

KUMLU ZEMİNLERDE YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR İÇİN ÖN TASARIM KILAVUZUN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF PRE-DESIGN GUIDE FOR LATERALLY LOADED PILES IN SANDY SOIL

Esra URAY¹

Moutasem ZARZOUR²

Özcan TAN³

ABSTRACT

In this study, the pre-design guide which is planned to be used in the design of laterally loaded piles on sandy soil has been proposed. In the scope of the study, different values of corrected standard penetration blows number, diameter and length of pile have been taken into consideration for specific lateral displacement (25 mm) of pile. For these design parameters, single pile models have been created in Plaxis 3D software and lateral load values have been obtained. Using the results of the analysis, statistical based mathematical models which are function of lateral load depend on length of pile have been developed for nine different pile diameters ($D = 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95$ and 1.00m). In order to investigate the reliability of the developed design graph, Plaxis 3D analyzes have been repeated according to randomly selected design parameters and average absolute relative value of less than 10% has been gained.

Keywords: Pile foundation, Laterally loaded single pile, Plaxis 3D, Design chart

ÖZET

Bu çalışmada kumlu zeminde yatay yüklü kazık tasarımında kullanılması planlanan ön tasarım kılavuzu (Tasarım abakları) önerilmiştir. Çalışma kapsamında yatay yüklü kazığın yatay 25 mm lik deformasyonu için farklı düzeltilmiş standart penetrasyon sayısı, kazık çapı ve kazık uzunluğu tasarım parametresi olarak dikkate alınmıştır. Bu tasarım parametrelerine Plaxis 3D yazılımında tekil kazık modelleri oluşturulmuş ve yatay yük değerleri elde edilmiştir. Analiz sonuçları kullanılarak yatay kazık yükünün kazık uzunluğuna bağlı fonksiyonu olan ve dokuz farklı kazık çapı ($D= 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95$ ve 1.00m) için istatistiksel tabanlı matematik modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen tasarım abaklarının güvenilirliğini araştırmak için rastgele seçilen tasarım parametrelerine göre Plaxis 3D analizleri tekrarlanmış ve %10 nun altında ortalama mutlak rölatif değeri elde edilmiştir.

Anahtar Kelime: Kazık temeller, Yatay yüklü tekil kazık, Plaxis 3D, Tasarım abakları

¹ Research Assistant., KTO Karatay University, esra.uray@karatay.edu.tr

² Graduate Student., Konya Technical University, eng.moutasemz@gmail.com

³ Professor, Konya Technical University, ozcantan@hotmail.com

1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus ihtiyacı, gelişen bilim ve teknoloji ile birlikte yüksek katlı binaların, köprü ve viyadük gibi yapıların inşasını ortaya çıkarmıştır. Güvenli bir tasarım için, bu yapılardan gelen yüklerin homojen olmayan zemin malzemesinin oluşturduğu zemin ortamına aktarılması ve bu yükler altında zeminin stabilite koşullarının sağlanması gerekmektedir. Bu durum, taşıma gücü düşük, farklı oturmaların meydana gelebileceği ve sınırlama potansiyeli olan zeminlerde yapıdan zemine iletilen yüklerin yüzeysel yerine kazık temeller gibi derin temellerle taşınması ya da yükün kazık temel ile sağlam zemine aktarılması gerçeğini ön plana çıkarmıştır. Goetknik mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan kazıklı temellerin yapıldığı malzeme, yapım türü, yük oluşum ve aktarma mekanizmasına göre birçok tipte inşaa edilmektedir. Bunlardan yaygın olarak kullanılan bir tanesi ise özellikle rüzgar, deprem ve dalga yükü gibi yatay yüklere maruz açık deniz ve kıyı yapılarında oluşan yatay yükü taşıyan yatay yüklü kazıklardır.

