri 8-Daire kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi.	61
5.2.3. Seri 9-Ring kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi ..	66
5.2.4. Seri 10-Donatılar arası mesafe analizi	70
5.2.5. Seri 11-Donatı sayısı analizi	71
5.2.6. Seri 12-Donatı kombinasyonu analizi.....	72
6. SONUÇLAR.....	74
6.1. Ring Temel için Elde Edilen Sonuçlar	74
6.2. Daire Temel için Elde Edilen Sonuçlar	74
6.3. Gelecek Çalışmalar için Öneriler	75
KAYNAKLAR.....	76

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Teorik ve deneysel çalışmaların sonuçlar tablosu (Laman ve Babacan, 2004)	6
Çizelge 3.1. Geosentetik malzemelerin fonksiyonları (İnternet 1)	11
Çizelge 4.1. Kum zeminin elek analizi tablosu.....	23
Çizelge 4.2. Kum zeminin dane birim ağırlık çizelgesi.....	25
Çizelge 4.3. Deplasman ölçerlerin kalibrasyon değerleri	28
Çizelge 4.4. Mikrogrid donatının özellikleri.....	33
Çizelge 5.1. Deney programı tablosu.....	37

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Deney kumunun dane çapı dağılımı eğrisi	22
Şekil 4.2. Yükleme düzeneği yan görünüş (a), üstten görünüş (b), ön görünüş (c).....	26
Şekil 4.3. 1 numaralı deplasman ölçerin kalibrasyon eğrisi	29
Şekil 4.4. 2 numaralı deplasman ölçerin kalibrasyon eğrisi	29
Şekil 5.1. Kare donatı- $u=0,2R$ için yük-oturma grafiği	42
Şekil 5.2. Kare donatı- $u=0,4R$ için yük-oturma grafiği	43
Şekil 5.3. Kare donatı- $u=0,6R$ için yük-oturma grafiği	44
Şekil 5.4. Kare donatı- $d=2,5R$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği	45
Şekil 5.5. Daire donatı- $u=0,2R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	46
Şekil 5.6. Daire donatı- $u=0,4R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	47
Şekil 5.7. Daire donatı- $u=0,6R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	48
Şekil 5.8. Daire donatı- $d=2,5R$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği	49
Şekil 5.9. Ring mikrogrid- $u=0,2R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	50
Şekil 5.10. Ring mikrogrid- $u=0,4R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	51
Şekil 5.11. Ring mikrogrid- $u=0,6R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	52
Şekil 5.12. Ring donatı- $d'=0,2'$ ye bağlı yük-oturma grafiği	53
Şekil 5.13. Ring temel için iki donatı arası mesafe yük-oturma grafiği	54
Şekil 5.14. Ring temel için donatı sayısına göre yük-oturma eğrileri grafiği	55
Şekil 5.15. Farklı donatı yerleşim düzenleri	56
Şekil 5.16. Farklı donatı yerleşim düzenleri için yük-oturma grafiği	56
Şekil 5.17. Daire temel- $u=0,2D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	58
Şekil 5.18. Daire temel- $u=0,4D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	59
Şekil 5.19. Daire temel- $u=0,6D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	60
Şekil 5.20. Kare donatı- $d=2,5D$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği	61

Şekil	Sayfa
Şekil 5.21. Daire temel- $u=0,2D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	62
Şekil 5.22. Daire temel- $u=0,4D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	63
Şekil 5.23. Daire temel- $u=0,6D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	64
Şekil 5.24. Daire donatı- $d=2,5D$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği (1)	65
Şekil 5.25. Daire donatı- $d=2,5D$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği (2)	66
Şekil 5.26. Daire temel- $u=0,2D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	67
Şekil 5.27. Daire temel- $u=0,4D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	68
Şekil 5.28. Daire temel- $u=0,6D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği	69
Şekil 5.29. Daire temel- $d'=0,0$ donat kesit durumu için yük-oturma grafiği	69
Şekil 5.30. Daire temel için donatılar arası mesafe yük-oturma grafiği	70
Şekil 5.31. Daire temel-donatı sayısına göre yük-oturma eğrileri	71
Şekil 5.32. Farklı donatı yerleşim düzeni	72
Şekil 5.33. Farklı donatı yerleşim düzenleri için yük-oturma grafiği	72

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Geotekstil keçe (İnternet 2)	14
Resim 3.2. Çift eksenli geogrid (İnternet 3)	15
Resim 3.3. PVC Geomembran (İnternet 4).....	16
Resim 3.4. Geonet örneği (İnternet 5)	17
Resim 3.5. Geonet ve geotekstil birleşiminden oluşan geokompozit örneği (İnternet 6).	18
Resim 3.6. Geosentetik kil kaplama (İnternet 7)	19
Resim 3.7. Geohücre (İnternet 8).....	19
Resim 3.8. Yol dolgusunda geoköpük kullanımı (İnternet 9).....	20
Resim 4.1. Kesme kutusu deney düzeneği.....	23
Resim 4.2. Piknometre deneyi	24
Resim 4.3. Sıklık deneyi	25
Resim 4.4. Yükleme düzeneği	27
Resim 4.5. Deplasman ölçer	28
Resim 4.6. Yük hücresi.....	30
Resim 4.7. Veri işleme ünitesi	31
Resim 4.8. Model ring temel.....	32
Resim 4.9. Model daire temel	32
Resim 4.10. Kare kesitli mikrogrid donatı.....	33
Resim 4.11. Daire kesitli mikrogrid donatı.....	34

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
D	Daire temelin çapı
d	Donatı çapı
d_i	Donatı iç çapı
d'	Donatı kesit oranı
R	Ring temelin çapı
r	Ring temelin iç çapı
u	İlk donatı derinliği
h	İki donatı arası mesafe
N	Donatı sayısı
%	Yüzde
s	Oturma değeri
mm	Milimetre
cm	Santimetre
m	Metre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
σ	Gerilme
gr	Gram
kg	Kilogram
kPa	Kilopascal
kN	Kilonewton
γ_s	Dane birim hacim ağırlığı
φ	Kayma mukavemeti açısı

Kısaltmalar**Açıklamalar****BCR**

Taşıma Kapasitesi Oranı

ASTMAmerican Society for Testing and Materials
(Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu)**USCS**Unified Soil Classification System
(Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi)**LVDT**Linear Variable Differential Transformer
(Doğrusal Değişken Diferansiyel Transformatörler)

1. GİRİŞ

Temeller, yapıdan aldıkları yükleri zemine aktaran yapı elemanlarıdır. Zeminden beklenen ise temelin aktardığı yükü belirli oturmaları aşmayacak şekilde taşıyabilmesidir. Doğal ortamda her zemin türünün aynı geoteknik özelliklere sahip olmadığı bilinmektedir. Dolayısıyla her zemin türünün yük taşıma kapasitesi ve oturma karakteristikleri birbirinden farklıdır.

İnşaat mühendisleri için üst yapıdan gelen yükler karşısında aşırı oturmalar yapan zeminler sorunlu ya da zayıf zeminler olarak nitelendirilmektedir. Zayıf zemin durumunun hâkim olduğu arazide yapı inşa etmek, ya o zemin ortamının kaldırılıp yerine nitelikli bir malzemenin getirilmesi ya temelin sağlam zemine kadar indirilmesi ya da mevcut zeminin mühendislik yöntemleri ile güçlendirilip nitelikli hale getirilmesi ile mümkündür.

Zayıf zeminlerin mühendislik yöntemleri kullanılarak iyileştirilmesi, kısaca “zemin iyileştirme yöntemleri” olarak tarif edilmektedir. Zemin iyileştirme yöntemleri, iş hızı ve inşaat maliyeti açısından büyük avantajlar sağlamakta ve gün geçtikçe uygulamaları yaygınlaşmaktadır.

Zemin iyileştirme yöntemlerinden biri de geosentetik donatılar ile zemin iyileştirme yöntemidir. Geosentetik donatılar çekme dayanımı yüksek malzemelerden üretilmektedir. Zeminin çok düşük olan/olmayan çekme dayanımından dolayı yetersiz olan taşıma gücü değeri, geosentetik donatı takviyesi ile artırılabilir.

Geosentetik donatılar ihtiyaca göre birçok alanda kullanılabilirler. Zeminde dayanımı artırma, filtrasyon, ayırma, koruma vb. durumlar için işlevsel geosentetik ürünler üretilmekte ve geniş kullanım alanları bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında ring ve daire kesitli yüzeysel temellerin oturduğu granüler zeminlerin geogrid donatılar ile güçlendirildiğinde zemin-donatı davranışı; laboratuvar ortamında yapılan küçük ölçekli model deneyler ile araştırılmıştır. Literatürde yer alan yükleme deneyleri ile ilgili laboratuvar çalışmalarında temeller model boyutta kullanılırken genellikle geogrid donatıların açıklıkları ve zemin dane boyutunun değiştirilmediği

görülmektedir. Bu çalışmada, gerçekte elek açıklığı 2-4 cm olan geogrid donatılar yerine elek açıklığı 4 mm olan ve mikrogrid olarak tanımlanan ve cam yününden yapılmış polimer kaplı örgülü geosentetik donatı kullanılmıştır. Model granüler zemin malzemesi olarak da maksimum dane çapı 2 mm olan kum zemin tercih edilmiştir. Granüler zemin danelerinin geogrid donatı açıklıklarının arasına girerek oluşturduğu kenetlenme etkisi; bu çalışmada kullanılan kum zemin ve mikrogrid donatının benzer bir mekanizma ile çalışarak zemin iyileştirmeye olan etkisi araştırılmıştır. Deneyleerde yüzeysel model temel olarak her biri 20 cm dış çapa sahip daire ve ring kesitli rijit plakalar kullanılmıştır. Model deneyleerde mikrogrid donatıların ilk donatı derinliği, donatılar arası mesafe, donatı çapı, donatı sayısı, donatı geometrisi, donatı kombinasyonu parametreleri değiştirilerek donatıların, zemin iyileştirme etkisi incelenmiştir.

Deneyleer İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Özellikleri daha önce belirlenmiş olan kum zemin, minimum sıklıkta kullanılmıştır. Donatı parametreleri değiştirilerek yükleme deneyleeri yapılmış ve elde edilen yük ve oturma değerleri sayısallaştırılıp grafiksel eğriler haline getirilmiştir. Grafikler karşılaştırılarak optimum donatı parametreleri elde edilmiştir.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde konu ile ilgili bilgilerin verildiği giriş bölümü yer almaktadır. Bu bölümde zemin iyileştirme yöntemlerinden, çalışma konusu olan mikrogrid donatılar, yüzeysel temeller ve bu çalışmanın amacından bahsedilmiştir.

İkinci bölümde bu tez konusu ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlardan kısa özetler sunulmuştur. Geosentetikler ile ilgili yapılan çalışmalardan bu tez çalışmasına katkı sağlayacak, yön verecek ya da mukayese edilebilecek bilgiler yer almaktadır.

Üçüncü bölümde geosentetiklerin işlevleri ve başlıca geosentetik çeşitleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde deneyleerde kullanılan malzemelerin özellikleri, deney düzeneğinin elemanları, mikrogrid donatı özellikleri, yüzeysel temellerin özellikleri ve deneyleerin nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

Beşinci bölümde seriler halinde yapılan deneyler, deneylerden elde edilen grafiksel sonuçlar ve yorumlar birlikte sunulmuştur.

Altıncı bölümde deney serilerinden elde edilen çıkarımlar sonuç olarak yazılmıştır. Sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde donatılı zeminler üzerine yapılmış olan sayısal ve deneysel (arazi ve laboratuvar) birçok çalışma yer almaktadır. Ring ve daire kesitli temeller de geometrileri itibarıyla özel kullanım alanları bulan temel türlerindedir. Bu konuda yapılan çalışma doğrultusunda yapılan literatür özeti aşağıda yer almaktadır.

Binquet ve Lee (1975a) tarafından donatılı zeminler üzerine yapılan laboratuvar çalışmaları, donatılı zeminler ile ilgili ilk detaylı bilimsel çalışma olarak literatürde yerini almıştır. Bu çalışmada donatı ile güçlendirilen kum zemine oturan şerit temellerin taşıma kapasitesi laboratuvar ortamında yapılan model deneyler ile incelenmiştir. Deneylerde alüminyum şeritlerin yerleştirildiği üç farklı zemin modeli üzerinde aşağıda bahsedilen üç seride model deneyler yapılmıştır. A serisi: Homojen ve derin kum tabakasının olması durumu, B serisi: Kum tabakası altında çok yumuşak bir kil tabakasının bulunması durumu, C serisi: Kum tabakası altında sınırlı boyutlarda çok yumuşak zemin olması durumu, Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların karşılaştırılması için boyutsuz bir sayı olan Taşıma Kapasitesi Oranı (BCR) tanımlanmıştır. Bu değer, geogrid donatı tabakası ilavesinin taşıma gücü üzerinde meydana getirdiği iyileşmelerin derecelerini belirlemek amacıyla tanımlanmıştır (Eşitlik 1.1).

$$BCR = \frac{Q_{u(r)}}{Q_{u(o)}} \quad (1.1)$$

Burada $Q_{u(r)}$: geogrid donatı tabakası ile güçlendirilmiş kum zeminde elde edilen nihai taşıma gücü değeri, $Q_{u(0)}$: donatısız kum zeminde elde edilen nihai taşıma gücü değeridir.

Çalışmada yapılan tüm deneylerde, donatı kullanıldığı durumda zeminlerin donatısız duruma göre taşıma kapasitesinin arttığı vurgulanmıştır. A serisinde, BCR değerinin donatı tabaka sayısının minimum 4 olması durumunda optimum değeri yakaladığı belirtilmiştir.

Donatı sayısı, $N= 4-6$ arasında olduğu durumda BCR'de yaklaşık 2-4 kat bir artış elde edilirken, $N>6$ olduğunda BCR'de önemli bir artış olmadığı ifade edilmiştir. $N=4$ için yapılan deneylerde, ilk donatı derinliği $u= 0,30B$ olduğunda maksimum BCR elde edilmiştir. Bu durumda üst donatı şeritlerinde kopmalar gözlenmiştir. Deneylerde, donatı

sayısına ve ilk donatı derinliğine bağlı olarak farklı göçme tipleri gözlenmiştir. İlk donatı derinliğinin, $u > 0,67B$ olduğu durumda donatıların rijit taban gibi davrandığı ve göçmenin, üst bölgedeki zeminin kayması nedeniyle oluştuğu ifade edilmiştir. $u < 0,67B$ olması durumunda ise iki farklı durum gözlenmiştir. Eğer $N \leq 2$ veya 3 ise, göçmenin donatı sıyrılması nedeniyle, $N \geq 4$ ise, göçmenin üst donatı tabakalarındaki kopmalardan dolayı meydana geldiği ifade edilmiştir. Aynı zamanda B serisindeki yük-oturma eğrilerinin A serisindekilere göre daha az kırılğan olduğu gözlenmiştir. Yumuşak zemin tabakasından dolayı BCR değerinin A serisine göre daha düşük ve oturmaların ise daha büyük olduğu ifade edilmiştir. C serisinde, $N > 4$ ve $u > 0,67B$ seçildiğinde taşıma kapasitesinde 2-3 kat arasında bir artış elde edilmiştir. Ayrıca donatı tabaka sayısının $N > 3$ olması durumunda BCR'de ani bir artış gözlenmiştir.

Demiröz (2008) tarafından yapılan çalışmada, geogrid donatılı kum üzerine oturan sürekli temellerde taşıma gücünü etkileyen tasarım faktörleri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar, Taguchi yöntemine göre 5 parametrelilik (temel genişliği, temel derinliği, donatı uzunluğu, donatılar arası uzaklık ve donatı sayısı) 4 seviyeli standart L16 ortogonal dizin tablosu seçilerek yapılmıştır. S/N ve varyans analizleri yapılarak taşıma gücünü etkileyen faktörlerin etki dereceleri ve güvenilirlikleri belirlenmiş, taşıma gücünün en yüksek olduğu faktör seviyelerini belirlemek için optimizasyon yapılmıştır. Deneysel ve analizlerden elde edilen sonuçlar ise grafikler ve tablolar halinde sunulmuş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca deneyler esnasında çekilen fotoğraflar dijital fotogrametri tekniği ile değerlendirilmiş ve kayma yüzeyleri sayısallaştırılarak koordinatları belirlenmiştir. Bu teknik ile donatılı ve donatısız zeminlerde oluşan kayma yüzeyleri daha doğru bir şekilde belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; sınır taşıma gücü üzerinde en etkili parametrenin % 39 oran ile temel genişliği, ikinci etkili parametrenin ise % 27'lik oran ile temel derinliği olduğu belirlenmiştir. Temel genişliği ve temel derinliği arttıkça, sınır taşıma gücünün de arttığı belirlenmiştir. Taşıma gücü, oturma ve ekonomiklik kriterleri gözönüne alınarak, geogrid donatılı kum üzerine oturan sürekli temellerin tasarımında temel derinliği $D_f = 0,5B$, donatı sayısı $N = 3$, donatı uzunluğu $L_G = 6B$ ve donatı derinlik oranı $u = 0,5B$ optimum parametreler olarak önerilmiştir.

Töremiş (2003) tarafından yapılan çalışmada PLAXIS programı kullanılarak yumuşak zemin üzerine oturtulan dolgu problemi ele alınmış, zemin ve dolgunun malzeme özellikleri ve arazi yapısı dikkate alınarak incelenmiş ve zeminin taşıma gücü yeterli

olmadığı için geotekstil ile zemin iyileştirilmesi 4 değişik durum için analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, analizlerde kullanılan PLAXIS sonlu elemanlar programının geotekstil donatılı yapıların performansını incelemek için ihtiyaç duyulan özelliklere sahip olduğu, ancak analizlerde kullanılacak parametrelerin doğru olarak belirlenmesinin analiz sonuçları üzerine çok etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca geotekstil donatılı yapının performansının temel zemini davranışından büyük oranda etkilendiği görülmüştür. Bu nedenle bu tür yapıların analizinde temel zemini ile donatılı yapı arasındaki etkileşimin muhakkak göz önünde bulundurulması gerektiği ve bunun da sonlu elemanlar analiz yöntemleri ile gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir.

Laman ve Babacan (2004) tarafından yapılan çalışmada, deneylerde biri tam dolu daire kesit olmak üzere, diğer dördü farklı iç çaplarda ring temeller kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan tüm temellerin kalınlığı 20 mm olup, dış çapları 85 mm'dir. İç çapları ise, 15 mm, 25 mm, 35 mm ve 45 mm olarak tasarlanmıştır. Farklı iç çaplardaki model temellerle yapılan deney sonuçlarından faydalanarak her bir teme a ait taban basıncı-oturma grafikleri çizilmiş ve bu grafiklerden faydalanarak göçme yükleri tespit edilmiştir. Deneylerden ve PLAXIS bilgisayar programı kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 2.1). Yapılan çalışmada temel amaç optimum katkının geldiği r/R oranını belirlemek olduğu için, BCR- r/R arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler çizilmiştir. Ayrıca deney ve analiz sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.1. Teorik ve deneysel çalışmaların sonuçlar tablosu (Laman ve Babacan, 2004).

r/R	q_0 (kN/m ²)	q_R (kN/m ²)	BCR	r/R	q_0 (kN/m ²)	q_R (kN/m ²)	BCR
0,00	205,5	644,0	3,13	0,00	179,5	552,7	3,08
0,18	200,1	622,0	3,11	0,18	192,6	593,7	3,08
0,29	203,7	615,4	3,02	0,29	196,9	624,6	3,17
0,41	200,8	350,2	1,74	0,41	194,3	622,3	3,20
0,53	188,5	242,4	1,29	0,53	184,8	426,9	2,31

Deneysel çalışma sonunda $(r/R)_{opt}=0,29$ olarak bulunmuştur. Bu durumda zemin içerisine yerleştirilen donatıdan dolayı zeminin taşıma gücünde meydana gelen artış değeri, BCR=3,02 olarak elde edilmiştir. Analizler sonucunda $(r/R)_{opt}=0,41$ olarak tespit

edilmiştir. Bu durumda zemin içerisine yerleştirilen donatıdan dolayı zeminin taşıma gücünde meydana gelen artış değeri ise $BCR=3,20$ olmuştur.

Davarcı, Örnek ve Türedi (2014) tarafından donatılı gevşek kum zemine oturan çok kenarlı yüzeysel temellerin taşıma gücü davranışı laboratuvar ortamında yapılan model deneylerle araştırılmıştır. Çalışmalarında temel geometrisi (H, +, T ve kare kesitli), zemin türü (gevşek kum), geogrid donatı yerleşimi (ilk donatı derinliği, donatılar arası mesafe, donatı sayısı) gibi parametrelerin çok kenarlı yüzeysel temellere ait taşıma gücü karakteristikleri üzerindeki etkileri araştırılmış ve göçme mekanizmaları tespit edilmiştir. Deney sonuçlarından; geogrid donatı ilavesinin gevşek kumun taşıma gücünü artırdığı, ilk donatı derinliği (u) arttıkça +, H, T ve kare kesitli temeller için zeminin taşıma gücünün azaldığı tespit edilmiştir. Her bir temel türü için en yüksek taşıma gücü değeri $u=0,33L$ olması durumunda elde edilmiştir. Tek bir donatı yerleştirilmesinde taşıma gücü değerleri yaklaşık 2 kat artmış, iki adet donatının kullanıldığı ve donatılar arası mesafenin (h) incelendiği deneylerde +, H, T ve kare kesitli temel türleri için $h/L=0,33$ olduğu durumda zemin taşıma gücünün en yüksek değeri aldığı belirlenmiştir. Sonuçta yaklaşık 2,5 katlık bir taşıma gücü artışı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca deney sonuçları, donatı sayısı (N) arttıkça +, H, T ve kare kesitli temellerde zeminin taşıma gücünün ortalama 3 kata kadar arttığını göstermiştir.

Rowshanzamir ve Karimian (2016) tarafından yapılan laboratuvar çalışmasında geogrid donatı konfigürasyonlarının temellerin taşıma kapasitesine ilişkin olası etkileri irdelenmiştir. Belirli genişliklere sahip geogrid donatı konfigürasyonlarında güçlendirilmiş kum zemine oturan model temellerin taşıma kapasiteleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. İlk etapta, her üç geogrid katmanının genişlikleri eşit alınmıştır. İkinci grupta aynı miktarda geogrid daha küçük boyutlu geogridlerin üst kısma yerleştirildiği yamuk bir profil şeklinde kullanılmıştır. Tabaka ve geogrid boyutları gömme derinliği ile artmıştır. Üçüncü grup ise aynı miktarda geogridin ters olarak kullanıldığı düzenlemelerden oluşturulmuş, yani katman boyutları gömme derinliği ile azaltılmıştır. Deney sonuçlarından en büyük taşıma kapasitesinin donatı çapının, derinlik arttıkça azaldığı yamuk düzenlemeler durumunda elde edildiği belirlenmiştir.

Boushehrian ve Hataf (2003) tarafından yapılan çalışmada, güçlendirilmiş kum üzerinde dairesel ve ring temellerin taşıma gücü kapasiteleri sayısal ve model laboratuvar deneyleri

ile analiz edilmiştir. Deneysel ve sayısal çalışmalara göre tek bir donatı tabakası yerleştirildiğinde optimum donatı derinliğinde maksimum taşıma kapasitesine ulaşılmıştır. Ayrıca sayısal analizlerde ring temeller için maksimum taşıma kapasitesi oranı (BCR), $n = 0,40$ durumunda elde edilmiştir. Burada n , ring temelin iç çapının dış çapına oranı olarak kabul edilmiştir.

Sargazi ve Hosseininia (2017) tarafından yapılan çalışmada, kohezyonsuz zemin üzerine yerleştirilmiş eksantrik yüklü pürüzlü ring temellerin taşıma kapasitesi ele alınmıştır. Bu amaçla, sonlu farklar yöntemi kullanılarak bir dizi üç boyutlu sayısal modelleme gerçekleştirilmiştir. Yük dış merkezliliğinin etkisini dikkate almak için indirgeme faktörü yöntemi uygulanmıştır. Çalışma sonuçları, sayısal modelleme analitik çözümleri ve deneysel veriler arasında iyi bir uyum olduğunu göstermiştir.

Anıl, Akbaş, Babagiray, Gel ve Durucan (2017) tarafından yapılan çalışmada kum zemin üzerindeki düzensiz şekilli altı temelin aksenal yük altında taşıma kapasiteleri ve oturma karakteristikleri sayısal olarak araştırılmıştır. Bu çalışmada dikkate alınan ana değişken, temelin geometrisi olarak kabul edilmiştir. Deneyler üç boyutlu sonlu elemanlar modeli yöntemiyle Plaxis 3D programı ile analiz edilmiştir. Sonlu eleman modeli sonuçlarının deneysel araştırmadan elde edilen sonuçlarla kabul edilebilir bir uyum içinde olduğu tespit edilmiştir. Temellerin geometrik özelliklerinin, taşıma kapasiteleri ve oturma karakteristiklerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

Moayed, Rashidian ve Izadi (2012) tarafından yapılan deneylerde ring temellerin iki katmanlı zemin üzerindeki taşıma kapasitesini araştırmak için bazı sayısal analizler yapılmıştır. Kil tabakası kalınlığının ve halkanın iç yarıçapı ile halkanın dış yarıçapı (r/R) oranının etkileri incelenmiştir. Sayısal analiz sonuçlarından (r/R) değerinin artmasıyla taşıma kapasitesinin azaldığı tespit edilmiştir.

Literatürde farklı geometrilere sahip yüzeysel temeller ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Fakat ring (halka) temeller ile ilgili yapılan çalışmalar daha azdır. Bu çalışmada ring ve daire kesitli yüzeysel temellerin mikrogrid donatı ile güçlendirilmiş gevşek kum zeminde model boyutta yükleme deneyleri yapılarak literatüre bir katkı sağlanması hedeflenmiştir. Literatürde genel olarak, model boyutta temeller kullanılarak yapılan yükleme deneylerinde geogrid donatılar ve zemin daneleri için model boyutların kullanılmadığı

görülmüştür. Buradan hareketle deneylerde temeller üzerinde yapılan ölçek sınırlaması, geogrid donatılar üzerinde de kurgulanmıştır. Bu çalışmada mikrogrid olarak nitelendirilen ve gözenek açıklığı 4 mm olan çift eksenli çalışan geogrid donatılar kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan model ring temelin iç çapının dış çapına oranı (r/R), literatürde yer alan çalışmalar esas alınarak 0,40 şeklinde seçilmiştir (Laman ve Babacan, 2004; Boushehrian ve Hataf, 2003).



3. GEOSENTETİKLER

Zeminlerin güçlendirilmesinde tarihten beri çeşitli malzemeler ile ıslah arayışları olmuştur. Bu konuda ilk bilimsel çalışma Fransız mimar Henri Vidal tarafından 1968 yılında yapılmıştır. Henri Vidal tarafından sahilde çam yapraklarının kum yığınlarının dağılmasının önlediği gözlemlenmiştir. İnşaat demirinin betonarme yapılarda üstlendiği işleve benzer olarak donatılı zemin fikri ortaya atılmış ve çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Töremiş, 2003).

