

LİMAN DOLGUSUNDAKİ KAYAYA SOKETLİ KAZIKLARIN FARKLI YÖNTEMLERLE KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ: BİR VAKA ANALİZİ

DETERMINATION OF THE CAPACITY OF ROCK SOCKETED PILES IN HARBOR EMBANKMENT BY DIFFERENT METHODS: A CASE STUDY

Ceren AYDIN¹, Önder AKÇAKAL², Recep İYİSAN³

ÖZET

Günümüzde turizm ülkelerin önemli bir geçim kaynağı haline gelmiştir. Turizmin gelişmesi için global etkinlikler planlanmakta ve bu etkinlikler için önemli yatırımlar yapılmaktadır. FIFA 2019 etkinliği için Katar Doha Limanında yapılan Büyük Terminal Binası da buna örnek verilebilmektedir. Kumlu zeminin sıkıştırılarak doldurulmasıyla elde edilen yapay liman dolgusu taşıma gücü ve oturma gibi zemin problemleri bakımından elverişsizdir. Bu nedenle inşa edilecek binanın güvenliği için kayaya soketlenmiş fore kazıklar imal edilmiş ve bu kazıklar kapasitelerinin belirlenmesi için yükleme testleri yapılmıştır. Proje alanında arazi koşullarının üniforma yakın olması, kazık çaplarının tek çeşit olması ve çok sayıda kazık testi olması dolayısıyla bu proje vaka analizi için uygun görülmüştür. Bu çalışmada kayaya soketli kazıklar için literatürde önerilen ampirik yöntemlerden, 2 boyutlu ve 3 boyutlu sonlu elemanlar analizlerinden ve yükleme deneylerinin farklı yöntemlerle yorumlanmasından taşıma kapasiteleri elde edilmiş ve tüm sonuçlar birbiri ile kıyaslanmıştır. Ampirik yöntemlerin uygulanmasında tek eksenli basınç deneyi sonuçlarından, sonlu elemanlar çözümü için Plaxis 2D ve 3D programlarından, yükleme testlerinin yorumlanmasında Chin ve Decourt yönteminden yararlanılmıştır. Ayrıca, test yükü altında göçme davranışı göstermeyen kazıklarda kazık kapasitesinin belirlenmesi için yeni bir yorumlama yöntemi denenmiştir, bu yöntemle elde edilen kapasiteler, diğer sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, test yükü arttığında ampirik ve sonlu elemanlar yöntemleri ile elde edilen sonuçların test sonuçlarıyla uyumunun arttığı, yükleme azaldıkça kazıkların lineer elastik şekil değiştirme davranışı gösterdiğinden test sonucu yorumlama yöntemleri ile düşük kapasite hesaplandığı gözlenmiştir. Ampirik yöntemlerle hesaplanan kapasiteler arasında mertebe farkı oldukça yüksek sonuçlanmıştır. Dolayısıyla ön çalışma sırasında yöntem seçerken ampirik çalışmanın

¹ İnş. Y. Müh., Puyol Mühendislik & Müşavirlik, cerenaydinguldur@puyolengineering.com (Sorumlu yazar)

² İnş. Y. Müh., Zetaş Zemin Teknolojisi, onderakcakal@zetas.com.tr

³ Prof. Dr., İTÜ İnş. Fak. Geoteknik Müh., iyisan@itu.edu.tr



yapıldığı zemin koşulları ile uyumlu yöntemin seçilmesine özen gösterilmesi gerektiği gösterilmiştir. Son olarak, test sonuçlarının yorumlanmasında denenen yeni yöntemin Chin yöntemiyle daha benzer sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin Temel, Kazık Kapasitesi, Yükleme Deneyi, Kayaya Soketli, Fore Kazık

ABSTRACT

Today, tourism has become an important source of income for countries. Global events are planned for tourism development and significant investments are made. The Grand Terminal Building built in Qatar Doha Port for the FIFA 2019 event can be given as an example of this. Artificial harbor embankment obtained by compacting the sandy ground is unfavorable regarding soil problems such as bearing capacity and settlement. Therefore, for the safety of the building, bored piles socketed into the rock were constructed and loading tests were carried out to determine the pile capacities. This project was deemed suitable for case analysis because the soil profile is almost uniform, the pile diameters are one type, and many pile tests are available. In this study, bearing capacities were obtained from empirical methods recommended in the literature for rock-socketed piles, 2D and 3D finite element analysis and interpretation of loading tests with different methods. Then, all results were compared with each other. Uniaxial compression test results were used in the empirical methods, Plaxis 2D and 3D programs were used for finite element solution, and Chin and Decourt methods were used in the interpretation of loading tests. In addition, a new interpretation method was tried to determine the pile capacity in piles that did not show collapse behavior under the test load, and the capacities obtained with this method were compared with other results. As a result, it has been observed that as the test load increases, the results obtained by empirical and finite element methods are more compatible with the test results. Also, as the load decreases, the piles show linear elastic deformation behavior, thus low capacity is calculated with test result interpretation methods. The difference between the capacities calculated by empirical methods was quite high. Therefore, it has been shown that during the preliminary study, care should be taken to choose a method compatible with the ground conditions in which the empirical study is done. Finally, it was observed that the new method tried in interpreting the test results gave more similar results to the Chin method.

