

GEVŞEK KUM ZEMİNE OTURAN KARE TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜNÜN DENEYSEL ANALİZİ

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF BEARING CAPACITY OF SQUARE FOUNDATIONS SITTING ON LOOSE SAND

Hüseyin Suha AKSOY¹, Damla KÜÇÜKAY KAYAALP²

ÖZET

Bu çalışmada, gevşek bir kum zemin üzerine oturan farklı boyuttaki kare temeller deneysel olarak modellenmiştir. Laboratuvarında, model temellerin düşey yüklenmesi neticesinde, temellerin sınır taşıma güçleri belirlenmiştir. Bu amaçla $D_r = 10\%$ rölatif sıkılıkta hazırlanmış kum zemine oturan üç farklı kare temelin ($B_1 = B = 8\text{cm}$, $B_2 = 1.5B$ ve $B_3 = 2B$) taşıma güçleri laboratuvar ortamında model deneyleri ile tespit edilmiştir. Model deneyler, Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı'nda bulunan $75 \times 75 \times 100$ cm boyutlarındaki dikdörtgen kesitli bir kum tankı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda taşıma gücünün, küçük temel boyutu ($B_1 = B = 8\text{cm}$) için bir miktar yüksek elde edildiği ancak artan temel boyutuyla neredeyse sabit bir değere ulaştığı gözlemlenmiştir. Bulunan deneysel sonuçlar, Terzaghi, Hansen, Vesic ve Meyerhof taşıma gücü eşitlikleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma neticesinde deneysel sonuçlara en uyumlu bağıntının Hansen tarafından önerilen bağıntı olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kare Temel, Model Deneyleri, Rölatif Sıkılık, Taşıma Gücü

ABSTRACT

In this study, raft foundations which have different dimensions resting on a loose sand soil were modeled experimentally. In the laboratory, as a result of the vertical loading of the model foundations, the ultimate bearing capacity of the foundations were determined. For this purpose, the bearing capacity of three different square foundations ($B_1 = B = 8\text{cm}$, $B_2 = 1.5B$ ve $B_3 = 2B$) resting on sand prepared with $D_r = 10\%$ relative density was determined by model tests in the laboratory environment. Model experiments were carried out in a rectangular sand tank measuring $75 \times 75 \times 100$ cm in the Geotechnical Laboratory of the Civil Engineering Department of Fırat University. As a result of the experiments, it was observed that the bearing capacity was slightly higher for the small foundation size ($B_1 = B = 8\text{cm}$), but reached a nearly constant value with increasing

¹ Doç, Fırat Üniversitesi, saksoy@yyu.edu.tr (Hüseyin Suha AKSOY)

² Arş. Gör., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, damlakucukay@yyu.edu.tr

foundation dimension. The experimental results found were compared with Terzaghi, Hansen, Vesic, and Meyerhof bearing capacity equations. As a result of the comparison, it was observed that the most compatible correlation with the experimental results was the one proposed by Hansen.

Keywords: *Square Foundation, Model Experiment, Relative Density, Bearing Capacity*

1. GİRİŞ

Temellerin taşıma gücü ve oturma durumları geoteknik mühendisliği alanında araştırılması gereken önemli konulardan biri olmuştur. Temelin taşıma gücünün hesaplanması, temel tasarımına etki eden en önemli faktörler arasındadır (Azmoodeh ve Arafati 2015). Geçmişten bugüne taşıma gücü ile ilgili deneysel ve teorik olarak birçok çalışma yapılmıştır. Terzaghi'nin (1943) çalışması yüzeysel bir temelin taşıma kapasitesini değerlendirmek için önerilen ilk kapsamlı teori niteliğindedir. Terzaghi'nin önerdiği bu bağıntı D_f derinliğinde ve B genişliğinde sürekli temel üzerinde geliştirilmiştir. Terzaghi tarafından önerilen ilk kapsamlı taşıma gücü teorisinden sonra Meyerhof (1963), Terzaghi'nin teorisini geliştirmiştir. Meyerhof'un taşıma kapasitesi hem düşey hem de eğimli yükleri dikkate alarak hesaplama sunar. Temele etkiyen düşey yüklerin yanında eğimli yüklerin de etkisi göz önünde bulundurularak yük-eğim ilişkisini kapsayan bir yaklaşım sunmuştur. Hansen (1970), Meyerhof'un sunduğu eşitliği iki farklı zemin durumu için ($0 < \phi$ ve $\phi = 0$) genişletmiştir. Hansen'in (1970) önerdiği eşitlik Meyerhof'un taşıma gücü eşitliğinin geliştirilmiş bir uzantısı olarak sunulmuştur. Eğimli bir yüzeyde yükün yaptığı açı faktörlerini, temel ve zemin eğim faktörlerini hesaba katarak bir eşitlik sunmuştur (Bowles, 1997). Vesic (1973) tarafından geliştirilen eşitliğin temeli Meyerhof taşıma gücü eşitliğiyle benzer yaklaşıma dayanmaktadır. N_c ve N_q değerleri Hansen'in geliştirdiği eşitlikle aynıdır ve buna ek olarak N_γ faktörü geliştirilmiştir. Bunlardan farklı olarak i_1 , b_1 ve g_1 terimleri kullanılarak taşıma gücü hesabı yapılmıştır.