1970'li yıllardan itibaren donatılı zemin uygulamalarında metal şerit ve çubuklar kullanılmıştır. 1980'li yıllardan sonra polimer malzemelerin fabrikalarda üretilmesi ile geosentetik ürünler kullanılmaya başlanmıştır. Geosentetik malzemeler zemin mekaniği ve geoteknik alanında gün geçtikçe çeşitlenerek artış göstermiş ve günümüzde çok geniş bir ürün yelpazesi olan büyük bir sektör haline gelmiştir. Geosentetik, zemin anlamına gelen geo ve yapay ürün anlamına gelen sentetik kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır (Yıldız, 2002).

Fabrikalarda yüksek fonksiyonlu tezgâhlardan ihtiyaca uygun geosentetik ürünler elde edilebilmektedir. Başlıca geosentetik çeşitleri olarak geotekstil, geogrid, geomembran, geonet, geokompozit, geosentetik kil kaplamalar, geohücre ve geoköpük gelmektedir. Bunların dışında kullanım alanı ve ihtiyaca göre birçok geosentetik ürünler mevcuttur. Başlıca geosentetik ham maddeleri polipropilen (PP), polyester (PET), poliamid (PA), polietilen (PE) ve polivinil klorür (PVC) maddeleridir.

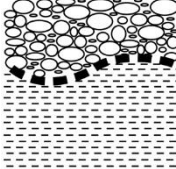
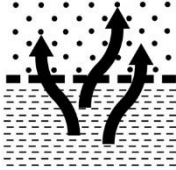
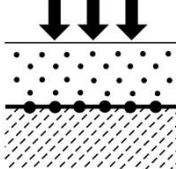
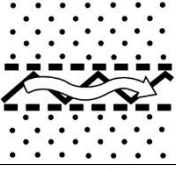
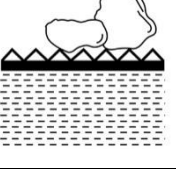
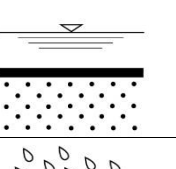
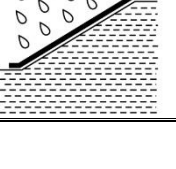
Geosentetikler dolgu, şev ve yolların stabilizasyonunda, yapı zemininin güçlendirilmesinde, istinat yapılarında, atık depolama sahalarında ve buna benzer birçok alanda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Dural, 2019).

3.1. Geosentetiklerin Fonksiyonları

Geosentetiklerin geoteknik, ulaşım ve hidrolik alanında birçok projede problemlere çözüm olarak kullanılmaya başlanması ve etkili sonuçlar elde edilmesi, bu ürünlerin inşaat sektöründe geniş ve kalıcı bir yer almasını sağlamıştır. Geosentetiklerin inşaat sektöründe

üstlendiği birçok işlev söz konusudur. Bu ürünlerden beklenen başlıca işlevler aşağıda başlıklar halinde sıralanmıştır. Geosentetik ürünler tek başlarına bir ya da birden çok işlevi yerine getirebilmektedirler (Bkz. Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Geosentetik malzemelerin fonksiyonları (İnternet 1)

Fonksiyon		Geosentetik ürün
Ayırma		Geotekstiller Geonetler Geokompozitler
Filtrasyon		Geotekstiller Geonetler Geokompozitler
Güçlendirme		Geogridler Geotekstiller
Drenaj		Geotekstiller Geonetler Geokompozitler
Koruma		Dokunmamış geotekstiller Geogridler Geonetler
Yalıtım		Geomembranlar Geosentetik kil kaplamalar
Erozyon kontrolü		Geohücreler Geotekstiller

3.1.1. Ayırma

Geosentetikler, kaba ve ince daneli zemin tabakaları arasına serildiğinde ayırma işlevi görmektedir. Dış yükler ve hava şartlarından dolayı zemin tabakalarının zamanla birbirine karışması durumunda yüksek elastisite modülüne sahip granüler tabakalar işlevlerini kaybedebilmektedir. Zemin tabakaları arasına serilen geosentetik malzemeler ayırma özelliği sayesinde bu durumun önüne geçmektedir. Aynı zamanda geosentetikler zemine süneklik, çekme dayanımı ve permeabilite kazandırmaktadır. Geotekstillere ve geonetlere ayırma işlevi için kullanılan geosentetik ürünlerdir (Livaoğlu, 2016).

3.1.2. Filtrasyon

Geosentetikler filtre fonksiyonu sayesinde zemin tabakalarından danelerin kaçmasını engellerken suyun akışına izin vermektedir. Filtre işlevi geosentetik malzemenin zemin ile oluşturduğu bir filtrasyon tabakası sayesinde sağlanmaktadır. Zemin içerisinde bulunan ince danelerin geosentetik filtreden geçmesi sonucunda geosentetik filtreden geçemeyen nispeten kaba danelerin kemerlenme etkisi ile arkalarındaki ince danelerin akması engellenebilmektedir. Filtrasyonda kullanılacak geosentetik ürünün zemin danelerinin geçişini önlemek adına uygun gözenek açıklığına, yeterli su geçirgenliğine ve zeminin sıkışmasından az etkilenme özelliklerine sahip olması gerekmektedir (Erbil, 2009).

3.1.3. Güçlendirme

Zeminlerin çekme mukavemetlerinin çok düşük olduğu bilinmektedir. Bu yönüyle özellikle dolgu zeminlerde yükler karşısında her zaman yeterli taşıma gücü değerleri elde edilememektedir. Zemin tabakaları arasında yüksek çekme mukavemetine sahip geosentetikler kullanılarak taşıma gücü değeri artırılmaktadır. Geosentetik malzemenin zemin ortamı ile kenetlenerek kompozit bir yapı oluşturması ve yükü dağıtması sonucu zemin güçlendirme işlevini yerine getirmektedir. Bu özellik sayesinde dolgu tabakalarının kalınlığı azalmakta ve daha az oturma değerlerinde daha fazla yük taşınabilmektedir.

3.1.4.Drenaj

Geosentetikler zemin ortamından tahliye edilmek istenen suyun geçişini sağlayabilecek şekilde üretilebilmektedir. Geçirgenlik, basınca karşı dayanıklılık ve filtrasyon özelliği sayesinde istenilen zemin türü için geosentetik ürünler kullanılabilir. Geosentetik malzemelerden olan geotekstiller drenajda kullanılmaktadır. Tünel, rezervuar, ve temel duvarlarında drenaj amacıyla geotekstiller kullanılmaktadır (Sağıroğlu, 2015).

3.1.5.Koruma

Farklı türde geosentetiklerin birbirini korumasında ya da zemin yüzeylerinin dış etkilerden korunmasında da geosentetikler kullanılabilir. Örneğin katı atık depolama alanlarında kullanılan geomembran kaplamalar deformasyona karşı geogrid ya da geotekstil ürünler ile korunmaktadır.

3.1.6.Yalıtım

Geosentetikler sıvı ve gaz akışlarına karşı bir geçirimsizlik bariyeri olarak kullanılmaktadır. Bir geosentetik ürünü olan geomembranlar ve geosentetik kil kaplamalar bu işlevi yerine getiren ürünlerdir.

3.1.7.Erozyon kontrolü

Geosentetikler, yağmur ve su akımlarının oluşturduğu kayma gerilmelerinden dolayı meydana gelen etkilerden zemini ayırarak erozyonların önüne geçebilmektedir.

3.2. Başlıca Geosentetik Çeşitleri

3.2.1.Geotekstil

Geotekstiller, esnek, geçirgen ve ince hale getirilen doğal ya da sentetik malzemelerin zemine ayırma, filtrasyon, drenaj ve güçlendirme işlevlerini kazandıran, örgülü ve örgüsüz olarak üretilebilen geosentetik malzemelerdir. Geotekstiller sıvı akışını sağlayan gözenekli yapıya sahip ürünlerdir. Pamuk, yün ve ipek gibi doğal malzemelerden üretilebildikleri

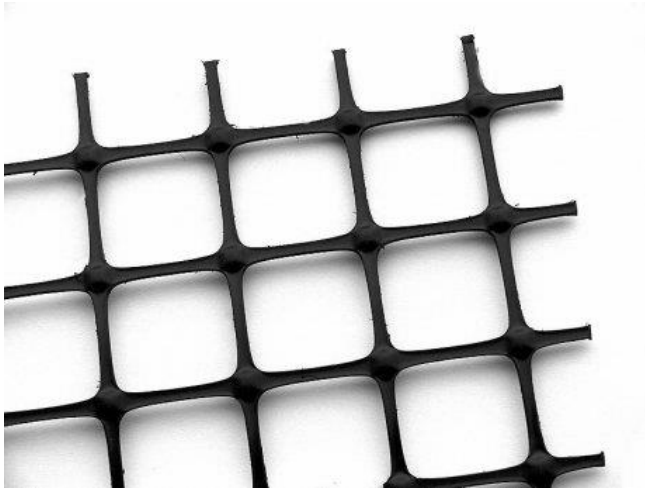
gibi sentetik liflerin dokunarak ya da keçe haline getirilerek kullanılması şeklinde de üretilmektedirler (Bkz. Resim 3.1). Sentetik olanları, üretimi kolay, ekonomik ve çok daha uzun ömürlüdürler (Hotz, 2001; Polat, 2020).



Resim 3.1. Geotekstil keçe (İnternet 2)

3.2.2. Geogrid

Geogridler, çekme mukavemetleri yüksek çeşitli polimerlerden imal edilmiş tek veya çift eksenli olarak çalışabilen ızgara şeklinde birbirine bağlanmış şerit ya da ipliklerden oluşan geosentetik donatılardır (Bkz. Resim 3.2). Zeminde güçlendirme amacıyla kullanılmaktadır. Şevlerin stabilitesinde, yol dolgularında, yapı zeminini güçlendirmede, donatılı duvarlarda ve buna benzer birçok alanda kullanılan geosentetik ürünlerdir. Geogridler sahip oldukları ızgara şeklinde açıklıkların arasına zemin danelerinin girmesini sağlayarak daha iyi bir sürtünme yüzeyi elde edilmektedir. Geogridler sahip oldukları yüksek çekme mukavemeti ve yüksek donatı-zemin aderansı sayesinde zemin ile kompozit bir yapı oluşturmaktadır (Ergül, 2012; Dural, 2019).



Resim 3.2. Çift eksenli geogrid (İnternet 3)

Geogridler polietilen, polyester ve polipropilen hammaddelerden üretilmektedirler. Üretim şekline göre i) plaka şeklinde üretilen polimer malzemelerin delinip uygun ısıda çekilmesi ile oluşan ekstrüde geogridler, ii) polyester ipliklerin örülmesi suretiyle oluşan dokuma geogridler ve iii) polimer şeritlerinin lazer veya ısıl işlemler ile birbirine yapıştırılması suretiyle üretilen yapıştırma geogridler olmak üzere üç farklı yöntemle üretilmektedir (Karagül, 2007; Dural, 2019).

Geogridler üç şekilde üretilmektedirler. Bunlar; ekstrüde, dokuma ve yapıştırma yöntemleridir. Üretim yöntemlerinin geogridlerin çekme dayanımlarının tayininde doğrudan etkileri bulunmaktadır.

Ekstrüde Yöntemi

Bu yöntemde levha haline getirilen polimer bazlı malzemelerin üzerine delikler açılarak kullanım amacına yönelik tek veya çift yönde çekilerek geogrid ürünler elde edilmektedir. Bağlantı noktalarının mukavemeti diğer yöntemlere oranla daha yüksektir.

Dokuma Yöntemi

Dokuma yönteminde polimer liflerin dokuma tezgahlarında birbirine dik gelecek şekilde dokunarak oluşturulan bir geogrid üretim yöntemidir.

Yapıştırma yöntemi

Birbirleri üzerine dik olarak yerleştirilen şeritlerin sıcak hava ya da lazer ile yapıştırılması şeklinde geogrid üretimi sağlayan bir yöntemdir. Şeritlerin birbirine bağlanma yöntemi açısından bağlantı noktasından kopma eğilimleri yüksektir.

3.2.3. Geomembran

Geomembranlar, yalıtım amacıyla kullanılan geçirimsiz yüzey örtüleridir. Hammaddesi asfalt, polimer ya da bunların karışımlarıdır (Bkz. Resim 3.3). Polimer esaslı olarak PVC, TPO, PP, HDPE, LLDPE ve VLDPE kullanılabilir. Kendi başlarına ya da diğer geosentetikler ile kullanıldıklarında dayanıklı geçirimsiz ara yüzeyler oluşturmaktadırlar. Geomembranlar, yapı temellerinin korunmasında, çöp depolama alanlarında, maden havzalarında, gölet tabanlarında, katı atık depolarında, atık su arıtma tesislerinde, tünellerde ve daha birçok alanda kullanılmaktadırlar. Resim 3.3’de geomembran uygulama örneği yer almaktadır (Karagül, 2007; Livaoğlu, 2016; Çalık, 2018; Tuomela ve diğerleri 2021).



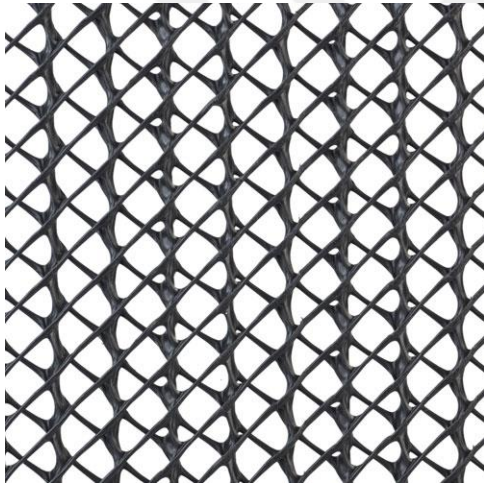
Resim 3.3. PVC Geomembran (İnternet 4)

Geomembranların dayanıklılıklarını koruyabilmeleri için uygulanacak projenin tasarımında birim yüzeye gelecek gerilmelere, kimyasal ve fiziksel etkilere, güneş ışığı gibi dış etkilere dayanıklı malzeme seçimi yapılmalıdır. Dış etkilere karşı elastisite modülü, sünme direnci,

delinme ve yırtılma dayanımı hesaba katılmalıdır. Ayrıca farklı tür geosentetik malzemeler ile birlikte de kullanılabilir (Livaoğlu, 2016; Akyıldız, 2019).

3.2.4. Geonet

Geonetler iki farklı zemin malzemesini birbirinden ayırmakla birlikte küçük ızgara açıklıkları sayesinde sıvı akışı sağlayarak drenaj imkânı veren bir geosentetik malzeme çeşididir (Bkz. Resim 3.4). Genellikle geogridler veya geotekstiller ile birlikte drenaj tabakasını tutmak için kullanılmaktadır. Çekme mukavemeti geogridler kadar yüksek olmasa da şev yüzeylerinde kullanıldığında erozyon kontrolü sağladığı görülmüştür (Çomaklı ve Bulut, 2017; Pınarlık, Öztürk Kardoğan ve Kılıç Demircan 2017).



Resim 3.4. Geonet örneği (İnternet 5)

Geonetlerin üretiminde hammadde olarak genellikle yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) malzemeler kullanılmaktadır. Kullanıldıkları zemin ortamına göre farklı ızgara açıklık geometrisinde geonetler bulunmaktadır. Başlıca kullanım alanları; istinat duvarlarının arkasında, dolgularda, otoyollarda, şevlerin stabilitesinde, bina temellerinde ayırma ve drenaj amacıyla kullanılmaktadır.

3.2.5. Geokompozit

Zemin problemlerine çözüm üretmek amacıyla geosentetik ürünlerin bir arada kullanıldığı durumlar oluşabilmektedir. Geokompozitler bu ihtiyacı karşılamak için kullanılmaktadır. Farklı geosentetik ürünlerin iyileştirici özellikleri bir arada kullanılarak sorunlara çözüm

yolları bulunmaktadır. Bu yönüyle geokompozitler, geosentetik malzemelerin çeşitli kombinasyonlarından oluşan zemin iyileştirme ürünlerdir (Bkz. Resim 3.5).



Resim 3.5. Geonet ve geotekstil birleşiminden oluşan geokompozit örneği (İnternet 6)

Drenaj için kullanılan geonetin boşluklarına zemin danelerinin girmesini engellemek amacıyla örgüsüz geotekstil ile birlikte kullanılması, geomembranın delinmesini önlemek amacıyla geotekstil ile birlikte kullanılması geokompozitlere örnek olarak verilebilmektedir. Geokompozitler; ayırma, güçlendirme, filtrasyon ve drenaj amacıyla kullanılmaktadır (Karagül, 2007).

3.2.6. Geosentetik Kil Kaplama

Geosentetik kil kaplamalar iki geotekstil şilte arasına serilmiş bentonit kili karışımından oluşmaktadır. Bu ürünün çalışma prensibi, bentonit karışımının su ile birleşmesi ile birlikte şişmesi ve geotekstillere arasında geçirimsiz bir tabaka oluşturması şeklindedir (Bkz. Resim 3.6). Bu yönüyle de geosentetik kil kaplamalar, katı atık depolama alanlarında zararlı sızıntıları azaltmak amacıyla kullanılan sıkıştırılmış kil şiltelere alternatif olarak kullanılmaktadır. Kendi başına iyi bir su bariyeri oluşturmasına rağmen %100 bir sızdırmazlık özelliğine sahip değildir. Bu nedenle birçok projede geomembranlar ile beraber kullanılmaktadır (Akbulut, 2003; Akyıldız, 2011; Özhan, 2018; Özcan, 2019).

Geosentetik kil kaplamanın üretiminde ilk olarak dokuma geotekstil serilmekte daha sonra bentonit esaslı örtü geotekstil üzerine serilerek örgüsüz geotekstil ile kaplanmaktadır. Geotekstillere birbirine iğneleme yöntemiyle tutturulmaktadır (Doğan, 2018). Geosentetik kil kaplamaların tercih edilmesinin en önemli sebepleri, kolay serilebilmesi, su geçirimsizliği sağlaması, ince bir tabakaya sahip olması, altındaki zeminde farklı oturumları azaltması, donma ve çözölmeye karşı dayanıklı olmasıdır. Katı atık depolama

alanları, maden ocakları, atık göletleri, geomembranların hasar görmesine karşı dolgular, havuzlar ve göletler başlıca kullanım alanları arasındadır.



Resim 3.6. Geosentetik kil kaplama (İnternet 7)

3.2.7. Geohücre (Geocell)

Geohücre, diğer adıyla “hücresel dolgu sistemi” polimer malzemeden imal edilmiş üç boyutlu dolgu sistemidir. Sahip olduğu petek şeklindeki hücreleri sayesinde dolgu malzemesini içinde hapsederek akmasını önlemektedir (Bkz. Resim 3.7). Dolgu ile birlikte kompozit bir malzeme gibi davranarak yanal deformasyonlara karşı dirençli bir yapı oluşturmaktadır. Erozyon kontrolü, yol dolguları, eğimli alanların yeşillendirilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Gül, Sarıcı ve Dursun, 2018; Işık, Gürbüz ve Anıl, 2020).



Resim 3.7. Geohücre (İnternet 8)

Yüzeysel dolgu tabakalarının stabil olmamaları durumunda veya kendini tutamayan şev yüzeylerinde durabiliteyi sağlayacak elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür alanlarda geohücre kullanılması ile dolgu tabakasının yük-deformasyon performansı; hücrelerin sağlam polimerik çeperleri ve çevresindeki hücrelerin pasif direnci ile yükün daha rahat taşınmasını sağlamaktadır. Dolgu tabakasına kazandırdıkları rijitlik sayesinde tabaka kalınlığının azaltılması ve dolguda granüler malzemenin daha düşük kalitede kullanılabilmesi mümkün olmaktadır (Şengül, 2010).

3.2.8. Geoköpük (Geofom)

Geoköpük diğer adıyla geliştirilmiş polistiren köpük (EPS), geoteknik uygulamalarında kullanılan klasik dolgulara alternatif olarak geliştirilmiş polimerik bir geosentetik dolgu malzemesidir (Bkz. Resim 3.8). Geofom klasik dolgu malzemelerinin yaklaşık olarak %1'i kadar ağırlıktadır. Hafif dolgu malzemesi olarak zemine ve yapılara gelen yükleri ve zemin oturmalarını azaltmaktadır. Su emilimi düşük, donma-çözünmeye karşı dayanıklıdır. Proje ihtiyacına göre farklı şekil ve dayanımlarda üretilebilmektedir. Deprem etkisi, gürültü ve titreşim sönümlenmesinde etkili bir performans sunmaktadır (Kocaer, 2011; Akyıldız, 2019).



Resim 3.8. Yol dolgusunda geoköpük kullanımı (İnternet 9)

Hızlı bir şekilde uygulanabilen geoköpük dolgular genellikle sıkıştırılabilir zeminlerde, şevlerin stabilitesinde, istinat yapıları ve köprü ayaklarında dinamik yanall yüklerle karşı etkili bir dolgu malzemesidir (Ertuğrul, Trandafir ve Özkan, 2012).



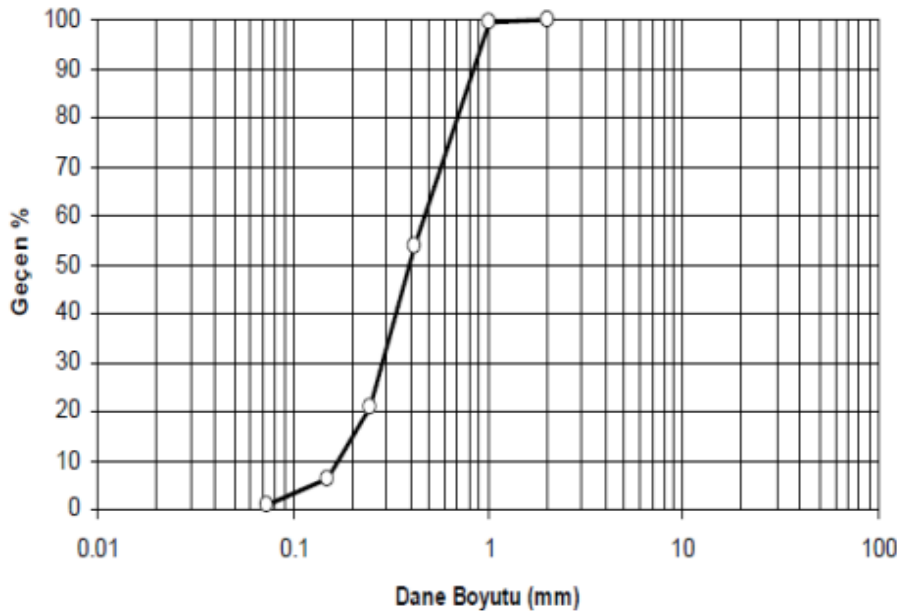
4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Zemin Türü ve Özellikleri

Deneyleerde kullanılan zemin malzemesinin mühendislik özellikleri, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Laboratuvarı'nda yapılan deneyler ile belirlenmiştir. Çalışmalarda kullanılan zemin malzemesi Adana Ceyhan Nehri kumudur. Kum, ASTM standartlarına göre No 200 (0.075 mm) eleğinden elenmiş, yıkanmış ve kurutulmuştur. Kum zemin için piknometre, kesme kutusu, sıklık ve elek analizi gibi standart geoteknik deneyleri yapılmıştır.

4.1.1. Elek analizi deneyi

Kum zeminin endeks özelliklerini belirlemek amacıyla ASTM D2487 (2011) standardına göre belirlenen eleklerden elenen kum zeminin dane çapı dağılımı eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.1). Kum zeminin dane çapı dağılım eğrisinden zemin sınıfı, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) göre kötü derecelenmiş ince ve temiz kum (SP) olarak belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 4.1).



Şekil 4.1. Deney kumunun dane çapı dağılımı eğrisi

Çizelge 4.1. Kum zeminin elek analizi tablosu

Özellik	Değer
Kaba dane miktarı (%)	0,00
Orta büyüklükteki dane miktarı (%)	65,00
İnce dane miktarı (%)	35,00
D ₁₀ (mm)	0,16
D ₃₀ (mm)	0,28
D ₆₀ (mm)	0,58
Üniformluk katsayısı, C _u	3,63
Derecelenme katsayısı, C _c	0,84
Zemin sınıfı (USCS)	SP

4.1.2. Kesme kutusu deneyi

Kum zeminin sıkı ve gevşek durumdaki kayma mukavemeti açılarını belirlemek amacıyla kare kesitli kesme kutusuna 38 mm yüksekliğinde numuneler yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Her iki durum için de $\sigma_1=28$ kPa, $\sigma_2=56$ kPa ve $\sigma_3=112$ kPa değerindeki normal gerilmeler altında yatay yönde kesme gerilmeleri uygulanmıştır. Deneye ait görseller Resim 4.1’de yer almaktadır.

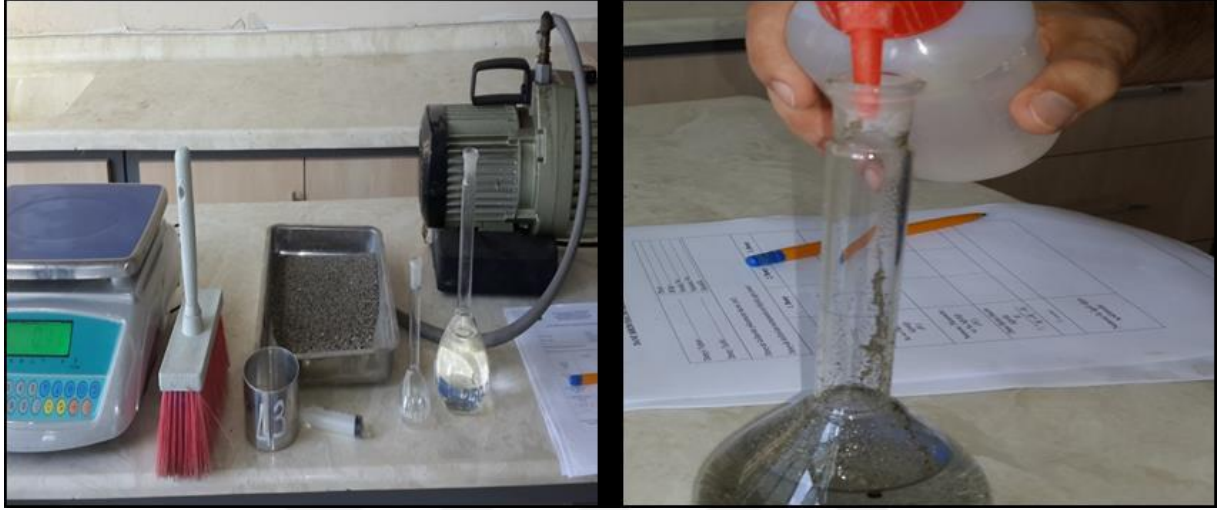


Resim 4.1. Kesme kutusu deney düzeneği

Kum zeminin sıkı haldeki kayma mukavemeti açısı ise $\phi_s=42,67^\circ$, gevşek haldeki kayma mukavemeti açısı $\phi_g=36,00^\circ$ olarak belirlenmiştir.

4.1.3. Piknometre deneyi

Laboratuvarında yapılan piknometre deneyinde kum zeminin dane birim hacim ağırlığı $\gamma_s=32,55 \text{ kN/m}^3$ olarak elde edilmiştir (Bkz. Resim 4.2).



