

established in
2016



MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.119>

Araştırma Makalesi

Kohezyonsuz Zeminlerde Klasik Yöntemlerle Taşıma Gücü Hesabında Loadcap Kullanımı

Abdelmounaim BEKAR^{1*}

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

*Sorumlu yazar: abdbekar@ stu.aydin.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.03.2021

Kabul Tarihi: 25.04.2021

Özet

Bu çalışmada, üzerinde tekil, şerit, radye tipi temel çeşitleri bulunan ve özelliklerine göre taşıma gücü değerleri Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic, Brinch-Hansen, Meyerhof ve Hanna yöntemleriyle hem teorik olarak hem de program ile hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Program ile teorik çözümde bulunan değerlerin, yaklaşık olarak aynı çıktığı kanıtlanmıştır. Yaptığımız çalışmalar sonucunda temel genişliği ve temelin gömme derinliği 1m ve 27 derecelik içsel sürtünme açısı ile vesic yöntemine göre hesaplanan taşıma gücü değeri; aynı sürtünme açısı ile henssen yöntemine göre hesaplanan değerden % 13.77 daha fazla, terzaghi yöntemi ile hesaplanan değerden % 7.95 daha az, meyerhof yöntemi ile hesaplanan değerden % 13.37 daha fazla, Brinch-Hansen yöntemi hesaplanan değerden % 5.08 daha fazla ve meyerhof and hanna yöntemi ile hesaplanan değerden yaklaşık 2.26 kat daha fazla çıkmıştır. Sonuç olarak bir zeminin diğer tüm parametreleri sabitken sadece içsel sürtünme açısının artırılması durumunda tüm yöntemlere göre hesaplanmış olan taşıma gücü değerleri arasındaki fark da artmıştır. Ayrıca içsel sürtünme açısının artmasının, tüm yöntemlerde taşıma gücü değerini artıran bir faktör olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Taşıma gücü, klasik yöntemler loadcap programı, teorik çözüm

Using Loadcap in Calculation of Bearing Capacity with Classical Methods in Cohesionless Soils

Abstract

In this study, the results are compared both using theoretical and program calculated methods by carrying the single, strip, raft type basic varieties and bearing strength values according to their characteristics by using the methods of Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic, Brinch-Hansen, Meyerhof and Hanna. The values found in the theoretical solution and the program calculated values proved to be approximately the same. As a result of our studies, the foundation width and the embedding depth of the foundation are 1metre and 27 degrees of internal friction angle and the bearing strength value calculated according to the vesic method; 13.77% more than the value calculated by the method of henssen with the same friction angle, 7.95% less than the value calculated by the tazaghi method, meyerhof method, 13.37% more than the calculated value, Brinch-Hansen method was 5.08% more than the calculated value, and approximately 2.26 times more than the value calculated with the meyerhof and hanna method. As a result, while all other parameters of a floor are constant internal friction is changing. If the angle is increased, the difference between the bearing strength values calculated according to all methods has also increased. In addition, increasing the internal friction angle was found to be a factor that increases the bearing strength value in all methods.

Keywords: Bearing capacity, classical methods, loadcap program, theoretical solution

GİRİŞ

Tarihsel olarak yapı insanlar tarafından yapılan, türlü zeminler üzerine oturan ve inşası sonrasında hareketli ve sabit yüklere maruz kalan sanat eserleridir. Bu tür dinamik yükler yapıya düşey veya yatay doğrultuda etkiyeceğinden temel tabanında oluşan basıncın ve zeminin taşıma gücünün iyi bilinmesi gerekir. Amacımız, yapı yüklerini güvenle zemine iletmek olarak açıklanabilir. Ancak yükleri sadece güvenle iletmek işimizi bitirmez. Zeminin ilettiğimiz yükleri taşıyıp taşımayacağını irdelemek mühendisin ilgi alanındadır. Zemine iletilen yüklerin güvenle taşıyıp taşınmadığının belirlenmesi aşamasında devreye zemin taşıma gücü kavramı girer. Taşıma gücü; üst yapının aktardığı yüklerin temel zemininde yarattığı en yüksek gerilmeyi bir kayma göçmesi meydana gelmeksizin taşıyabilmesi için temel zemininin sahip olması gereken direnç miktarıdır. Taşıma gücü aşılmaksızın yapılan bir yüklemde zeminin oturacağı ve bu oturmanın yapının izin verebileceği oturma miktarlarını aşabileceği göz önünde tutulmalı, bu olasılık oturma hesapları ile ayrıca denetlenmelidir. Mühendislik olarak amaç ise zamana bağlı olarak meydana gelecek olan zemindeki oturmaların yapıya zarar vermeyecek şekilde oluşması sağlamaktır. Bu açıklama oturma koşuludur. Ayrıca zeminin yükler altında kırılmasını sağlayacak önlemlerin alınması da bir mühendislik işidir. Bu anlayış ise taşıma gücü koşuludur. Bu nedenle buradaki emniyetli taşıma

gücü(t/m^2); zeminde kırılma (kayma) olmadan ve de kırılmaya karşı güvenli olarak, zeminin birim alanına uygulanabilecek yük olarak tanımlanabilir. Temel sisteminin seçiminde ve temellerin hesaplanmasında, zemin emniyet taşıma gücünün doğru (gerçekçi) alınması çok önemlidir.

MATERIAL ve YÖNTEM

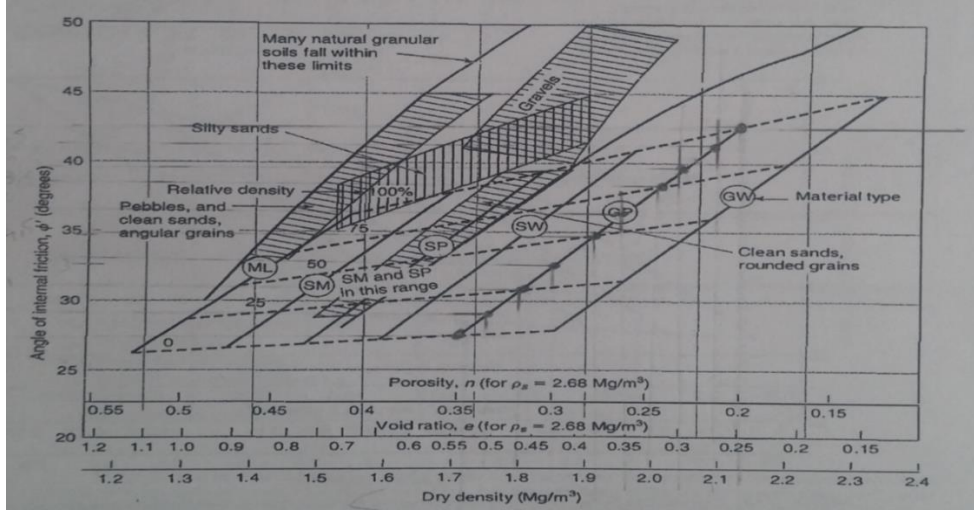
Çalışmada kullanılan program hakkında genel bilgiler, program kullanım klavuzu ve uygulama örnekleri aşağıda sunulmuştur.

Loadcap Programı

Loadcap programı kaya ve gevşek zeminlerde Terzaghi (1955), Meyerhof (1963), Hansen (1970), Vesic (1975), Brinch-Hansen (1970), Richards ve diğ. (1993), Meyerhof ve Hanna (1978) yöntemlere göre taşıma gücü hesaplaması için yapılan bir programdır. Bu çalışmada içsel sürtünme açısı ve kuru birim hacim ağırlığı düşük olduğu takdirde tüm yöntemlerle hesaplanan taşıma gücü değerleri birbirine yakın olmaktadır. Ancak içsel sürtünme açısı artırıldığında bu taşıma gücü değerleri arasındaki fark açılmaktadır.

