

Ring ve Daire Temellerde Taşıma Gücünün İncelenmesi: Mikrogrid Donatı ile Deneysel Uygulama

Ömer YEŞİLTEPE^{1*}, Mehmet Şerif KAHRAMAN², Yakup TÜREDİ³, Murat ÖRNEK⁴

¹Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 79000, Kilis

^{2,3,4}İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 31000, İskenderun/Hatay

¹<https://orcid.org/0000-0002-9337-9157>

²<https://orcid.org/0000-0003-3382-6266>

³<https://orcid.org/0000-0001-9197-5214>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0809-2531>

*Sorumlu yazar: omeryesiltepe@kilis.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 26.01.2023

Kabul tarihi: 05.09.2023

Online Yayınlanma: 22.01.2024

Anahtar Kelimeler:

Taşıma gücü

Mikrogrid donatı

Ring temel

Daire temel

Laboratuvar deneyi

ÖZ

Taşıma gücü bakımından zayıf zeminler üzerine inşa edilen yapılarda temel tasarımı oldukça önemli bir problemdir. Bu tür problemlerin çözümünde yüzeysel temel sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda zemin iyileştirme yöntemleri tercih edilebilir. Taşıma gücü zayıf zeminlere geosentetik donatılar yerleştirilerek zeminin iyileştirilebilmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışma kapsamında; daire ve ring kesitli olarak hazırlanmış olan mikrogrid donatı kullanılarak güçlendirilen gevşek haldeki kum zemine yerleştiren ring kesit ve daire kesite sahip temellerin eksenel kuvvete maruz bırakıldıklarındaki davranışlarını tespit etmek amacıyla 32 adet laboratuvar deneyi gerçekleştirilmiştir. İlk donatı derinliği ve donatı iç çapı/dış çapı oranı değerlerinin değiştirilmesi suretiyle taşıma gücü yönünden optimum donatı parametreleri araştırılmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda mikrogrid donatıların her iki temel türünün de taşıma gücü kapasitelerini arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca yapılan deneylerde daire kesitli mikrogridlerin ring kesitli mikrogridlerden daha iyi performans gösterdiği ve ring kesit iç çapı/dış çapı oranının değişiminin taşıma gücünde kayda değer bir artış sağlamadığı tespit edilmiştir.

Bearing Capacity Investigation of the Ring and Circular Footings: Experimental Investigation with Mikrogrid Reinforcement

Research Article

Article History:

Received: 26.01.2023

Accepted: 05.09.2023

Published online: 22.01.2024

Keywords:

Bearing capacity

Mikrogrid

Ring footing

Circular footing

Laboratory test

ABSTRACT

Foundation design is a very important problem for structures built on weak soils in terms of bearing capacity. Soil improvement methods can be preferred in cases where shallow foundation systems are insufficient to solve these problems. It is possible to improve the soil by placing geosynthetic reinforcements in soils which weak in terms of bearing capacity. In this study, 32 laboratory experiments have been conducted to determine the behavior of the ring and circular section foundations placed on the weak sand soil, which is strengthened by using mikrogrid reinforcement prepared in circular and ring sections, when exposed to axial force. The optimum reinforcement parameters in terms of bearing capacity were investigated by changing the reinforcement initial depth and the reinforcement inner diameter/outer diameter ratio values. As a result of the tests, it was determined that mikrogrid reinforcements increased the bearing capacity of both foundation types. In addition, it was determined that circular mikrogrids performed better than ring mikrogrids and the variation of the ring inner diameter/outer diameter ratio did not provide a significant increase in bearing capacity.

To Cite: Yeşiltepe Ö., Kahraman MŞ., Türedi Y., Örnek M. Ring ve Daire Temellerde Taşıma Gücünün İncelenmesi: Mikrogrid Donatı ile Deneysel Uygulama. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2024; 7(1): 200-214.

1. Giriş

Üst yapıdan gelen yüklerin zemine aktarılması amacıyla inşa edilen yapı elemanları; ‘temel’ olarak adlandırılmaktadır. Temellerden zemine aktarılan yükün müsaade edilebilir sınırlar içerisinde oturma gerçekleştirerek üzerinde bulunduğu zemin tarafından taşınması beklenir. Doğal halde bulunan zeminlerin homojen dağılmadığı ve bütün zemin türlerinin kendilerine özgü taşıma gücü ve oturma özellikleri oldukları bilinmektedir. Eğer taşıma gücü bakımından zayıf bir zemine yapı inşa edilecekse ya bu zeminin farklı tekniklerle güçlendirilmesi ya da mevcut zeminin kaldırılıp daha nitelikli bir zemin yerleştirilmesi gerekmektedir. Bunların da yetersiz kalacağı durumlarda ise yükün daha aşağıdaki sağlam zemin tabakalarına aktarılabilmesi için derin temel uygulamalarına başvurulabilir.

Taşıma gücü bakımından zayıf zemin ortamına istenilen özelliklerde donatılar yerleştirilerek zeminin taşıma gücü ve oturma problemlerine çözümler üretilebilmektedir. Bu uygulamalarda kullanılan donatı türlerinden birisi de geosentetiklerdir. Geosentetiklerin çekme dayanımı yüksek olduğundan zayıf zemin ortamına yerleştirildiklerinde oldukça önemli taşıma gücü artışları sağlanabilmektedir.

Literatürde konu ile ilgili rastlanan ilk bilimsel çalışmada, donatıyla güçlendirilmiş kum zemine yerleştirilen şerit temeller için taşıma gücü değeri laboratuvar deneyleri yapılarak araştırılmıştır (Binquet ve Lee, 1975). Yapılan deneylerde kum zemin ortamına alüminyum malzemeden üretilmiş donatı yerleştirilerek üç seri olacak şekilde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deney sonuçlarını karşılaştırmak için boyutsuz kat sayı şeklinde tanımlanan Taşıma Kapasitesi Oranı (BCR) kullanılmıştır. Kullanılan kat sayının değeri, donatı kullanılarak güçlendirilmiş zemine ait taşıma gücü değerinin donatısız zemin üzerinde yapılan deneylerden elde edilen taşıma gücü değerine bölünmesiyle tespit edilmektedir.

