

BARET KAZIKLARDA TAŞIMA GÜCÜ DAVRANIŞININ SAYISAL ANALİZİ

NUMERICAL ANALYSIS OF BEARING CAPACITY BEHAVIOR IN BARRETTE PILES

Ömer YEŞİLTEPE¹, Murat ÖRNEK²

ÖZET

Günümüzde gelişen teknolojiler ile birlikte her türden zemine yapılan ağır veya yüksek yapıların sayısı oldukça artmaktadır. Bu tür yapıların yapıldığı zayıf zeminlerde yapı yükünü sağlam tabakalara aktarabilmek adına farklı derin temel tipleri tasarlanmaktadır. Bu derin temellerden birisi de baret temelleridir. Baret temeller, diyafram duvar ekipmanı ile açılan, bentonit veya polimer süspansiyonu ile kazı desteği sağlanan derin kuyuların donatı yerleştirilmesi ve beton dökülmesi sonucu elde edilen betonarme kazıklı temellerdir. Baret temellerin her türlü zeminde uygulanabilmesi, taşıma kapasitesinin, aynı kesit alanında fore kazıklara göre daha fazla olması ve daha ekonomik olması, kazık boyunun uygulama şartlarına göre ayarlanabilmesi gibi birçok avantajları vardır.

Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemini esas alan Plaxis 3D yazılımı kullanılarak aynı zemin şartlarında farklı kesit alanlara sahip dikdörtgen baret kazıkların ve fore kazıkların taşıma gücünün kazık boyuyla değişimi ve yük-deplasman parametreleri analiz edilecektir. Sonrasında zeminin içsel sürtünme açısının kazıkların taşıma gücü üzerindeki etkisi incelenecektir. Sayısal analizler sonucunda her iki kazık tipi için boy değişimi taşıma gücü ve yük deplasman verileri kıyaslanarak sonuçlar yorumlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Baret kazık, fore kazık, taşıma gücü, sayısal analiz

ABSTRACT

Today, with the developing technologies, the number of heavy or high structures built on different soils is increasing. Different types of deep foundations are designed in order to transfer the structural load to the hard soil layers in weak soils where such structures are built. One of these deep foundations is the barrette foundations. Barrette foundations are reinforced concrete piled foundations that are obtained as a result of placing reinforcement and pouring concrete from deep wells drilled with diaphragm wall equipment and provided with excavation support with bentonite or polymer suspension. Barrette foundations have many advantages such as being able to be applied on all kinds of soils, having a higher bearing capacity than bored piles in the same surface area, being

¹ Öğretim Görevlisi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, omeryesiltepe@kilis.edu.tr (Sorumlu yazar)

² Prof. Dr., İskenderun Teknik Üniversitesi, murat.ornek@iste.edu.tr

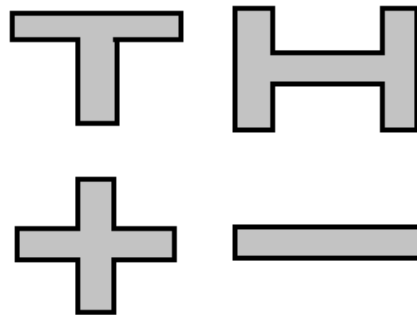
more economical, and adjusting the length of the pile according to the application conditions. In this study, the variation of bearing capacity with pile length and load-displacement parameters of rectangular barrette piles and bored piles with different surface areas under the same soil conditions will be analyzed using Plaxis 3D software, which is based on the finite element method. Afterwards, the effect of the change in the internal friction angle of the soil on the bearing capacity of the piles has been examined. As a result of numerical analysis, the results will be interpreted by comparing the length change, bearing capacity and load displacement data for both pile types.

Keywords: Barrette pile, bored pile, bearing capacity, numerical analysis

1.GİRİŞ

Temeller yapıdan gelen yükleri üzerinde bulunduğu zemine aktaran yapı elemanları olarak tanımlanırlar. Üst yapıdan gelen yüklerin aşırı ve zeminin taşıma gücünün elverişli olmaması durumunda yüzeysel temellerin yerine derin temeller tercih edilmektedir. Derin temel sistemlerinde yaygın olarak daire kesitli fore kazıklar kullanılsa da günümüzde daha farklı kesitlerde kazıkların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu kazıkların başında dikdörtgen kesitli baret kazıklar gelmektedir. Baret kazıklar aynı kesit alana sahip fore kazıklara göre daha fazla yanıl sürtünme alanına sahip oldukları için daha fazla sürtünme kuvvetine maruz kalmaktadırlar. Bu sebepten dolayı fore kazıklar yerine baret kazık tercih edilmesi durumunda daha az maliyetle daha fazla taşıma gücü elde edilebilir.