İçsel sürtünme açısının ve kuru birim hacim ağırlığının belirlenmesi

İçsel sürtünme açısının değişimi görüldüğü gibi kötü derecelenmiş çakıllarda (GP) 27 ile 43 arasında değişmektedir. Bu eğri üzerinde seçilen on farklı noktaya ait olan düşey eksendeki içsel sürtünme açısı ile yatay eksendeki kuru birim hacim ağırlık değerleri okunarak tabloda gösterilmiştir.



Şekil 1. Kaba daneli zeminler için tipik içsel sürtünme açısı (Holtz R, Kovacs W, Sheahan T 2010)

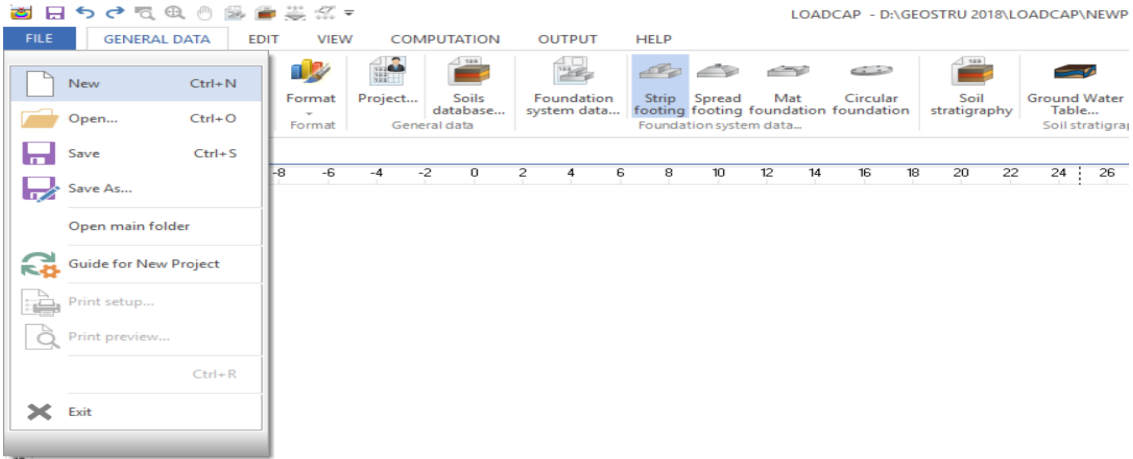
Çizelge 1. Şekil 1 deki GP eğrisinden ϕ ve γ_k alınan değerler

No	ϕ	γ_k
1	27	17.2
2	29	17.5
3	31	18
4	33	18.5
5	34.5	19.2
6	37	19.7
7	38.5	20
8	39.5	20.4
9	41.5	20.9
10	43	21.3

Program Kullanım Klavuzu

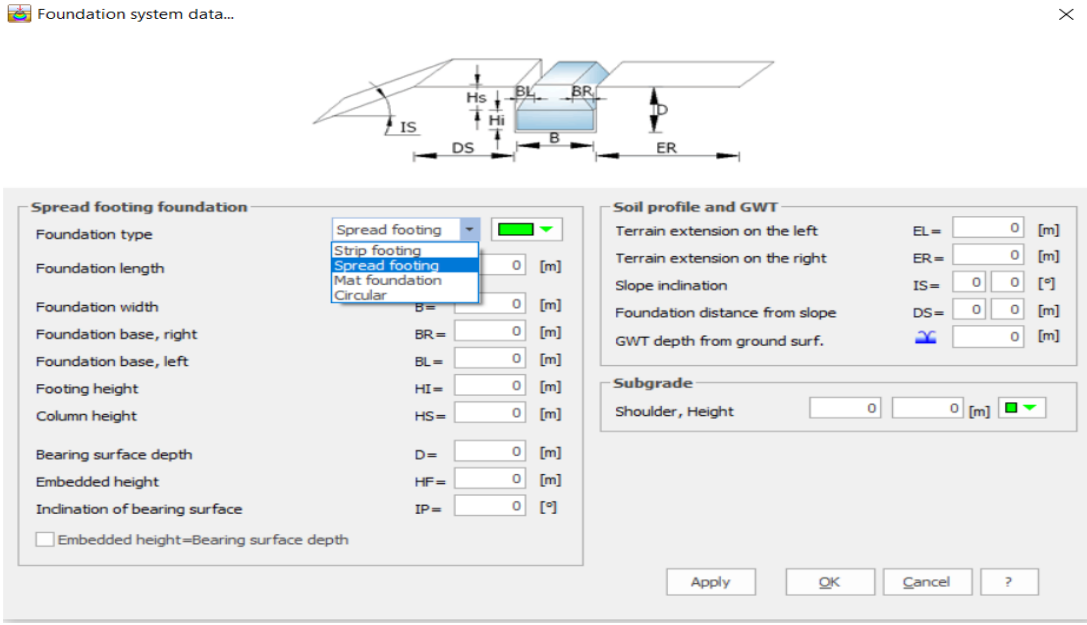
Programı ilk açtığımızda pencerenin sol üst köşesinde bulunan file butonuna

tıklayıp new ile yeni sayfa açılır. Ardından şekil 2 karşımıza çıkmaktadır.



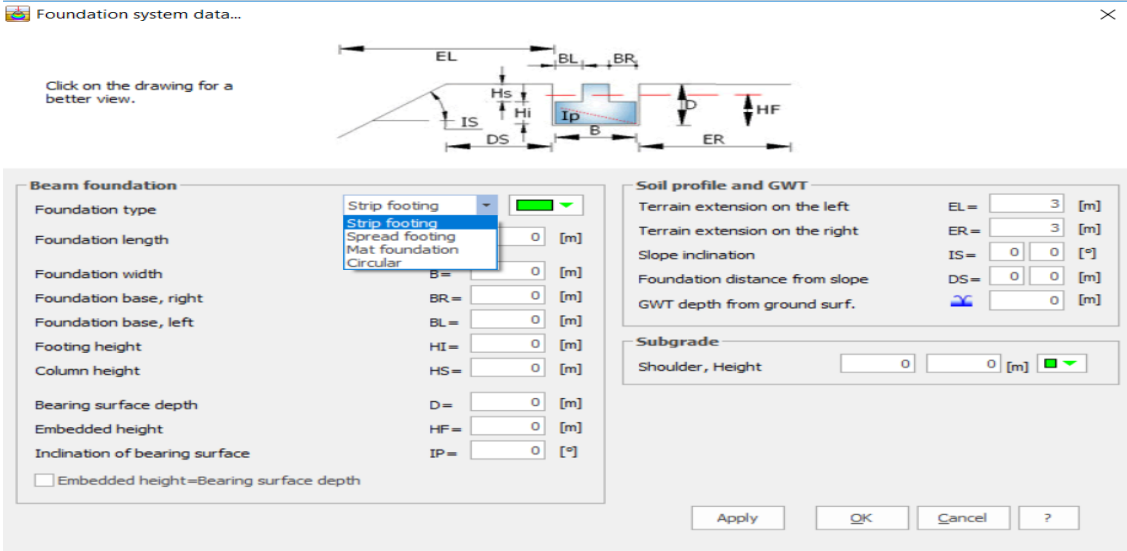
Spread footing ; kare veya dikdörtgen taban kesitine sahip olan karesel temelleri ifade eden temel çeşididir. B temelin genişliğini, D yüzeyden temel tabanına olan mesafe olan gomme

derinliğini, temelin alt bölgesindeki en geniş kısmın yüksekliği HI; gomme derinliğinin geri kalan kısmı ise HS yi ifade etmektedir.