Yatay yük etkisi altında yapı-zemin etkileşimi sonucu zemin çevresinde aktif, pasif ve sukunet durumlarının aynı anda oluşmaktadır. Bu oluşum sonucu kazık davranışının, yatay yük taşıma kapasitesinin ve yatay hareket miktarının etkilenmesiyle kazık tasarım probleminin çözülmesi karmaşık bir duruma gelmektedir. Ayrıca, kohezyonlu ve kohezyonsuz zemin ortamı, zemin tabakalanma, yeraltı suyunun varlığı, tekrarlı yük, statik yük ve geçici yük gibi yüklemeler, rijit veya esnek kazık, kazık ucunun mesnet şekli ve tekil veya kazık grubu olarak tasarlanması gibi durumlar yatay yüklü kazık davranışı etkileyen önemli parametreler arasında yer almaktadır. Bu parametrelerin bir çoğunun göz önünde bulundurulduğu güvenilir ve ekonomik yatay yüklü kazık tasarımının yapılması önemli konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Geçmişten günümüze çok eski zamanlardan beri inşaa edilen kazıkların yatay yüklü olarak tasarlanmalarında analitik ve deneysel tabanlı Brinch-Hansen Metodu (1961), Broms Metodu (1961) ve Matlock-Reese Yöntemi (1975) gibi birçok yöntem araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Ayrıca zemin ortamının yaylar ile temsil edildiği ve yatay yüklü kazığı zemine oturan kiriş olarak kabul eden yatak katsayısı yaklaşımı önerilen bir başka yöntemdir (Prakash, 1989). Günümüzde yazılımlarla sonlu elemanlar metodu kullanarak karmaşık bir yapıya sahip yatay yüklü kazıkların üç boyutlu olarak modellenmesi ve analiz edilmesi mümkün olmaktadır. Khodair ve Mohti (2014) tarafından yapılan çalışmada kazık-zemin etkileşimi eksenel ve yatay yük etkisi altındaki kazığın sonlu elemanlar yöntemiyle analizi Abaqus ve Sap2000 yazılımları kullanılarak araştırılmıştır. Yatay yüklü kazıkların analitik ve sayısal metotlar kullanılarak analiz araştırılmış ve sonuçlar Plaxis 3D analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yatay yüklü kazık tasarımında etkili olan yatay deformasyon ve zeminin düzeltilmiş standart penetrasyon sayısının farklı değerleri dikkate alınarak Plaxis 3D geoteknik modelleme ve analizi yazılımında analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda kazığın taşıyacağı yatay yük değerini veren istatistik tabanlı matematik modeller optimum kazık çapı ve uzunluğu için geliştirilmiştir. Geliştirilmiş bu matematik modeller kullanılarak yatay yüklü kazık tasarımında tasarımcı için deneme-yanılma yöntemi yerine pratik olarak kullanılması planlanan ön tasarım kılavuzu (tasarım grafikleri) elde edilmiştir. Geliştirilen matematik modele bağlı olarak oluşturulan tasarım grafiklerinin güvenilirliği Plaxis 3D ile yapılan analizlerle kontrol edilmiştir.

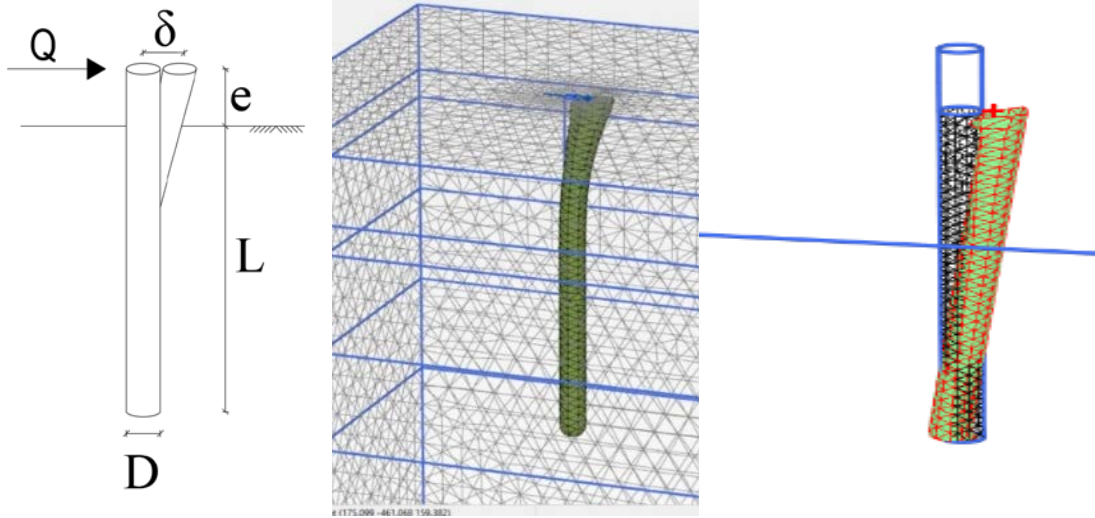
2. YATAY YÜKLÜ KAZIK TASARIMI VE PLAXIS MODELİ

Bu çalışma kapsamında yatay yüke maruz tekil kazığın yanal deplasmanına bağlı parametrik çalışma yapılarak matematik modeller geliştirilmiştir. Matematik modeller kullanılarak tasarımda etki eden yanal yükü taşıyabilecek optimum kazık çapı ve kazık uzunluğu araştırılmıştır. Matematik modeller Plaxis 3D programında belirli tasarım parametrelerine göre tekil kazığın taşıyabileceği yatay yük değerleri kullanılarak geliştirilmiştir. Seçilen tasarım parametreleri, kazık çapı (D), kazık uzunluğu (L), düzeltilmiş standart penetrasyon sayısı (N_{60}) ve kazık başlığının yatay deplasmanı (δ), değerleri ile birlikte Çizelge 1’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Yatay yüklü serbest kazık tasarımı parametreleri

Tasarım parametresi	Değeri
D:Kazık çapı	0.60m, 0.80m, 1.00m
L:Kazık uzunluğu	3m, 5m, 7m, 9m, 10m, 13m, 15m
δ :Kazık ucu yatay deplasman	25mm
N_{60} :Düzeltilmiş SPT sayısı	20,40

Yatay yüklü tekil kazığın modellenmesinde sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan geoteknik bilgisayar programı Plaxis 3D kullanılmıştır. Yatay yüke maruz tekil kazık modelleri oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Yatay yüklü tekil kazık tasarımı ve Plaxis 3D modeli

Analizlerde zemin ve sonlu elemanlar modeli ile ilgili aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Zemin homojen ve izotropik yapıya sahiptir.
- Zemin tek tabakadan oluşmaktadır.
- Drenajlı kohezyonsuz zemin ortamı geçerlidir.
- Zemin yüzey rijitliği $R=0,8$ olarak alınmıştır.
- Zemin modelin boyutları x ve y yönlerinde $15D$ ve z yönünde kazığın bitiş derinliğinden $8D$ alınmıştır.
- Kazıklar kısa (rijit) ve lineer elastik davranışa sahiptir.
- Zemin göçme modeli Mohr-Coulomb modeline göre modellenmiştir.

- Model çok inci mesh seçilerek yapılmıştır.
- Plaxis de tanımlanan zemin ortamında zeminin içsel sürtünme açısı ve elastisite modülünün belirlenmesinde sırasıyla Eşitlik 1 (Mcgregor ve Duncan, 1998) ve Eşitlik 2 (Tan ve diğ., 1991) ile verilen ifadeler kullanılmıştır.
- Zeminin poisson oranı (ν), doymun birim hacim ağırlığı (γ_d) ve birim hacim ağırlığı (γ) sırasıyla 0.30, 18 kN/m³ ve 17 kN/m³ olarak alınmıştır.
- Kazığın zemin üstünde kalan uzunluğu (e), tüm analizlerde 2m olarak alınmıştır.

$$\phi = \sqrt{12 N_{60}} + 15 \quad (1)$$

$$E_s = 500(N_{60} + 15) \quad (2)$$

- Modeli oluşturulan tekil kazık tasarımında kazık malzemesi olarak kullanılan betonun elastisite modülü Eşitlik 3 ile belirlenmiştir. Burada betonun karakteristik basınç dayanımı $f_c = 40$ MPa olarak alınmıştır.

$$E = 4700 \sqrt{f_c} \quad (3)$$

Çizelge 3. Plaxis 3D analiz sonuçları

No	D (m)	L (m)	N ₆₀	Ø (°)	E _s (kN/m ²)	Q (kN)	No	D (m)	L (m)	N ₆₀	Ø (°)	E _s (kN/m ²)	Q (kN)
1	0.6	3	20	30	17500	35.3	22	0.8	3	40	37	27500	72.3
2	0.6	5	20	30	17500	71.0	23	0.8	5	40	37	27500	147.3
3	0.6	7	20	30	17500	83.2	24	0.8	7	40	37	27500	191.9
4	0.6	9	20	30	17500	83.9	25	0.8	9	40	37	27500	201.5
5	0.6	10	20	30	17500	84.1	26	0.8	10	40	37	27500	202.40
6	0.6	13	20	30	17500	84.1	27	0.8	13	40	37	27500	203.4
7	0.6	15	20	30	17500	84.1	28	0.8	15	40	37	27500	202.7
8	0.6	3	40	37	27500	53.5	29	1.0	3	20	30	17500	59.8
9	0.6	5	40	37	27500	96.1	30	1.0	5	20	30	17500	130.8
10	0.6	7	40	37	27500	103.0	31	1.0	7	20	30	17500	200.7
11	0.6	9	40	37	27500	105.3	32	1.0	8	20	30	17500	224.3
12	0.6	10	40	37	27500	105.7	33	1.0	9	20	30	17500	242.0
13	0.6	13	40	37	27500	105.6	34	1.0	10	20	30	17500	250.4
14	0.6	15	40	37	27500	105.7	35	1.0	13	20	30	17500	260.8
15	0.8	3	20	30	17500	47.2	36	1.0	3	40	37	27500	91.2
16	0.8	5	20	30	17500	102.3	37	1.0	5	40	37	27500	190.5
17	0.8	7	20	30	17500	144.6	38	1.0	7	40	37	27500	277.0
18	0.8	9	20	30	17500	158.6	39	1.0	8	40	37	27500	301.9
19	0.8	10	20	30	17500	159.9	40	1.0	9	40	37	27500	316.8
20	0.8	13	20	30	17500	161.5	41	1.0	10	40	37	27500	321.9
21	0.8	15	20	30	17500	160.8	42	1.0	13	40	37	27500	329.3

Çizelge 3’de verilen yatay deplasmanlara göre elde edilen yatay yük değerleri kullanılarak farklı D değerleri için Q’ nun L’ ye bağlı fonksiyonu olacak şekilde matematik modeller geliştirilmiştir. $\delta=25\text{mm}$ lik yatay deplasman ve sıkı kum ($N_{60}=20$) ve orta sıkı kum ($N_{60}=40$) zemin durumlarına göre farklı kazık çapları (D) için geliştirilen matematik modeller sırasıyla Çizelge 4’ te verilmiştir. Geliştirilen matematik modeller Matlab programında çözümlenerek optimum L değerleri ve belirli Q değerlerine göre seçilen kazık çapına göre tasarımda kullanılacak tasarım grafikleri oluşturulmuştur.

Çizelge 4. Farklı δ ve N_{60} değerleri için yatay yük matematik modeli

D(m)	d= 25mm, $N_{60}=40$
60	$Q = 0.0041L^5 - 0.2086L^4 + 4.0981L^3 - 39.361L^2 + 186.11L - 245.36$
65	$Q = 0.0015L^5 - 0.0879L^4 + 1.9969L^3 - 22.796L^2 + 131.56L - 178.53$
70	$Q = -0.001L^5 + 0.0327L^4 - 0.1043L^3 - 6.2314L^2 + 77.014L - 111.69$
75	$Q = -0.0036L^5 + 0.1533L^4 - 2.2056L^3 + 10.333L^2 + 22.468L - 44.853$
80	$Q = -0.0062L^5 + 0.274L^4 - 4.3068L^3 + 26.898L^2 - 32.078L + 21.984$
85	$Q = -0.0074L^5 + 0.3343L^4 - 5.5041L^3 + 37.718L^2 - 71.718L + 75.996$
90	$Q = -0.0085L^5 + 0.3946L^4 - 6.7013L^3 + 48.537L^2 - 111.36L + 130.01$
95	$Q = -0.0097L^5 + 0.4549L^4 - 7.8986L^3 + 59.357L^2 - 151L + 184.02$
100	$Q = -0.0108L^5 + 0.5152L^4 - 9.0959L^3 + 70.177L^2 - 190.64L + 238.03$
D(m)	d= 25mm, $N_{60}=20$
60	$Q = -0.0001L^5 - 0.0082L^4 + 0.5133L^3 - 9.2585L^2 + 69.179L - 102.06$
65	$Q = -0.0017L^5 + 0.0669L^4 - 0.8612L^3 + 2.2096L^2 + 29L - 50.361$
70	$Q = -0.0032L^5 + 0.1421L^4 - 2.2356L^3 + 13.678L^2 - 11.18L + 1.3412$
75	$Q = -0.0048L^5 + 0.2172L^4 - 3.6101L^3 + 25.146L^2 - 51.36L + 53.043$
80	$Q = -0.0063L^5 + 0.2924L^4 - 4.9846L^3 + 36.614L^2 - 91.54L + 104.75$
85	$Q = -0.0062L^5 + 0.2925L^4 - 5.1099L^3 + 38.709L^2 - 100.39L + 118.94$
90	$Q = -0.0061L^5 + 0.2927L^4 - 5.2351L^3 + 40.803L^2 - 109.25L + 133.14$
95	$Q = -0.006L^5 + 0.2928L^4 - 5.3604L^3 + 42.898L^2 - 118.1L + 147.34$
100	$Q = -0.0058L^5 + 0.2929L^4 - 5.4856L^3 + 44.992L^2 - 126.96L + 161.54$

3. YATAY YÜKLÜ TEKİL KAZIK ÖN TASARIM KILAVUZU

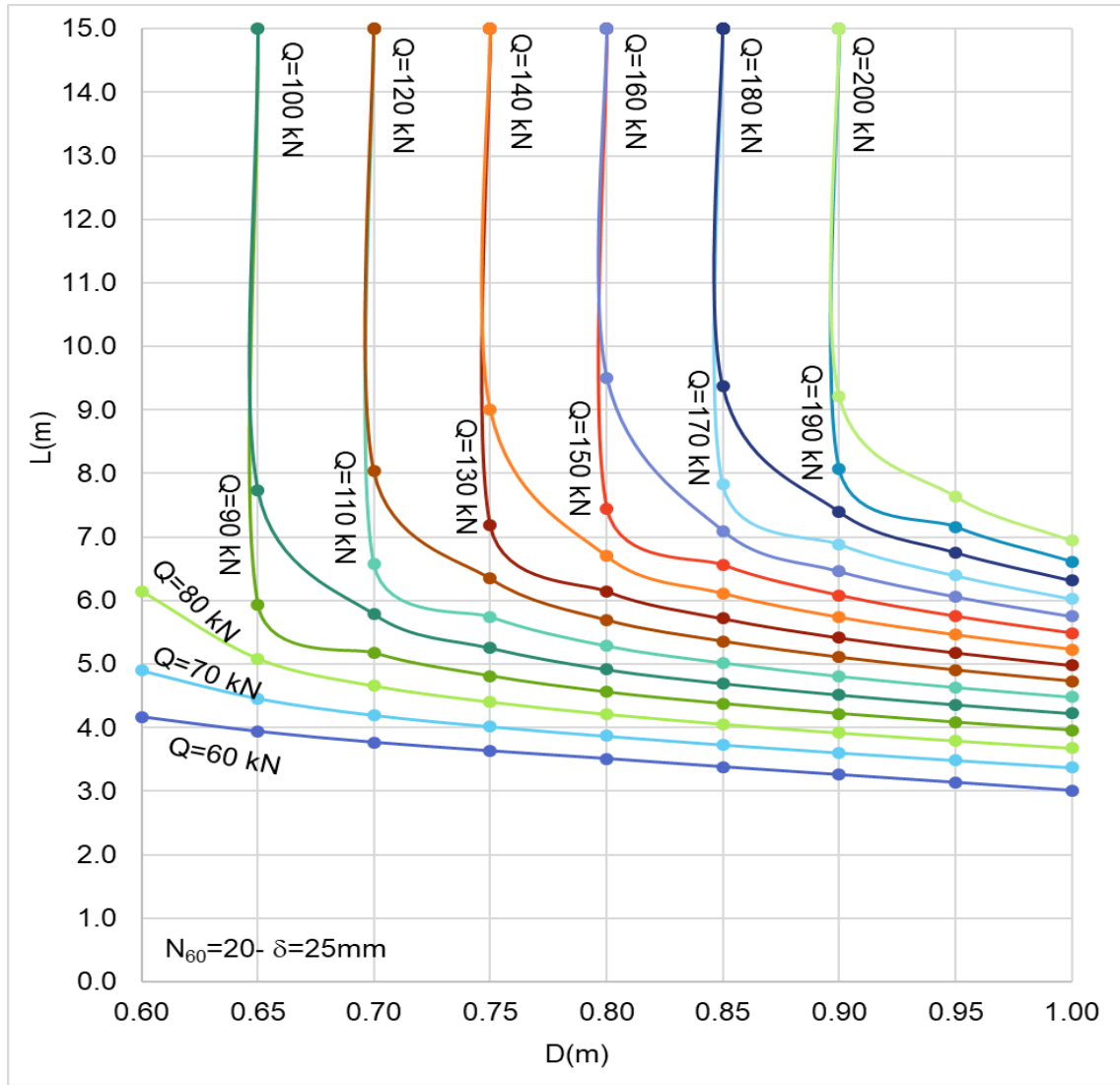
Kazık tasarımında verilen yatay yüke göre optimum kazık uzunluğunun ve çapının bulunması ekonomik açıdan önemli bir durumdur. Bu çalışmada, yatay yüklü tekil kazığın optimum çap ve uzunluğunun bulunmasını daha pratik ve daha az zaman alan hale getirmesi planlanan ön tasarım kılavuz çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, yatay yüklü kazıkların tasarımında belirli yatay deformasyon, düzeltilmiş SPT sayısı ve yatay yüke göre optimum kazık çap ve uzunluğunu veren tasarım grafikleri geliştirilmiştir. Bu grafikler için iki farklı düzeltilmiş SPT sayısı, $N_{60}=20, 40$ ve yatay deplasman $\delta = 25\text{mm}$ olmak üzere farklı durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Farklı düzeltilmiş SPT sayılarına göre

25mm lik deplasmanlar için elde edilen tasarım grafikleri $N_{60} = 20$ için Şekil 2' de ve $N_{60} = 40$ için Şekil 3' te verilmiştir.

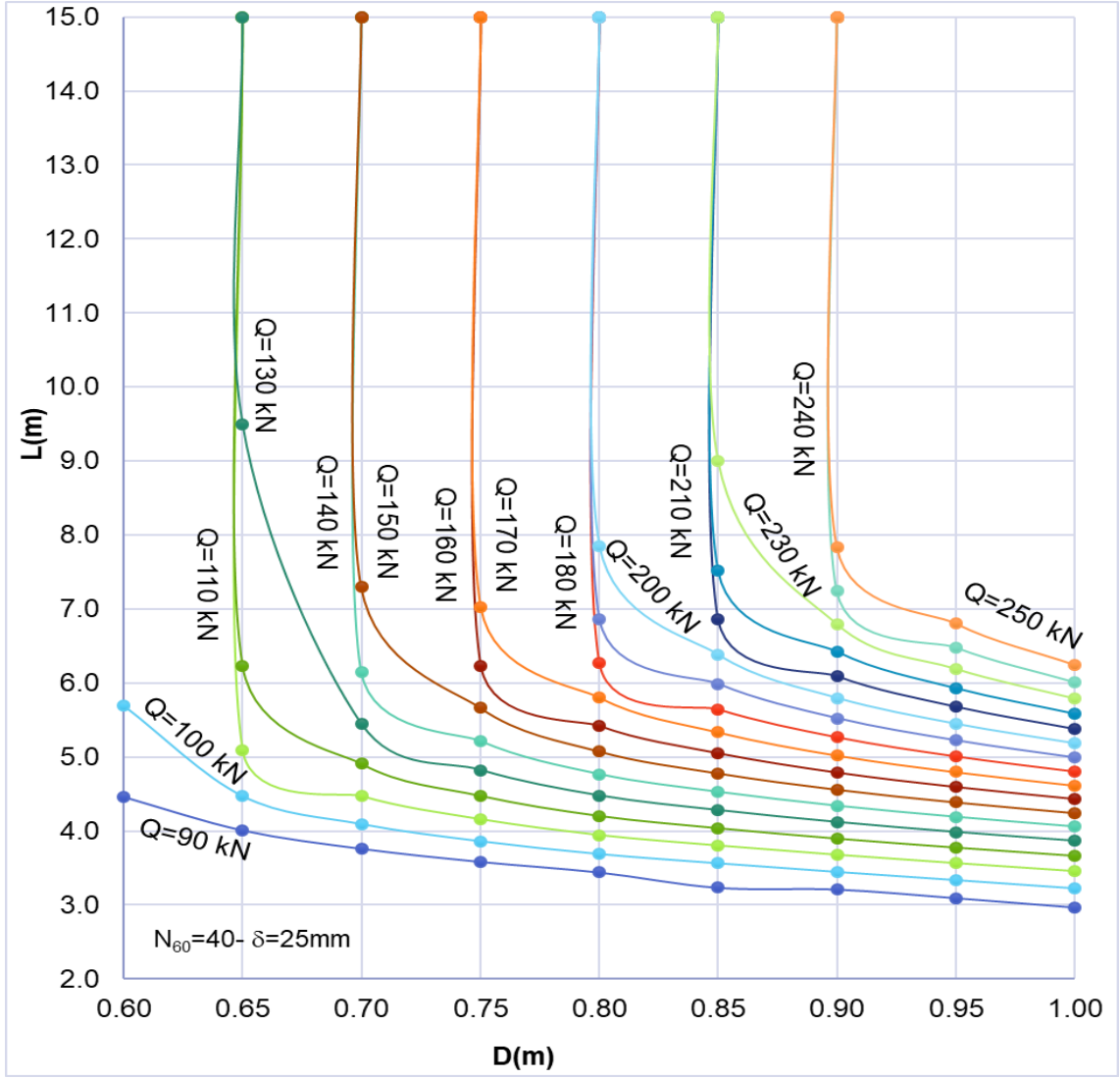
Verilen tasarım grafikleri incelendiği zaman, yatay yükün küçük olduğu durumlarda büyük çapın elde edilmediği, yatay yükün büyük olduğu durumda da küçük çap elde edilmediği gözlemlenmiştir. Bu sonuç yatay yüke maruz kazık için optimum tasarımını elde edilmesi açısından önemli olmaktadır.

Yatay yüklü kazık tasarımı için önerilen tasarım grafiklerinin güvenilirliğini incelemek için Çizelge 5' te verilen rastgele D, L, N_{60} ve δ tasarım parametre değerlerine göre PLAXIS 3D analizleri tekrarlanmış ve elde edilen yatay yük değerleri aynı çizelgede verilmiştir.

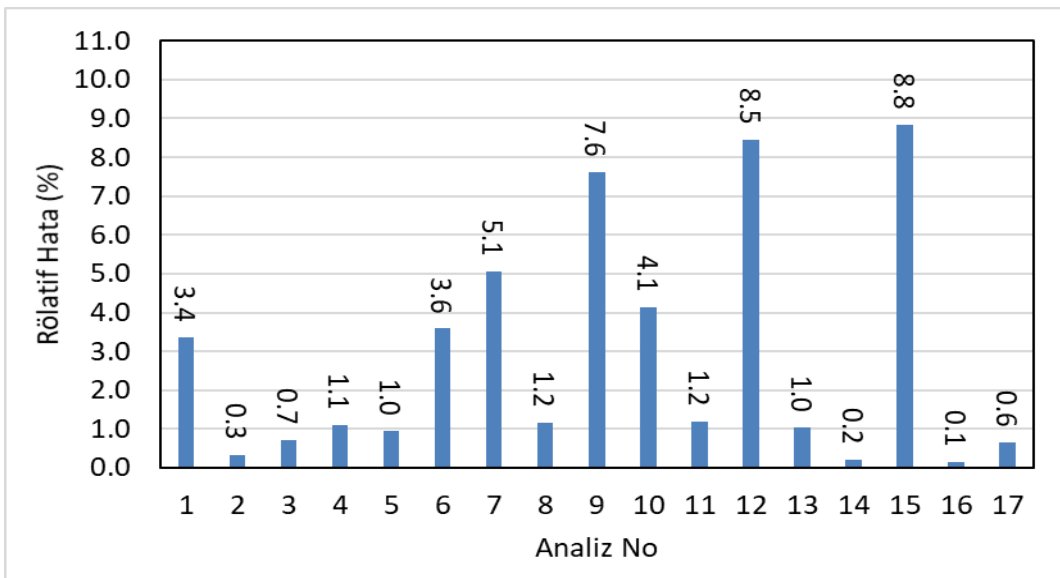
Çizelgede verilen tasarım parametrelerine göre Çizelge 4' te verilen matematik modellere göre yatay yük değerleri hesaplanmıştır. Matematik modelle elde edilen yatay yük değerleri ile PLAXIS 3D analizlerinde elde edilen yatay yüklere ait rölatif hata değerleri Şekil 4' te verilmiştir. Tasarım grafiklerinde Q eğrilerinin lineer davranış gösterdiği L noktası ve sonra ki L değerlerinde rölatif hata değerlerinin arttığı görülmüştür.



Şekil 2. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $\delta=25\text{mm}$, $N_{60} = 20$



Şekil 3. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $\delta=25\text{mm}$, $N_{60}=40$



Şekil 4. Matematik model rölatif hata değerleri

Çizelge 5. Plaxis 3D doğrulama analiz tasarım parametreleri

Analiz No.	D (m)	L(m)	N ₆₀	δ (mm)	Q (kN)
1	0.65	4	20	10	35
2	0.70	6	40	10	69
3	0.75	8	20	10	68
4	0.85	11	40	50	391
5	0.95	14	20	50	389
6	0.65	4	20	25	59
7	0.85	11	40	10	112
8	0.65	4	20	50	83
9	0.70	14	40	10	77.2
10	0.65	14	20	10	50
11	0.70	6	40	50	226
12	0.95	14	20	25	234
13	0.85	11	40	25	230
14	0.75	8	20	50	219
15	0.65	14	20	50	147
16	0.75	8	20	25	135
17	0.70	6	40	25	139

4. SONUÇLAR

Yatay yüklü tekil kazıkların seçilen tasarım parametre değerleri kullanılarak kazık ucu deplasmanı, $\delta = 25$ mm için PLAXIS 3D de analizler gerçekleştirilmiş ve yatay yüklü tekil kazığın taşıyacağı yük analizler sonucunda elde edilmiştir. Farklı kazık çapı değerleri için (D= 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95 ve 1.00m), elde edilen yatay yük değerinin kazık uzunluğuna bağlı fonksiyonu olan matematik modeller geliştirilmiştir. Bu matematik modeller kullanılarak belli yatay yüke göre optimum kazık çapı ve uzunluğu veren tasarım grafikleri oluşturulmuştur.

25 mm lik yatay deplasmana izin verilen orta sıkı kum ($N_{60} = 40$) zemin ve $Q = 110$ kN yatay yüke göre tasarım grafiklerinin kullanılması için örnek vermek gerekirse;

- D=0.65 m ve L= 6.2 m
- D=0.70 m ve L=4.9 m
- D=0.75 m ve L=4.5 m
- D=0.80 m ve L=4.2 m
- D=0.85 m ve L=4.0 m
- D=0.90 m ve L=3.9 m
- D=0.95 m ve L=3.8 m
- D=1.00 m ve L=3.6 m

tasarımlarını yapmak mümkündür. Önerilen tasarımlardan hangisinin seçileceği tasarım yapılacağı zemin tabakalanma durumu, yeraltı suyu durumu ve taşıyıcı tabakanın konumu zemin özellikleri, inşaa alanı ve maliyet gibi durumlara göre karar verilmelidir.

Kazık uzunluğu (L) ve kazık çapı (D) değişiminin tekil kazığın taşıyacağı yanal yüke (Q) göre değişiminin verildiği tasarım grafiklerinde belirli bir L değerinden sonra lineer davranış gösterdiği gözlemlenmiştir. Başka bir deyişle aynı kazık çapı için kazık uzunluğu arttıkça Q için değişiklik olmamaktadır. Sonuçlar incelendiği zaman lineer davranış göstermeyen Q eğrilerinin $D < 0,60m$ için seçilen farklı yatay yük değerleri için davranış göstermesi beklenmektedir.

Geliştirilen tasarım grafiklerinin güvenilirliği kontrolü sonucu elde edilen rölatif hata grafiği incelendiği zaman elde edilen rölatif hataların %10' dan küçük olduğu ve ortalama mutlak rölatif hatanın %3 olduğu görülmüştür. Bu sonuç yatay yüklü tekil kazık tasarımında önerilen ön tasarım kılavuzu için önerilen tasarım grafiklerinin güvenli bir şekilde kullanılabilceğini göstermektedir. Ayrıca deneme-yanılma yönteminin kullanılması yerine geliştirilen tasarım grafikleri kullanılması ile yatay yüklü kazık tasarımı için optimum kazık çapı ve uzunluğunun kısa zamanda elde edilmesi mümkün olmaktadır. Önerilen tasarım abakların farklı zemin türleri ve zemin durumları için geliştirilmesi gelecek çalışmalar için düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- ACI Committee 318 (2008), "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08)", American Concrete Institute, Vol. 2007.
- Barker, R. M., Duncan, J. M., Rojiani, K. B., Ooi, P. S., Tan, C. K. ve Kim, S. G. (1991). "Manuals for the design of bridge foundations: Shallow foundations, driven piles, retaining walls and abutments, drilled shafts, estimating tolerable movements, and load factor design specifications and commentary", National Cooperative Highway Research Program, No 343.
- Broms B. (1964), "Lateral Resistance of Piles In Cohesionless Soils", Journal of the Soil Mechanics Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 90, No. SM3, 123-56.
- Hansen, J.B. (1961), "Ultimate Resistance of Rigid Piles against Transversal Forces", Danish Geotechnical Institute, Vol 12, pp. 5-9.
- Khodair, Y. ve Abdel-Mohti, A. (2014), "Numerical Analysis of Pile–Soil İnteraction Under Axial and Lateral Loads", International Journal of Concrete Structures and Materials, Vol 8.3 , 239-249.
- McGregor, J. A. ve Duncan, J. M. (1998), "Performance and Use of the Standard Penetration Test in Geotechnical Engineering Practice". Virginia Polytechnic Institute and State University, the Charles E. Via, Jr. Department of Civil Engineering, Center for Geotechnical Practice and Research.
- Prakash, S. (1989), "Pile Foundations in Engineering Practice", John Wiley & Sons Inc., New York.
- Reese, L.C. and Welch, R.C. 1975. Lateral loading of deep foundations in stiff clay, J. Geotech. Eng. Div., ASCE, Vol 101, No.GT7.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, devam eden doktora tez çalışmasının sonuçları sunulmuştur ve ayrıca bu çalışmaya BAP- 17401107 no lu araştırma projesi kapsamında vermiş olduğu destekten dolayı Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü' ne teşekkür ederiz.