



TOPRAK ZEMİNLERDE SİĞ TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ HESAP CETVELİ KULLANIM KILAVUZU

Mayıs – 2021

ÖNEMLİ NOT:

Toprak Zeminlerde Sığ Temellerin Taşıma Gücü Hesap Cetveli'ne ait telif hakları, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu gereğince TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odasına ait olup, izin almaksızın içeriğinde herhangi bir değişiklik yapılamaz. Hesap cetveli JMO logolu olarak kullanılmak kaydıyla ücretsiz herkesin kullanımına açıktır. Ancak Oda logosunun hesap cetvelinden çıkarılarak kullanılmasının tespit edilmesi durumunda 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanun gereğince ilgili kişi hakkında gerekli hukuki yollara başvurulur.

İçindekiler

• Toprak Zeminlerde Siğ Temellerin Taşıma Gücü Hesap Cetveli	1
• Toprak Zeminlerde Siğ Temellerin Taşıma Gücü Hesap Cetvelinde Kullanılan Parametreler	2
• Veri Girişi.....	2
• Tablo Bölümü.....	15
• Terzaghi Taşıma Gücü Formülü	17
• Meyerhof Taşıma Gücü Formülü	24
• Hansen Taşıma Gücü Formülü	29
• Vesic Taşıma Gücü Formülü.....	36
• Genel Taşıma Gücü Formülü.....	48
• Açıklamalar	51
• Referanslar.....	53

TOPRAK ZEMİNLERDE SİĞ TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ HESAP CETVELİ (v.1)

Toprak zeminlerde taşıma gücü, pek çok bilimsel araştırmaya göre çeşitli yöntemlerle (deneysel, analitik ve sayısal) hesaplanabilmektedir. Toprak zeminlerde taşıma gücü hesap yöntemlerini, arazi ve laboratuvar deneyleri ile hesaplanan taşıma gücü hesap yöntemleri olmak üzere genel olarak iki başlıkta toplamamız mümkündür.

Toprak zeminlerde taşıma gücü denklemleriyle hesaplanan taşıma gücü hesap yöntemleri de kendi aralarında yanal toprak basıncı teorisine dayanan taşıma gücü hesap yöntemleri, dairesel kayma kabulüne dayanan taşıma gücü hesap yöntemleri ve son olarak da plastik kırılmaya dayanan taşıma gücü hesap yöntemleri olarak üçe ayrılabilir.

Bu çalışmada taşıma gücü denklemleriyle hesaplanan taşıma gücü hesap yöntemlerinden, plastik kırılmaya dayanan farklı araştırmacılar tarafından önerilen ve literatürde yaygın olarak kullanılan beş farklı taşıma gücü hesap yöntemi verilmiştir. Bu kapsamda Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'nde yer alan Genel Taşıma Gücü denklemleri yer almaktadır. Bu yöntemlerin verildiği Ms Excel ile hazırlanan hesap cetveliyle, toprak zeminlerde siğ temellerin taşıma gücünün değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kullanıcıların bu değerlendirmeyi yaparken TBDY-2018 yanında başka bir yöntemle de sonucu test etmeleri önerilir (zorunlu değildir).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TBDY-2018'de;

- Siğ temellerin geoteknik tasarımı için taşıma gücü ilkesi esas alınmıştır (TBDY-2018 Madde 16.7.2).
- Tasarıma esas eksenel kuvvet ve eğilme momenti, temel tabanında düşey doğrultudaki *temel taşıma gücü* ile karşılanacaktır (TBDY-2018 Madde 16.7.3.2).
- Siğ temellerin taşıma gücü ve yatayda kaymaya karşı gelen tasarım dayanımları hesaplanarak, statik ve depremi içeren yükleme durumlarındaki tasarım etkilerini karşıladığı gösterilecektir (TBDY-2018 Madde 16.8.1.1).
- Temel etki derinliği içinde, temel zemininde değişken özellikteki tabakaların ve/veya süreksizliklerin bulunması durumu taşıma gücü hesabında dikkate alınacaktır (TBDY-2018 Madde 16.8.3.3).

ifadeleri yer almakta olup, belirtilen hususlar da dikkate alınarak "**Toprak Zeminlerde Siğ Temellerin Taşıma Gücü Hesabı**" için Ms Excel programı kullanılarak hesap cetveli hazırlanmıştır. Yazılan programın tek bir ana ekran üzerinde gösterimiyle bahsi geçen hesaplama yöntemlerinin kolay anlaşılabilir ve kullanılabilir olması amaçlanmıştır.

Notlar: 1- Bu hazırlanan metinde TBDY-2018'de yer alan terimlerin kullanılması prensip olarak benimsenmiştir. Bu durum Yer Bilimleri konularında çalışan kişilerin kullandığı aynı anlama gelen farklı terimlerin kullanılmasının kabul edilmediği anlamı taşımamaktadır.

2- Kullanıcıların belli aralıklarla JMO'nun Web sitesinden hazırlanan bu programla ilgili güncellemeleri ve değişiklikleri izlemeleri tavsiye olunur (<http://jmo.org.tr>>JeoVeri>Hesaplama Programları).



TOPRAK ZEMİNLERDE SİĞ TEMELLERİN TAŞIMA GÜCÜ HESAP CETVELİNDE KULLANILAN PARAMETRELER

Aşağıda Excel hesap cetvelinde kullanılan veriler tek tek açıklanmaktadır.

1- Temel Veri Girişi ve Seçim Yapma

PROGRAM VERİ GİRİŞİNDE ONDALIK SAYILARI YAZARKEN SAYI AYIRACI OLARAK NOKTA VEYA VİRGÜL HASSASİYETİNE DİKKAT EDİLMELİDİR.

TURUNCU RENKLİ KUTUCUKLARDA, KULLANICIDAN VERİ GİRİŞİ VEYA SEÇİM YAPMASI (☰ GÖSTERGE OLAN YERLERDE) İSTENMEKTEDİR. SARI RENKLİ KUTUCUKLAR İSE KORUMALIDIR.

Temel Yük Eğimi:  **Yük eğimi yok**  *Aşağı doğru açılır pencere olduğunu ve seçim yapılması gerektiğini ifade etmektedir.*

KULLANICILAR İMLEÇ İLE KUTUCUĞU İŞARETLEYEREK VEYA İMLECİ BAŞLIKLAR ÜZERİNE GETİREREK KUTUCUKLA İLGİLİ VERİLEN AÇIKLAMAYI (☰ GÖSTERGE OLAN YERLERDE) GÖREBİLİRLER.

⊗ KIZGIN YÜZ İFADESİ HATALI İŞLEM YAPILDIĞINI İFADE ETMEKTEDİR.

 **Yeraltı Suyu Yok** *Yeraltı suyu ile ilgili belirsizlik ifade edilmektedir.*

PROGRAMDA VARSAYILAN (DEFAULT) SEÇİMLER KOYU YEŞİL RENKLİ FONT İLE GÖSTERİLMİŞTİR.

KULLANICILAR PROGRAMDAKİ MAKROYU KULLANABİLMEK İÇİN EXCELDE MAKRO AYARLARINI AÇMALIDIR.

- **Antet bölümü;**

Programda hesaplamalar için deney bölgesinin karakteristik özelliklerinin ve bölgeden alınan verilerin girilmesini gerekli kılan parametreler yer almaktadır.

Proje Adı: Taşıma gücü hesabının uygulandığı “Projenin adı” yazılacaktır.

Ada No: Taşıma gücü hesabının uygulandığı yerin “Ada no” su yazılacaktır.

Parsel No: Taşıma gücü hesabının uygulandığı yerin “Parsel no” su yazılacaktır.

Parsel Sorgu: [Parsel Sorgu](https://parselsorgu.tkgm.gov.tr) Kullanıcılar imleci bu kutucuğun üzerine getirdiklerinde el işareti belirir ve tıkladıklarında <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr> web sitesine ulaşarak ilgili

sitenin arayüzünde parsel ile ilgili istenen bilgileri girerek parsel sınırlarını harita üzerinde görebilirler.

***Koordinatlar:** Ada ve parsel numarası belirlenmiş yerin koordinatlarıdır. “x” ve “y” kutucuklarına *Datum*’da belirtilen koordinat referans sistemine uygun olarak yazılacaktır.

* Kullanıcılar koordinat bilgilerini girmek zorunda değildir.

Kot: Taşıma gücü hesabı yapılacak parselde metre (m) cinsinden ortalama yükseklik yazılacaktır.

Datum: “x” ve “y” olarak verilen koordinatların, hangi koordinat referans sistemine ait olduğunu gösterir. Aşağı doğru açılır pencereden* uygun koordinat sistemi seçilecektir.

Datum: ITRF-3° Aşağı doğru açılır pencere olduğunu ifade ediyor.

Temel Genişliği (B): Taşıma gücü hesabı yapılacak sığ temelin genişliğidir. Birimi m’dir. Temel genişliği olarak temelin kısa kenar uzunluğunu giriniz.

Temel Uzunluğu (L): Taşıma gücü hesabı yapılacak sığ temelin uzunluğudur. Programda iki sığ temel tipi mevcuttur. Bunlar kare ve dikdörtgen temel tipleridir. Şerit temel için Temel Uzunluğu (L) kutucuğuna temel genişliğinden (B) çok daha büyük bir değer girebilirsiniz. Birimi m’dir.

Efektif Boyutlar: Excel tablosunun alt orta bölümünde yer alır. Bu değerler Yük ve Eğim Bilgileri bölümünde e_B ve e_L parametre kutucuklarına veri girişi yapıldığında otomatik olarak hesaplanır. Etkin genişlik ve etkin uzunluk değerleri gerçek değerlerini (boyutlarını) korursa bu durum (1. Durum) $B'=B$ ve $L'=L$ şeklinde gösterilir. Momentlerin eksantrikliğe neden olduğu durumda etkili genişlik (B') veya etkili uzunluk (L') boyutları dikkate alınır (2. Durum).


Efektif Boyutlar		Efektif Boyutlar	
Etkin Temel Genişliği, B'	Etkin Temel Uzunluğu, L'	Etkin Temel Genişliği, B'	Etkin Temel Uzunluğu, L'
$B = 3.00 \text{ m}$	$L = 3.00 \text{ m}$	$B' = 2.54 \text{ m}$	$L' = 3.00 \text{ m}$

1. Durum

2. Durum

Kullanıcılar çok nadirde olsa aşağıdaki durumla karşılaştıklarında programın bu versiyonun (v.1) bu çözümü yapmadığını bilmeliler. Kullanıcılar yeniden veri girişi yapmadıkları takdirde L uzunluğu B uzunluğundan daha küçük ($L < B$) hesaplanmaktadır.

Temel Genişliği (B) :	5.00 m
Temel Uzunluğu (L) :	6.00 m

Temel Yük Eğimi: 		Yük eğimi yok	
$e_B = M_x/N$:		$e_L = M_y/N$:	0.80m
H_x [kN] :		H_y [kN] :	

Etkin Boyutlar	
Etkin Temel Genişliği, B'	Etkin Temel Uzunluğu, L'
$B = 5.00$ m	$L' = 4.40$ m
<i>Program çözümü kontrol edilmeli</i>	

Sığ Temel Tipi: Temelin şekli kare ve dikdörtgen olmak üzere giriş parametrelerine göre program tarafından otomatik olarak belirlenir. Farklı bir şey yazılırsa örneğin “şerit” vb. program tanımlı olmadığını belirtir.

Temel Derinliği (D_f): Taşıma gücü hesabı yapılacak sığ temelin, zemin yüzeyinden itibaren derinliğidir. Birimi m'dir.

Kullanıcılar temel derinliği olarak “-” değer girdiklerinde program kullanıcıyı uyaracaktır.

Sığ Temel Tipi :	Dikdörtgen
Temel Derinliği (D_f) :	-2
Yeraltı Suyu Derinliği :	2.00 m
	<input type="checkbox"/> Yeraltı Suyu Yok

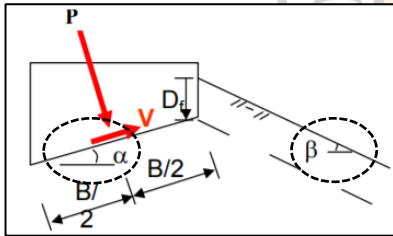
Microsoft Excel

Lütfen "-" değer girmeyiniz.

OK Cancel Help

Temel derinliği olarak negatif (-) değer girmeyiniz.

Zemin yüzeyi yatayla belli bir açı (β) yapıyorsa D_f derinliğini aşağıdaki şekle göre giriniz.



Farklı gömülme derinliği değeri olan temelerde, D_f en düşük derinlik olarak alınır.

Temel altı derinliği doğa ve iklim faktörleri, inşaat sahası, hidrojeolojisi ve jeolojik koşullar gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Yeraltı Suyu Seviyesi (YASS): Taşıma gücü hesabı yapılacak alanda ölçülen yeraltı su seviyesidir. Birimi m'dir. Yeraltı suyunun varlığı; tüm zemin türleri için temel derinliği taban seviyesinde veya temelin üstünde olması durumunda nihai taşıma gücü değerini etkilediği bilinmektedir. Su seviyesinin konumuna göre taşıma gücü denklemlerinde bazı modifikasyonların uygulanması gerekmektedir. Bağıntının 2. terimindeki efektif gerilme (σ') ve bağıntının 3. terimindeki birim hacim ağırlık değerlerinin modifiye edilmesi gerekir. Yeraltı suyu seviyesinin durumuna göre 3 farklı durum mevcuttur.

