



Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 18.01.2025
Kabul Tarihi : 16.04.2025

Received Date : 18.01.2025
Accepted Date : 16.04.2025

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN VE KAZIK GEOMETRİSİNİN KAZIK DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAZİ DENEYLERİ VE SAYISAL ANALİZLERLE ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SURFACE ROUGHNESS AND PILE GEOMETRY ON PILE BEHAVIOR WITH FIELD TESTS AND NUMERICAL ANALYSES

Ömer YEŞİLTEPE* (ORCID :0000-0002-9337-9157)

Kilis 7 Aralık Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Kilis, Türkiye

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

ÖZET

Yüzeysel temellerin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılan kazık sistemleri, üst yapıdan gelen yükü sağlam tabakalara aktararak ya da yüzey sürtünmesi ile içerisinde bulunduğu zemine aktarmak sureti ile karşılayan derin temel sistemleridir. Kum zeminlerde imal edilen kazıklar genellikle üzerlerine aldıkları yükü yüzey sürtünme direnci ile zemine aktarmaktadırlar. Bu sebeple kum zeminlerde imal edilen kazıkların yüzey pürüzlülüğü taşıma gücü bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında yüzeyi pürüzsüz olarak imal edilen baret ve fore kazık olarak iki beton kazık ile eksenel basınç kuvveti altında arazi deneyleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında bu kazıklar içerisine yerleştirildikleri kum zeminin kimyasal yapıştırıcılar kullanılarak kazığa yapıştırılması ile pürüzlendirilip aynı koşullar altında yüklemeye maruz bırakılarak elde edilen sonuçlar pürüzsüz kazık sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları karşılaştırıldığında pürüzlü kazıkların pürüzsüz kazıklara göre daha iyi performans gösterdikleri ortaya konmuştur. Baret kazıklarda ki yüzey pürüzlülüğü etkisinin fore kazıklardan daha fazla katkı sağladıkları görülmüştür. Ayrıca yapılan arazi deneyleri pürüzsüz kazıklar için üç boyutlu olarak sonlu elemanlar metoduyla çalışan Plaxis 3D programında modellenmiş ve analiz sonuçları ile deney sonuçlarının uyumlu oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yüzey pürüzlülüğü, baret kazık, fore kazık, arazi deneyi, sayısal analiz

ABSTRACT

Deep foundation systems are pile systems that transfer the load from the superstructure to the solid soil layers or to the soil it is in by surface friction, and are used in cases where superficial foundations are insufficient. Piles manufactured in sandy soils generally transfer the load they receive to the soil through surface friction resistance. For this reason, the surface roughness of piles manufactured in sandy soils is important in terms of bearing capacity. Within the scope of this study, firstly field tests have conducted under axial compression force with two concrete piles, namely barrettes and bored piles, manufactured with smooth surfaces. Afterwards, these piles were roughened by bonding the sand used in the field tests to the pile using chemical adhesives, and the results obtained by applying compressive load under the same conditions were compared with the results of smooth surface piles. When the test results were compared, it was revealed that rough surface piles performed better than smooth surface piles. It has been observed that the surface roughness effect on barrette piles contributes more than that of bored piles. In addition, for smooth surface piles the field tests were modeled in three dimensions using the Plaxis 3D program, which works with the finite element method, and it was observed that the analysis results and the test results were compatible.

ToCite: YEŞİLTEPE, Ö., (2025). YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN VE KAZIK GEOMETRİSİNİN KAZIK DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAZİ DENEYLERİ VE SAYISAL ANALİZLERLE ARAŞTIRILMASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(2), 863-871.

Keywords: Surface roughness, barrette pile, bored pile, field test, numerical analysis

GİRİŞ

Dünyada nüfusun artması ve bunun getirdiği yeni ihtiyaçlar neticesinde yüksek katlı yapıların sayısında artışlar olmuştur. Bu tip yapıların yüklerinin sağlam zeminlere aktarılabilmesi açısından kazıklar önemli bir yere sahiptir. Bu sebeple kazıklı derin temel sistemleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Derin temeller, yüzeysel temellerin yetersiz kaldığı durumlarda üst yapı yüklerini sağlam tabakalara aktarılması ve oturma miktarının müsaade edilebilir seviyelerde kalması için inşa edilirler. Bu amaçla genellikle dairesel kesitli kazıklar kullanılsa da bu kazıklara alternatif olarak baret kazık uygulamalarının giderek arttığı görülmektedir. Dairesel kesitli kazıklara göre daha fazla sürtünme yüzeyi olması, aynı miktarda malzeme kullanılmasıyla daha fazla taşıma kapasitesi ve dolayısıyla ekonomi sağlaması baret kazıkların kullanımının artma nedenlerindendir (Yıldız, 2011; Köpüklü, 2015; Okar, 2018).

