

Atf İçin: Portakal, G. G., Yeşiltepe, Ö. ve Örnek, M. (2023). Geohücre İle Donatılan Zeminlerde Temel Geometrisi Ve Boyutlarının Taşıma Gücü Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(4), 2730-2742.

To Cite:Portakal, G. G., Yeşiltepe, Ö. & Örnek, M. (2023). Investigation of the Effects of Foundation Geometry and Dimensions on Bearing Capacity in Soils Reinforced with Geocells. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4), 2730-2742.

Geohücre ile Donatılan Zeminlerde Temel Geometrisi ve Boyutlarının Taşıma Gücü Üzerine Etkilerinin Araştırılması

Gökçe Gizem PORTAKAL¹, Ömer YEŞİLTEPE^{2*}, Murat ÖRNEK¹

Öne Çıkanlar:

- Geohücre, zeminlerde iyileştirme amaçlı kullanılabilir
- Temel geometrisi taşıma gücünü etkiler.
- Geohücre taşıma gücünü artırır

Anahtar Kelimeler:

- Geohücre
- Zemin iyileştirme
- Taşıma gücü
- Temel geometrisi

ÖZET:

Üst yapıdan gelen yükleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde deplasman yaparak güvenli bir şekilde taşımak, temel zemininde olması gereken bir özelliktir. Bu şartları taşımayan zeminlerin geoteknik açıdan uygun bir hale getirilmesi için çeşitli zemin iyileştirme yöntemlerine başvurulabilmektedir. Zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılan malzemelerden birisi de geohücrelerdir. Geohücreler içine yerleştirilen zemin dolgusu ile sürtünmesinden meydana gelen kenetlenme ile üzerindeki yükleri yayarak, zeminde meydana gelebilecek oturmaları azaltmakta ve taşıma gücünü arttırmaktadırlar. Bu amaçla bu çalışmada geohücre ile donatılan zeminlerde, geohücresinin zemin yüzeyi ile düşey mesafesinin ve üzerine yerleştirilen temel geometri ve boyutlarının taşıma gücü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda 28x34x10 cm hücre boyutlarına sahip geohücre kullanılmıştır. İlk olarak geohücresinin zemin yüzeyi ile düşey mesafesini belirlemek için üç farklı mesafede arazi deneyleri yapılmıştır. Sonrasında optimum düşey mesafe belirlenerek farklı ebatlarda kare ve daire temeller kullanılarak taşıma gücü ve oturma değerleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre temel boyutlarının artmasıyla birlikte taşıma gücünün arttığı ve oturma değerlerinin azaldığı tespit edilirken, kare kesite sahip temellerin daire kesitli temellere göre yaklaşık olarak % 14,6 daha az oturma gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Investigation of the Effects of Foundation Geometry and Dimensions on Bearing Capacity in Soils Reinforced with Geocells

Gökçe Gizem PORTAKAL¹, Ömer YEŞİLTEPE^{2*}, Murat ÖRNEK¹

Highlights:

- Geocell can be used for soil improvement.
- The geometry of foundation affects the bearing capacity
- Geocell increases the bearing capacity

Keywords:

- Geocell
- Soil improvement
- Bearing capacity
- Foundation geometry

ABSTRACT:

Bearing the loads coming from the superstructure safely by displacement within acceptable limits is a desired feature on the foundation soil. Various soil improvement methods can be applied to make the soils that do not satisfy these conditions geotechnically suitable. One of the materials used in the improvement of soils is geocells. Geocells reduce the settlements that may occur on the soil and increase the bearing capacity by spreading the loads on them with the clamping caused by friction with the soil fill placed inside. For this purpose, the effects of vertical distance of geocell from the soil surface and the geometry and dimensions of the foundation placed on it have been investigated in soils reinforced with geocells. In this condition, a geocell with a cell size of 28x34x10 cm was used. Firstly, field tests have been conducted at three different distances to determine geocell vertical distance from the soil surface. Afterwards, the optimum vertical distance was determined and the bearing capacity and settlement values were investigated by using square and circular foundations of different sizes. According to the results of the field tests, it was determined that the bearing capacity increased and the settlement decreased with increase in the dimensions of the foundations, while it was determined that the foundations with a square section performed approximately 14.6% less settlement than the foundations with a circular section.

¹Gökçe Gizem PORTAKAL ([Orcid ID: 0000-0002-1648-6418](https://orcid.org/0000-0002-1648-6418)), Murat ÖRNEK ([Orcid ID: 0000-0002-0809-2531](https://orcid.org/0000-0002-0809-2531)) İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İskenderun/Hatay, Türkiye

²Ömer YEŞİLTEPE ([Orcid ID: 0000-0002-9337-9157](https://orcid.org/0000-0002-9337-9157)), Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Kilis, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ömer YEŞİLTEPE, e-mail: omeryesiltepe@kilis.edu.tr

Bu çalışma Gökçe Gizem PORTAKAL'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Dünyada gün geçtikçe kentleşme ve bununla birlikte yapılaşma hızla artmaktadır. Bu durum yerleşim yerlerinde yapılaşma alanı sorununa sebep olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak yapıya elverişsiz alanların iyileştirilerek kullanılabilir hale getirilmesi sıklıkla başvurulan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu amaçla yapılan zemin iyileştirme uygulamaları geoteknik mühendisliğinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Zemin iyileştirme yöntemleri alt başlıklar altında incelenmektedir. Genel olarak zemin iyileştirme yöntemleri dört gruba ayrılabilir (Hausmann, 1990). Bunlar mekanik, hidrolik, donatı kullanılarak iyileştirme ve fiziksel-kimyasal yöntemlerdir. Kompaksiyon işlemi olarak da tanımlanan mekanik iyileştirme, statik ya da dinamik yükleme ile zeminin yüksek mertebelerde yüklerle sıkıştırılarak iyileştirme yöntemidir. Zeminde bulunan yeraltı su seviyesinin çeşitli yöntemlerle zeminden uzaklaştırılarak zeminin iyileştirilmesine hidrolik iyileştirme yöntemi adı verilmektedir. Donatı işlevi görebilecek malzemelerin zemin içerisinde kullanılması ile zeminin çekme kapasitesini artırarak yapılan iyileştirmeye donatı kullanılarak iyileştirme yöntemi denilmektedir. Fiziksel karıştırma, zemini ısıtma ve dondurma, enjeksiyon gibi yöntemleri kullanarak zeminin iyileştirilmesi ise fiziksel-kimyasal iyileştirme kapsamında yer almaktadır.