Keywords: Deep Foundation, Pile Capacity, Pile Loading Test, Rock Socketed, Bored Pile

1. GİRİŞ

Temel tasarımı bir inşaat projesinin ilk adımlarındandır. Temel tasarımında elbette en önemli parametre zemin koşullarıdır. İnşaat mühendisliğinde zemin koşulları zeminin dayanım parametreleriyle ilgilidir. Gevşek kum, yumuşak kil gibi zeminlerde mukavemet değeri oldukça düşüktür.

Katar, BAE gibi ülkelerde liman dolguları genellikle deniz tabanından alınan kumun üst üste yığılmasıyla imal edilmektedir. Bu tür dolgularda zemin gevşek kum, siltli malzemeden oluştuğundan üzerine inşa edilecek yapıların yüklerini taşıyabilecek kapasiteden bahsetmek çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu durumda, üstyapı yüklerinin az olduğu durumlarda zemin iyileştirmesi ile çözüm yolu bulunabilmektedir. Ancak yüksek binalarda ya da uzun yıllar



boyunca kullanılması planlanan, deformasyon toleransı düşük olan önemli yapılarda zemin iyileştirme ve yüzeysel temel sistemi yerine derin temel ile tasarım güvenlik açısından uygun görülmektedir.

Derin temel sistemi üstyapı yüklerini kazık adı verilen düşey elemanlar ile daha sağlam zemin tabakasına aktarmaya yaramaktadır. Bu yük aktarma işlemi kazıkların zeminle etkileşiminden kaynaklanan çevre sürtünmesi ve uç direnci sayesinde gerçekleşmektedir. Kazıkların tasarımında zemine bağlı olarak birim çevre sürtünmesi ve uç direnci katsayısı belirlenmektedir. Bu değerlerin tahmin edilebilmesi için literatürde birçok çalışma mevcuttur. Ön çalışma sırasında zeminde yapılan arazi araştırmalarından yararlanılarak tahmin edilen tasarım parametrelerinin deneyler ile teyit edilmesi gerekmektedir. Kazıklarda bu teyit işlemi, sahada imal edilen deney kazıklarının, kazığın servis süresinde karşılaşacağı yüklemenin kullanılan yönetmelikte belirtilen katı oranında fazla yüklemeye maruz bırakılıp oturma değerlerinin ölçülmesi ile yapılmaktadır. Bu işleme kazık yükleme deneyi denmektedir. Kazık yükleme deneyi sonucunda elde edilen yük – oturma eğrisinden kazık kapasitesi belirlenmelidir. Bu kapasitenin belirlenebilmesi için literatürde 40'tan fazla yöntem önerilmiştir.

Yukarıda bahsedildiği gibi, kayaya soketli kazık kapasitelerinin hesaplanması oldukça zor ve belirsizlik içeren bir işlemdir. Aynı zamanda farklı kaya koşulları için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada, tüm hesaplama yöntemlerin özetlenmesi, gelecekte yapılacak hesaplarda doğru yöntemin belirlenebilmesi için katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, literatürde bulunan birçok yöntemlerden yararlanılarak elde edilen kapasite sonuçları karşılaştırılmış ve bulgular sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan veriler Katar'ın başkentinde bir liman dolgusuna ait arazi araştırmalarına ve burada inşa edilmiş, ayrılmış kayaya soketlenmiş ortalama 30 metre uzunluğundaki kazıklara uygulanan 11 kazık yükleme deneyine aittir.

2. PROJE BİLGİLERİ

Büyük terminal binası, Eski Doha Limanı üzerinde yapımı 2021 yılında tamamlanmış, 2 mega gemi ve 6,000 kişilik misafir kapasitesi ile, Katar'ın en büyük geçim kaynaklarından biri olan turizm için önem teşkil eden bir binadır. Terminal binası, içinde aynı zamanda 2,400 m² büyüklüğünde bir akvaryum ve bir sanat galerisi de barındırmaktadır. Yüksekliği 12 metre, geometrisi dikdörtgendir. Binanın konumu, güncel durumu ve kazık imalatı sırasındaki saha görseli Şekil 1'de verilmiştir.

