

ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN BELİRLENMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM

Beste KOÇAK DİNÇ
İstanbul Aydın Üniversitesi
bestekocak@aydin.edu.tr

A. Metin GER
İstanbul Aydın Üniversitesi
metinger@aydn.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada sığ temellerde taşıma gücünün saptanmasında yaygın kullanımı olan Terzaghi zemin taşıma gücü bağıntısından hareketle yeni bir bağıntı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, sığ temellerin taşıma gücünün belirlenmesinde kullanılan çeşitli taşıma gücü bağıntıları ve değişkenleri için geniş örneklemeler yapılarak, yeni bir bağıntı türetilmiştir. Kalıp olarak Terzaghi tarafından önerilen bağıntı muhafaza edilmiş ancak sentetik olarak karakteristikleri belirlenen zemin örnekleri göz önünde bulundurularak Terzaghi kalıbında yer alan katsayılar doğrusal olmayan regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucunda Terzaghi'nin bağıntısını temel teşkil eden yeni katsayılara sahip bir bağıntı önerilmiştir. Önerilen bağıntının diğer analitik taşıma gücü bağıntıları ve deneysel taşıma gücü değerleri ile karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sığ temeller, Terzaghi, Taşıma gücü*

AN APPROACH FOR DETERMINING GROUND TRANSPARENT MOVEMENT

ABSTRACT

The aim of this study is the improvement of Terzaghi bearing capacity formula which is a very common method to determine the bearing capacity in shallow foundations. For this purpose, many sampling has been done in very wide range for several formulas and variances that use to determine the bearing capacity in shallow foundations and a new formula is derived based on the Terzaghi bearing

capacity formula with modification coefficients. Terzaghi keep as template however, the coefficients in Terzaghi template are evaluated with non-linear regression analysis method based on the soil samples that characteristic's determined in synthetic way. As a result of this evaluation, new formula is developed with new coefficients that are referred to Terzaghi template. The proposed formula is compared with other analytical bearing capacity and experimental bearing capacity values.

Keywords: *Shallow foundations, Terzaghi, Bearing capacity*

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliğinin ana amacı, yapıların üzerine inşa edileceği tabakaların, fiziksel ve mekanik olarak incelenmesidir. Bu nedenle yapıların inşa edileceği zeminler için çeşitli yöntemlerle zemin analizleri gerçekleştirilmektedir. Bu analizler içerisinde en önemli olanları taşıma gücü kavramı ile ilişkilendirilenlerdir.

Sığ ve derin temellerin taşıma kapasitesi, göçmeye karşı duraylılığı ve sınır değerlerinin emniyetli ve maksimum değerinin tespiti zeminlerin dayanım ilkesine yani taşıma gücüne bağlıdır. Zeminlerin taşıma gücü birkaç farklı şekilde belirlenmektedir. En yaygın şekilde kullanılan taşıma gücü belirleme yöntemleri, arazi ve laboratuvar uygulamalarında geliştirilen bağıntılarla parametrik olarak tespiti dayalı olan yöntemlerdir.

Bu çalışmada sığ temellerde taşıma gücünün saptanmasında yeni bir bağıntı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, kalıp olarak Terzaghi tarafından önerilen bağıntı muhafaza edilmiş ancak sentetik olarak karakteristikleri belirlenen zemin örnekleri göz önünde bulundurularak Terzaghi kalıbında yer alan katsayılar doğrusal olmayan regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda Terzaghi'nin bağıntısını temel teşkil eden yeni katsayılara sahip bir bağıntı önerilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken sentetik veri tabanı büyüklüğünün etkisi de gözlenmiştir. Elde edilen yeni bağıntı literatürde ya da bir dizi bağıntıyla ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. ANALİTİK YÖNTEMLER

Yüzeysel temellerin taşıma gücü ile ilgili olarak ilk çalışma Terzaghi [1] tarafından Prandtl teorisi ile ilişkilendirilerek belirlenmiştir. Bu yaklaşımı izleyerek değişik zemin, temel, yük koşullarında taşıma gücü hesaplamaları için birçok teori ve çözüm geliştirilmiştir. Bunlar arasından en çok kullanılanlar ise Terzaghi [1], Meyerhof [2], Hansen [3] ve Vesic [4] teorileri olmuştur.

3. ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ İÇİN ÖRNEKLEME YAPILMASI VE TAŞIMA GÜCÜ BAĞINTISININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Literatürde zemin taşıma gücünün saptanmasına yönelik deneysel verilere dayanan birçok bağıntı türetilmiştir. En yaygın kullanılan Terzaghi [1] taşıma gücü değeri (1) bağıntısıyla tanımlanmaktadır.

$$q_d = (k_1 \cdot c \cdot N_c) + (g_1 \cdot D_f \cdot N_q) + (k_2 \cdot N_v \cdot B \cdot g_2) \quad (1)$$

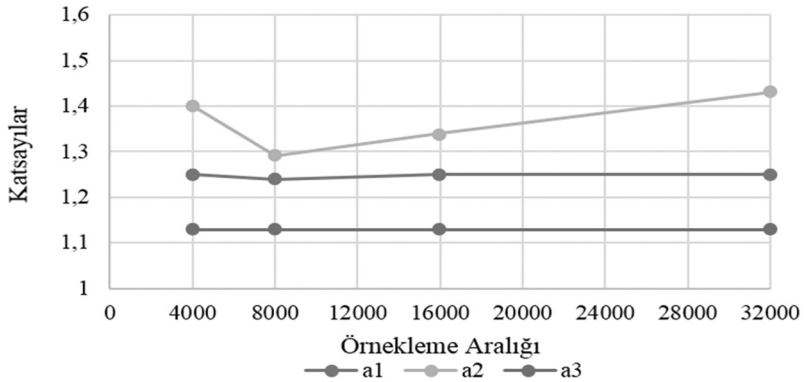
Terzaghi'nin yaptığı kabuller çerçevesinde yer alan değişkenler kullanılarak bir sentetik zemin örneklem veri tabanı oluşturmuştur. Söz konusu veri tabanının oluşturulmasında kullanılan değişkenler ve rasgele atamalarla oluşturulacak değerleri için değer aralıkları belirlenmiştir. Statistica [5] programı ile doğrusal olmayan regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklem sayısının belirlenmesi amacıyla veri tabanının 4000, 8000, 16000 ve 32000 örnekten oluşması durumları için bağıntı katsayılarının beklenen değerlerinin karşılaştırılması yapılmış ve a1, a2 ve a3 kat sayıları belirlenmiştir.

Bağıntının geliştirilmesi a1, a2 ve a3 geliştirme katsayıları ile tanımlanacak olup geliştirilen bağıntı

$$q_d = a_1 (k_1 \cdot c \cdot N_c) + a_2 (g_1 \cdot D_f \cdot N_q) + a_3 (k_2 \cdot N_v \cdot B \cdot g_2) \quad (2)$$

olarak ifade edilecektir.

Örneklem sayısının belirlenmesi amacıyla veri tabanının 4000, 8000, 16000 ve 32000 örnekten oluşması durumları için bağıntı katsayılarının beklenen değerlerinin karşılaştırılması Şekil 1'de özetlenmiştir.



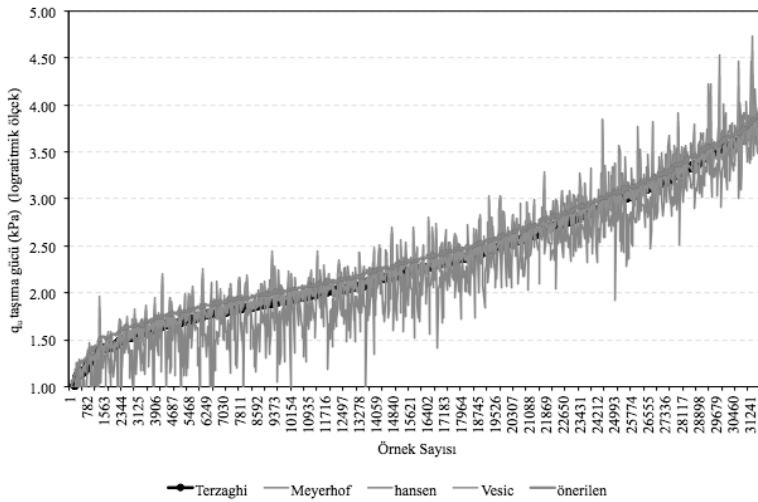
Şekil 1. Örneklem sayısının (2) bağıntı katsayılarına etkisi grafik gösterimi

Buna göre geliştirilen bağıntının son hali

$$q_d = 1,25.(k_1.c.N_c) + 1,43.(g_1.D_f \times N_q) + 1,13.(k_2.N_v.B.g_2) \quad (3)$$

bağıntısı ile verilmiştir.