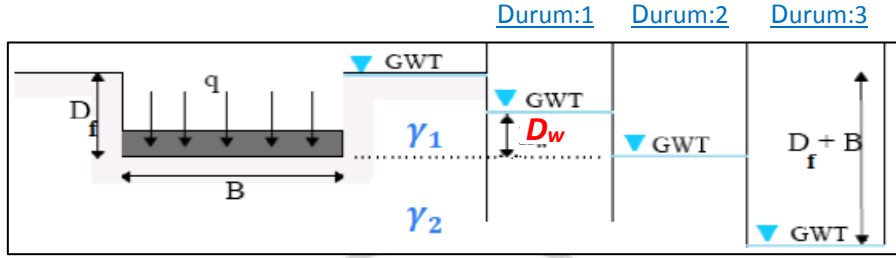
YASS konumuna bağlı taşıma gücünde önemli değerlere ulaşan azalmalar olur.

YASS yoksa hücreye (kutucuğa) 0 değeri girmeyiniz. “0” değeri YASS yüzeyde anlamı taşımaktadır. YASS yoksa “Yeraltı Suyu Yok” kutucuğunu işaretleyiniz. Bu durumda Yeraltı suyu derinliği **100 m** olarak programa tanımlanmıştır. Suya doymun ince taneli drenajsız zeminler (*undrained soils*) yani $\phi_u=0$ değeri için “yeraltı suyu yok” kutucuğunu işaretleyiniz.

Sığ Temel Tipi :	Dikdörtgen	Genel Par	ϕ_u	0	H_x [kN] :	H_y [kN] :
Temel Derinliği (D_f) :	1.90 m					
Yeraltı Suyu Derinliği :	1.20 m					
Yeraltı Suyu Yok :	<input type="checkbox"/>					
Yeraltı Suyu Derinliği :	1.20 m					
Yeraltı Suyu Yok :	<input type="checkbox"/>					
Yeraltı Suyu Derinliği :	1.20 m					
Yeraltı Suyu Yok :	<input type="checkbox"/>					

UYARI: Lütfen Yeraltı Suyu Derinliği değeri varsa siliniz. Suyu doymun ince taneli zeminler için "Yeraltı suyu yok" kutucuğunu işaretleyiniz.

OK Cancel Help



Programda yeraltı suyu tablasının taşıma kapasitesine etkisi Bowles (1997) ve Das (2017) tarafından önerilen yöntemler kullanılarak uygulanır.

Yeraltı Suyu Derinliği : Yeraltı Suyu Yok

Burada kızgın yüz ifadesi yeraltı suyu seviyesi belirsizliğini ifade etmektedir. Bu durumda YASS derinliği girildiğinde ifade düzelecek ve aşağıdaki görüntü alınacaktır.

Yeraltı Suyu Derinliği : 2.00 m Yeraltı Suyu Yok

Kullanıcılar Yeraltı suyu derinliği olarak "--" değer girdiklerinde program kullanıcıyı uyaracaktır.

Sığ Temel Tipi :	Dikdörtgen	Genel Par	ϕ	Microsoft Excel
Temel Derinliği (D_f) :	2.00 m		c	Lütfen "--" değer girmeyiniz.
Yeraltı Suyu Derinliği :	-2		Y	
Yeraltı Suyu Yok :	<input type="checkbox"/>			OK Cancel Help

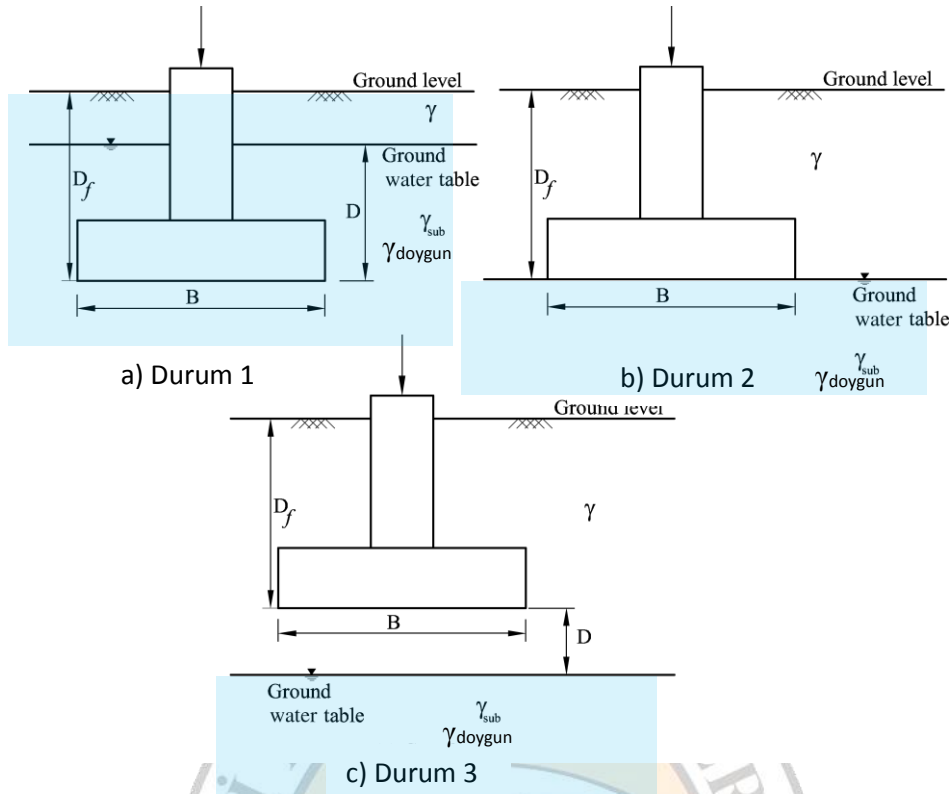
Yeraltı suyu derinliği olarak negatif (-) değer girmeyiniz. 0 değeri girebilirsiniz (Yeraltı suyu seviyesi yüzeyle anlamında).

Yeraltı Suyu Derinliği : 2.00 m Yeraltı Suyu Yok

Yeraltı suyu yok kutucuğu işaretli fakat yeraltı suyu derinliği kutusunda derinlik bilgisi var kullanıcı bu değeri silmesi için uyarılmakta. Aşağıdaki şekil yukarıdaki değer silinmiş görüntüsüdür.

Yeraltı Suyu Derinliği : Yeraltı Suyu Yok

Program temel seviyesini referans olarak yeraltı suyu seviyesinin konumuna göre hesap yapmaktadır. Aşağıda bu durumlar sırasıyla gösterilmiştir.



Yeraltı suyu seviyesinin temel tabanına göre konumu

Durum 1: YASS temel seviyesi üzerinde ise; taşıma gücü denklemlerinde “ q ” ile ifade edilen örtü yükünde aşağıdaki düzeltmenin yapılması gerekir. Bağıntının 2. terimindeki örtü yükü hesaplanırken;

$$q = \gamma_1 \cdot (D_f - D) + [(\gamma_2 - \gamma_w) \cdot (D_f - D)]$$

3. terimdeki $\gamma = \gamma_2 - \gamma_w$ olarak değiştirilmelidir.

γ_{sat} : zeminin doymun birim hacim ağırlığı

γ_w : suyun birim hacim ağırlığı, 9.81 kN/m^3

Durum 2: Bağıntının 2. terimindeki örtü yükü hesaplanırken;

$$q = \gamma_1 \cdot (D_f) \text{ aynı kalır.}$$

3. terimdeki ise $\gamma = \gamma_2 - \gamma_w$ olarak değiştirilmelidir.

Durum 3: YASS, D_f ve D_f+B arasında ise;

$D \leq B$ için;

$$q = \gamma_1 \cdot D_f \text{ olur değişmez.}$$

$$3. \text{ terimdeki } \gamma = (\gamma_2 - \gamma_w) + [(D_w - D_f) / B] \cdot (\gamma_1 - (\gamma_2 - \gamma_w))$$

Eğer D_w , D_f+B' 'den büyükse ($D > B$ için) ; su etkisi değerlendirilmez, $\gamma_2 = \gamma_1$ olur.

Zeminin Tabii Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_{1[\text{doğal}]}$): Temel tabanı seviyesindeki zeminin tabii birim hacim ağırlığıdır. Birimi kN/m^3 'tür.

Zeminin Doymun Birim Hacim Ağırlığı ($\gamma_{2[\text{doymun}]}$): Temel tabanı seviyesindeki zeminin doymun birim hacim ağırlığıdır. Birimi kN/m^3 'tür. Doymun birim hacim ağırlık tüm boşluklar su ile dolu olduğu durum için geçerli olan birim hacim ağırlıktır. $\phi=0$ için $\gamma_{1[\text{doğal}]}$ değerini $\gamma_{2[\text{doymun}]}$ değeri ile aynı yapınız.

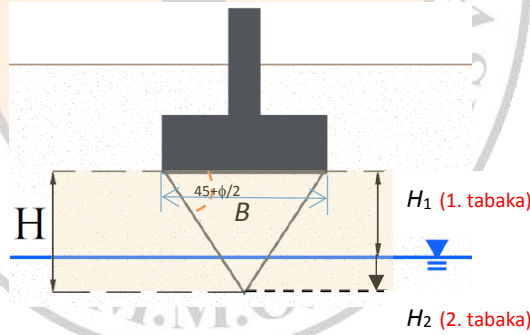
$\phi=0$ için γ_1 [doğal]	16.7 kN/m^3
γ_2 [doymun]	16.7 kN/m^3
ϕ_u	0.0°

Program, yeraltı suyunun etkisini YASS'nin temel tabanı seviyesi konumuna göre otomatik olarak hesaplamaktadır.

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ): Temel tabanı seviyesi altındaki zeminin içsel sürtünme açısıdır. Birimi derecedir. **Suya doymun drenajsız zeminler (*undrained soils*) için $\phi_u=0$ değerini alınız.** Genellikle sığ temeller için zeminin efektif parametreleri kullanılarak drenajlı koşullar için (*drained conditions*); zeminin toplam parametreleri (c_u, ϕ_u) kullanılarak kısa dönem drenajsız koşullar için analiz yapılır. Bu durumda içsel sürtünme açısı her zaman $\phi=0$ 'dır.

Kohezyon (c): Temel tabanı seviyesi altında B derinliğindeki (efektif-etkin derinlik sınırları içinde) zeminin kohezyon değeridir. Birimi kN/m^2 'dir.

Zemin Tipi: Temel altındaki zemin tipi arazi veya laboratuvar verilerine göre tanımlanabilir.



H : Kama bölgesinin yüksekliği olup $H = 0.5 \cdot B \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$

Burada ϕ , zemin tabakasının içsel sürtünme açısıdır. Kama bölgesi yüksekliği (H) olup H_1 ve H_2 tabaka kalınlıklarını içeren ϕ değerlerinin ağırlıklı ortalamalarının hesaplanması;

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{\sum_{i=1}^n H_i \tan \phi_i}{\sum_{i=1}^n H_i}\right)$$

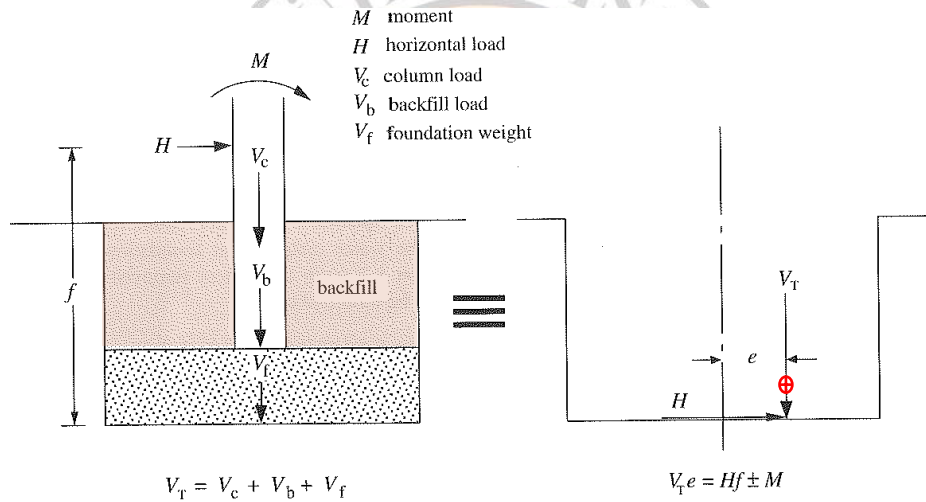
şeklinde. Aynı şekilde H_1 ve H_2 tabaka kalınlıklarını içeren zeminlerin kohezyonun ağırlıklı ortalama değerleri de hesaplanabilir. Bu hesaplama için toplam derinliği H olan tabakayı oluşturan zeminlerin birbirine yakın makaslama dayanımı parametrelerine sahip olması gerekmektedir. Tabakalar arasında dramatik dayanım farklılıkları varsa değişik yöntemler kullanılmalıdır.