Dairesel ve ring kesitli temel türlerinin kullanıldığı çalışmada çapları birbirinden farklı temeller ile donatılı ve donatısız zemin ortamlarında laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Daha sonra yapılan deneyler Plaxis sonlu elemanlar programı ile modellenerek analizler yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar ile analizlerden elde edilen sonuçlar birbiriyle kıyaslanmıştır. Deneylerin sonucunda donatılı zeminin taşıma gücü değerinde meydana gelen artış değeri, $BCR = 3,02$ olarak belirlenirken sayısal analizlerden $BCR = 3,20$ olarak hesaplanmıştır (Laman ve Babacan, 2004).

Demiröz (2008) geogrid donatı ile güçlendirilmiş kum zemine yerleştirilmiş olan sürekli temellerde taşıma gücüne etki eden tasarım parametrelerinin deneysel olarak incelendiği çalışmasında, temelin genişliği ve derinliği arttıkça taşıma gücü değerinin arttığını tespit etmiştir. Ayrıca taşıma gücü üzerindeki en etkili parametrenin yaklaşık %39 oranda temel genişliği olarak tespit edilirken, %27 oranla temel derinliği bir diğer önemli parametre olarak belirlenmiştir.

Davarcı (2013) donatı kullanılarak güçlendirilmiş gevşek olarak yerleştirilen kum zemin ortamına konumlandırılan farklı kesitlerdeki yüzeysel temellere ait taşıma gücü değerlerinin tespit edilebilmesi için laboratuvar ortamında çeşitli deneyler yapmıştır. Yapılan laboratuvar deneylerinde temel kesitleri

olarak +, T, H ve kare kesitli temeller kullanılmıştır. Deneylede kullanılan geogridler 31mm x 31mm gözenek açıklığına sahip polipropilen malzemedan üretilmiştir. Deneş sonuçlarından geogrid donatı takviyesi yapılan gevşek durumdaki kum zemine ait taşıma gücü değeriinin arttığı; ilk donatı derinliğinin (u) artırılmasıyla +, T, H ve kare kesitli temellere ait taşıma gücü değeriilerinin azaldığı belirtilmiştir.

Rowshanzamir ve Karimian (2016) geogrid donatısının zemine yerleştirilme durumu, sayısı ve boyutlarının temel taşıma gücü üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla yapmış oldukları laboratuvar deneşlerinde, belirli genişliklere sahip donatı konfigürasyonları kullanılarak güçlendirilmiş kum zemin ortamına yerleştirilmiş olan temel türlerinin taşıma gücü kapasitesi değeriilerini tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek taşıma gücü kapasitesi değeri donatı derinliğinin artmasıyla oluşan durumda olduğu belirlenmiştir.

Sargazi ve Hosseininia (2017) granüler zemin ortamına oturtulmuş eksantrik yüke maruz bırakılan ve pürüzlü olarak imal edilmiş olan ring temellere ait taşıma gücü kapasitesi değeriinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, sonlu farklar yönteminden yararlanılarak üç boyutlu sayısal modellemeler ve deneşsel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalara göre, sayısal modelleme sonuçlarından elde edilen değeriiler ve deneşsel çalışmalardan elde edilen değeriiler arasında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Anil ve ark. (2017) düzensiz şekilli altı adet temelin kum zemindeki taşıma gücü kapasiteleri ve yük-oturma ilişkilerini sayısal ve deneşsel olarak araştırdıkları çalışmada, deneşler Plaxis 3D programı ile modellenmiştir. Deneş sonuçları ile sayısal analiz sonuçları arasında uyum olduğu belirtilmiştir. Temellere ait geometrik özelliklerin, taşıma gücü kapasiteleri ve oturma değeriilerini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

Başar (2017) mikrogridle donatılandırılmış ince daneli zemin numunelerinin mukavemet özelliklerindeki iyileşmenin gözlemlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, geogrid donatılarının boyutları 2 mm ve 4 mm gözenek açıklığına sahip olacak şekilde iki farklı donatı olarak seçilmiş ve üç eksenli basınç deneş (UU) ile farklı donatı konfigürasyonlarının kullanıldığı zeminin donatısız zemine göre iyileşme oranı araştırılmıştır. Uygulanan tüm donatı konfigürasyonlarında, donatısız zemine göre mukavemet özelliklerinde artışa sebep olduğu görülmüştür.

Kahraman (2021) geogridlerle güçlendirilmiş olan gevşek kum zeminlere yerleştirilmiş farklı geometrilerdeki tekil temellerin yük-deplasman davranışlarını laboratuvar deneşleri ile araştırdıkları çalışmasında; yerleştirilen ilk donatının zemin yüzeyine uzaklığı, donatılar arasındaki mesafe, kullanılan donatıların boyut ve geometrileri, donatı sayıları ve kombinasyonları değeriştirilerek kullanılan donatılara ait optimum parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Deneşlere göre ring kesite sahip temele ait optimum parametreler, ilk donatının zemin yüzeyine uzaklığı 0,4R (kare donatı) ve 0,2R (ring donatı); kullanılan donatıların arasındaki mesafe 0,2R (daire donatı), donatı çapı 2,5R (daire donatı); kullanılan donatının sayısı 3 adet (daire donatı) olarak tespit edilmiştir. Daire kesite sahip temellere ait deneşlerde, optimum parametreler, ilk donatının zemin yüzeyine uzaklığı 0,4D

(kare donatı), 0,3D (daire donatı) ve 0,4D (ring donatı), kullanılan donatıların arasındaki mesafe 0,3D (daire donatı), donatının çap değeri 2,5D (daire donatı), donatının sayısı 3 adet (daire donatı) olacak şekilde tespit etmişlerdir. Burada kullanılan R ring temel çapını, D ise daire temel çapını ifade etmektedir.

Kahraman ve ark. (2022) daire ve kare kesitli mikrogrid ile donatılandırılmış kum zemine yerleştirilen ring temellerin aksenal yük altındaki davranışını incelemek için yaptıkları 30 adet laboratuvar deneylerinde; donatı derinliği, donatı çapı, donatı genişliği ve donatı tipi değiştirilerek temelin taşıma gücü değeri için optimum donatı parametrelerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmalara göre mikrogrid donatı kullanımının ring temelin taşıma gücü kapasitesi değerini arttırdığını belirtmişlerdir.