Baret kazıklar, diyafram duvar ekipmanları ile açılarak bentonit veya polimer süspansiyonu ile kazı desteği sağlanan kuyulara donatı yerleştirilip beton dökülmesi sonucunda elde edilen betonarme kazıklı temel sistemidir. Baret temeller, genellikle dikdörtgen kesitli olarak tasarlanmasına rağmen kolon planı, yük dağılımı ve yapının oturumu dikkate alınarak farklı kesitlerde imal edilmektedir (Morrison ve Pugh, 1990; Johnson vd., 1992). Baret kazıkların fore kazıklara göre ayırt edici özelliği, yapım esnasındaki delgi yöntemi ve zemin içerisinde inşa edilen yerinde dökme betonarme elemanın kesitidir. Delme işlemi hidrolik grab, mekanik grab veya hidrofrez (cutter) ekipmanı kullanılarak yapılmaktadır. Kullanılan ekipmanın boyutları kazık boyutlarını belirlemektedir. Standard boyutlarda inşa edilen tekil bir baret kazığın kısa kenarı, tipik olarak 60, 80, 100, 120 veya 150 cm genişliğinde ve kullanılan ekipmana bağlı olarak uzun kenarı 250 cm ya da 280 cm olmaktadır. Tasarlanan yük kapasitesine bağlı olarak uzun kenarı daha fazla olabileceği gibi, I, +, H, veya T şeklinde baretler inşa edilmektedir. Baret kazıkların hesap ve ölçümleme yöntemleri klasik dairesel kesitli fore kazıklar ile benzerdir. Baret kazıklara dair kesitler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Baret kazıklar için çeşitli kesit tipleri

Baret temellerin istenilen her zeminde uygulanabilmesi, taşıma kapasitesinin fore kazıklara göre daha yüksek ve daha ekonomik olması, kazık geometrisinin ve boyunun uygulama şartlarına göre istenildiği şekilde ayarlanabilmesi gibi birçok avantajından dolayı baret kazıklarla ilgili çalışmalara ilginin artmasına neden olmuştur. Bu kapsamda baret kazıklar ile ilgili yapılan sayısal analiz çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Basu vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, eksenel yükün etkisindeki eksenel kazığın sapmasının derinliğin bir fonksiyonu olarak elde edilmesi amaçlanmıştır. Üç boyutlu tabakalı zemine yerleştirilmiş eksenel yük altındaki farklı boyutlarda dikdörtgen baret kazıklar için bir analiz yöntemi geliştirilmiştir. Analitik yaklaşım ile elde edilen sonuçlar, üç boyutlu sonlu elemanlar programı ABAQUS ile modellenerek karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile analitik yaklaşım sonuçlarının sonlu elemanlar sonuçlarıyla oldukça iyi bir şekilde eşleştiği, kesit şeklinin kazık kapasitesini etkilediği ve baret ile aynı kesit alanına sahip dairesel kazıklarda sapma miktarının baret kazıklardaki sapmadan daha fazla olduğu görülmüştür.

Seo, vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, tabakalı zeminlere yerleştirilmiş olan baret ve fore kazıklar için oturma analizleri sunulmuştur. Aynı zeminde bulunan aynı kesit alanına, aynı uzunluğa sahip dikdörtgen ve dairesel kazıklara eksenel yükleme yapılmış ve analitik sonuçlar ile sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan sayısal analiz (ABAQUS) sonuçları karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemle yapılan analizlerin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Jitesh vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, tek bir baret kazığının nihai kapasitesini belirleyebilmek için sonlu elemanlar (FE) analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler Plaxis 2D programı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizlerde mukavemet parametrelerinin, zeminin birim hacim ağırlığının, sürşarj yükü, baret ile zemin arasındaki ara yüz mukavemet değerinin ve baret geometrisinin tekil baretin nihai taşıma gücü kapasitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Taşıma gücü kapasitesinin değerlendirilmesi amacıyla Mohr-Coulomb (MC) modeli, Hardening Soil (HS) modeli, Hardening Soil modeli (HSsmall) ve Soft Soil (SS) modeli kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, zeminin mukavemet parametrelerinin, zeminin birim ağırlığının ve zemin seviyesinde uygulanan sürşarj yükünün büyüklüğünün artmasıyla göçme yükünün arttığı görülmüştür. Göçme yükünün aynı zamanda baretin geometrisine ve ara yüz mukavemeti değerine de bağlı olduğu ortaya konmuştur.

Rafa ve Moussai (2018) tarafından Plaxis 3D kullanılarak dairesel kesitli kazıklar ve baretler üzerinde basınç kuvveti altında davranışlarını incelemek amacıyla sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda test kazığı ile reaksiyon kazığı arasındaki etkileşim ve test bareti ile reaksiyon bareti arasındaki etkileşimler de incelenmiştir. Bu etkileşimin kazığın şekline, narınlığına, reaksiyon kazıkları ile test kazıkları arasındaki mesafeye bağlı olduğu ve test kazığı ile reaksiyon kazığı arasındaki etkileşimin test bareti ile reaksiyon bareti arasındaki etkileşimden daha önemli olduğu anlaşılmıştır.

Chang vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, uygulaması yapılmış olan baret kazıklara ait kazık yükleme deney verileri, üç boyutlu sonlu elemanlar analiz sonuçları, iki boyutlu

sonlu farklar analiz sonuçları ve analitik yöntemler ile hesaplanan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Analizler hem killi hem de kumlu zeminler olacak şekilde kademeli zemin katmanları için basınç ve çekme kuvvetleri altında yapılmıştır. Zemin bünye modeli olarak ise Mohr-Coulomb (MC) seçilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, sonlu elemanlar analizlerinin sonlu farklar analizlerinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Kil zemin ortamında analitik yöntemlerin güzel sonuçlar verdiği ancak kum ortamında çekme kuvveti altında sonuçların iyi sonuçlar vermediği ortaya konmuştur.

Znamenskii vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, uygulaması yapılmış olan 56 katlı bir konut projesinin inşaat alanındaki tam ölçekli baret kazıklara ait yükleme deney verilerini kullanarak sonlu elemanlar metodunu esas alan 'MIDAS GTS NX' programı ile baret kazıkların sayısal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları ve deney sonuçları incelendiğinde 3600 tonluk bir yük uygulanması durumunda sayısal analizlerden elde edilen deplasman verilerinin, tam ölçekli deneyde elde edilen deplasman verilerinden yaklaşık olarak %26 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak baret kazıkların sayısal analizleri için "MIDAS GTS NX" programı ile sonlu elemanlar yönteminin kabul edilebilir bir doğrulukla kullanılabileceği ileri sürülmüştür.