Hareketli ve ölü yükler dikkate alındığında kayaya soketlenmiş kazıkların temel sistemi için uygun çözüm olduğu sonucuna varılmış, temel sisteminde 470 adet boyları 26.5 metre ile 31.5 metre arasında değişen 80 cm çaplı kazıklar kullanılmıştır. Projedeki toplam kazık boyu 14,500 metredir. Kazıklar üzerindeki düşey proje yükü minimum 1,000 kN, maksimum 5,000 kN olarak projelendirilmiştir.





Şekil 1. Projenin konumu, güncel durumu ve kazık imalatı sırasındaki saha görseli

Zemin araştırması için bina altında 12 adet sondaj yapılmıştır. Sondajlara göre zemin uniform bir profilden dağılımı göstermiştir ve bu profil, 17 metre derinliğe kadar çok gevşek – sıkı silt, siltli kum ve çakıldan oluşan deniz tortusu malzemelerini içeren dolgu tabakası altında ise çok ayrılmış, çok zayıf – zayıf Simsima Kireçtaşından meydana gelmiştir. Çok ayrılmış kireçtaşının mühendislik parametreleri, 2016 yılına ait Nicholas K. Ve diğerlerinin yayımladığı çalışma dikkate alınarak güvenli bir yaklaşımla seçilmiştir (Karagkounis v.d, 2016). Arazi ve laboratuvar araştırmaları sonucunda idealize edilen ve mühendislik parametreleri belirlenen zemin profili Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Zemin Profili

Derinlik (m)	Zemin	SPT (N)	qu (MPa)	c (kPa)	γ(kN/m ³)	Ø (o)	E (MPa)
0.0 - 16.0	Dolgu	11	-	0	17	30	11
16.0 – 28.0	Çok ayrılmış kireçtaşı	41	2.5	23	20	23	100
28.0 – 30.0	Az – orta ayrılmış kireçtaşı	50	14	33	21	33	500

qu: tek eksenli basınç dayanımı, c: kohezyon, γ: birim hacim ağırlık, Ø: kayma muk. açısı, E: elastisite modülü

Projede 8 kazık tipi mevcut olup bu tiplerde toplam kazık uzunlukları değişmektedir. Tasarım yüküne bağlı olarak artan kazık boyları, kazıkların tabakalar içerisinde kalan boyları ve kazık tipleri Tablo 2’de özetlendiği gibidir.



Tablo 2. Kazık tipleri, boyutları ve tasarım yükleri

Kazık Tipi	Dolgu boy (m)	Üst kireçtaşı (m)	Alt kireçtaşı (m)	Toplam soket boyu (m)	Toplam kazık boyu (m)	Tasarım Yüğü (kN)
P1	16	10.5	0.0	10.5	26.5	1,000
P2	16	11.5	0.0	11.5	27.5	1,500
P3	16	12.0	0.5	12.5	28.5	2,500
P4	16	12.0	1.0	13.0	29.0	3,000
P5	16	12.0	2.0	14.0	30.0	3,500
P6	16	12.0	2.5	14.5	30.5	4,000
P7	16	12.0	3.0	15.0	31.0	4,500
P8	16	12.0	3.5	15.5	31.5	5,000

3. KAZIK KAPASİTE HESAPLARI

Mevcut zemin koşullarının inşa edilmesi planlanan üstyapı yüklerini güvenli şekilde taşımakta yetersiz kaldığı durumlarda, yüklerin taşınması görevini derin temel sistemi elemanı olan kazıklar üstlenmektedir. Vaka analizinde incelenen proje alanı bir liman dolgusu olup yapılan taşıma gücü analizleri sonucunda proje için derin temel sistemi uygun görülmüştür. Kaya tabakasının 16 metre derinde olması, kazıkların gerekli kapasiteyi kaya sürtünmesinden elde etmesine olanak sağlamıştır.

3.1. Ampirik Yöntemler

Kazıkların yük aktarma mekanizmaları, çevre sürtünmesinin uygulanan yük arttıkça baştan uca mobilize olması ve en sonunda uç direncinin kapasiteye katkı sağlaması şeklindedir. Bu vakada kazıkların oturma toleransının düşük olması nedeniyle, uç direncinin katkısı ihmal edilmiş, kapasiteler çevre sürtünmeleriyle hesaplanmıştır. Çok ayrılmış tabakanın da ilk 5 metresinin katkısı ihmal edilmiştir. Tek eksenli basınç sonuçları kullanılarak kayalarda birim çevre sürtünmesinin hesaplanması için literatürdeki ampirik bağıntılardan yararlanılmış, hesap tablo 3'te verilmiştir. 8 kazık tipi için kazık boyu arttıkça farklı bağıntılarla hesaplanan nihai taşıma kapasitelerini gösteren grafik Şekil 2'deki gibidir. Buna göre maksimum kapasiteyi veren yöntem Prokoso (2002), minimum kapasiteyi veren yönteminse Carter & Kulhawy (1988) yöntemi olduğu görülmektedir.

