



Geogrid donatılı gevşek kum zemine oturan çok kenarlı yüzeysel temellerin deneysel analizi

Burakbey DAVARCI, Murat ÖRNEK, Yakup TÜREDİ ()

Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı İskenderun, Hatay

ÖZET

Anahtar Kelimeler:
Model deney,
kum,
geogrid donatı,
çok kenarlı temel

Bu çalışmada, donatılı gevşek kum zemine oturan çok kenarlı yüzeysel temellerin taşıma gücü davranışı laboratuvar ortamında yapılan model deneylerle araştırılmıştır. Deneylerde temel elemanı olarak H, +, T ve kare kesitli model temeller, güçlendirme elemanı olarak da geogrid donatı kullanılmıştır. Toplam 64 adet deneyin yapıldığı çalışmada 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 sonuçları, geogrid donatı ilavesinin gevşek kumun taşıma gücünü artırdığını göstermiştir.

Experimental analyses of the multi-edge footings rested on geogrid reinforced loose sand bed

ABSTRACT

Key Words:
Model test,
sand,
geogrid,
multi-edge
footings

In this study, the bearing capacity of multi-edge model footings rested on geogrid reinforced loose sand beds was investigated. H, +, T and square shaped model footings were used in the tests. Geogrid layers were used for reinforcement members. The effects of the parameters such as the footing geometry (H, +, T and the square shaped), soil type (loose sand) and geogrid replacement configuration (the depth of the first geogrid, spacing between geogrids, geogrid numbers) on the bearing capacity characteristics and failure mechanism of multi-edge model footings rested on geogrid reinforced loose sand beds was examined with a total of 64 tests. Experimental results show that there is an increase in the bearing capacity of the loose sands with the inclusion of the geogrid reinforcement.

*Sorumlu Yazar (Corresponding author) e-posta: burakbey-80@hotmail.com

1. Giriş

Son yıllarda hızla artış gösteren dünya nüfusu ve buna paralel olarak artan barınma ihtiyacı, yerleşim alanı gereksiniminin de hızla artmasına neden olmuştur. Bu sürecin doğal bir sonucu olarak, özellikle nüfusun ve yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde uygun yerleşim alanları hızla azalmaya başlamıştır. Bu durumun yansımaları olarak arsa sıkıntısı ve yüksek maliyetler ortaya çıkmış, taşıma gücü ve oturma özellikleri açısından sorunlu zeminlerde yapılaşma (konut, yol, dolgu vs) ve mevcut yerleşim alanlarının en iyi şekilde değerlendirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Günümüzde, yumuşak veya gevşek zemin koşullarının hâkim olduğu arazilerde veya düşük-orta plastisiteli dolgu zeminler üzerinde inşa edilecek yüzeysel temellerde düşük taşıma kapasitesi ve/veya aşırı temel oturma problemleri ile karşılaşmaktadır. Bu durum ise, yapısal zararlara, dayanımda azalmaya ve/veya yapının performans düzeyinde bir kalite kaybına sebep olmaktadır. Bu yüzden, yapı elemanlarında istenilen performansı elde etmek için genellikle uygun mühendislik çözümleri gerekmektedir. Bu durumda, ya derin temel uygulamasına geçilmeli ya da temel zemininde, zemin iyileştirme yöntemi uygulanmalıdır. Derin temel uygulaması pahalı bir çözüm olduğu için genellikle uygun bir yöntem ile temel zemininin iyileştirilmesi tercih edilmektedir.

Geleneksel zemin iyileştirme yöntemleri son zamanlara kadar, zayıf zeminin kısmi olarak kaldırılması ve yerine yeterli kalınlıkta daha güçlü granüler dolgu malzemesinin kullanılması, bununla beraber temel boyutlarının artırılması veya bu yöntemlerin beraberce kullanılmasını kapsamaktaydı. Ancak son zamanlarda, donatılı zemin, yani zemini güçlendirmek amacıyla zemin içerisinde geosentetik kullanımı yaygınlaşmıştır. Alternatif olması ve özellikle ekonomik olması sebebiyle bu yöntem, son yıllarda gittikçe önem kazanan zemin iyileştirme yöntemlerinden biri olmuştur. Son yıllarda, baraj, dolgu, şev, istinat duvarları, yollar ve kısmi olarak yüzeysel temeller gibi geoteknik mühendisliği uygulamalarında, çoğunlukla granüler dolgularla birlikte geosentetik malzemeler güçlendirme amacıyla başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Uzuner, 1998).

Geoteknik mühendisliğinde yüzeysel temeller genellikle kare, dikdörtgen, şerit, daire veya ring kesitli olarak tasarlanmaktadır. Ancak bazı uygulamalarda gerek statik, gerek mimari, gerekse de ekonomik sebeplerden dolayı farklı yüzeysel temel geometrileri (düzensiz temel geometrileri) de seçilebilmektedir. Temel mühendisliğinde kenar ve köşe sayısı 4'ten fazla olan H, + ve T gibi temeller çok kenarlı temeller olarak tanımlanmaktadır. Çok kenarlı yüzeysel temeller, düzensiz geometriye sahip yapılar tarafından aktarılan yükün emniyetli ve ekonomik bir şekilde zemin ortamına aktarılmasında kullanılmaktadır.

Literatürde çok kenarlı yüzeysel temellerin kullanıldığı çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Ghazavi ve Hadiani (2005) tarafından yapılan deneysel çalışmada kare temel ile aynı genişliğe sahip çok kenarlı temelin daha iyi bir taşıma gücü performansına sahip olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca yazarlar tarafından farklı geometriye sahip bu temellerin

taşıma gücü değerleri arasında bir korelasyon yapılarak çeşitli ampirik bağıntılar öne sürülmüştür. Ghazavi ve Mokhtari (2008) tarafından düzensiz geometriye sahip yüzeysel temellerin altında meydana gelen oturma karakteristikleri sayısal olarak analiz edilmiştir. Sayısal analizlerde üç boyutlu FLAC 3D yazılımı kullanılmıştır. Sonuçta aynı kenar genişliğine sahip çok kenarlı temellerle kare temellerin yük altındaki davranışları arasında çok büyük bir farkın olmadığı belirtilmiştir. Literatürde farklı geometrik yapıya sahip temellerin (T-konsol, küre, konik, piramit tip vs.) taşıma gücü ve oturma davranışları konularında çalışma yapan araştırmacılar da yer almaktadır (Kurian 2006; Tani ve Craig 1995; Watson ve Randolph 1997; Bransby ve Randolph 1999a; Bransby ve Randolph 1999b).