Bu çalışmada ilk olarak Plaxis 3D yazılımı kullanılarak kum zemin ortamında farklı kesit alanlara sahip dikdörtgen baret kazıkların ve fore kazıkların taşıma gücünün kazık boyuyla değişimi ve yük-deplasman parametreleri Hardening Soil (HS) zemin bünye modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla sayısal analizlerde kullanılan zemine ve kazıklara ilişkin bilgiler Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Analizlerde kullanılan kum zemine ait bilgiler

Parametreler	Değerler
γ_{unsat} (kN/m ³)	15,2
γ_{sat} (kN/m ³)	18
E_{50} (kN/m ²)	9×10^3
E_{oed} (kN/m ²)	9×10^3
E_{ur} (kN/m ²)	27×10^3
ν	0,3
c (kN/m ²)	0,21
ϕ (°)	26/28/30
ψ (°)	0
R_{inter}	0,7

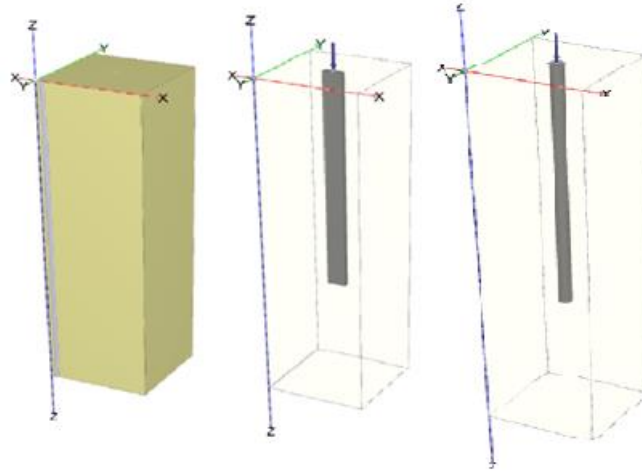
Tablo 2. Analizlerde kullanılan kazığa ait bilgiler

Parametreler	Değerler
E (kN/m ²)	27×10^9
γ (kN/m ³)	24
ν	0,2

2.SAYISAL ANALİZLER

Bu çalışmada Plaxis 3D yazılımı kullanılarak oluşturulan kum zemin ortamında farklı kesit alanlarda ve boylarda kazıklar eksenel basınç kuvvetine maruz bırakılarak sayısal analizler yapılmıştır. İlk olarak Tablo 3'de verilen bütün kazıklar içsel sürtünme açısı 30 derecede sabit tutularak eksenel basınca maruz bırakılarak kazıkların yük – deplasman grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler yardımıyla aynı kesit alana sahip baret ve fore kazıkların aynı

yük altında deplasman değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca kesit alanı değişiminin etkisi ile hem baret hem de fore kazıkların davranışları incelenip birbirleri ile kıyaslanmıştır. Daha sonra içsel sürtünme açısı değeri değişiminin kazıkların taşıma gücü kapasitesine etkisini incelemek amacıyla içsel sürtünme açısı değerleri 26,28 ve 30 derece seçilerek bir seri analiz yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçlarından elde edilen veriler ile içsel sürtünme açısı değişiminin hem baret kazığının hem de fore kazığının taşıma gücü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sayısal analize konu olan problemin Plaxis 3D’de ki görünümü Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Sayısal analizlerde oluşturulan geometri (fore eklenecek)

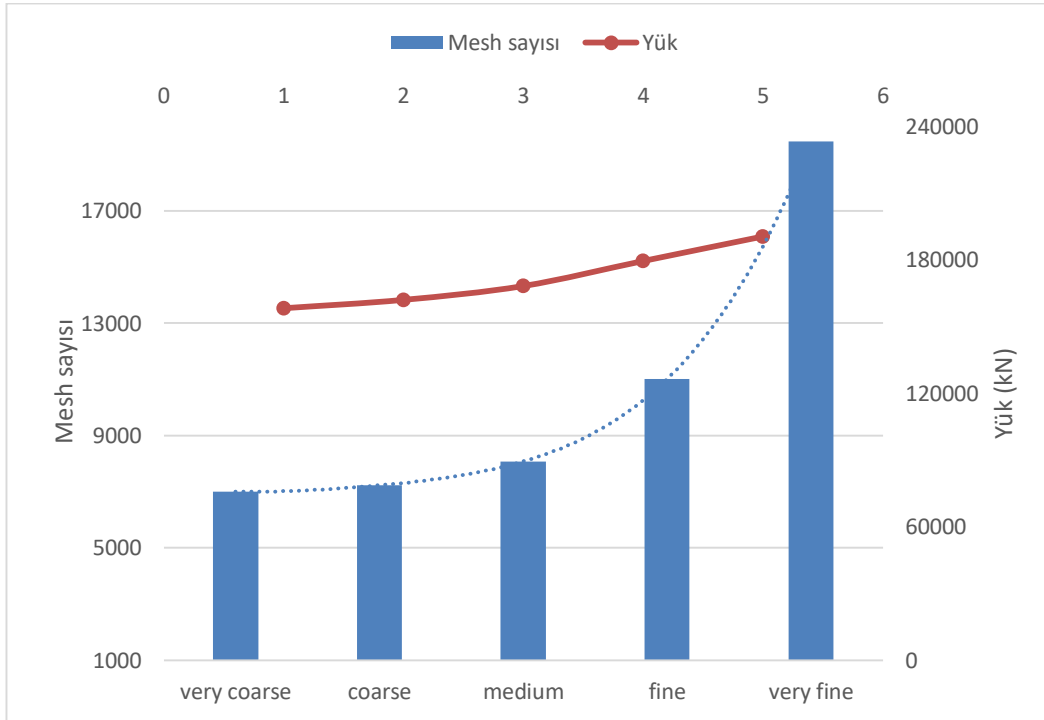
Analizlerde kullanılan kazıklara ait geometrik veriler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Analizlerde kullanılan kazıklara ait kesit ve boy bilgileri