Carter ve Kulhawy, önerdikleri bağıntıyı Rowe ve Armitage'ın veri havuzunu kullanarak elde etmişlerdir. Bu veri havuzu 20'den fazla sahada yapılmış 80'den fazla deney verisinden oluşmakta, q_u değeri 4-400 arasında değişmekteydi ve önemli bir yüzdesi göçme davranışı göstermemekteydi. Carter ve Kulhawy çalışmalarının sonucunda verilere uygun bir alt sınır tanımlamış, verilerden 12 tanesini daha karmaşık bir yöntemle değerlendirmiş, değerlendirme sonucunda önerilen korelasyonu ve alt sınırı doğrulamış ve tasarım için önemli 2 kontrol önerisinde bulunmuştur. Prokoso da kendinden önceki çalışmalarda kullanılan verileri yeniden, daha tutarlı değerlendirmeye çalışmış ve yalnızca göçme davranışı gözlenen test eğrilerini dikkate almıştır. Reese ve O'Neill, bağıntılarını $q_u > 17$ MPa olan kayalar için önermiştir.



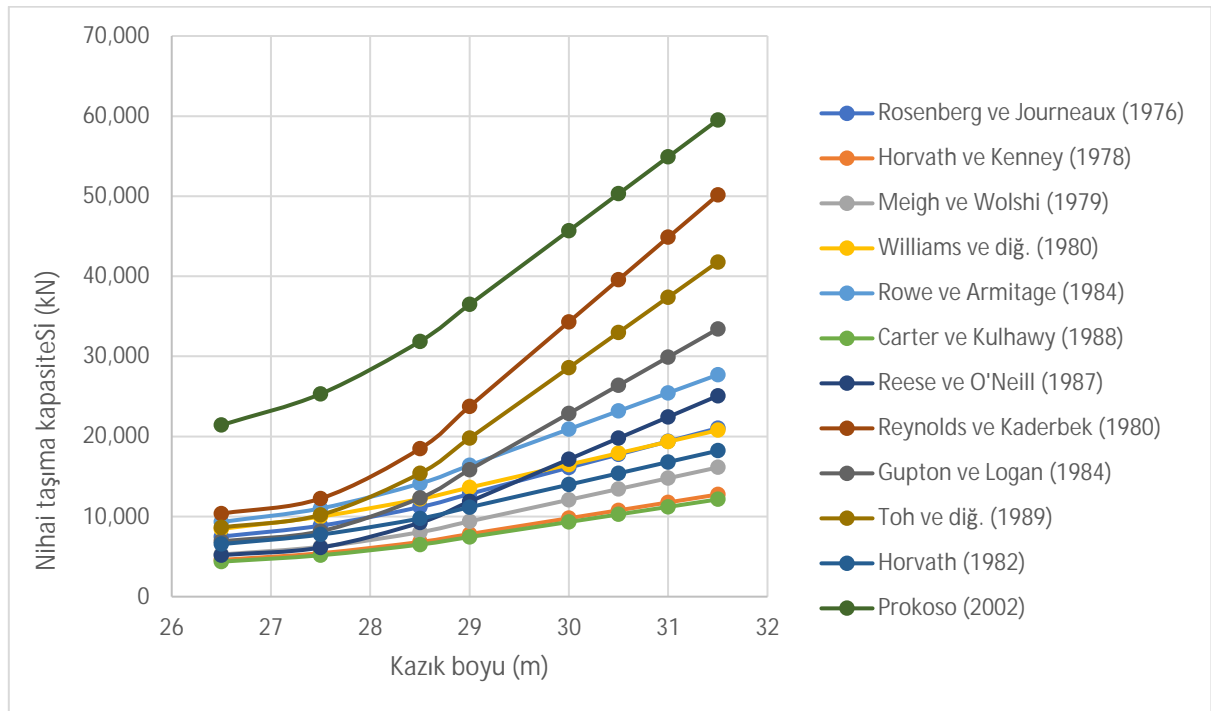
Çalışmalardan bazılarında kullanılan q_u değeri deneyle belirlenmemiş, ampirik yöntemlerle bulunmuştur. Bu da çalışmalarda bazı tutarsızlıklara neden olmuştur.