Strip Footing, şerit temel olup L değeri sonsuz olduğu için hangi sayısal değer girilirse girilsin taşıma gücünü değiştirmeyeceği için önemsizdir. B temelin genişliğini, D ve HF yüzeyden

temel tabanına olan mesafe olan gomme derinliğini, temelin alt bölgesindeki en geniş kısmın yüksekliği HI; gomme derinliğinin geri kalan kısmı ise HS yi ifade etmektedir.



Mat foundation , radye temel olup B temelin genişliğini, L temelin

uzunluğunu, HI temelin yüksekliğini ve D ise gomme derinliğini belirtmektedir.

Foundation system data...

Mat foundation

Foundation type: Mat foundation

Foundation length: 0 [m]

Foundation width: B= 0 [m]

Foundation base, right: BR= 0 [m]

Foundation base, left: BL= 0 [m]

Footing height: HI= 0 [m]

Column height: HS= 0 [m]

Bearing surface depth: D= 0 [m]

Embedded height: HF= 0 [m]

Inclination of bearing surface: IP= 0 [°]

Embedded height=Bearing surface depth

Soil profile and GWT

Terrain extension on the left: EL= 0 [m]

Terrain extension on the right: ER= 0 [m]

Slope inclination: IS= 0 0 [°]

Foundation distance from slope: DS= 0 0 [m]

GWT depth from ground surf.: 0 [m]

Subgrade

Shoulder, Height: 0 0 [m]

Apply OK Cancel ?

Dairesel temellerde B uzunluğu, dairenin çapını ifade etmekte olup L uzunluğu göz önünde bulundurulmamaktadır. HI

ise temel yüzeyini , D ise gomme derinliğini ifade etmektedir.

Foundation system data...

Circular foundation

Foundation type: Circular

Foundation length: 0 [m]

Diameter: B= 0 [m]

Foundation base, right: BR= 0 [m]

Foundation base, left: BL= 0 [m]

Footing height: HI= 0 [m]

Column height: HS= 0 [m]

Bearing surface depth: D= 0 [m]

Embedded height: HF= 0 [m]

Inclination of bearing surface: IP= 0 [°]

Embedded height=Bearing surface depth

Soil profile and GWT

Terrain extension on the left: EL= 0 [m]

Terrain extension on the right: ER= 0 [m]

Slope inclination: IS= 0 0 [°]

Foundation distance from slope: DS= 0 0 [m]

GWT depth from ground surf.: 0 [m]

Subgrade

Shoulder, Height: 0 0 [m]

Apply OK Cancel ?

Temel çeşidi B ve L uzunluklarına göre belirlendikten sonra sırasıyla aşağıdaki değerler girilir :

L : Temelin uzunluğu

B : Temelin genişliği

BL: Foundation base, left (Temel tabanının sol genişliği)

BR: Foundation base, right (Temel tabanının sağ genişliği)

Programda BL ve BR değerleri, temel yüksekliği boyunca genişlik aynı olduğundan ve çıkma olmadığından 0 olarak alındı.

HI: Footing height (temelin alt bölgesindeki en geniş kısmın yüksekliği)

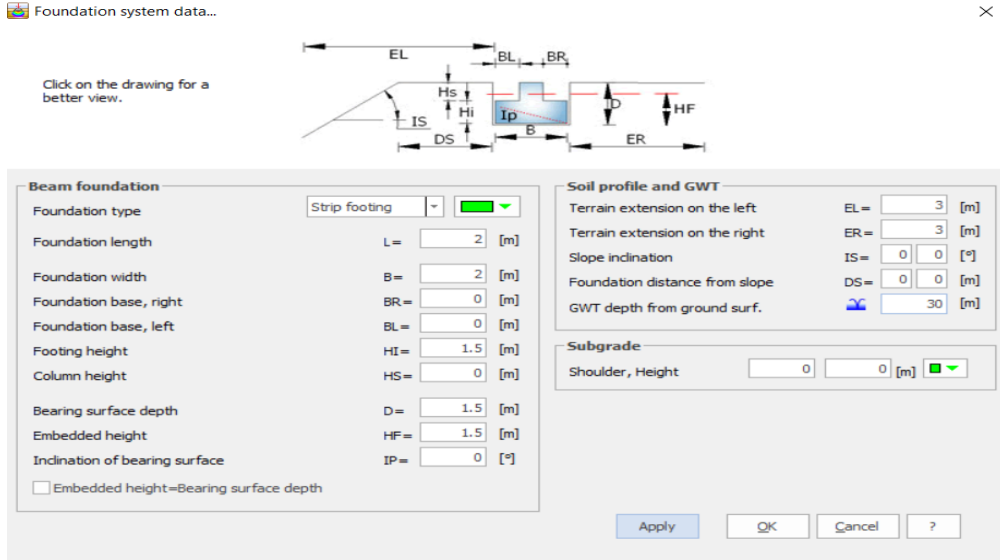
HS: Column height (gomme derinliğinin geri kalan kısmı)

HI değeri programda gomme derinlikleri aynı olan HF ve D ile aynı alındı. Bu nedenle de HS 0 olarak alındı.

D ve HF temelin gomme derinliklerini ifade etmektedir.

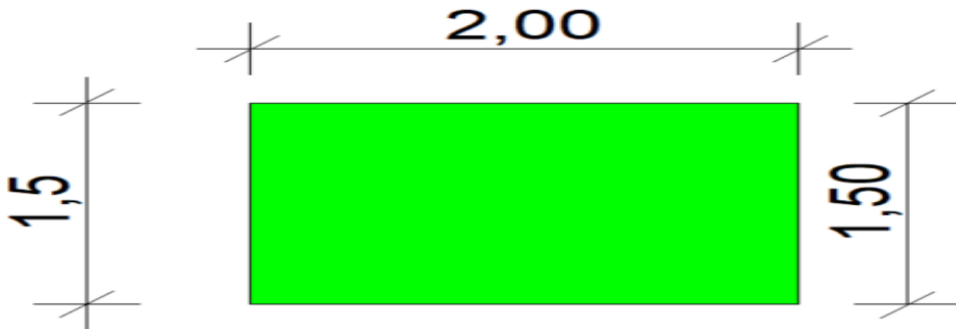
GWT depth from ground surf (Yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren derinliği)

Yaptığımız örneklerde zeminin tek tabaka ve YASS'ın çok fazla derinde olduğu kabul edildi.



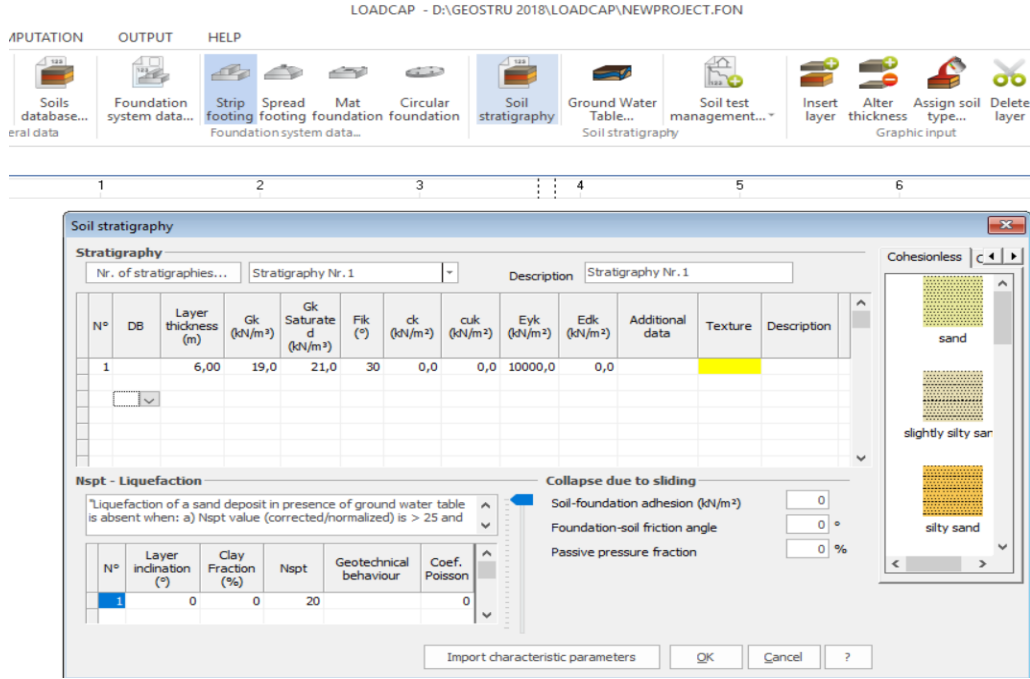
Yukarıdaki resimde görüldüğü gibi tüm veriler girildikten sonra uygula (apply) butonuna bastıktan sonra ok butonu ile

onaylanır. Bu aşamadan sonra aşağıdaki resim karşımıza çıkmaktadır.