Kazık Tipi	Boyut				Kesit Alan(m^2)
	B(m)	H(m)	D(m)	L(m)	
Baret	0,8	2,8		20	2,24
Baret	0,8	2,8		25	2,24
Baret	0,8	2,8		30	2,24
Baret	0,8	2,8		35	2,24
Baret	0,8	2,8		40	2,24
Fore			1,7	20	2,24
Fore			1,7	25	2,24
Fore			1,7	30	2,24
Fore			1,7	35	2,24
Fore			1,7	40	2,24
Baret	0,6	2,2		20	1,2
Baret	0,6	2,2		25	1,2
Baret	0,6	2,2		30	1,2
Baret	0,6	2,2		35	1,2
Baret	0,6	2,2		40	1,2
Fore			1,3	20	1,2
Fore			1,3	25	1,2
Fore			1,3	30	1,2
Fore			1,3	35	1,2
Fore			1,3	40	1,2

2.1. Ağ Analizi

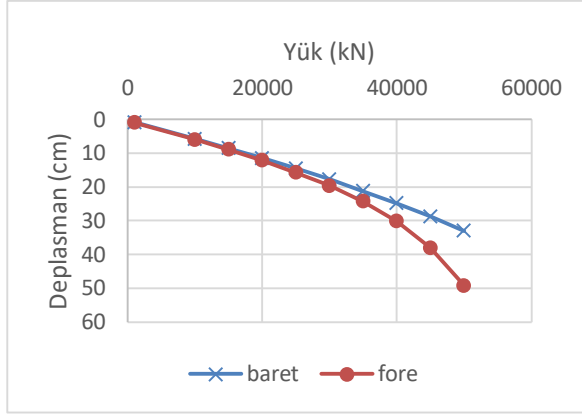
Sonlu elemanlar metodunun en önemli faktörlerinden birisi de mesh olarak adlandırılan ve bütünü oluşturan küçük parçalardır. Bir problemin çözümünde mesh sıklığı sonucu etkileyen önemli bir parametredir. Problemi ne kadar küçük elemanlara bölersek doğru sonuca o kadar çok yaklaşabiliriz ancak eleman sayısının fazlalığı sonlu elemanlar probleminin karmaşıklığını dolayısıyla çözüm süresini arttıracaktır. Bundan dolayı zamandan tasarruf sağlanabilecek ve doğru sonucu verecek optimum eleman boyutları seçilmelidir. Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı optimum ağ sıklığını tespit edebilmek amacıyla bir takım analizler yapılmıştır. Model geometrisi tanımlandıktan sonra kum zemin tabakası ve kazık eleman için belirlenen özellikler ilgili bölgelere atanıp, Plaxis programında standart olarak mevcut olan beş farklı mesh sıklığı (very coarse, coarse, medium, fine, very fine) tek tek uygulanarak analizler yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 2’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre düşük mesh yoğunluğundan sıkı mesh yoğunluğuna gittikçe taşıma kapasitesinin arttığı görülmektedir. Fine ve very fine mesh sıklığı durumunda ki değerlerin birbirine yakın ve diğerlerinden ayrıştığı görülmektedir. Çok ince mesh sıklığında oldukça fazla analiz süreleri oluştuğu için ve çözülecek problemin çok karmaşık olmamasından dolayı mesh sıklığı olarak fine mesh sıklığı seçilmiştir.



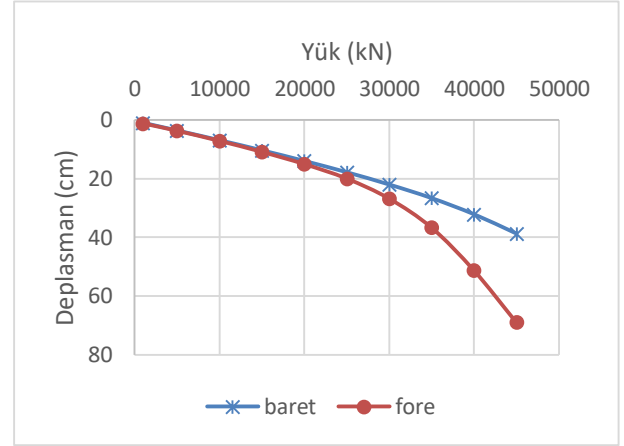
Şekil 2. Mesh yoğunluğunun taşıma gücü kapasitesine etkisi