Tablo 3: Ampirik yöntemle kazık birim çevre sürtünmelerinin belirlenmesi

Yöntem (Zhang , L. 2004)	α	β	f_{s1} (MPa)	f_{s2} (MPa)
Rosenberg ve Journeaux (1976)	0.34	0.51	0.54	1.31
Horvath ve Kenney (1978)	0.21	0.50	0.33	0.79
Meigh ve Wolshi (1979)	0.22	0.60	0.38	1.07
Williams ve diğ. (1980)	0.44	0.36	0.61	1.14
Rowe ve Armitage (1984)	0.40	0.57	0.67	1.80
Carter ve Kulhawy (1988)	0.20	0.50	0.32	0.75
Reese ve O'Neill (1987)	0.15	1.00	0.38	2.10
Reynolds ve Kaderbek (1980)	0.30	1.00	0.75	4.20
Gupton ve Logan (1984)	0.20	1.00	0.50	2.80
Toh ve diğ. (1989)	0.25	1.00	0.63	3.50
Horvath (1982)	0.2-0.3	0.50	0.32	0.75
Prokoso (2002)	0.98	0.50	1.55	3.67

$f_s = \alpha \times q_{uc}^\beta$

Bu vaka analizindeki 11 deneyde kazıklar göçme davranışı sergilememiş, q_u değeri ise 17 MPa'dan küçüktür. Bunlara istinaden, güvenli bir yaklaşım olarak, ampirik yöntemlerle kapasite belirlenmesinde Horvath ve Kenney yöntemi kullanılmıştır.

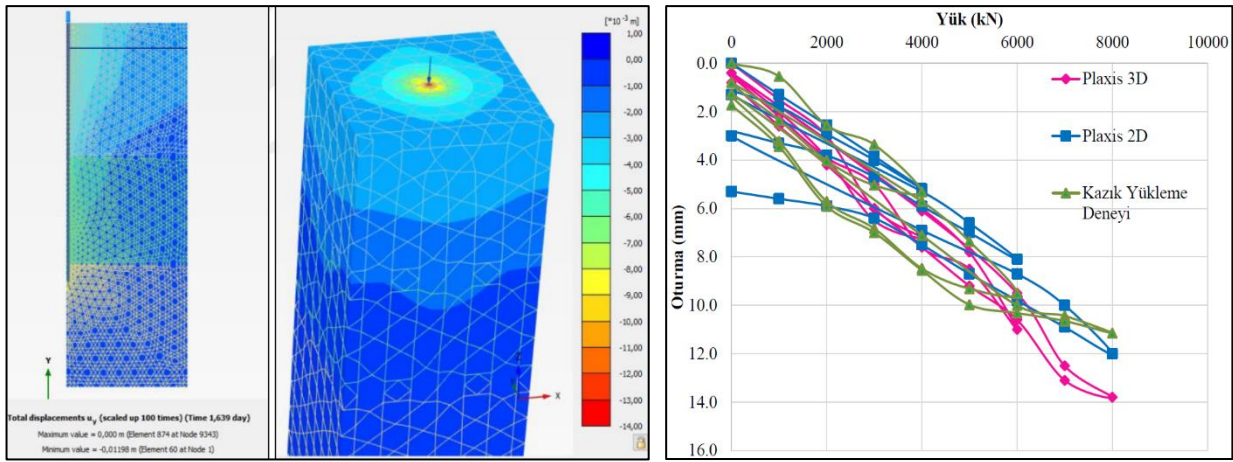


Şekil 2: Ampirik Yöntemlerle Hesaplanan Nihai Taşıma Kapasiteleri



3.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Kazık kapasitesinin belirlenebilmesi için Plaxis 2D ve 3D programlarından saha koşulları simüle edilmiştir. Simülasyonda maksimum oturmanın gözlemlendiği 3 numaralı test kullanılmıştır. Zemin modeli olarak liman dolgularında pekleşen model, kaya tabakaları için Mohr Coulomb bünye modeli kullanılmıştır. Tekil kazık kapasitesi için aksisimetrik model kullanılmıştır. Kazık, 2 boyutlu modellemede C60 betonu temsil edecek şekilde lineer elastik zemin bünye modeliyle, 3 boyutlu modellemede ise gömülü kiriş elemanı olarak tanımlanmıştır. Gömülü kiriş elemanında Horvath ve Kenney yönteminden elde edilen birim çevre sürtünmeleri tanımlanmıştır ve ayrılmış tabakanın ilk 5 metresi ihmal edilmiştir. 2 modelde de sahada yapılan deneyin yansıtılması için yük kademelerine göre 21 faz oluşturulmuştur. Analizlerin sonlu elemanlar ağı Şekil 3'teki gibidir.