Programın tek tabakalı zemin çözümü yaptığı kullanıcılar tarafından bilinmelidir.

NOT: 1- Genel olarak suya doymun ince taneli zeminlerde sığ temellerin taşıma güçleri drenajsız koşullar kullanılarak analiz edilir.

YÜK VE EĞİM BİLGİLERİ:

“Yük ve Eğim Bilgileri” penceresinde, temelin üst kısmına etki eden kuvvetleri giriniz. Bu bilgiler statik proje müellifinden alınacaktır. Temeller genellikle dış yükler ile aşağıdaki Şekil’de olduğu gibi temelin ağırlık merkezine etkiyecek şekilde inşa edilirler. Eğer bir temel, temelin geometrik merkezi (veya ağırlık merkezi) dışında etkiyen bir dış yüke sahip ise ya da merkezi olarak etkiyen dış yüklemeye ilave olarak yatay yük ve/veya moment etkisi altında ise eksantrik yükleme söz konusudur. Eksantrisite değeri arttıkça taşıma gücü azalır.



Temel Yük Eğimi: 		Yük eğimi yok 	
$e_B = M_x / N$:		$e_L = M_y / N$:	
H_x [kN] :		H_y [kN] :	
N [Toplam Düşey Yük] :		1000 kN	
α (°) :		β (°) :	

Yük Penceresi

Temel Yükleme Durumu: Aşağı doğru açılan kutudan* seçiminizi yapınız. Temel Yük eğimi kutusunda yapılan seçime göre turuncu renkli hücreler açılır ve aktif hale gelir. Bu durumda kullanıcının veri girmesi sağlanır. Sarı renkli hücrelerde veri girişi istenmez (örneğin yukarıdaki şekilde H_x ve H_y [kN] kutucukları). Eğer bu hücreye daha önceden veri girişi yapılmış ise üzeri çizili kırmızı renkli font ile gösterilir (Lütfen bu durumda hücrede sayı varsa siliniz).

e_B ve e_L Değerleri: Yapılan seçime (Yük eğimi yok, Temel genişliği [B] yönünde ve Temel uzunluğu [L] yönünde) ve turuncu renkli e_B ve e_L hücrelerine veri girişi yapılan değerlere göre işlem gerçekleştirilir.

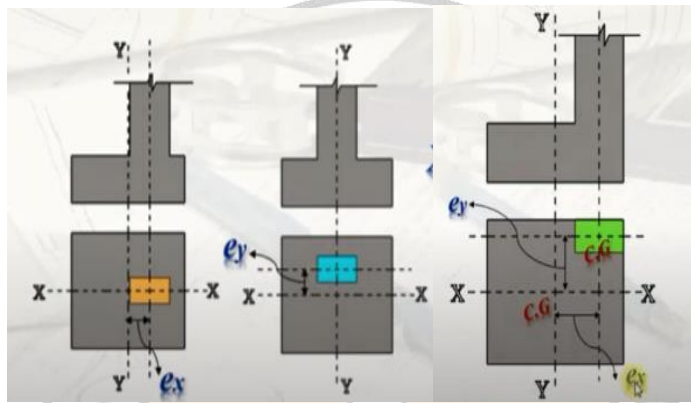
Eksantrik Yükler:

$$e = \frac{M}{N} = \frac{\text{Momentler}}{\text{Normal kuvvetler}} \text{ olup}$$

(M_x) : X yönündeki moment. Birimi kNm 'dir.

(M_y) : Y yönündeki moment. Birimi kNm 'dir.

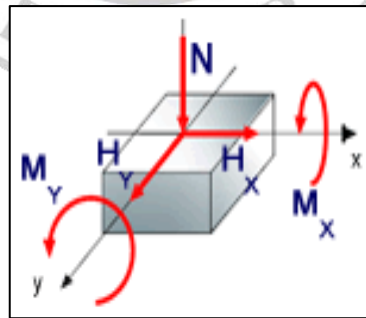
Not: Şerit temeller için 1 metredeki moment yazılır



x eksenı boyunca, y eksenı boyunca

Temel Tabanına Etkiyen Yatay Kuvvetler (H_x ve H_y): Temel tabanına etkiyen yatay kuvvettir. Birimi kN 'dur.

Temel Tabanına Etkiyen Düşey Kuvvet (N): Temel tabanına etkiyen düşey kuvvettir. Birimi kN 'dur.

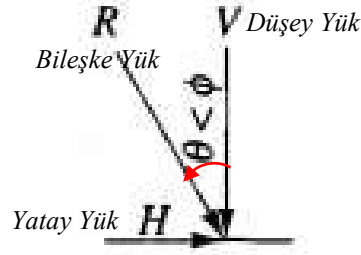


N: Düşey Kuvvet; H_x , H_y : Yatay Kuvvet; M_x , M_y : Eğilme Momenti

NOT: Temele gelen düşey yük ve moment etkisiyle, temellerde eksantriklik meydana gelir. Aynı şartlardaki yüklü olan temele göre daha az yük taşır. Eksantrisite değeri arttıkça temelin taşıma gücü azalır. Temele gelen momentlerin tek yönlü veya çift yönlü olma durumları dikkate alınarak hesaplamalar yapılabilir.

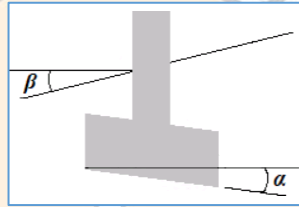
Temel Yük Eğimi (θ): Temel Yük eğimi kutusunda yapılan seçime göre θ değeri otomatik olarak hesaplanır. Bunun için H_x ve H_y (kN) değerleri ile N değerinin girilmesi gerekir. Her iki yönde yatay kuvvetin etkimesi durumunda bileşke kuvvete göre θ değeri hesaplanır.

$\theta =$



Temel yükleme durumunun gösterimi

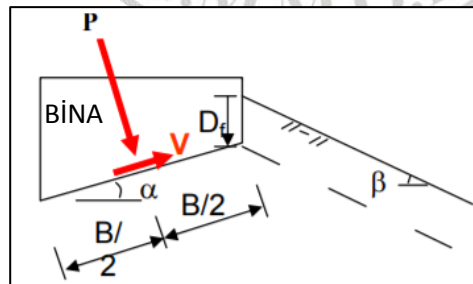
Temel Tabanının Düzlemle Yaptığı Açı (α): Temel tabanının yatay düzlemle yaptığı açıdır. Birimi derecedir. Aşağıdaki şekilde verilmiştir. Temel tabanı düz ise hücreyi boş bırakınız.



Zemin Yüzeyinin Düzlemle Yaptığı Açısı (β): Zemin yüzeyinin yatay düzlemle yaptığı açıdır. Birimi derecedir. Aşağıdaki şekilde verilmiştir. Zemin yüzeyi düz ise hücreyi boş bırakınız.

α (°): β (°):

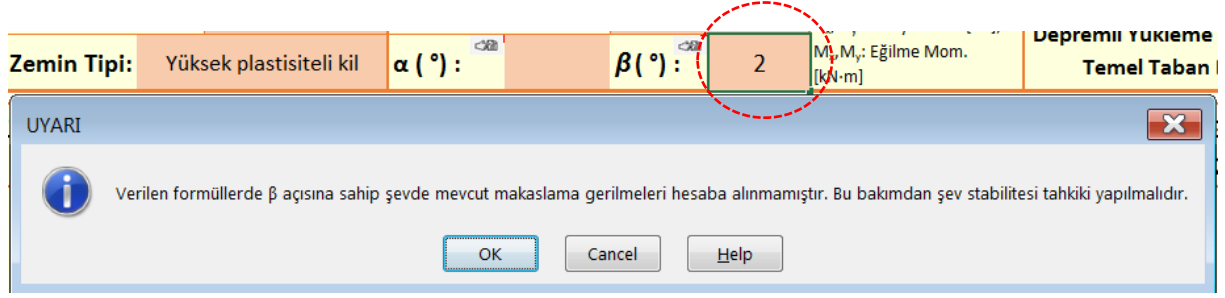
Programdaki Taban (α) ve Zemin Eğimi (β) penceresi



P : Normal kuvvet
 V : Temele uygulanan kesme kuvveti

Taban (α) ve Zemin Eğimi (β)

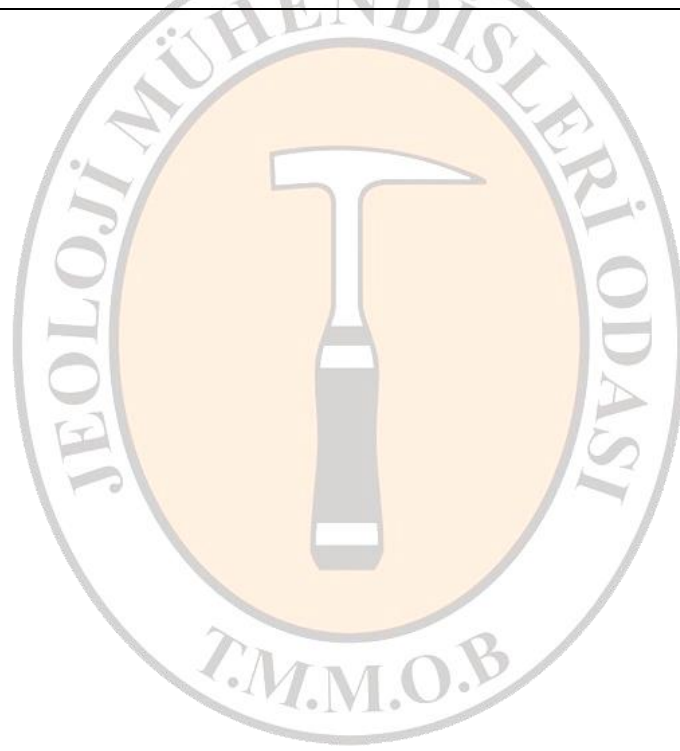
Hansen (1970) ve Vesic (1975) formülasyonlarında yük eğimi açısı ile birlikte “zemin eğimi” veya “eğimli temel” kavramları da dikkate alınır.



Programda β kutucuğuna herhangi bir değer girdiğinizde program sizi uyaracaktır. “OK” dediğinizde girdiğiniz değere göre hesaplama yapılacaktır.



UYARI: Verilen formüllerde β açısına sahip şevde mevcut makaslama gerilmeleri hesaba alınmamıştır. Bu bakımdan ayrıca **şev stabilitesi tahkiki yapılmalıdır.**



Genel Bilgiler:

Yerel Zemin Sınıfı: Yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde TBDY-2018’de aşağıda verilen Tablo 16.1 kullanılacaktır. Yerel zemin sınıfı, “Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatına” uygun olarak yapılan “Zemin ve Temel Etüt Raporu” dikkate alınarak belirlenecektir.

Belirlenen Yerel Zemin Sınıfı : ZD

TBDY-2018 Madde 16.4.2 – Tablo 16.1’de verilen zemin parametreleri, zemin profilinin temel veya kazık başlığı alt kotundan itibaren aşağıya doğru en üst 30 m kalınlığındaki kısmı için belirlenecektir.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller.	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel yenilme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam klınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Tablo 16.1- Yerel Zemin Sınıfları

Birbirinden belirgin şekilde farklı zemin ve kaya tabakalarını içeren zemin profillerinde üst 30 metredeki tabakalar, yeteri kadar alt tabakaya ayrılarak en üstte $i = 1$ ve en altta $i = N$ olacak şekilde sıralanacaktır. Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı $(V_s)_{30}$, ortalama standart penetrasyon darbe sayısı $(N_{60})_{30}$ ve ortalama drenajsız kayma dayanımı $(c_u)_{30}$ TBDY-2018’de **Denk.(16.2)** ile hesaplanacaktır:

$$(V_s)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{V_{s,i}} \right)} \quad ; \quad (N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{N_{60,i}} \right)} \quad ; \quad (c_u)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{c_{u,i}} \right)} \quad (16.2)$$

NOT: Yeni hazırlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritasında bütün zemin koşullarının tanımlanması mümkün olmadığından bu haritalar, ülke genelinde standart tek bir zemin [mühendislik kayası] koşulu $(V_s)_{30} = 760$ m/s esas alınarak hazırlanmıştır (hipotetik olarak). Bu da yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi ZB-ZC zemin grubu sınırına karşılık gelmektedir.

Temel Taşıma Gücü Dayanım Katsayısı, γ_{RV}

Sığ temeller için temel taşıma gücü tasarım dayanım katsayısı değeri (TBDY-2018, Tablo 16.2)'den alınarak yazılacaktır. TBDY-2018'de Tablo 16.2'de "Temel Taşıma Gücü Dayanım Katsayısı (γ_{RV})" değeri 1.40 olarak belirlenmiştir.

Temel Taşıma Gücü Dayanım Katsayısı, γ_{RV}:	1.40
---	------

Kullanıcılar bu değeri (γ_{RV}) değiştirebilirler. Programda veri girişi uygundur.

Dayanım Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	γ_{RV}	1,40
Sürtünme Direnci	γ_{Rh}	1,10
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1,40

Tablo 16.2 Sığ Temeller İçin Dayanım Katsayıları

Dayanım katsayısı'nın değerleri temel türüne ve hesaplanan dayanım bileşenine göre TBDY-2018'de Bölüm 16.8.2 (Tablo 16.2)'te verilmiştir.

- Statik/Depremlili Durumda Temel Taban Basıncı:

Statik durumda faktörlenmiş durumda temel taban basıncı (sabit yükler altında temelde oluşan en fazla gerilme) ve depremi içeren yükleme durumu için temel taban basıncı değeri (deprem yükleri altında temelde oluşan en fazla gerilme) Statik proje müellifinden onaylı alınan yüklere göre yazılır.

Statik Durumda Temel Taban Basıncı, q_0 :	142 kPa
Depremlili Yükleme Durumu İçin Temel Taban Basıncı:	218 kPa

Program, bulunan taşıma gücünü (q_t) yapının statik ve dinamik etkiler altında oluşturduğu basınçla karşılaştırır ve düşey taşıma gücü kapasitesi kontrolü'nde "YETERLİ" ($q_0 \leq q_t$) veya "YETERSİZ" şeklinde yorumlanır.

Sığ Temellerin Taşıma Gücü Hesabı (TBDY, 16.8.3)	
Temelin Taşıma Gücünün Yeterliliği Koşulu: $q_0 \leq q_t$	
Düşey Taşıma Kapasitesi Kontrolü (Doğrulama)	
Statik Açından	Dinamik Açından
YETERLİ	YETERLİ

Programda statik durumda (1.4G+1.6Q) ve dinamik durumda (G+Q+E) şeklinde yük kombinasyonlarının tanımlaması yapılmamıştır. Bunun nedeni TBDY-2018'de betonarme tasarımında farklı yük kombinasyonlarının tanımlanmasıdır.

TBDY-2018 Bölüm 16.7.3.1’de “Statik yük birleşimleri, ilgili yönetmeliklerden alınacaktır. Deprem etkisini içeren yük birleşimleri ise 4.4.4’te verilmiştir. Temel zemininde oluşan etkiler, E_t , düşey yük etkileri ile birlikte 4.10.3’e göre depremde bina taşıyıcı sisteminden temele aktarılan kuvvetler esas alınarak hesaplanacaktır.”

şeklinde ifade yer almaktadır. Bu nedenle programda belirli bir yük kombinasyonu yapılmamıştır. Kullanıcı statik Proje Müellifinden aldığı kritik yük kombinasyonları için, taşıma gücü değerlendirmesi yapmalıdır.

Not 1: Veri girişleri yalnızca “Temel Veri Girişi ve Seçim Yapma” bölümünde açık turuncu renkli hücelere yapılmalıdır. Taşıma gücü ile ilgili formülasyonlar otomatik olarak hesaplanacaktır. Koyu turuncu renkli hücelerde ise aşağı doğru açılan pencereden* (☰ gösterge olan yerlerde) seçim yapılacaktır. Sarı renkli hücreler korumalıdır.

Not 2: Meyerhof (1951), Hansen (1970), Vesic (1975) ve Terzaghi (1943) ile ilişkili tüm taşıma kapasitesi formülasyonu ile ilgili parametreler "Principles of Foundation Engineering, 2019", Braja M. Das, "Foundation Analysis and Design, 1996", Joseph E. Bowles ve "Bearing Capacity of Shallow Foundation and Piles", A. Aysen, "Essentials of Soil Mechanics and Foundations: Basic Geotechnics", David F. McCarthy adlı yazarların yayınlarından alınmıştır.

Not 3: Tüm statik hesaplamalarda momentlerin ve yüklerin eksantrikliğe neden olmadığı durumda etkili genişlik veya etkili uzunluk boyutları dikkate alınmaz.

Not 4: Yük eğim açısı sadece Meyerhof (1971), Hansen, Vesic, TBDY-2018 formülasyonunda dikkate alınır, Terzaghi formülasyonunda bu durum dikkate alınmaz.

Not 5: Hansen (1970) ve Vesic (1975) formülasyonlarında şekil, derinlik faktörleri, yük eğimi açısı ile birlikte “zemin eğimi” ve “eğimli temel” kavramları da dikkate alınır.

Not 6: Genel taşıma kapasitesi denkleminde kullanılan N_c , N_q ve N_γ değerlerinin Terzaghi değerleri olmadığına dikkat edilmelidir. N_c ve N_q değerleri artık Meyerhof denklemlerinden (1963) elde edilmektedir. Bunlar literatürde en tatmin edici değerler olarak kabul edilmektedir.

Not 7: Terzaghi’nin taşıma kapasitesi denklemleri, dünya çapında çok sayıda sığ temelin tasarımında başarıyla kullanılmıştır ve halen kullanılmaktadır. Bununla birlikte, eğimli yükleme, temel derinliği ve temel üzerindeki toprağın makaslama direnci gibi taşıma kapasitesini etkileyen faktörleri dikkate almadıklarından, pek çokları tarafından düşük değer verdiği için muhafazakar (*conservative*) olarak görülürler.

***Açılır Pencere:** Fare ile veri girişi yapılan kutucuğu seçtiğinizde kutucuğun sağ alt köşesinde beliren aşağı yönlü küçük ok tuşuna (▼) tıkladığınızda açılan menüden seçim yapmanızı sağlar.

2- Tablo Bölümü

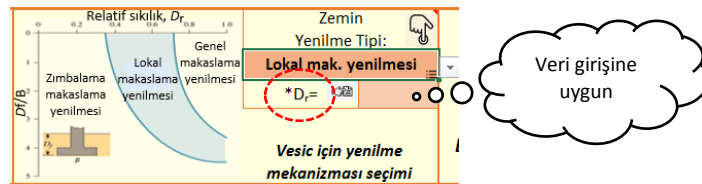
Bu bölümde yer alan hesaplamalar Excel hesap tablosunda “Temel Veri Girişi ve Seçim Yapma” bölümünde açık veya koyu turuncu renkli bölümde yapılan seçimler veya girilen veriler göz önüne alınarak otomatik olarak gerçekleştirilir. Tablo bölümünde koyu turuncu renkli hücrelerde seçim yapılmalıdır (≡ gösterge olan yerlerde). Daha açık renkli turuncu hücrelere veri girişi elle yapılmalıdır. Bunların dışındaki sarı renkli hücreler korumalıdır. Lütfen değiştirmeye çalışmayınız.

Taşıma kapasitesi yöntemlerinde yöntemin adının ve bunlarla ilgili parametre bilgilerinin yer aldığı bilgiler ile formüller ayrı çerçeveler içerisinde verilmiştir.

Tabloda, farklı araştırmacılar tarafından hazırlanan ve literatürde yaygın olarak kullanılan taşıma gücü hesap yöntemleriyle ilgili formülün içerisinde yer alan parametreler belli bir sıra gözetilerek (formüldeki sıra takip edilerek) yazılmıştır.

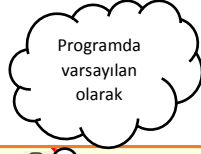
Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)				Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)				Genel Taşıma Gücü Formülü (TBDY-2018)										
c =	30.0	N _c =	7.34	c* =	20.0	N _c * =	6.74	c	30.0	N _c =	6.49	s _c =	1.21	v	d _c =	1.35	v	
K ₁ =	1.26	γ ₂ =	6.69	K ₁ =	1.26	γ ₂ =	6.69	i _c =	1.00	v	g _c =	1.00	v	b _c =	1.00	v	γ ₂ =	6.69
D _f =	1.50	N _q =	1.64	D _f =	1.50	N _q * =	1.39	D _f =	1.50	N _q =	1.57	s _q =	1.08	d _q =	1.12			
γ ₁ ·D _f =	24.75	B =	1.75	γ ₁ ·D _f =	24.75	B =	1.75	i _q =	1.00	g _q =	1.00	b _q =	1.00	γ ₁ ·D _f =	24.75			
N _γ =	0.50	K ₂ =	0.83	N _γ * =	0.31	K ₂ =	0.83	B =	1.75	N _γ =	0.10	s _γ =	0.65	d _γ =	1.00			
φ =	5.0°			φ* =	3.3°			i _γ =	1.00	g _γ =	1.00	b _γ =	1.00					
K _{pγ} =	12.3			K _{pγ} =	11.7			Düzeltilme katsayıları için seçim yapınız				Vesic [V]						
a _θ =	1.224			a _θ =	1.145			q _k = c·N _c ·s _c ·d _c ·i _c ·g _c ·b _c + γ ₁ ·D _f ·N _q ·s _q ·d _q ·i _q ·g _q ·b _q + 1/2·γ ₂ ·B'·N _γ ·s _γ ·d _γ ·i _γ ·g _γ ·b _γ										
Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.				c*, φ*: Lokal Makaslama Yenilmesi için 2/3 oranında azaltılmış değerler.				Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.										
Genel Makaslama Yenilmesi				Lokal Makaslama Yenilmesi				q _k = 320.9 kN/m ²										
q _k = c·N _c ·K ₁ + γ ₁ ·D _f ·N _q + 1/2·γ ₂ ·B·N _γ ·K ₂				q _k = c*·N _c *·K ₁ + γ ₁ ·D _f ·N _q * + 1/2·γ ₂ ·B·N _γ *·K ₂				q _k = 206.1 kN/m ²										
q _t = q _k /γ _{RV} : 229.2 kN/m ²				q _t = q _k /γ _{RV} : 147.2 kN/m ²				q _k = 364.6 kN/m ²										
q _t = q _k /γ _{RV} : 229.2 kN/m ²				q _t = q _k /γ _{RV} : 147.2 kN/m ²				q _t = q _k /γ _{RV} : 260.4 kN/m ²										

Tablo bölümünde yer alan yöntemler ve formülasyondaki parametreler



Lokal makaslama yenilmesi seçimi yapıldığında D_f değerini girmeniz istenir.


Genel makaslama yenilmesi programda varsayılan seçimdir (eğer zemin tipiniz uygun ise) ve program hesaplamayı otomatik olarak gerçekleştirir.



Zemin Yenilme Tipi:	Etkin Boyutlar		Sığ Temellerin Taşıma Gücü Hesabı (TBDY, 16.8.3)	
	Etkin Temel Genişliği, B'	Etkin Temel Uzunluğu, L'	Statik Açıdan	Dinamik Açıdan
Genel mak. yenilmesi	$B = 1.75 \text{ m}$	$L = 2.00 \text{ m}$	YETERLİ	YETERLİ

Sığ Temellerin Taşıma Gücü Hesabı (TBDY, 16.8.3)
Temelin Taşıma Gücünün Yeterliliği Koşulu: $q_o \leq q_t$
Düşey Taşıma Kapasitesi Kontrolü (Doğrulama)

Statik Açıdan: YETERLİ
Dinamik Açıdan: YETERLİ

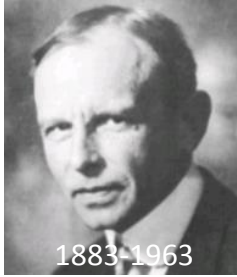
Yorum Kutusu: Bu program, kullanılan denklemlerdeki parametreler ile ilgili açıklamalar, veri tabloları vb. dahil olmak üzere çok çeşitli bilgiler içeren çok sayıda "yorum kutusu" içerir. Her bir hücrenin sağ üst köşesinde "yorum kutusunun" varlığı  gösterge olan yerlerde gösterilir. Bu belirli "yorum kutusunun" içeriğini görüntülemek için yalnızca imleci (el işareti) istenen hücreye getirip bekleyiniz.

TAŞIMA GÜCÜ YÖNTEMLERİ:

Zeminlerde taşıma gücünü hesaplayabilmek amacıyla farklı araştırmacılar tarafından birçok katsayı ve denklem önerilmiştir. Hazırlanan Excel tablosunda da program bu çalışmalardan beş farklı taşıma gücü hesap yöntemini kullanmaktadır.

Zemine ait taşıma gücü hesaplamaları arazide veya laboratuvarında yapılan deneysel çalışmalar ile belirlenebilmektedir. Terzaghi (1943), Meyerhof (1965), Hansen (1961) ile Vesic taşıma gücü eşitlikleri homojen, izotrop ve yarım sonsuz bir zemin koşulunda teşkil edilecek yapı temeline ait zeminin sınır taşıma gücü değerlerini tanımlamaktadır.

Terzaghi Taşıma Gücü Formülü [1943]:



Terzaghi (1943), genel zemin durumunu ($c-\phi$ zemini) için nihai taşıma gücü q_u 'yu tanımlamak amacı ile geliştirdiği teoride bazı kabullerde bulunmuştur. Bu kabuller;

1. Problem iki boyutludur.
2. Zemin homojen, yarı-sonsuz ve izotropdur.
3. Temel tabanı pürüzlüdür.
4. Genel makaslama yenilmesi durumu söz konusudur.
5. Zemin yüzeyi yataydır.
6. Uygulanan yük basınç kuvvetidir ve temelin ağırlık merkezine düşey doğrultuda etkimektedir. Eksantrisite olmadığından dolayı moment kuvveti söz konusu değildir.
7. Temel zemine kıyasla daha rijittir. Bu durum deformasyonların temelde değil, zeminde oluşacağını gösterir.
8. Yeraltı su seviyesi temel tabanından oldukça derinde bulunmaktadır.
9. Temel taban seviyesi üzerinde yer alan zemin ağırlığı, temel tabanı seviyesinde etkiyen eşdeğer bir sürşarj yükü olarak dikkate alınır.

Terzaghi'nin bağıntıları, yatay temel ve düz topoğrafyalar için geçerlidir. Bu nedenle moment ve eğilme gerilmesine maruz kalan temeller için Terzaghi'nin bağıntıları kullanılamaz. Temel Veri Girişi bölümünde **Temel Yük Eğimi** olduğunda program Terzaghi Taşıma Gücü Formülü ile hesap yapamaz. Temelin aksenal yüklü olduğu durum dikkate alındığından sonuç kutucuğunda ($q_k =$ "**Hesaplanamaz**") şeklinde kırmızı renkli uyarı yazısı çıkar. Terzaghi taşıma gücü denklemleri, yükün eğimli olduğu durumlarda taşıma kapasitesindeki azalmayı dikkate almaz.

Terzaghi'nin bağıntıları Meyerhoff ve Hansen bağıntılarına göre biraz daha tutucudur.

Terzaghi taşıma gücü formülüne göre;

$$q_k = c \cdot N_c \cdot K_1 + \underbrace{\gamma_1 \cdot D \cdot N_q}_{q \text{ (örtü yükü)}} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot K_2$$

Terzaghi taşıma gücü eşitliği 3 kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım, temel zeminindeki kohezyonun taşıma gücüne katkısını; ikinci kısım, temel tabanı üzerinde yer alan sürşarj yükünün taşıma gücüne katkısını ($q = \gamma \cdot D_f$ taban seviyesindeki sürşarj yükü) ve son kısım ise zemin ağırlığının taşıma gücüne katkısını göstermektedir.

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m^2]
 $q_k = q_{ult}$ olarak ifade edilmektedir.

B : Temel genişliği veya daire temel halinde çapı [m]

D : Temel derinliği [m]

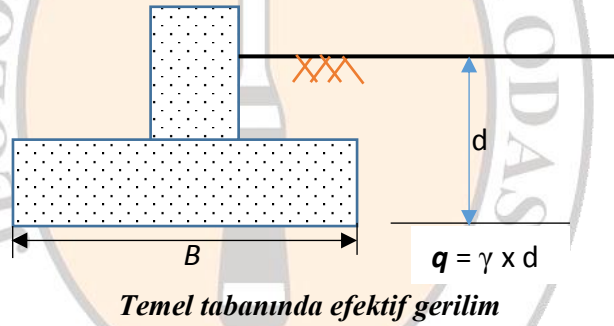
c : Temel zemininin kohezyon dayanımı [kPa]

γ_1 : Temel taban seviyesi üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m^3]

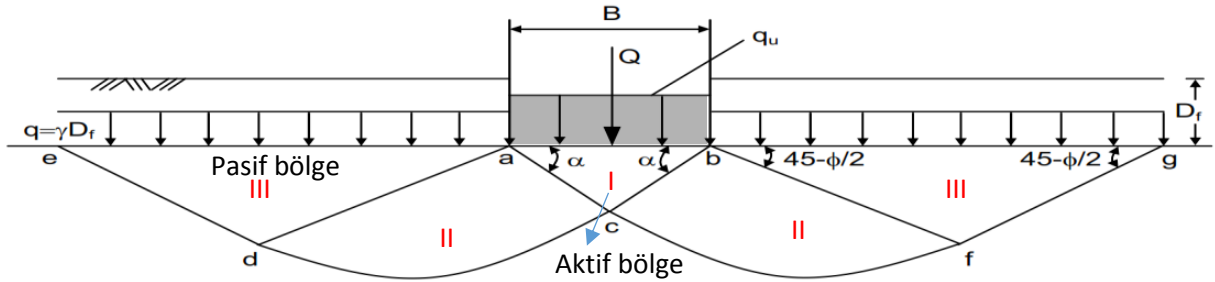
γ_2 : Temel taban seviyesi altındaki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m^3]

N_c, N_q, N_γ : Temel tabanı altındaki zeminin makaslama dayanımı açısına bağlı taşıma gücü katsayıları [birimsiz]

K_1, K_2 : Temel şekil faktörleri/katsayıları [birimsiz]. $K_1 = s_c$; $K_2 = s_\gamma$ olup aşağıda verilen Temel tabanı şekil faktörleri tablosundan elde edilmektedir.



Yüzeysel temeller için Terzaghi tarafından tanımlanan kırılma yüzeyleri aşağıda verilmiştir.



Terzaghi taşıma gücü teorisinin kırılma yüzeylerinin gösterimi

Şekilde görüldüğü üzere temel altındaki yenilme bölgesi 3 bölgeye ayrılmıştır.

- **abc bölgesi:** Temelin hemen altında yer alan kama şeklindeki bölgede abc üçgeninin ac ve bc kenarları eşit olup kırılma açısı α , makaslama dayanımı açısı ϕ değerine eşittir.
- **bcb bölgesi:** Prandtl radyal kayma bölgesidir. cf kırılma yüzeyi logaritmik spiraldir.

- **bf ϕ bölgesi:** Rankine pasif bölgesidir. Bu bölgenin kayma yüzeylerinin yatayla yapmış olduğu açı $(45 - \phi/2)$ 'dir.

- Terzaghi taşıma gücü formülünde yer alan *taşıma gücü katsayıları*; N_c, N_q, N_γ temel tabanının altındaki zeminin içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü faktörleridir.
- Taşıma gücü yenilme mekanizması içerisinde birden fazla zemin tabakası bulunması durumunda, eğer tabakaların makaslama dayanımları arasında çok yüksek bir fark yoksa, zemin özellikleri (c, ϕ, γ) temel tabanından ölçülmek üzere B derinliği boyunca ağırlıklı ortalama değeri olarak alınmalıdır.
- N_c, N_q, N_γ temel tabanı altındaki zeminin içsel sürtünme açısına bağlı olarak değişen taşıma gücü katsayılarıdır:

$$N_c = \left[\frac{a_\theta^2}{2\cos^2(45^\circ + \phi/2)} - 1 \right] \cdot \cot \phi = \underbrace{\left[\frac{e^{2\left(\frac{3}{4}\pi - \frac{\phi}{2}\right)\tan\phi}}{2\cos^2(45^\circ + \phi/2)} - 1 \right]}_{N_q} \cdot \cot \phi = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$$

($\phi = 0$ için, $N_c = 3/2\pi + 1 = 5.71$)

Temelin altındaki zemin kohezyonsuz olduğunda ($c=0$) N_c 'nin hesaplanmasına gerek yoktur.

Not: N_c faktörünün sürtünme açısı $\phi=0$ olduğunda 5.71 değerini alması Terzaghi'nin yönteminde temel tabanı ile zemin yüzeyininin sürtünmeli olduğu kabulünden kaynaklanmaktadır.

Burada; $a_\theta = e^{\left(\frac{3}{4}\pi - \frac{\phi}{2}\right)\tan\phi}$ $e=2.71828$

$$N_q = \frac{a_\theta^2}{2\cos^2(45^\circ + \phi/2)} = \frac{e^{2\left(\frac{3}{4}\pi - \frac{\phi}{2}\right)\tan\phi}}{2\cos^2(45^\circ + \phi/2)}$$

$$N_\gamma = 0.5 \cdot \tan \phi \cdot \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \quad K_{p\gamma} = 8,4834 + 2,3427e^{0.0971\phi} + 0,0000208e^{0.343\phi}$$

Burada $K_{p\gamma}$ Bölge II ve III 'ten gelen **Terzaghi pasif toprak basıncı katsayısıdır**.

$\phi = 0 \rightarrow N_c = 1.5\pi + 1$		$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)}$		$* N_\gamma = \frac{2(N_q + 1)\tan\phi}{1 + 0.4\sin(4\phi)}$			
$\phi > 0 \rightarrow N_c = (N_q - 1)\cot\phi$		$a = e^{(0.75\pi - \phi/2)\tan\phi}$					
Şekil	Şerit	Dairesel	Kare	Şekil	Şerit	Dairesel	Kare
K_1	1.0	1.3	1.3	K_2	1.0	0.6	0.8

*The equation is a simplified formula for N_γ . It produces values within about 10 [%] of Terzaghi's values [3].

*Denklem N_γ için basitleştirilmiş bir formüldür. Terzaghi'nin değerlerinin yaklaşık %10'nu kadar düşük değerler üretir.

Terzaghi'nin taşıma kapasitesi eşitliği

Terzaghi N_γ değerinin hesaplanmasında kullandığı pasif basınç katsayısı ($K_{p\gamma}$) hakkında hiçbir açıklama yapmamıştır. $K_{p\gamma}$ için önerilen denklem, N_γ değerini yaklaşık % 3 ila % 5 (yüksek ϕ' değerlerinde) olduğundan fazla tahmin etmektedir; bu durum, Terzaghi'nin yönteminin nihai

taşıma kapasitesini yaklaşık 1,5 kat daha düşük hesapladığı düşünülüşünde önemli bir farklılık arz etmemektedir (A. Aysen, 2003).

ϕ açısının değişen değerleri için Terzaghi'nin taşıma gücü faktörlerinin aldığı değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

ϕ °	N_c	N_q	N_γ	$K_{p\gamma}$
0	5.70*	1.00	0.0	10.8
5	7.34	1.64	0.5	12.2
10	9.61	2.69	1.2	14.7
15	12.86	4.45	2.5	18.6
20	17.69	7.44	5.0	25.0
25	25.13	12.72	9.7	35.0
30	37.16	22.46	19.7	52.0
34	52.64	36.50	36.0	
35	57.75	41.44	42.4	82.0
40	95.66	81.27	100.4	141.0
45	172.28	173.28	297.5	298.0
48	258.28	287.85	780.1	
50	347.5	415.1	1153.2	800.0

* $\phi = 0$ için $N_c = 1.5\pi + 1$ [Terzaghi, 1943]

İçsel sürtünme açısına bağlı Terzaghi'nin taşıma gücü parametreleri, Terzaghi, 1943 p.127; (Bowles, 1996)

Burada;

ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısı (kayma mukavemeti açısı) [°]

$K_{p\gamma}$: Terzaghi pasif toprak basıncı katsayısı [birimsiz]

Not: 30° 'ye kadar N_q değeri N_γ 'den büyüktür.

Terzaghi taşıma gücü formülünde yer alan **şekil faktörleri** temel tipine bağlı olarak aşağıdaki tablodan alınmaktadır.

Şekil Faktörü	Temel Tabanı Şekli			
	Şerit ($L = \infty$, $B/L=0$)	Dikdörtgen ($B < L$)	Kare ($B = L$)	Daire ($B=L=D$)
K_1	1,0	$1 + 0,3 \cdot (B / L)$	1,3	1,3
K_2	1,0	$1 - 0,2 \cdot (B / L)$	0,8	0,6

B: Temel Genişliği (kısa kenar) - L: Temel Boyu (uzun kenar)

Temel tabanı şekil katsayıları (faktörleri)

Yukarıdaki tabloda verilen şekil katsayıları dikkate alındığında taşıma gücü eşitlikleri şerit temel, kare temel ve dairesel temeller için sırasıyla verilmiştir.

- Şerit temel (*strip foundation*; $B/L=0$; $L = \text{Length of foundation}$) için;

$$q_{ult} = c N_c + \gamma_1 D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma$$

- Dikdörtgen temel (*rectangular footing*) için;

$$q_{ult} = c N_c \left(1 + 0.3 \frac{B}{L} \right) + \gamma_1 D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma \left(1 - 0.2 \frac{B}{L} \right)$$

- Kare temel (*square footing*; *plan BxB*) için;

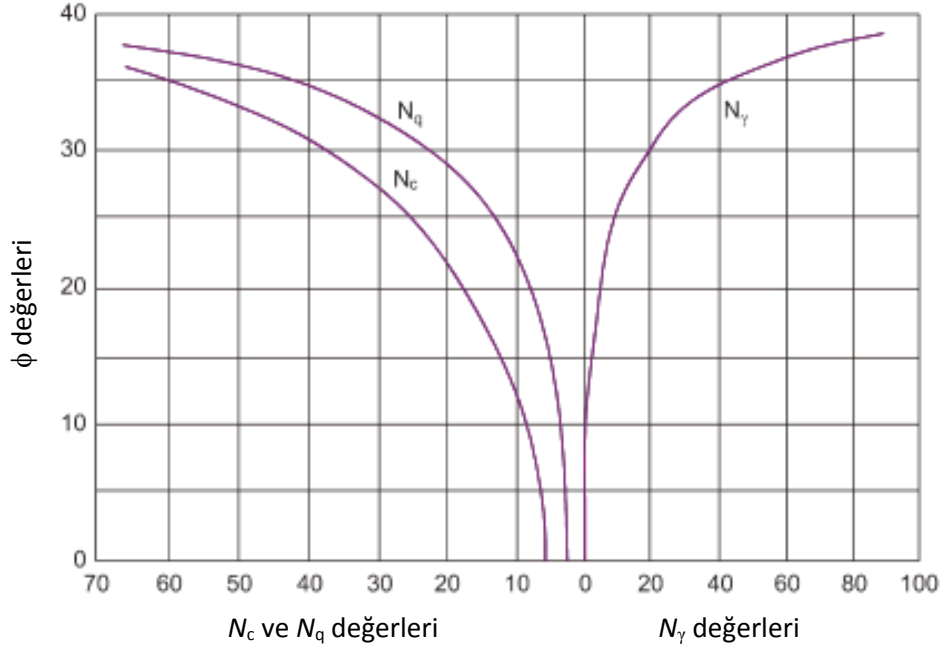
$$q_{ult} = 1.3 c N_c + q N_q + 0.4 \gamma_2 B N_\gamma$$

- Dairesel temel (*circular footing; diameter B*) için;

$$q_{ult} = 1.3 c N_c + q N_q + 0.3 \gamma_2 B N_\gamma$$

Burada B temelin çapıdır (B=çap).

İçsel sürtünme açısı, ϕ



[Taşıma kapasitesi eşitliği için taşıma kapasitesi faktörleri]

Terzaghi'nin taşıma kapasitesi sabitleri grafik gösterim (genel makaslama yenilmesi için), Smith, Ian, 2006

ϕ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
N_c	5.7	7.3	9.6	12.9	17.7	25.1	37.2	57.8	95.7	172
N_q	1.0	1.6	2.7	4.4	7.4	12.7	22.5	41.4	81.3	173
N_γ	0.0	0.5	1.2	2.5	5.0	9.7	19.7	42.4	100	298

N_c değerinin 5,14'ten 5,7'ye yükselmesi, Terzaghi'nin temel ile destekleyici toprak arasında sürtünme etkilerine izin vermesinden kaynaklanmaktadır.

Temelden aktarılan yüklerin, zeminde oluşturduğu kayma gerilmeleri zeminin kayma mukavemetini aşarsa taşıma gücü yenilmesi meydana gelir.

Yukarıda verilen Terzaghi taşıma gücü formülü sıkı zeminlerde görülen Genel Yenilme mekanizması varsayılarak elde edilmiştir. Gevşek zeminlerde görülen Lokal (bölgesel) yenilme ise (yenilme mekanizması farklı) yukarıdaki formüllerde kullanılan kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) aşağıdaki gibi azaltılmış (cezalandırılmış) ve sonrasında da düzeltilmiş taşıma gücü katsayıları (N'_c , N'_q , N'_γ) bulunarak taşıma gücü formülü ile hesaplanmıştır.

Not: Sıkı zeminlerdeki yenilmeler "Genel yenilmeler" ve gevşek zeminlerde olanlar "Lokal yenilmeler" olarak adlandırılır.

Not : Yapı temelini dayandığı zemin türüne göre “gevşek zemin” tipi için Lokal “sıkı zemin” tipi için Genel makaslama yenilmesi aşağı doğru açılır pencereden* seçilir.

Program veri penceresini otomatik olarak ayarlar. Ağırlıklı olarak kumlu zeminler için 2/3'e ve kayma direnci açısının tanjantını 0.67-tan(ϕ)'ye düşürmek için parametreler üzerinde bir düzeltme yapar.

Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)				Terzaghi Taşıma Gücü Formülü (1943)			
c =	30.0	Nc =	7.34	c* =	20.0	Nc* =	6.74
K ₁ =	1.26	γ_2 =	6.69	K ₁ =	1.26	γ_2 =	6.69
D _f =	1.50	N _q =	1.64	D _f =	1.50	N _q * =	1.39
$\gamma_1 \cdot D_f$ =	24.75	B =	1.75	$\gamma_1 \cdot D_f$ =	24.75	B =	1.75
N _{γ} =	0.50	K ₂ =	0.83	N _{γ} * =	0.31	K ₂ =	0.83
ϕ =	5.0°			ϕ * =	3.3°		
K _{pγ} =	12.3			K _{pγ} =	11.7		
a _{θ} =	1.224			a _{θ} =	1.145		
Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.				Zemin yenilme tipi için seçim yapınız.			
Genel Makaslama Yenilmesi				Lokal Makaslama Yenilmesi			
$q_k = c \cdot N_c \cdot K_1 + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot K_2$				$q_k = c^* \cdot N_c^* \cdot K_1 + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q^* + 1/2 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma^* \cdot K_2$			
$q_k = 320.9 \text{ kN/m}^2$				$q_k = 206.1 \text{ kN/m}^2$			
$q_t = q_k / \gamma_{RV} : 229.2 \text{ kN/m}^2$				$q_t = q_k / \gamma_{RV} : 147.2 \text{ kN/m}^2$			

Düzeltilmiş makaslama direnci parametreleri;

$$c^* = \frac{2}{3} \cdot c ;$$

$$\phi^* = \tan^{-1} \left(\frac{2}{3} \cdot \tan \phi \right) \quad (\text{Das, Braja, 2017})$$

oranında azaltılması ile aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$q_k = c^* \cdot N_c^* \cdot K_1 + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q^* + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma^* \cdot K_2$$

Değiştirilmiş taşıma gücü faktörleri (*modified bearing capacity factors*) N_c^* , N_q^* , N_γ^* olarak ifade edilmiştir.

Terzaghi'nin Lokal Makaslama Yenilmesi Durumundaki Taşıma Gücü Teorisi

Şerit temel : $q_k = \frac{2}{3} c \cdot N'_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N'_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N'_\gamma$

Kare temel : $q_k = 0.867 c \cdot N'_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N'_q + 0.4 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N'_\gamma$

Dairesel temel : $q_k = 0.867 c \cdot N'_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N'_q + 0.3 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N'_\gamma$

Dikdörtgen temel : $q_k = 0.67 c \cdot N'_c \cdot \left(1 + 0.3 \cdot \frac{B}{L} \right) + \gamma_1 \cdot D \cdot N'_q + 1/2 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N'_\gamma \cdot \left(1 - 0.2 \cdot \frac{B}{L} \right)$

eşitlikleri ile tariflenmiştir.

Terzaghi yerel makaslama yenilmesini ele aldığında, şerit temel için (B/L=0) eşitlik, kare temel için (B=L) eşitlik ve dairesel temel için (B=D) eşitlik kullanılmaktadır.

Temel taşıma gücü tasarım dayanımı ise;

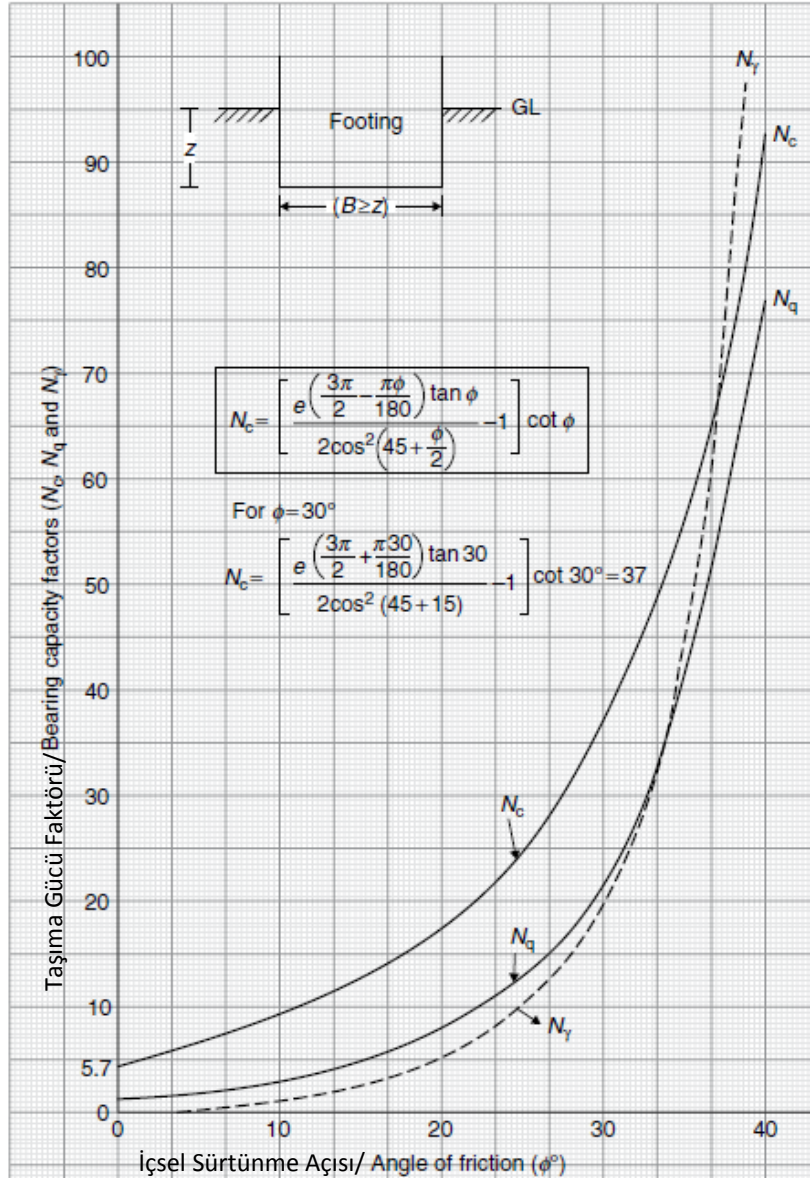
$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}}$$

Burada;

q_k : Temel taşıma gücü *karakteristik dayanımı* [kN/m²]

q_t : Temel taşıma gücü *tasarım dayanımı* [kN/m²]

γ_{Rv} : Temel taşıma gücü dayanım katsayısı.



Sığ şerit temel için (Terzaghi) taşıma gücü faktörleri

Yukarıdaki Şekil'den de anlaşılacağı gibi içsel sürtünme açısı ile taşıma gücü faktörlerinin arttığı görülmektedir. Bu artış içsel sürtünme açısının 30 dereceye kadar olan kısmı için artış hızı yavaş iken 30 derecenin üzerinde hızlıdır. N_c faktörü içsel sürtünmenin 0 ile 35 derece olduğu durum için diğer taşıma gücü faktörlerinden daha büyük iken, içsel sürtünme açısı 40 derece olduğunda N_γ faktörü en büyük taşıma gücü faktörüdür. N_γ faktörü aynı zamanda artış hızı en büyük olan taşıma gücü faktörüdür.

Meyerhof Taşıma Gücü Formülü [1963]:



George Geoffrey Meyerhof, kohezyonlu zeminlerin nihai taşıma gücü için Terzaghi'nin önermiş olduğu bağıntılara benzer bağıntılar önermiştir. Meyerhof bağıntılarına temelin şekline, derinliğine ve yükün yüklenme biçimine bağlı olarak; **şekil faktörü (s)**, **derinlik faktörü (d)** ve **eğim faktörünü (i)** eklemiştir. Meyerhof'un taşıma kapasitesi düşey yüklerin yanısıra eğimli yüklerin etkisini de dikkate alarak hesaplama sunar.

Meyerhof yaklaşımında Terzaghi'nin kabullerine ek olarak yaptığı kabuller;

1. Temel taban seviyesinin üstündeki zeminde kayma gerçekleşir.
2. Logaritmik kayma yüzeyi zemin yüzeyine kadar devam etmektedir.
3. Temel, temelin düşey yüklerin yanısıra yatay yüklerin de etkisinde olduğu durumlar için yük eğim faktörlerini içerir.

Meyerhof eğim faktörlerini hesaplarken yatay yük bileşeninin (H_B, H_L) yönünü hesaba katmamaktadır.

Meyerhof taşıma gücü formülüne göre;

$$\text{Dikey Yük: } q_k = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

Meyerhof eğimli yükler için *şekil faktörlerini* kaldırmıştır. Eğimli yükler ise temelin taşıma kapasitesini azaltır.