Resim 4.2. Piknometre deneyi

4.1.4. Sıkılık deneyi

Bu çalışmada gevşek kum zemin üzerine oturan yüzeysel temeller için deneyler yapılmıştır. Fakat hem gevşek hem de sıkı durumdaki kuru birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Bu değerleri belirlemek için 50 cm x 50 cm ebatlarında ve 6 cm yüksekliğindeki kap içerisinde rölatif sıkılık deneyleri yapılmıştır (Bkz. Resim 4.3).



Resim 4.3. Sıkılık deneyi

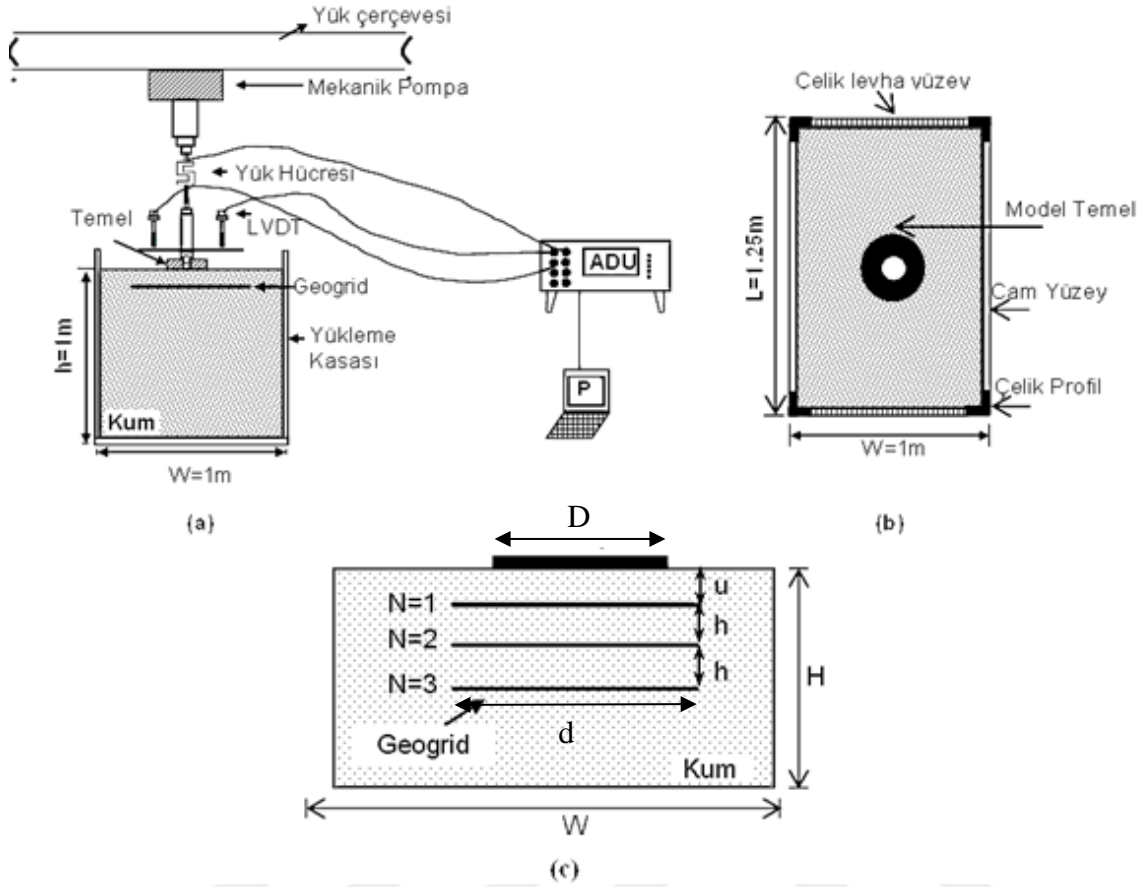
Gevşek ve sıkı durum için üçer defa deneyler yapılmış ve bulunan sonuçların ortalaması alınmıştır. Elde edilen değerler aşağıda verilmiştir (Bkz. Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Kum zeminin dane birim ağırlık çizelgesi

Parametre	Değer
Maksimum kuru birim ağırlık (kN/m^3)	17,11
Minimum kuru birim ağırlığı (kN/m^3)	15,44

4.2. Deney Düzenegi

Deney düzenegi, yük çerçevesi, mekanik pompa, yük hücresi, deplasman ölçer ve deney kasasından oluşan bir yükleme düzenegidir. Kum zemin deney kasasına kademeler halinde eklenerek deney kasası doldurulmuştur. Kum zemin üzerine terazi yardımıyla yüzeysel temel yatay olarak yerleştirilmiş ve yük çerçevesine bağlı bulunan mekanik pompaya bağlı basınç kolu vasıtasıyla temele yük uygulanmıştır. Uygulanan yük değeri yük hücresi tarafından, temeldeki oturmalar da deplasman ölçerler tarafından kaydedilerek veri işleme ünitesine aktarılmıştır. Bu şekilde yükleme yapılarak yük-oturma eğrileri elde edilmiştir. Deney düzenegine ait kesit görünümler Şekil 4.2’de yer almaktadır.



Şekil 4.2. Yükleme düzeneği yan görünüş (a), üstten görünüş (b), ön görünüş (c)

4.2.1. Deney kasası, yük çerçevesi ve mekanik pompa

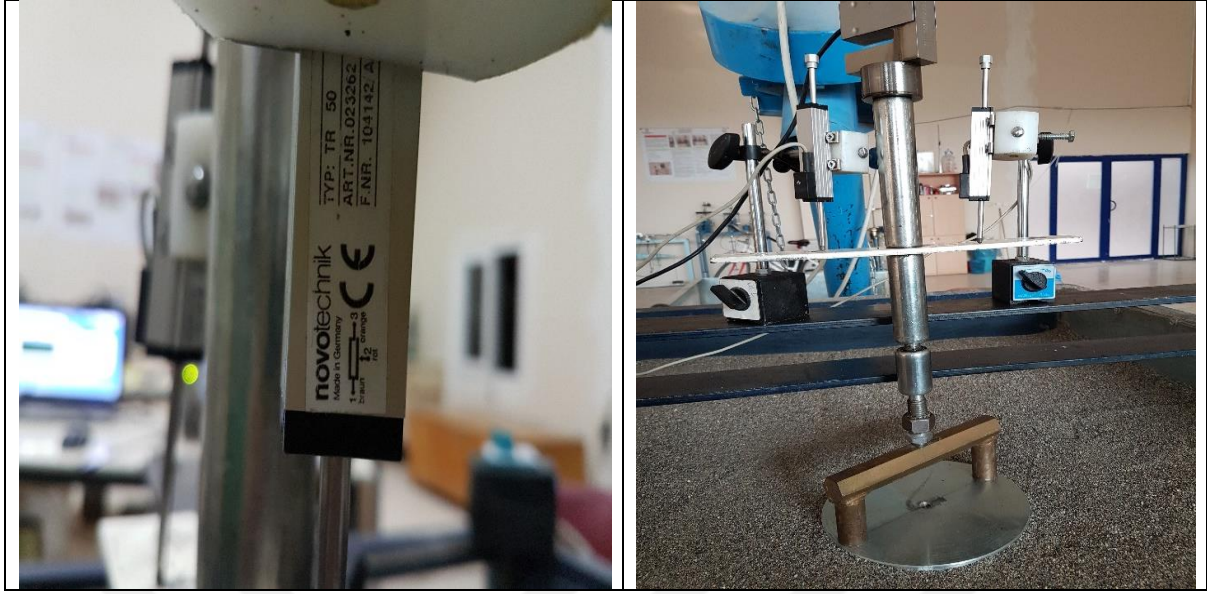
Deneyleerde dikdörtgen kesitli bir kasa kullanılmıştır. Kasanın ebatları, yükseklik: 1 m, uzunluk: 1,25 m ve genişlik: 1 m şeklindedir. Deneyleer farklı yükleme hızlarında çekme ve basınç uygulayabilen mekanik pompanın bağlı bulunduğu özel bir yükleme düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Yükleme düzeneği İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı'nın zeminine monte edilmiş bulunan rijit yükleme kirişinden destek alarak çalışmaktadır. Konsol şeklinde mesnetlenmiş yük çerçevesine bağlı bulunan mekanik pompa düşey yönde basınç kuvveti ile sisteme yükü aktarmaktadır (Bkz. Resim 4.4).



Resim 4.4. Yükleme düzeneği

4.2.2. Deplasman ölçerler

Temele uygulanan yük neticesinde zeminde oluşan oturmaların ölçülebilmesi amacıyla deplasman ölçerler kullanılmıştır. Novotechnik firması tarafından üretilen ve 0,0-9,9999 mm arasında deplasman değerleri ölçebilen; TR 50 tip, ART.NR.023262 seri numaralı düşey deplasman ölçerler (LVDT) kullanılmıştır (Bkz. Resim 4.5). Zeminde oluşan oturmanın daha doğru ölçülebilmesi için yükleme sistemine sabitlenen temel merkezinden eşit uzaklıklarda yerleştirilen iki adet deplasman ölçerlerin okumalarının ortalamaları alınmıştır.



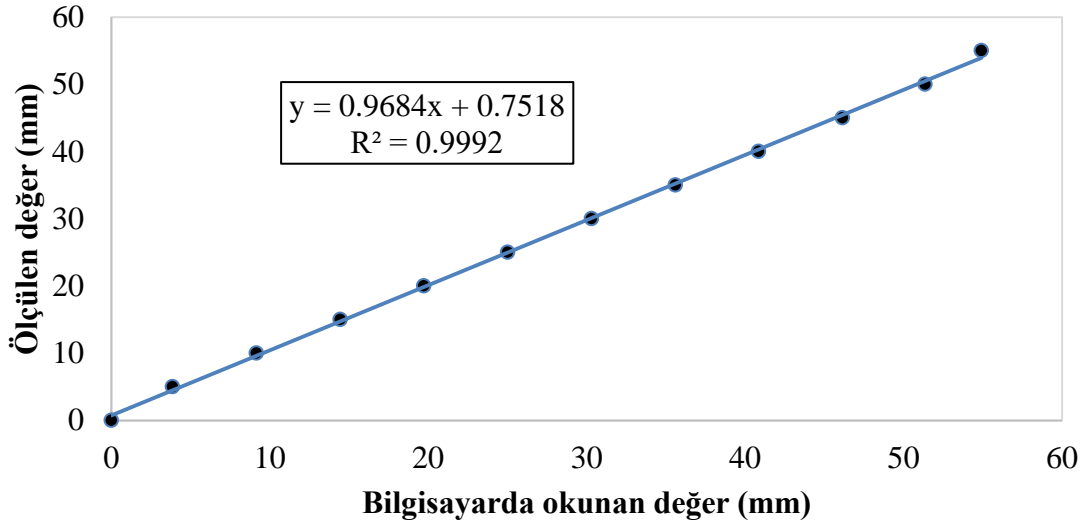
Resim 4.5. Deplasman ölçer

Deneylelerden önce deplasman ölçerlerin kalibrasyonu yapılmıştır. Bilgisayardan okunan değerler ölçölerek karşılaştırma yapılmıştır (Bkz. Çizelge 4.3). Her iki deplasman ölçer için kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur (Bkz. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

Çizelge 4.3. Deplasman ölçerlerin kalibrasyon değerleri

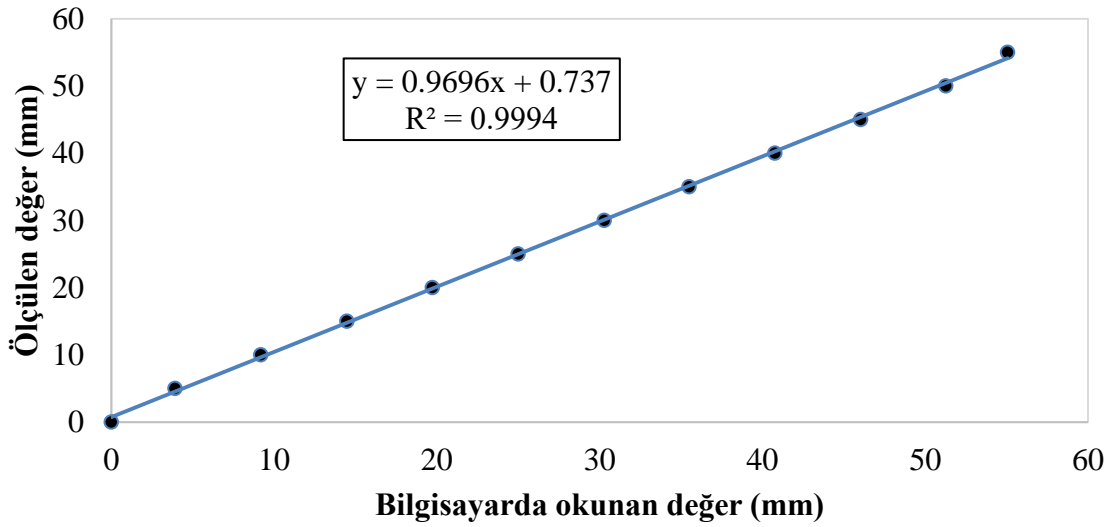
LVDT 1		LVDT 2	
Bilgisayarda okunan değer	Ölçülen kalibrasyon değeri	Bilgisayarda okunan değer	Ölçülen kalibrasyon değeri
mm	mm	mm	mm
3,87	5	3,92	5
9,16	10	9,18	10
14,45	15	14,48	15
19,73	20	19,72	20
25,01	25	24,99	25
30,32	30	30,29	30
35,61	35	35,50	35
40,86	40	40,76	40
46,15	45	46,04	45
51,36	50	51,27	50
54,92	55	55,06	55

LVDT 1



Şekil 4.3. 1 numaralı deplasman ölçerin kalibrasyon eğrisi

LVDT 2



Şekil 4.4. 2 numaralı deplasman ölçerin kalibrasyon eğrisi

4.2.3. Yük hücresi

Deneilerde, model temel plakalarına gelen yük değerlerini belirlemek amacıyla ZEMIC firması tarafından üretilen; H3-C2-2,0t-6B modelinde, C-3 sınıfı, 2 ton yük kapasiteli elektronik yük hücresi kullanılmıştır (Bkz. Resim 4.6).



Resim 4.6. Yük hresi

4.2.4. Veri işleme nitesi (ADU)

Model deneylerde zemin yüzeyine yerleştirilen temel plakasına uygulanan yükü ve bu sırada zeminde oluşan oturmaları elektronik olarak kayıt altına alan bir veri işleme nitesi kullanılmıştır (Bkz. Resim 4.7). Bu üniteye yk hresi ve iki adet deplasman ölçer bağlanmıştır. Uygulanan düşey yükler ve deplasman değerleri 27-1495/01-5070 seri numaralı ve 16 kanal girişli ADU (Autonomous Data Unit) veri işleme cihazına aktarılmıştır. Bu değerler ELE International programı sayesinde sayısal olarak bilgisayar ortamında kaydedilmiş daha sonra Excel programına aktarılarak yük-oturma grafikleri elde edilmiştir.



Resim 4.7. Veri işleme ünitesi

4.3. Model Temeller

Deneysel yüzeysel model temel olarak aşağıda boyutları verilen daire ve ring kesitli iki tip rijit plaka kullanılmıştır.

4.3.1. Model ring temel

Literatürde farklı geometrilere sahip yüzeysel temeller ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Fakat ring (halka) temeller ile ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu nedenle mikrogrid ile güçlendirilmiş gevşek kum zeminde model yükleme deneylerinde model temel olarak daire temel ile birlikte ring temel de kullanılmıştır. Laman ve Babacan (2004) tarafından ring temeller üzerine yapılan deneysel çalışmada temel iç çapının dış çapına oranının optimum (r/R) değeri 0,29 olarak, teorik çalışma sonucunda ise 0,41 olarak bulunmuştur. Boushehrian ve Hataf (2003) tarafından yapılan sayısal analizlerde, ring temeller için maksimum taşıma kapasitesi oranı (BCR), $n=0,40$ durumunda elde edilmiştir. Burada n , ring temelin iç çapının dış çapına oranı olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan model ring temelin iç ölçüsünün dış ölçüsüne oranı 0,4 olarak seçilmiştir. Temel dış çapı 20 cm, iç çapı ise 8 cm'dir (Bkz. Resim 4.8).



Resim 4.8. Model ring temel

4.3.2. Model daire temel

Ring temel ile aynı dış çapa sahip daire kesitli içi dolu rijit daire kesitli plaka deneylerde model temel olarak kullanılmıştır. Ring temel için yapılan deneyler daire kesitli temel için de yapılmıştır (Bkz. Resim 4.9).



Resim 4.9. Model daire temel

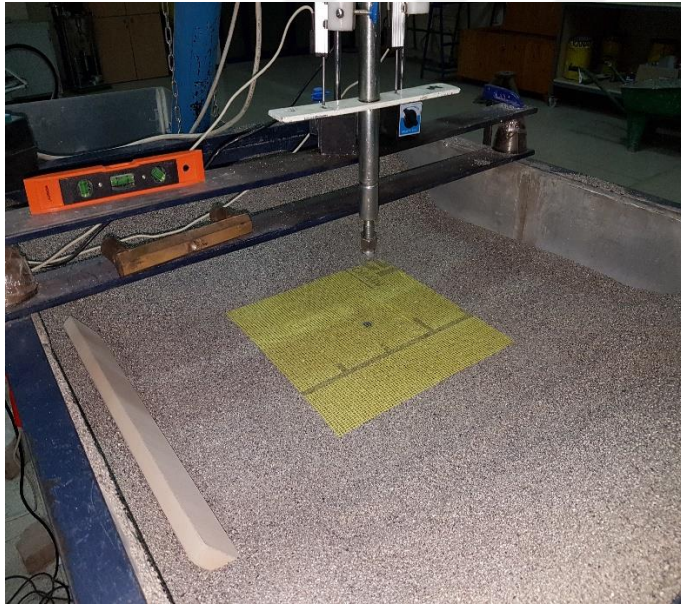
4.4. Mikrogrid Donatı

Literatürde genel olarak, yükleme deneylerinde ölçek etkisi göz önüne alınmaksızın kullanılan geogrid donatıların elek açıklığı 2-4 cm olmaktadır. Dolayısıyla deneylerde

donatı çapı azaldıkça geogrid donatılarının daire ya da halka şeklinde kesilerek uygulanması zorlaşmaktadır. Bu çalışmada mikrogrid olarak nitelendirilen gözenek açıklığı 4 mm olan çift eksenli çalışan geogrid donatı kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 4.4). Mikrogrid donatılar, kare, daire ve ring şeklinde kesilerek istenilen genişliklerde kullanılmıştır (Bkz. Resim 4.10 ve Resim 4.11). Daire ve ring model temelleri için en uygun geometrik şekle sahip donatılar için donatı aralığı, donatı sayısı ve donatı kombinasyonu parametreleri araştırılmıştır.

Çizelge 4.4. Mikrogrid donatının özellikleri

Parametre	Değer
Cinsi	Polimer kaplamalı cam yünü
Elastisite modülü (kN/m)	40
Ağırlık (gr/m ²)	160
Elek açıklığı (mm)	4
Çalışma eksenleri	Çift



Resim 4.10. Kare kesitli mikrogrid donatı



Resim 4.11. Daire kesitli mikrogrid donatı

5. BULGULAR VE YORUM

Deneyle seri setleri şeklinde yapıp yük ve oturma değerleri grafikler halinde çizilerek analiz edilmiştir. Model temeller ve mikrogrid donatılarının deney parametreleri tablo haline getirilerek sunulmuştur (Bkz. Çizelge 5.1). Her iki temel tipi için aynı formatta deneyler yapılmıştır. Şekil 4.2’de sunulduğu üzere zemine yerleştirilen donatıların ilk donatı derinliği (u) ve çapı (d), donatı çapı oranı (d'), donatılar arası mesafe (h), donatı sayısı (N) ve donatı kombinasyonu parametreleri değiştirilerek yük-oturma ilişkileri belirlenmiştir. Burada değişken parametreler olarak kabul edilen d , u ve h değerleri deneylerde kullanılan ring temel dış çapına ($R=20$ cm) veya daire kesitli temelin çapına ($D=20$ cm) bağlı olarak tanımlanmıştır. Grafikler analiz edildiğinde, deney sonuçlarından elde edilen yük-oturma eğrileri; 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük değerlerine göre karşılaştırılarak optimum parametreler elde edilmiştir.

Tez çalışmasında toplam 12 seride deney yapılmıştır. Her bir seride hedeflenen amaçlar ve serilere ait açıklamalar aşağıda sıralanmıştır.

Seri 1: Bu seride toplam 16 adet deney yapılmıştır. Ring temel ve kare kesitli tek mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliği (u) değişken parametreler olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliğine (u) bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 2: Bu seride toplam 15 adet deney yapılmıştır. Ring temel ve daire kesitli tek mikrogrid donatı kullanılmıştır. Donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliği (u) değişken parametrelerdir. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliğine (u) bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 3: Bu seride toplam 15 adet deney yapılmıştır. Ring temel ve ring kesitli tek mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatı kesit oranı (d') ve ilk donatı derinliği (u) değişken parametreler olarak ele alınmıştır. Burada kesit oranı (d'), ring kesitli mikrogridin iç çapının (d_i) dış çapına (d) oranı olarak tanımlanmıştır. Bu seride yük ve

oturma ilişkilerinin donatı kesit oranı (d') ve ilk donatı derinliğine (u) bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 4: Bu seride 3 adet deney yapılmıştır. Ring temel ve daire kesitli iki adet mikrogrid donatı kullanılmıştır. Donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliği (u) sabit tutularak donatılar arası mesafe değişken parametre olarak kullanılmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatılar arası mesafeye bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 5: Bu seride 5 adet deney yapılmıştır. Ring temel ve daire kesitli birden çok mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatı sayısı değişken parametre olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı sayısına bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 6: Bu seride toplam 3 adet deney yapılmıştır. Ring temel ve üç farklı yerleşim düzeninde mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatıların yerleşim düzeni değişken parametre olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı yerleşim düzenine bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 7: Bu seride toplam 16 adet deney yapılmıştır. Daire temel ve kare kesitli tek mikrogrid donatı kullanılarak donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliği (u) değişken parametreler olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliğine (u) bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 8: Bu seride toplam 15 adet deney yapılmıştır. Daire temel ve daire kesitli tek mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliği (u) değişken parametreler olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı genişliği (d) ve ilk donatı derinliğine (u) bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 9: Bu seride toplam 15 adet deney yapılmıştır. Daire temel ve ring kesitli tek mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatı kesit oranı (d') ve ilk donatı derinliği (u) değişken parametreler olarak ele alınmıştır. Yük ve oturma ilişkilerinin donatı kesit

oranı (d') ve ilk donatı derinliğine (u) bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 10: Bu seride 2 adet deney yapılmıştır. Daire temel ve daire kesitli iki adet mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatılar arası mesafe değişken parametre olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatılar arası mesafeye bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 11: Bu seride 5 adet deney yapılmıştır. Daire temel ve daire kesitli birden çok mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatı sayısı değişken parametre olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı sayısına bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Seri 12: Bu seride toplam 3 adet deney yapılmıştır. Daire temel ve farklı çaplarda daire kesitli 3 adet mikrogrid donatının kullanıldığı deneylerde donatıların yerleşim düzeni değişken parametre olarak ele alınmıştır. Bu seride yük ve oturma ilişkilerinin donatı yerleşim düzenine bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanması hedeflenmiştir.

Zeminlerde donatı etkisinin, yük-oturma ilişkisine katkısını görmek ve hangi mertebelerde iyileştirme sağladığını belirleyebilmek amacıyla donatısız durumlar (hem ring hem de daire kesitli temeller kullanılarak) için de deneyler yapılmıştır.