Yapının inşa edileceği zeminin türüne ve inşa edilecek yapının türüne göre yukarıda bahsedilen iyileştirme yöntemlerinden hangisinin tercih edileceğine karar verilmektedir. Zeminin türüne göre incelendiğinde, genellikle iri daneli zeminler için mekanik olarak iyileştirme ve bir donatı malzemesi kullanarak iyileştirme yöntemleri kullanılırken ince daneli zeminlerde ise hidrolik yöntemler ve kimyasal yöntemler tercih edilmektedir. Yapılacak yapının türüne göre incelendiğinde ise genellikle üst yapı, fabrika, konut uygulamalarında sıkıştırma ve enjeksiyon yöntemleri tercih edilirken, karayolu, demir yolu gibi alt yapı projelerinde donatı kullanılarak iyileştirme yöntemleri tercih edilmektedir.

Donatı kullanılarak yapılan iyileştirmelerde geosentetikler sıklıkla kullanılmaktadırlar. Geosentetikler, filtrasyon, ayırma, drenaj, güçlendirme, yalıtım ve koruma gibi işlevlere sahip polietilen, polyester, polipropilen gibi malzemelerden üretilen sentetik donatı malzemeleridir (Örnek, 2009).

Geohücreler üç boyutlu petek yapılarından dolayı üzerindeki dolgu malzemesini hapsederek zemin kapasitesini arttıran ve zeminin yanal hareketini kısıtlayan bir geosentetik donatı türüdür (Han ve ark., 2008). Geohücrelerin hücre yüksekliği, açıklığı ve kalınlığı proje türüne ve yüküne uygun olarak tasarım yapılarak istenen boyutlarda imal edilebilmektedir. Ayrıca akordiyon şeklindeki yapısı sebebiyle kolaylıkla katlanıp açılabilirdiğinden dolayı nakliye ve uygulama açısından kolaylık sağlamaktadır.

Literatürde geohücrelerle ilgili yapılmış olan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Tafreshi ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada geohücreyle güçlendirilmiş zemin ortamına yerleştirilen temelin yük-deplasman eğrilerini verebilecek analitik bir modelden bahsedilmiştir. Kullanılan dolgu malzemesine ait boyutsuz modülünü ve kullanılan geohücreye ait sekant modülünü, geohücrenin sayısını ve katman kalınlığını içerecek şekilde analitik olarak geliştirilen model, deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile doğrulanmıştır. Dolgu malzemesinin katman sayısı ve kalınlığıyla beraber, malzeme modüllerindeki artış ile daha fazla taşıma gücü değerlerinin elde edildiği ve temelde meydana gelen oturma miktarının azaldığı belirlenmiştir. Bunlara ilaveten geliştirilen analitik modelin sonuçları ile literatürden elde edilen verilerin sonuçları da karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonuçlarının birbiriyle tutarlı oldukları belirtilmiştir.

Kargar ve Hosseini (2017) tarafından yapılan çalışmada zemin iyileştirilmesinde kullanılan geosentetik türlerinden olan geohücrelerin zeminin taşıma gücü üzerindeki etkileri laboratuvar ortamında yapılan deneylerle araştırılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan hücrenin yüksekliği, sayısı,

açıklığı ve genişliği deneylerde araştırılan değişken parametreler olarak kabul edilmiştir. Deneylerde kare kesitli temel ve kum zemin kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar, taşıma gücü-deplasman grafiği olarak sunulmuştur. Geohücre yüksekliğinin artırılmasının temel oturma değerini yaklaşık olarak %48 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Geohücre açıklığının azaltılmanın ise taşıma gücünü arttırdığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda optimum geohücre genişliğinin kullanılan temel genişliğinin 5 katı olduğu tespit edilmiştir. Geohücre sayısının ise taşıma gücünü bir miktar arttırdığı fakat taşıma gücü için en belirleyici özelliğin geohücre yüksekliği olduğu belirtilmiştir.

Mehrjardi ve Motarjemi (2018) tarafından geohücre ile iyileştirilmiş zeminlerin herhangi bir iyileştirme işlemi yapılmamış zemine göre kayma mukavemeti değerinin artış miktarını tespit etmek için bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, farklı dane çapı dağılımına sahip zemin dolgu malzemeleri üzerinde, farklı gerilme değerlerinde ve zemin yoğunluklarında yapılan 36 adet deneye ait sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Geohücre kullanılarak güçlendirilmiş zemin ortamında dane çapının artmasıyla beraber kayma gerilmelerinin arttığı tespit edilirken, donatının kullanılmadığı zemin ortamında zemin yoğunluğundaki artışın zemin ortamındaki iyileşmeye katkısının olduğu belirtilmiştir.

Mehrjardi ve ark. (2019) tarafından geohücre kullanılarak iyileştirilmek istenen zeminlerde optimum parametreler belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, dört adet farklı dane boyutu dağılımına sahip zemin profilleri, birbirinden farklı iki adet geohücre açıklığı ve farklı boyutlarda üç adet plaka genişliği ile toplam 36 adet laboratuvar deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları incelendiğinde, yapılan iyileştirmeler ile zeminleri taşıma gücü değerleri yaklaşık olarak 5,24 kat artmıştır. Ayrıca optimum temel genişliğinin, kullanılan zeminin dane boyutunun yaklaşık 20 katı olduğu ve optimum geohücre açıklığının dolgu olarak kullanılan zemin malzemesinin dane boyutunun 15 katı civarında olduğu belirtilmiştir.