Kazıklar üzerine gelen yükü kazığın çevre sürtünmesi ve kazık uç direnci ile karşılarlar. Bu durumda kazığın geometrisinin ve yüzey pürüzlülüğünün kazığın taşıma gücü üzerinde önemli etkisinin olacağı söylenebilir. Kazık geometrisinin ve yüzey pürüzlülüğünün kazığın taşıma gücü üzerindeki etkisinin araştırıldığı literatür verileri aşağıda sunulmuştur.

Toğrol ve Tan (2003) tarafından yapılan çalışmada, kazığın çeperi ile kazığı çevreleyen zemin arasındaki sürtünmeden ileri gelen taşıma gücü değerinin, kazığın yer aldığı her zemin tabakasının çevre sürtünmesi ayrı ayrı tespit edilip toplanması sonucunda elde edildiği belirtilmiştir. Horikoshi vd. (2003) yaptıkları çalışmalarında, kazık ile kazığı çevreleyen zemin arasındaki yük-oturma davranışlarının analizi için düşey ve yatay yüklemeler altında deneyler yapmışlardır. Bajad ve Sahu (2008) yaptıkları çalışmada, yumuşak kil zemine yerleştirilmiş kazıklı radye temellerin yük-deplasman davranışlarını incelemek adına deneyler gerçekleştirmişlerdir.

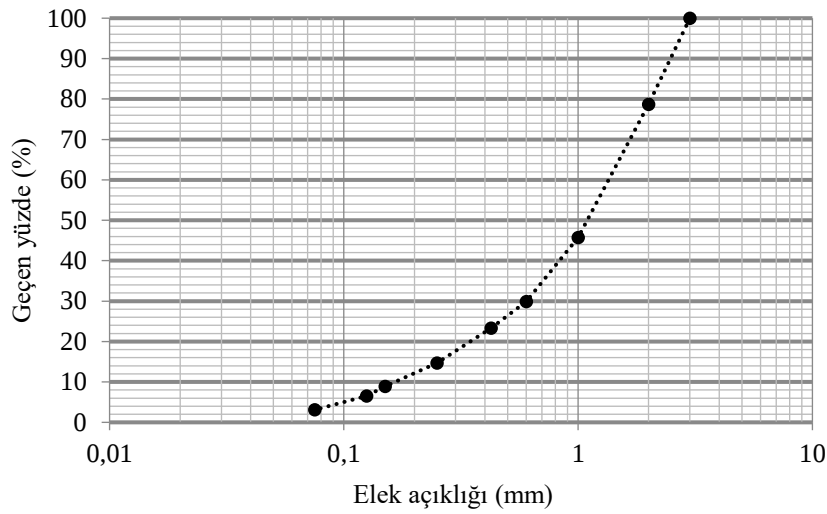
Al-Mosawi vd.(2011) yaptıkları çalışmada farklı kazık ebatları ve konfigürasyonlarında kazıklar ile yük-deplasman davranışlarını incelemek amacıyla laboratuvar deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Vu vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada Kazık çapı, kazık yerleşim konfigürasyonu, kazık uzunluğu ve kazık sayısının kazıklı temellerin davranışı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla Plaxis 3D programıyla analizler gerçekleştirmiştir. Bağrıaçık (2015) tarafından yapılan çalışmada kum zemine yerleştirilmiş olan kazıklarına tasarımında dikkat edilmesi gereken parametreleri incelemek amacıyla laboratuvar deneyleri gerçekleştirmiştir. Ayrıca sonuçları Plaxis 3D sonlu elemanlar programı ile yapılan sayısal analiz sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Deshpande ve Thakare (2017) tarafından yapılan çalışmada farklı kazık parametrelerinin kazıklı temellerin optimum olarak tasarlanmasındaki etkilerini incelemek amacıyla Midas GTS 3D programında birtakım analizler gerçekleştirmiştir. Hsu vd. (2017) yaptıkları çalışmada daha önce inşa edilmiş olan baret kazıklar üzerinde yapılmış basınç testlerinden elde edilen grafiklerden yararlanarak kazıkların sürtünme dirençleri ve taşıma gücü kapasiteleri üzerinde araştırmalar yapmışlardır. Mangushev ve Nikitina (2018) yaptıkları çalışmada, daha önce inşa edilmiş olan bir yapının altında bulunan baret ve fore kazıklara ait statik test sonuçları ile Plaxis 3D programında gerçekleştirdikleri sayısal analiz sonuçlarını kıyaslamışlardır. Chang ve Lin (2019) tarafından yapılan çalışmada, arazide uygulaması yapılmış olan baret kazıkların yükleme deney verileri ile iki ve üç boyutlu sonlu elemanlar analiz sonuçları ve iki boyutlu sonlu farklar analiz sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Baca vd. (2020) yaptıkları çalışmada, kum zemine yerleştirilmiş çelik kazıklar üzerinde laboratuvar deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda kazıklarda kullanılan statik yük testleri için yeni bir yöntemden bahsetmişlerdir. Fındık vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, kazıklı temellerin tasarımında zemin sıklığı üst yapı kat sayısı, kazık boyu gibi parametreleri değiştirmek suretiyle Sap2000 programında sayısal analizler gerçekleştirmişlerdir. Rivera ve Estores (2022) tarafından yapılan çalışmada, siltli kum zeminde inşa edilmiş kazıklar üzerinde yapılan dinamik deney sonuçlarıyla sonlu elemanlar analiz sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde kazıkların yüzey pürüzlülüğünün ve kazık geometrisinin kazıkların yük-deplasman davranışları üzerindeki etkileri ile ilgili olarak çokça laboratuvar deneyi ve sayısal analiz çalışmaları ve vaka analizi incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Ancak arazi deneyleri üzerine yapılan çalışmalara rastlanılmamıştır. Hem kazık geometrisinin hem de yüzey pürüzlülüğünün kazık davranışı üzerindeki etkilerini büyük ölçekli arazi deneyleri ve sayısal analizlerle inceleyerek gerçek boyutlarda üretilen kazıkların tasarımına ışık tutmak amacıyla, bu çalışmada ilk olarak arazi ortamında, pürüzsüz olarak betondan üretilen 8cm x 28cm kesitinde 80 cm uzunluğunda