Çizelge 5.1. Deney programı tablosu

Seriler	Deney adı	Temel tipi	Donatı geometrisi	Donatı sayısı (N)	Donatı çapı (d) / donatı çap oranı (d')	İlk donatı derinliği (u)	Donatılar arası mesafe (h)
Seri 1	D1	Ring	Donatısız	-	-	-	-
	D2	Ring	Kare	1	1,0 R	0,2 R	-
	D3	Ring	Kare	1	1,5 R	0,2 R	-
	D4	Ring	Kare	1	2,0 R	0,2 R	-
	D5	Ring	Kare	1	2,5 R	0,2 R	-
	D6	Ring	Kare	1	3,0 R	0,2 R	-
	D7	Ring	Kare	1	1,0 R	0,4 R	-
	D8	Ring	Kare	1	1,5 R	0,4 R	-
	D9	Ring	Kare	1	2,0 R	0,4 R	-
	D10	Ring	Kare	1	2,5 R	0,4 R	-

Çizelge 5.1. Deneysel program tablosu (devamı)

Seriler	Deneysel adı	Temel tipi	Donatı geometrisi	Donatı sayısı (N)	Donatı çapı (d) / donatı çapı oranı (d')	İlk donatı derinliği (u)	Donatılar arası mesafe (h)
Seri 1 devamı	D11	Ring	Kare	1	3,0 R	0,4 R	-
	D12	Ring	Kare	1	1,0 R	0,6 R	-
	D13	Ring	Kare	1	1,5 R	0,6 R	-
	D14	Ring	Kare	1	2,0 R	0,6 R	-
	D15	Ring	Kare	1	2,5 R	0,6 R	-
	D16	Ring	Kare	1	3,0 R	0,6 R	-
Seri 2	D17	Ring	Daire	1	1,0 R	0,2 R	-
	D18	Ring	Daire	1	1,5 R	0,2 R	-
	D19	Ring	Daire	1	2,0 R	0,2 R	-
	D20	Ring	Daire	1	2,5 R	0,2 R	-
	D21	Ring	Daire	1	3,0 R	0,2 R	-
	D22	Ring	Daire	1	1,0 R	0,4 R	-
	D23	Ring	Daire	1	1,5 R	0,4 R	-
	D24	Ring	Daire	1	2,0 R	0,4 R	-
	D25	Ring	Daire	1	2,5 R	0,4 R	-
	D26	Ring	Daire	1	3,0 R	0,4 R	-
	D27	Ring	Daire	1	1,0 R	0,6 R	-
	D28	Ring	Daire	1	1,5 R	0,6 R	-
	D29	Ring	Daire	1	2,0 R	0,6 R	-
	D30	Ring	Daire	1	2,5 R	0,6 R	-
	D31	Ring	Daire	1	3,0 R	0,6 R	-
Seri 3	D32	Ring	Daire	1	0,0	0,2 R	-
	D33	Ring	Ring	1	0,2	0,2 R	-
	D34	Ring	Ring	1	0,4	0,2 R	-
	D35	Ring	Ring	1	0,6	0,2 R	-
	D36	Ring	Ring	1	0,8	0,2 R	-
	D37	Ring	Daire	1	0,0	0,4 R	-
	D38	Ring	Ring	1	0,2	0,4 R	-
	D39	Ring	Ring	1	0,4	0,4 R	-
	D40	Ring	Ring	1	0,6	0,4 R	-
	D41	Ring	Ring	1	0,8	0,4 R	-
	D42	Ring	Daire	1	0,0	0,6 R	-
	D43	Ring	Ring	1	0,2	0,6 R	-
	D44	Ring	Ring	1	0,4	0,6 R	-
	D45	Ring	Ring	1	0,6	0,6 R	-
	D46	Ring	Ring	1	0,8	0,6 R	-

Çizelge 5.1. Deney programı tablosu (devamı)

Seriler	Deney adı	Temel tipi	Donatı geometrisi	Donatı sayısı (N)	Donatı çapı (d) / donatı çap oranı (d')	İlk donatı derinliği (u)	Donatılar arası mesafe (h)
Seri 4	D47	Ring	Daire	2	2,5 R	0,2 R	0,2 R
	D48	Ring	Daire	2	2,5 R	0,2 R	0,4 R
	D49	Ring	Daire	2	2,5 R	0,2 R	0,6 R
Seri 5	D50	Ring	Donatısız	-	2,5 R	0,2 R	0,2 R
	D51	Ring	Daire	1	2,5 R	0,2 R	0,2 R
	D52	Ring	Daire	2	2,5 R	0,2 R	0,2 R
	D53	Ring	Daire	3	2,5 R	0,2 R	0,2 R
	D54	Ring	Daire	4	2,5 R	0,2 R	0,2 R
Seri 6	D55	Ring	Daire	3	2,0 R - 2,5 R - 3,0 R	0,2 R	0,2 R
	D56	Ring	Daire	3	2,5 R - 2,5 R - 2,5 R	0,2 R	0,2 R
	D57	Ring	Daire	3	3,0 R - 2,5 R - 2,0 R	0,2 R	0,2 R
Seri 7	D58	Daire	Donatısız	-	-	-	-
	D59	Daire	Kare	1	1,0 D	0,2 D	-
	D60	Daire	Kare	1	1,5 D	0,2 D	-
	D61	Daire	Kare	1	2,0 D	0,2 D	-
	D62	Daire	Kare	1	2,5 D	0,2 D	-
	D63	Daire	Kare	1	3,0 D	0,2 D	-
	D64	Daire	Kare	1	1,0 D	0,4 D	-
	D65	Daire	Kare	1	1,5 D	0,4 D	-
	D66	Daire	Kare	1	2,0 D	0,4 D	-
	D67	Daire	Kare	1	2,5 D	0,4 D	-
	D68	Daire	Kare	1	3,0 D	0,4 D	-
	D69	Daire	Kare	1	1,0 D	0,6 D	-
	D70	Daire	Kare	1	1,5 D	0,6 D	-
	D71	Daire	Kare	1	2,0 D	0,6 D	-
	D72	Daire	Kare	1	2,5 D	0,6 D	-
D73	Daire	Kare	1	3,0 D	0,6 D	-	
Seri 8	D74	Daire	Daire	1	1,0 D	0,2 D	-
	D75	Daire	Daire	1	1,5 D	0,2 D	-
	D76	Daire	Daire	1	2,0 D	0,2 D	-
	D77	Daire	Daire	1	2,5 D	0,2 D	-
	D78	Daire	Daire	1	3,0 D	0,2 D	-
	D79	Daire	Daire	1	1,0 D	0,4 D	-
	D80	Daire	Daire	1	1,5 D	0,4 D	-
	D81	Daire	Daire	1	2,0 D	0,4 D	-

Çizelge 5.1. Deneysel program tablosu (devamı)

Seriler	Deneysel adı	Temel tipi	Donatı geometrisi	Donatı sayısı (N)	Donatı çapı (d) / donatı çap oranı (d')	İlk donatı derinliği (u)	Donatılar arası mesafe (h)
Seri 8 devamı	D82	Daire	Daire	1	2,5 D	0,4 D	-
	D83	Daire	Daire	1	3,0 D	0,4 D	-
	D84	Daire	Daire	1	1,0 D	0,6 D	-
	D85	Daire	Daire	1	1,5 D	0,6 D	-
	D86	Daire	Daire	1	2,0 D	0,6 D	-
	D87	Daire	Daire	1	2,5 D	0,6 D	-
	D88	Daire	Daire	1	3,0 D	0,6 D	-
Seri 9	D89	Daire	Daire	1	0,0	0,2 D	-
	D90	Daire	Ring	1	0,2	0,2 D	-
	D91	Daire	Ring	1	0,4	0,2 D	-
	D92	Daire	Ring	1	0,6	0,2 D	-
	D93	Daire	Ring	1	0,8	0,2 D	-
	D94	Daire	Daire	1	0,0	0,4 D	-
	D95	Daire	Ring	1	0,2	0,4 D	-
	D96	Daire	Ring	1	0,4	0,4 D	-
	D97	Daire	Ring	1	0,6	0,4 D	-
	D98	Daire	Ring	1	0,8	0,4 D	-
	D99	Daire	Daire	1	0,0	0,6 D	-
	D100	Daire	Ring	1	0,2	0,6 D	-
	D101	Daire	Ring	1	0,4	0,6 D	-
D102	Daire	Ring	1	0,6	0,6 D	-	
D103	Daire	Ring	1	0,8	0,6 D	-	
Seri 10	D104	Daire	Daire	2	2,5 D	0,3 D	0,3 D
	D105	Daire	Daire	2	2,5 D	0,3 D	0,6 D
Seri 11	D106	Daire	Donatısız	-	2,5 D	0,3 D	0,3 D
	D107	Daire	Daire	1	2,5 D	0,3 D	0,3 D
	D108	Daire	Daire	2	2,5 D	0,3 D	0,3 D
	D109	Daire	Daire	3	2,5 D	0,3 D	0,3 D
	D110	Daire	Daire	4	2,5 D	0,3 D	0,3 D
Seri 12	D111	Daire	Daire	3	2,0 D - 2,5 D - 3,0 D	0,3 D	0,3 D
	D112	Daire	Daire	3	2,5 D - 2,5 D - 2,5 D	0,3 D	0,3 D
	D113	Daire	Daire	3	3,0 D - 2,5 D - 2,0 D	0,3 D	0,3 D

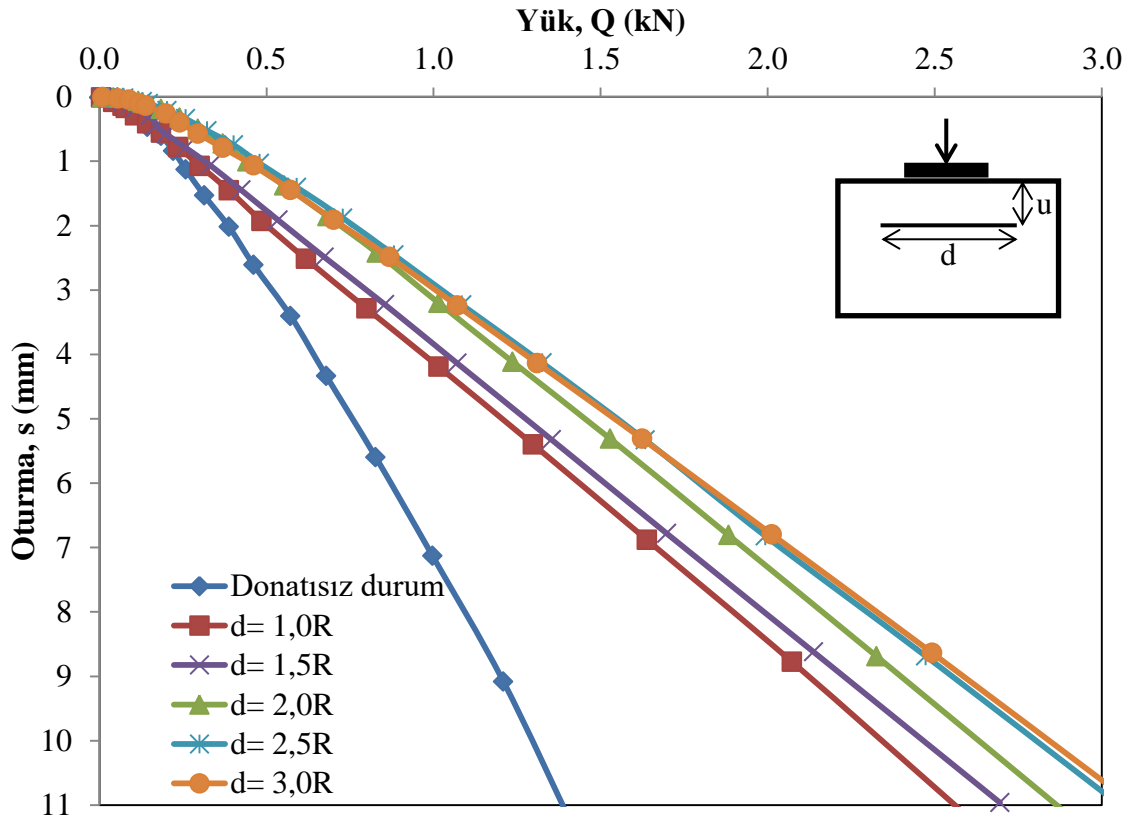
5.1. Ring Temel ile Yapılan Yükleme Deneyleri

Gevşek kum zemine yerleştirilen mikrogrid donatılarının deney tablosunda belirtildiği gibi çeşitli parametreler değiştirilerek yükleme deneyleri yapılmıştır. Deneyler seriler halinde yapılmıştır. Deneylerde iç çapının (r) dış çapına (R) oranı 0,4 olan ring kesitli rijit plaka model temel olarak kullanılmıştır. Donatı parametreleri temel çapı (R) ile oranlanarak ifade edilmiştir. Farklı donatı genişliklerine sahip olan kare, daire ve ring kesitli donatılar temel tabanından 0,2R, 0,4R ve 0,6R derinliğe yerleştirilerek her derinlik için ayrı ayrı yükleme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen yük – oturma grafikleri yorumlanarak optimum parametreler elde edilmeye çalışılmıştır.

5.1.1.Seri 1-Kare kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi

Gevşek kum zemine yerleştirilen kare kesitli mikrogrid donatılarının ilk donatı derinliği (u) ve donatı çapı (d) değiştirilerek ayrı ayrı yükleme deneyleri yapılmıştır. Bu seri deneylerde model ring temel kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma değerleri grafikler üzerinde analiz edilmiştir.

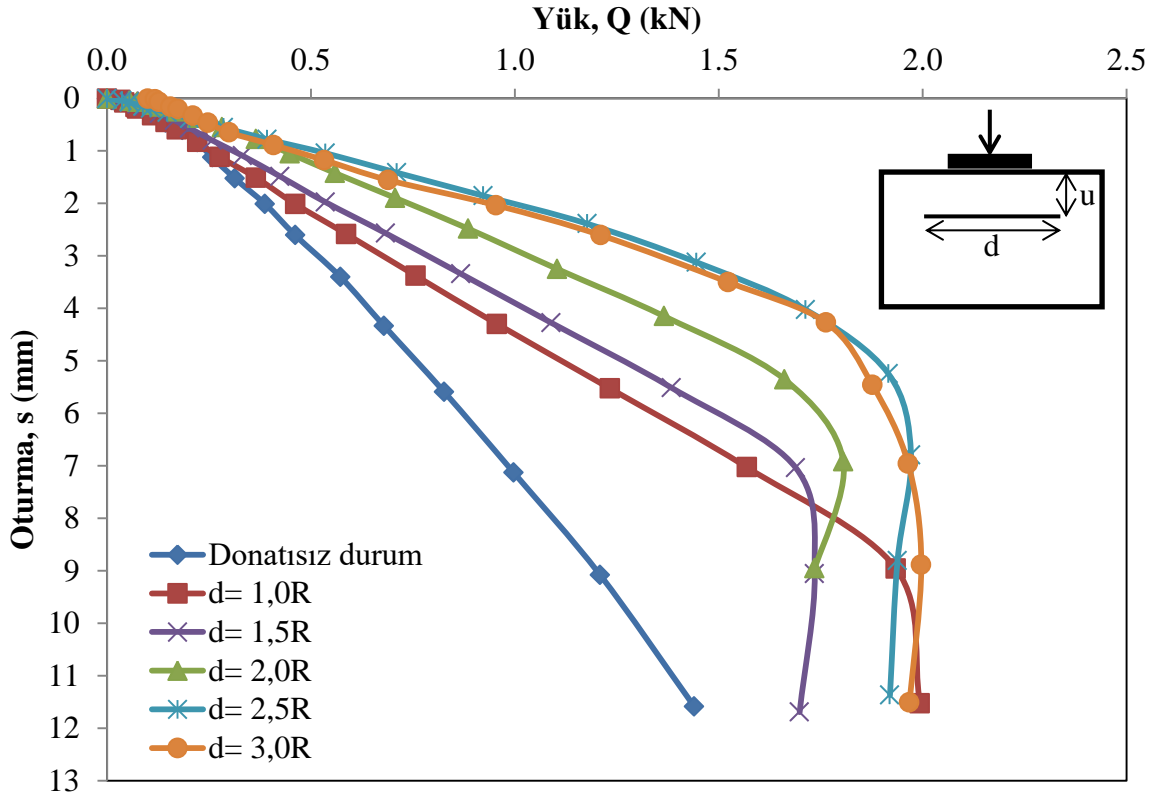
Bu serideki deneylerin ilk bölümünde zeminde 0,2R kadar derinliğe yerleştirilen kare donatının çapı (d)= 1,0R; 1,5R; 2,0R; 2,5R ve 3,0R olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Kare donatı- $u=0,2R$ için yük-oturma grafiği

Şekil 5.1'den donatı çapı arttıkça ring temelin yük taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir. Fakat donatı çapı artışının $d>2,5R$ olması durumunda 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük taşıma kapasitesi azalmıştır. Dolayısıyla optimum donatı çapı, kare kesitli mikrogridin $u=0,2R$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5R$ olarak belirlenmiştir.

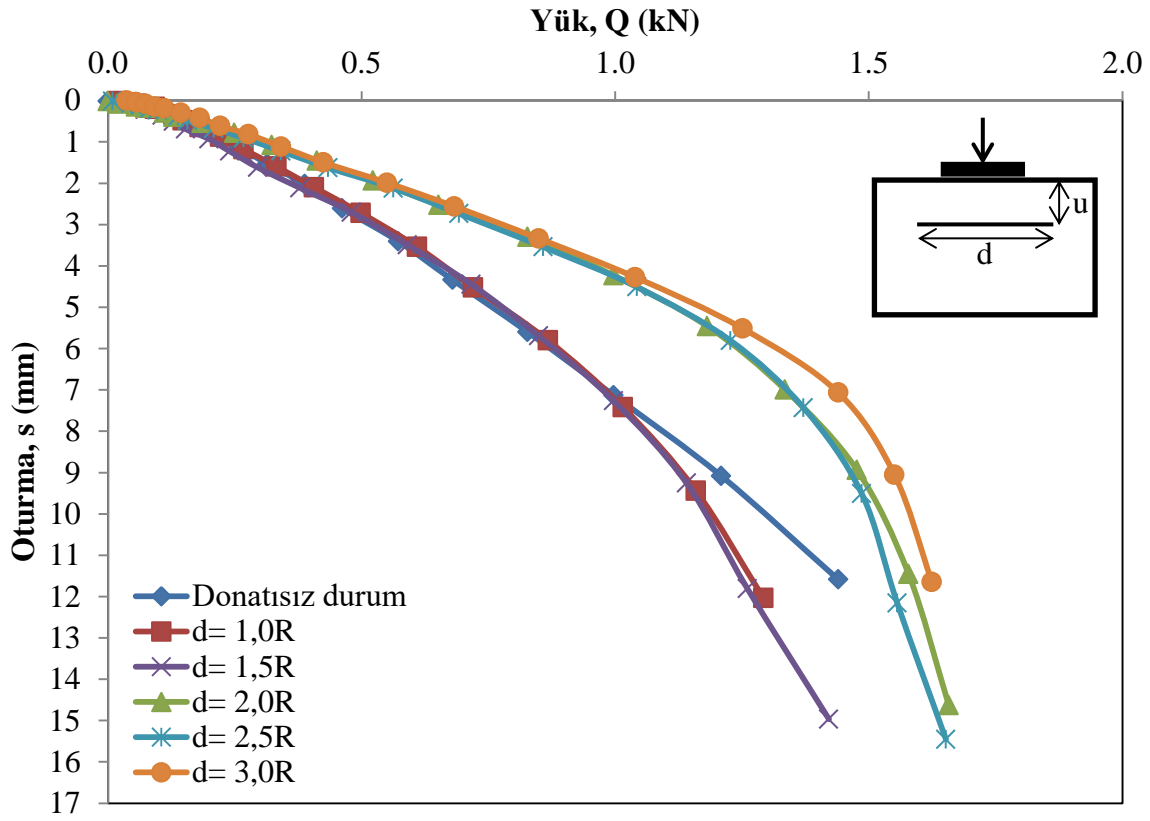
Bu serideki deneylerin ikinci bölümünde ilk donatı derinliğinin $u=0,4R$ olduğu durumda kare donatının çapı (d)= 1,0R; 1,5R; 2,0R; 2,5R ve 3,0R olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Kare donatı- $u=0,4R$ için yük-oturma grafiği

Seri 1'deki ikinci bölüm deneylerinden elde edilen sonuçlar, donatı çapı arttıkça ring temel in 10 mm oturmaya karşılık gelen yük taşıma değerlerinin de arttığını göstermiştir. Fakat $d=2,5R$ ve $d=3,0R$ durumlarında yaklaşık olarak aynı yük değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Dolayısıyla optimum donatı çapı, kare mikrogridin $u=0,4R$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5R$ olarak belirlenmiştir.

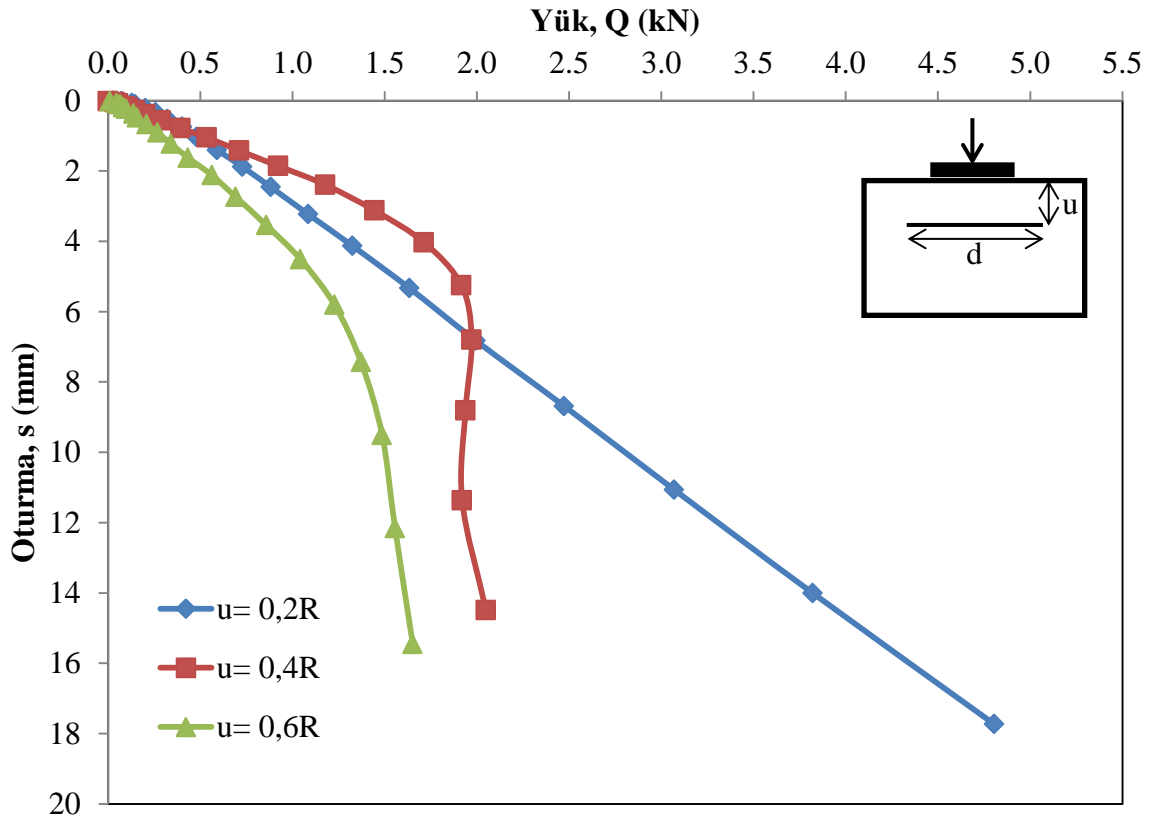
Bu serideki deneylerin üçüncü bölümünde ilk donatı derinliğinin $u=0,6R$ olduğu durumda kare donatının çapı (d)= 1,0R; 1,5R; 2,0R; 2,5R ve 3,0R olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Kare donatı- $u=0,6R$ için yük-oturma grafiği

Şekil 5.3'den, $d=1,0R$ ve $d=1,5R$ durumlarında ring temel için 10 mm oturmaya karşılık gelen yük değerleri, yaklaşık olarak donatısız durumdaki yük değeri ile aynıdır. Donatı çapı $d=2,0R$, $d=2,5R$ ve $d=3,0R$ durumlarında donatıların taşıyabildiği yük miktarlarının arttığı görülmüştür. Fakat yaklaşık olarak aynı yük değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Dolayısıyla optimum donatı çapı, kare mikrogrid $u=0,6R$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,0R$ olacağı kanaatine varılmıştır.

Kare kesitli mikrogrid donatının donatı çapı $2,5R$ olarak sabit tutularak ilk donatı derinliği (u) $0,2R$; $0,4R$ ve $0,6R$ olacak şekilde yapılan deneylerden elde edilen eğriler grafiksel olarak karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.4). Sonuçlar, donatı çapı $2,5R$ olarak sabit tutulduğunda kare kesitli mikrogridin ilk donatı derinliği optimum değerinin $0,4R$ olarak kabul edilebileceğini göstermiştir.

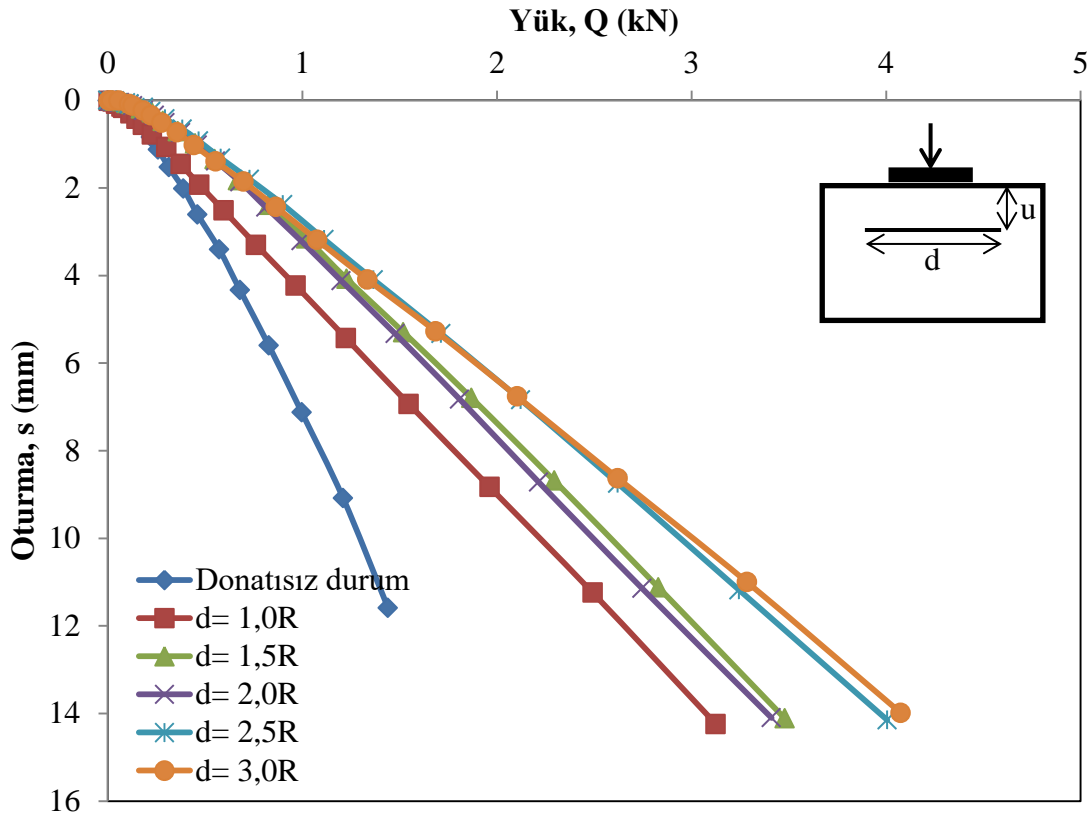


Şekil 5.4. Kare donatı- $d=2,5R$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği

5.1.2. Seri 2-Daire kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi

Gevşek kum zemine yerleştirilen daire kesitli mikrogrid donatıların ilk donatı derinliği (u) ve donatı çapı (d) değiştirilerek yükleme deneyleri yapılmıştır. Bu seri deneylerde model ring temel kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma değerleri grafiksel olarak analiz edilmiştir. 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük miktarları karşılaştırılmıştır.

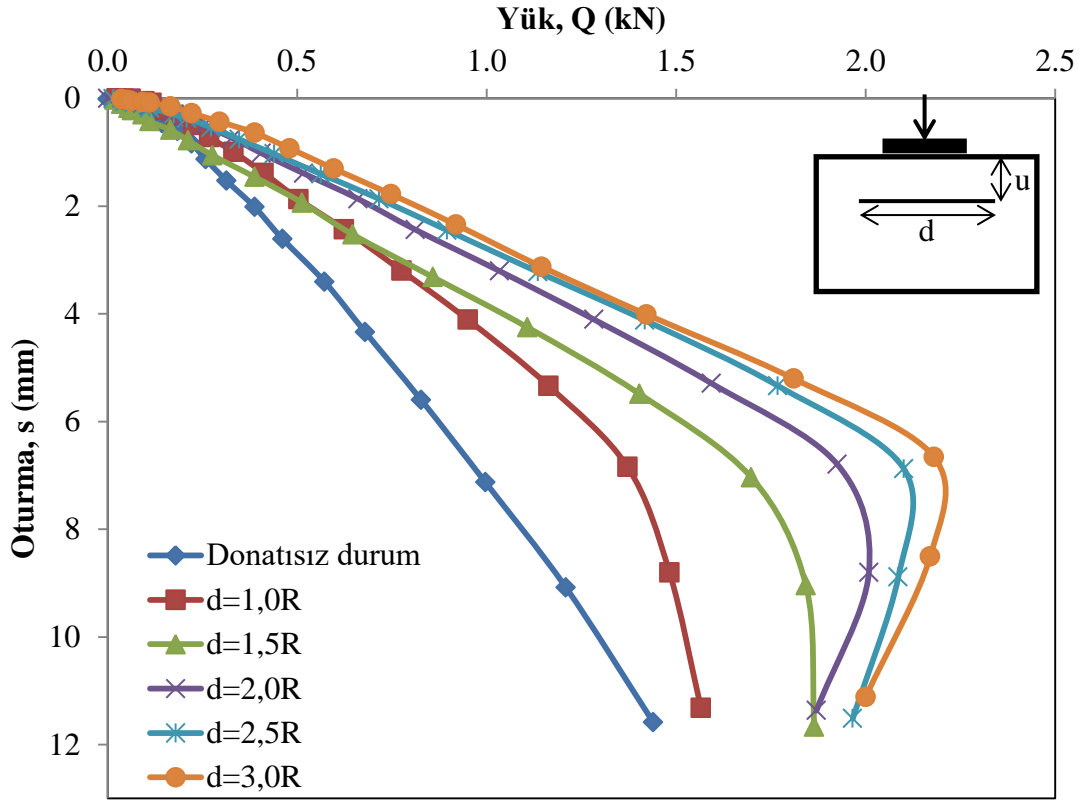
Bu serideki deneylerin ilk etabında ilk donatı derinliği $0,2R$ olan daire donatının çapı (d)= $1,0R$; $1,5R$; $2,0R$; $2,5R$ ve $3,0R$ olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı (d_{opt}) araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Daire donatı- $u=0,2R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.5'den, donatı çapı arttıkça ring temelin yük taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir. Fakat $d=2,5R$ ve $d=3,0R$ olduğu durumda taşıyabildikleri yük miktarları birbirine yakın değerlerdir. Dolayısıyla optimum donatı çapı, daire kesitli mikrogridin $u=0,2R$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5R$ olarak belirlenmiştir.