Xianrong ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada geohücrelerin asfalt karışımlarının hizmet ömrü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada, aynı yükleme koşullarında geohücre kullanılan numunelerin donatı kullanılmayan numunelere göre yorulma ömürlerinin uzadığı belirlenmiştir. Ayrıca yükleme ortamı sıcaklığının iyileştirme işlemleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ve sıcaklığın artmasıyla birlikte %230'lar mertebesinde iyileşmeler görüldüğü belirtilmiştir.

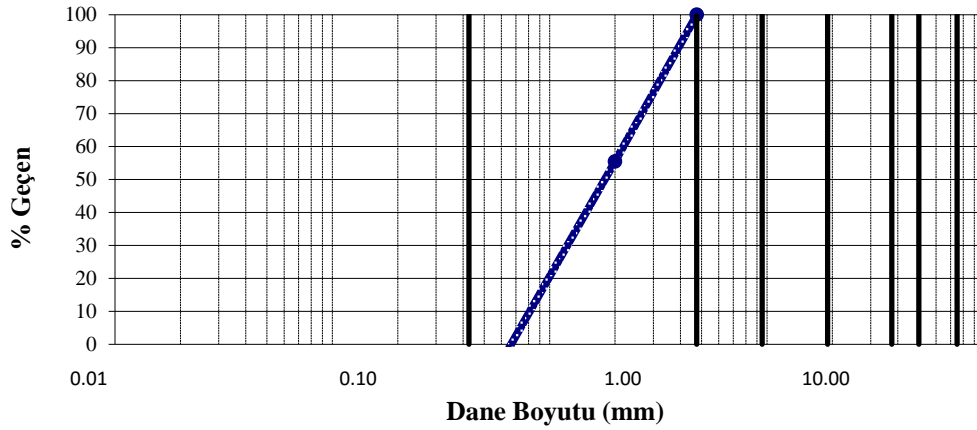
Inti ve Tandon (2021) tarafından yol üst yapısında kaplama malzemesi olmadan geohücrelerin etkisinin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, düşük hacme sahip yol modeli oluşturularak yapılan laboratuvar deneyleri ile yolda meydana gelen gerilmelerin geohücrelerin kullanımı ile daha iyi bir şekilde yayıldığı görülmüştür. Araştırma bulguları ışığında, yapılması planlanan kaplama tasarımlarında geohücre ile tasarımların göz önünde bulundurulması gerektiği tavsiye edilmiştir.

Bu çalışmada, zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olan geohücre ile donatılan zeminin taşıma gücü bakımından iyileşme mertebesi arazi deneyleri ile araştırılmıştır. Geohücre boyutları olarak 28x34x10 cm (genişlik x uzunluk x yükseklik) seçilmiştir. Zemin malzemesi olarak 0-5 mm dane boyutlarında dolgu malzemesi kullanılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Arazi deneylerinde kullanılan zeminin özelliklerini tespit etmek amacıyla birim hacim ağırlık deneyi (TS 1900-1) ve elek analizi deneyi (TS-EN 17892-4) yapılmıştır. Deneyler sonucunda zemin sınıfı kötü derecelendirilmiş kum (SP) olarak belirlenirken, zeminin birim hacim ağırlığı 1.72 g/cm^3 ,

gevşek haldeki birim hacim ağırlığı 1.63 g/cm^3 olarak tespit edilmiştir. Zemine ait dane boyutu dağılımı eğrisi Şekil 1’de verilmiştir. Deneylerde dikdörtgen ve daire kesite sahip model temeller birbirleri ile aynı kesit alanda olacak şekilde ve 2 cm kalınlığa sahip metal plakalardan üretilmiştir. Dairesel temeller 25, 30, 45 cm çaplarında imal edilirken, daire temellerle aynı kesite alanına sahip olan kare temeller ise 22x22 cm, 26x26 cm, 40x40 cm boyutlarındadır (Şekil 2). Deney alanının ölçüleri belirlenirken literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda deney alanının boyutlarının deneylerde kullanılan model temellerin çapının en az iki katı olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Mehrijardi ve ark. 2019). Bu sebeple deneyler, genişliği 1500 mm, uzunluğu 2000 mm ve yüksekliği 1000 mm olan bir alanda gerçekleştirilmiştir. Deney alanının hazırlanmasına ait görsel Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 1. Deneylerde Kullanılan Zeminin Dane Boyutu Dağılım Eğrisi



Şekil 2. Daire ve Kare Kesitli Model Temeller



Şekil 3. Deney Ortamının Hazırlanması

Arazi ortamında gerçekleştirilmiş olan plaka yükleme deneyleri esnasında zemini güçlendirmek amacıyla 34cm-28cm-10cm (uzunluk-genişlik-kalınlık) boyutlarına sahip olan geohücre kullanılmıştır. Kullanılan geohücre 1.5 m x 2.0 m ölçülerine sahip 3.0 m² alanı kaplayacak şekilde hazırlanmıştır. Geohücreye ait teknik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir. Geohücrelerin deney alanına yerleştirilmiş durumdaki görseli Şekil 4’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde Kullanılan Geohücrelere Ait Teknik Özellikler

Teknik Özellik	Değeri	Deney Standardı
Geohücrenin eni	28 cm	-
Geohücrenin boyu	34 cm	-
Geohücrenin yüksekliği	10 cm	-
Yoğunluk	0.935 /0.965 gr/cm ³	ASTM D-1505
Geohücrenin karbon oranı	% 1.5-%2	ASTM D-1603
Geohücrenin çevresel baskıya karşı direnci	> 3000 saat	ASTM D-1693
Geohücrenin kısa dönem çekme dayanımı	>200 N/cm	EN ISO 10319
Geohücrenin uzun dönem çekme dayanımı	>200 N/cm	ENV ISO 13438 B2