baret kazık ile aynı kesit alana sahip 16,9 cm çapında ve 80 cm uzunluğunda fore kazık kum zemine yerleştirilip, basınç testleri gerçekleştirilerek yük – deplasman davranışları incelenmiş ve taşıma gücü değerleri tespit edilmiştir. Daha sonra aynı kazıkların dış yüzeyleri içerisine yerleştirilen kum zeminin yapıştırılması suretiyle pürüzlendirilerek aynı deneyler tekrar edilmiştir. Son olarak deneyler Plaxis 3D programında modellenerek arazi deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışma ile kazık geometrisinin ve yüzey pürüzlülüğünün kazık davranışı üzerindeki etkilerinin arazi deneyleri ile incelenmesi gerçekleştirilmiş ve sonuçları sunulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Arazi ortamında yapılan deneylerde kum zemin kullanılmıştır. Kum zemin deney sahasına yağmurlama yöntemiyle yerleştirilerek gevşek zemin durumu oluşturulmuştur. Kullanılan kum zeminin endeks özelliklerini belirleyebilmek için elek analizi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan zeminin sınıfı dane çapı dağılım eğrisi kullanılarak, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine (USCS) göre kötü derecelendirilmiş kum (SP) olarak tespit edilmiştir. Kullanılan zemine ait dane dağılım eğrisi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan Kum Zeminin Granülometre Eğrisi

Deneylerde Kullanılan Kazıklar

Deneylerde kullanılan kazıklar, 2mm sac malzemeden oluşturulan daire ve dikdörtgen kalıplara içi yağlandıktan sonra C25 beton dökülüp 28 gün kürede bekletilerek elde edilmiştir. Kalıplar ve kazıklara ait görseller Şekil 2’de kazıkların kesitleri ise Şekil 3’de verilmiştir.