Günümüzde de temel boyutunun taşıma gücü ve oturmalar üzerindeki etkisi model deneylerle araştırılmaktadır. Fattah vd (2017), üç farklı rölatif sıklıktaki kum zeminde, kare ve dairesel geometrideki temellerin üç farklı temel derinliğinde ve yüklerle hızında taşıma güçleri ve oturma değerlerini belirlemişlerdir. Temel derinliği arttıkça (D_f) oturma azaldığı, yükleme hızı arttıkça da oturma değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Genel olarak, diğer faktörler sabit kaldığında, temelin derinliği veya genişliği (B) arttıkça zeminin taşıma kapasitesi artmaya devam eder. Anıl vd (2017), kum üzerine yerleştirilmiş farklı geometrilere sahip 6 temelin eksenel yükleme etkisi altında taşıma kapasiteleri ve oturma değerlerini deneysel ve analitik olarak incelemiştir. Çalışmada dikkate alınan ana değişken temellerin geometrisi olmuştur. Temel şeklinin, taşıma güçleri ve oturma değerlerinin değişimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Temellerin geometrik özelliklerinin taşıma kapasitelerinin ve oturma profillerinin değişimini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Türedi vd (2019), halka şeklinde bir temelin genişliğinin temelin taşıma kapasitesi üzerindeki etkileri ve derinlik boyunca düşey gerilmeleri araştırmıştır. Yük-oturma ve gerilme değerleri model deneyleri yardımıyla bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar literatürdeki mevcut teorilerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak $r_i/R_o < 0.3$ (r_i : ring iç yarıçapı, R_o : ring dış yarıçapı) olduğunda taşıma kapasitesindeki değişiklik azdır. Yani bu

seçenek halka temel uygulamalarında daha ekonomik çözümler sunabilmektedir ve dolayısıyla temel tasarımında daha az beton tüketimine karşılık gelir.

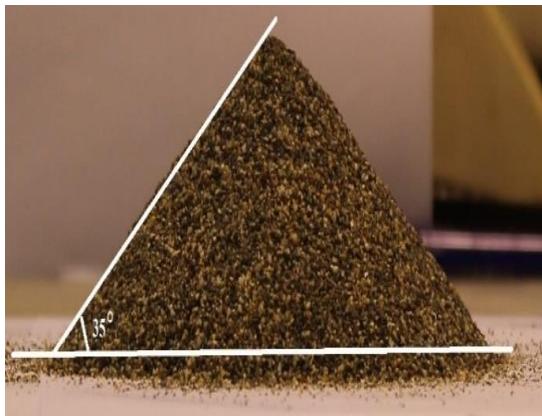
Ayrıca farklı temel şekilleri için gerilme dağılımlarını ve taşıma güçlerini deneysel, nümerik ve teorik yaklaşımlarla inceleyen araştırmacılar da bulunmaktadır (Lee vd. 2016, El Sawwaf ve Nazir 2012, Örnek vd. 2012, Demir vd. 2014, Azmoodeh ve Arafati 2015, Davarci ve diğerleri 2014, Kaya ve Örnek 2013).

Bu çalışmada, gevşek kum zemine ($D_r = 10\%$) oturan üç farklı boyuttaki kare kesitli temellerin ($B_1 = B = 8\text{cm}$, $B_2 = 1.5B$ ve $B_3 = 2B$) taşıma güçleri model deneyleri yardımıyla belirlenmiştir. En küçük temel boyutunda ($B = 8\text{cm}$) en yüksek taşıma gücü elde edilmiştir. Boyut arttıkça taşıma gücü düşerek sabit bir değere ulaşmıştır. Deneysel sonuçlar, Terzaghi, Hansen, Vesic, ve Meyerhof taşıma gücü eşitlikleri ile karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlara en uyumlu bağıntının Hansen tarafından önerilen bağıntı olduğu belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Laboratuvarda yapılan model deneylerinde kullanılmak üzere toplam hacmi 2m^3 dere kumu temin edilmiş ve yıkanıp elenerek uygun granülometride hazırlanmıştır (Şekil 1 - Şekil 3). $D_r = 10\%$ rölatif sıkılıkta hazırlanan kum zemin üzerine yerleştirilen ($B_1 = B = 8\text{cm}$, $B_2 = 1.5B$ ve $B_3 = 2B$) boyutlarındaki üç farklı kare kesitli temeller, $1.00\text{--}1.50\text{ mm/dk}$ yükleme hızı ile statik olarak yüklenmiştir (Şekil 2).