Şekil 4. Geohücrenin Deney Alanına Yerleştirilmesi

Deney ortamı %70 sıklık değerinde olacak şekilde ayarlanmış ve sıkıştırma işlemi kompaktör yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Kuru kum zemin deney sahasına 20cm’lik tabakalar halinde gerekli miktarlarda (kuru birim hacim ağırlık 1.72 t/m³ olacak şekilde) 5 tabaka olarak yerleştirilmiştir. Bu amaçla (1.5mx2.0mx0.2m) hacme sahip olacak şekilde sabit bir yoğunluk için gerekli kum miktarı (her bir tabaka için yaklaşık 1030kg kum) yerleşecek kadar sıkıştırma işlemi yapıp üzeri masterlanarak dört adet köşe noktasından ölçüm yapılmıştır. Bu işlem diğer tabakalar için de tekrar edilmiştir. Sıkıştırma işlemi bitirildikten sonra TS 1900-1 (2006) standardına göre yapılan kum konisi deneyi ile %70 sıklık değeri sıkıştırma işleminden sonra kontrol edilerek sağlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Zeminin Kompaktör ile Sıkıştırılması İşlemi

Sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra yükleme için plaka yükleme düzeneği hazırlanmıştır. Yük aktarımı için içi dolu bir kamyon kullanılmıştır. Kullanılan piston kamyonu yaptığı itki kuvveti kadar kuvveti zemine aktarmıştır. Deneyleerde kullanılan iki deplasman ölçer ile zeminde meydana gelen düşey deplasman değerleri uygulanan her yük kademesi için kaydedilmiştir. Şekil 6’da deney sırasında piston ve deplasman ölçerlerin konumu verilmiştir.

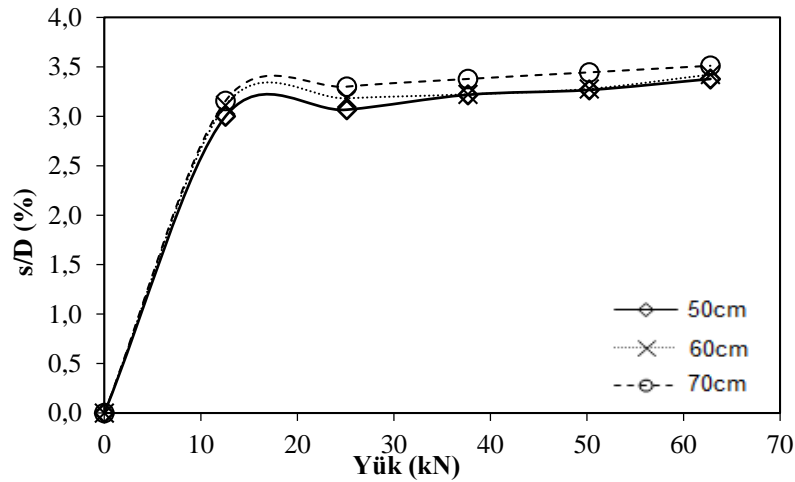


Şekil 6. Deney Sırasında Pistonun ve Deplasman Ölçerlerin Konumları

BULGULAR VE TARTIŞMA

Optimum Geohücre Derinliğinin Belirlenmesi

Deneyleerde kullanılacak geohücresinin zemin yüzünden optimum derinliğini belirlemek amacıyla, ilk olarak zemin yüzeyinden 50 cm, 60 cm ve 70 cm derinlikte olacak şekilde geohücre yerleştirilerek 45 cm çapına sahip daire temel ile deneyleer gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları Şekil 7’de sunulmuştur.



Şekil 7. Donatı Derinliğinin Etkisi

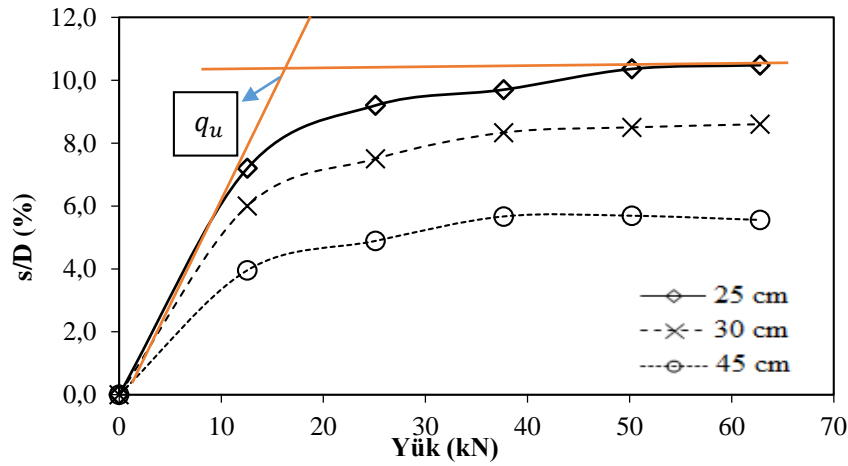
Deneyleerde geohücresinin zemin üst yüzeyinden 50 cm, 60 cm, 70 cm alta konumlandırılması durumunda tespit edilen taşıma gücü değerlerinin üç deneyleerde de 15 kN mertebelerinde olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değerde meydana gelen oturma miktarları 50 cm için 13.95 mm olarak ölçülürken, 60 cm için 14.5 mm ve 70 cm için 14.85 mm olarak ölçülmüştür. Yapılan deneyleer sonucunda donatının zemin yüzeyinden uzaklığının artmasıyla oturma değerlerinin çok küçük miktarda

arttığı belirlenmiştir. Bundan dolayı temel geometrisinin ve boyutlarının taşıma gücünün üzerindeki etkisini incelemek için yapılan deneylerde donatı derinliği 50 cm olarak seçilmiştir.