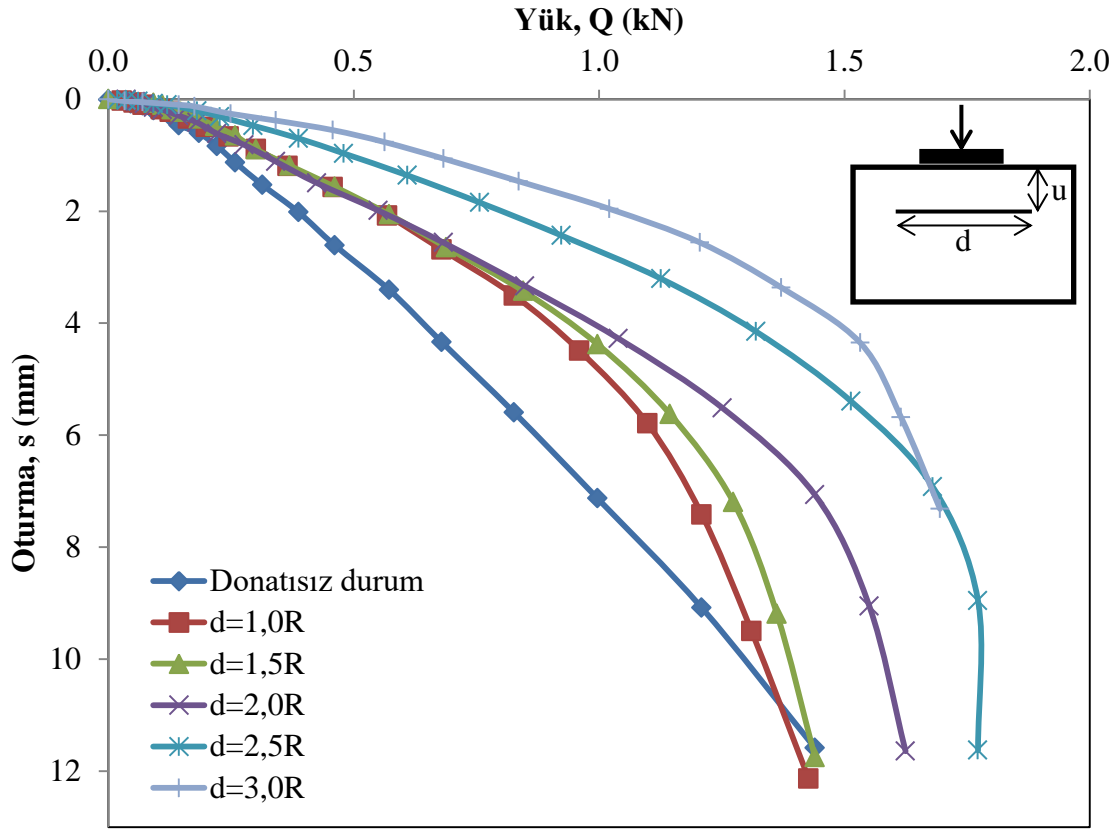
Bu serinin ikinci etap deneylerinde ilk donatı derinliğinin $u=0,4R$ olduğu durumda daire kesitli donatının çapı (d)= 1,0R; 1,5R; 2,0R; 2,5R ve 3,0R olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.6).

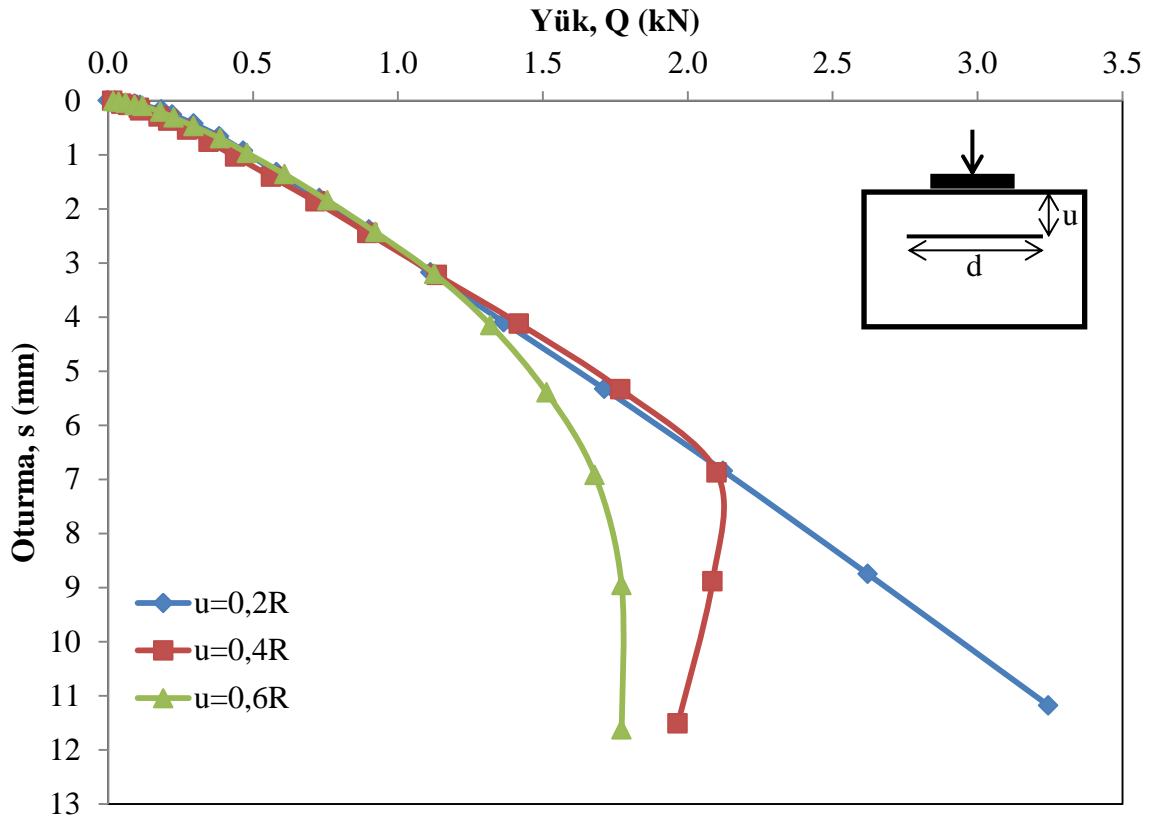


Şekil 5.6. Daire donatı-u=0,4R ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Deney sonuçlarından, daire donatının çapı arttıkça ring temelin yük taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 5.6). Ancak $d=2,5R$ ve $d=3,0R$ durumlarında yaklaşık olarak aynı yük değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Dolayısıyla optimum donatı çapı, daire mikrogridin $u=0,4R$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5R$ olarak belirlenmiştir.

Bu seri deneyin üçüncü etabında ilk donatı derinliğinin $u=0,6R$ olduğu durumda daire donatının çapı (d)= 1,0R; 1,5R; 2,0R; 2,5R ve 3,0R olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı (d_{opt}) araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.7).





Şekil 5.8. Daire donatı-d=2,5R için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği

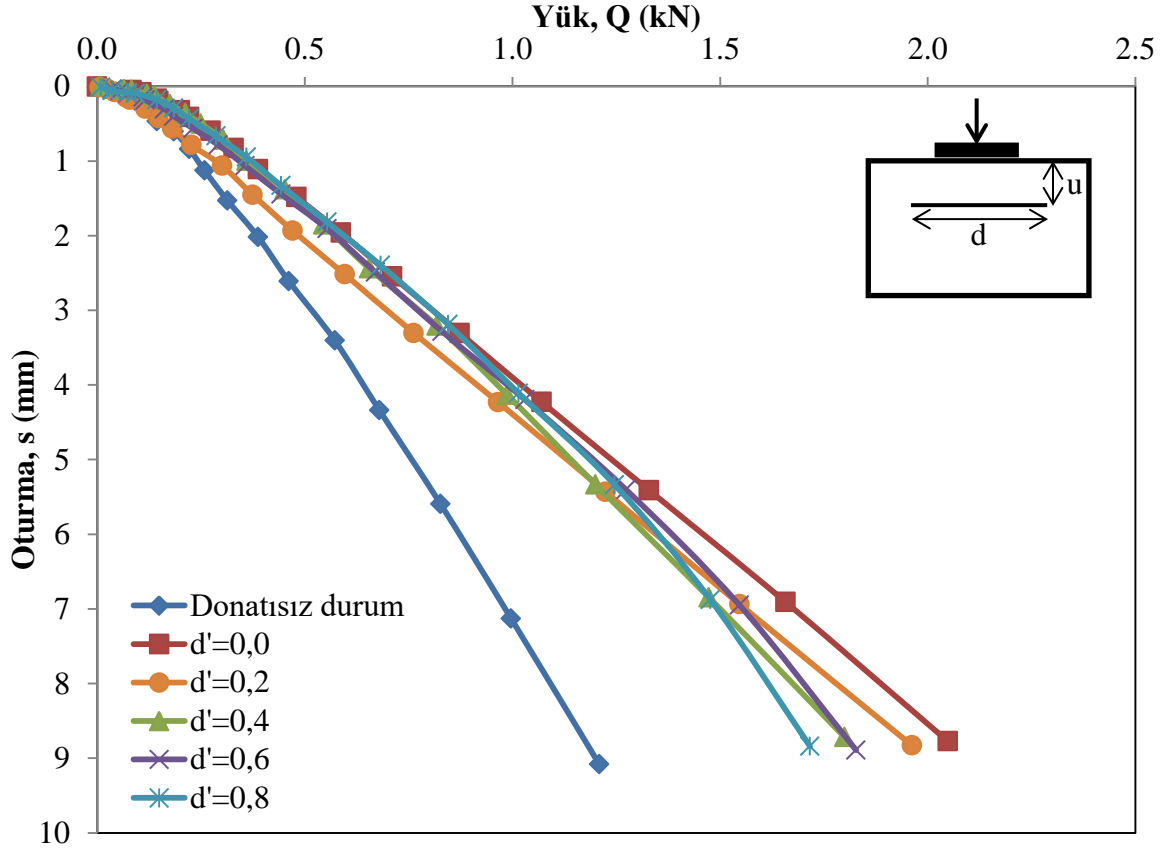
Donatı çapı $d=2,5R$ olarak sabit tutulduğunda genel olarak ilk donatı derinliği arttıkça zeminin taşıyabileceği yük miktarında azalma olduğu görülmüştür. İlk donatı derinliğinin $u=0,2R$ olduğu durumlarda 10 mm oturmaya karşılık daha fazla yük değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla optimum ilk donatı derinliği $u_{opt}=0,2R$ olarak kabul edilmiştir.

5.1.3. Seri 3-Ring kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi

Gevşek kum zemine yerleştirilen ring kesitli mikrogrid donatıların ilk donatı derinliği (u) ve donatı kesit oranı (d') değiştirilerek ayrı ayrı yükleme deneyleri yapılmıştır. İlk donatı derinliği (u) 0,2R; 0,4R ve 0,6R olan üç farklı yükleme durumu için beş farklı donatı şekline göre yükleme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde ring kesitli model temeller kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma değerleri grafiksel olarak analiz edilmiştir.

Bu seri deneylerin ilk bölümünde ilk donatı derinliği 0,2R olarak sabit tutulmuş, donatı iç çapının (d_i) donatı dış çapına (d) oranı ($d'=d_i/d$) 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olarak

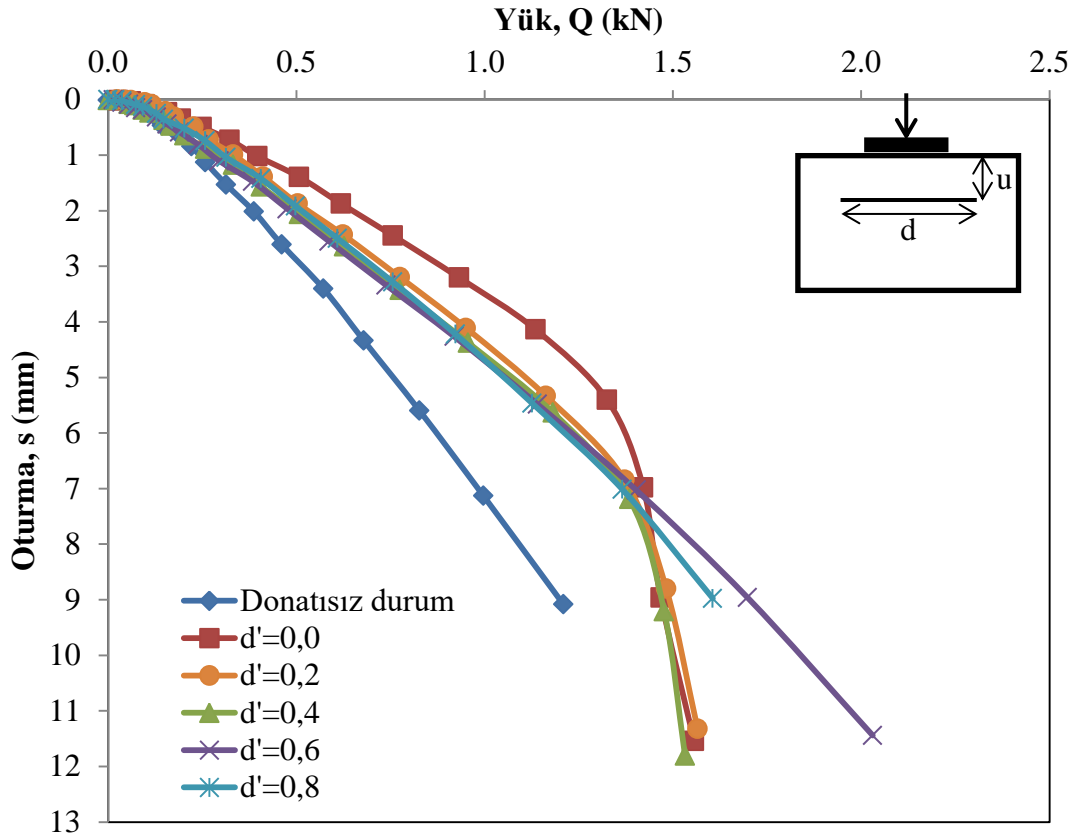
değiştirilmiştir. Bu şartlar altında ring donatılarının kesit oranının zeminin taşıyabileceği yük miktarı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deney sonuçlarına yük-oturma eğrileri şeklinde Şekil 5.9'da yer verilmiştir.



Şekil 5.9. Ring mikrogrid- $u=0,2R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Deney sonuçları ring kesitli donatıların zemin iyileştirmede etkili olduğunu göstermiştir. Donatılar çap oranlarına göre karşılaştırıldığında yaklaşık olarak aynı seviyede yük değerlerinin taşındığı görülmüştür. Oturma değerleri sabit tutulduğunda en yüksek yük değerleri $d'=0$ olduğu durumda (daire kesitli durum) elde edilmiştir.

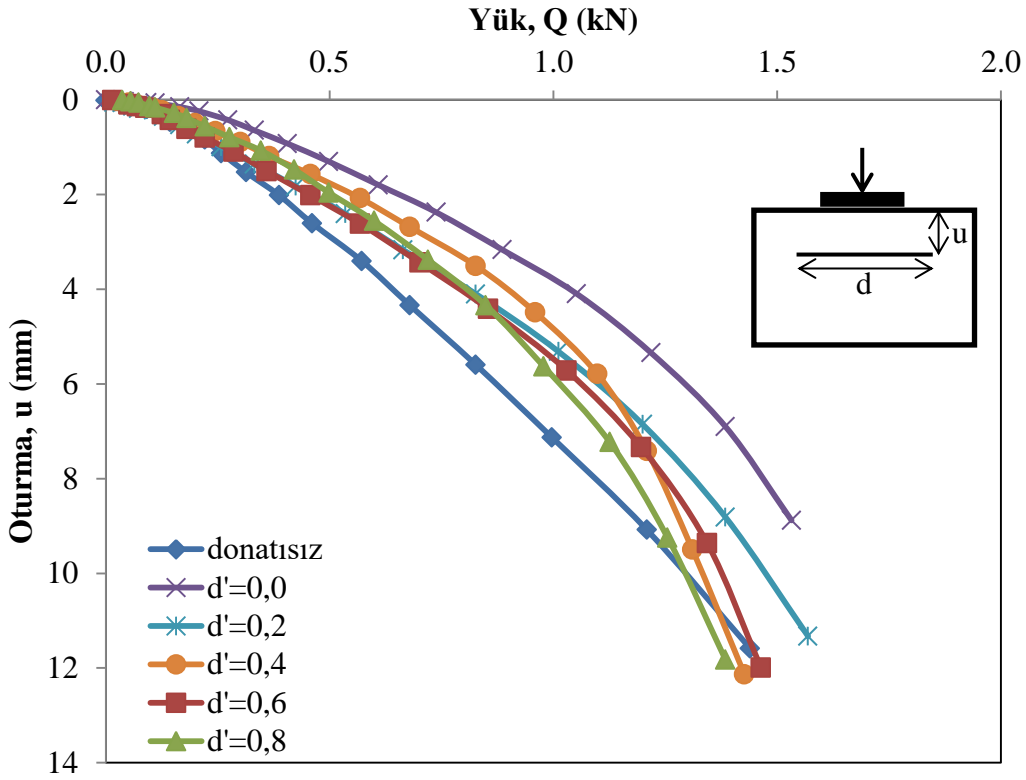
Bu seri deneylerin ikinci bölümünde ilk donatı derinliği $0,4R$ olarak sabit tutulmuş ve donatı iç çapının (d_i) donatı dış çapına (d) oranı (d')= 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olduğu donatılar kullanılarak ring donatılarının kesit oranının zeminin taşıma kapasitesine etkisi ele alınmıştır. Deney sonuçları yük-oturma eğrileri şeklinde grafiksel olarak irdelenmiştir (Bkz. Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Ring mikrogrid- $u=0,4R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Yükleme deneyi başladığında ilk oturma değerlerine karşılık gelen en yüksek yük değerleri $d'=0,0$ durumunda (daire donatı) elde edilmiştir. Diğer tüm ring kesitli donatı durumlarında yaklaşık olarak aynı mertebelerde yük taşınmıştır.

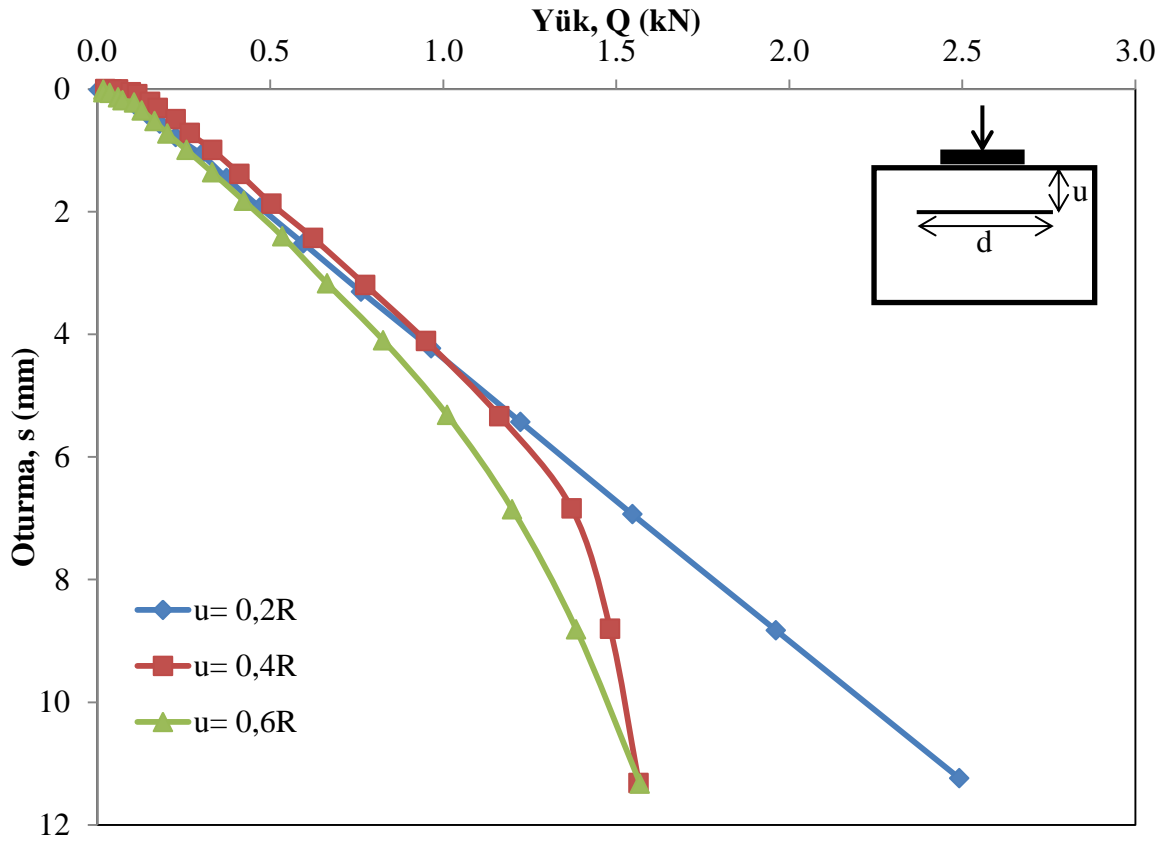
Bu seri deneylerin üçüncü bölümünde ilk donatı derinliği $0,6R$ olarak sabit tutulmuş, donatı iç çapının (d_i) donatı dış çapına (d) oranı (d')= 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olduğu donatılar kullanılarak ring donatıların kesit oranının zeminin taşıma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Deney sonuçları yük-oturma eğrileri şeklinde Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Ring mikrogrid- $u=0,6R$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.11 incelendiğinde donatılı durumun donatısız duruma göre etkisinin çok az olduğu görülmektedir. Donatılar çap oranlarına göre karşılaştırıldığında yaklaşık olarak aynı seviyede yük değerleri elde edilmiştir. 10 mm oturma değerine göre en yüksek yük değeri daire donatı ($d'=0,0$) kullanıldığı durumda elde edilmiştir.

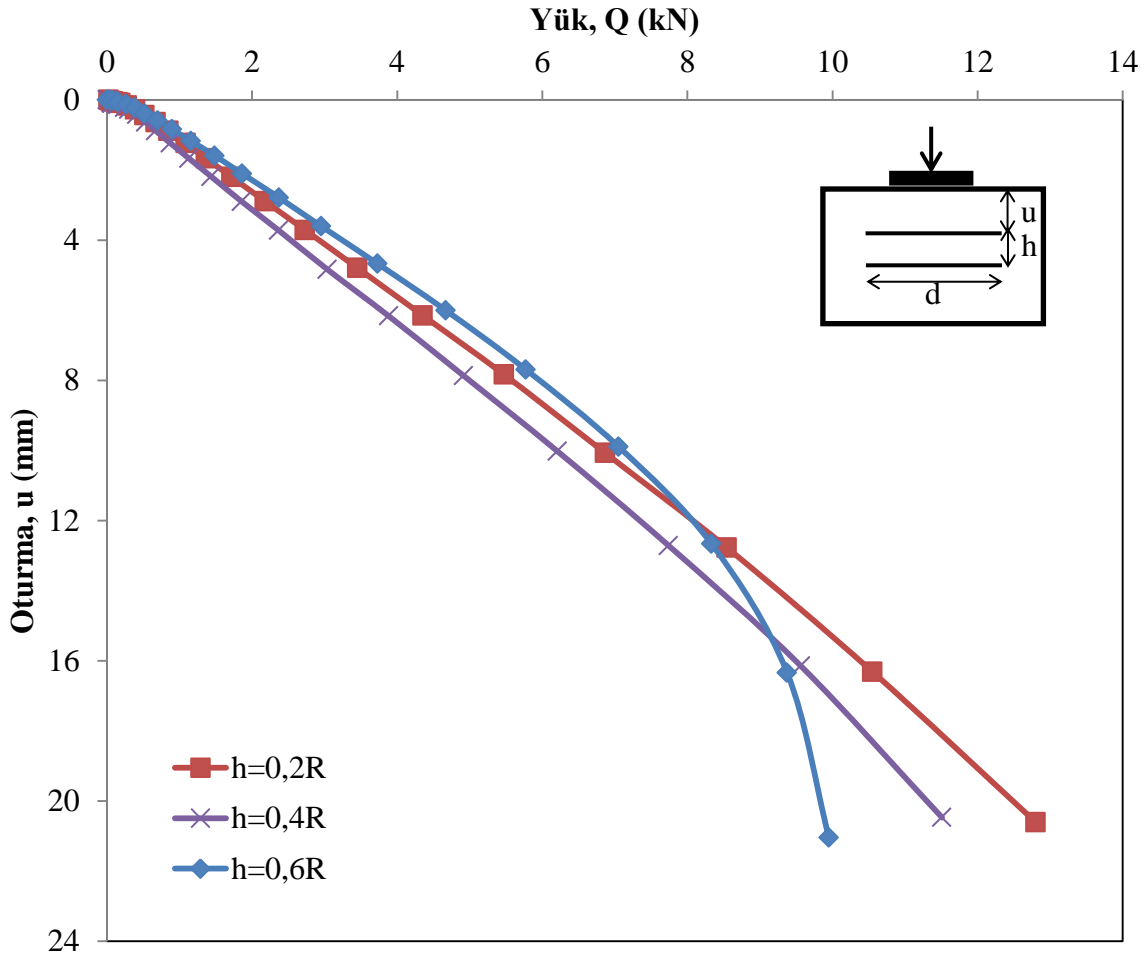
Ring kesitli mikrogrid donatının donatı kesit oranı $d'=0,2$ olarak sabit tutulan ve ilk donatı derinliği $0,2R$; $0,4R$ ve $0,6R$ olacak şekilde yapılan deneylerden elde edilen eğriler grafik halinde Şekil 5.12'de sunulmuştur. Şekil 5.12'den donatı kesit oranı $d'=0,2$ olarak sabit tutulduğunda ring kesitli mikrogridin ilk donatı derinliğinin $0,2R$ olduğu durumda ilk oturmalarına karşılık gelen yük değerleri birbirine yakın iken, 10 mm oturma değerine karşılık daha fazla yük taşıyabildiği belirlenmiştir.