Yeşiltepe ve ark. (2022) farklı geometrik kesitlerde olacak şekilde hazırlanmış olan mikrogrid donatılar yardımıyla güçlendirilmiş gevşek haldeki kum zemine konumlandırılmış daire kesite sahip temelin aksenal kuvvete maruz bırakıldığında davranışını belirlemek amacıyla laboratuvar deneyleri yaptıkları çalışmada, çeşitli donatılandırma kombinasyonları uygulanarak taşıma gücüne katkısı yönünden optimum mikrogrid donatı parametrelerini belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan 31 adet laboratuvar deneyi sonucunda mikrogrid donatıların daire temelin taşıma gücünü önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte optimum parametreler ile ilgili veriler sunulmuştur.

Literatürde zayıf zeminlerin güçlendirilmesi ile ilgili birçok çalışma yer almaktadır (Turedi ve ark. 2019, Örnek ve Yıldız 2019, Dal ve ark. 2019).

Bu çalışma kapsamında daha önce yapılmış olan ve literatürde verilmiş olan çalışmalardan farklı olarak farklı kesit geometrisine (daire ve ring) sahip mikrogrid donatı kullanılarak güçlendirilmiş olan gevşek durumdaki kum zemine yerleştiren farklı kesit ve yüzey alanlarda daire ve ring kesitlere sahip temellerin aksenal kuvvet altındaki davranışlarını tespit etmek amacıyla 32 adet laboratuvar deneyi gerçekleştirilmiştir. İlk donatı derinliği ve donatı iç çapı/dış çapı oranı değerleri değiştirilerek taşıma gücü bakımından optimum donatı parametreleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Laboratuvar ortamında deneylerde gevşek halde yerleştirilmiş kum zemin ortamı kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kum zeminin özelliklerini belirlemek amacıyla elek analizi deneyleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen dane çapı dağılım eğrisine göre kullanılan zeminin, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) göre kötü derecelendirilmiş temiz ve ince kum (SP) olduğu tespit edilmiştir. Kum zeminin parametreleri Tablo 1'de sunulmuştur. Deneylerde kum zemin deney kasasına kademeli olarak gevşek zemin koşullarını sağlayacak miktarlarda yerleştirilmiştir. Deneyler İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Laboratuvar deneylerinde kullanılan zeminin parametreleri

| Özellik | Değer |
|---|-------|
| İri danelerin yüzdesi (%) | 0,00 |
| Orta büyüklükteki danelerin yüzdesi (%) | 65,00 |
| İnce danelerin yüzdesi (%) | 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 |
| Özgül ağırlık (gr/cm ³) | 2,75 |
| Maksimum kuru birim hacim ağırlığı (kN/m ³) | 17,11 |
| Minimum kuru birim hacim ağırlığı (kN/m ³) | 15,44 |
| Deneyde kullanılan birim hacim ağırlık (kN/m ³) | 15,84 |
| Maksimum boşluk oranı e _{max} | 1,108 |
| Minimum boşluk oranı e _{min} | 0,902 |
| Rölatif sıklık Dr (%) | 0,257 |
| Kohezyon, c (kPa) | 0,00 |
| Kayma mukavemeti açısı, ϕ (derece) | 36,00 |
| Zemin sınıfı (USCS) | SP |

2.1. Model Ring ve Daire Temel

Deneylerde dış çapı 20 cm, iç çapı 8 cm olan ring temel ve 20 cm çapında daire temel kullanılmıştır. Kullanılan ring temele ve daire temele ait görseller Şekil 1’de verilmiştir.

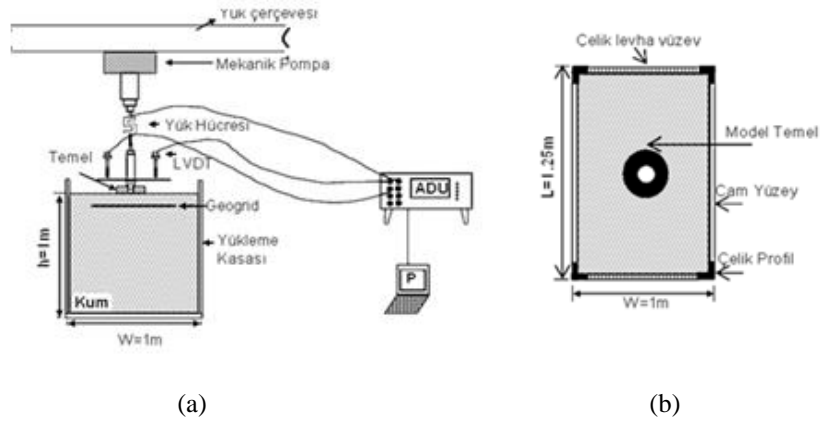


Şekil 1. Model ring ve daire temel

2.2. Laboratuvar Deney Düzenegi

Deneylerde kullanılan düzenek; deney kasası, yük çerçevesi, deplasman ölçer ve mekanik pompadan oluşmaktadır. Deney kasası 100cm x 200cm x 100 cm (genişlik, uzunluk, yükseklik) boyutlarındadır. Boyutlar herhangi bir yanıl sınır etkisi oluşmaması için yeterli ebatlardadır. Kum zemin deney kasasına kademeler halinde serilerek gevşek bir halde yerleştirilmiştir. Yerleştirilen kum zeminin üzerine yüzeysel temel yatay bir biçimde terazi yardımıyla konumlandırılarak, yük çerçevesine monte edilmiş mekanik pompaya bağlı olan basınç kolu ile temele yükleme yapılmıştır. Yükleme hızı olarak 3mm/dk değeri kullanılmıştır. Uygulanan yük, yük hücresiyle temelın yaptığı oturma miktarları da deplasman ölçerlerle kaydedilip veri işleme ünitesine iletilmiştir. Bu düzenek kullanılarak yükleme