Temel geometrisinin ve boyutlarının taşıma gücüne etkisi

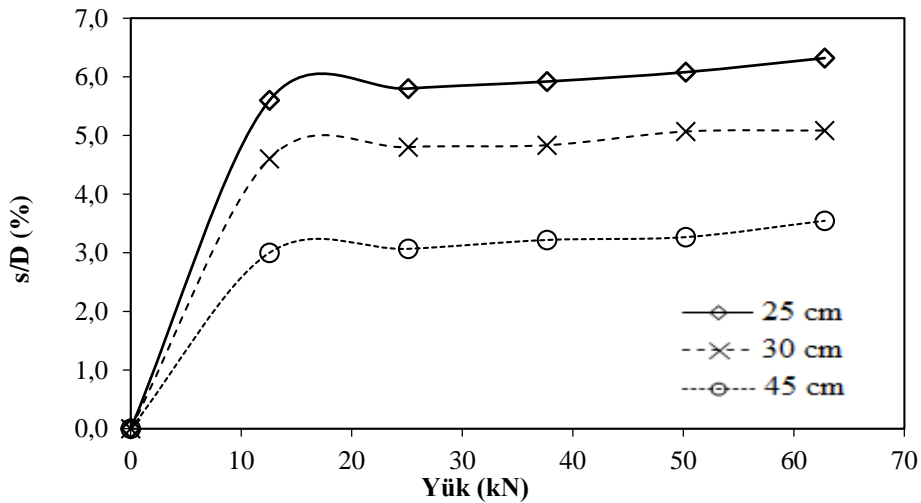
Kare ve daire kesite sahip iki adet temel geometrisi ve her iki temel tipi için de ayrı ayrı olacak şekilde değişken parametre, üç adet farklı ebatlara sahip temel boyutu belirlenmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere 45 cm, 30 cm ve 25 cm çap değerlerine sahip daire kesitli temeller ile aynı kesit alana sahip 40 cm, 26 cm ve 22 cm genişliklerinde kare kesitli temeller belirlenmiştir. Her deneyde zeminin taşıma gücü değerleri donatılı ve donatısız durumlar için incelenmiştir.

Donatısız durumda model temel olarak 25 cm, 30 cm ve 45 cm çapındaki daire kesitli temellerle yapılan ve temel çapının taşıma gücü üzerindeki etkisinin araştırıldığı deneylere ait grafik Şekil 8'de sunulmuştur. Grafiklerde s: geohücre derinliği, D: daire temel çapı B: kare temel kenar ölçüsünü ifade etmektedir.



Şekil 8. Donatısız Durumda Temel Çapının Etkisi

50 cm derinliğe geohücrenin yerleştirildiği bir sonraki deney etabında 25 cm, 30 cm ve 45 cm çaplarındaki daire kesitli temeller kullanılmış ve temel çapının taşıma gücü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneylere ait grafik Şekil 9'da sunulmuştur.

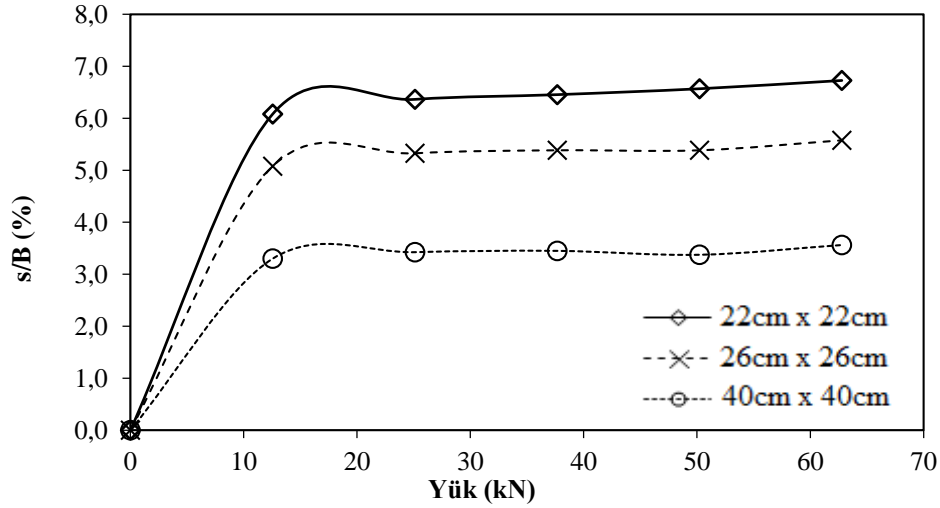


Şekil 9. Donatılı Durumda Temel Çapının Etkisi

Donatısız olarak yapılan deneylerde taşıma gücü değerinin tespit edilmesi için teğet kesik çizgi yönteminde yararlanılmıştır (Trautmann ve Kulhawy, 1988). Deneylerde 45 cm çapa sahip model temelde oturma değeri 25,2 mm olarak ölçülürken, 25 cm çapa sahip model temelde 25,5 mm ve 30 cm

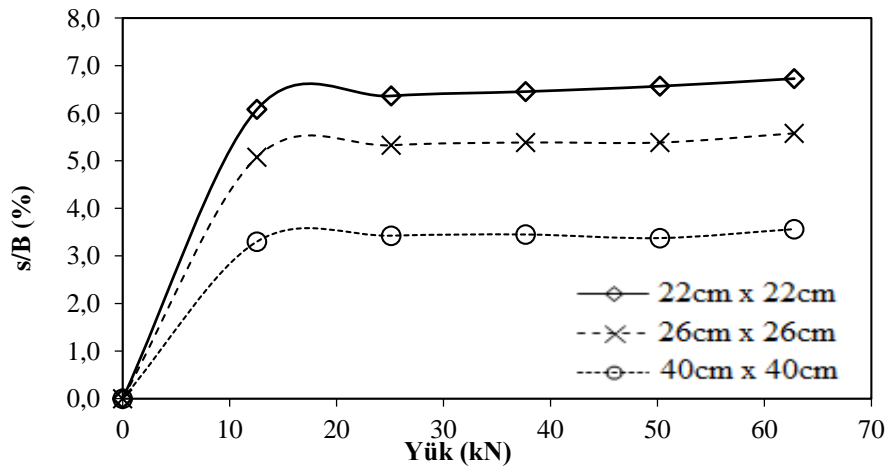
çapa sahip model temelde ise oturma değerleri 25.9 mm olarak ölçülmüştür. Geohücrenin kullanıldığı deneylerde donatı kullanılmayan deneylere göre daha az oturma değerleri ölçülürken bu değerler 25 cm çapa sahip temelde 14.75 mm, 30 cm çaptaki temelde 14.5 mm ve 45 cm çapındaki daire temelde 14.2 mm olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar incelendiğinde temel çapı azaldıkça daha fazla oturmaların meydana geldiği görülmüştür.