Eğimli yükler için;

$$\text{Eğimli Yük : } q_k = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m²]

B : Temel genişliği [m]

D : Temel derinliği [m]

c : Zeminin kohezyon dayanımı [kPa]

γ_1 : Temel taban seviyesi üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m³]

γ_2 : Temel taban seviyesi altındaki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m³]

N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları [birimsiz]

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri/*shape factors* [birimsiz]

i_c, i_q, i_γ : Yük eğiklik faktörleri/*load inclination factors* [birimsiz]

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri/*depth factors* [birimsiz]

Kaynak: Braja M. Das: *Principles of Geotechnical Engineering, Six Edition, 2006.*

Meyerhof taşıma gücü formülünde yer alan **taşıma gücü katsayıları**;

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi ; \left(\cot \phi = \frac{1}{\tan \phi} \text{ olup } N_c \text{ ifadesi } N_q \text{ 'ya bağlı olarak değişmektedir} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (e: \text{Doğal logaritmanın tabanı, } e \cong 2.71828);$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \tan (1.4 \cdot \phi)$$

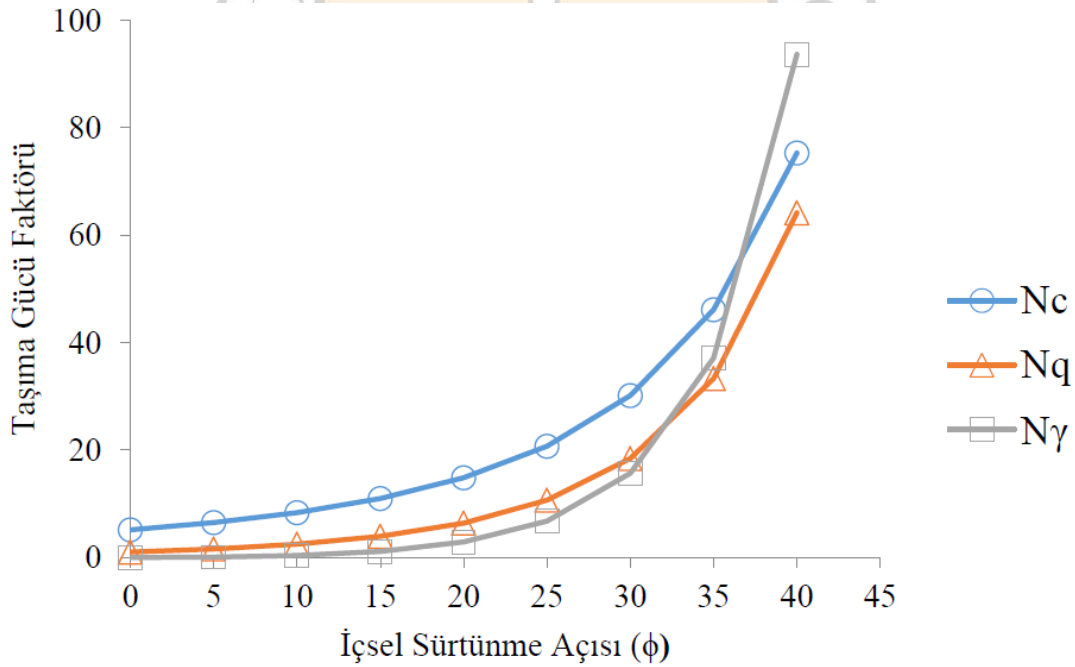
formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada; ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

Özetle;

N_c , N_q , N_γ , Meyerhof taşıma gücü faktörleri; $N_q = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2(45 + \phi/2)$; $N_c = (N_q - 1)/\tan \phi$; $N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \cdot \phi)$; s_c , s_q , s_γ şekil faktörleri; $s_c = 1 + 0.2 \tan^2(45 + \phi/2) \times B/L$ Herhangi bir ϕ ; s_q , $s_\gamma = 1 + 0.1 \tan^2(45 + \phi/2) \times B/L$ için $\phi > 10^\circ$; s_q , $s_\gamma = 1.0$ için $\phi = 0$ ve $\phi < 10^\circ$ için.

Meyerhof taşıma gücü teorisine ait içsel sürtünme açısının değişimi ile taşıma gücü faktörlerinin değişimi aşağıdaki Şekil'de görülmektedir. Diğer taşıma gücü teorilerinde olduğu gibi Meyerhof taşıma gücü faktörlerinde de içsel sürtünme açısının 30 dereceye kadar olan kısmı için taşıma gücü faktörleri daha yavaş artarken 30 derecenin üzerindeki değerlerde daha hızlı bir artış söz konusudur.



Meyerhof taşıma gücü faktörleri (N_c , N_q , N_γ)

ϕ içsel sürtünme açısının değişen değerleri için taşıma gücü faktörlerinin aldığı değerler aşağıdaki Çizelgede verilmiştir (Das, M. B., 1999).

ϕ°	N_c	N_q	N_γ	ϕ°	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1	0	26	22.25	11.85	8
1	5.38	1.09	0.002	27	23.94	13.2	9.46
2	5.63	1.2	0.01	28	25.8	14.72	11.19
3	5.9	1.31	0.02	29	27.86	16.44	13.24
4	6.19	1.43	0.04	30	30.14	18.4	15.67
5	6.49	1.57	0.07	31	32.67	20.63	18.56
6	6.81	1.72	0.11	32	35.49	23.18	22.02
7	7.16	1.88	0.15	33	38.64	26.09	26.17
8	7.53	2.06	0.21	34	42.16	29.44	31.15
9	7.92	2.25	0.28	35	46.12	33.3	37.15
10	8.35	2.47	0.37	36	50.59	37.75	44.43
11	8.8	2.71	0.47	37	55.63	42.92	53.27
12	9.28	2.97	0.6	38	61.35	48.93	64.07
13	9.81	3.26	0.74	39	67.87	55.96	77.33
14	10.37	3.59	0.92	40	75.31	64.2	93.69
15	10.98	3.94	1.13	41	83.86	73.9	113.99
16	11.63	4.34	1.38	42	93.71	85.38	139.32

Meyerhof taşıma gücü formülünde yer alan **şekil faktörleri**'nin içsel sürtünme açısına bağlı olarak alacağı değerler;

Herhangi bir ϕ açısı (tüm ϕ açıları) için

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{B}{L}\right) \cdot K_p = 1 + 0,2 \cdot \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \cdot \left(\frac{B}{L}\right)$$

$\phi = 0^\circ$ için;

$\phi = 0$ için $K_p=1$ olup

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{B}{L}\right)$$

$$s_q = s_\gamma = 1$$

$\phi > 0^\circ$ için;

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \cdot \left(\frac{B}{L}\right)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0,1 \cdot \left(\frac{B}{L}\right) \cdot K_p = 1 + 0,1 \cdot \left(\frac{B}{L}\right) \cdot \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada;

s_c, s_q, s_γ ; şekil faktörleri

B = kısa kenar uzunluğu, L = uzun kenar uzunluğu

Eksantrik yük hali için; $B' = B - 2e_B$; $L' = L - 2e_L$ alınacaktır.

K_p : Pasif basınç katsayısı [birimsiz] olup

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

Bu faktörlerle, temelin şeklinin taşıma kapasitesi üzerindeki etkisine izin vermesi amaçlanmıştır.

Dairesel temeller için $\frac{B}{L} = 1$,

şerit temeller için $\frac{B}{L} = 0$ olup s faktörleri 1'e eşittir ($s_c = s_q = s_\gamma = 1$).

Meyerhof taşıma gücü formülünde yer alan i_c , i_q , i_γ **yük eğiklik faktörleri** (yük temele eğik olarak etkiğinde);

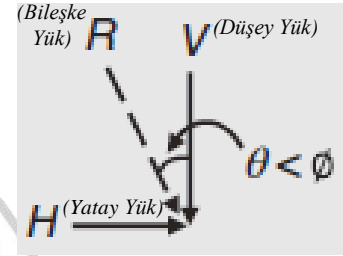
Not: Bu değerın hesaplanması için Excel hesap cetvelinde veri girişi bölümünde H_x veya H_y değerinin (yatay kesme kuvvetleri) yazılı olduğu kutucuklara tek tek veya her iki kutucuğa birlikte veri girişi yapılmış olması gerekmektedir.

Herhangi bir ϕ için ; $i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$ (θ : Derece)

$\phi = 0^\circ$ için; $i_\gamma = 1$

$\phi > 0^\circ$ için; $i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi}\right)^2$

formülleri ile hesaplanmaktadır.



θ : Temel üzerindeki yükün düşeye göre eğimidir. Diğer bir ifade ile R bileşke kuvvetinin düşeyle yaptığı açıdır. Birimi derecedir.

Burada;

θ : Düşeyden itibaren yük eğikliği (R bileşke kuvvetin düşeyle yaptığı açı)

Eğer $\theta = 0$ ise $i_c = i_q = i_\gamma = 1$ 'dir.

$$R = \sqrt{H^2 + V^2}; \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{H}{V}\right)$$

H : Temel tabanına gelen yatay yük(ler) [kPa]

V : Temel tabanına gelen düşey yük(ler) [kPa]

ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

Drenajsız koşullar için;

$$\theta = 0^\circ$$

$$\phi_u = 0$$

$$c = c_u$$

$$N_c = 5.14$$

$$N_q = 1$$

$$N_\gamma = 0$$

$$i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

Meyerhof taşıma gücü formülünde **derinlik faktörleri**;

Herhangi bir ϕ açısı için;

$$d_c = 1 + 0,2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \left(\frac{D_f}{B}\right) = 1 + 0,2 \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \cdot \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$\phi = 0^\circ$ için;

$\phi = 0^\circ$ için $\sqrt{K_p} = 1$ olup

$$d_c = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$$d_q = d_\gamma = 1$$

$\phi > 0^\circ$ ($\phi \neq 0^\circ$) için;

$$d_c = 1 + 0,2 \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \cdot \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \left(\frac{D_f}{B}\right) = 1 + 0,1 \cdot \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \cdot \left(\frac{D_f}{B}\right)$$

formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada;

d_c, d_q, d_γ ; derinlik faktörleri

K_p : Pasif basınç katsayısı [birimsiz]

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

NOT: Derinlik faktörlerinde eksantrik yük etkimesi halinde de gerçek temel genişliği (B) kullanılacaktır.

Temel taşıma gücü tasarım dayanımı ise;

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}}$$

Burada;

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m²]

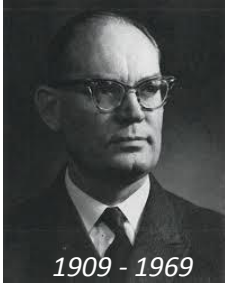
q_t : Temel taşıma gücü tasarım dayanımı [kN/m²]

γ_{Rv} : Temel taşıma gücü dayanım katsayısı.

$\phi = 0 \rightarrow N_c = \pi + 2$ $\phi > 0 \rightarrow N_c = (N_q - 1)\cot\phi$	$N_q = e^{\pi \tan\phi} \tan^2\left(\pi/4 + \phi/2\right)$	$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1,4\phi)$
$s_c = 1 + 0,2K_p \frac{B}{L}$	$\phi = 0 \rightarrow s_q = 1$ $\phi > 0 \rightarrow s_q = 1 + 0,1K_p \frac{B}{L}$	$\phi = 0 \rightarrow s_\gamma = 1$ $\phi > 0 \rightarrow s_\gamma = 1 + 0,1K_p \frac{B}{L}$
$d_c = 1 + 0,2\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	$\phi = 0 \rightarrow d_q = 1$ $\phi > 0 \rightarrow d_q = 1 + 0,1\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	$\phi = 0 \rightarrow d_\gamma = 1$ $\phi > 0 \rightarrow d_\gamma = 1 + 0,1\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$
* $K_p = \tan^2\left(\pi/4 + \phi/2\right)$		

Meyerhof'un taşıma kapasitesi eşitliği özet tablosu

Hansen Taşıma Gücü Formülü [1970] :



Jørgen Brinch Hansen'in bağıntıları, Meyerhof'un bağıntılarının büyük çapta genişletilmiş halidir. J. Brinch Hansen (1970), Terzaghi ve Meyerhof'un bağıntılarına ilaveten eğimli temel ve eğimli topoğrafya durumuna göre, temel taban eğim faktörlerini (b) temel zemini eğim faktörlerini (g) dikkate alarak önermiş olduğu bağıntıları ekleyerek geliştirmiştir. Burada kullanılan temel taban eğim faktörü (b) temel tabanının yatay düzlemden α açısı kadar sapması durumunda ve zemin eğim faktörü (g)'de, temelin yan yüzünü destekleyen zeminde β açısı kadar bir eğim bulunması durumunda dikkate alınan değerlerdir. Yük eğim faktörleri (i) ise temele etkiyen yatay ve düşey yük bulunması durumunda oluşacak bileşke yüklerin düşey eksenenden kaçıklığını dikkate alan katsayılardır.

Hansen'in eğimli bir yüzeyde yükün yaptığı açı faktörlerini, temel ve zemin eğim faktörlerini hesaba katarak sunduğu taşıma gücü formülü aşağıda verilmiştir.

Brinch Hansen taşıma gücü formülüne göre;

$$q_k = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$\phi = 0$ için;

$$q_k = 5.14 \cdot c_u (1 + s'_c + d'_c)$$

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m^2]

B : Temel genişliği [m]

D : Temel derinliği [m]

c : Zeminin kohezyon dayanımı [kPa]

γ_1 : Temel taban seviyesi üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m^3]

γ_2 : Temel taban seviyesi altındaki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m^3]

N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları [birimsiz]

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri [birimsiz]

$\phi=0$ için $s_q=s_\gamma=1$

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri [birimsiz]

$\phi=0$ için $d_q=d_\gamma=1$

i_c, i_q, i_γ : Yük eğiklik faktörleri [birimsiz]

$\phi=0$ için $i_\gamma=1$; Yük eğimi yoksa veya yük düşey ise $i_c=i_q=i_\gamma=1$

g_c, g_q, g_γ : Temel zemini yüzey eğimi faktörleri [birimsiz]

Zemin yüzünün düz olması halinde; $g_c = g_q = g_\gamma = 1$ olur.

b_c, b_q, b_γ : Temel taban eğimi faktörleri [birimsiz]

Temel tabanının düz olması halinde; $b_c = b_q = b_\gamma = 1$ olur.

q : Temel taban seviyesindeki maksimum yük basıncı

c_u : Zeminin toplam kohezyonu

Hansen taşıma gücü formülünde yer alan N_c ve N_q taşıma gücü katsayıları Meyerhof taşıma gücü katsayısı değerleri ile aynı olup N_γ değeri farklıdır.