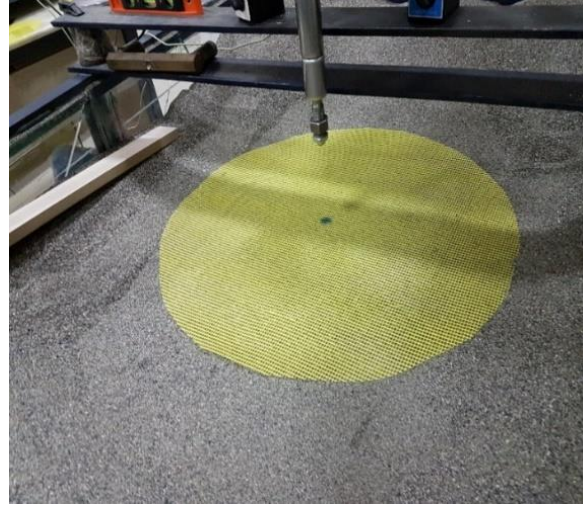
deneyleri yapılmış ve temellere ait yük-oturma grafikleri oluşturulmuştur. Deney düzeneğinin kesit görünüşleri ve düzeneğe ait görseller Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Deney düzeneğine ait kesit görünüşleri ve yükleme düzeneği (a) Deney düzeneğine ait kesit görünüşü, (b) Üstten görünüşü, (c) Yükleme düzeneği

2.3. Mikrogrid Donatı

Laboratuvar ortamında yapılan deneylerde, Zemin danelerinin geogrid donatı açıklıklarının arasına girerek oluşturduğu kenetlenme etkisinden dolayı geogrid açıklıklarının zemin dane çapı dağılımına göre belirlenmesi taşıma gücü bakımından dikkat edilmesi gereken bir husustur. Bu sebeple zemin numunesinin en büyük dane çapı 2mm ve geogrid elek açıklığı 4 mm olarak seçilmiştir. Kullanılan geogrid iki eksenli çalışan mikrogrid donatıdır (Şekil 3). Geogrid donatıya ait özellikler Tablo 2’de verilmiştir. Mikrogrid donatılar daire ve ring kesitte kesilerek istenilen boyutlarda kullanılmıştır.



Şekil 3. Deneylerde kullanılan geogrid

Tablo 2. Mikrogrid donatıya ait teknik özellikler

| Parametre | Değer |
|---|------------------------------|
| Mikrogrid türü | Polimerle kaplanmış cam yünü |
| Eksenel rijitlik (kN/m) | 40 |
| Mikrogrid ağırlığı (gr/m ²) | 160 |
| Elek açıklığı (mm) | 4 |
| Çalıştığı eksenler | Çift |

2.4. Deney Programı

Zemine yerleştirilmiş olan mikrogridlerin ilk donatı derinliği (u) ile donatı dış çapının iç çapına oranı olarak ifade edilen donatı kesit oranı (d') parametreleri değiştirilip, daire ve ring kesitli temellerin ayrı ayrı yük-oturma davranışları tespit edilmiştir. Donatı dış çapı 20 cm olarak sabit tutularak d' oranı 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olarak seçilmek suretiyle ring kesitli donatılar hazırlanmıştır. Deneyler yapıp yük-deplasman değerleri grafik haline getirilerek analiz edilmiştir. Yapılan seri deneylere ait parametreler Tablo 3'te sunulmuştur. Zeminlere mikrogrid donatı yerleştirilmesinin taşıma gücü üzerindeki etkisini karşılaştırmak amacıyla donatısız durumlar için de deneyler yapılmıştır.

Tablo 3. Deney programı

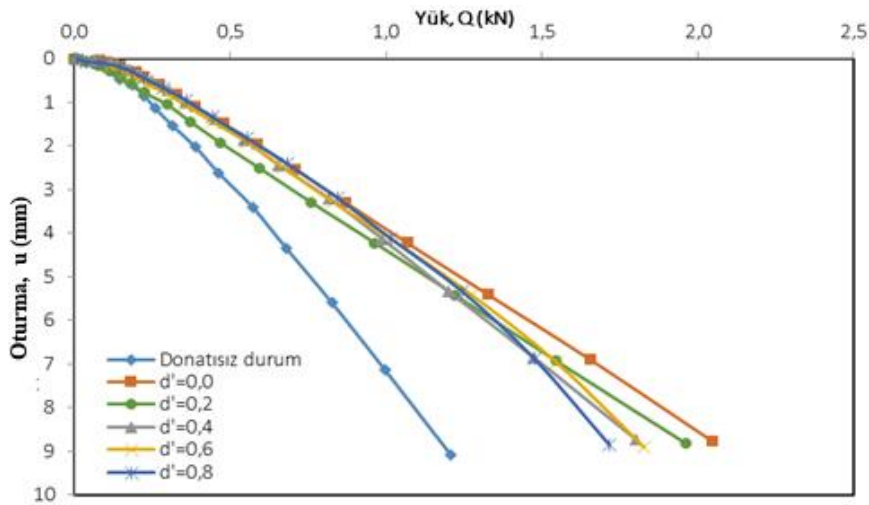
| Seriler | Deney adı | Temel tipi | Donatı geometrisi | Donatı sayısı (N) | Donatı kesit oranı (d') | İlk donatı derinliği (u) |
|---------------|-----------|------------|-------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| | D-101 | Ring | Donatısız | - | - | - |
| | D-102 | Ring | Daire | 1 | - | 0,2 R |
| | D-103 | Ring | Ring | 1 | 0,2 | 0,2 R |
| | D-104 | Ring | Ring | 1 | 0,4 | 0,2 R |
| | D-105 | Ring | Ring | 1 | 0,6 | 0,2 R |
| | D-106 | Ring | Ring | 1 | 0,8 | 0,2 R |
| Seri 1 | D-107 | Ring | Daire | 1 | - | 0,4 R |
| | D-108 | Ring | Ring | 1 | 0,2 | 0,4 R |
| | D-109 | Ring | Ring | 1 | 0,4 | 0,4 R |
| | D-110 | Ring | Ring | 1 | 0,6 | 0,4 R |
| | D-111 | Ring | Ring | 1 | 0,8 | 0,4 R |
| | D-112 | Ring | Daire | 1 | - | 0,6R |
| | D-113 | Ring | Ring | 1 | 0,2 | 0,6 R |