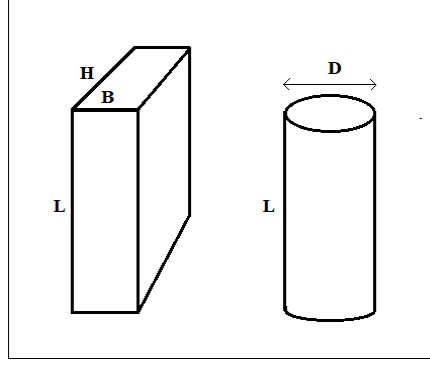


a

b

c

Şekil 2. a. Kazık Kalıpları b. Pürüzsüz Kazıklar c. Pürüzlü Kazıklar



Şekil 3. Baret ve Fore Kazıkların Kesit Görünüşleri

Deney Düzeneği

Deney sisteminin iskeleti önceden tasarlanmış ve imal edilmiş olan 60 cm çapında 12m uzunluğunda 4 adet reaksiyon kazığına bağlanmış olan karşılıklı iki ana kiriş ve bu ana kirişlere bağlanmış olan bir ara kirişten oluşmaktadır. Bu ara kiriş deney sahası boyunca istenilen konuma calaskal yardımıyla hareket ettirilebilmekte ve montaj vidaları ile sabitlenebilmektedir. Deney kazığı ve ara kiriş hizalandıktan sonra kazığın üzerine yerleştirilen piston kirişten kuvvet alarak yükü deney kazığına aktarmaktadır. Deney anında iki farklı deplasman ölçer ve yük değerleri elektronik ortama anında kaydedilebilmektedir. Deneylerde kullanılan kumun maksimum ve minimum kuru birim hacim ağırlıkları ASTM D4254-16 (2016) ve ASTM D4253-16 (2016) standartlarına göre bulunmuştur. γ_{kmax} değeri tespit edilirken zemin numunesi tokmak ile sıkıştırılma işlemi yapılarak yerleştirilirken, γ_{kmin} değeri tespit edilirken kum zemin numunesi kap içerisinde herhangi bir sıkıştırma işlemi yapılmadan yerleştirilmiştir. Deneyler üç defa tekrar edilmiştir. Arazi deneylerinin yapıldığı alanın genişliği 2,3m, uzunluğu 2,8m, yüksekliği 2,5m boyutlarındadır. Arazi deneylerinde kullanılan kum zemin gevşek bir biçimde $D_r = \%30-35$ ($\gamma_k = 16,4 \text{ kN/m}^3$) 20cm'lik tabakalar halinde 50 cm sabit yükseklikten dökülerek yerleştirilmiştir. Deneyler İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarının yanında yer alan arazi deney sahasında gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Arazi Deney Düzeneği

Deneylerin Yapılışı

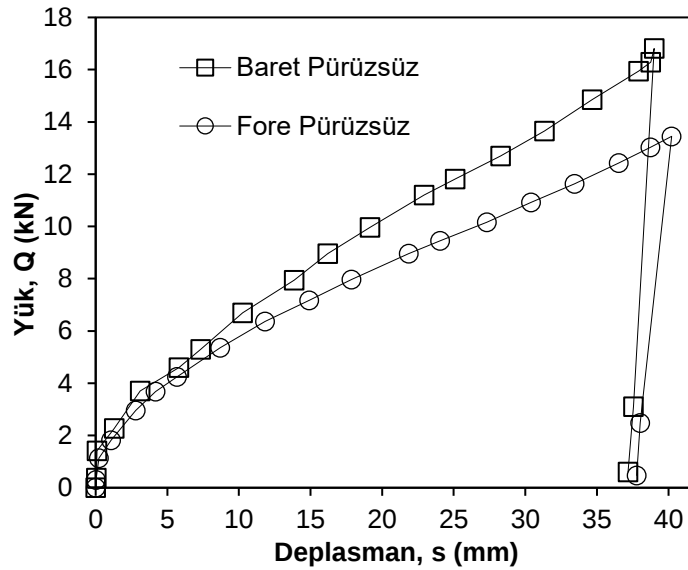
İlk olarak kesit geometrisinin kazık davranışı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bir adet pürüzsüz fore kazık arazi deney alanının ortasına yerleştirilip etrafı kum zeminle gevşek bir biçimde doldurularak 3mm/dak yükleme hızıyla aksel basıncı kuvveti uygulanarak deney gerçekleştirilmiştir. Aynı anda iki farklı deplasman ölçer yardımıyla kazığın yaptığı deplasmanlar kaydedilmiştir. Deneyler fore kazık çapının iki katı kadar deplasman oluşuncaya kadar devam ettirilmiştir. Deneyler iki kez tekrar edilmiştir. Fore kazık üzerinde gerçekleştirilen deneyler tamamlandıktan sonra aynı uygulamalar pürüzsüz baret kazık ile iki kez gerçekleştirilmiştir.