Ardından yandaki gibi gomme derinliği 1,5 metre ve taban genişliği 2 metre olan kare temelin ekran görüntüsü

çıkılmaktadır. Daha sonra Soil stratigraphy butonuna bastığımızda aşağıdaki ekran görüntüsü çıkmaktadır.



Yukarıdaki ekran görüntüsünde bulunan çizelgede yer alan faktörlere baktığımızda :

Layer thickness : Zemin tabaka kalınlığı olup programda tek tabaka üzerinden hesap yapılacağı kabul edilmiştir.

Gk : Temelin etrafında yer alan zeminin normal birim hacim ağırlığını ifade etmektedir.

Gk Saturated : Zeminlerin doygun birim hacim ağırlığını ifade etmektedir.

Fik : Zeminin içsel sürtünme açısıdır.

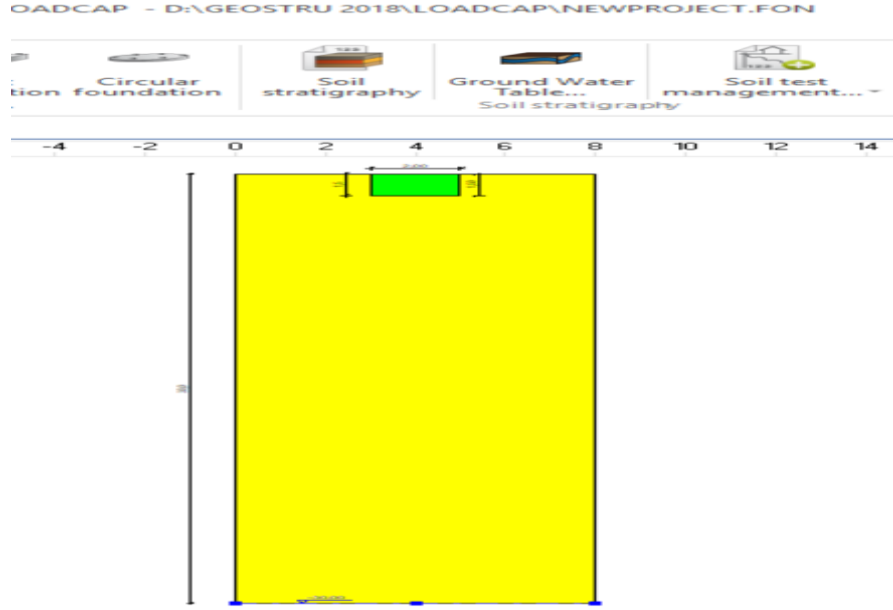
ck : Zeminin su altında bulunmadığı durumdaki normal kohezyon değeridir.

cuk : Zeminin su varlığı etkisindeki efektif kohezyon değeridir.

Eyk : Zeminin elastisite modülünü ifade etmektedir.

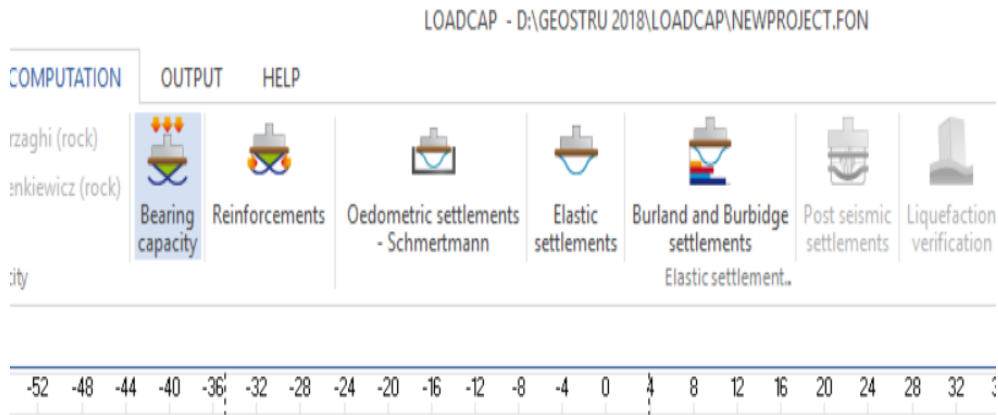
Coefficient poisson : Poisson katsayısı.

Bu değerleri toblaya girdikten sonra ok butonuna basıp onaylarsak zemine gomulu halde bulunan temel sistemini ve YASS'ni gosteren aşağıdaki ekran karşımıza çıkar.



Yukarıdaki adımdan sonra araç cubuğunda bulunan Bearing capacity butonuna bastığımızda taşıma gücü

hesabının sonuçlarını verecek olan tabloya geçilmiş olur.



çıkan ekran görüntüsünde classical theory kategorisini seçip sağ taraftaki assign loads butonuna bastıktan sonra programda tanımlanmış olan taşıma

gücü hesap yöntemleri ile bulunan sonuçlar karşımıza çıkar.

Sonuçları rapor etmek için yukarıdaki ekran görüntüsünde sol altta bulunan create report butonuna basılır.

loadcap programla taşıma gücü hesap sonuçları

Çizelge 2. ϕ ve γ_k değerlerine göre hesaplanmış taşıma gücü değerleri

No	ϕ	γ_k	Bearing capacity [Qult](kN/m ²)						
			HANSEN	TERZAGH	MEYERHOF	VESIC	BRINCH - HANSEN	MEYERHOF AND HANNA	ZEMİN KIRILMA TÜRLERİ
1	27	17,2	312,78	386,59	313,88	355,86	338,67	109,13	Genel kırılma
2	29	17,5	407,75	501,31	411,33	463,09	443,87	142,81	Genel kırılma
3	31	18	541,22	665,81	549,64	613,94	592,18	192,61	Genel kırılma
4	33	18,5	723,66	892,16	741,12	820,41	795,66	260,85	Genel kırılma
5	34,5	19,2	920,35	1126,97	949,74	1043,32	1015,46	351,30	Genel kırılma
6	37	19,7	1342,28	1670,58	1406,99	1487,79	1489,30	497,28	Genel kırılma
7	38,5	20	1697,47	2114,68	1799,88	1622,58	1889,47	628,65	Genel kırılma
8	39,5	20,4	2012,52	2494,52	2152,60	1723,04	2244,85	751,63	Genel kırılma
9	41,5	20,9	2815,29	3655,95	3073,11	1917,31	3153,09	1052,39	Genel kırılma
10	43	21,3	3661,29	4872,97	4070,31	2067,65	4112,77	1368,90	Genel kırılma

Teorik ile program çözümün karşılaştırılması:

Örnek:

Genişliği ve gömme derinliği 1m olan şerit temel altındaki zeminin birim hacim

ağırlığı 17.20 KN/m³, içsel sürtünme açısı 27 derece ise bu zeminin taşıma gücü hesaplayınız.