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|-----------|---|-----|-------|
| | D-114 | Ring | Ring | 1 | 0,4 | 0,6 R |
| | D-115 | Ring | Ring | 1 | 0,6 | 0,6 R |
| | D-116 | Ring | Ring | 1 | 0,8 | 0,6 R |
| | D-201 | Daire | Donatısız | - | - | - |
| | D-202 | Daire | Daire | 1 | - | 0,2 D |
| | D-203 | Daire | Ring | 1 | 0,2 | 0,2 D |
| | D-204 | Daire | Ring | 1 | 0,4 | 0,2 D |
| | D-205 | Daire | Ring | 1 | 0,6 | 0,2 D |
| | D-206 | Daire | Ring | 1 | 0,8 | 0,2 D |
| | D-207 | Daire | Daire | 1 | - | 0,4 D |
| | D-208 | Daire | Ring | 1 | 0,2 | 0,4 D |
| Seri 2 | D-209 | Daire | Ring | 1 | 0,4 | 0,4 D |
| | D-210 | Daire | Ring | 1 | 0,6 | 0,4 D |
| | D-211 | Daire | Ring | 1 | 0,8 | 0,4 D |
| | D-212 | Daire | Daire | 1 | - | 0,6 D |
| | D-213 | Daire | Ring | 1 | 0,2 | 0,6 D |
| | D-214 | Daire | Ring | 1 | 0,4 | 0,6 D |
| | D-215 | Daire | Ring | 1 | 0,6 | 0,6 D |
| | D-216 | Daire | Ring | 1 | 0,8 | 0,6 D |

3. Deneysel Sonuçlar

3.1. Ring Temel İlk Donatı Derinliği Analizi

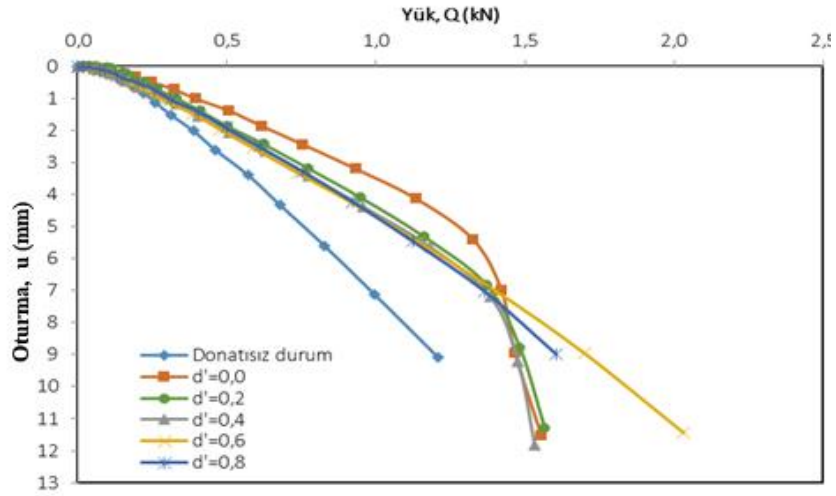
Bu serinin ilk bölümünde gevşek kum zemine ilk olarak ring temel donatısız bir şekilde yerleştirilip yükleme deneyi yapılmıştır. Sonrasında ilk donatı derinliği 0,2R (ring temel dış çapı) olarak sabit tutulup, mikrogrid donatının dış çapının i çapına oranı $d^*=0$ (daire kesitli donatı), 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olarak değiştirilmek suretiyle yükleme deneyleri yapılmıştır. Analizlerde ring donatıların kesit oranının zeminin taşıma gücüne katkısı araştırılmıştır (şekil 4).



şekil 4. Ring kesitli temel $u=0,2R$ için yük-oturma eğrileri

Analiz sonuçları incelendiğinde; ring kesitli donatıların taşıma gücünü arttırdığı görülmektedir. Donatı çap oranlarına göre karşılaştırma yapıldığında ise yaklaşık olarak birbiri ile aynı seviyede taşıma gücü değerleri tespit edilmiştir. En yüksek taşıma gücü değeri $d'=0$ (daire kesitli durumda) yakalanmıştır. Bu durumda zemin yüzeyine yakın konumlandırılan ($u=0,2R$) donatının kesit alanında azalma meydana geldiğinde (ring kesit) taşıma gücüne katkısının azaldığı ancak bu oranın farklılaştırılmasının taşıma gücüne çok fazla etki etmediği görülmüştür.

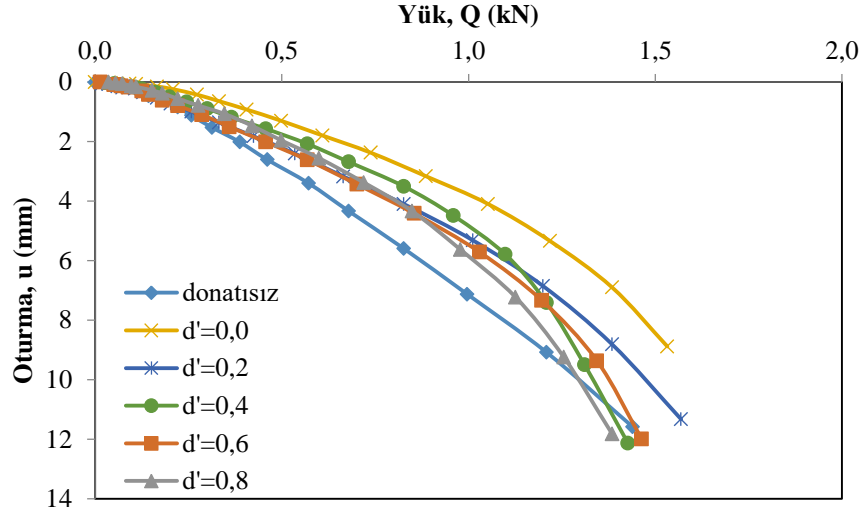
Serinin ikinci kısmında ise ilk donatının derinliği $0,4R$ olarak sabit tutularak donatı dış çap oranı $d':0; 0,2; 0,4; 0,6$ ve $0,8$ olan donatılar kullanılıp ring kesite sahip donatıların taşıma gücü üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Ring kesitli temel $u=0,4R$ için yük-oturma eğrileri

Sonuçlar incelendiğinde; en büyük taşıma gücü değerinin $d'=0$ (daire kesitli donatı) durumunda elde edildiği görülmektedir. Diğer bütün ring kesitli donatılar için yaklaşık olarak aynı değerler elde edilmiştir. Bu durumda zemin yüzeyinden bir önceki duruma göre biraz daha aşağıda konumlandırılan ($u=0,4R$) donatının kesit alanında azalma meydana geldiğinde (ring kesit) taşıma gücüne katkısının bir miktar azaldığı ancak bu orandaki değişimlerin taşıma gücüne bir miktar etki ettiği görülmüştür.