Bağıntı katsayılarının oluşturulmasında kullanılan 32000 örneklemeden elde edilen değerler için önerilen bağıntı ve literatürde yer alan taşıma gücü bağıntıları dikkate alınarak taşıma gücü sonuçları karşılaştırması yapılmış ve Şekil 2’de grafik olarak sunulmuştur. Karşılaştırılmaların daha kolay incelenebilmesi amacıyla taşıma gücü değerleri logaritmik olarak sıralı şekilde gösterilmiştir. Şekil 2’de görüldüğü üzere önerilen bağıntı, diğer taşıma gücü bağıntıları ile kıyaslandığında diğer bağıntılar ile bulunan taşıma gücü değerlerindeki saçılım oldukça belirgin iken, önerilen bağıntı ile bulunan sonuçların daha düzenli olduğu gözlenmektedir.



Şekil 2. 32000 örnek için üretilen değer için önerilen bağıntı ve literatürde yer alan bağıntıların karşılaştırılması

4. ZEMİN TAŞIMA GÜCÜ BAĞINTILARININ DENEYSEL SONUÇLARLA KARŞILAŞTIRMALI İRDELENMESİ

Bu çalışma kapsamında bağıntı (3)’den elde edilen taşıma gücü sonuçları ile 21 adet deneyler sonucunda bulunan gerçek taşıma gücü değeri ve diğer araştırmacıların önermiş oldukları bağıntıların karşılaştırılması Çizelge 1’de verilmiştir.

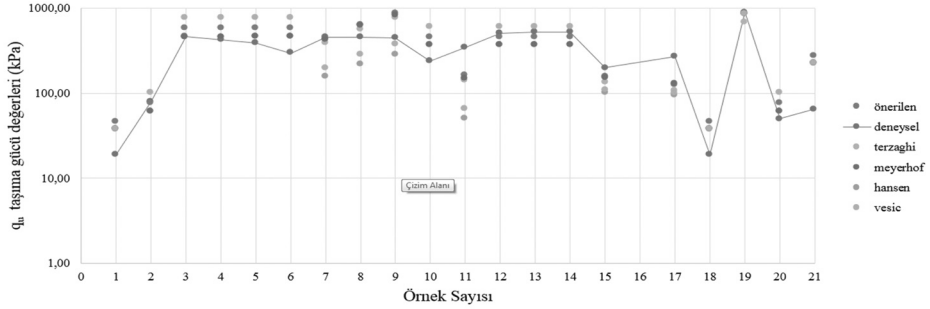
Şekil 3’de görüldüğü üzere 21 deneysel gerçek taşıma gücü değerleri ile önerilen bağıntı ve diğer taşıma gücü değerleri arasında yapılan karşılaştırmada

önerilen bağıntının seçilen sınır değerleri için deneysel taşıma gücü değerine en yakın sonucu verdiği görülmektedir. Ancak temel boyutları için sınır değerler dışında veri girişi olduğunda önerilen bağıntının ikinci en yakın değeri bulunduğu gözlenmektedir.

Çizelge 1. 21 adet deneysel taşıma gücü sonuçları, ampirik taşıma gücü bağıntılarından elde edilen sonuçlar ve önerilen bağıntı (3) taşıma gücü değerleri kıyaslaması