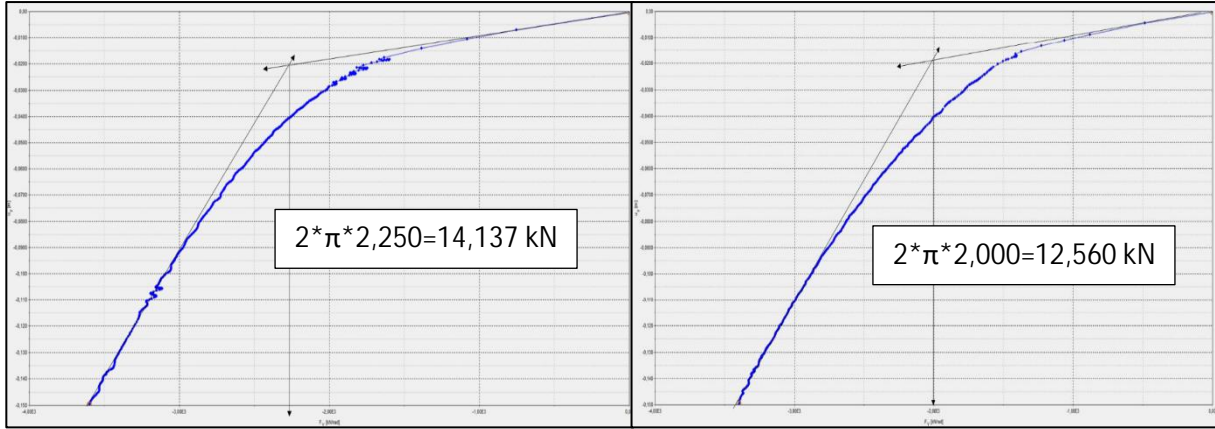
Şekil 3: Plaxis 2D & 3D sonlu elemanlar ağı ve süperpoze edilen yük – deformasyon eğrileri

Plaxis 2D ve 3D programlarının analiz sonucu olarak her yük kademesi fazında kazıkta oluşan yatay deformasyon, simüle edildiği kazık deneyi ile birlikte grafiğe işlenerek süperpoze edilmiş yük – deformasyon eğrilerinin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Hesap yaklaşımlarının saha koşullarını yaklaşık olarak temsil ettiği doğrulandıktan sonra kazıkların kapasitelerinin belirlenebilmesi için kazıkların üzerine 15 cm deformasyon etkilmiş, kazığın orta noktasındaki düğümün yük – deformasyon eğrisi elde edilmiş ve bu eğriye teğet yöntemi uygulanarak taşıma kapasiteleri belirlenmiştir. Bahsedilen yöntemin uygulandığı Şekil 4'te, belirlenen taşıma kapasiteleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Sonlu Elemanlar Yöntemine göre kazıkların nihai taşıma kapasiteleri.

Test	1, 10	2, 4, 8, 9	3, 11	5	6, 7
Kazık tipi	P6	P5	P8	P2	P3
Kazık boyu (m)	30.5	30	31.5	27.5	28.5
Plaxis 2D (kN)	14,137	12,560	14,451	9,110	13,345



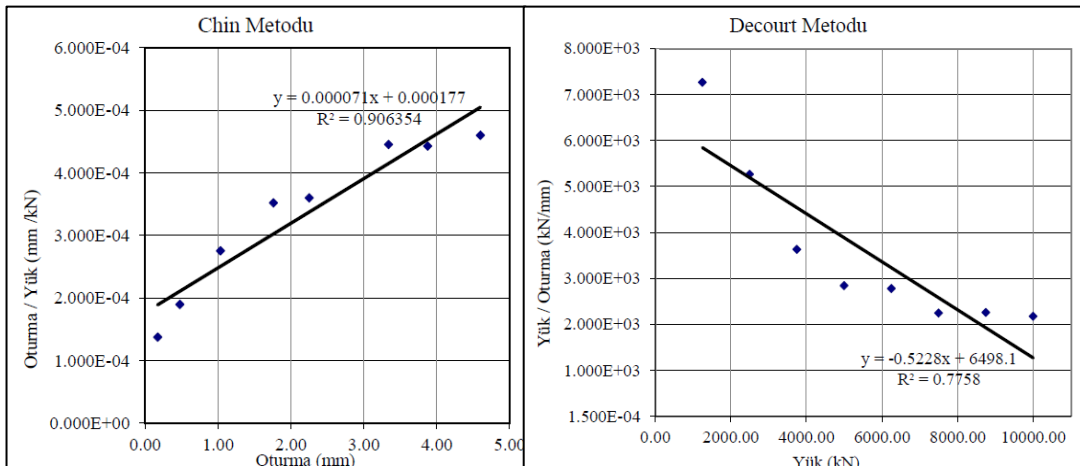


Şekil 4: Sırasıyla deney no: 1-10 ve 2-4-8-9 Plaxis 2D sayısal analiz sonucu $F_y - u_y$ Grafiği

3.3. Kazık Yükleme Deneyleri

Arazide yapılan 11 kazık yükleme deneyinden 4 tanesi zeminin tasarım parametrelerinin belirlenmesi amacıyla imal edilip tasarım yükünün 2 katına kadar yüklenmiştir ve daha sonra projede kullanılmamıştır. Geri kalan 7 deney kazığı ise yapının servis ömrü boyunca aktif olarak yük taşıyacak olup, proje yükünün sorunsuz taşındığının ispat edilmesi amacıyla 1.5 kat yüke maruz bırakılmıştır. Tüm deneyler yükleme – boşaltma şeklinde çevrimli olup, araştırma deneyleri 3 döngü, ispat deneyleri 2 döngüde gerçekleştirilmiştir.