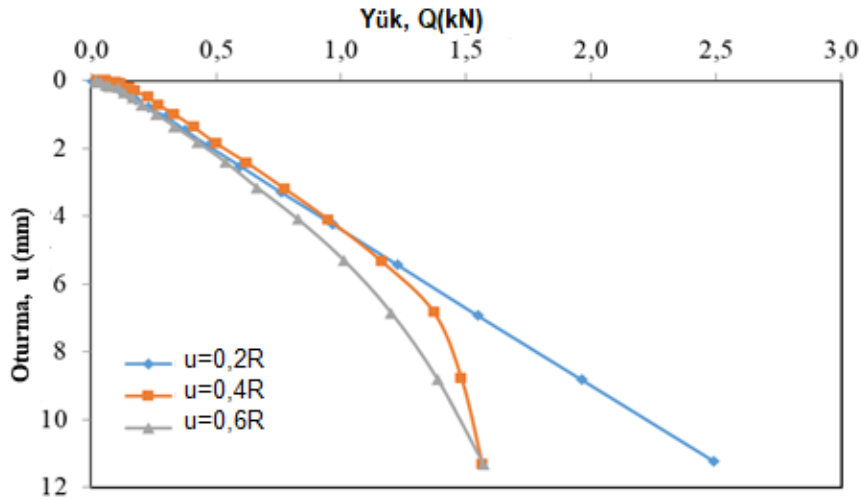
Bu serinin üçüncü kısmında ilk donatının derinliği $0,6R$ olarak sabit tutulup donatı çap oranı $d':0; 0,2; 0,4; 0,6$ ve $0,8$ olan donatılar yerleştirilerek yüklemeler yapılmış ve bu ilk donatı derinliğinde ring donatıların taşıma gücü üzerindeki etkileri incelenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Ring kesitli temel $u=0,6R$ için yük-oturma eğrileri

Sonuçlar incelendiğinde; $u=0,6R$ derinliğine yerleştirilen ring donatılarının taşıma gücü üzerindeki etkisinin diğer durumlara göre çok daha az olduğu görülmektedir. Ring donatısının dış/iç çap oranlarının değişimine göre karşılaştırma yapıldığında ise bütün oranlarda yaklaşık aynı değerler olduğu görülmektedir. En yüksek taşıma gücü değeri $d':0$ (daire donatı) kullanılan durumda yakalanmıştır. Bu durumda ise zemin yüzeyinden bir önceki durumlara göre en alt kısımda konumlandırılan ($u=0,6R$) donatısının kesit alanında azalma meydana geldiğinde (ring kesit) taşıma gücüne katkısının fazla değişmediği ve bu orandaki değişimlerin taşıma gücüne çok az miktarda etki ettiği görülmüştür.

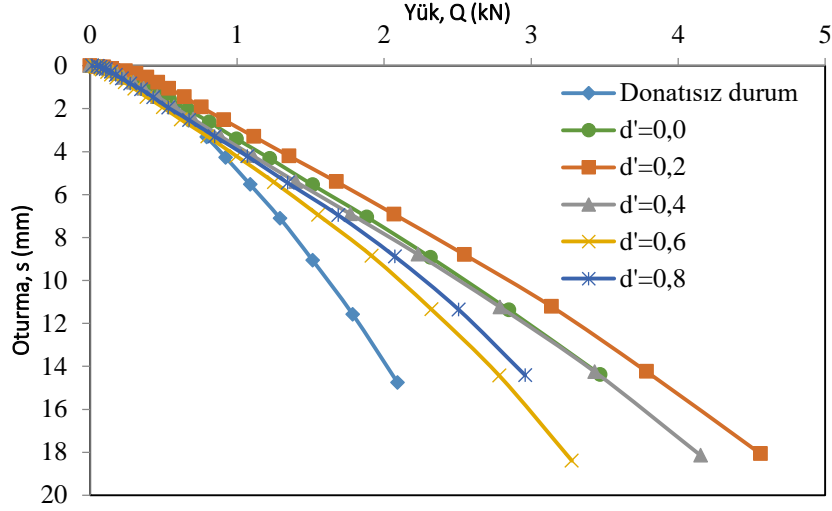
Ring kesite sahip mikrogrid donatılarının çap oranı $d':0,2$ olacak şekilde sabit tutulup ilk donatı derinlikleri $0,2R$; $0,4R$ ve $0,6R$ olarak yapılmış ve sonuçlar (Şekil 7) incelendiğinde ilk donatı derinliğinin optimum değerinin $u_{opt}=0,2R$ olduğu belirlenmiştir. Bu durumda ring donatısının kesit etkisinin donatının yerleştirilme derinliğinin artmasıyla azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 7. Ring kesitli temel $d'=0,2$ değeri için yük-oturma eğrileri