Pürüzsüz kazıklar için deneyler bitirildikten sonra kullanılan kazıkların çevresi güçlü yapışkanlar ile kaplanarak kullanılan kum zeminin kazıkların çevresine tamamen yapışması sağlanmıştır. Daha sonra kazık pürüzlülüğünün kazık davranışı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla pürüzlü kazıklar kullanılarak aynı deneyler tekrar yapılmıştır.

BULGULAR

Pürüzsüz Kazıklar İle Yapılan Arazi Deney Sonuçları

Yapılan arazi deneylerinin sonucunda baret kazığın aynı kesit alana sahip olan fore kazıktan daha fazla basınç kuvveti taşıyıp, aynı kuvvet değerlerinde daha az düşey deplasman yaptığı tespit edilmiştir. Yapılan deneylerin sonuçları Şekil 5’de verilmiştir.

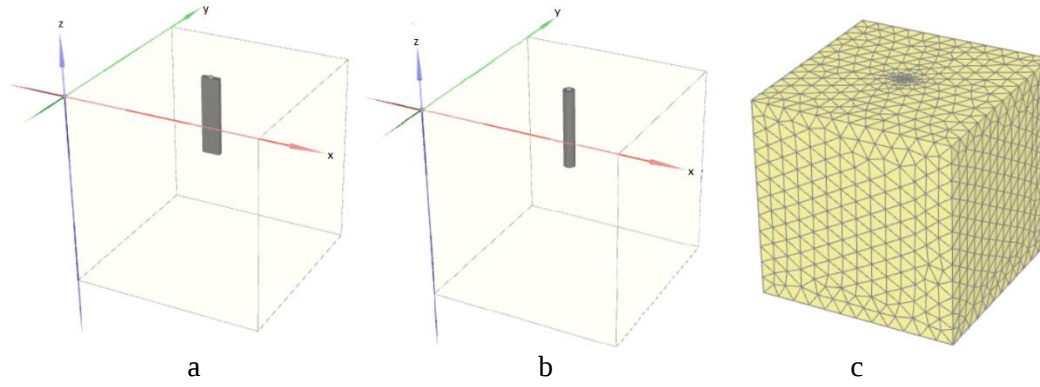


Şekil 5. Pürüzsüz Kazıkların Deney Sonuçları

Sonuçlar incelendiğinde fore kazık çapının %10’una karşılık gelen kuvvetler nihai taşıma gücü olarak kabul edilirse pürüzsüz baret kazığın taşıma gücü 9,2 kN olurken pürüzsüz fore kazık için bu değer 7,7 kN olmaktadır. Bu sonuçlara göre baret kazığın %20 daha fazla yük taşıdığı görülmektedir.

Pürüzsüz Kazıklar İle Sayısal Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Pürüzsüz kazıkların arazi deneyleri tamamlandıktan sonra deneyler Plaxis 3D programında modellenmiştir. Sayısal analizler için öncelikle deney ortamı aynı ölçülerle bir hacim olarak oluşturulmuştur. Tablo 2’de verilen özellikler bu oluşturulan hacime atanmıştır. Sonrasında kazıklar için aynı boyutlarda hacim oluşturularak Tablo 1’de verilen kazık özellikleri bu hacimlere atanmıştır. Kullanılan kazığa ve zemin ortamına ait parametreler Tablo 1’de verilmiştir. Zemin bünye modeli olarak Hardening Soil bünye modeli kullanılmıştır. Ağ sıklığı için denemeler yapılmış ve medium ağ sıklığı seçilmiştir. Ayrıca kazık çevresinde sıkılaştırma yapılmıştır. Yapılan modellere ait görseller Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. a. Baret Kazık Model Görünümü b. Fore Kazık Model Görünümü c. Ağ Yapısının Görünümü