Deneysel çalışmalar Mustafa Kemal Üniversitesi, İskenderun Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Deneyler sonucunda yük-oturma bağıntıları belirlenerek geogrid donatılı gevşek kum zemine oturan çok kenarlı yüzeysel temellerin taşıma gücü davranışları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve metod

2.1. Deneysel Kum

Çalışmalarda, Ceyhan nehir yatağından çıkarılan kum numuneler kullanılmıştır. Kum numune, ASTM standartlarına göre No 200 (0.075 mm çaplı) eleğinden yakanarak elenmiş ve uygun bir alana serilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur (Şekil 1). İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı'nda deney kumunun endeks ve kayma mukavemeti özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan kumun ASTM standartlarına göre dane çapı dağılımı elde edilmiştir. Dane çapı dağılım eğrisinden deney kumunun zemin sınıfı, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) göre kötü derecelenmiş ince ve temiz kum (SP) olarak elde edilmiştir. Kullanılan kuma ait elek analizi, kesme kutusu, sıklık, piknometre deney sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel kumunun mühendislik özellikleri

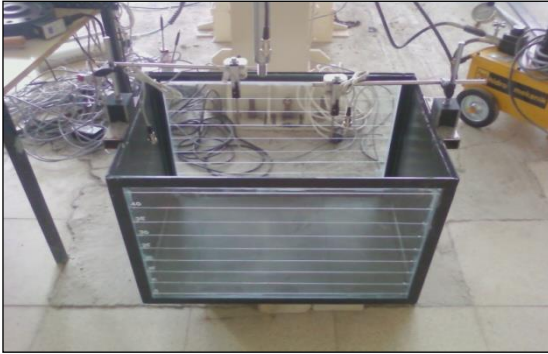
Property	Value
İri kum yüzdesi (%)	0.00
Orta kum yüzdesi (%)	65.00
İnce kum yüzdesi (%)	35.00
D ₁₀ (mm)	0.13
D ₃₀ (mm)	0.28
D ₆₀ (mm)	0.58
Üniformluk katsayısı, C _u	4.46
Derecelenme katsayısı, C _c	1.04
Özgül ağırlık	2.75
Maksimum kuru birim hacim ağırlık (kN/m ³)	17.11
Minimum kuru birim hacim ağırlık (kN/m ³)	15.44
Kohezyon, c (kPa)	0.00
İçsel sürtünme açısı, φ (derece)	36.00
Zemin sınıfı (USCS)	SP



Şekil 1. Deneysel kumun yıkınması ve kurutulması

2.2. Deneysel Kasa

Model deneyler, ebatları 70cm x 50cm x 50cm (uzunluk, genişlik, derinlik) olan dikdörtgen kesitli bir kasa içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Deneysel kasa iskeleti çelik profillerden olup, ön ve arka yüzü 5 mm kalınlığında cam, yan yüzeyler ile alt taban kısmı ise 20 mm kalınlığındaki metal malzemeden imal edilmiştir.



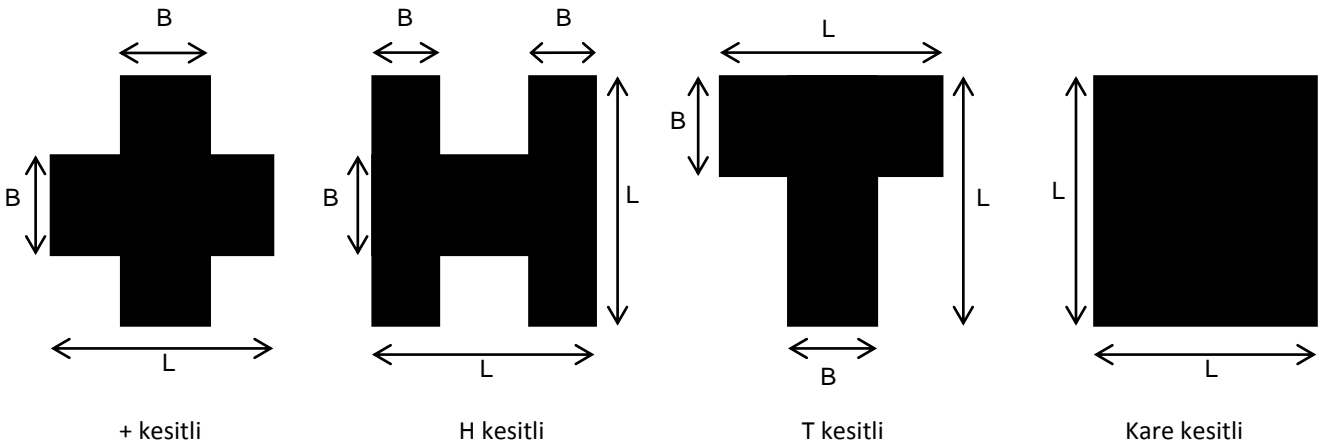
Şekil 2. Deneysel Kasa

2.3. Model Temel

Deneysel çalışmada kullanılan temel şekilleri ve temel boyutları ile her bir temel türüne ait deney sayıları aşağıda verilmiştir (Şekil 3 ve Tablo 2). Deneysel sırasında, yükleme nedeniyle temel tabanındaki basınç dağılımının üniform olarak dağılmasına dikkat edilmiştir

Temel Türü	Temel Alanı [cm ²]	Genişlik x Uzunluk BxL [cm]	Deney Sayısı
+ kesitli	125	5 x 15	16
H kesitli	118	4 x 12.5	16
T kesitli	125	5 x 15	16
Kare kesitli	100	10 x 10	16

Tablo 2. Deneysel çalışmada kullanılan çok kenarlı yüzeysel temel ölçüleri ve deney sayıları



Şekil 3. Deneysel çalışmada kullanılan çok kenarlı yüzeysel temel şekilleri

2.4. Yükleme Sistemi, Yük Hücresi ve Deplasman Ölçer (LVDT)

Farklı yükleme hızlarında çekme ve basınç uygulayabilen özel bir yükleme düzeneği geliştirilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Yükleme düzeneği Mustafa Kemal Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı'ndaki yükleme kirisine monte edilmiştir.