3.2. Daire Temel İçin İlk Donatı Derinliğinin ve Donatı Kesit Oranının Etkisi

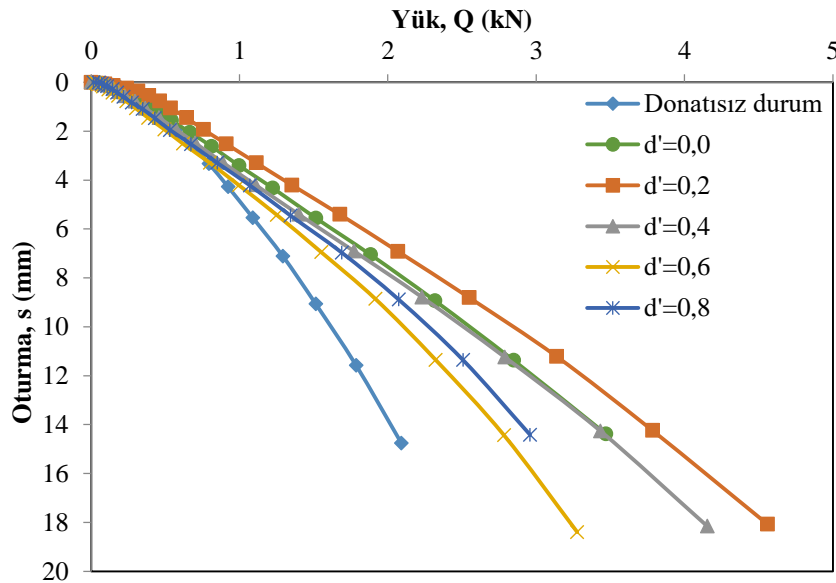
Bu serinin ilk bölümünde gevşek kum zemine ilk olarak daire temel donatısız bir şekilde yerleştirilip yükleme deneyi yapılmıştır. Sonrasında ilk donatı derinliği 0,2D (daire temel çapı) olarak sabit tutulup, mikrogrid donatının dış çapının iç çapına oranı $d'=0$ (daire kesitli donatı), 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olarak değiştirilmek suretiyle yükleme deneyleri yapılmıştır. Analizlerde ring donatıların kesit oranının zeminin taşıma gücüne katkısı araştırılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Daire kesitli temel $u=0,2D$ için yük-oturma eğrileri

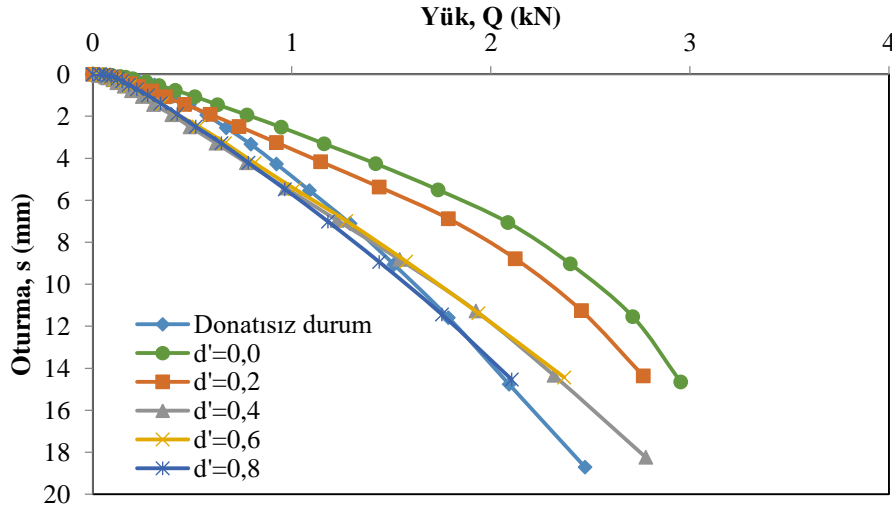
Analiz sonuçları incelendiğinde; ring kesitli donatıların taşıma gücünü arttırdığı görülmektedir. Donatı çap oranlarına göre karşılaştırma yapıldığında ise en yüksek taşıma gücü değeri $d'=0,2$ 'de yakalanmıştır. Bu durumda daire kesitli temelde ring donatının kesit alanındaki değişimin ring kesitli temelin aksine taşıma gücüne daha fazla etki ettiği görülmüştür.

Serinin ikinci kısmında ise ilk donatının derinliği 0,4D olarak sabit tutulup, donatı dış çap oranı $d':0$; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olan donatılar kullanılıp ring kesite sahip donatıların taşıma gücü üzerindeki etkisi incelenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Daire kesitli temel $u=0,4D$ için yük-oturma eğrileri

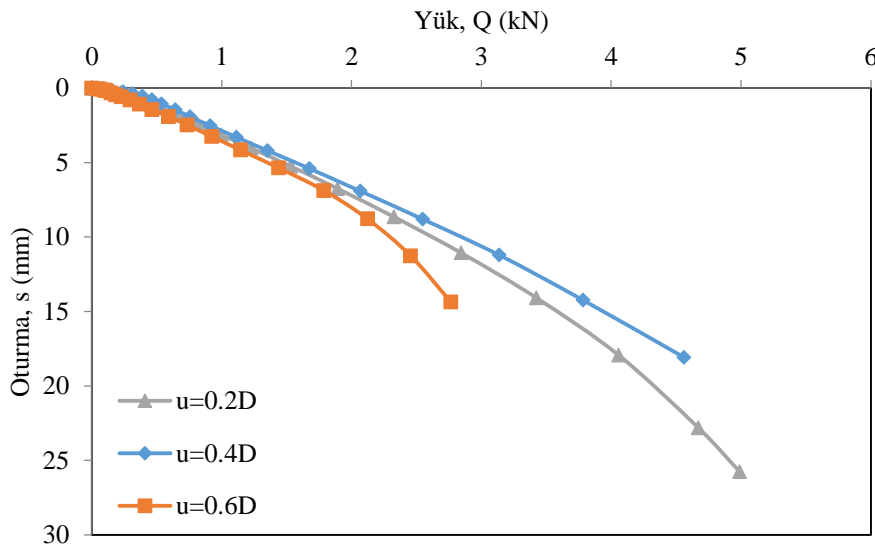
Sonuçlar incelendiğinde; en büyük taşıma gücü değerinin $d'=0,2$ durumu için elde edildiği tespit edilmiştir. Bu serinin üçüncü kısmında ilk donatı derinliğinin $0,6D$ olacak şekilde sabit tutulup donatı çap oranı d' : 0; 0,2; 0,4; 0,6 ve 0,8 olan donatılar yerleştirilerek yüklemeler yapılmış ve bu ilk donatı derinliğinde ring donatıların taşıma gücü üzerindeki etkileri incelenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Daire kesitli temel $u=0,6D$ için yük-oturma eğrileri

Sonuçlar incelendiğinde; ring donatıların taşıma gücü üzerindeki etkisinin çok az olduğu görülmektedir. Donatı çap oranına göre karşılaştırma yapıldığında ise en yüksek taşıma gücü değeri $d':0$ (daire donatı) kullanıldığı durumda elde edilmiştir. İlk donatı derinliğinin artırılmasıyla birlikte ring donatının taşıma gücüne katkısının diğer durumlara göre daha az olduğu görülmektedir.