Tablo 1. Kazık Parametreleri

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

Tablo 2. Kum Zemin Parametreleri

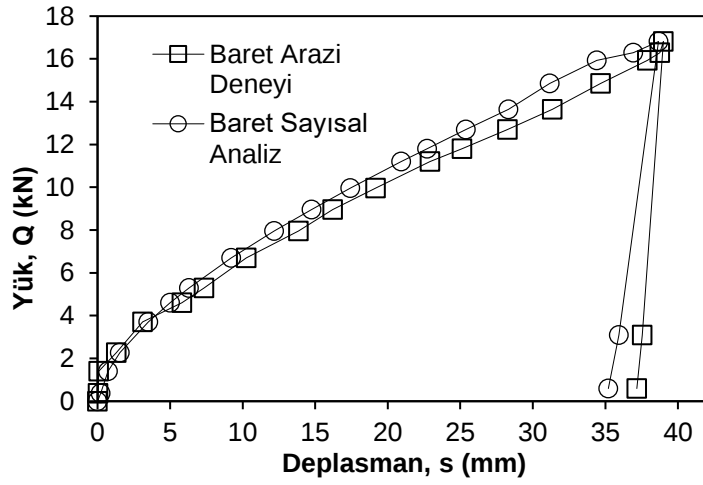
Parametreler	Değerler
γ_{unsat} (kN/m ³)	16,4
E_{50} (MPa)	11,5
E_{oed} (MPa)	34,5
E_{ur} (MPa)	34,5
ν	0,3
c (MPa)	$0,3 \times 10^{-3}$
ϕ (°)	35,6
ψ (°)	0
R_f	0,99
R_{inter}	0,4
Dr %	30-35

Yapılan sayısal analiz sonuçları incelendiğinde arazi deneyleri ile uyumlu oldukları görülmüştür. Baret kazık için arazi deney sonuçlarıyla sayısal analiz sonuçlarına ait grafik Şekil 7’de, fore kazık için Şekil 8’de verilmiştir.

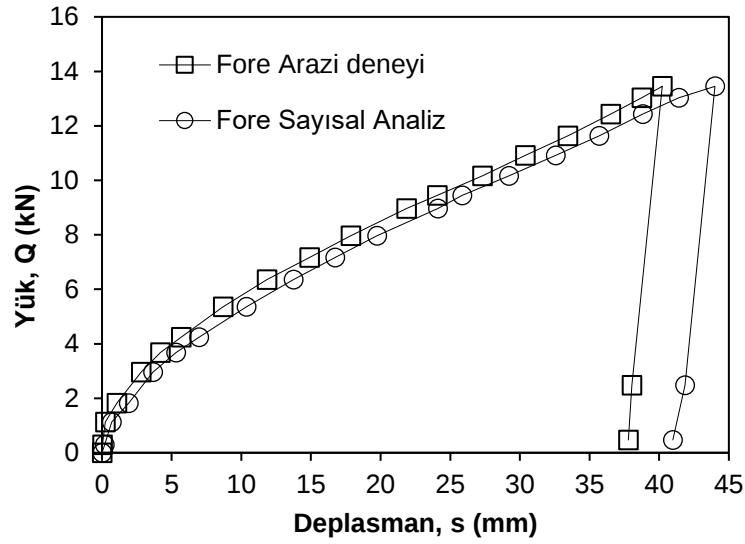
Arazi deney sonuçları ile sayısal analiz sonuçlarının hem baret kazıkta hem de fore kazıkta uyumlu oldukları görülmüştür. Baret kazık için sayısal analiz sonuçları arazi deney sonuçlarına göre deplasman bakımından biraz fazla olduğu tespit edilirken fore kazıkta bu durumun tersine olduğu görülmüştür. Ancak bu farkların önemsenmeyecek kadar az olduğu değerlendirilmiştir.

Pürüzlü Kazıklar İle Yapılan Arazi Deney Sonuçlarının Pürüzsüz Deney Sonuçları İle Karşılaştırılması