Deneylerde, model temel plakalarına gelen yük değerlerini belirlemek amacıyla H3-C3-2.0t6B, Class C-3 model ZEMIC firması tarafından üretilen 600kg kapasiteli elektronik yük hücresi kullanılmıştır (Şekil 4). Zemin ortamında yüklemeye dolaylı meydana gelen çökmeleri ölçebilmek için deplasman ölçer (LVDT) kullanılmıştır. Bu amaçla, iki adet deplasman ölçer temel merkezinden eşit uzaklıkta yükleme düzeneğine

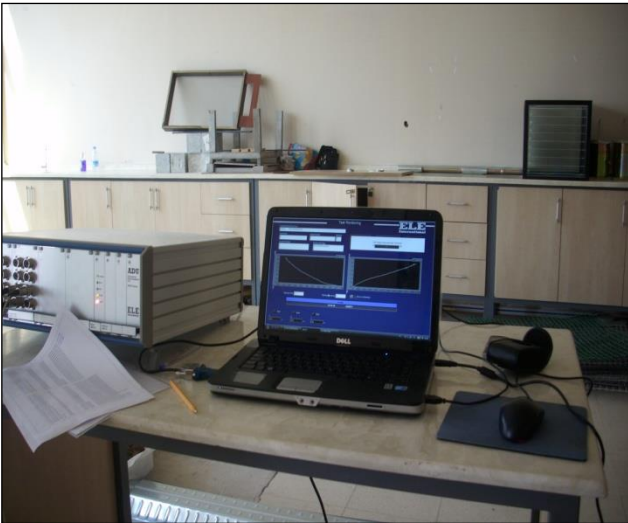
yerleştirilen plağın iki ucuna sabitlenmiştir.

2.5. Veri İşleme Ünitesi (ADU)

Uygulanan düşey yükler, yük hücresi yardımıyla 27-1495/01-5070 seri numaralı ve 16 kanal girişli ADU (Autonomous Data Unit) veri işleme cihazına aktarılmıştır (Şekil 5). Bu verilerin daha sonra bilgisayar ortamında excel programı yardımı ile yük-oturma grafikleri çizilmiştir. Oturma değerleri 2 adet deplasman ölçer (LVDT) ile ölçülmüş ve bu ölçümlerin ortalama değerleri kullanılmıştır.



Şekil 4. Yük hücresi ve yükleme sistemi



Şekil 5. Veri işleme ünitesi

2.6. Geogrid Donatı

Deneylerde kullanılan geogrid donatıya ait teknik özellikler Tablo 3'te sunulmuştur.

Özellik	Birimi	Değeri
Cinsi	-	Secugrid, Q1 (PP)
Ham madde	-	Polipropilen, beyaz renkli
Ağırlık	g/m ²	360
Maksimum Çekme Dayanımı	kN/m	60
Uzama	%	8
Çekme Dayanımı (%2 - %5 uzamada)	kN/m	22 - 48
Gözenek açıklığı	mm/mm	31/31

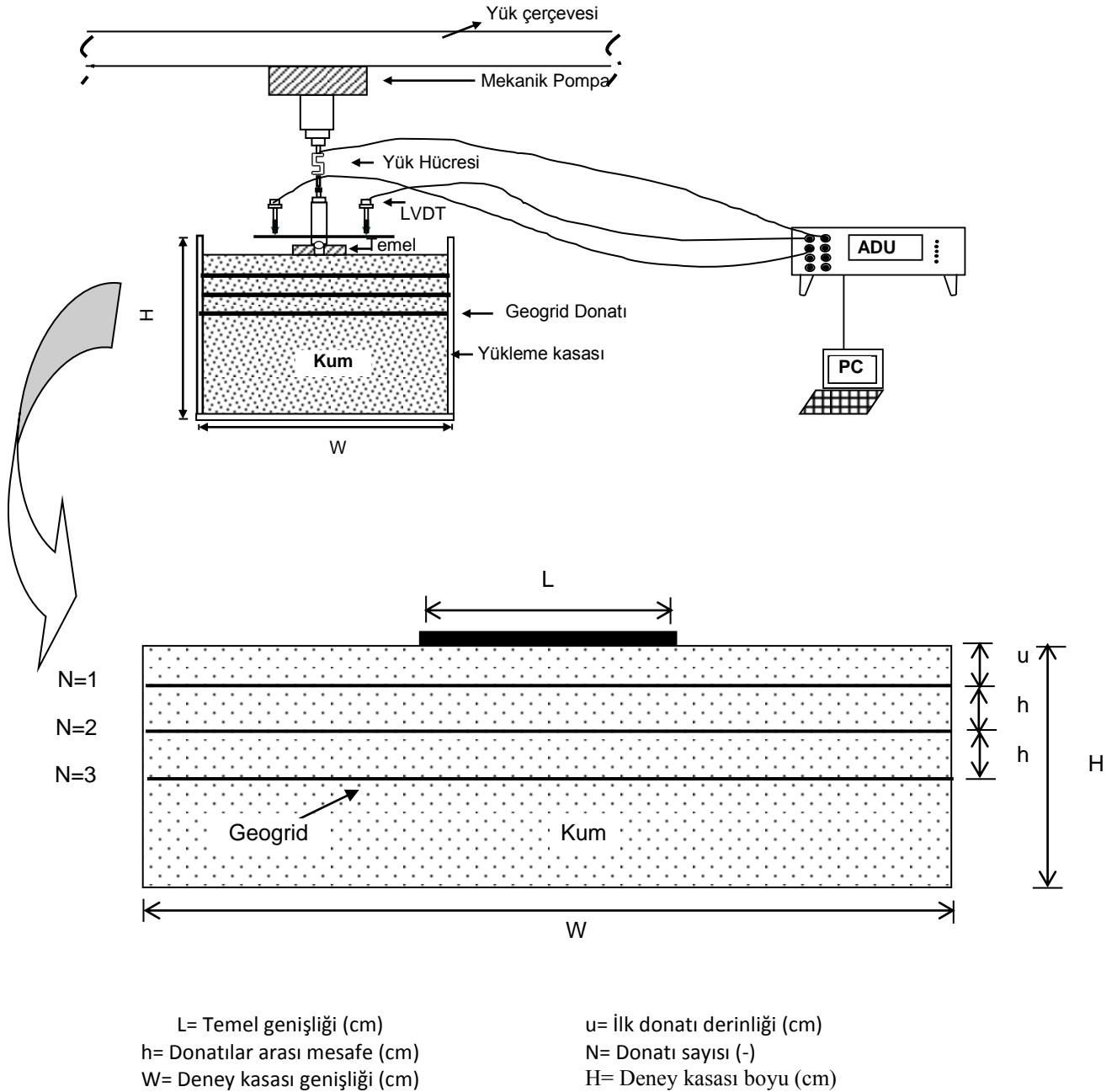
Tablo 3. Deneylerde Kullanılan Geogrid Donatıya ait Teknik Özellikler