Deneyler, Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı'nda bulunan $75 \times 75 \times 100\text{cm}$ boyutlarındaki kare kesitli bir kum tankı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deney tankının iskeleti çelik profillerden olup ön ve arka yüzeyi 8mm kalınlığındaki cam malzemeden yapılmıştır (Şekil 4). Deneylerde kullanılan zemin üzerinde, ASTM C127-15, ASTM D854-14 ve ASTM D422- 63 e2 standartlarına uygun şekilde yapılan deneyler sonucunda bu zeminin geoteknik özellikleri elde edilmiş ve Tablo 1'de verilmiştir.



(a)

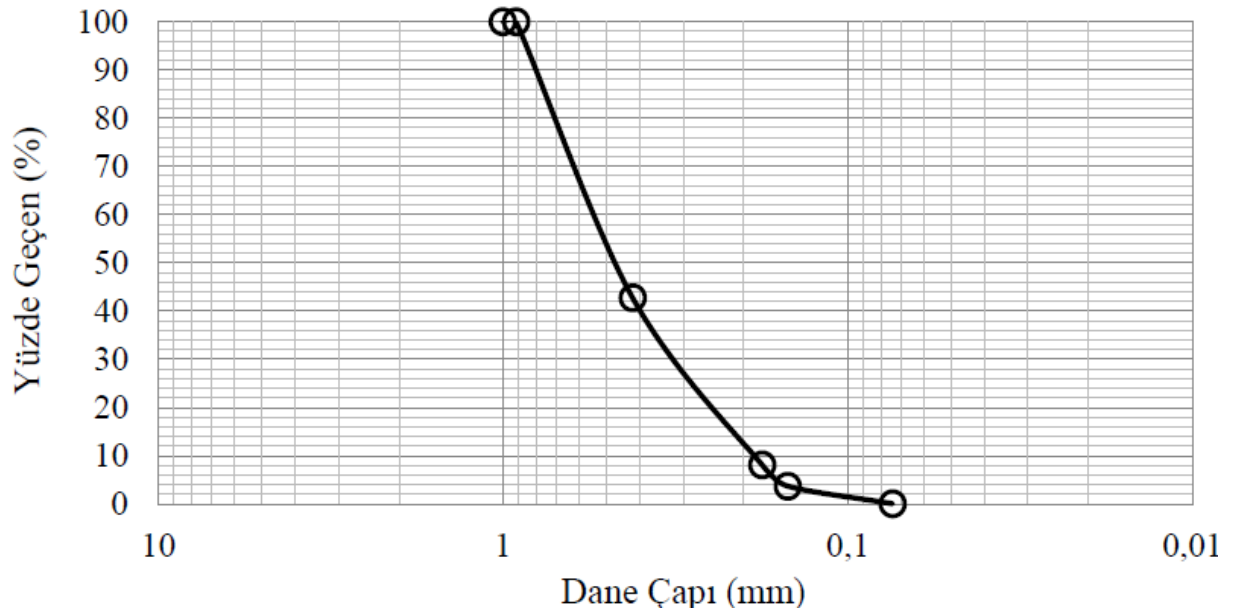


(b)

Şekil 1. (a) Deneylerde kullanılan gevşek kum zemin, (b) Kum danelerinin yakın görünüşü