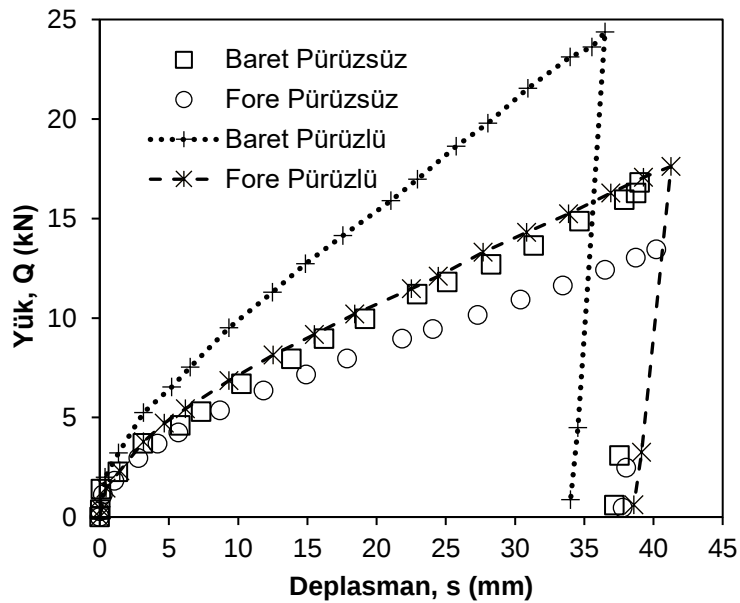
Pürüzsüz kazık deney sonuçları ile pürüzlü kazık deney sonuçlarını hep birlikte değerlendirmek amacıyla bir grafikte birlikte olacak şekilde Şekil 9’da sunulmuştur.



Şekil 7. Baret Kazık İçin Arazi Deneyi ve Sayısal Analiz Sonuçları



Şekil 8. Fore Kazık İçin Arazi Deneyi ve Sayısal Analiz Sonuçları



Şekil 9. Pürüzlü ve Pürüzsüz Kazıklara Ait Arazi Deney Sonuçları

Pürüzlü deney sonuçları ile pürüzsüz deney sonuçları karşılaştırıldığında, fore kazık çapının %10'una karşılık gelen taşıma gücü değerlerine göre baret kazığının pürüzlü durumda pürüzsüz duruma göre taşıma gücü kapasitesinin %50 civarında artış gözlenirken, fore kazık için taşıma gücündeki artış oranının %30 civarında olduğu görülmüştür. Bu durumun aynı kesit alana sahip baret kazığının fore kazığa göre daha fazla çevre sürtünme alanına sahip olmasından ve kazık geometrisinin çeper sürtünme kuvvetleri üzerinde oldukça fazla etkiye sahip olmasından kaynaklandığı şeklinde değerlendirilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında baret ve fore kazık kullanılarak kazık geometrisinin kazık davranışı üzerindeki etkileri ve kazık yüzey pürüzlülüğünün bu etkiyi ne oranda değiştirdiğini tespit etmek amacıyla arazi deneyleri yapılmış ve bu deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Baret ve fore kazıklar pürüzsüz olarak arazi deneylerine tabi tutulduğunda baret kazığının fore kazığa göre sürtünme yüzeyinin daha fazla olmasından dolayı daha fazla taşıma gücü değerleri elde edilmiştir. Teorik olarak pürüzsüz baret kazığının fore kazığa göre sürtünme yüzeyi alanı %35 daha fazla olmasına karşı arazi deneylerinde baret kazığının fore kazıktan %20 daha fazla taşıma gücü değerine sahip olduğu görülmüştür. Bu farkın kum zeminin gevşek olarak yerleştirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Arazi deney sonuçları ile sayısal analiz sonuçlarının oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Pürüzlü kazıklar ile yapılan arazi deneyleride ise baret kazığının fore kazığa göre taşıma gücü değerinin %40 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç teorik olarak elde edilen değere yakın olduğu söylenebilir.

Bu sonuçlara göre deplasman bazlı problemlerdeki üstünlüğü ve taşıma gücü kapasitesinin fazlalığı sebebiyle baret kazıklarının kullanımının daha avantajlı olacağı söylenebilir. Ayrıca sayısal analiz sonuçlarının arazi deneyleri sonuçları ile uyumlu olması nedeniyle daha büyük boyutlara sahip kazıklar için sayısal analizler ile kazık davranışları hakkında fikir sahibi olunabileceği düşünülmektedir.