Şekil 5.12. Ring donatı- $d'=0,2$ 'ye bağlı yük-oturma grafiği

5.1.4.Seri 4-Donatılar arası mesafe analizi

Birden çok donatı kullanılarak ring temel için optimum donatı sayısının belirlenebilmesi amacıyla donatıların kendi aralarındaki mesafesinin de (h) belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla daire geometriye sahip, ilk donatı derinliği $0,2R$ ve donatı çapı $2,5R$ olarak sabit tutularak iki donatı arası mesafe $0,2R$; $0,4R$ ve $0,6R$ olacak şekilde üç ayrı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.13).

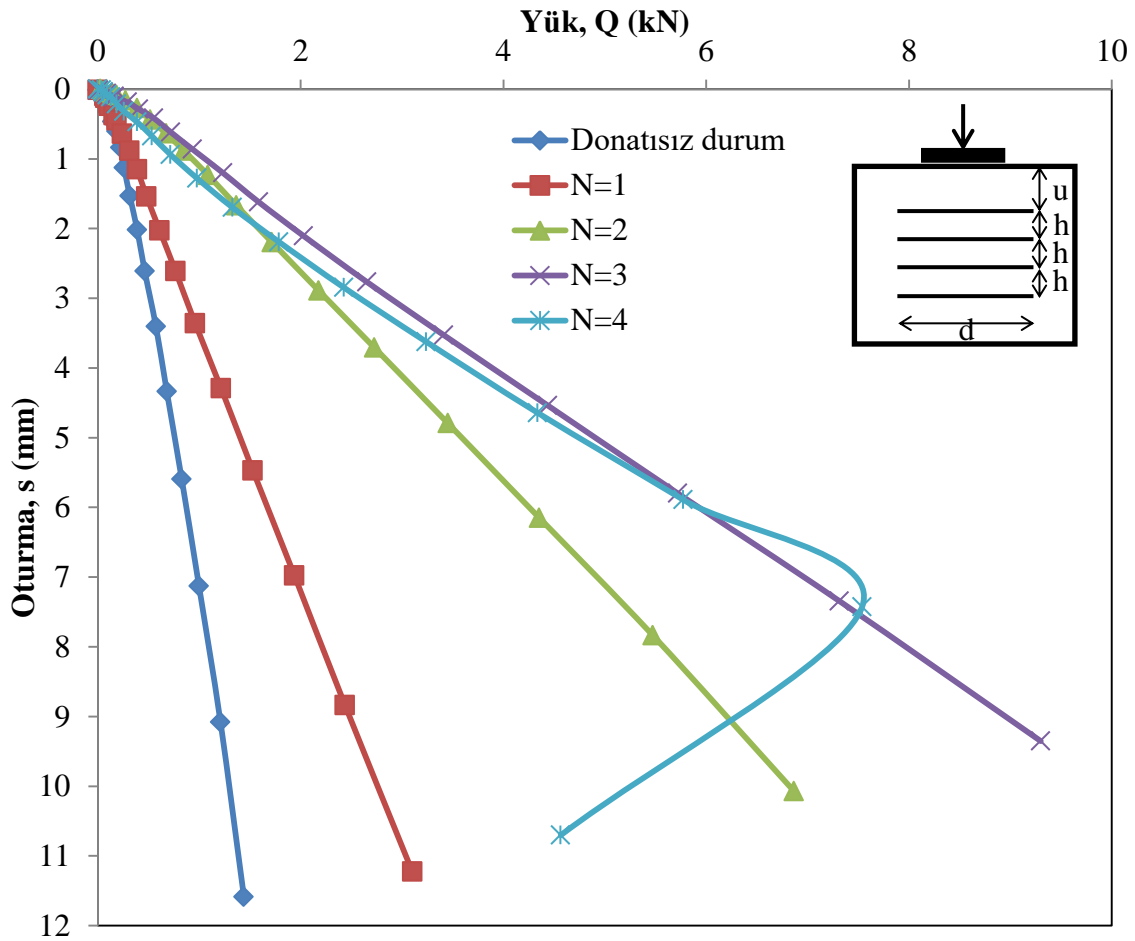


Şekil 5.13. Ring temel için iki donatı arası mesafe yük-oturma grafiği

Grafik eğrileri yorumlandığında donatılar arası mesafe $h=0.6R$ olduğu durumda zeminin taşıyabildiği yük değerleri kısmen daha fazla olmaktadır. Fakat yük değeri arttıkça belirli bir yük değerinden sonra oturmaların hızla arttığı ve göçmenin temel ile donatı arasında gerçekleştiği düşünülmüştür. Donatılar arası mesafenin $0.2R$ ve $0.4R$ olduğu durumlarda ise oturmalar yük değerine bağlı olarak doğrusal bir artış göstermiştir. Bu durumun sebebinin donatı ile temel arasındaki zemin katmanının, temelden gelen yükü kendi bünyesinde taşıması ve gelen yükü donatı altındaki zemine aktarmış olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Dolayısıyla zemindeki göçme, donatı altında gerçekleşmiştir. Bu durum göz önüne alındığında $h=0.2R$ durumunda birden çok donatı yerleşimi için daha fazla yük değeri elde edildiği ön görülmüştür.

5.1.5. Seri 5-Donatı sayısı analizi

Bu seri deneylerde donatı parametreleri; ilk donatı derinliği $u=0,2R$, donatı geometrisi daire, donatılar arası mesafe $h=0,2R$ ve donatı çapı $d=2,5R$ şeklinde sabit tutularak donatı sayısı (N) arttırılmıştır. Deneylerde ring kesitli model temel kullanılmıştır. Mevcut zemin koşulları ve donatı parametrelerine göre optimum donatı sayısı belirlenmiştir (Bkz. Şekil 5.14).

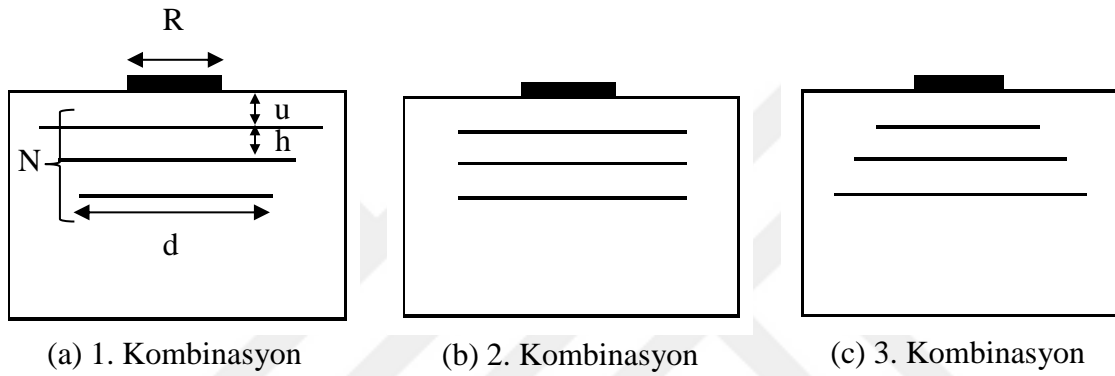


Şekil 5.14. Ring temel için donatı sayısına göre yük-oturma eğrileri grafiği

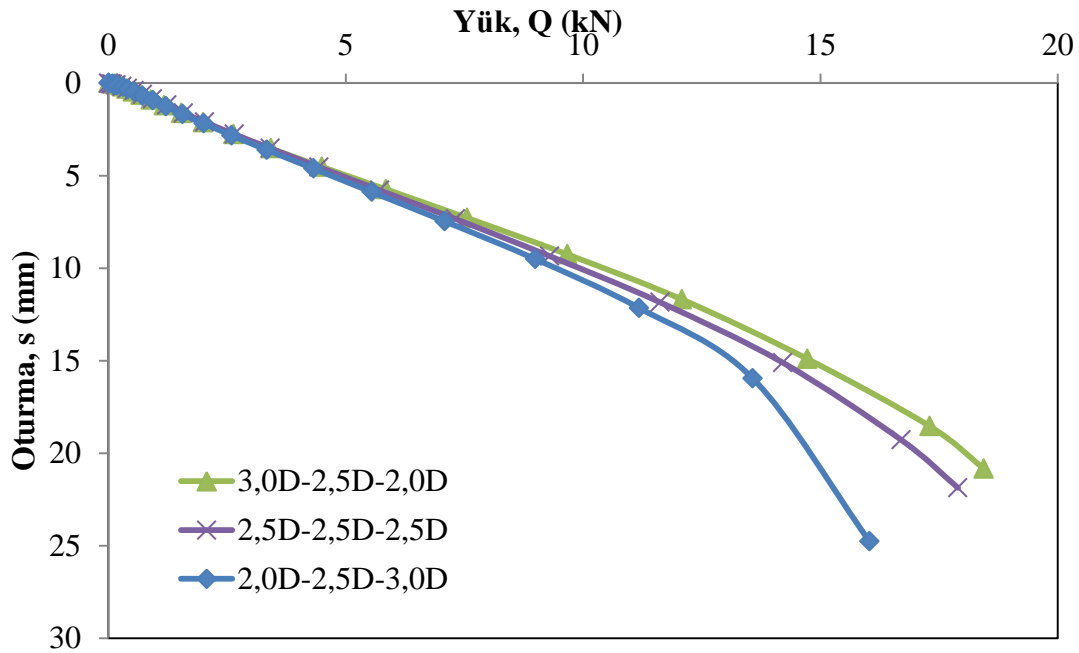
Şekil 5.14'de verilen grafikten, donatı sayısı arttıkça zeminin 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük değerlerinde belirgin bir artış elde edildiği belirlenmiştir. Deneylerde 4 donatı kullanıldığı durumda donatı kopmasından kaynaklı göçme meydana gelmiştir. Ayrıca grafiklerde 3. donatıdan sonra zeminin taşıyabildiği yük değerinde belirgin bir artış olmadığı görülmüştür. Bu durumda optimum donatı sayısı $N_{opt}=3$ olarak belirlenmiştir.

5.1.6.Seri 6-Donatı kombinasyonu analizi

Üç sıra donatı kullanılarak her derinlik için donatı çapının değiştirilmesi durumunda zeminin taşıyabileceği yük miktarlarındaki değişim incelenmiştir. Ring kesitli model temellerin yer aldığı deneylerde kullanılan daire kesitli donatıların ilk donatı derinliği $0,2R$, donatılar arası mesafe $0,2R$ olarak alınmıştır. Çapları, $2,0R$; $2,5R$ ve $3,0R$ olan mikrogrid donatıların yerleşim düzenleri üç farklı şekilde tasarlanmıştır (Bkz. Şekil 5.15). Deney sonuçları Şekil 5.16’da yer almaktadır.



Şekil 5.15. Farklı donatı yerleşim düzenleri



Şekil 5.16. Farklı donatı yerleşim düzenleri için yük-oturma grafiği

Deney sonuçlarına göre 1. Kombinasyon durumunda zeminin daha fazla yük taşıyabildiği belirlenmiştir. Sonuç olarak derinlik arttıkça donatı çapının da artması durumunda daha fazla yük değeri elde edilmiştir.

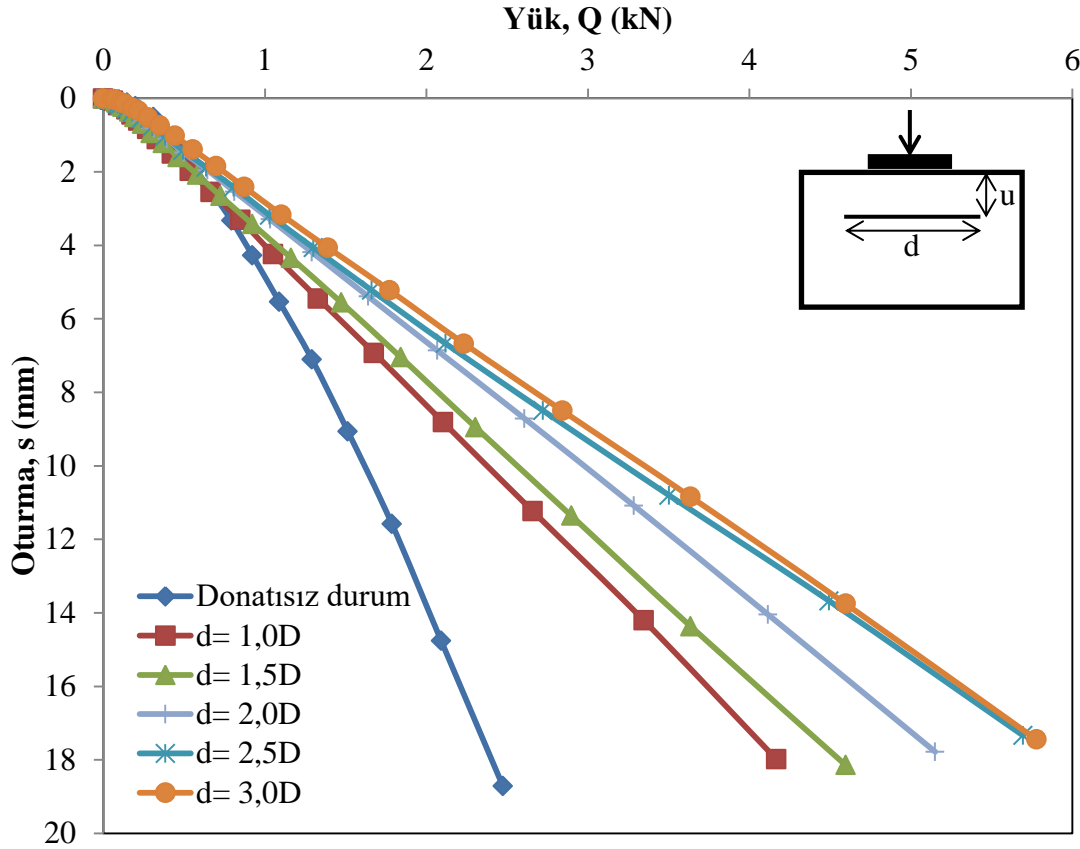
5.2. Daire Temel ile Yapılan Yükleme Deneyleri

Deneylerde $D=20$ cm çapında rijit plaka, model temel olarak kullanılmıştır. Donatı parametreleri temel çapı ile oranlanarak ifade edilmiştir. Ring temel için yapılan tüm deneyler daire temel için de yapılmıştır.

5.2.1.Seri 7- Kare kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi

Gevşek kum zemine yerleştirilen kare kesitli mikrogrid donatıların ilk donatı derinliği (u) ve donatı genişliği (d) değiştirilerek yükleme deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma değerleri grafiksel olarak analiz edilmiştir.

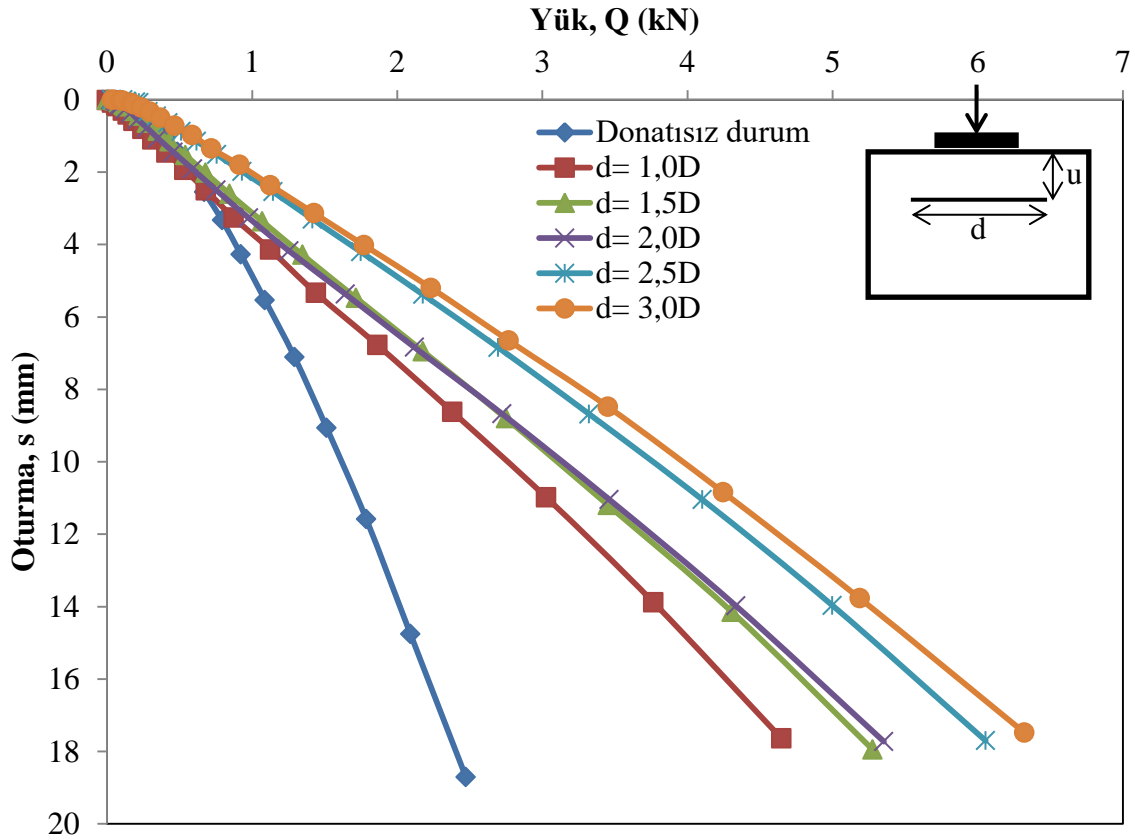
Bu serideki deneylerin ilk etabında zeminde $0,2D$ kadar derinliğe yerleştirilen kare donatının genişliği (d)= $1,0D$; $1,5D$; $2,0D$; $2,5D$ ve $3,0D$ olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı genişliği araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Daire temel- $u=0,2D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.17'den, donatı genişliği arttıkça daire temelin taşıyabildiği yük değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Fakat donatı genişliği $d=2,5D$ ile $d=3,0D$ değerleri için 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük değerleri yaklaşık olarak aynı katkıyı sağlamıştır. Dolayısıyla optimum donatı genişliği, kare mikrogridin $u=0,2D$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5D$ olarak belirlenmiştir.

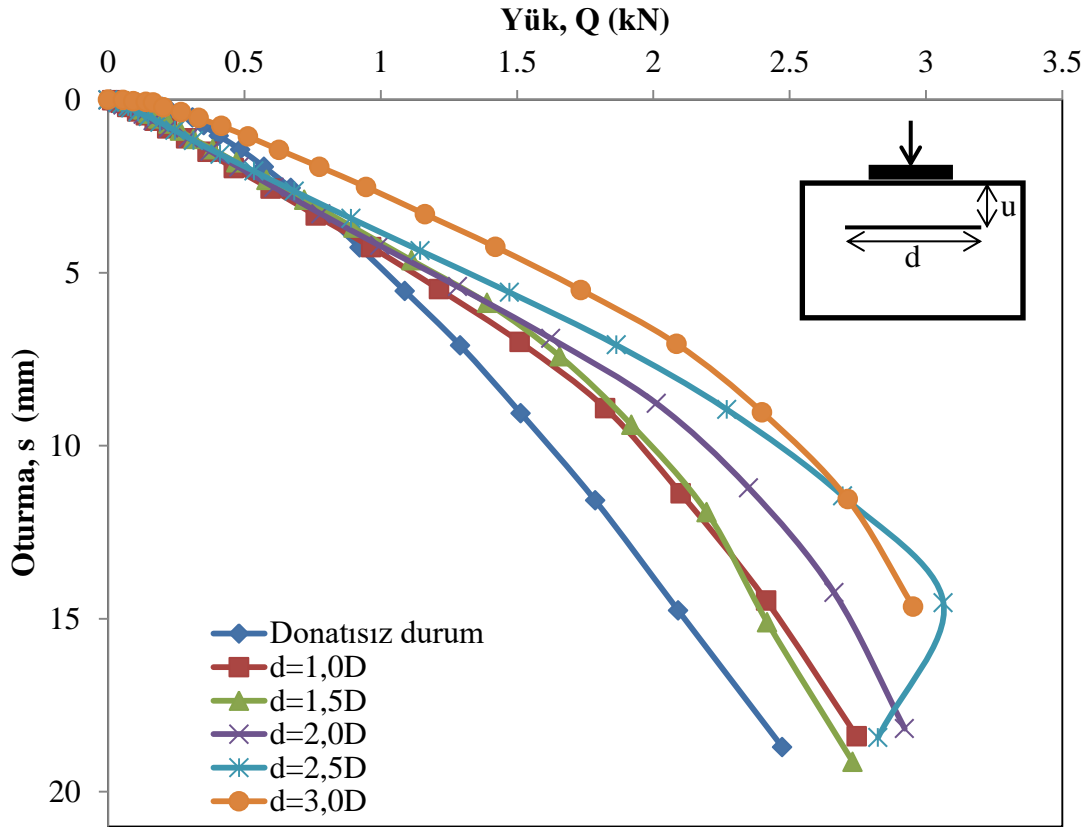
Bu serideki deneylerin ikinci etabında ilk donatı derinliğinin $u=0,4D$ olduğu durumda kare donatının genişliği (d)= $1,0D$; $1,5D$; $2,0D$; $2,5D$ ve $3,0D$ olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Daire temel- $u=0,4D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.19'dan, donatı genişliği arttıkça daire temel taşıyabildiği yük değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Optimum donatı genişliği, kare mikrogridin $u=0,4D$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5D$ olarak belirlenmiştir.

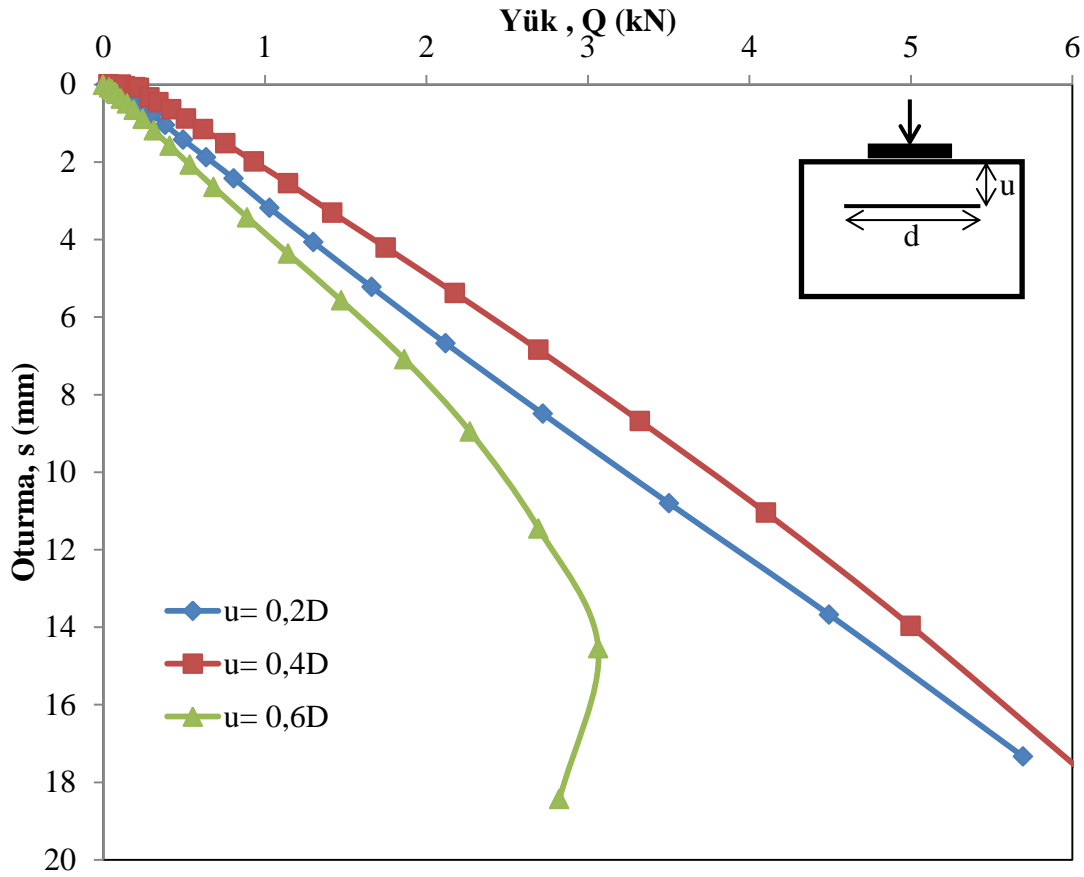
Bu serideki deneylerin üçüncü etabında ilk donatı derinliğinin $u=0,6D$ olduğu durumda kare donatının genişliği (d)=1,0D; 1,5D; 2,0D; 2,5D ve 3,0D olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Daire temel- $u=0,6D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.19'dan, donatı genişliği arttıkça 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. En yüksek yük değeri $d=3,0D$ olduğu durumda elde edilmiştir. Daha büyük donatı genişlikleri için deneyler yapılmamıştır. Dolayısıyla mevcut değerlerden optimum donatı genişliği (d_{opt}) belirlenememiştir.

Kare kesitli mikrogrid donatının genişliği $2,5D$ olarak sabit tutulmuş ve ilk donatı derinliği $0,2D$, $0,4D$ ve $0,6D$ olacak şekilde yapılan deneylerden elde edilen eğriler Şekil 5.20'de verilmiştir.



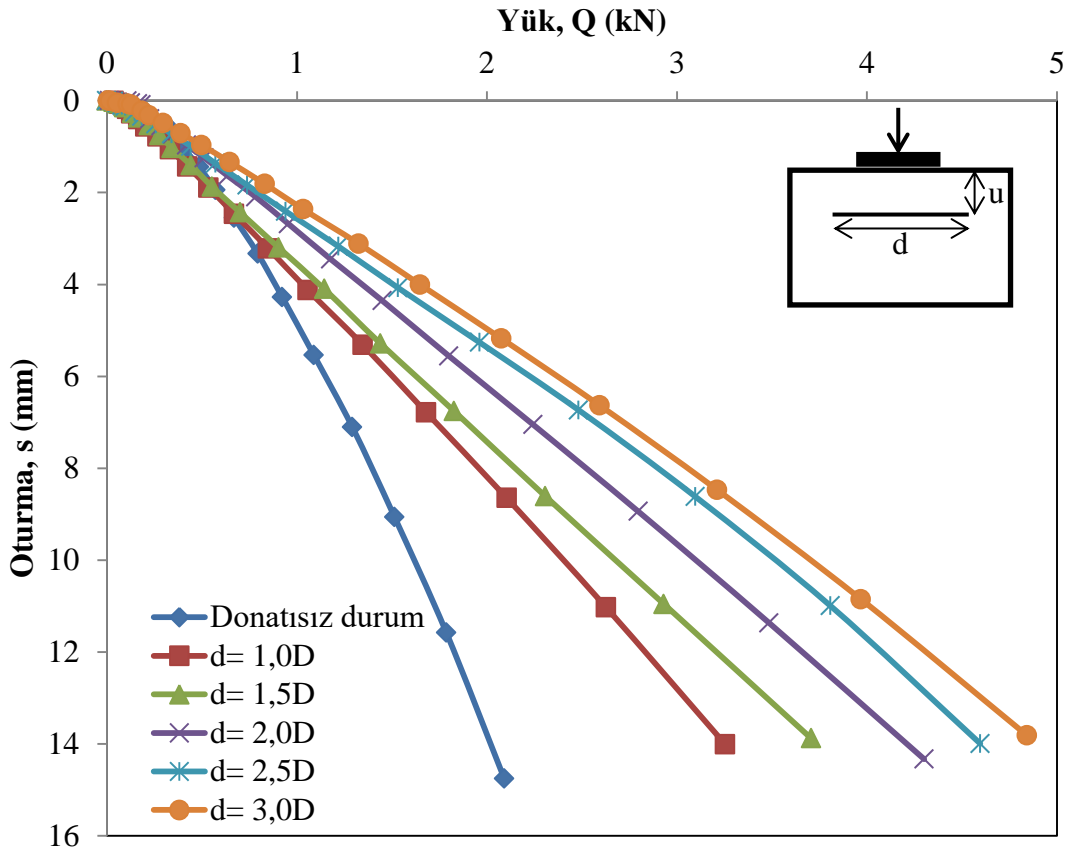
Şekil 5.20. Kare donatı-d=2,5D için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği

Kare kesitli donatıların genişliği arttıkça her üç derinlik için de 10 mm oturmaya karşılık gelen yük değerlerinin attığı görülmüştür. 10 mm oturma ya karşılık en yüksek yük değeri ilk donatı derinliğinin $u=0,4D$ olduğu durumda elde edilmiştir.