2.6. Deneysel Yöntemi

Deneysel çalışmada, geogrid donatıya ait ilk donatı derinliği, donatılar arası mesafe, donatı sayısı gibi parametrelerin etkisini belirleyebilmek amacıyla dört farklı geometrideki temel (Tablo 2) kullanılarak düşey düzlem boyunca meydana gelen oturmalar deplasman ölçer ile temel plağına gelen yük değeri ise yük hücresi ile ölçülmüştür. Kum zemin, kasa içerisinde tabakalar halinde ve gevşek şekilde yerleştirilmiştir. Bu amaçla, gerekli kum ağırlığı 5cm'lik her tabaka için hesaplanmış ve bu şekilde yerleştirme yapılmıştır. Donatılı olarak yapılan deneylerde geogrid tabakası önceden belirlenen derinliklerde serilmiştir. Gevşek kum zemin yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra zemin üst yüzeyinin

düzgünlüğü su terazisi ile kontrol edilmiş ve temel plakası zemin yüzeyine yerleştirilmiştir. Bu aşamada yükleme düzeneğine sabitlenen plağın üzerine tutturulan deplasman ölçer temel plakasının merkezine eşit uzaklıkta yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Uygulanan yükün, temel plakası merkezine düşey yönde ve üniform olacak şekilde etki ettirilmesine özen gösterilmiştir. Deney sırasında, kademeli olarak yüklemeye devam edilmiş ve yükleme hızı her kademede sabit tutulmuştur. Her yükleme kademesinde oluşan değerler veri işleme ünitesi ile toplanmış ve verilere ait grafikler çizilmiştir. Deneylerde kullanılan yükleme düzeneği ve geogrid yerleşim düzeni ile ilgili ayrıntılar Şekil 6'da gösterilmektedir.

Şekil 6. Deneysel çalışmada kullanılan yükleme düzeneği



3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Seri I: Donatısız Deneyler

Bu seri deneylerde donatısız, gevşek kum zemine oturan +, H, T ve kare kesitli çok kenarlı model temellerin taşıma gücü davranışı ele alınmış ve toplamda 4 adet deney yapılmıştır. Deneylerin sonunda yük-oturma eğrileri çizilmiş ve bu eğrilerin yer aldığı grafiklerde yatay eksende uygulanan yük, düşey eksende ise, bu yükten dolayı meydana gelen oturma değerleri verilmiştir (Şekil 7).

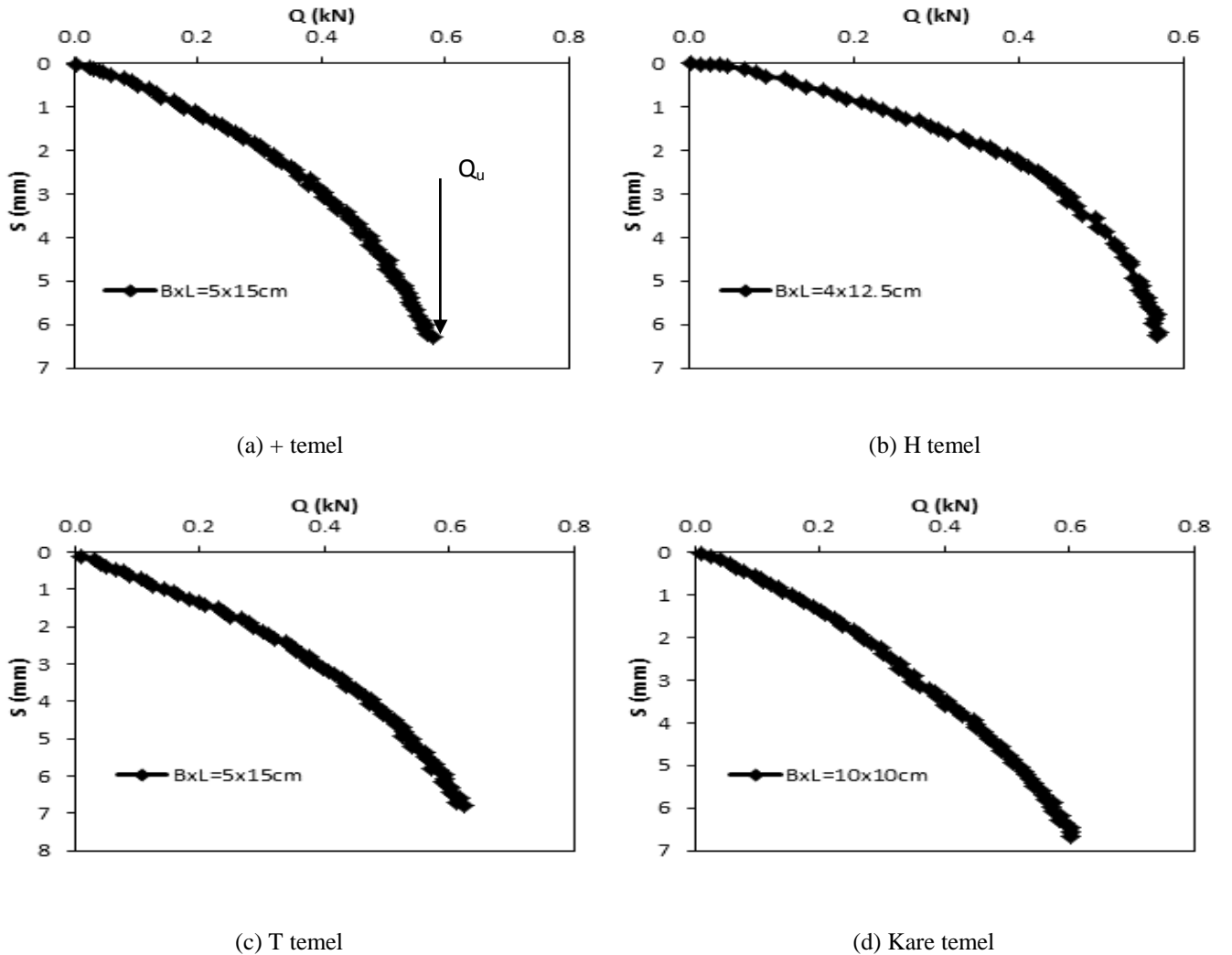
Yük-oturma eğrilerinde maksimum yük değeri, nihai taşıma kapasitesi veya göçme yükü değeri (Q_u) olarak alınmıştır. +, H, T ve kare kesitli çok kenarlı model temeller için göçme yükleri sırasıyla 0.546kN; 0.576kN; 0.611kN ve 0.603kN olarak elde edilmiştir. Sonuçlar, farklı geometriye ve yaklaşık aynı yüzey alanına sahip temellerin göçme yüklerinin birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Başlangıçta, sabit yük artımlarına karşılık oturmalar da sabit bir şekilde artmıştır. Göçme yüküne yaklaşıldığında, zeminde yanal hareketlerin başlamasıyla birlikte oturmalarındaki artış hızlanmıştır. Göçme anında ise, temel zeminindeki yanal ve dışa doğru hareket nedeniyle oturmalar ani olarak hızlanmış