Çözüm:
terzaghi yöntemi ile;

$$q_{izin} = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

İçsel sürtünme açısına bağlı olarak taşıma faktörleri bulunur. $N_c = 29.24$ $N_q = 14.21$

$N_\gamma = 9.84$ buna göre;

$$q_{izin} = 0 \cdot 29.24 + 1 \cdot 17.20 \cdot 14.21 + 0.5 \cdot 1 \cdot 17.2 \cdot 9.84 = 349.04 \text{ KN/m}^2$$

Meyerhof yöntemi ile;

$$q_n = c N_c S_c d_c + \gamma D_f N_q S_q * d_q + 0,5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

$$S_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L} = 1 + 0.2 * 2.66 * \frac{1}{\infty} = 1$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L} = 1 + 0.1 * 2.66 * \frac{1}{\infty} = 1$$

$$D_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B} = 1 + 0.2 * \sqrt{2.66} * \frac{1}{1} = 1.326$$

$$D_q = D_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B} = 1 + 0.1 * \sqrt{2.66} * \frac{1}{1} = 1.163$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi / 2) = \tan^2 (45 + 27/2) = 2.66$$

$\phi = 27$ içsel sürtünme açısına göre taşıma gücü faktörleri;

$$N_c = 24.02 , N_q = 13.25 \text{ ve } N_\gamma = 9.60 \text{ olduğuna göre taşıma gücü değeri;}$$

$$q_u = 0 * 24.02 * 1 * 1.326 + 17.20 * 1 * 13.25 * 1 * 1.163 + 0,5 * 17.20 * 1 * 9.60 * 1 * 1.163 q_u = 291.06 \text{ KN/m}^2$$

Çizelge 3. Program ile ve teorik olarak bulunan taşıma gücü değerlerin karşılaştırılması

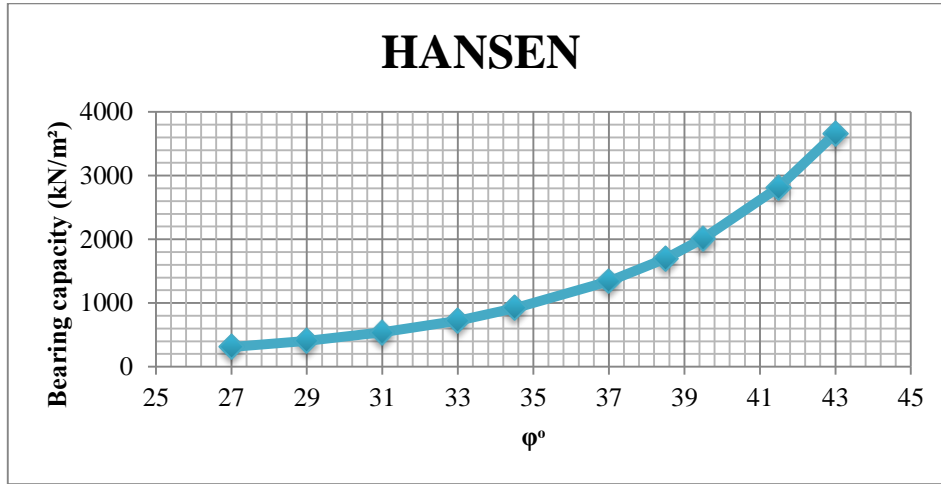
-	Terzaghi yöntemi	Meyerhof yöntemi
Teorik çözüm	349.04 KN/m ²	291.06 KN/m ²
Program ile çözüm	386.59 KN/m ²	313.88 KN/m ²

BULGULAR ve TARTIŞMA

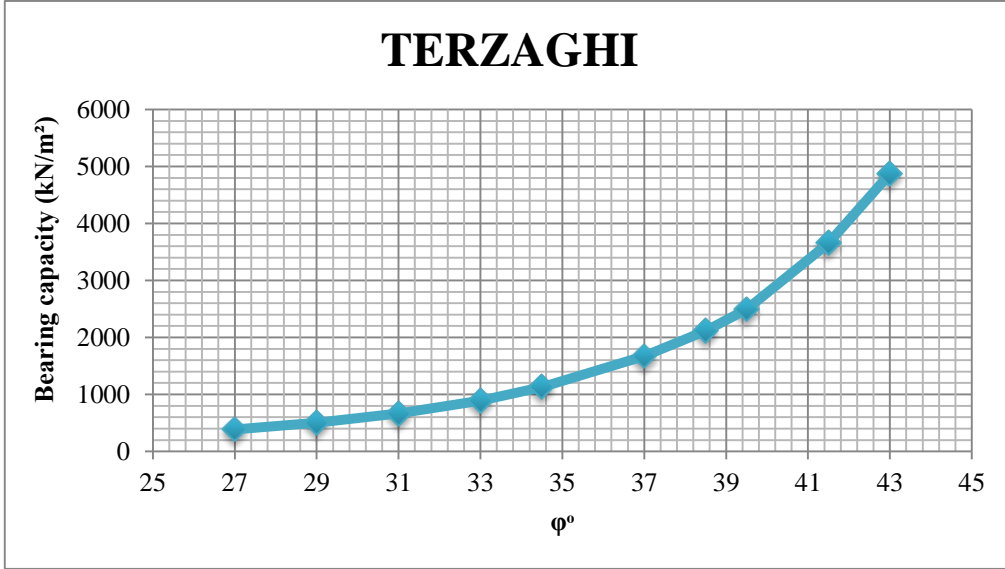
İçsel Sürtünme Açısına Göre Taşıma Gücü Değerlerinin Grafiklerdeki Değişimi:

Bir zemin türünün tüm parametrelerinin sabit tutulup içsel sürtünme açısının artırılmasıyla birlikte tüm taşıma gücü yöntemlerinin verdiği sonuçlar da artmıştır. En yüksek taşıma gücü değerini terzaghi verirken en düşük taşıma gücü değerini Meyerhof and

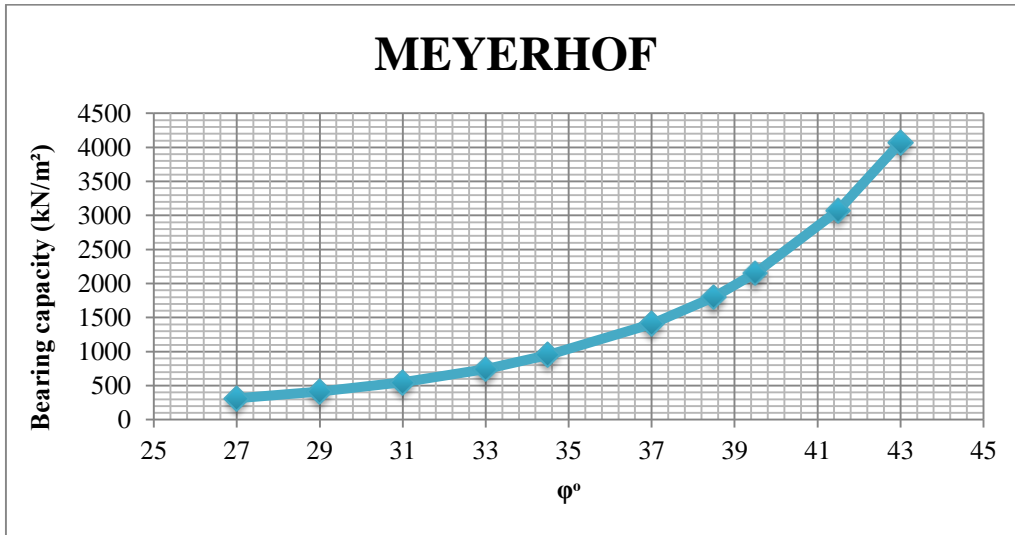
Hanna vermiştir. Bu tüm yöntemlerde, içsel sürtünme açısının taşıma gücünü arttırdığı sonucunu vermiştir. İçsel sürtünme açısı düşük tutulduğunda taşıma gücü yöntemleri ile hesaplanan değerler arasında bir uyumluluk ve yaklaşıklık bulunmaktadır. Ancak diğer parametreler aynı iken içsel sürtünme açısı kademe kademe artırıldığında her bir yöntem arasında ayrışmalar ve belirgin farklar oluşmaktadır.



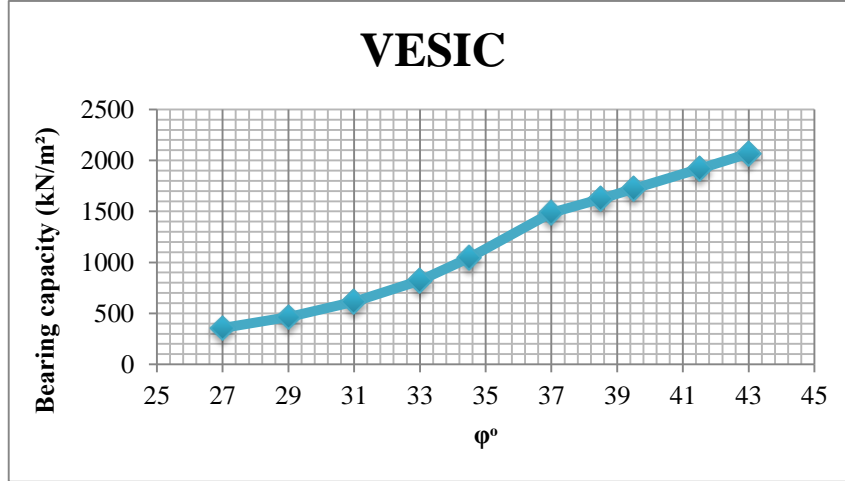
Şekil 2. HANSEN yöntemine göre içsel sürtünme açısının taşıma gücüne etkisi.



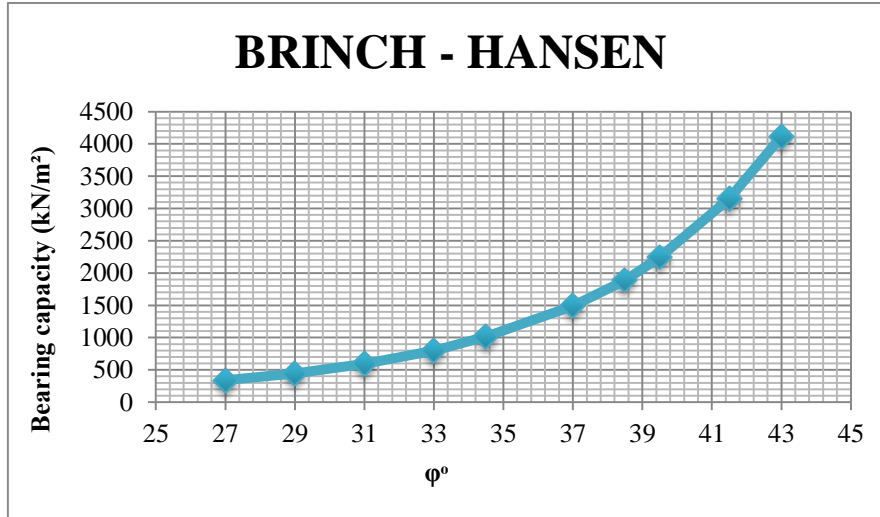
Şekil 3. TERZAGHI yöntemine göre içsel sürtünme açısının taşıma gücüne etkisi.



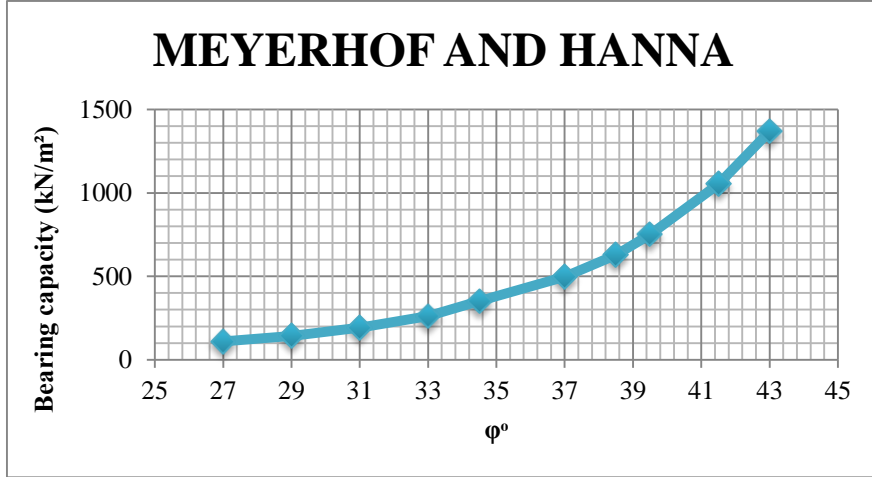
Şekil 4. MEYERHOF yöntemine göre içsel sürtünme açısının taşıma gücüne etkisi



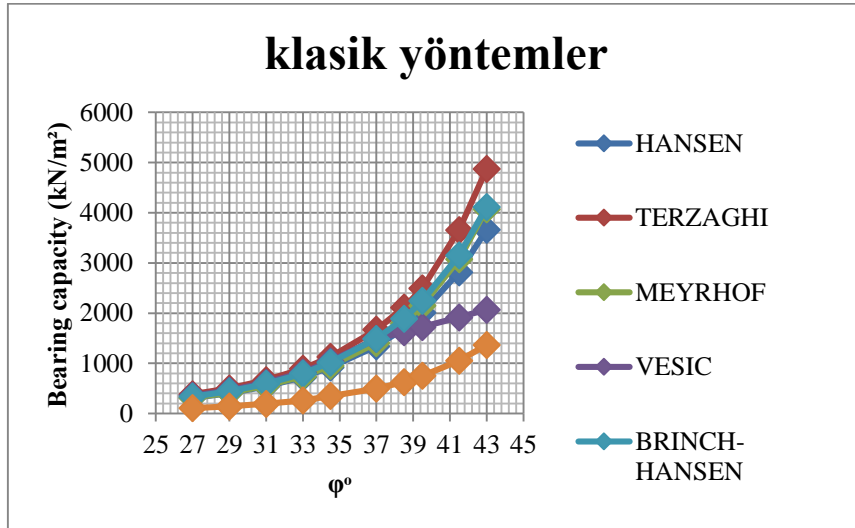
Şekil 5. VESİC yöntemine göre içsel sürtünme açısının taşıma gücüne etkisi



Şekil 6. BRİNCH-HANSEN yöntemine göre içsel sürtünme açısının taşıma gücüne etkisi



Şekil 7. MEYERHOF AND HANNA yöntemine göre içsel sürtünme açısının taşıma gücüne etkisi

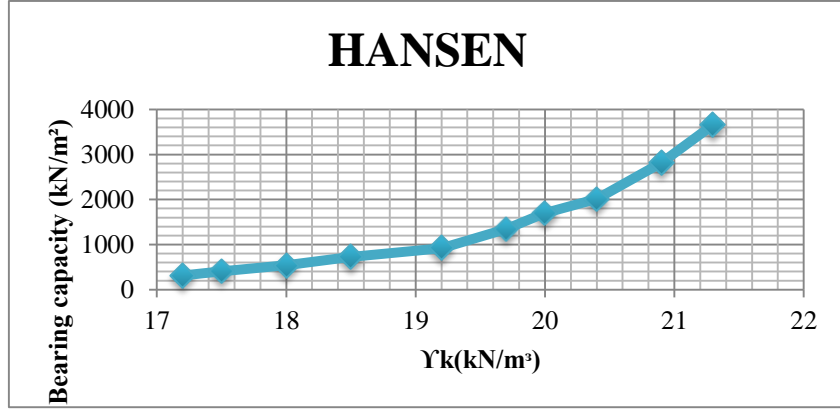


Şekil 8. Tüm yöntemlere göre içsel sürtünme açısının taşıma gücüne etkisi

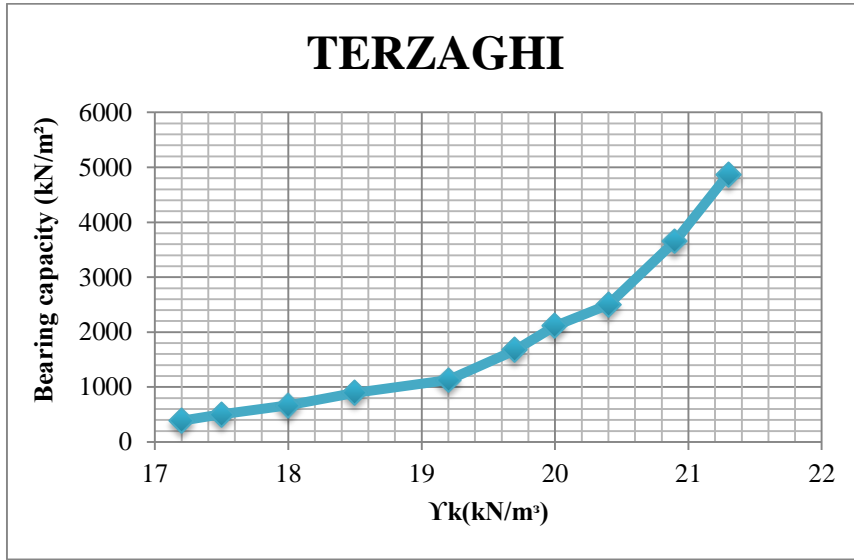
Kuru Birim Hacim Ağırlığına Göre Taşıma Gücü Değerlerinin Grafiklerdeki Değişimi

Bir zemin türünün tüm parametrelerinin sabit tutulup birim hacim ağırlığının artırılmasıyla birlikte tüm taşıma gücü yöntemlerinin verdiği sonuçlar da artmıştır. En yüksek taşıma gücü değerini terzaghi verirken en düşük taşıma gücü değerini Meyerhof and Hanna vermiştir. Bu tüm yöntemlerde,

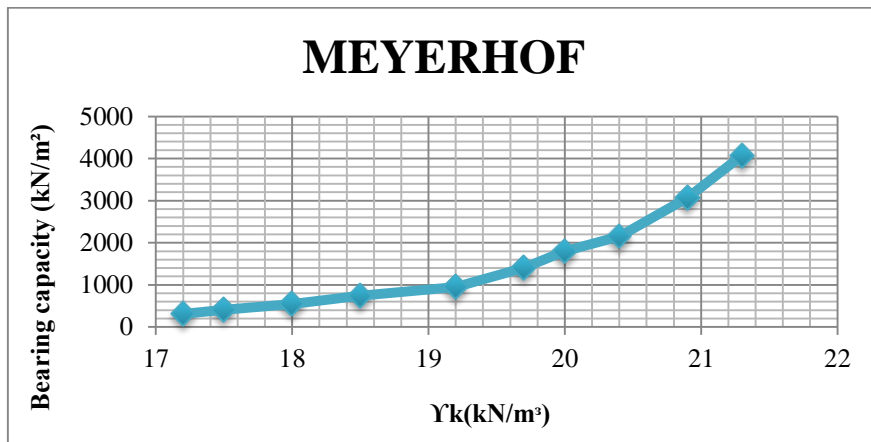
birim hacim ağırlığının taşıma gücünü arttırdığı sonucunu vermiştir. birim hacim ağırlığı düşük tutulduğunda taşıma gücü yöntemleri ile hesaplanan değerler arasında bir uyumluluk ve yaklaşıklık bulunmaktadır. Ancak diğer parametreler aynı iken birim hacim ağırlığı kademe kademe artırıldığında her bir yöntem arasında ayrımlar ve belirgin farklar oluşmaktadır.



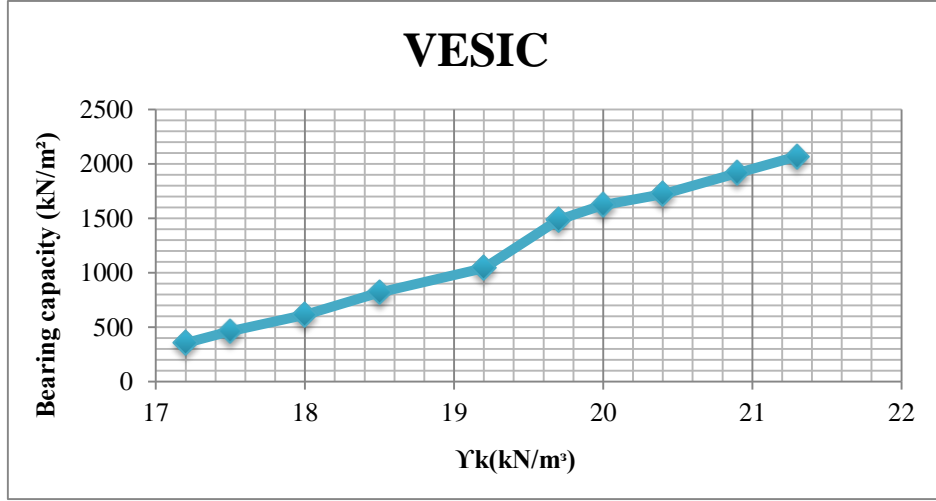
Şekil 9. HANSEN yöntemine göre kuru birim hacim ağırlığının taşıma gücüne etkisi



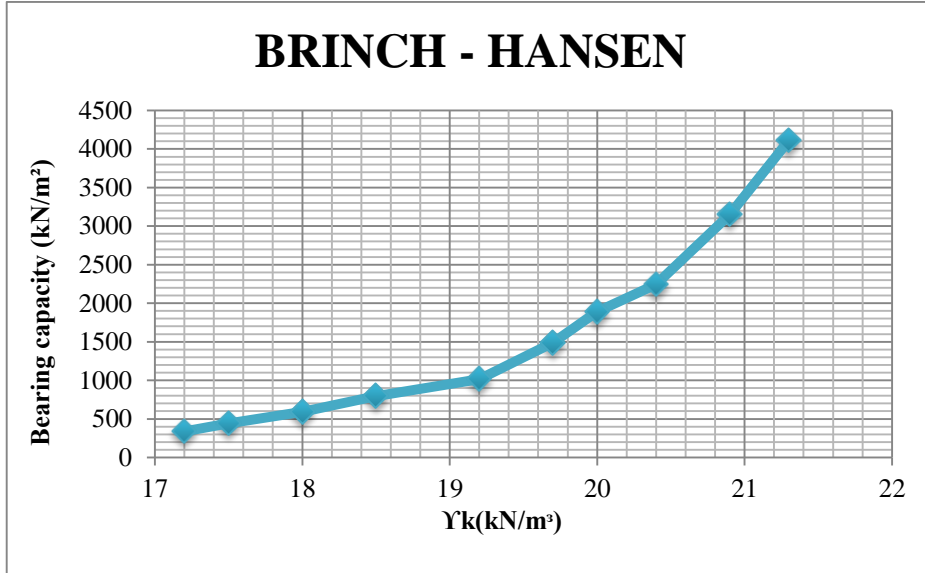
Şekil 10. TERZAGHI yöntemine göre kuru birim hacim ağırlığının taşıma gücüne etkisi



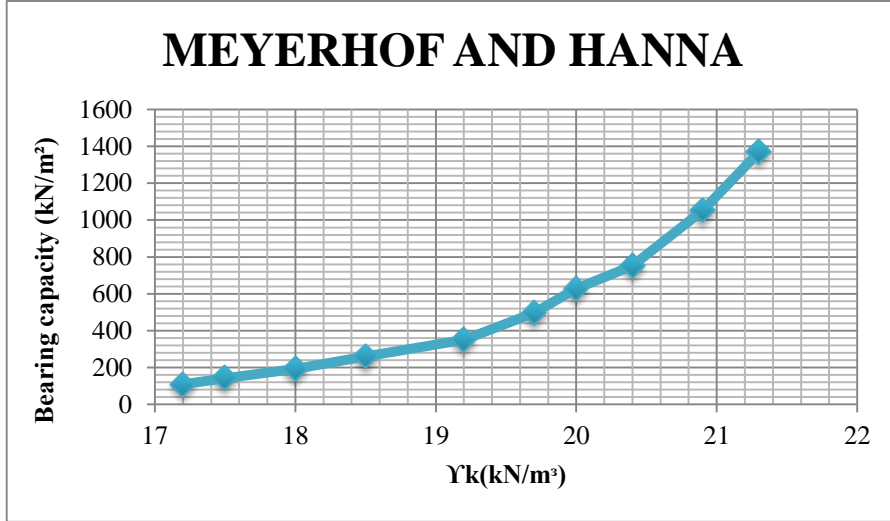
Şekil 11. MEYERHOF yöntemine göre kuru birim hacim ağırlığının taşıma gücüne etkisi



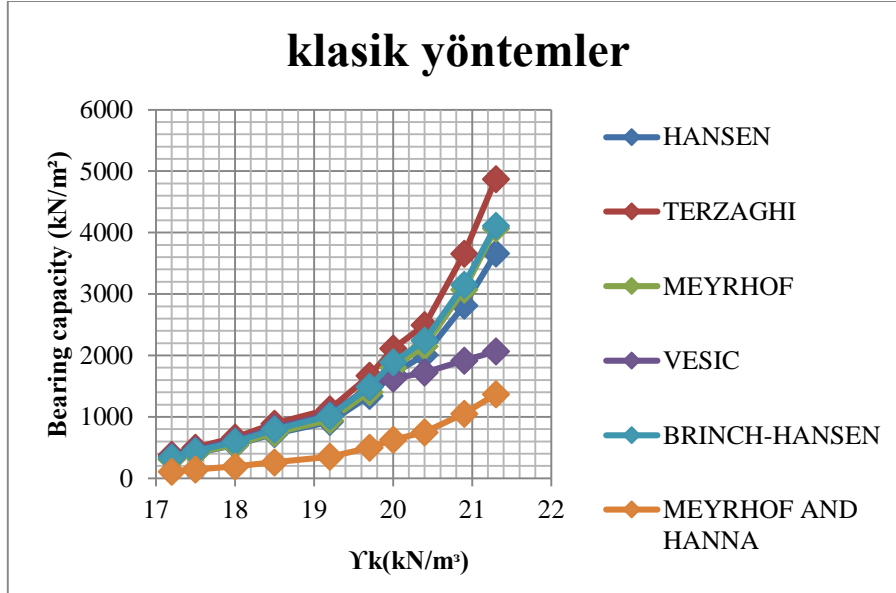
Şekil 12. VESİC yöntemine göre kuru birim hacim ağırlığının taşıma gücüne etkisi



Şekil 13. BRİNCH-HANSEN yöntemine göre kuru birim hacim ağırlığının taşıma gücüne etkisi



Şekil 14. MEYERHOF AND HANNA yöntemine göre kuru birim hacim ağırlığının taşıma gücüne etkisi



Şekil 15. Tüm yöntemlere göre kuru birim hacim ağırlığı taşıma gücüne etkisi

SONUÇLAR

Tüm yöntemleri göre hesaplanmış taşıma gücü değerlerini incelediğimizde içsel sürtünme açısı arttıkça taşıma gücü kapasitesinin arttığını gözlemledik. Genel taşıma gücü formülünde yer alan ve içsel sürtünme açısının bir fonksiyonu olan taşıma gücü faktörleri değerlerinin artması taşıma gücünü arttırdığı bilinmektedir o halde genel olarak zeminin içsel

sürtünmesinin, kohezyonunun, birim hacim ağırlığının, taşıma gücü faktörlerinin, temel genişliğinin ve gömme derinliğinin artması taşıma gücü değerini artırmaktadır. İçsel sürtünme açısı ilk olarak 27 derece alındığında vesic yöntemine göre hesaplanan taşıma gücü değeri; sonrasında 43 derece alınarak yine aynı yöntemle hesaplanan taşıma gücü değeri yaklaşık 4.8 kat artmıştır. 27 derecelik içsel sürtünme

açısı ile vesic yöntemine göre hesaplanan taşıma gücü değeri; aynı sürtünme açısı ile hensen yöntemine göre hesaplanan değerden % 13.77 daha fazla, terzaghi yöntemi ile hesaplanan değerden % 7.95 daha az, meyerhof yöntemi ile hesaplanan değerden % 13.37 daha fazla, brinch hansen yöntemi hesaplanan değerden %5.08 daha fazla ve meyerhof and hanna yöntemi ile hesaplanan değerden yaklaşık 2.26 kat daha fazla çıkmıştır. Sonuç olarak bir zeminin diğer tüm parametreleri sabitken sadece içsel sürtünme açısının artırılması durumunda tüm yöntemlere göre hesaplanmış olan taşıma gücü değerleri arasındaki fark da artmıştır. Ayrıca içsel sürtünme açısının artmasının, tüm yöntemlerde taşıma gücü değerini artıran bir faktör olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Dağlı, E, 2015. Analitik Ve Sayısal Yöntemler İle Kumlu Zeminlerin Taşıma Gücünün Belirlenmesi. Gazi University Journal of Science.
- Dağlı, E. 2013. Sayısal ve Analitik Yöntemler ile Kohezyonsuz Zeminlerin Taşıma Gücü Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enst., BEUN, Zonguldak.
- Das, B. 2007. Principles of foundation engineering ,5'inci baskı , bölüm 3, sayfa 142.
- Hansen, B. J. 1963. A general formula for bearing capacity”, Danish, Geotechnical Institute, Bulletin, 11: 38-46.
- Holtz, R., Kovacs, W., Sheahan, T. 2010. An introduction to geotechnical engineering, 2'inci baskı, bölüm 12, sayfa 557.
- Meyerhof, G.G. 1951. The Ultimate Bearing Capacity of Foundations, Geotechnique, 2: 301-332.
- Terzaghi, K. 1943. Theoretical soil mechanics”, Wiley.
- ULR1: <http://imoistanbul.org/imoarsiv/geoteknik-kurs-notlari-2017/2-3%20aral%C4%B1k/sadik-oztoprak.pdf>
- URL 2 : http://www.jeofizik.org.tr/resimler/ekler/0d16e40e2d4bd33_ek.pdf?dergi=28.
- URL 3. <http://insaat.balikesir.edu.tr/dokumanlar/tins/3.pdf>.
- Vesic, A.S. 1973. A. of Ultimate Loads on Shallow Foundations”, J. of S. M. and Foundation Eng. Div., ASCE, Vol 99, No 1, 45.
- Yalçın, A , 2010. Kazıklı Radyejeneral Temellerin Düşey Ve Yatay Yükler Altında Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9-12.
- Yüksel, P. 2007. Geoteknik Tasarım Esasları, bölüm 3, sayfa 61,62