2.2. Kazık kesit ve boy değişiminin etkisi

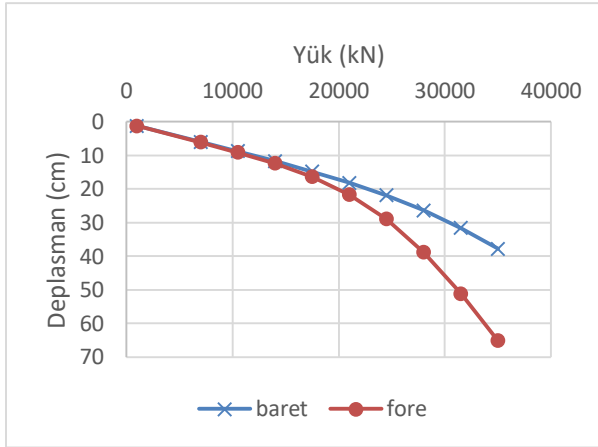
Analizlerde kullanılan baret kazıklarda genişlik (B) 0,60 m ile 0,80 m, uzunluk (H) 2,2 m ile 2,80 m, fore kazıklarda çap (D) 1,3 m ile 1,7 m ve kazık boyları (L) 20,25,30,35 ve 40 m olarak seçilmiştir. Kazık boyu arttıkça, baret kazık ve fore kazık için yük-deplasman ilişkisinin ve taşıma gücünün ne ölçüde değiştiğini görebilmek adına sayısal analizler yapılmıştır. İlk olarak 0,80 x 2,80 m’lik baret kazıklar ile 1,70m çaplı fore kazıklar için boy değişiminin kazığın yük deplasman ilişkisi üzerindeki etkileri analiz edilmiş ve sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara ilişkin grafikler Şekil 3’de verilmiştir.



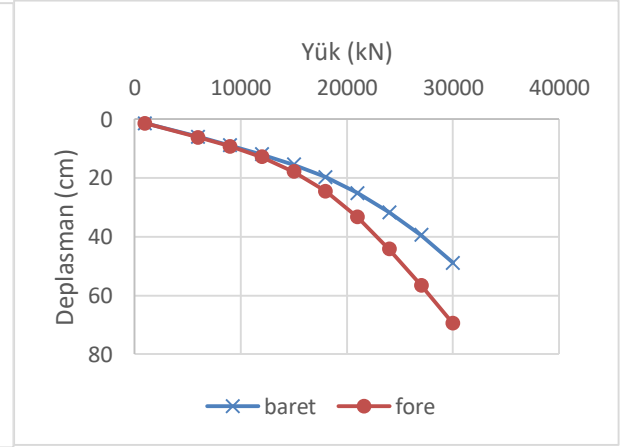
(a) L= 40m için yük-deplasman grafiği



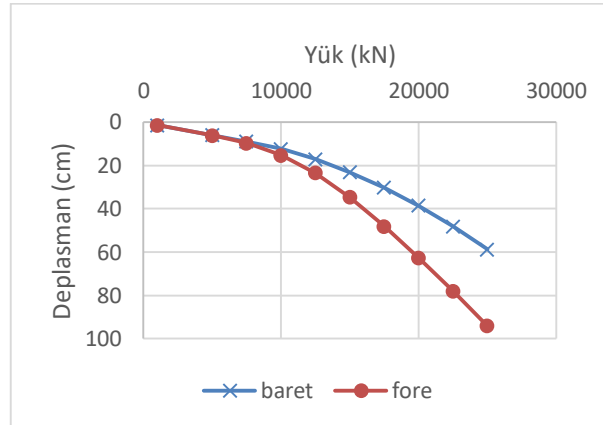
(b) L= 35m için yük-deplasman grafiği



(c) L= 30m için yük-deplasman grafiği



(d) L= 25m için yük-deplasman grafiği

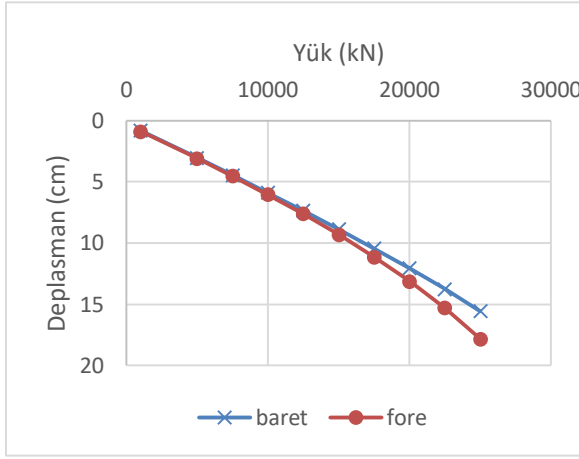


(e) L= 20m için yük-deplasman grafiği

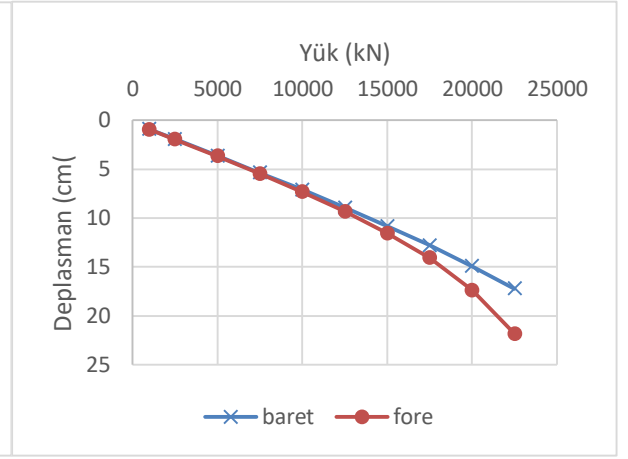
Şekil 3. 0,80m x 2,80m boyutlarında baret kazıklara ve 1,7m çapında fore kazıklara ait yük-deplasman sonuçları

Sonuçlar incelendiğinde fore kazıkların baret kazıklara göre % 42 ile % 77 arasında daha fazla deplasman yaptıkları görülmektedir. Bu sonuç deplasman esaslı problemlerin çözümünde baret kazıkların fore kazıklara göre çok daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

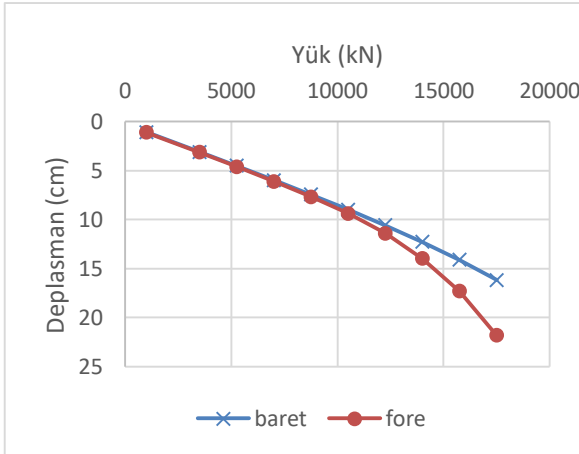
Daha sonra bir önceki analizlerde kullanılan kazıkların neredeyse yarısı kadar kesit alana sahip olan 0,60 x 2,20 m'lik baret kazıklar ile 1,30m çaplı fore kazıklar için hem boy değişiminin hem de kesit alanı değişiminin kazığın yük deplasman ilişkisi üzerindeki etkileri analiz edilmiş ve sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara ilişkin grafikler Şekil 4'de verilmiştir.



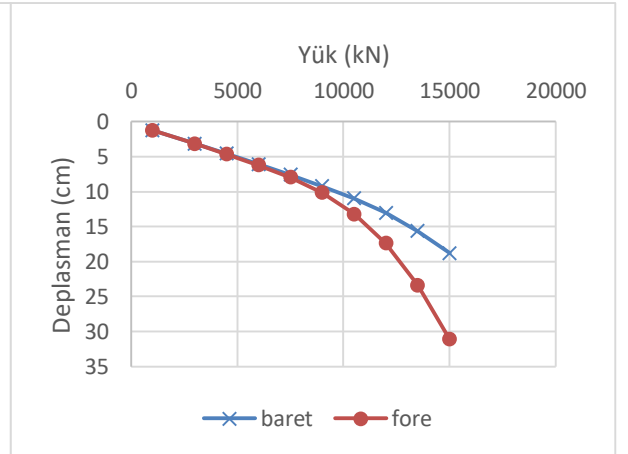
(a) L= 40m için yük-deplasman grafiği



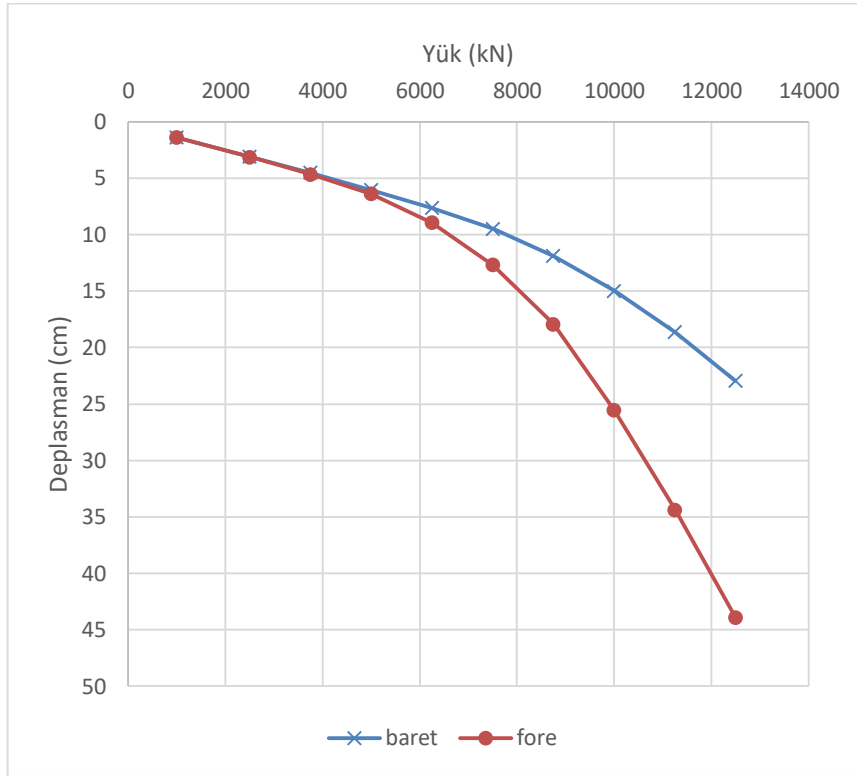
(b) L= 35m için yük-deplasman grafiği



(c) L= 30m için yük-deplasman grafiği



(d) L= 25m için yük-deplasman grafiği



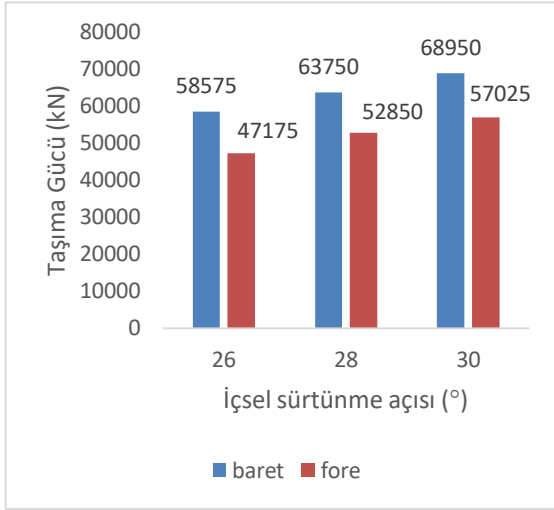
(e) L= 20m için yük-deplasman grafiği

Şekil 4. 0,60m x 2,20m boyutlarında baret kazıklara ve 1,3m çapında fore kazıklara ait yük-deplasman sonuçları

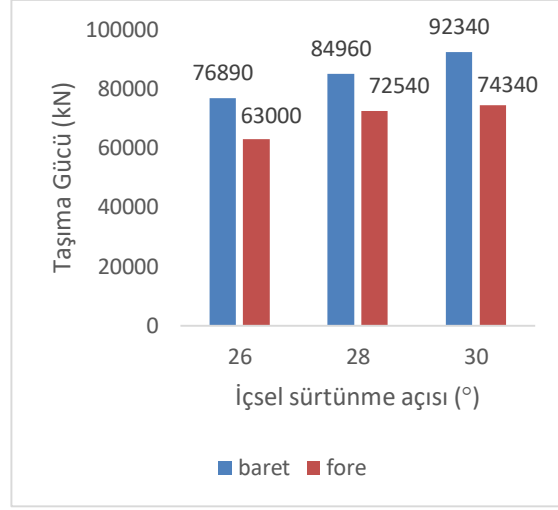
Analizlerin sonucuna göre 0,60m x 2,20m boyutlarında ki baret kazıklar ile 1,3m çapında fore kazıkların yük deplasman ilişkilerinde kazık boyu arttıkça deplasman oranları arasındaki fark azalmaktadır. Bir önceki analizlerde kullanılan 0,80m x 2,80m boyutlarında ki baret kazıklar ile 1,7m çapında fore kazıkların yük deplasman ilişkileri arasındaki oransal değerler % 42 ile % 77 arasında olmasına rağmen bu analizlerde kullanılan fore kazıkların baret kazıklara göre kazık boyunun artış sırasına göre % 14 ile % 91 arasında daha fazla deplasman yaptıkları görülmektedir.

2.3. İçsel sürtünme açısına bağlı olarak kazıkların taşıma yükleri değişimi

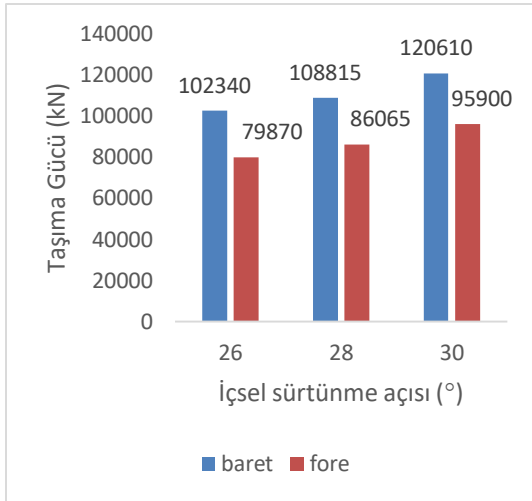
Çalışmanın bu bölümünde ilk bölümde analizlerde kullanılmış olan 0,80m x 2,80m boyutlarındaki baret kazıklar ile 1,7m çapında fore kazıkların 20,25,30,35 ve 40m kazık boyları için farklı içsel sürtünme açısı değerlerindeki ($\phi=26,28$ ve 30 derece) taşıma gücü kapasiteleri araştırılmış ve birbirleri ile kıyaslanmıştır. Taşıma güçleri tespit edilirken kazıklar için güvenlik faktörü analizleri yapılarak kazıkların taşıyabilecekleri maksimum yükler bulunmuştur. Bu bağlamda yapılan analizlerin sonuçları Şekil 5'de verilmiştir.