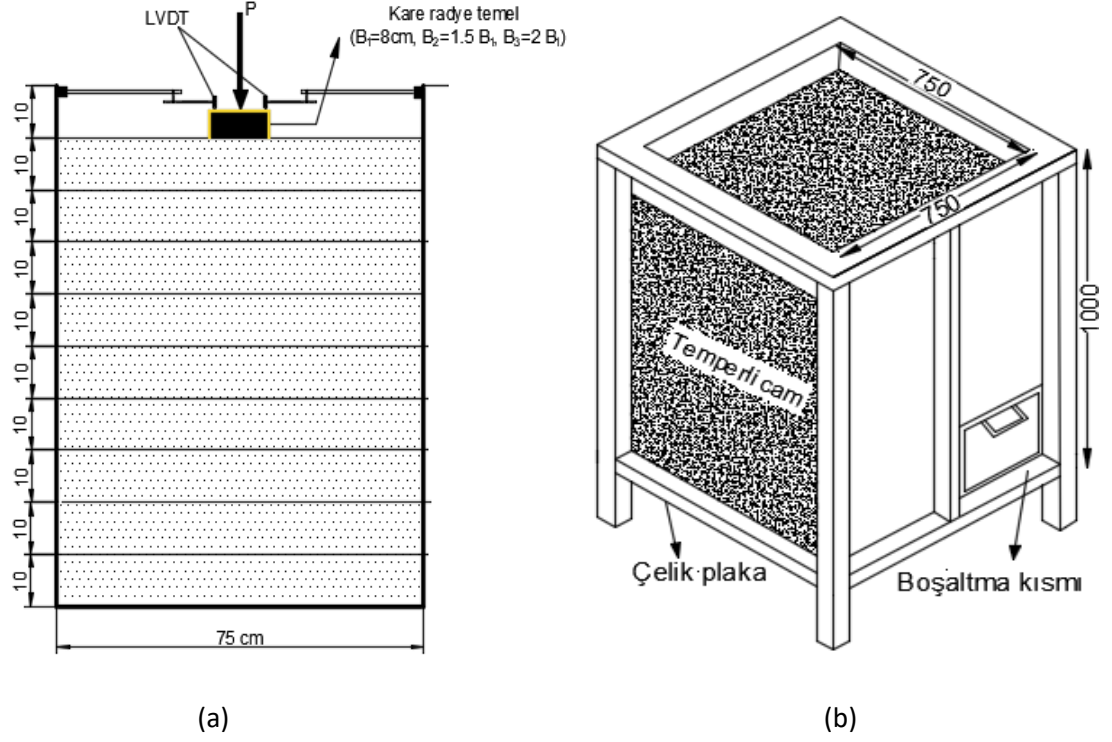
Şekil 2. (a) Model temellerin deney tankına yerleştirilmesi, (b) Düşey yükleme



Şekil 3. Deneylerde kullanılan kum zeminin granülometri eğrisi

Tablo 1. Deneylerde kullanılan zeminin endeks özellikleri

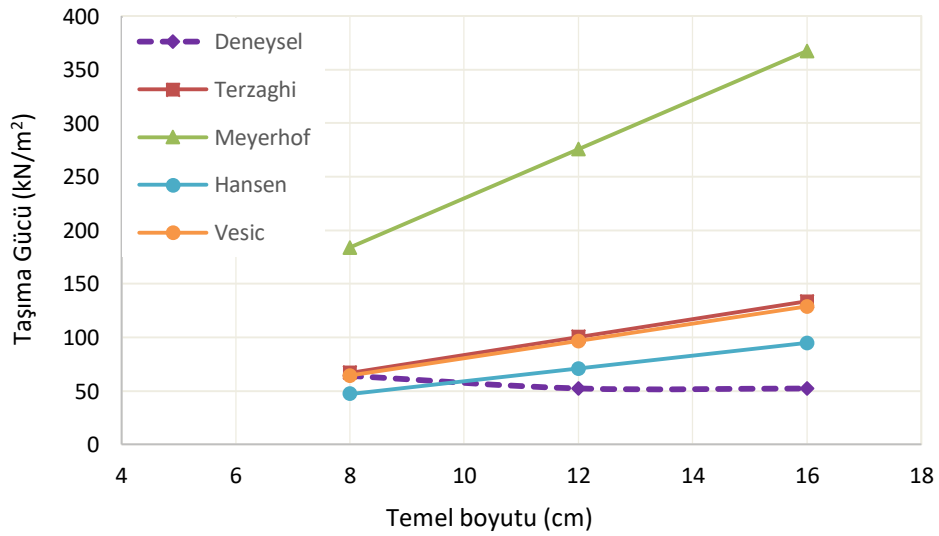
Özgül ağırlık, G_s	2.77
$D_{10}(\text{mm})$	0.18
$D_{50}(\text{mm})$	0.42
Maksimum- Minimum Dane Boyutu, $D_{\text{maks}}- D_{\text{min}}$ (mm)	1-0.074
Maksimum Kuru Birim Hac. Ağ. (kN/m^3)	17.5
Minimum Kuru Birim Hac. Ağ. (kN/m^3)	14.3
Maksimum boşluk oranı, e_{maks}	0.903
Minimum boşluk oranı, e_{min}	0.553