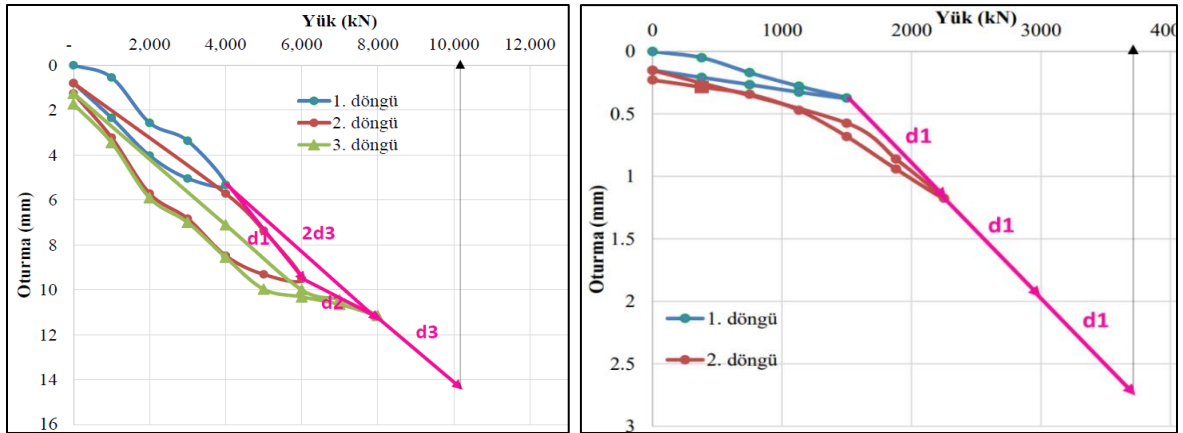
Kazık yükleme deneylerinin hiçbirinde göçme davranışı gözlenmemiştir. Bu nedenle literatürde bulunan 40'ı aşkın deney sonucu yorumlama yönteminden yalnızca Chin ve Decourt yöntemleriyle hesaplama uygun olmuştur. Chin yönteminin uygulanmasında her yük kademesinde meydana gelen oturma ilgili yüke bölünüp $\Delta/Q - \Delta$ grafiği çizilmektedir. Bu grafiğin eğiminin çarpma işlemine göre tersi kapasiteye eşit olmaktadır. Decourt yönteminde ise her kademedeki yük değeri, karşılık gelen oturmaya bölünerek $Q/\Delta - Q$ grafiği çizilmektedir. Oluşan doğrunun Q/Δ eksenini kestiği noktanın, doğrunun eğimine oranı kapasiteyi vermektedir. Yöntemlerin uygulanışı Şekil 5'teki gibidir.



Şekil 5: Chin ve Decourt yöntemlerinin kazık yükleme deneylerine uygulanışı



Yük – Oturma eğrisinin lineer elastik bölgesinde kalan, parabolik davranış göstermeyen yükleme deneylerinde kullanıma uygun olan yöntemlerin sınırlılığından dolayı, bu çalışmada alternatif bir yöntem elde edilmek amaçlanmıştır. Bu yöntem, grafik üzerinde yorumlamaya dayalı bir yöntemdir. Yöntemde ilk döngülerde gözlenen grafik davranışından yararlanılarak fiktif ek döngüler düşünülmektedir ve bu fiktif döngülerin maksimum yüküne eşit yük, kazığın nihai düşey yük taşıma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Üç döngülü ve iki döngülü deneylerde yöntemin uygulanmasına ilişkin görseller sırasıyla Şekil 6’da verilmiştir. İlk döngünün uç noktasından ikinci döngünün uç noktasına çizilen $d1$ vektörü ve ikinci döngü ile üçüncü döngü arasında çizilen $d2$ vektörünün bileşkesi alınıp ($2d3$), yarısı ($d3$) son döngünün ucuna eklenmektedir. Bu sayede döngüler arasındaki davranışın ortalaması fiktif ek döngüye yansıtılmakta, bir ekstrapolasyon sağlanmaktadır. İki döngü olduğu durumda ise ilk ve ikinci döngünün uç noktaları arasında çizilen vektör, direkt olarak son döngünün maksimum noktasının ucuna eklenmektedir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler ve yeni yöntemle diğer yöntemler sonucunda hesaplanan kapasitelerin benzerlik oranları Tablo 5’te verilmiştir.