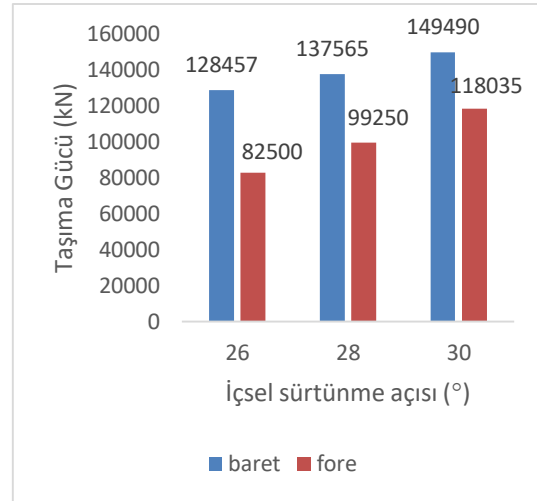
(a) L= 20m için taşıma gücü değerleri



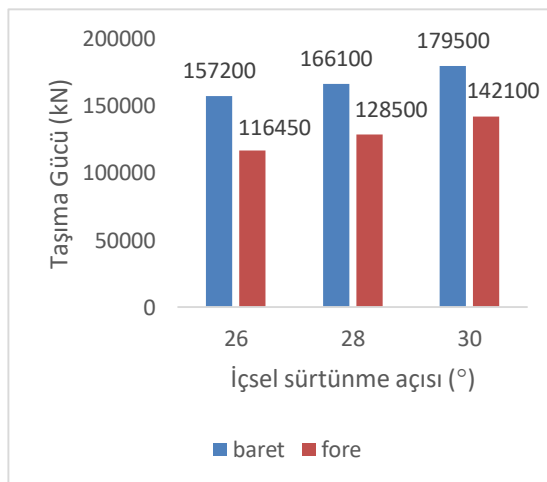
(b) L= 25m için taşıma gücü değerleri



(c) L= 30m için taşıma gücü değerleri



(d) L= 35m için taşıma gücü değerleri



(e) L= 40m için taşıma gücü değerleri

Şekil 5. İçsel sürtünme açısı değerinin değişimine göre taşıma gücü değerleri

Yukarıda ki sonuçlar incelendiğinde baret kazıklarda içsel sürtünme açısında ki her 2 derecelik artışta taşıma gücü değerinde yaklaşık olarak % 5 ila 10 mertebelerinde artış olurken, fore kazıklarda bu oran % 7 ila 20 mertebelerinde artış meydana gelmektedir. Buradan da görüleceği üzere içsel sürtünme açısı değerindeki değişimlerin fore kazık taşıma gücü değerlerine baret kazığa göre daha fazla etki etmektedir.

3.SONUÇLAR

Fore kazıkların aynı basınç kuvveti altında baret kazıklara göre % 42 ile % 77 arasında daha fazla deplasman yaptıkları görülmektedir. Bu sonuç deplasman esaslı problemlerin çözümünde baret kazıkların fore kazıklara göre çok daha avantajlı olabileceğini göstermektedir.

Kazık kesit alanının kazık taşıma gücüne etkisini incelemek için yapılan analizlere göre 0,60m x 2,20m boyutlarında ki baret kazıklar ile 1,3m çapında fore kazıkların yük deplasman ilişkilerinde kazık boyu arttıkça deplasman oranları arasındaki fark azalmaktadır (% 91 ile % 14 arasında.) 0,80m x 2,80m boyutlarında ki baret kazıklar ile 1,7m çapında fore kazıkların yük deplasman ilişkileri arasındaki oransal değerler ise birbirine daha yakın olmuştur.(% 42 ile % 77 arasında) . Bunun sebebinin kazık kesit boyutlarının azalıp kazık boyunun artmasıyla beraber kazıkların narinliklerinin birbirine yaklaşması olduğu düşünülmektedir.

İçsel sürtünme açısında ki değişimin kazıkların taşıma gücü üzerindeki etki oranını tespit edebilmek amacıyla yapılan analizlerin sonuçlar incelendiğinde baret kazıklarda içsel sürtünme açısında ki her 2 derecelik artışta (26-28-30 derece) taşıma gücü değerinde yaklaşık olarak % 5 ila 10 mertebelerinde artış olurken, fore kazıklarda bu oran % 7 ila 20 mertebelerinde olmaktadır. Buradan da görüleceği üzere içsel sürtünme açısı değerindeki değişimlerin fore kazık taşıma gücü değerlerine baret kazığa göre daha fazla etki etmektedir. Bu durum gerek arazi deneylerinde gerekse laboratuvar deneylerinde hesaplamalardan ya da zeminin yerleştirilmesinden kaynaklanabilecek hataların baret kazıklar tarafında daha tolere edilebilir olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Basu, D., Prezzi, M., Salgado, R., Chakraborty, T. (2008). Settlement analysis of piles with rectangular cross sections in multi-layered soils. Computers and Geotechnics, 35(4), 563-575.
- Chang, D.W., Lin C., Wang T.Y., Lin Y.K., Lu F.C., Kuo C.J., (2019). Three-dimensional Finite Element Analyses of Barrette Piles under Compression and Uplift Loads with Field Data Assessments. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA Vol. 50 No. 3, Page 58-73
- Jitish T. Chavda ve G. R. Dodagoudar (2017). Evaluation of ultimate capacity of a single barrette using finite element analysis. Indian Geotechnical Conference, India.
- Johnson, E. G., Johnson K. E. ve Erikson, C. M. (1992). "Deep foundation elements installed by slurry wall techniques. In Slurry walls: design, construction, and quality control" (D. B. Paul, R. R. Davidson & N. J. Cavalli), Philadelphia
- Morrison, J. ve Pugh, E. (1990). "Tsim Sha Tsui Cultural Centre - Foundations and superstructure. Proc. Instn. Civ. Engrs.", Vol. 88,765-781

- Rafa, S. A., Moussai, B. (2018). Three-dimensional analyses of bored pile and barrette load tests subjected to vertical loadings. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 55, 146-152.
- Seo, H., Basu, D., Prezzi, M., Salgado, R. (2009). Load-settlement response of rectangular and circular piles in multilayered soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135(3), 420-430.
- Znamenskii, V. V., Bakholdin, B. V., Parfenov, E. A., Musatova, M. V. (2019). Investigation of the load-carrying capacity of barretes for a 56-storey residential building. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 56(1), 1-6.

SEMBOL LİSTESİ

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
γ	Birim hacim ağırlık	$\emptyset$	Zeminin içsel sürtünme açısı
γ_{unsat}	Kuru birim hacim ağırlık	$^{\circ}$	Derece
γ_{sat}	Doygun birim hacim ağırlık	%	Yüzde
E	Elastisite modülü	c	Kohezyon
kN	Kilo newton	ν	Poission oranı
m	metre	R_{inter}	Zemin kazık sürtünme oranı