Şekil 4. (a) Model deney tankı enkesiti (b) Model deney tankı üç boyutlu görünümü

3.BULGULAR

Yapılan deneyler sonucunda, üç farklı boyuta sahip ($B_1 = B = 8\text{cm}$, $B_2 = 1.5B$ ve $B_3 = 2B$) sahip model kare temellerin düşey yüklenmesi sonucu göçme anındaki maksimum taşıyabildikleri yükler belirlenmiştir. Taşıma gücü teorileriyle hesaplanan değerler deneylerden elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Model temellerin deneysel ve teorik taşıma güçleri

4.SONUÇLAR

Yapılan deneyler sonucunda, taşıma gücünün $B=B_1= 8\text{cm}$ lik temel boyutunda diğer temel boyutlarına göre bir miktar fazla elde edildiği görülmüştür. Dayanımın boyutlar arttıkça azaldığı bilindiğinden elde edilen bu sonucun makul olduğu anlaşılmıştır. Artan temel boyutlarıyla beraber taşıma gücünün % 18.15 oranında azaldığı ve artan temel boyutuyla artmayarak sabit kaldığı belirlenmiştir.

Deneysel çalışmalar ve teorik hesaplamalarla elde edilen veriler kıyaslandığında, tüm temel boyutlarında, deneysel taşıma gücünün Hansen eşitliği tarafından hesaplanan taşıma gücü değeriyle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Meyerhof'un önderdiği bağıntının ise deneysel sonuçlardan oldukça uzak kaldığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Anıl, O., Akbaş, S.O., Babagiray, S., Gel, A.C., Durucan, C. (2017).“ Experimental and finite element analyses of footings of varying shapes on sand “ Geomechanics and Engineering Volume 12 Issue 2 Pages.223-238.
- ASTM C127-15,. Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate, ASTM International., 2015.
- ASTM D422-63,. e2, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM International., 2007.
- ASTM D854-14,. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer, ASTM International., 2014.
- Azmoodeh S., Arafati, N. (2015), “The Impact of the Depth and Type of Soil Granulation Above the Bearing Capacity of the Ring Footing”, American Journal of Civil Engineering, Volume 3, Issue 2-2, March 2015.
- Bowles, J.E., 1996. “Foundation Analysis and Design, 5th Edition”, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Davarci, B., Ornek, M. and Turedi, Y. (2014), “Model studies of multi-edge footings on geogrid-reinforced sand”, *Eur. J. Environ. Civ. Eng.*, 18(2), 190-205.
- Demir, A., Yildiz, A., Laman, M. and Ornek, M. (2014), “Experimental and numerical analyses of circular footing on geogrid-reinforced granular fill underlain by soft clay”, *Acta*
- El Sawwaf, M. and Nazir, A. (2012), “Behavior of eccentrically loaded small-scale ring footings resting on reinforced layered soil”, *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 138(3), 376-384.
- Fattah, M. Y., Karim, H. H., and Al-Qazzaz, H. H. (2017). “Cyclic behavior of footings on dry sand under different rates of loading”, *International Journal of Construction Engineering and Management*, 6(6), 240-253.
- Geotechnica*, 9(4), 711-723.
- Hansen, J.B., (1970). “A revised and extended formula for bearing capacity.” <https://doi.org/10.1080/19648189.2013.854726>.
- Kaya, N. and Ornek, M. (2013), “Experimental and numerical studies of T-shaped footings”, *Acta Geotechnica Slovenica*, 10(1), 43-58.

- Lee, J.K., Jeong, S. and Lee, S. (2016), "Undrained bearing capacity factors for ring footings in heterogeneous soil", *Comput. Geotech.*, 75, 103-111. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2016.01.021>.
- Meyerhof, G.G., 1965. "Shallow Foundations." *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE*, Vol. 91. No. SM2, pp. 21-31.
- Ornek, M., Laman, M., Demir, A. and Yildiz, A. (2012), "Prediction of bearing capacity of circular footings on soft clay stabilized with granular soil", *Soil. Found.*, **52**(1), 69-80.
- Terzaghi, K., 1943. "Theoretical Soil Mechanics", John Wiley & Sons, New York.
- Türedi, Y., Emirler, B., Örnek, M., Yıldız, A. (2019). "Determination of the bearing capacity of model ring footings: Experimental and numerical investigations
- Vesic, A.S., 1973. "Analysis of ultimate loads of shallow foundations", *Journal of Soil Mechanics & Foundations Div.*, 99(sm1), 45-73.