Şekil 6: Çevrimli kazık yükleme deneyleri için denenen grafik yorumlama yönteminin uygulaması

Tablo 5: Kazık yükleme testlerinin yorumlanarak kapasitelerinin belirlenmesi ve yeni yöntemle benzerlik oranlarının karşılaştırılması

Test	Kazık tipi	Kazık boyu (m)	Chin yöntemi (kN)	Decourt yöntemi (kN)	Yeni yöntem (kN)	Plaxis 2D sonuçları (kN)	Chin benzerlik oranı(%)	Decourt benzerlik oranı (%)	Plaxis benzerlik oranı (%)
1	P6	30.5	14,286	12,259	10,050	14,137	70	82	71
2	P5	30.0	8,333	7,324	9,000	12,560	93	81	72
3	P8	31.5	14,085	12,429	12,500	14,451	89	99	86
4	P5	30.0	9,615	8,596	8,700	12,560	90	99	69
5	P2	27.5	2,950	2,820	3,750	9,110	79	75	41
6	P3	28.5	4,739	4,071	6,100	13,345	78	67	46
7	P3	28.5	6,250	5,804	6,250	13,345	100	93	47
8	P5	30.0	7,407	6,735	8,900	12,560	83	76	71
9	P5	30.0	7,353	6,575	8,900	12,560	83	74	71
10	P6	30.5	9,174	8,467	9,900	14,137	93	86	70
11	P8	31.5	14,706	14,768	12,100	14,451	82	82	84



4. SONUÇLAR

Bu bildiri de geoteknik mühendisliğinin temel problemlerinden biri olan derin temel tasarımına ilişkin literatüre katkı sağlamak amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda farklı yöntemlerle hesaplar ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yapılan karşılaştırmalarda, ampirik yöntemlerin oldukça farklı sonuç verdiği, dolayısıyla sahayı temsil eden yöntem karar verirken özen gösterilmesi gerektiği çıkarılan ilk sonuçtur. Kazık yükleme deneylerinin yorumlanma yöntemleri karşılaştırıldığında parabolik yerine lineer davranış gösteren grafiklerin yorumlanması için uygun 2 yöntem rastlanmıştır. Buna istinaden çevrimli deneylerde uygulanabilecek bir grafik yöntem üzerine çalışılmış, Chin ve Decourt yöntemleriyle karşılaştırıldığında yeni yöntemin Chin yöntemiyle daha benzer sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Plaxis sonuçları ile Chin, Decourt ve yeni yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında yeni yöntemle benzerlik oranının daha yüksek olduğu görünmüştür, ancak test yükü azaldıkça bahsedilen benzerlik oranlarının azaldığı gözlenmiştir.

Önerilen yeni kazık yükleme deneyi yorumlama yöntemin geliştirilebilmesi için malzeme davranışının teorisine inmek ve çeşitli sahalarda, çeşitli çaplardaki kazıklar üzerinde daha fazla test verisi kullanmak gerekmektedir. Buna rağmen, kullanılan vaka analizi verileri gelecek çalışmalar için bir veri tabanı oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aydın, C. (2022). Kayaya soketli kazıkların farklı yöntemlerle taşıma kapasitelerinin belirlenmesi: Bir vaka analizi (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Düzceer, İ. R. (2002). Kazık yükleme deneyleri ile nihai kazık taşıma kapasitesinin belirlenmesi üzerine bir çalışma (Doctora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Karagkounis, N., Latapie, B., Sayers, K., & Mulinti, S. R. (2016). Geology and geotechnical evaluation of Doha rock formations. *Geotechnical Research*, 3(3), 119-136.
- Kulhawy, F. H., Akbas, S. O., & Prakoso, W. A. (2005, June). Evaluation of capacity of rock foundation sockets. In *Alaska Rocks 2005, The 40th US Symposium on Rock Mechanics (USRMS)*. OnePetro.
- Tomlinson, M. J., & Boorman, R. (2001). *Foundation design and construction*. Pearson education.
- Zhang, L. (2004). *Drilled shafts in rock: analysis and design*. CRC press.

SEMBOL LİSTESİ

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
q_{uc}	Serbest basınç deneyi sonucu	F_y	Yatay yük
SPT	Standart penetrasyon testi	u_y	Yatay deformasyon
c	kohezyon	Q	Yük
γ	Birim hacim ağırlık	Δ	Yük kademesindeki oturma
E	Elastisite modülü	f_s	Birim çevre sürtünme kuvveti
\emptyset	Kayma mukavemeti açısı		