Donatısız durumda model temel olarak 40cm-26cm ve 22cm kenar uzunluğunda kare temeller kullanılarak yapılan ve temel genişliğinin taşıma gücü üzerindeki etkisinin araştırıldığı deneylere ait grafik Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 10. Donatısız Durumda Temel Genişliğinin Etkisi

Bir sonraki deney aşamasında 50 cm derinliğe geohücre yerleştirilmiş ve 22 cm, 26 cm ve 40 cm kenar uzunluklarına sahip kare temeller kullanılmıştır. Temel genişliğinin taşıma gücü üzerindeki etkisinin araştırıldığı bu deneylere ait grafik Şekil 11'de yer almaktadır.

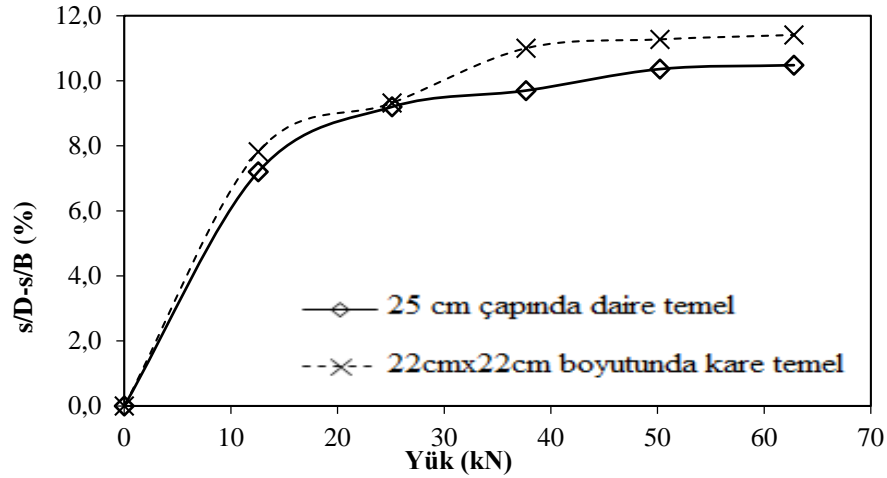


Şekil 11. Donatılı Durumda Temel Genişliğinin Etkisi

Deneylerde 40 cm x 40 cm genişliğindeki kare temelde oturma değeri 18 mm olarak tespit edilirken, 22 cm, 26 cm kenar uzunluğuna sahip model kare temelerde ise oturma değerleri sırasıyla 20.9 mm ve 20,7 mm olarak ölçülmüştür. Geohücrenin kullanıldığı deneylerde ise 40 cm x 40 boyutlarına sahip kare temelde, 22 cm - 22 cm, 26 cm - 26 cm boyutlarındaki kare temellere göre sırasıyla %15.5 ile % 13.9 daha fazla taşıma gücü değerleri elde edilmiştir.

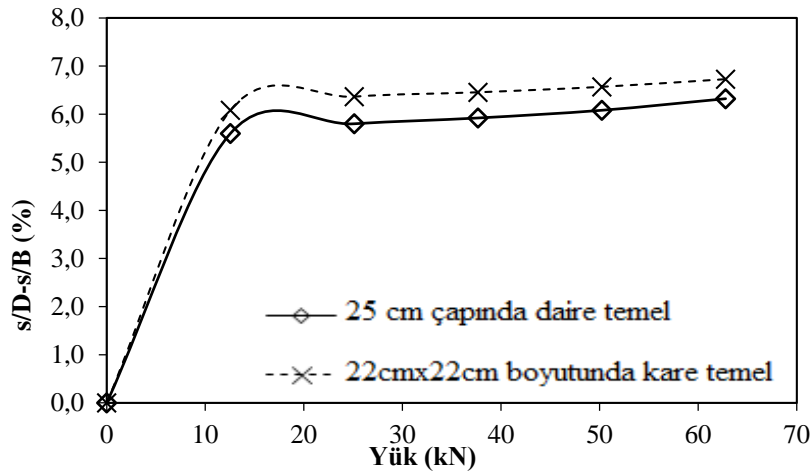
Temel geometrisinin taşıma gücü üzerindeki etkisini incelemek için donatısız durumda 25 cm çapındaki daire temel ile eşit kesit alana sahip 22 cm x 22 cm genişliğindeki kare temel kullanılmıştır.

Aynı yüke maruz bırakılan daire ve kare kesitli model temele ait oturma değerlerine ait grafik Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Donatısız Durumda Daire ve Kare Temellere Ait Q-s/D-s/B Grafiği

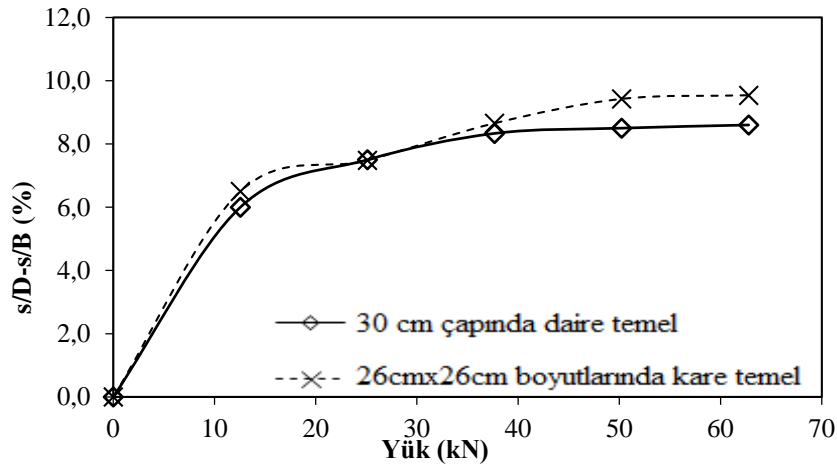
Geohücre donatılı durum için aynı temellerin (daire ve kare kesitli model temel) kullanıldığı deneylerde elde edilen grafik Şekil 13’de sunulmuştur.



Şekil 13. Donatılı Durumda Daire ve Kare Temellere Ait Q-s/D-s/B Grafiği

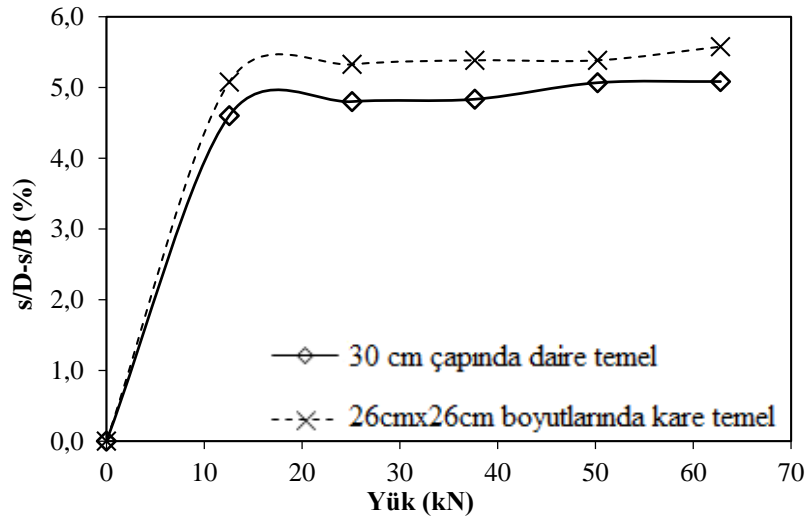
Donatının kullanıldığı ve donatı olmadan gerçekleştirilen deneylerde de kare kesite sahip temel, daire kesite sahip temelden daha az oturma yapmıştır. Donatısız durumda yapılan deneylerde kare ve daire model temellerde meydana gelen oturma değerleri 20,9 mm ile 25,9 mm ölçülürken donatı kullanılarak yapılan deneylerde oturma değerlerinin 14,3 mm ile 14,75 mm mertebelerinde olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında donatının kullanılmadığı durum için daire kesite sahip temele kıyasla %19 daha fazla taşıma gücü değeri elde edilen kare temel, donatılı durumda %3 daha iyi taşıma gücü değerine ulaşmıştır.

Temel geometrisinin taşıma gücü üzerindeki etkisini incelemek için donatısız durumda 30 cm çapındaki daire temel ile eşit kesit alana sahip 26 cm x 26 cm genişliğindeki kare temelin aynı yüke maruz kaldıklarında meydana gelen oturma değerlerine ait grafik Şekil 14’de yer almaktadır.



Şekil 14. Donatısız Durumda Daire ve Kare Temellere Ait Q-s/D-s/B Grafiği

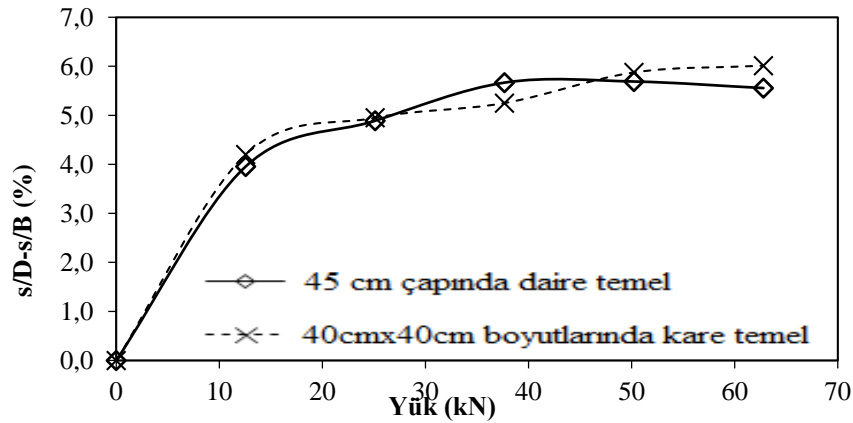
Eşdeğer alana sahip daire ve kare kesitli model temellerin kullanıldığı donatılı deneylerden elde edilen grafik Şekil 15’de sunulmuştur.



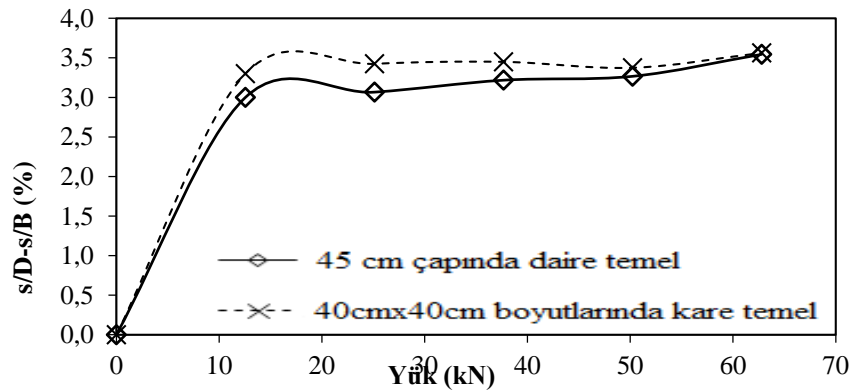
Şekil 15. Donatılı Durumda Daire ve Kare Temellere Ait Q-s/D-s/B Grafiği

Donatının kullanıldığı ve donatı kullanılmadan gerçekleştirilen deneylerde nihai taşıma gücü değerinin yaklaşık 15 kN olarak tespit edilmiştir. Buna göre donatının kullanılmadığı durumda kare temelde meydana gelen oturma değeri, daire temelde meydana gelen oturma değerine göre %18 daha az olurken donatının kullanıldığı deneylerde bu oran %3.2 olarak tespit edilmiştir.