ve daha fazla yük artışı kaydedilememiştir. Göçme sonrası zemin yüzeyi incelendiğinde, temel plakası kenarlarından yaklaşık 1.5L uzaklığa kadar olan bölgede zemin kabarmaları görülmüştür.

3.2. Seri II: İlk Donatı Derinliğinin (u) Etkisi

İlk donatı derinliğinin değişimine bağlı sonuçlar, Şekil 8'de görülmektedir. Bu seri deneylerde tek bir geogrid donatı tabakası kullanılmış ve donatı derinliği sırasıyla $u/L=0.17$; 0.33; 0.50; 0.67; 0.83 ve 1.00 olarak değiştirilmiştir. Bu değerlere denk gelen kum miktarları yoğunluğa bağlı olarak hesaplanmış ve serilmiştir. Seri II'de toplam 24 adet deney yapılmıştır.

Gevşek kum zeminde geogrid donatı tabakası ilavesinin taşıma gücü üzerinde meydana getirdiği iyileşmelerin derecelerini belirlemek amacıyla Taşıma Kapasitesi Oranı (BCR) (Binquet ve Lee, 1975a) tanımlanmıştır. Yapılan tüm deneylerden elde edilen grafiklerde taşıma gücü karakteristikleri yorumlanırken bu eşitlik kullanılmıştır:



Şekil 7. Donatısız deneylerde yük-oturma grafikleri

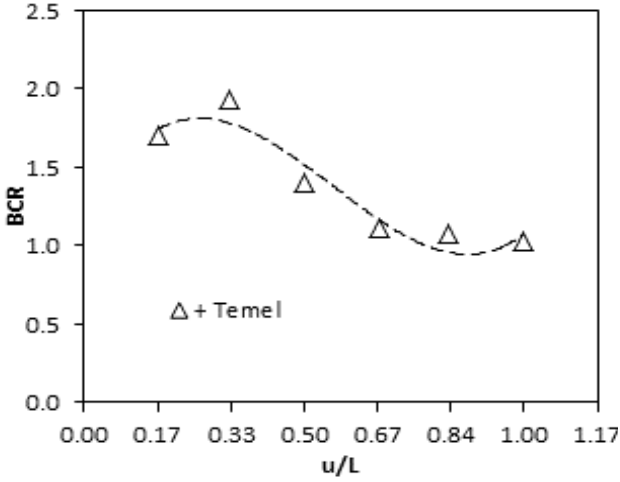
$$BCR = \frac{q_r}{q_0} \quad (1)$$

q_r :geogrid donatı tabakası ile güçlendirilmiş gevşek kum zeminde elde edilen taşıma gücü değeri,

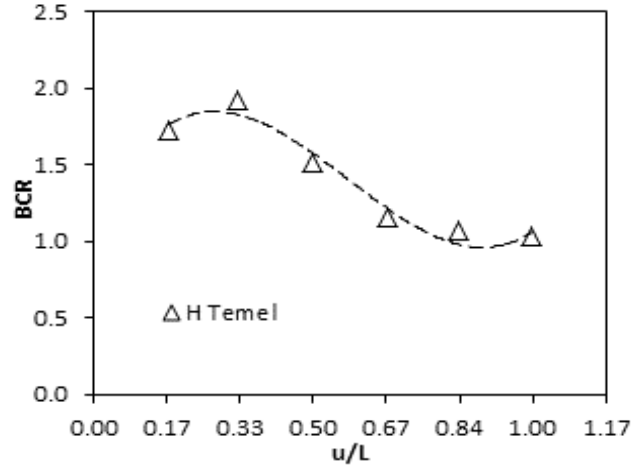
q_0 : gevşek kum zeminde elde edilen taşıma gücü değeridir.

Deneysel sonuçlardan, ilk donatı tabakası derinliğinin taşıma kapasitesini önemli derecede etkilediği görülmektedir. Şekil 8'de verilen u/L -BCR ilişkilerinden de anlaşılacağı üzere, her bir model temel türü için geogrid donatı derinliği arttıkça zemin taşıma gücünde azalmakta ve donatının $u/L=0.33$ olduğu durumda zemin taşıma gücü en yüksek değeri almaktadır. İlk donatı tabakasının $u/L=0.33$ olması durumunda taşıma kapasitesi her bir temel türü için ortalama 2 kat artmıştır. $u/L<0.33$ durumunda, donatılı zeminde meydana gelen göçmelerin zımbalama kayma göçmesi

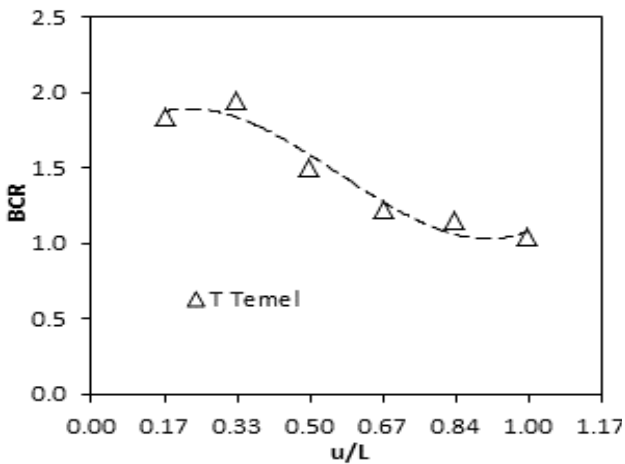
şeklinde olduğu görülmüştür. $u/L \geq 0.33$ olması durumunda ise göçmeler genel kayma göçmesi şeklindedir. u/L değeri azaldıkça, yük-oturma eğrilerinin rijitlikleri ve nihai taşıma kapasiteleri artmaktadır. Donatılı zeminlerde, temelden donatılara aktarılan yüklerin büyük bir bölümü ilk donatı tabakası tarafından karşılanmaktadır. $u/L < 0.33$ olması durumunda, donatı tabakası temel tabanına çok yakın olduğundan donatı-zemin etkileşimi efektif olarak gerçekleşmemektedir. Temelden gelen yüklerin büyük bir kısmı doğrudan ilk donatı tabakasına aktarılarak aşırı çekme gerilmeleri oluşmasına neden olmaktadır. $u/L > 0.33$ olması halinde ise ilk donatı tabakası derinliğinin temel tabanından çok uzak olması nedeniyle donatı tabakalarının taşıma kapasitesi etkisi iyice azalmakta ve donatılı bölge rijit bir taban gibi davranmaktadır. Göçme yüzeyi ise ilk donatı tabakası ile temel tabanı arasında oluşmaktadır. BCR'deki artış hızı azalarak yaklaşık 0.83 değerinde asimtot kalmaktadır. Donatılı zeminin yük-oturma davranışı, donatısız zemininki ile benzer olup, genel kayma göçmesini yansıtan niteliktedir.



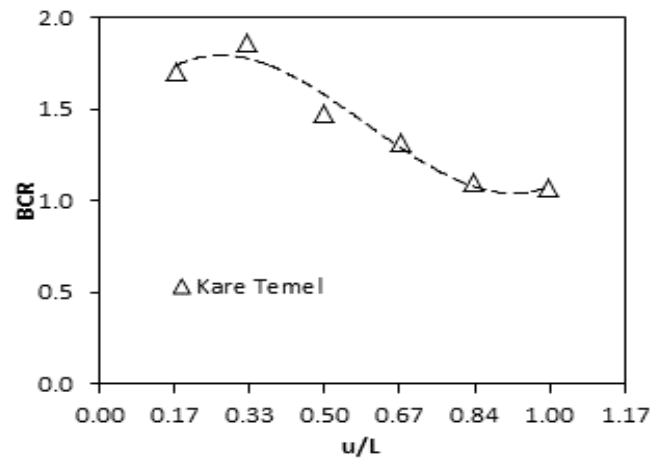
(a) + temel



(b) H temel



(c) T temel



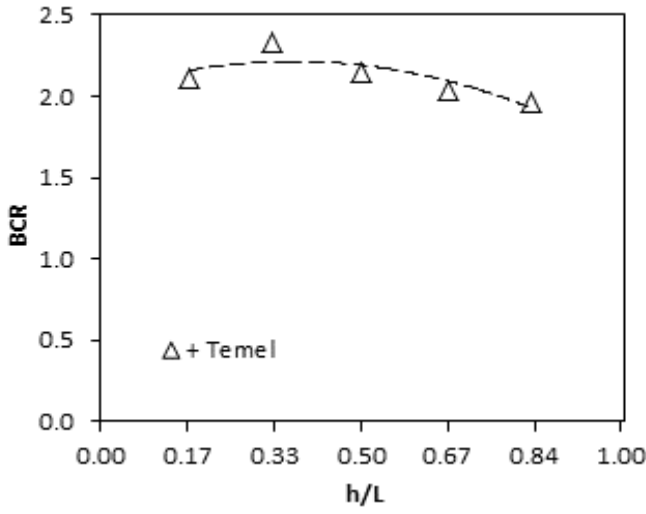
(d) Kare temel

Şekil 8. İlk donatı derinliğinin (u) etkisi

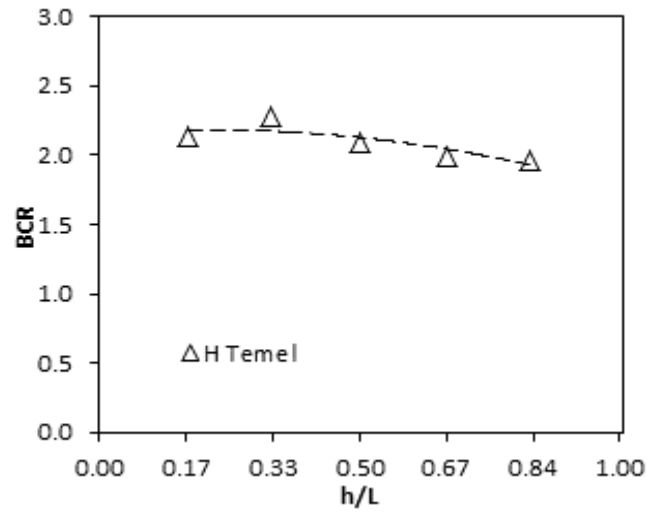
3.3. Seri III: Donatılar arası Mesafenin (h) Etkisi

Bu seri deneylerde donatılar arası mesafenin (h) taşıma gücü üzerindeki etkisi 20 farklı deney yapılarak araştırılmıştır. İki donatının kullanıldığı bu deneylerde ilk donatı derinliği sabit tutularak ikinci donatının yeri değiştirilmiştir. İlk donatı derinliği 0.17L olarak sabit tutulmuş, ikinci donatının yeri (h) sırasıyla 0.17L; 0.33L; 0.50L; 0.67L ve 0.83L olacak şekilde değiştirilmiştir. Her bir temel türüne ait BCR değişimleri, h değerine bağlı olarak Şekil 9'da verilmiştir. Tüm temel türleri için $h/L=0.33$ olduğu durumda zemin taşıma gücünün maksimum olduğu gözlenmiştir. Genel olarak zemin taşıma gücü en yüksek değerden en az değere doğru; $h/L=0.33$,

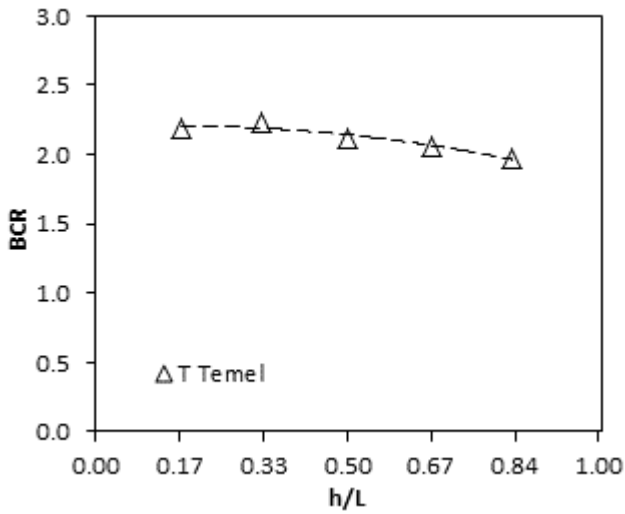
$h/L=0.50$, $h/L=0.17$, $h/L=0.67$, $h/L=0.83$ şeklinde sıralanmıştır. Burada $h/L=0.33$ değerinde zemin taşıma kapasitesinin maksimum olması durumu, iki donatı arasında oluşan rijit bloğun zemin taşıma gücünü etkilediği şeklinde açıklanabilmektedir. $h/L<0.33$ olması durumunda, donatı tabakaları birbirine çok yakın olmakta ve donatı-zemin etkileşimi için tabakalar arasında yeterli miktarda zemin bulunmamaktadır. Bu durumda, yüklerin büyük bir kısmı üstteki donatı tabakaları tarafından karşılanmakta olup bu donatılarda aşırı çekme gerilmeleri oluşmaktadır.



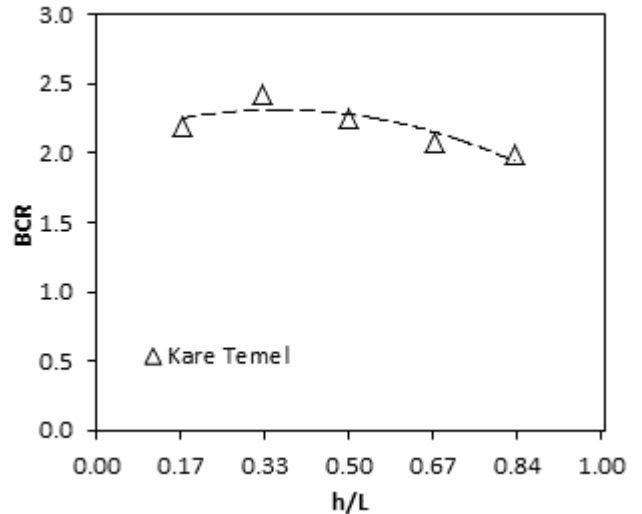
(a) + temel



(b) H temel



(c) T temel



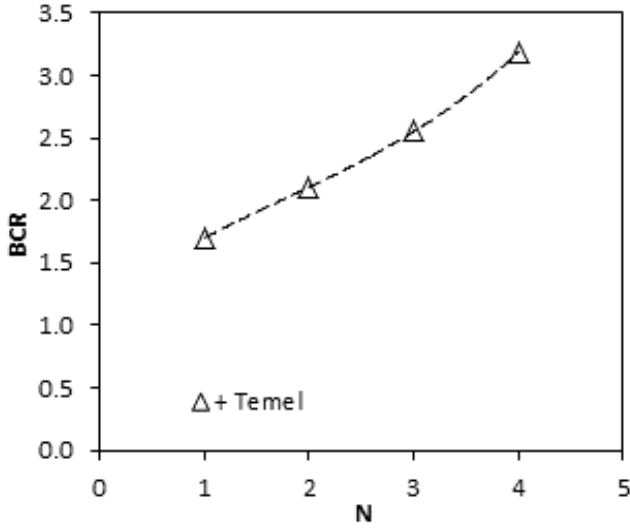
(d) Kare temel

Şekil 9. Donatılar arası mesafenin (h) etkisi

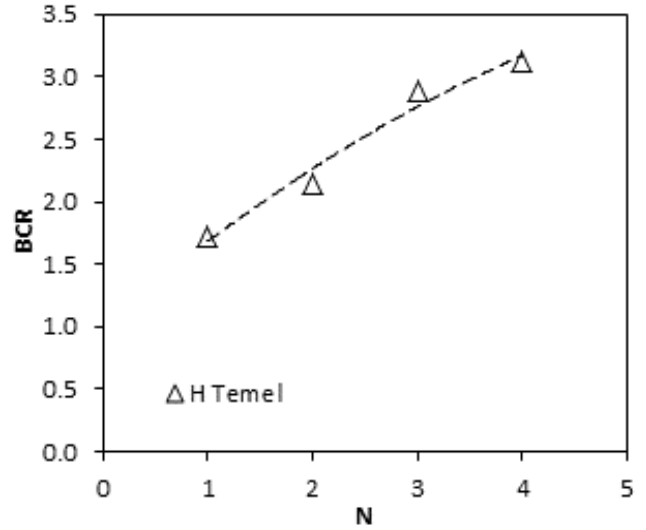
3.4. Seri IV: Donatı Sayısının (N) Etkisi

Bu seride yapılan deneylerde donatı sayısının taşıma gücü üzerindeki etkileri araştırılmış, elde edilen N-BCR ilişkisi de Şekil 10'da sunulmuştur. Deneylerde ilk donatı derinliği ve donatılar arası derinlik $u/L=h/L=0.17$ olarak sabit tutulmuş ve donatı sayısı sırası ile 1; 2; 3 ve 4 olarak değiştirilmiştir. Seri IV'de toplam 16 adet deney yapılmıştır. Donatı sayısı arttıkça tüm temel türleri için zemin taşıma gücünde belirgin bir artış görülmüştür. Donatı sayısı $N=4$ olduğu durumda zemin taşıma gücü maksimum olmuştur. Taşıma gücü değerlerinde, $N=4$ durumunda tüm temel türleri için ortalama 3 kat artış

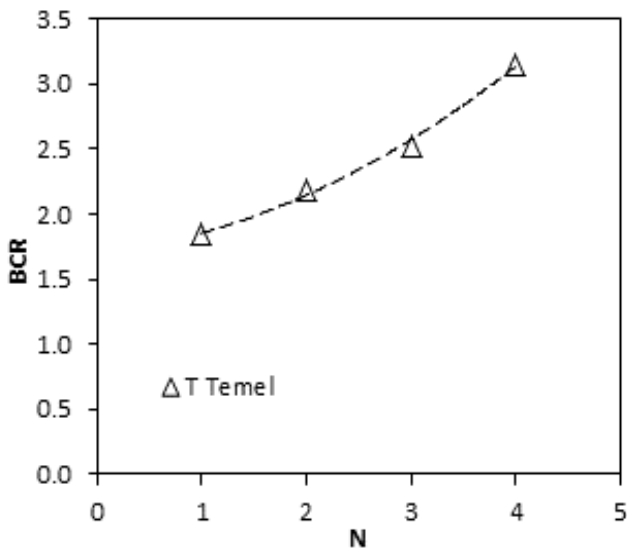
gözlenmiştir. Geogrid donatı ile güçlendirilen zeminlerde, temel tabanından itibaren belli bir derinlik içerisinde kalan donatı tabakaları efektif çalışarak taşıma kapasitesine önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda bu bölge, efektif toplam donatı derinliği olarak ta isimlendirilmektedir. Efektif derinlikten daha derine yerleştirilen geogrid donatı tabakalarının taşıma kapasitesine katkısı fazla olmamaktadır. Bu durumda donatılı zeminin taşıma kapasitesi, bu bölge içerisine yerleştirilecek donatı tabaka sayısına ve bu tabakalar arasındaki mesafeye bağlıdır.