5.2.2.Seri 8-Daire kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi

Bu seri deneylerde gevşek kum zemine yerleştirilen daire kesitli mikrogrid donatılar, ilk donatı derinliği (u) ve donatı çapı (d) değiştirilerek yükleme deneylerine tabi tutulmuştur. Deneylerde daire kesitli model temeller kullanılmıştır. Yük-oturma değerleri grafiksel olarak analiz edilmiştir.

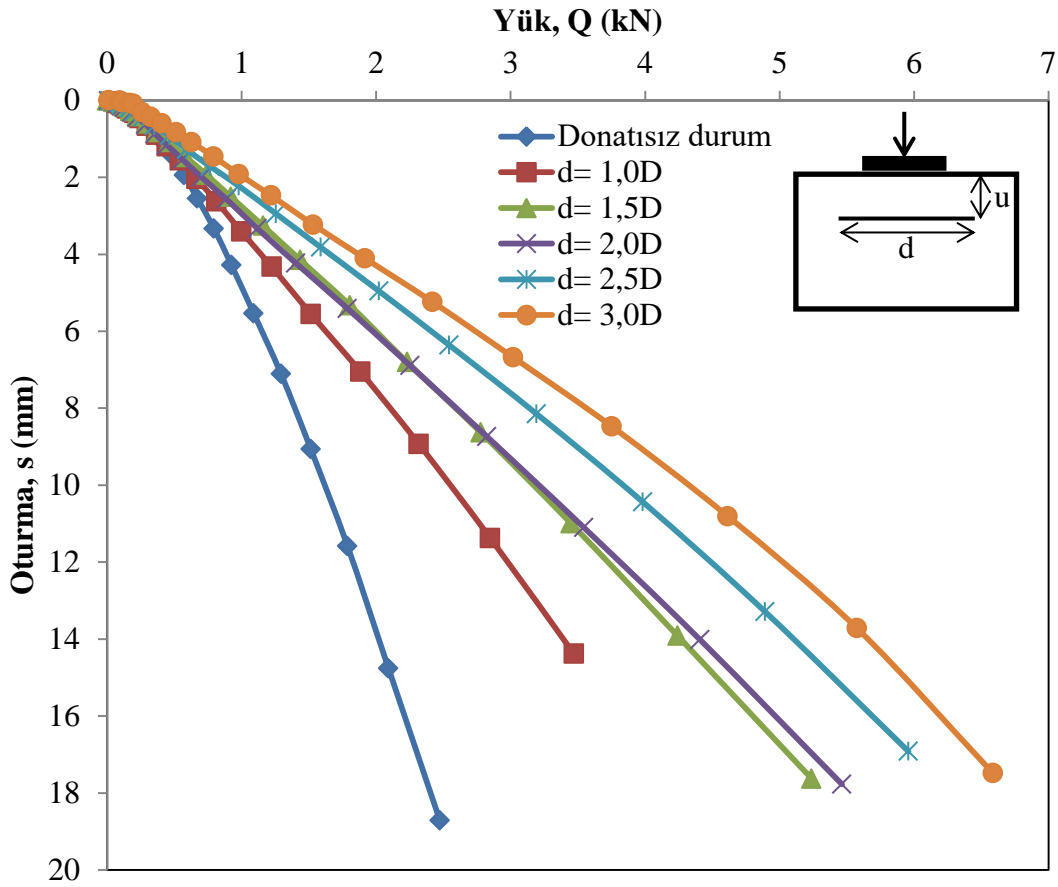
Bu serideki deneylerin ilk bölümünde ilk donatı derinliği $0,2D$ olan daire kesitli donatının çapı (d)=1,0D; 1,5D; 2,0D; 2,5D ve 3,0D olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Daire temel- $u=0,2D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.21'den, donatı çapı arttıkça daire temelin yük taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir. Donatı çapının $d=2,5D$ ve $d=3,0D$ olduğu durumlarda, 10 mm oturmaya karşılık gelen yük değeri birbirine yakındır. Dolayısıyla optimum donatı çapı, daire mikrogridin $u=0,2D$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5D$ olarak belirlenmiştir.

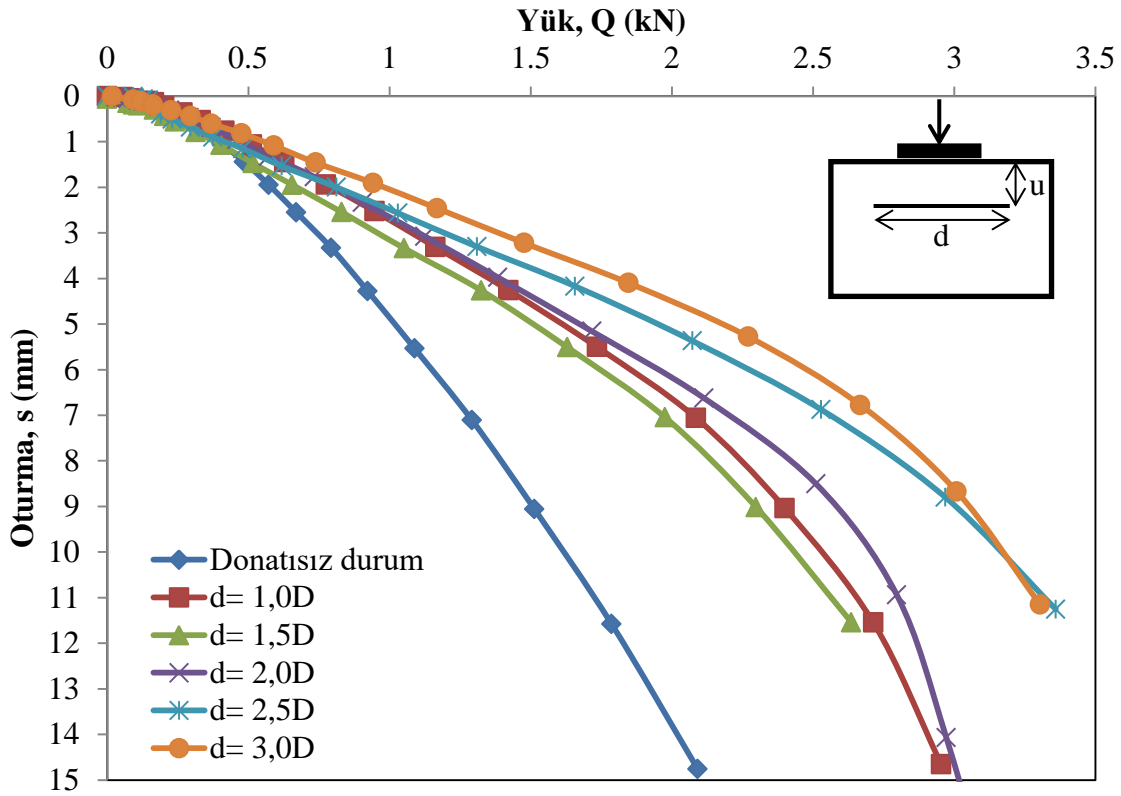
Bu seri deneylerin ikinci bölümünde ilk donatı derinliğinin $u=0,4D$ olduğu durumda daire donatısının çapı (d)=1,0D; 1,5D; 2,0D; 2,5D ve 3,0D olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.22).



Şekil 5.22. Daire temel- $u=0,4D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.22'den, donatı çapı arttıkça daire temelin yük taşıma kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla en yüksek yük taşıma değeri, daire mikrogridin $u=0,4D$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d=3,0D$ olarak belirlenmiştir. Fakat optimum değer belirlenememiştir. $d=3,0D$ 'den daha büyük donatı çapı kullanılması durumunda optimum donatı çapı hakkında bir çıkarım yapılabilecektir.

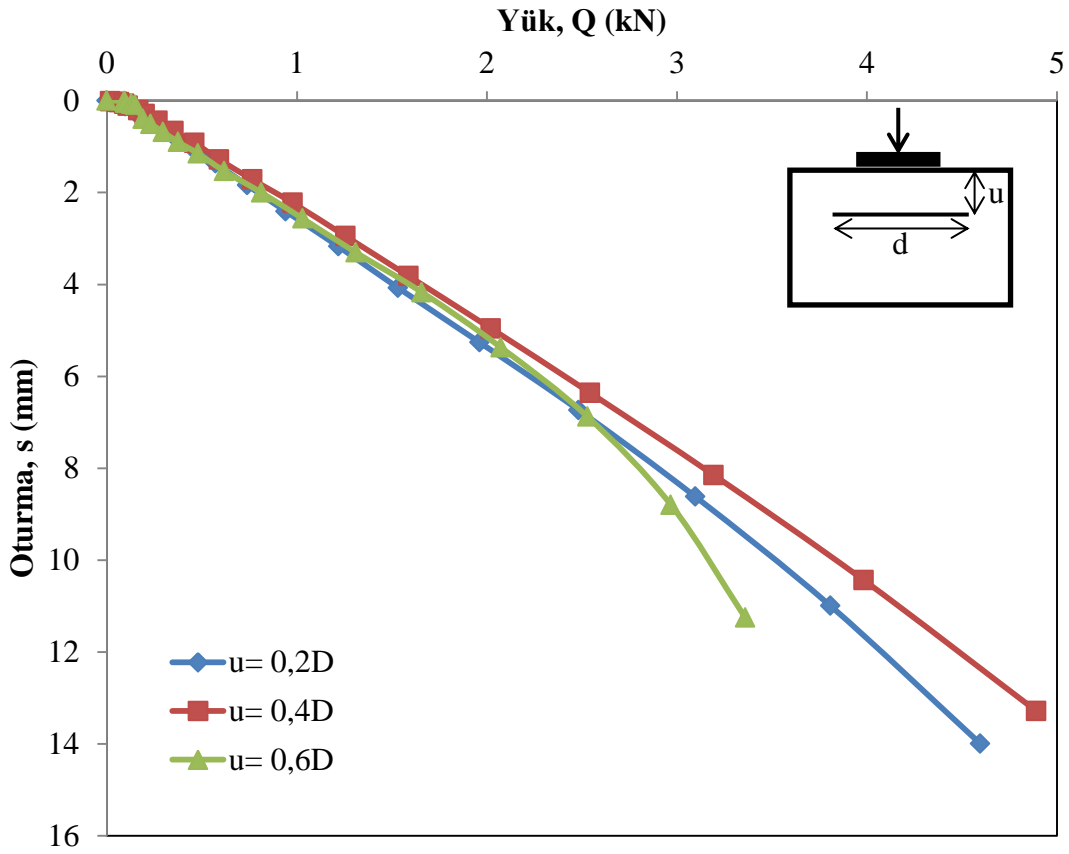
Bu seri deneylerin üçüncü bölümünde ilk donatı derinliğinin $u=0,6D$ olduğu durumda daire donatının çapı (d)= $1,0D$; $1,5D$; $2,0D$; $2,5D$ ve $3,0D$ olarak değiştirilerek beş farklı yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma eğrileri grafik üzerinde karşılaştırılarak optimum donatı çapı araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.23).



Şekil 5.23. Daire temel- $u=0,6D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

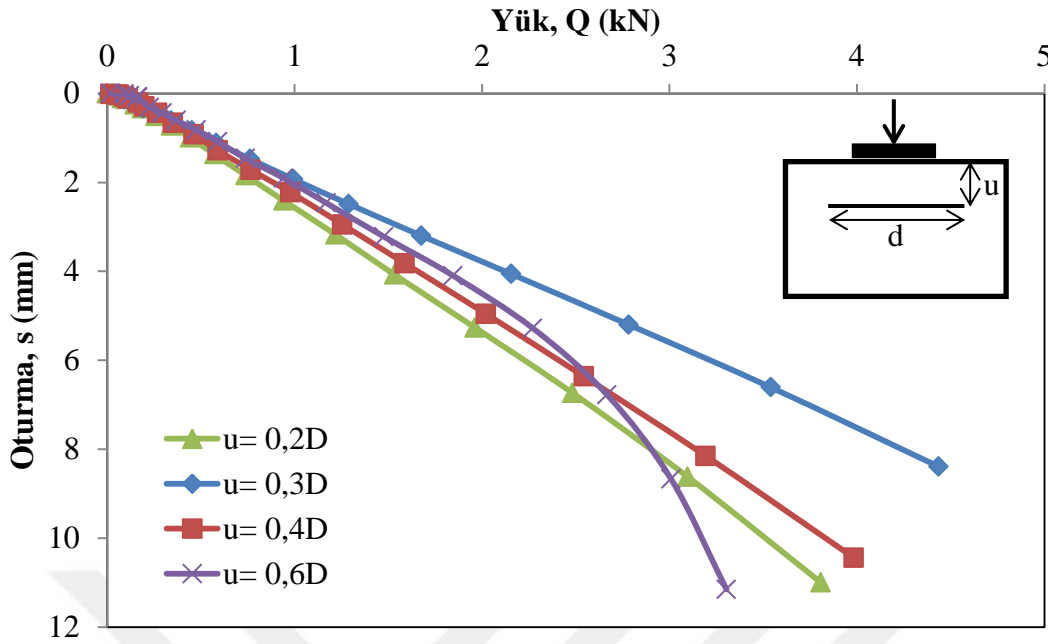
Şekil 5.23'den, $d=2,5D$ ve $d=3,0D$ değerleri için yaklaşık olarak aynı yük değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Dolayısıyla optimum donatı çapı, daire mikrogridin $u=0,6D$ derinliğe yerleştirilmesi durumunda $d_{opt}=2,5D$ olarak belirlenmiştir.

Daire kesitli mikrogrid donatının donatı çapı $2,5D$ olarak sabit tutulmuş ve ilk donatı derinliği $0,2D$, $0,4D$ ve $0,6D$ olacak şekilde yapılan deneylerden elde edilen eğriler Şekil 5.24'de yer almaktadır.



Şekil 5.24. Daire donatı- $d=2,5D$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği (1)

Donatı çapı $2,5D$ olarak sabit tutulduğunda ilk donatı derinliği $0,4D$ için 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük değeri daha fazla olmuştur. Fakat $u=0,2D$ ve $u=0,4D$ durumlarında taşıyabildikleri yük değerleri birbirine yakın olmuştur. Bu durum değerlendirilerek bir ara değer olarak ilk donatı derinliği $u=0,3D$ için de yükleme deneyi yapılmıştır (Bkz. Şekil 5.25).



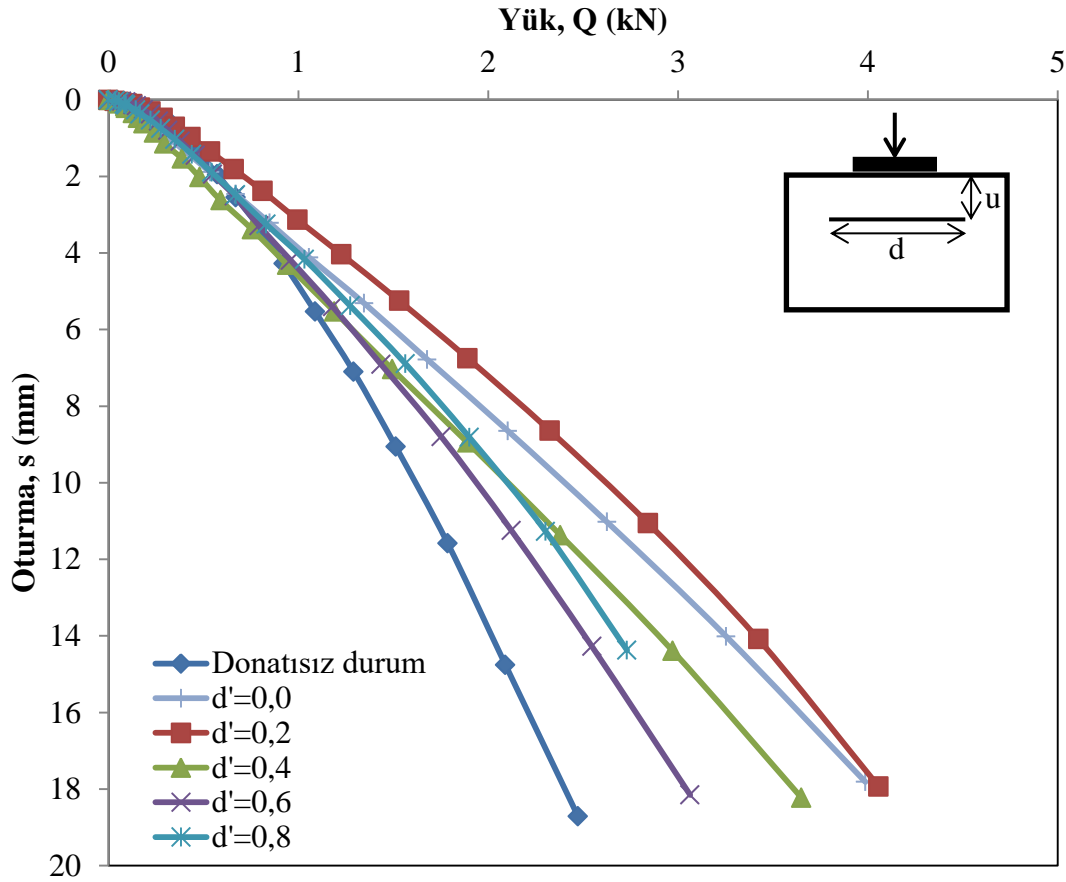
Şekil 5.25. Daire donatı- $d=2,5D$ için ilk donatı derinliğine bağlı yük-oturma grafiği (2)

Şekil 5.25'den, daire temel için daire kesitli donatı kullanılması durumunda ilk donatı derinliği optimum değerinin $u_{opt}=0,3D$ olduğu tespit edilmiştir.

5.2.3. Seri 9-Ring kesitli donatıların ilk donatı derinliği ve donatı çapı analizi

Bu seri deneylerde gevşek kum zemine yerleştirilen ring kesitli mikrogrid donatıların ilk donatı derinliği (u) ve donatı kesit oranı (d') değiştirilerek yükleme deneyleri yapılmıştır. İlk donatı derinliği (u) 0,2D; 0,4D ve 0,6D olan üç farklı yükleme durumu için beş farklı donatı şekline göre yükleme deneyleri yapılmıştır. Deneylerde daire kesitli model temel plakası kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen yük-oturma değerleri grafik üzerinde olarak analiz edilmiştir.

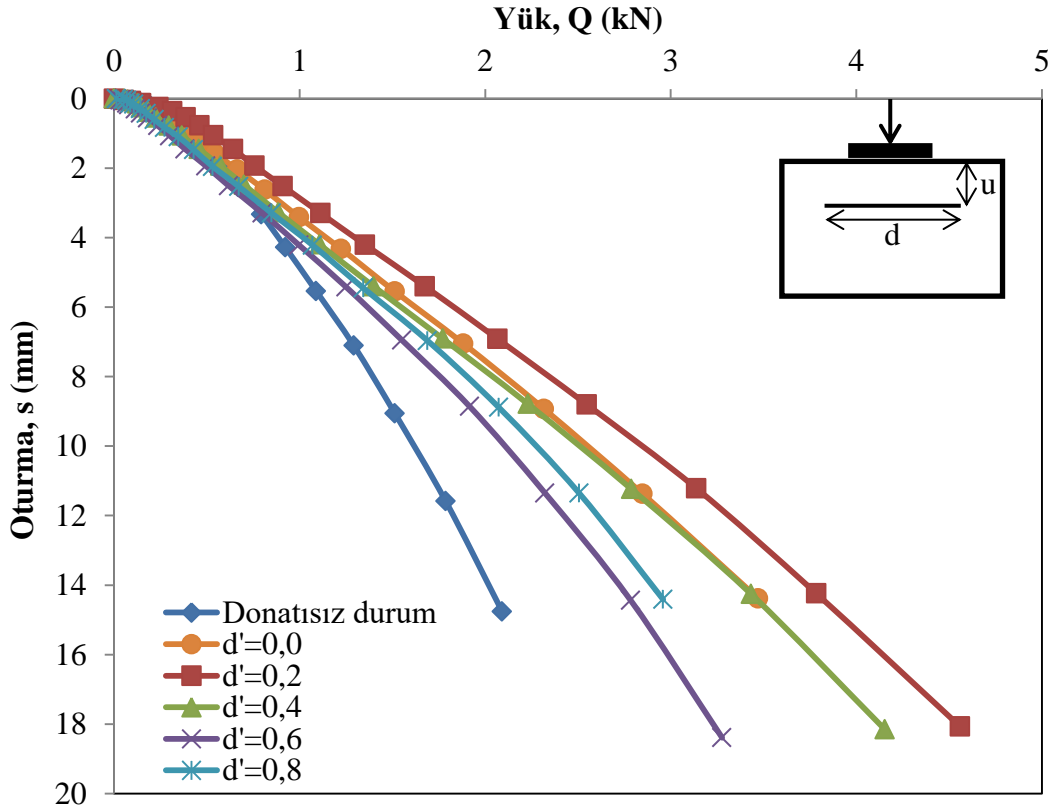
Bu seri deneylerin ilk adımında ilk donatı derinliği 0,2D olarak sabit tutularak, donatı iç çapının (d_i) donatı dış çapına (d) oranının ($d'=d_i/d$)=0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olduğu ring kesitli donatıların zeminin taşıma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Deney sonuçları yük-oturma eğrileri şeklinde sunulmuştur (Bkz. Şekil 5.26).



Şekil 5.26. Daire temel- $u=0,2D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.26'dan, ring donatıların zemin iyileştirmede etkili olduğu görülmüştür. Donatılar çap oranlarına göre karşılaştırıldığında birbirine yakın yük değerleri elde edilmiştir. En yüksek yük değeri $d'=0,2$ kullanıldığı durumda elde edilmiştir. Fakat değerler birbirine yakın olduğundan dolayı optimum donatı kesit oranının $d'_{opt}=0,2$ olduğu net bir şekilde söylenememektedir.

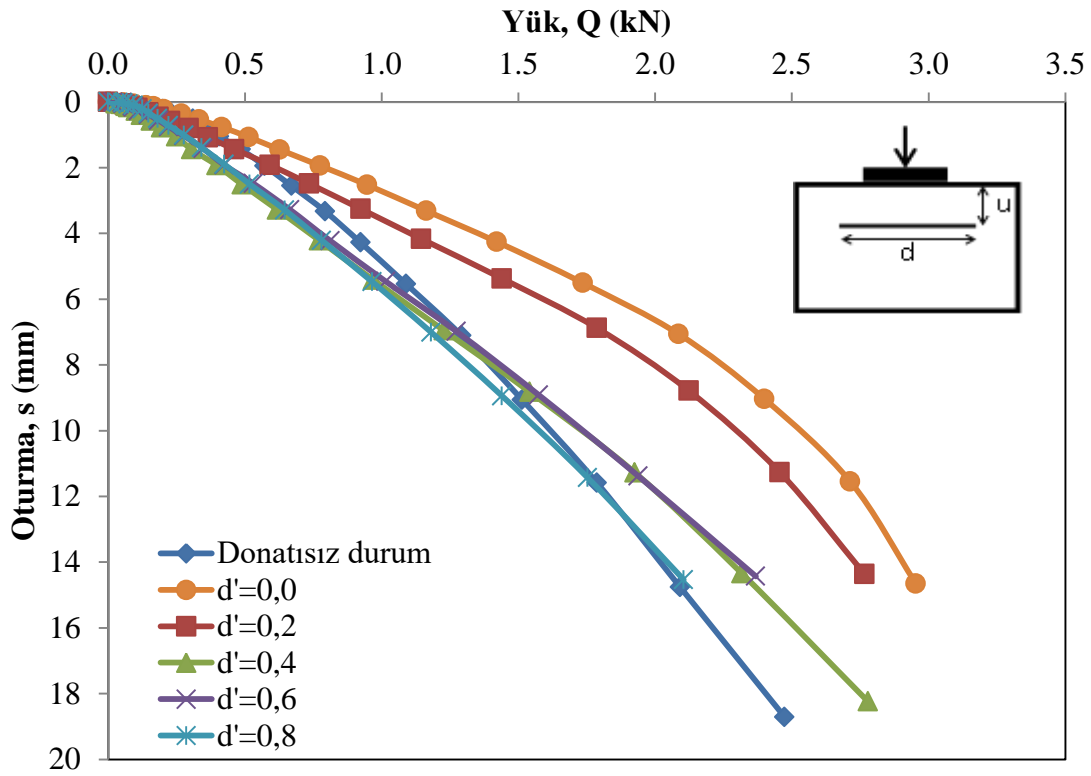
Bu seri deneylerin ikinci adımında ilk donatı derinliği $0,4D$ olarak sabit tutulmuş, donatı iç çapının (d_i) donatı dış çapına (d) oranının ($d'=d_i/d$)= 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olduğu donatılar kullanılarak ring donatıların zeminin taşıma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Deney sonuçları yük-oturma eğrileri şeklinde aşağıda yer almaktadır (Bkz. Şekil 5.27).



Şekil 5.27. Daire temel- $u=0,4D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

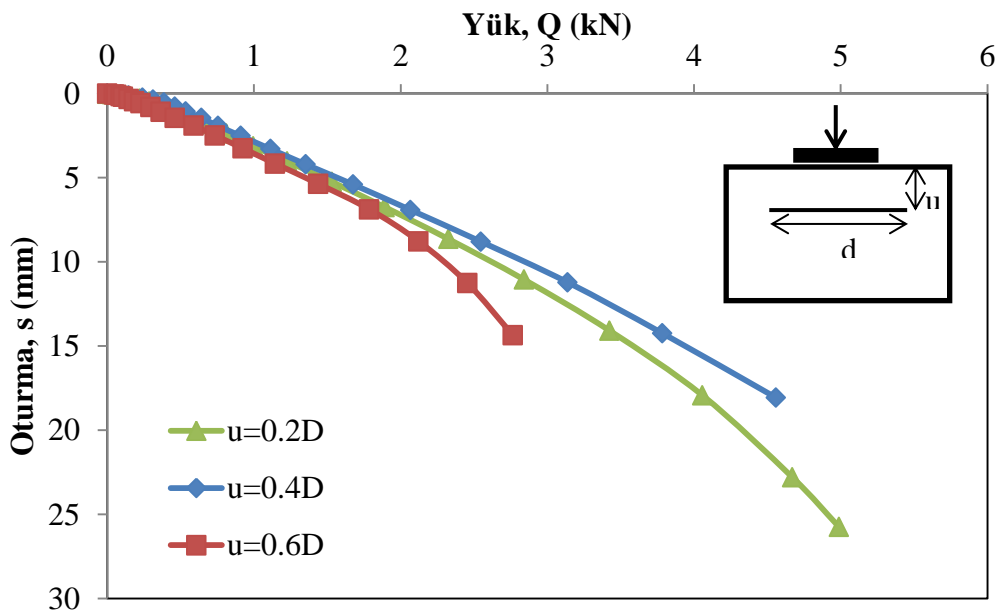
Şekil 5.27'den ring donatıların zeminde iyileşme sağladığı belirlenmiştir. 10 mm oturma değerine karşılık en yüksek yük değeri $d'=0,2$ çap oranı kullanıldığı durumda elde edilmiştir. Fakat değerler birbirine yakın olduğundan dolayı optimum donatı kesit oranının ($d'_{opt}=0,2$) olduğu net bir şekilde ifade edilememiştir.