Temel geometrisinin taşıma gücü üzerindeki etkisinin incelemek için donatısız durumda 45 cm çapındaki daire temel ile eşit kesit alana sahip 40 cm x 40 cm genişliğindeki kare temelin aynı yüke maruz kaldıklarında meydana gelen oturma değerlerine ait grafik aşağıda verilmiştir (Şekil 16). Aynı temellerin kullanıldığı ve donatılı durum için elde edilen grafik ise Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 16. Donatısız Durumda Daire ve Kare Temeller İçin Q-s/D-s/B Grafiği



Şekil 17. Donatılı Durumda Daire ve Kare Temeller İçin Q-s/D-s/B Grafiği

Donatı kullanılmadan yapılan deneylerde kare kesite sahip temel 18 mm oturma yaparken daire kesitli temel 25.2 mm oturma yapmıştır. Donatı kullanılarak gerçekleştirilen deneyde ise kare kesitli temelde meydana gelen oturma değeri 12.08 mm, daire kesitli temelde meydana gelen oturma miktarı 14.2 mm mertebesinde ölçülmüştür. Bu verilere göre kare temelin her iki durumda da yaklaşık olarak 2.2 mm'ye kadar daha az oturma gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde yük değeri arttıkça temellerin oturma değerleri arasındaki farkların da arttığı belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak uygulanan yük değeri arttıkça temel geometrisindeki değişimin taşıma gücüne etkisinin daha belirgin bir şekilde gözlenebileceği sonucuna varılmıştır. Buna ilaveten temel geometrisindeki değişimin taşıma gücü üzerindeki etkisinin, donatı kullanılmayan durumda donatı kullanılan duruma göre daha belirginleştiği tespit edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında geohücre ile donatılan zeminlerde i) geohücrenin zemin yüzeyi ile düşey mesafesinin ve ii) üzerine yerleştirilen temelin geometri ve boyutlarının taşıma gücü üzerindeki etkileri araştırıldığı seri deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Geohücrelerin zemin yüzeyiyle mesafesinin artmasıyla taşıma gücünün yaklaşık olarak %5 azaldığı görülmüştür. Temel boyutları arttıkça taşıma gücünde artış, oturma miktarında azalma meydana gelmiştir. Farklı geometrilere sahip temellerin altında geohücrenin donatı olarak kullanılması durumunda donatısız durumda geometriden dolayı oluşan farkın azaldığı tespit edilmiştir. Kare kesitli temellerin daire kesitli temellere göre yaklaşık olarak %15 daha az oturma gerçekleştirdikleri tespit edilmiştir. Donatı kullanılmayan durumda kare kesitli temelin oturma değeri, daire kesitli temele göre %18 daha az tespit edilirken donatı kullanılan durumda bu oranın %3.2 olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen veriler ışığında geohücrenin etkisinden daha fazla yararlanabilmek adına geohücrenin zemin yüzeyinden optimum derinlik belirlenerek yerleştirilmesi taşıma gücü bakımından faydalı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca temel geometrilerinden kaynaklanan deplasman farklarının azaltılmasında geohücre donatı olarak kullanılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması

İlgili yazarların verilerin yorumunu etkileyebilecek olası çıkar çatışması yaratabilecek herhangi bir finansal destek veya ilişkisi yoktur.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- ASTM D1505. (1985). The Density of Plastics by the Density-Gradient Technique. Annual Book of ASTM Standards. USA.
- ASTM D1603. (1983). Standard Test Method for Carbon Black Content in Olefin Plastics. Annual Book of ASTM Standards. USA.
- ASTM D1693. (1980). Standard Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics. Annual Book of ASTM Standards. USA.
- EN ISO 10319. (2015). Geosynthetics – Wide-width Tensile Test. Europeane Norm-International Organization for Standardization.
- ENV ISO 13438. (1999). Geotextiles and Geotextile-Related Products-Screening Test Method for Determining the Resistance to Oxidation. Europeane Norm-International Organization for Standardization.
- Han, J., Yang, X., Leshchinsky, D. and Parsons, R. L. (2008). Behavior of geocell-reinforced sand under a vertical load. *Transportation Research Record*, 2045 (1), 95-101.
- Hausmann, M. R. (1990). *Engineering Principles of Ground Modification*. McGraw-Hill.
- Inti, S. and Tandon, V. (2021). Design of geocell reinforced roads through fragility modeling. *Geotextiles and Geomembranes*, 49 (5), 47 (2), 1085-1094.
- Kargar, M. and Hosseini, S. M. (2017). Effect of reinforcement geometry on the performance of a reduced-scale strip footing model supported on geocell reinforced sand. *Scientia Iranica*, 24 (1), 96-109.
- Mehrjardi, G. T. and Motarjemi, F. (2018). Interfacial properties of geocell-reinforced granular soils. *Geotextiles and Geomembranes*, 46 (4), 384-395.
- Mehrjardi, G. T., Behrad, R. and Tafreshi, S. M. (2019). Scale effect on the behavior of geocell-reinforced soil. *Geotextiles and Geomembranes*, 47(2), 154-163.
- Örnek, M. (2009). *Yumuşak kil zeminlerin geogrid donatı ile güçlendirilmesi*. (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Tafreshi, S. M., Shaghghi, T., Mehrjardi, G. T., Dawson, A. R. and Ghadrđan, M. (2015). A simplified method for predicting the settlement of circular footings on multilayered geocell-reinforced non-cohesive soils. *Geotextiles and Geomembranes*, 43 (4), 332-344.
- Trautmann, C. H. And Kulhawy, F. H. (1988). Uplift load-displacement behavior of spread foundations. *Journal of Geotechnical Engineering*, 114(2), 168-184.
- TS 1900-1. (2006). İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri. Teknik Kurul. Türk Standartları Enstitüsü.

- TS EN 17892-4. (2016). Geoteknik Etüt ve Deneyler- Zemin Laboratuvar Deneyleri. Teknik Kurul. Türk Standartları Enstitüsü
- TS EN ISO 17892-4. (2016). İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri. Teknik Kurul. Türk Standartları Enstitüsü.
- Xianrong, W., Xiedong, Z., Yunsheng, Z. and Xiaowei, L. (2021). Fatigue damage characteristics of geocell-reinforced asphalt mixture. *Construction and Building Materials*, 269, 121252.