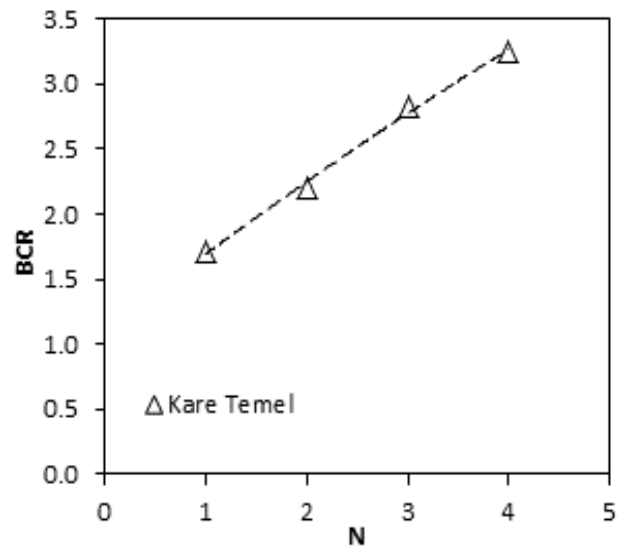
(a) + temel



(b) H temel



(c) T temel



(d) Kare temel

Şekil 10. Donatı sayısının (N) etkisi

Parametre	Bu çalışma		Wayne ve ark. (1998)	
	Tipik değer	BCR _{max}	Tipik ve önerilen değerler	BCR
u	0.33L (+, H, T ve kare tip)	≈ 2.0	0.15B - 0.3B arası < 0.5B	1.5 - 2.5 arası (şerit temel)
h	0.33L (+, H, T ve kare tip)	≈ 2.5	0.15B - 0.3B arası < 0.5B	1.5 - 1.8 arası (kare temel)
N	4 (+, H, T ve kare tip)	≈ 3.0	2 - 4 arası < 5	

Tablo 4. Geogrid Donatılı Zeminler için Önerilen Tasarım Parametreleri

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, geogrid donatı ile güçlendirilen gevşek kum zeminlere oturan çok kenarlı yüzeysel temellerin taşıma gücü davranışları laboratuvar ortamında yapılan model deneylerle araştırılmıştır. +, H, T ve kare kesitli çok kenarlı temeller kullanılarak toplam 64 adet laboratuvar model deneyi yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Farklı geometriye ancak yaklaşık aynı yüzey alanına sahip çok kenarlı yüzeysel temellerin göçme yükleri arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir.
- Gevşek kum zeminlerde geogrid donatı tabakası kullanılması, zemin taşıma gücünü artırmıştır.
- İlk donatı derinliği (u) arttıkça +, H, T ve kare kesitli temeller için zeminin taşıma gücünün azaldığı gözlenmiştir. Her bir temel türü için en yüksek taşıma gücü değerleri $u=0.33L$ olması durumunda elde edilmiştir. Tek bir donatı yerleştirilmesinde taşıma gücü değerleri yaklaşık 2 kat artmıştır.
- İki 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 gücü en yüksek değerini almıştır. Sonuçta yaklaşık 2.5 katlık bir taşıma gücü artışı gözlenmiştir.
- Donatı sayısı (N) arttıkça +, H, T ve kare kesitli temellerde zeminin taşıma gücü ortalama 3 kata kadar artmıştır.
- Çalışmada elde edilen değerlerin literatür verileriyle de uyumlu olduğu söylenebilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma; Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen “Donatılı Kum Zemine Oturan Çok Kenarlı Yüzeysel Temellerin Analizi” başlıklı ve 8285 no’lu Araştırma Projesi kapsamında yürütülmüştür.

Kaynaklar

1. Binquet, J. and Lee, K.L., Bearing Capacity Tests on Reinforced Earth Slabs, *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE 101 (GT12), 1241-1255, 1975a.
2. Bransby, M.F. and Randolph, M.F., The Effect of Embedment Depth on the Undrained Response of Skirted Foundations to Combined Loading, *Soils and*

- Foundations, 39(4), 19-34, 1999a.
3. Bransby, M.F. and Randolph, M.F., The Effect of Skirted Foundation Shape on Response to Combined V-M-H Loadings, *International Journal of Offshore and Polar Engineering*, 9(3), 214-218, 1999b.
4. Ghazavi, M. and Hadiani, N., Bearing Capacity of Multi-Edge Foundations, M.S. Thesis, Department of Civil Engineering, K.N.T. University of Technology, Tehran (Iran), 2005.
5. Ghazavi, M. and Mokhtari, S., Numerical Investigation of Load-Settlement Characteristics of Multi-Edge Shallow Foundations, The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), Goa, India, 2008.
6. Kurian, N.P., *Shell Foundations: Geometry, Analysis, Design and Construction*, Alpha Science Intl Ltd., 2006.
7. Tani, K. and Craig, W.H., Bearing Capacity of Circular Foundations on Soft Clay of Strength Increasing with Depth, *Soils and Foundations*, 35(4), 21-35, 1995.
8. Uzuner, B.A., *Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekanikliği*, Teknik Yayınevi, Ankara, 1998.
9. Watson, P.G. and Randolph, M.F., Vertical Capacity of Caisson Foundations in Calcareous Sediments, 7th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE-97, Honolulu, Hawaii, USA, International Society of Offshore and Polar Engineers, 2, 784-790, 1997.
10. Wayne, M.H., Han, J. and Akins, K., The Design of Geosynthetic Reinforced Foundations, *Geosynthetics in Foundation Reinforcement and Erosion Control Systems*, Geotechnical Special Publication, 76, J.J. Bowders, H.B. Scranton and G.P. Broderick, Eds., 1-18, 1998.