Daire kesite sahip mikrogrid donatıların çap oranı $d':0$ olacak şekilde sabit tutulup ilk donatı derinlikleri $0,2D$; $0,4D$ ve $0,6D$ olarak yapılmış ve sonuçlar incelendiğinde ilk donatı derinliğinin optimum değerinin $u_{opt}=0,4D$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Daire kesitli temel $d'=0$ değeri için yük-oturma eğrileri

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında daire ve ring kesitli olarak hazırlanmış olan mikrogrid donatı kullanılarak güçlendirilen gevşek haldeki kum zemine yerleştiren ring kesitli ve daire kesitli temellerin eksenel kuvvete maruz bırakıldıklarındaki davranışları 32 adet laboratuvar deneyi ile analiz edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen bulgulardan çıkarılan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Ring temel üzerinde yapılan deneylerden elde edilen verilere göre ilk donatı derinliğinin 0,2R ve 0,4R olduğu durumlarda birbirine yakın taşıma gücü değerleri elde edilirken optimum donatının kesit oranı $d' = 0$ (daire kesit) değeridir.

Daire temel üzerinde yapılan deneylerden elde edilen verilere göre ilk donatı derinliğinin 0,2D ve 0,4D olduğu durumlarda daha yüksek taşıma gücü değerleri elde edilirken, kullanılan donatıların kesit oranının $d'= 0$ ve $d'= 0,2$ olduğu deneylerde iyi sonuçlar yakalanmıştır.

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda da donatı kullanılması durumunda taşıma gücü değerinin arttığı belirtildiğinden dolayı her iki temel tipi için de beklendiği gibi donatılı durumda donatısız duruma göre taşıma gücü değerlerinde önemli artışlar gözlemlenmiştir (Kahraman, 2021, Yeşiltepe ve ark. 2022). Donatı kesitinin daire kesitli olduğu durumda daha yüksek taşıma gücü değerleri bulunmuştur.

Daire kesitli temellerin yük altında oluşturdukları göçme yüzeyi bölgesine yerleştirilen ring donatının ($d'=0,2$) daire donatıya ($d'=0$) göre taşıma gücüne daha fazla katkı sağladığı, ancak belli bir mesafeden sonra ($u=0,6D$) daire kesitli donatının ring kesitli donatılara göre daha fazla katkı sağladıkları görülmektedir. Bu durumda iyileştirme yapmak için kullanılacak olan donatının geometrisinin kullanılan temel kesit geometrisine göre seçilmesinin daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

Daire kesitli temellerin her durumda ring kesitli temellerle karşılaştırıldığında daha fazla taşıma gücü değeri elde edildiği görülmektedir. Ayrıca aynı taşıma gücü değerlerine göre kıyaslama yapıldığında ring temellere göre daha az deplasman yaptıkları görülmüştür. Bu durumda daire temellerin geogridlerle güçlendirilmiş zeminlerde kullanımında ring kesitli temellere göre daha yüksek taşıma gücü değerleri elde edileceğinden temel tasarımı yapılırken bu durumun göz önünde bulundurulması faydalı olacaktır.

Gelecekte bu çalışma kapsamında kullanılan mikrogrid ve temellerin boyutları çeşitleri değiştirilerek laboratuvar ve arazi deneyleri gerçekleştirilerek daha detaylı çalışmalar yapılarak literatüre katkı sağlanabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağladıklarını beyan eder.

Kaynakça

- Anil O., Akbas SO., Babagiray S., Gel AC., Durucan C. Experimental and finite element analyses of footings of varying shapes on sand. *Geomechanics and Engineering* 2017; 12(2): 223-238.
- Başar EE. Geosentetik donatılı zeminlerin üç eksenli dayanımının incelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, sayfa no:103, Osmaniye, Türkiye, 2017.
- Binquet J., Lee KL. Bearing capacity tests on reinforced earth slabs. *Journal of the Geotechnical Engineering Division* 1975; 101(12): 1242-1255.
- Dal K., Cansız OF., Ornek M., Turedi Y. Prediction of footing settlements with geogrid reinforcement and eccentricity. *Geosynthetics International* 2019; 26(3): 297-308.
- Davarcı B. Donatılı gevşek kum zemine oturan çok kenarlı yüzeysel temellerin analizi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, sayfa no: 151, Hatay, Türkiye, 2013.
- Demiröz A. Geogrid donatılı kum üzerine oturan sürekli temellerde taşıma gücünü etkileyen tasarım faktörlerinin deneysel olarak araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, sayfa no:227, Konya, Türkiye, 2008.
- Kahraman MŞ. Ring temellerde mikrogrid donatının taşıma gücüne etkisinin incelenmesi. *İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, sayfa no: 79, Hatay, Türkiye, 2021.
- Kahraman MŞ., Yeşiltepe Ö., Turedi Y., Örnek M. Mikrogrid donatılı zeminde ring temel taşıma kapasitesinin deneysel olarak incelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2022; 25(4): 516-527.
- Laman M., Babacan ŞD. Donatılı kum zemin üzerine oturan ring (halka) temellerin analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2004; 19(2): 281-289.
- Örnek M., Yıldız A. Granüler dolgu tabakasına oturan yumuşak kil zeminlerin taşıma gücü hesabında analitik yaklaşımlar. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2019; 2(1): 53-60.
- Rowshanzamir MA., Karimian M. Bearing capacity of square footings on sand reinforced with dissimilar geogrid layers. *Scientia Iranica, Transactions A: Civil Engineering* 2016; 23(1): 36-44.
- Sargazi O., Hosseininia ES. Bearing capacity of ring footings on cohesionless soil under eccentric load. *Computers and Geotechnics* 2017; 92: 169-178.
- Turedi Y., Emirler B., Ornek M., Yildiz A. Determination of the bearing capacity of model ring footings: Experimental and numerical investigations. *Geomechanics and Engineering* 2019; 18(1): 29-39.

Yeşiltepe Ö., Kahraman MŞ., Türedi Y., Örnek M. Mikrogrid donatı ile güçlendirilmiş zeminde dairesel temel taşıma gücünün deneysel olarak incelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 2022; 22(4): 850-857.