Pürüzlü kazıklar ile yapılan arazi deney sonuçları pürüzsüz kazıkların sonuçları ile karşılaştırıldığında kazık çevresinin pürüzlü olmasının kazık taşıma gücünü oldukça arttırdığı görülmüştür. Baret kazığının fore kazığa göre taşıma gücü artış oranı olarak daha yüksek değerler vermesinden dolayı yüzey pürüzlülüğünün baret kazığının davranışının fore kazığa göre daha fazla etkilediği söylenebilir. Tüm bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde kazık imalatı esnasında kazıkların yüzey pürüzlülüğünün artırılmasına yönelik çalışmalara yönelinmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Al-Mosawi, M.J., Fattah, M.Y. and Al-Zayadi, A. A. O., 2011. Experimental Observations on the Behavior of a Piled Raft Foundation, *Journal of Engineering*, 17(4), 1–11.
<https://10.31026/j.eng.2011.04.13>
- ASTM D4254-16 (2016). Standard test methods for minimum index density and unit weight of soils and calculation of relative density. *ASTM International*.
<https://www.astm.org>
- ASTM D4253-16 (2016). Standard test methods for maximum index density and unit weight of soils using a vibratory table. *ASTM International*.
<https://www.astm.org>
- Baca, M., Brzakala, W. ve Rybak, J. (2020). Bi-directional static load tests of pile models. *Applied Sciences*, 10 (5492).
<https://doi.org/10.3390/app10165492>
- Bağrıaçık, B. (2015) Kohezyonsuz zeminlerde düşey yüklü kazıklı radye temellerin analizi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Bajad, S.P. and Sahu, R. B., 2008. An experimental study on the behavior of vertically loaded piled raft on soft clay, The 12th Intl. Conf. Of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), 84–90.

https://www.researchgate.net/publication/242419852_An_Experimental_Study_on_the_Behaviour_of_Vertically_Loaded_Piled_Raft_on_Soft_Clay

Chang, D.-W. ve Lin, Y. K. (2019). Three-dimensional finite element analyses of barrette piles under compression and uplift loads with field data assessments. *Geotechnical Engineering*. 50(3), 58-73.

<https://www.researchgate.net/publication/340527834>

Deshpande, S.S. Ve Thakare, S.W. (2017) Performance of piled raft foundation subjected to non-uniform load, International Journal Of Civil Engineering And Technology, 8 (4), 16031613. ISSN Print: 0976-6308 and ISSN Online: 0976-6316

<https://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=8&Issue=4>

Fındık M., Çelik İ. D., Uzundurukan S., Başar E. E., Barlas E.(2021) Kazıklı Radye Temel Sisteminde Temel-Zemin Etkileşiminin Yapısal Davranış Üzerine Etkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 2, 573-588

<https://10.17482/uumfd.850730>

Hsu, M. C., Yu, C. H. ve Chen, C. H. (2017). Case studies for side resistance of barrette piles using results of ultimate load tests. *Journal of GeoEngineering*, 12(2), 65–79.

[https://10.6310/jog.2017.12\(2\).3](https://10.6310/jog.2017.12(2).3)

Horikoshi, K., Matsumoto, T., Hashizume, Y., Watanabe, T. and Fukuyama, H., 2003. Performance of piled raft foundations subjected to static horizontal loads,” International Journal of Physical Modeling in Geotechnics,3, 37–50.

<https://10.1680/ijpmg.2003.030204>

Köpüklü, H. (2015). Baret kazıklı temeller ile ilgili hesap yöntemleri, imalat ve kalite kontrol esasları. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul

Mangushev, R. A. ve Nikitina, N. S. (2018). Evaluation and analysis of bearing capacity of bored piles and deep-laid pile-barrette for a high-rise building on loose grounds based on calculations and field tests. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 14(2), 109–116.

<https://doi.org/10.22337/2587-9618-2018-14-2-109-116>

Okar, M. (2018). Kum zeminlerde yatay yüklü baret kazıklarının davranışının belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul

Rivera, N. E. ve Estores, G. B. (2022). Single pile fem modeling: ultimate capacity determination of bored piles embedded in silty-sands using modified drucker-prager cap model. *Civil Engineering and Architecture*, 10(1), 175–193.

<https://doi.org/10.13189/cea.2022.100116>

Toğrol, E. ve Tan, A. O., 2003. Kazıklı Temeller, Birsan Yayınevi.

Vu, A., Pam, D. C., Nyugen T., He, Y. (2014) 3d Finite element analysis on behaviour of piled raft foundations, 4th International Conference On Civil Engineering, Architecture And Building Materials, China, 580-583.

<https://10.4028/www.scientific.net/AMM.580-583.3>

Yıldız, K. (2011). Baret kazıklı temellerde düşey taşıma kapasitesi, (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul