

Kazıklı Radye Temel Boyutlarının Oturma Davranışı Dikkate Alınarak Optimum Tasarımı

Raziye BOZKURT*¹ , Atila DEMİRÖZ*² 

*Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 42250, Konya

Araştırma Makalesi, Geliş Tarihi: 17.10.2020, Kabul Tarihi: 13.12.2020

Özet

Günümüzde gelişen teknoloji ve artan nüfus oranına bağlı olarak, yüksek katlı yapıların inşası zorunlu hale gelmiştir. Bu durum yapı ve temel güvenliği açısından çalışmaların arttırılmasını da gerekli kılmaktadır. Çünkü, genellikle yüksek katlı binalar için tasarlanan kazıklı radye temeller maliyet açısından beklenmedik rakamlar sunabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek amacı ile uygun boyutlandırmanın seçilmesi gerekir. Kazık ve radye boyutlarının hem ekonomik hem de güvenli tarafta kalabilecek şekilde doğru tasarlanması gerekir. Dolayısıyla boyutların, taşıma kapasitesi ve oturma miktarları üzerindeki etkileri bilinmelidir. Bu amaçla, bu çalışmada, kazık uzunluğu, kazık çapı ve kazık sayısının kazıklı radye temellerdeki oturma davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Geliştirilen örnek bir matematik model dikkate alınarak, Randolph metodu esaslı bir hesap kodu yazılmış, boyutlandırma değişimine bağlı olarak maksimum oturma ve farklı oturma değerleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları grafiksel olarak sunulmuştur. Çalışma sonucunda, optimum çözümün kazık boyunun ve çapının arttırılmasına bağlı olduğu gösterilmiştir. Ayrıca kazık sayısı ve lokasyonunun oturma davranışına etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kazıklı radye temeller, Oturma esaslı boyutlandırma, Kazık uzunluğu, Randolph metodu.

Optimum Design by Considering the Settlement Behavior of Pile Raft Foundation Dimensions

Abstract

Due to the developing technology and the increasing population rate today, the construction of high-rise buildings has become mandatory. This situation makes it necessary to increase the studies in terms of structure and foundation safety. Because piled raft foundations, which are generally designed for high-rise buildings, can offer unexpected figures in terms of cost. In order to prevent this situation, proper sizing should be chosen. Pile and raft sizes must be designed correctly so that they can remain both economical and safe. Therefore, the effects of dimensions on bearing capacity and settlement amounts should be known. For this purpose, in this study, the effects of pile length, pile diameter and pile number on pile raft foundation settlement behavior were investigated. Considering a sample mathematical model developed, an account code based on the Randolph method was written, and the maximum settlement and different settlement values were analyzed depending on the sizing change. Analysis results are presented graphically. As a result of the study, it was shown that the optimum solution depends on increasing the pile length and diameter. In addition, the effect of the number and location of the pile on the settlement behavior was investigated.

Keywords: Distributed Pile raft foundations, Settlement based sizing, Pile length, Randolph method.

¹Sorumlu yazar drraziyebozkurt@gmail.com, ²ademiroz@ktun.edu.tr

1. GİRİŞ

Kazıklı radye temeller, radye temelin tek başına güvenlik kriterlerini sağlamadığı durumlarda, mümkün olduğunca az sayıda kazığın radye temele uygun lokasyonla yerleştirilmesidir. Özellikleri itibari ile tahmin edilemeyen değişkenler nedeniyle, kazıklı radye temeller karmaşık bir yapıya sahiptir. Sonlu elemanlar ve sonlu farklar gibi sayısal analiz yöntemleri günümüzde kazıklı radye temellerin çözümü için uygun çözümler sunmaktadır (Önalp, 2010). Radye temeller yük taşıma kapasitesi açısından yeterli güvenlik kriterlerini sağlasa dahi, zaman içerisinde aşırı oturmalar oluşabilir. Yapı güvenliği açısından, oturmaların önüne geçebilmek için toplam ve farklı oturmaları kontrol altına alan alternatif çözümler bulunmuştur (Alver, 2015).

Radyenin boyutlarının artırılması çoğu durumda yapı alanı içerisinde mümkün olamamaktadır. Ayrıca ekonomik anlamda problem teşkil etmektedir. Radye temellerde, oturmaların hizmet görülebilirlik durumu için kabul edilebilir sınırlara çekilebilmesi konusunda hem taşıma gücünü arttırmak hem de oturmaların minimize edilmesi için kazıkların ilavesi önerilmektedir. Limit durum analizi, deformasyon analizi ve yapısal analiz kazıkların tasarımı için üç aşamadır (Fellenius, 1976).

Radye temelin zeminle etkileştiği, yani radye temel zemin temasının kesilmediği durumda yük, radye temel ve kazıklar arasında paylaşılarak zemine aktarılır. Bütün yükün kazıklar tarafından taşınmadığı, radye temelin de belirli oranlarda yük taşıdığı bilinmektedir. Bu durumda esas konu yükün hangi oranlarda kazık ve radye arasında paylaşıldığıdır. Bu noktada, amaç, toplam ve farklı oturmalar kontrol altında tutularak, taşıma gücü açısından güvenliğin sağlanması ve aynı zamanda ekonomik bir çözüm sunulması gerekmektedir. Ekonomik tasarım için, farklı ve toplam oturmaları kontrol altında tutan, yeterli sayıda kazığın, çapı (D), uzunluğu (L), aralığı (s) ile radye temelin kalınlığının (t) belirlenmesi gerekir. Dolayısı ile kazık sayısının hesaplanmasında ve boyutlarının belirlenmesinde oturma miktarında ki azalma en belirleyici parametre olmaktadır. Bu nedenle bu çalışma da geliştirilen bir zemin örneği üzerinden, boyutlandırılmaya bağlı değişen oturma değerleri ekonomiklik gözetilerek yorumlanmıştır. Kazıklı radye temelin oturma esaslı tasarımına yönelik bir analiz yapılmıştır.

Oturma hesabı zeminin elastik özellikleri ile ilgilidir. Bu parametreler elastisite modülü (E), kayma modülü (G) ve poisson oranıdır (ν). Yöntem olarak Randolph yöntemi seçilmiştir. Çalışmada, ilk aşamada kazık boyu (L) ve

kazık sayısı sabit tutularak, kazık çapının (D) değişimine bağlı oluşan maksimum oturma (S_{max}) ve farklı oturma (diff (S)) değerleri, ikinci aşamada kazık çapı (D) ve kazık sayısı sabit tutularak, kazık uzunluğu (L) değişimine bağlı oluşan oturma değerleri, üçüncü aşamada ise kazık çapı (D) ve kazık boyu (L) sabit tutularak kazık sayısına ve yerleşimine bağlı olarak oluşan oturma değerleri incelenmiştir. Son aşamada ise radye kalınlığı (t) değişimi sonucunda oturmanın nasıl değiştiği yorumlanmıştır. Çalışmanın amacı, kazıklı radye temellerin oturma esaslı tasarım ilkeleri dikkate alınarak, Randolph metodu ile yazılan bir kod ile optimizasyonudur. Güvenli bir şekilde, oturmayı belli sınırlar içerisinde tutarak, kazıklı radye temelin ekonomiklik açısından optimize edilmesidir.

2. YÖNTEM

Kazıklı radye temellerin oturma hesabı için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler basitleştirilmiş, yaklaşık ve bilgisayar tasarımlı kesin yöntemlerdir. Çalışmada basitleştirilmiş yöntemlerden olan Randolph yöntemi kullanılmıştır. Randolph yönteminin temelini oluşturan formülasyonlar ile Eşdeğer Radye yöntemi benimsenmiştir. Randolph yönteminde farklı zemin tabakalarını dikkate almak yerine, ortalama bir zemin, tek bir tabaka gibi düşünülmektedir. Bu tabakanın kayma modülü (G), ağırlıklı ortalama ve maksimum kayma modülünün %25'i alınarak hesaplanmıştır. MATLAB programında yazılan bir kod kullanılarak kazık sayısı, uzunluğu, kazık sayısı ve radye kalınlığı için çözüm yapılmıştır. Problemin esas amacı, her bir kazığın rijitliğini ve kazıklar arasındaki etkileşimi göz önüne alarak, boyutların optimum sınırlarda minimize edilerek ekonomik çözümlerin sunulmasıdır.

Radyenin tamamen elastik olduğu kabulü yapılmıştır. Bu kabul ile üst yapı, yükü kazıklar arasında eşit olarak paylaşabilir. Bir kazıklı radye temel sistemi matematiksel olarak tanımlanmış ve izah edilen yöntemler kullanılarak analizler yapılmış ve boyut değişimlerine bağlı oturma değerleri tablolar yardımı ile grafiksel olarak gösterilmiştir. Geçmişten bugüne, kazık grubu ve radye temel arasındaki yük paylaşımı için birçok denklem önerilmiştir. Radye temelin taşıdığı yükün kazık grubunun taşıdığı yüke oranı, P_r/P_p Denklem (1), yardımı ile hesaplanabilir (Randolph vd. 1993). Burada radyenin tamamen rijit olduğu kabul edilmiştir. Kabule göre radyenin oturması ile kazık grubunun oturmasının eşit olmasıdır. Fakat bu kabul gerçek radye davranışı ile farklılık göstermektedir.

$$\frac{P_r}{P_p} = \frac{0.2}{1-0.8(K_r/K_p)} \cdot \frac{K_r}{K_p} \quad (1)$$

P_r: Radye temelin taşıdığı yük, **P_p**: Kazık grubunun taşıdığı yük, **K_r**: Radyenin rijitliği, **K_p**: Kazık grubunun rijitliği

$$\frac{P_i}{G_1 \cdot r_0 \cdot w_i} = \frac{\frac{4\eta}{(1-\nu)\xi} + \rho \frac{2\pi}{\xi} \cdot \frac{\tanh\mu_1}{\mu_1} \cdot \frac{1}{r_0}}{1 + \frac{1}{\pi \cdot \lambda} \frac{4\eta}{(1-\nu)\xi} \cdot \frac{\tanh\mu_1}{\mu_1} \cdot \frac{1}{r_0}} \quad (2)$$

P_i: Kazığa gelen yük, **W_i**: Kazığın oturması, **L_p**: Kazığın uzunluğu, **r₀**: Kazığın yarıçapı, **G₁**: Kazık ucundaki zeminin kayma modülü

Formülde kullanılan diğer parametreler denklem (3)'deki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} \eta &= r_b / r_0 \\ \xi &= G_1 / G_b \\ \rho &= G_{avg} / G_1 \\ \lambda &= E_p / G_1 \\ \xi &= \ln(r_m / r_0) \\ r_m &= \{0.25 + \xi[2.5 \rho(1-\nu) - 0.25]\} L_p \\ \mu_1 &= (1/r_0) \left(2 / (\xi\lambda)^{1/2}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

G_{avg}: zeminin ortalama kayma modülü, **E_p**: kazığın elastisite modülü, **r_b**: kazık taban yarıçapı, **ν**: Poisson oranı

Kazıklar arası etkileşimden dolayı, kazık grubunun rijitliği için verimlilik katsayısı olarak adlandırılan bir faktör kullanılmaktadır. Şu şekilde denklem (4) yardımı ile hesaplanır.

$$\eta = 1 / \sum_{i,j=1}^n \alpha_{ij} \quad (4)$$

η: Verimlilik katsayısı, **α_{ij}**: Her bir kazığın diğer kazık üzerinde ki etkisi, **n**: Kazık sayısı

Bir kazığın rijitliği verimlilik faktörüne bağlı olarak Denklem (5) yardımı ile şu şekilde hesaplanabilir.

$$K_p = n \cdot K_1 \cdot \eta \quad (5)$$

K_p: kazık grubunun rijitliği, **n**: kazık sayısı,

K₁: bir kazığın rijitliği, **η**: verimlilik katsayısı

Randolph tarafından her bir kazığın diğer kazık üzerindeki etkisi şu şekilde hesaplanabilir.

$$\alpha_{ij} = \frac{\ln\left(\frac{r_m}{S}\right)}{\ln\left(\frac{2r_m}{D_0}\right)} F_\alpha \quad (6)$$

D₀: Kazık çapı, **S**: Kazıklar arası mesafe, **r_m**: Etki yarıçapı

$$r_m = \{0.25 + \xi[2.5 \rho(1-\nu) - 0.25]\} L_p \quad (7)$$

F_α kazıkların zemini iyileştirici etkisinden dolayı hesaplanmaktadır. Burada α, kazıklar arasında ki etkileşimi ifade etmektedir.

$$F_\alpha = \frac{2\mu L_p + \sin(2\mu L_p) + \Omega^2 [\sinh(2\mu L_p) - 2\mu L_p] + 2\Omega [\cosh(2\mu L_p) - 1]}{[2 + 2\Omega^2] \sinh(2\mu L_p) + 4\Omega \cosh(2\mu L_p)} \quad (8)$$

L_p kazık boyunu ifade etmektedir ve diğer parametreler şu şekilde hesaplanabilir.

$$\mu = \sqrt{\frac{2\pi\bar{G}}{\ln\left(\frac{2r_m}{D_0}\right)} \cdot E_p \cdot A_p} \quad (9)$$

E_p: kazığın elastisite modülü, **A_p**: kazığın enkesit alanı, **G**: zeminin ortalama kayma modülü

$$\Omega = \frac{K_{bi}}{E_p \cdot A_p \cdot \mu} \quad (10)$$

K_{bi}: kazığın taban rijitliği, **D₀**: kazık çapı

$$K_{bi} = \frac{\pi}{2I_s} \left(\frac{D_0 \cdot G}{1-\nu}\right) \quad (11)$$

I_s: şekil faktörü

Temel sistemi bir bütün olarak düşünülürse, bir kazığın doğrusal olmayan davranışı tüm sistemin davranışını etkilemektedir. Bu yüzden Caputo ve Viggiani' ye göre i=j durumunda, denklem (12) dikkate alınmalıdır (Caputo ve Viggiani, 1984). Bu denklem incelendiğinde görülmektedir ki, kazığa etki eden yük arttıkça, doğrusal olmayan davranış temel sistemine daha çok etki ettirilmiştir

olmaktadır.

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{1 - \frac{Q_i}{Q_{i,limit}}} \quad (12)$$

$Q_{i,limit}$: tekil kazığın taşıma kapasitesi

Terzaghi ve Peck, kazık gruplarının oturma hesabında kullanılan Eşdeğer radye yöntemini geliştirmişlerdir (Terzaghi ve Peck, 1967). Bu yöntemde göre, kazık grubunun oturması, kazık uzunluğuna ve tarafsız eksene bağlıdır. Kazık uzunluğunun üçte biri yaklaşık olarak tarafsız eksen olarak ifade edilir (Tomlinson, 2008).

Tarafsız eksenin yerinin belirlenmesi önemli bir etkidir. Eşdeğer radye seviyesi belirlenerek, oturma hesabı sığ temellerde ki gibi yapılabilir. Oturma hesabında gerçekte karşılan durumla, hesaplarda elde edilen değerler arasında, farklılık oluşmaktadır. Bunun nedeni, oturmanın tek yönde olduğu varsayılırken, sahada üç boyutta deformasyonların oluşmasıdır. Bu durum dikkate alınarak, bir düzeltme faktörü uygulanır.

$$S_i = \frac{\mu_1 \mu_0 \cdot q_n \cdot B}{E} \quad (13)$$

μ_1, μ_0 : etki faktörü

q_n : yayılı yük, B : radye genişliği, E : zeminin Elastisite modülü

Bu düzeltmelerin yanı sıra, derinlik düzeltmesi de yapılarak elde edilen oturma analizi değeri şu şekilde ifade edilebilir. Düzeltme değerleri abaklardan elde edilmektedir.

$$S = S_i \times \mu_g \times \mu_d \quad (14)$$

μ_g : üçüncü boyut düzeltmesi,

μ_d : derinlik düzeltmesi

3. KAZIKLI RADYE TEMELLERİN OTURMA TABANLI OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI

Tasarım değişkenlerine göre, Randolph metodu dikkate alınarak yazılan bir MATLAB kodu ile boyutlandırmaya bağlı oturma analizi yapılmıştır. Kazık çapı, kazık uzunluğu, radye kalınlığı ve kazık sayısı değiştirilerek, oturma davranışına etkileri araştırılmıştır.

3.1. Tasarım Değişkenleri

Tasarım değişkenleri tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tasarım değişkenleri ve değerleri

Parametreler	Değerler
Kazık çapı (D) m	0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8
Kazık uzunluğu (L) m	20, 24, 28, 32, 36, 40
Kazık sayısı	30, 32, 36, 40, 50, 64, 100

3.2. Problemin Tanımlanması

Tasarlanan kazıklı radye temele ait genel özellikler Tablo 2’de verilmiştir. Bu değerlere göre kazık uzunluğu, kazık çapı, kazık sayısı ve radye kalınlığı değiştirilerek, elde edilen analiz sonuçları şu şekilde tanımlanabilir.

Tablo 2. Tasarım değişkenleri ve değerleri

Genel Özellikler	Değerler
Radye kalınlığı	1.2
Radye eni (m)	20
Radye uzunluğu (m)	50
Radyeye gelen üniform yük (kPa)	200
Tek bir kazığın taşıma kapasitesi (kPa)	50
Kazıklar arası x yönündeki mesafe (m)	1
Kazıklar arası y yönündeki mesafe (m)	1
Poisson oranı	0.2
Kazık uzunluğu ort kayma modülü (kPa)	120
Maksimum kayma modülü (kPa)	160

4. ANALİZ BULGULARI

Kapasite hesabı, yapısal ve oturma hesabı dikkate alınarak kazıklı radye temel hesabı yapılmaktadır. Belirtildiği üzere bu çalışma da oturma davranışı temel alınarak analiz yapılmıştır. Oturma davranışı zeminin elastik özelliklerini temsil eden parametreler, Elastisite modülü (E), Kayma modülü (G) ve Poisson oranına (v) bağlıdır. Çalışma da boyut etkisinin oturma davranışına etkisi araştırıldığı için, boyutlar sırası ile değiştirilerek oluşan maksimum oturma ve farklı oturma değerleri grafiksel olarak analiz edilmiştir.

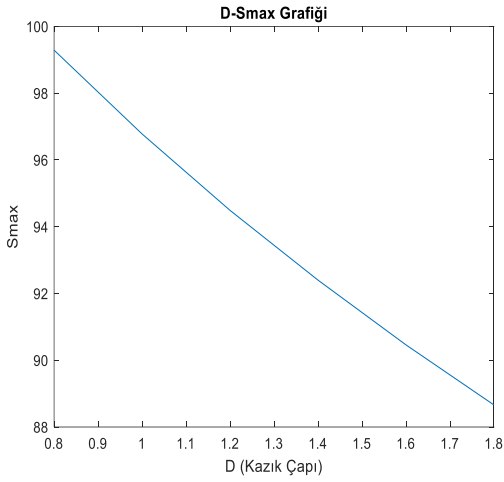
4.1. Kazık Çapı Değişiminin Oturma Davranışına Etkisi

Kazık çapı 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 ve 1.8 aralığında değiştirilerek, radye kalınlığı t=1.2 m, kazık uzunluğu 20 m ve kazık yerleşimi 30 (5×6) olarak seçilmiştir. Tablo 3’de çap değişimine bağlı oluşan maksimum oturma ve farklı

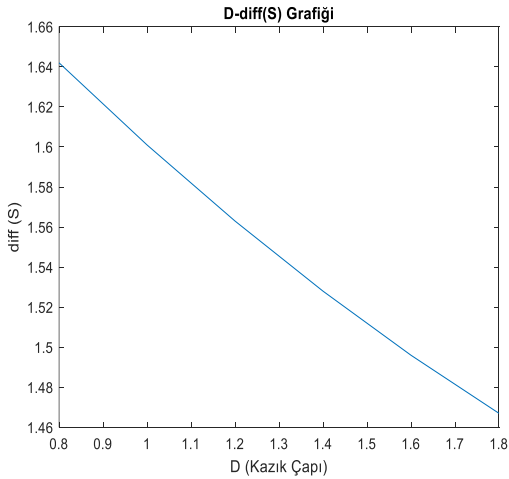
oturma değerleri verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde görülmektedir ki, kazık çapının arttırılması oturma değerlerinin azalması yönünde bir etki oluşturmaktadır. Fakat tasarım aşamasında, kazık çapının arttırılmasında ekonomiklik göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 3. Kazık çapına bağlı maksimum oturma (S_{max}) ve farklı oturma (diff(S)) değerleri

Kazık Çapı (D) (m)	S_{max} (cm)	Diff (S) (cm)
0.8	9.92	1.64
1.0	9.67	1.60
1.2	9.44	1.56
1.4	9.24	1.52
1.6	9.04	1.49
1.8	8.86	1.46



Şekil 1. D- S_{max} grafiği



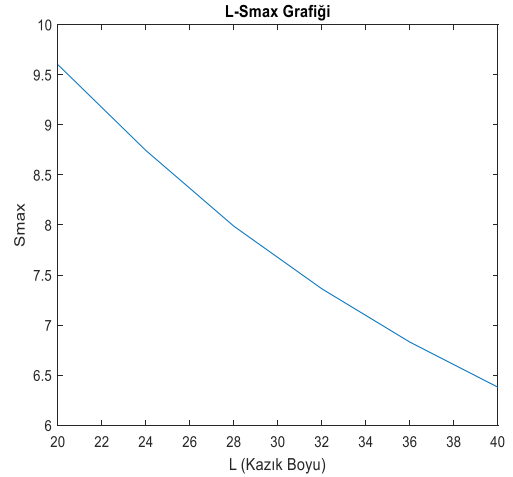
Şekil 2. D-diff(S) grafiği

4.2. Kazık Uzunluğunun Değişiminin Oturma Davranışına Etkisi

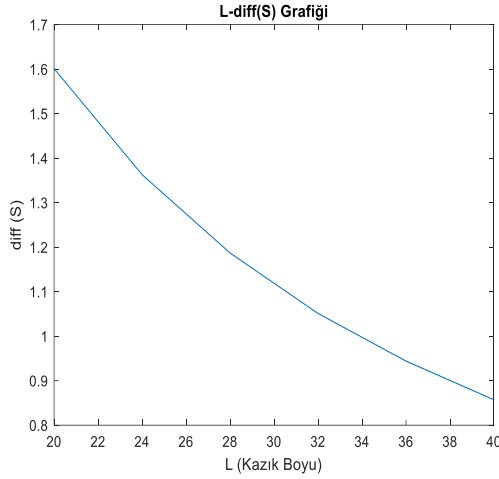
Kazık uzunlukları 20, 24, 28, 32, 36 ve 40 m, radye kalınlığı 1.2 m, kazık çapı 0.8 m ve kazık yerleşimi 30 (5×6) olarak seçilmiştir. Kazık taşıma kapasitesini arttırdığı ve zemine iyileştirme sağladığı bilinen kazık uzunluğunun arttırılması, oturma davranışı üzerinde de olumlu sonuçlar vermektedir. Bu sonuca göre, kazık uzunluğunun arttırılması ile oturma değerlerinin azalması arasında yaklaşık olarak doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Aynı zamanda, zeminin derinlik ile iyileşeceği düşünülürse, oturmaları azaltmanın en etkili yolunun kazık uzunluğunun arttırılması olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Kazık uzunluğunuz bağlı maksimum oturma (S_{max}) ve farklı oturma (diff(S)) değerleri

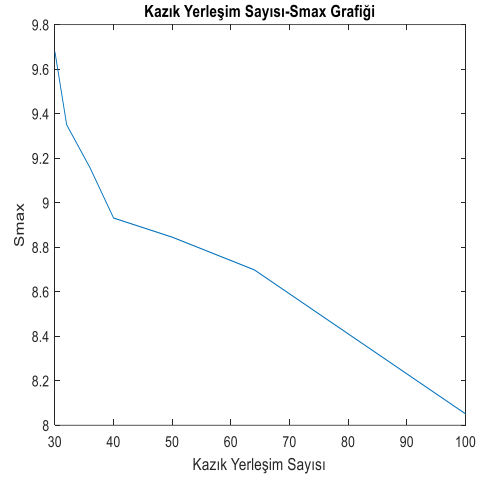
Kazık Uzunluğu (L) m	S_{max} (cm)	Diff (S) (cm)
20	9.60	1.60
24	8.74	1.36
28	7.98	1.18
32	7.36	1.05
36	6.83	0.94
40	6.38	0.85



Şekil 3. L- S_{max} grafiği



Şekil 4. L-diff (S) grafiği

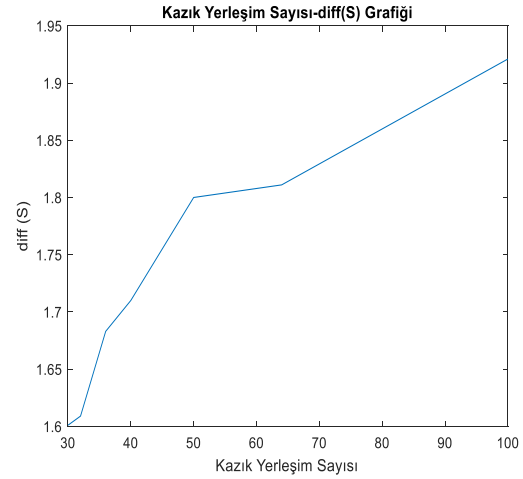
Şekil 5. Kazık yerleşim sayısı-S_{max} grafiği

4.3. Kazık Sayısı Değişiminin Oturma Davranışına Etkisi

L=20m, uzunluğunda D=0.8 m, çapında, 30, 32, 36, 40, 50, 64 ve 100 arasında değişen kazıklarda, radye kalınlığı 1.2 m olarak seçilmiştir. Kazık sayısına bağlı olarak oluşan oturma değerleri Tablo 5' te verilmiştir. Kazık sayısının artırılması ilk aşamada oturmaları azaltmaktadır. Fakat, kazık sayısının artışı, oturmalarda önemli bir azalmaya neden olmadığı gibi, farklı oturmalarda arttığı görülmektedir. Bu davranışın esas nedeni ise *Kazık-Zemin-Kazık* etkileşimidir. Kazık aralığı azaldıkça, kazıklar arası etkileşim artmakta ve kazık sayısının artışı olumsuz sonuçlar oluşturabilmektedir. Kazıklı radye temel in optimizasyon çalışmalarındaki esas amacın optimum kazık sayısının tespit edilmesi olduğunu söyleyebiliriz. Kazık sayısında artışa rağmen oturmalarda ortaya çıkan bu durum, Eşdeğer Radye yaklaşımını doğrular niteliktedir.

Tablo 5. Kazık sayısına bağlı maksimum oturma (S_{max}) ve farklı oturma (diff(S)) değerleri

Kazık sayısı ve yerleşimi	S _{max} (cm)	Diff (S) (cm)
30 (5×6)	9.67	1.59
32 (8×4)	9.35	1.60
36 (9×4)	9.15	1.68
40 (10×4)	8.93	1.71
50 (10×5)	8.84	1.80
64 (8×8)	8.69	1.81
100 (10×10)	8.05	1.92



Şekil 6. Kazık yerleşimi sayısı-diff (S) grafiği

4.4. Radye Kalınlığı Değişiminin Oturma Davranışına Etkisi

Radye kalınlığı, yazılan koda bağlı olarak 1-3 m arasında değişen değerlere göre hesaplanmıştır. Nümerik analiz anlamında maksimum oturma ve farklı oturma değerleri arasında çok fazla bir değişim görülmemiştir. Fakat sahada, radye temel kalınlığının artırılmasının oturma davranışı üzerinde pozitif etkileri olduğu göz ardı edilmemelidir. Yani oturma davranışını azaltan bir davranış sergilemektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Oturmaların belirli sınırlarda tutularak, maksimum ekonominin sağlanması, kazıklı radye temel tasarımının esas amaçlarından birisidir. Randolph metodu kullanılarak oluşturulan MATLAB koduna göre kazık çapı, uzunluğu, sayısına ve radye kalınlığı değişkenlerine göre oturma değerleri incelenmiştir. Oturmanın daha fazla azalmadığı kazık özelliklerinde, çözümün optimum

olduğu düşünülebilir. Dört aşamadan oluşan analizin sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

- Kazık uzunluğunun arttırılmasıyla taşıma kapasitesi artış ve oturmanın azalttığı için en optimum çözümü sağladığı düşünülebilir.
- Optimum çözüm, oturma değerlerinin çok farklılık göstermediği kazık sayısında elde edilmektedir.
- Kazık çapının arttırılması maksimum ve farklı oturma davranışının azaltılması üzerinde doğrusal bir davranış sunmaktadır. Radye kalınlığının arttırılması, sahada oturmaları kontrol eden sonuçlar sunmaktadır. Fakat yapılan Randolph yöntemi esaslı nümerik analizlerde, radye kalınlığının arttırılmasının gözle görülür bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir.
- Kazık sayısının arttırılmasına bağlı olarak kazıklar arası etkileşim artmaktadır. Ortaya çıkan bu duruma göre, kazık sayısının arttırılması, belirli bir noktadan sonra oturma davranışı üzerinde değişmeyen bir etki oluşturmaktadır.
- Kazık sayısının, ekonomiklik dikkate alınarak, doğru tespit edilmesi önem arz etmektedir.
- Kazık sayısının arttırılması, kazıklar arası grup etkisinden dolayı, farklı oturmaları arttırmaktadır.

Tomlinson M., Woodward J., 2008, Pile design and construction practice (5th ed.). New York: Taylor & Francis.

KAYNAKLAR

Alver O., Özden G., 2015, “Tabakalı Zeminlerde Kazıklı Radye Temellerin Optimum Tasarımı” Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Vol. 17, No:1, 13-26.

Caputo V., Viggiani C., 1984, “Pile foundation analysis: a simple approach to nonlinearity effects”, Riv. It. Di Geotecnica, Vol. 18, No.1, p. 32-51.

Fellenius BH. “Pile Foundations-Analytical”, in Analysis and design of building foundations, ed. H.Y. Fah,1976.

Önalp A., 2010, “Geoteknik Bilgisi 3 Bina Temelleri”, 426 s. Birsen yayınevi, İstanbul.

Randolph MF., Clancy P., 1993, “An approximate analysis procedure for piled raft foundation”. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 17 (12), s.849-869.

Terzaghi K., Peck RB., 1967, “Soil mechanics in engineering practice (Second Edition). John Wiley and Sons.