	B	L	Y_1	Y_2	Y'	Y_w	c	Φ	Kıyas Ekranı						
	B (m)	L (m)	Y_1 (kN/m ³)	Y_2 (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	Y_w (kN/m ³)	c (kPa)	Φ	Önerilen Bağıntı için qd (kPa)	Deneysel qd (kPa)	Ref.	Terzaghi qd (kPa)	Meyerhof qd (kPa)	Hansen qd (kPa)	Vesic qd (kPa)
1	0,18	0,18	20,45	20,45	10,65	9,80	5,00	4,0	46,48	18,96	[6]	37,19	38,08	38,11	38,28
2	10,00	10,00	15,00	15,00	5,20	9,80	10,00	0,0	77,10	79,3	[7]	61,68	61,68	0,00	102,80
3	0,26	0,26	18,00	18,00	8,20	9,80	75,00	0,0	578,25	466,33	[8]	462,60	462,60	0,00	771,00
4	0,39	0,39	18,00	18,00	8,20	9,80	75,00	0,0	578,25	422,47	[8]	462,60	462,60	0,00	771,00
5	0,53	0,53	18,00	18,00	8,20	9,80	76,00	0,0	585,96	390,88	[8]	468,77	468,77	0,00	781,28
6	0,80	0,80	18,00	18,00	8,20	9,80	76,00	0,0	585,96	295,71	[8]	468,77	468,77	0,00	781,28
7	0,26	0,26	21,50	21,50	11,70	9,80	0,15	43,0	439,34	458,35	[8]	386,79	430,44	155,74	200,85
8	0,39	0,39	21,50	21,50	11,70	9,80	0,15	43,0	647,18	460,48	[9]	570,72	629,43	218,29	285,96
9	0,53	0,53	21,50	21,50	11,70	9,80	0,15	43,0	871,02	452,17	[9]	768,80	843,74	285,66	377,62
10	0,21	0,21	18,00	18,00	8,20	9,80	60,00	0,0	462,60	241	[9]	370,08	370,08	0,00	616,80
11	0,11	0,11	20,00	20,00	10,20	9,80	0,03	43,0	162,38	345	[10]	143,30	147,94	50,59	66,63
12	0,11	0,11	18,00	18,00	8,20	9,80	60,00	0,0	462,60	505	[11]	370,08	370,08	0,00	616,80
13	0,04	0,04	18,00	18,00	8,20	9,80	60,00	0,0	462,60	529	[12]	370,08	370,08	0,00	616,80
14	2,12	2,12	18,00	18,00	8,20	9,80	60,00	0,0	462,60	523,67	[12]	370,08	370,08	0,00	616,80
15	0,08	0,08	16,00	16,00	6,20	9,80	0,40	43,0	158,25	200	[12]	134,69	151,41	102,05	109,40
16	0,05	0,05	16,00	16,00	6,20	9,80	0,40	43,0	126,12	270	[13]	106,26	129,51	95,16	100,04
17	0,15	0,15	17,70	17,70	7,90	9,80	5,00	4,0	46,45	18,96	[13]	37,17	38,06	38,10	38,21
18	0,46	0,46	17,63	17,63	7,83	9,80	24,60	26,0	855,89	896	[14]	687,66	845,86	847,60	852,53
19	0,13	0,13	20,00	20,00	10,20	9,80	10,00	0,0	77,10	50	[15]	61,68	61,68	0,00	102,80
20	0,10	0,30	13,82	13,82	4,02	9,80	20,00	14,0	277,38	65	[16]	221,98	230,25	231,47	231,70
21	0,13	0,13	17,85	17,85	8,05	9,80	0,00	24,0	7,23	8,48	[17]	6,40	3,70	1,80	2,96

ZEMİN TAŞIMA GÜCÜNÜN BELİRLENMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM



Şekil 3. 21 adet deneysel taşıma gücü değerinin önerilen, bağıntı (3) taşıma gücü değerleri ve diğer taşıma gücü ilişkisinin karşılaştırılması

Deneysel taşıma gücü değerleri ile önerilen bağıntı ve diğer taşıma gücü bağıntıları ile hesaplanan taşıma gücü değerleri arasındaki sapmayı belirlemek için (5) bağıntısı kullanılarak standart hata değeri hesaplanmıştır olup, bu değerler Şekil 4’de sunulmuştur. Şekil 4’de görüleceği üzere deneysel taşıma gücü değerlerine en yakın sonucu önerilen bağıntı vermektedir. İkinci en yakın sonucu ise önerilen bağıntının esas aldığı Terzaghi taşıma gücü bağıntısı vermektedir.

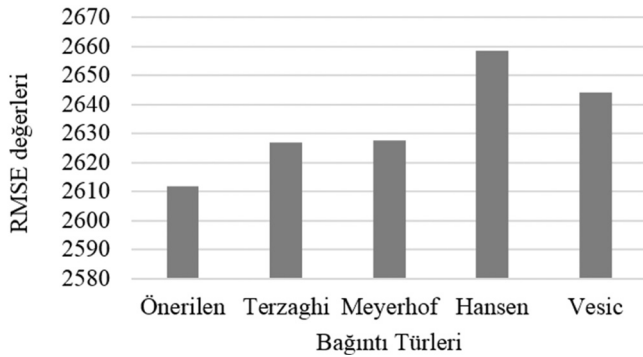
$$RMSE_{Error} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - D_i)^2}{n}} \quad (5)$$

P_i ; öngörülen taşıma gücü değerleri

D_i ; deneysel taşıma gücü değerleri

n ; örnek sayısı

P_i olarak ifade edilen taşıma gücü değerleri (5) önerilen bağıntı ve literatürde yer alan diğer bağıntıları ifade etmektedir.