Bu seri deneylerin üçüncü adımında ilk donatı derinliği $0,6D$ olarak sabit tutulmuş ve donatı iç çapının (d_i) donatı dış çapına (d) oranının ($d'=d_i/d$); 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olduğu donatılar kullanılarak ring donatıların kesit oranının zeminin taşıma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Deney sonuçları yük-oturma eğrileri şeklinde grafiksel olarak karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.28).



Şekil 5.28. Daire temel- $u=0,6D$ ilk donatı derinliği için yük-oturma grafiği

Şekil 5.28'den, donatı kesit oranının $d' = 0,4$; $d' = 0,6$ ve $d' = 0,8$ olduğu durumda donatıların zemin iyileştirmede katkısının olmadığı belirlenmiştir. En yüksek yük değeri, $d' = 0,0$ (daire kesitli donatı) durumunda elde edilmiştir.

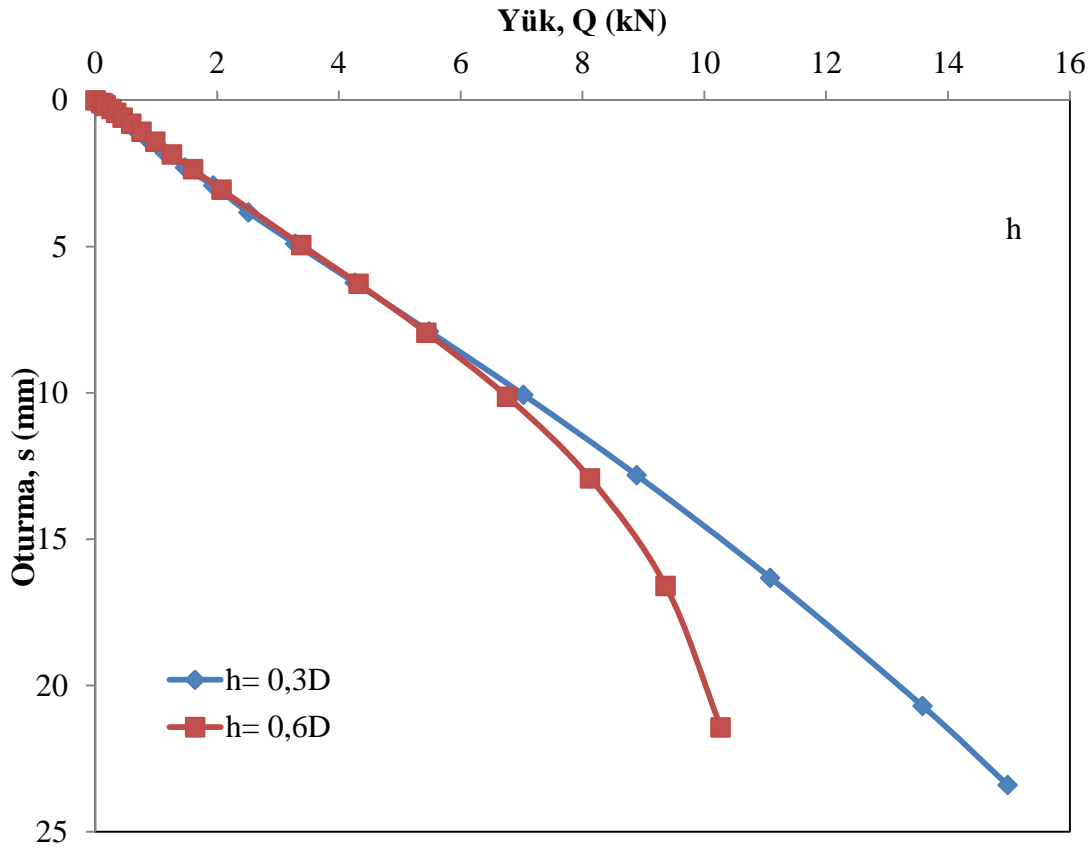


Şekil 5.29. Daire temel- $d'=0,0$ donatı kesit durumu için yük-oturma grafiği

$d'=0,0$ donatı çap oranı durumunda 10 mm oturma değerine karşılık en yüksek yük değeri $u=0,4D$ durumunda elde edilmiştir (Bkz. Şekil 29).

5.2.4.Seri 10-Donatılar arası mesafe analizi

Seri 8’de yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre optimum ilk donatı derinliği $u_{opt}=0,3D$ olarak belirlenmiştir. Birden çok donatı kullanılması durumunda donatılar arası mesafelerin (h) belirlenmesi adına donatılar arası mesafe (h) 0,3D ve 0,6D olacak şekilde iki farklı değer için deneyler yapılmıştır. Yük - oturma eğrileri aşağıda verilmiştir (Bkz. Şekil 5.30).

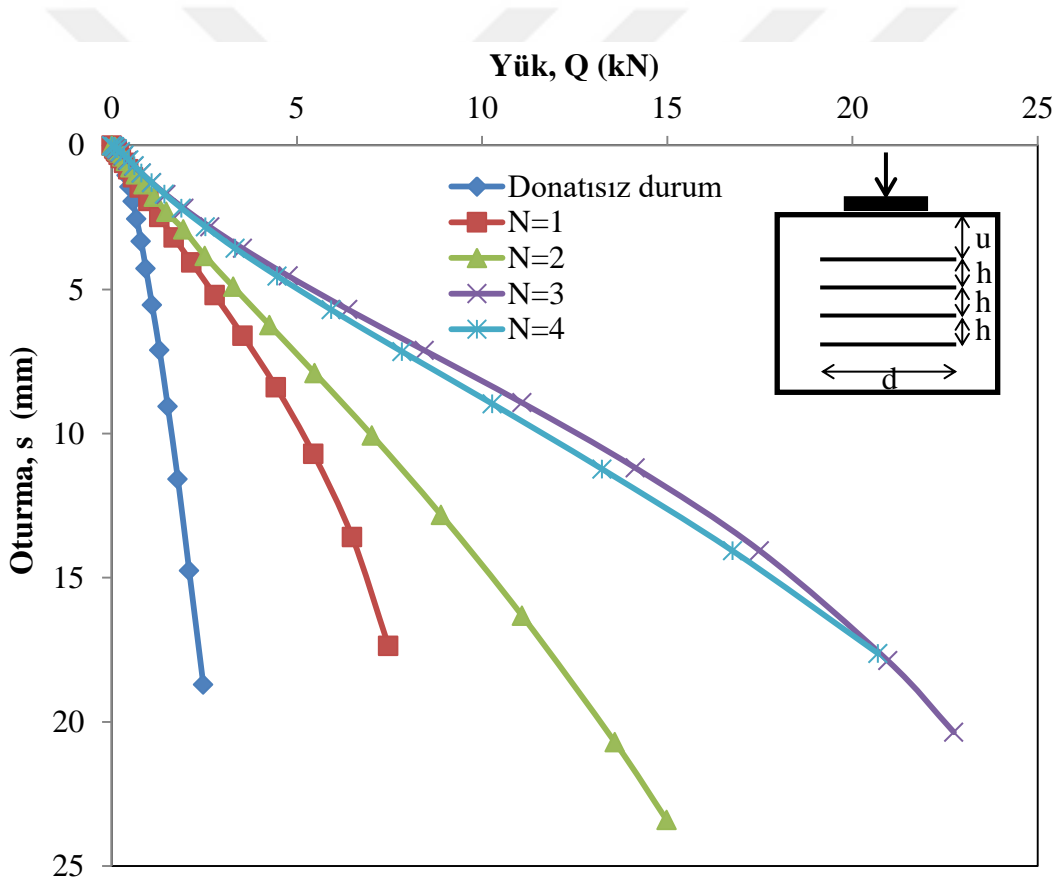


Şekil 5.30. Daire temel için donatılar arası mesafe yük-oturma grafiği

Deney sonuçları değerlendirildiğinde $h=0,6D$ durumunda yük değeri arttıkça oturmalar hızla artmaktadır. Dolayısıyla, donatılar arası optimum mesafenin $h_{opt}=0,3D$ olabileceği görülmüştür.

5.2.5.Seri 11-Donatı sayısı analizi

Mikrogrid ile güçlendirilen zeminde donatı sayısı arttıkça zeminin 10 mm oturma değerine karşılık gelen yük değerleri de artmaktadır. Fakat donatı sayısının belirli bir değerden sonra zemin iyileştirmeye katkısının azaldığı hatta olmadığı düşünülmektedir. Dolayısıyla optimum donatı sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Söz konusu donatı sayısının optimum değerini bulmak için daire temel ve daire kesitli mikrogrid kullanılarak bir seri deney yapılmıştır. Donatı parametreleri sırasıyla; ilk donatı derinliği $0,3D$, donatı çapı $2,5D$ ve donatılar arası mesafe $0,3D$ olacak şekilde donatı sayısı artırılarak optimum donatı sayısının (N_{opt}) değeri araştırılmıştır. Deney sonuçları Şekil 5.31’de sunulmuştur.

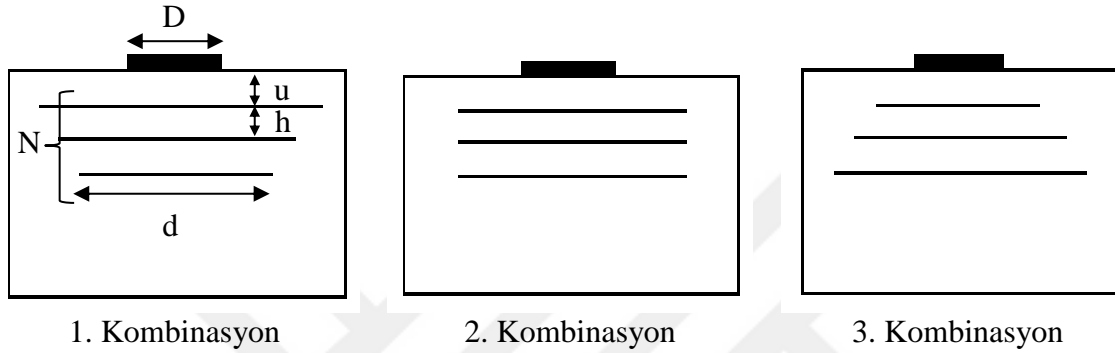


Şekil 5.31. Daire temel-donatı sayısına göre yük-oturma eğrileri

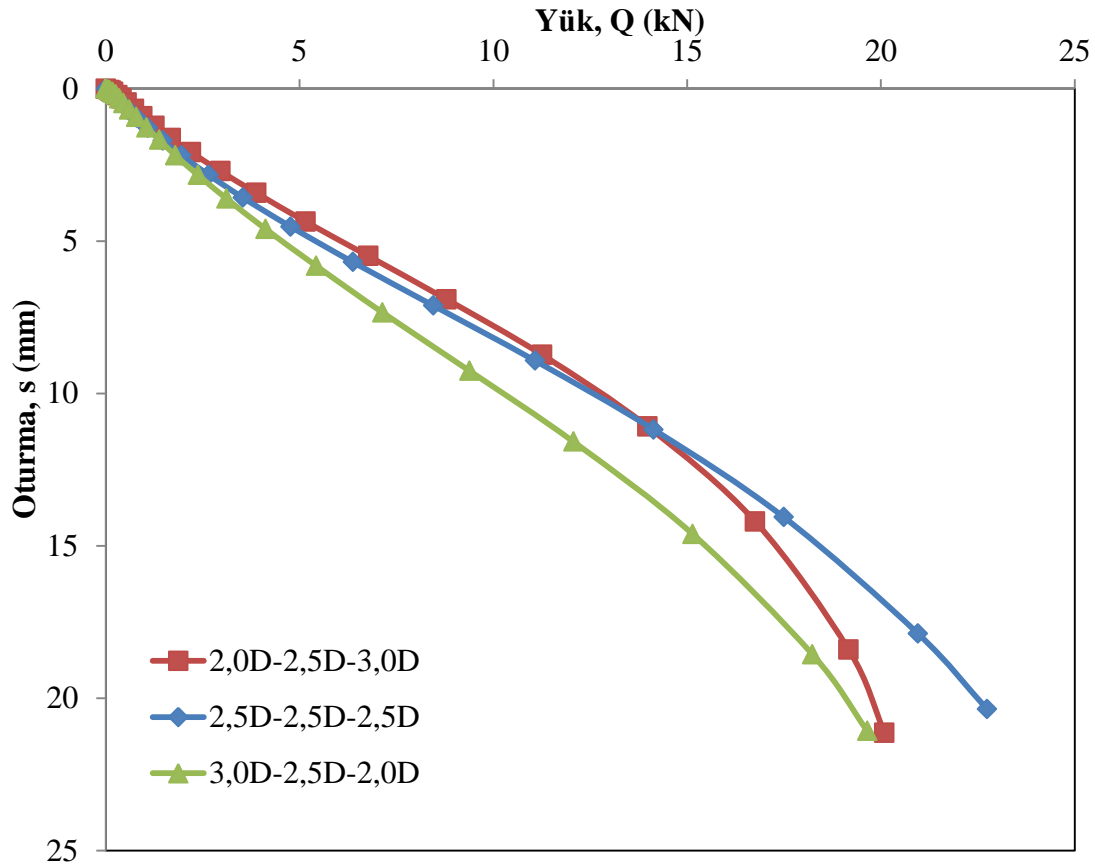
Donatı sayısı arttıkça zeminin taşıyabildiği yük miktarının arttığı görülmektedir. Fakat 4 donatılı durumun 3 donatılı duruma göre zemin iyileştirmeye katkısı aynı oranda olmuştur. Dolayısıyla optimum donatı sayısının $N_{opt}=3$ olduğu tespit edilmiştir.

5.2.6. Seri 12-Donatı kombinasyonu analizi

Üç sıra daire kesitli donatı kullanılarak her derinlik için donatı çapının değiştirilmesi sonucunda zeminde taşıyabildiği yük değerinin değişimi ele alınmıştır (Şekil 5.33). Daire kesitli model temelin yer aldığı deneylerde ilk donatı derinliği $0,3D$, donatılar arası mesafe $0,3D$ olarak belirlenmiştir. Donatı çapları $2,0D$; $2,5D$ ve $3,0D$ olacak şekilde tasarlanmıştır (Bkz. Şekil 5.32).



Şekil 5.32. Farklı donatı yerleşim düzeni



Şekil 5.33. Farklı donatı yerleşim düzenleri için yük-oturma grafiği

Her üç durum için de yük taşıma değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Fakat aynı çaplarda donatı kullanılması (2. kombinasyon) durumunda zeminin daha fazla yük taşıyabildiği görülmüştür.



6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında mikrogrid donatı ile güçlendirilmiş tamamen gevşek durumdaki kum zeminde donatı parametrelerinin değiştirilmesinin ring ve daire kesitli model temeller için laboratuvar ortamında yapılan yükleme deneyleri ile araştırılmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen 10 mm oturma değerlerine karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırması ile optimum değerler belirlenmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen bulgulardan çıkarılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

6.1. Ring Temel için Elde Edilen Sonuçlar

- Seri 1 deneylerinden elde edilen bulgulara göre; kare donatının optimum ilk donatı derinliği $u_{opt}=0,4R$ ve optimum donatı genişliği $d_{opt}=2,5R$ olarak bulunmuştur.
- Seri 2 deneylerinden elde edilen bulgulara göre; daire donatının optimum ilk donatı derinliği $u_{opt}=0,2R$ ve optimum donatı çapı ise $d_{opt}=2,5R$ olarak bulunmuştur.
- Seri 3 deneylerinden elde edilen bulgulara göre; ring donatının optimum ilk donatı derinliği $u_{opt}=0,2R$, optimum donatı kesit oranı ise $d'_{opt}=0$ olarak bulunmuştur.
- Seri 4 deney verilerine göre daire kesitli donatı ve ilk donatı derinliğinin $0,2R$ olduğu durumda donatılar arası optimum mesafe $h_{opt}=0,2R$ olarak tespit edilmiştir.
- Seri 5 deney sonuçları daire kesitli donatı durumu için ilk donatı derinliği $0,2R$, donatılar arası mesafe $0,2R$ halinde optimum donatı sayısının $N_{opt}=3$ olduğunu göstermiştir.
- Seri 6 deneylerinde farklı donatı çaplarının üç farklı kombinasyonda sıralandığı durumda en yüksek yük değeri donatı çapının derinlik arttıkça azaldığı durumda (1. Kombinasyon) elde edilmiştir.

6.2. Daire Temel için Elde Edilen Sonuçlar

- Seri 7 deneylerinden elde edilen bulgulara göre; kare kesitli donatının optimum ilk donatı derinliği $u_{opt}=0,4D$ olarak belirlenmiştir.
- Seri 8 deneylerine ait veriler, daire kesitli donatının donatı çapının $d=2,5D$ olarak sabit tutulması durumunda optimum ilk donatı derinliğinin $u_{opt}=0,3D$ olduğunu göstermiştir.

- Seri 9 deneylerinden elde edilen bulgulara göre; ring donatının optimum ilk donatı derinliği $u_{opt}=0,4D$ elde edilmiştir. Donatı kesit oranı $d'=0,0$ ve $d'=0,2$ değerlerinde daha iyi sonuçlar alınmıştır.
- Seri 10 deney bulguları daire kesitli donatı ve ilk donatı derinliğinin $0,3D$ olduğu durumda donatılar arası optimum mesafe $h_{opt}=0,3D$ olduğunu göstermiştir.
- Seri 11 deneylerinden daire kesitli donatı durumunda ilk donatı derinliği $0,3D$, donatılar arası mesafenin $0,3D$ hali için, optimum donatı sayısının $N_{opt}=3$ olduğu tespit edilmiştir.
- Seri 12'de farklı donatı çaplarının üç farklı şekilde yerleştirildiği deneylerde donatı çapının derinlik boyunca aynı kaldığı durum için en yüksek yük değerleri elde edilmiştir.

6.3. Gelecek Çalışmalar için Öneriler

Bu tez çalışmasında daire ve ring kesitli model temeller için mikrogrid donatılarının optimum donatı parametreleri araştırılmış, ancak bazı deney serilerinde optimum değerler elde edilememiştir. Araştırılan donatı parametrelerinin değer aralığı daha da arttırılarak tüm durumlar için optimum değerler elde edilebilir. Ayrıca mikrogrid donatılarının farklı geometrilere sahip yüzeysel temeller ile yapılacak yükleme deneyleri ile temel geometrisine bağlı zeminin taşıma gücü değerleri analiz edilebilir. Laboratuvar ortamında yapılan bu deneysel tez çalışmasının dışında ring temeller ile ilgili arazi deneyleri de yapılarak literatüre katkı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, S. (2003). Katı atık depo alanlarının geoteknik tasarımı. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 9(2) 223-230.
- Akyıldız, M. H. (2019). Geosentetik türlerinin inşaat mühendisliğindeki uygulamaları ve sağladığı kolaylıklar. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi* 10(2). 791-796.
- Anil, O., Akbas, S.O., Babagiray, S., Gel, A.C. and Durucan, C. (2017), Experimental and finite element analyses of footings of varying shapes on sand, *Geomech. Eng.*, 12(2), 223-238. <https://doi.org/10.12989/gae>. 2017.12.2.223.
- ASTM D2487-11 (2011). Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). *ASTM International*. <https://www.astm.org/>
- Binquet, J., Lee, K. L. (1975a), Bearing capacity tests on reinforced earth slabs, *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE, 101(12), 1242-1255, 1975a
- Boushehrian, J.H. and Hataf, N. (2003), Experimental and numerical investigation of the bearing capacity of model circular and ring footings on reinforced sand, *Geotext. Geomembranes*, 21(4), 241-256. [https://doi.org/10.1016/S0266-1144\(03\)00029-3](https://doi.org/10.1016/S0266-1144(03)00029-3).
- Çalık, Ö. (2018). Donatılı duvarların (zeminlerin) sayısal analizi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. İstanbul.
- Çomaklı, E., Bulut, Y. (2017). Use the geonet in erosion control works and slope stabilizations a sample study. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology* 7(3). 209-220.
- Davarcı, B., Örnek, M. Türedi, Y. (2014). Geogrid donatılı gevşek kum zemine oturan çok kenarlı yüzeyel temellerin deneysel analizi. *Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı*. Hatay. 2014.
- Demiröz, A. (2008). Geogrid donatılı kum zemine oturan sürekli temellerde taşıma gücünü etkileyen tasarım faktörlerinin deneysel olarak araştırılması. *Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. Konya. 2008.
- Doğan, S. (2018). Katı atık düzenli depolama sahalarının yamaç şevlerinin duraylılığı ve sahaların geçirimsizliği. *Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. Sakarya.
- Dural, A. (2019). Temel altında kullanılan geogridin oturma miktarına etkisinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. Mersin.

- Erbil, S. (2009). Geosentetik ürünlerin Türkiye'deki uygulamaları, gelişme potansiyeli, sağlanan faydalar ve mevcut sorunlar ile ekonomikliği üzerine genel bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İzmir.
- Ergül, E. (2012). Mekanik olarak stabilize edilmiş zemin duvarlarının statik yükler altındaki davranışının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. İstanbul.
- Ertuğrul, Ö. L., Trandafir, A. C., Özkan, M. Y. (2012). Yanal zemin basınçlarının EPS köpük kullanımı vasıtasıyla azaltılması. *İMO Teknik Dergi*. 5885-5901. Yazı 375
- Gül, E., Sarıcı, T., Dursun, F. (2018). Hidrolik yapıların mansabındaki yerel oyulma derinliğine hücre dolgu sisteminin etkisinin incelenmesi. *Su Kaynakları*. 3 (2). 61-67.
- Holtz, R. D. (2001). Geosynthetics for soil reinforcement. The Ninth Spencer J. Buchanan Lecture, *Department of Civil & Environmental Engineering University of Washington Seattle*, Washington 98195-2700 USA
- Işık, A., Gürbüz, A., Anıl, Ö. (2020). Zemin-hücre dolgu elemanlarının sürtünme davranışlarının laboratuvarında yapılan çekme deneyleri ile belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*.35(1) 27-38.
- İnternet 1: Geosentetiklerin fonksiyonları – Tenax (<https://www.tenax.net/en/geosynthetics/technical-competence-center/functions-of-geosynthetics/>), Son erişim tarihi: 10.08.2021
- İnternet 2: Geotekstil Keçe - Timaş (<https://www.timas.net/geotekstil-kece/>), Son erişim tarihi: 09.07.2021
- İnternet 3: Geogrid - Geomat (<https://www.geomat.eu/en/geogrids>), Son erişim tarihi: 12.08.2021
- İnternet 4: PVC Geomembran - Geoser (<https://geomembran.net/pvc-geomembran.html>), Son erişim tarihi: 15.08.2021
- İnternet 5: Geonet – Tenax (<https://www.tenax.net/wp-content/uploads/2017/11/Three-ribs-geonet-Tenax-500x500.jpg>), Son erişim tarihi: 10.07.2021
- İnternet 6: Geokompozit – Geobera (<https://www.geobera.com/urunler/geokompozitler/>), Son erişim tarihi: 12.08.2021
- İnternet 7: Geosentetik kil kaplama – Geomas (<http://www.geomas.com.tr/tr/urunler/geosentetikler/geosentetik-kil-ortu/bentoshield/>), Son erişim tarihi: 02.08.2021
- İnternet 8: Geohücre – Geobera (<https://www.geobera.com/urunler/geohucre>), Son erişim tarihi: 10.08.2021

İnternet 9: Geoköpük – Atlas Molded Products

(<https://www.atlasmoldedproducts.com/building-solutions/geofoam>), Son erişim tarihi: 10.08.2021

Karagül, B. Ç. (2007). Yol dolgularının geogrid kullanılarak iyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. İstanbul.

Kocaer, M. (2011). Geosentetiklerin karayolu yapılarında kullanımı: Türkiye örnekleri. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. İstanbul.

Laman, M., Babacan, Ş. D. (2004). Donatılı kum zemin üzerine oturan ring (halka) temellerin analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 19(2), 282_287.

Livaoğlu, P. (2016). İller bankası uygulamalarında geosentetikler. Uzmanlık Tezi. *İller Bankası Anonim Şirketi*.

Moayed, R.Z., Rashidian, V. and Izadi, E. (2012), “Evaluation on bearing capacity of ring foundations on two-layered soil”, *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, 61, 954-958.

Özcan, A. (2019). Geosentetik bariyerlerin standart metotlara göre karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı*. Ankara.

Özhan, H. O. (2018). Katyonik Polimer Katkılı Geosentetik Kil Örtülerin Farklı Tuz Çözeltileri ile Etkileşimi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* 4(2). 171-181.

Pınarlık, M., Öztürk Kardoğan, P. S., Kılıç Demircan, R. (2017). Şev stabilitesine zemin özelliklerinin etkisinin limit denge yöntemi ile irdelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 5(3). 675-684.

Polat, A. (2020). Geosentetik donatılı istinat duvarı üzerine parametrik çalışma. Yüksek Lisans Tezi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. Balıkesir.

Rowshanzamir, M. A., and Karimian (2016). Bearing capacity of square footings on sand reinforced with dissimilar geogrid layers. *Scientia Iranica A*. 23(1), 36-44

Sağıroğlu, A. (2015). Geotekstillerin incelenmesi ve uygulandığı yerler. Uzmanlık Tezi. *İller Bankası Anonim Şirketi*.

Sargazi, O. and Hosseininia, E.S. (2017). Bearing capacity of ring footings on cohesionless soil under eccentric load. *Comput. Geotech.*, 92, 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2017.08.003>.

- Şengül, E. (2010). Yüksek su muhtevalı killi yol taban zemininin kireç stabilizasyonu ve hücresel dolgu sistemiyle iyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. Trabzon.
- Töremiş, E. İ. (2003). Geotekstiller ve plaxis sonlu elemanlar programı. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. İstanbul. 2003.
- Tuomela, A., Ronkanen, A. K., Rossi, P. M., Rauhala, A., Haapasalo, H., Kujala, K. (2021). Using geomembrane liners to reduce seepage through the base of tailings ponds. A Review and a Framework for Design Guidelines. *Geosciences* 2021. 11-93. <https://doi.org/10.3390/geosciences11020093>
- Yıldız, A. (2002). Donatılı zeminler üzerine oturan yüzeysel temellerin analizi. Doktora Tezi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*. Adana.



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