Şekil 4. Önerilen ve diğer taşıma gücü bağıntıları için RMSE değerleri grafik gösterimi

5. SONUÇLAR

Gerek mevcut yapıların değerlendirilmesinde gerekse yeni yapılacak yapıların projelendirilmesinde ihtiyaç duyulan zemin taşıma gücü değerleri için en çok tercih edilen yaklaşım Terzaghi tarafından önerilen yaklaşım olup, bu çalışmada taşıma gücü değerlerinin belirlenmesi için yeni bir bağıntının önerilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, kalıp olarak Terzaghi tarafından önerilen bağıntı muhafaza edilmiş ancak sentetik olarak karakteristikleri belirlenen zemin örnekleri göz önünde bulundurularak Terzaghi kalıbında yer alan katsayılar doğrusal olmayan regresyon analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda Terzaghi'nin bağıntısını temel teşkil eden yeni katsayılarla sahip bir bağıntı önerilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken sentetik veri tabanı büyüklüğünün etkisi de gözlenmiştir. Elde edilen yeni bağıntı literatürde kullanılması için önerilen bir dizi bağıntıyla ve deneysel gerçek taşıma gücü sonuçlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde temel boyutları için seçilen sınır değer aralığında kaldığında önerilen bağıntının gerçek taşıma gücü değerine en yakın değeri bulduğu gözlenmiştir. Ancak seçilen temel boyutları için sınır değerler dışında veri girişi olduğunda ikinci en yakın taşıma gücü değerini hesapladığı belirlenmiştir. Sonuç olarak yeni bağıntının uyumluluk açısından gerçek taşıma gücü değerine olan yakınlığı sebebiyle tercih edilebileceği öneri olarak sunulmuş ve taşıma gücü analitik hesaplamalarında elde edilen yorumun katkısı olabileceği düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

- Terzaghi, K., (1943). Theoretical Soil Mechanics. Wiley Publishing, New York, USA.*
- Meyerhof, G. G., (1965). Shallow Foundations State of the Art Review Paper, Proc. ASCE, V. 91.*
- Brinch Hansen, J. (1961). A General Formula For Bearing Capacity. Ingenforen (Int. Edition). The Danish Geotechnical Institute, Bulten No. 11, pp. 38-46.*
- Vesic, A. S. (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations, Journal of SM and FE Division, ASCE, vol. 99, No. SMI, pp. 45-73.*
- StatSoft Inc. STATISTICA V.6.0 for Windows. Tulsa, OK, USA;1995.*
- Vekli, M., Aytakin, M., İkizler, S.B., ve Çalık, Ü., (2012). Taş Kolonla İyileştirilmiş Şevlerin Stabilite Analizi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 28 (2), 88-96 s.*
- Demir, A., Örnek, M., Mısıır, G., Laman, M., ve Yıldız, A., (2009). Stabilize Granüler Dolgu İle İyileştirilen Yumuşak Kil Zeminlere Oturan Yüzeysel Temellerin Analizi. TÜBİTAK, 106M496 Nolu Araştırma Projesi., 145-150 s.*
- Örnek, M., (2009). Yumuşak Kil Zeminlerin Geogrid Donatı İle Güçlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 85 s.*

- Örnek, M., (2009). *Yumuşak Kil Zeminlerin Geogrid Donatı İle Güçlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 87-97 s.*
- Yıldırım, D., (2009). *Geogrid Donatılı Stabilize Dolgu Tabakası İle Kil Zeminlerin İyileştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 85 s.*
- Demir, A., (2011). *Yumuşak Kil Zemin Üzerinde Güçlendirilmiş Stabilize Dolguya Oturan Yüzeysel Temellerin Analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 98-108 s.*
- Mısır, G. ve Laman, M., (2015). *Tabakalı Zeminlere Oturan Dairesel Temellerin Deney ve Analitik Yöntemle İrdelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 30(1), 249-256 s.*
- Vekli, M., (2009). *Taş Kolon İle Şev İyileştirilmesinin Deneysel ve Sayısal Olarak İyileştirilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 93-106 s.*
- Sharma, R., Chen, Q., Abu Farsakh. And Yoon S. (2009). *Analytical Modeling of Geogrid Reinforced Soil Foundation. Geotextiles and Geomembranes., Bulten No. 27, pp. 63-72.*
- Sireesh, S., Sitharam, T. G., And Dash S. K. (2009). *Bearing Capacity of Circular Footing On Geocell – Sand Mattress Overlying Clay Bed With Void. Geotextiles and Geomembranes., Bulten No. 27, pp. 89-98.*
- Choudhary, A. K., Jha, J. N., And Gill K. S. (2010). *Laboratory Investigation of Bearing Capacity Behaviour of Strip Footing on Reinforced Flash Slope. Geotextiles and Geomembranes., Bulten No. 28, pp. 393-402.*
- Hataf, N., And Rahimi M. M. (2006). *Experimental Investigation of Bearing Capacity of Sand Reinforced With Randomly Distributed Tire Shreds. Construction and Building Materials., Bulten No. 20, pp. 910-916.*