Buna göre Hansen taşıma gücü katsayıları (*bearing capacity factors*);

$$\phi > 0 \text{ için } N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi ; \quad (\text{Meyerhof ile aynı})$$

$$\phi = 0 \text{ için } N_c = 2 + \pi$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{\pi \tan \phi} ; \quad (\text{Meyerhof ile aynı})$$

$$N_\gamma = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi$$

formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada;

ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

ϕ açısının değişen değerleri için Hansen taşıma gücü faktörlerinin aldığı değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

ϕ°	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.0	0.0
5	6.50	1.6	0.1
10	8.30	2.5	0.4
15	11.00	3.9	1.2
20	14.83	6.4	2.9
25	20.7	10.7	6.8
26	22.25	11.8	7.9
30	30.13	18.4	15.1
36	50.55	37.7	40.0
40	75.25	64.1	79.4
45	133.73	134.7	200.5
50	266.50	318.5	567.4

Meyerhof ve Hansen'in bağıntılarında kullanılan N_c , N_q taşıma gücü faktörleri aynıdır. N_γ taşıma gücü faktörü $\phi < 35^\circ$ 'e kadar yaklaşık aynıdır. $\phi > 35^\circ$ durumunda N_γ taşıma gücü faktörü değeri Terzaghi ve Meyerhof'un bağıntılarında kullanılan N_γ 'dan küçüktür.

Hansen (1970) taşıma gücü formülünde yer alan **şekil faktörleri**;

Hansen, yük eğiminin kısa ya da uzun kenar boyunca olmasına göre eğim faktörlerini iki set şeklinde önermiştir.

Hansen eğim ve şekil faktörleri, aşağıdaki şekilde yük yönünü (H_B , H_L) hesaba katar.

$\phi = 0^\circ$ için;

$$s'_{c,B} = 0,2 \cdot \left(\frac{B}{L} \right) \quad s'_{c,L} = 0,2 \cdot \left(\frac{L}{B} \right)$$

Herhangi ϕ değeri için ;

$$s_{c,B} = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c}\right) \cdot i_{c,B} \left(\frac{B}{L}\right)$$

$$s_{c,L} = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c}\right) \cdot i_{c,L} \left(\frac{L}{B}\right)$$

$$s_{q(B)} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \cdot i_{q,B} \sin \phi$$

$$s_{q(L)} = 1 + \left(\frac{L}{B}\right) \cdot i_{q,L} \sin \phi$$

$$s_{\gamma,B} = 1 - 0,4 \cdot \left(\frac{B}{L}\right) i_{\gamma,B} \geq 0,6$$

$$s_{\gamma,L} = 1 - 0,4 \cdot \left(\frac{L}{B}\right) i_{\gamma,L} \geq 0,6$$

Limitasyon: S_γ eğer 0.6'dan küçükse 0.6 değerini kullanın

Kaynak: Bowles, J.E., 2002, *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill, New York.

Şerit temel için (B/L=0) formüllerinin hepsinde s faktörleri 1'e eşittir. $S_c = S_q = S_\gamma = 1$ sonucunu vermektedir.

Temel Şekli	S_c	S_q	S_γ
Şerit	1	1	1
Dikdörtgen	$1+0.2B/L$	$1+0.2B/L$	$1-0.4B/L$
Kare	1.3	1.2	0.8
Daire	1.3	1.2	0.6

Hansen teorisi temel şekil katsayıları

Hansen taşıma gücü formülünde yer alan **yük eğiklik faktörleri**;

$$\phi = 0^\circ \text{ için; } i_c = 0,5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A' \cdot c_a}} \quad \text{Burada } i = B \text{ veya } L$$

$\phi > 0^\circ$ için;

$$i_{c,i} = i_{q,i} - \frac{1 - i_{q,i}}{N_q - 1}$$

$$i_{q,i} = \left(1 - \frac{0,5 \cdot H_i}{V + A' \cdot c_a \cdot \cot \phi}\right)^{2-5 \text{ arası}}$$

$$i_{\gamma,i} = \left(1 - \frac{0,7 \cdot H_i}{V + A' \cdot c_a \cdot \cot \phi}\right)^{2-5 \text{ arası}} \quad (\alpha > 0 \text{ için})$$

Buradaki, $i=B$ veya L olup B' ve L' ile ifade edilen etkin değerler ile değiştirilebilir.

Eğik/eğimli temel için;

$$\alpha > 0 \text{ için; } i_{\gamma,i} = \left(1 - \frac{(0,7 - \alpha/450^\circ) \cdot H_i}{V + A' \cdot c_a \cdot \cot \phi}\right)^{2-5}$$

formülleri ile hesaplanmaktadır (Bowles, J. E., 2002, *Foundation Analysis and Design*).

NOT: Bowles, üst değerlerinin $i_q=2-3$, $i_\gamma=3-4$ olarak alınmasının daha gerçekçi sonuçlar verdiğini ifade etmektedir.

Burada;

ϕ : Temel zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

H : Temel tabanına gelen yatay yük [kPa]

V : Temel tabanına gelen düşey yük [kPa]

A' : Eksantrik yükleme halinde etkili temas alanı (Etkatif temel alanı = $B' \times L'$) [m²]

$B'=B-2e_B$ ve $L'=L-2e_L$ olmak üzere

c_a : Taban zemin adhezyonu ($0.6c \leq c_a \leq 1.0c$)

Programda kullanıcıya bu % miktarını değiştirme olanağı tanınmaktadır. Turuncu renkli hücreye belirlenen bu değer girebilirler. Aşağıdaki örnekte "c" değeri 20 kN/m³ olup %65'ne karşılık gelen değer kullanılmıştır.

c_u	20.0	$N_c =$	5.14
$s'c =$	0.19	$d'c =$	0.38
$ic =$	1.00	$g_c =$	1.00
$b_c =$	1.00	$\gamma_z =$	18.00
$D_f =$	1.50	$N_q =$	1.00
$s_q =$	1.00	$d_q =$	1.00
$i_q =$	1.00	$g_q =$	1.00
$b_q =$	1.00	$\gamma d \cdot D_f =$	27.00
$B =$	1.00	$N_\gamma =$	0.00
$s_\gamma =$	0.62	$d_\gamma =$	1.00
$i_\gamma =$	1.00	$g_\gamma =$	1.00
$b_\gamma =$	1.00	$c_c =$	13.0 65%
$R = \sqrt{(H_x + H_y)}$	0	$\theta =$	0.00°

$c_a =$ 13.0 65%

Hansen taşıma gücü formülünde **derinlik faktörleri** iki set halinde belirtilmiştir;

$\phi = 0^\circ$ için;

$D_f \leq B$ ise;

$$d'_c = 0,4 \cdot \left(\frac{D}{B}\right)$$

$$d_{c,B} = 1 + 0,4 \cdot \left(\frac{D}{B}\right) \quad d_{c,L} = 1 + 0,4 \cdot \left(\frac{D}{L}\right)$$

$$d_q = 1$$

$$d_\gamma = 1$$

$D_f > B$ ise;

$$d'_c = 0,4 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$d_{c,B} = 1 + 0,4 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{D}{B}\right) \quad d_{c,L} = 1 + 0,4 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{D}{L}\right)$$

$$d_q = 1$$

$$d_\gamma = 1$$

Radyan olarak (sonucu $\pi/180$ ile çarpınız)

Herhangi ϕ değeri için;

$D_f \leq B$ ise;

$$d_{c,B} = 1 + 0.4 \cdot \left(\frac{D}{B}\right) \quad d_{c,L} = 1 + 0.4 \cdot \left(\frac{D}{L}\right)$$

$$d_{q,B} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \left(\frac{D}{B}\right)$$

$$d_{q,L} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \left(\frac{D}{L}\right)$$

$$d_\gamma = 1 \text{ (tüm } \phi \text{ değeri için aynıdır)}$$

$D_f > B$ ise;

$$d_{c,B} = 1 + 0.4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B}\right) \quad d_{c,L} = 1 + 0.4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{L}\right)$$

$$d_{q,B} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B}\right)$$

$$d_{q,L} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{L}\right)$$

$$d_\gamma = 1 \text{ (tüm } \phi \text{ değeri için aynıdır)}$$

formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada;

ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

k : Katsayı [birimsiz]

$k = \frac{D}{B}$ $D/B \leq 1$ oranı sığ temel vakası için geçerlidir.

$D/B > 1$ olduğunda;

$k' = \tan^{-1} \left(\frac{D}{B}\right)$ veya $\arctan \left(\frac{D}{B}\right)$ (radyan olarak hesaplanmalıdır)

Örneğin; $D_f = 1.5\text{m}$ ve $B = 1.0\text{m}$ ise $D_f/B > 1$ olup

$$\arctan(D_f/B) = \arctan(1.5) = 56.3^\circ = 56.3 \times (\pi/180) = 0.983 \text{ radians}$$

Hansen taşıma gücü formülünde eğimli zemin için temel zemini **yüzey eğimi faktörleri** (temel zeminin yatayla yaptığı açı) ;

$$g_c = 1 - \frac{2\beta}{\pi + 2} = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ} \quad \frac{2\beta}{\pi + 2} \text{ 'de } \beta \text{ radyan olarak hesaplanacaktır}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \cdot \tan \beta^\circ)^5$$

β° : Temel yüzüne bitişik zeminin yatayla yaptığı açı değerini temsil etmektedirler. Yataydan saat yönünde ölçülür. Şevin yatayla kapadığı açı olup, $\beta < 45^\circ$ ve $\beta < \phi$ olmalıdır. Verilen formüllerde β açısına sahip şevde mevcut kayma gerilmeleri hesaba alınmamıştır. Bu bakımdan $\beta > 0$ ise, ayrıca şev stabilitesi araştırması yapılmalıdır.

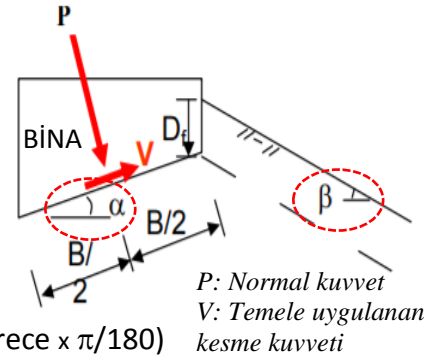
Hansen taşıma gücü formülünde eğimli taban için **temel taban eğimi faktörleri**;

$$b_c = \frac{\alpha^\circ}{147^\circ} ; \quad \phi=0$$

$$b_c = 1 - \frac{\alpha^\circ}{147^\circ} ; \quad \phi>0$$

$$b_q = e^{(-2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi)} \quad \alpha = \text{radyan olarak hesaplanır}$$

$$b_\gamma = e^{(-2.7 \cdot \alpha \cdot \tan \phi)} \quad \alpha = \text{radyan olarak hesaplanır (derece} \times \pi/180)$$



α° : Temel tabanın yatayla yaptığı açı. Yataydan saat yönünün tersine ölçülür.

Yatay zemin yüzeyi ve temel tabanı için;

$b_c = b_q = b_\gamma = 1$, $g_c = g_q = g_\gamma = 1$ olarak alınır.

Temel taşıma gücü tasarım dayanımı ise;

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}}$$

Burada;

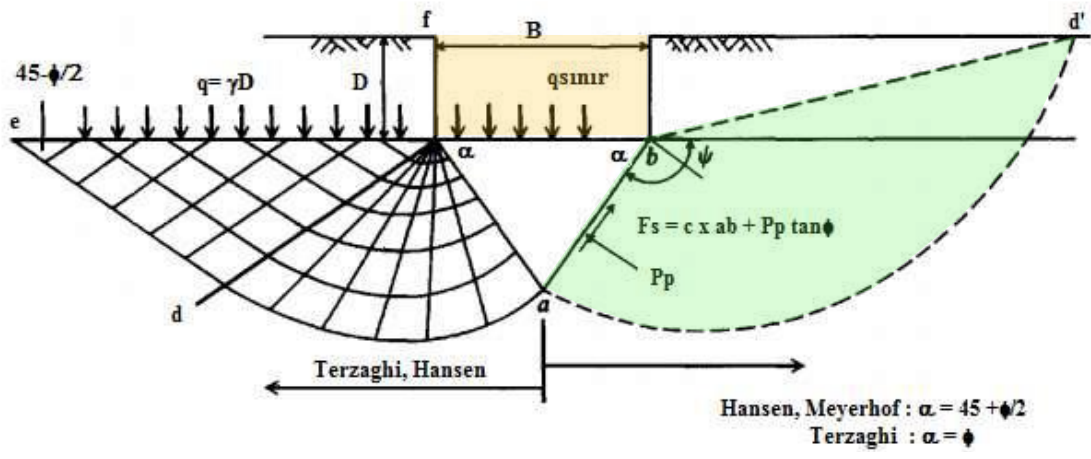
q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m²]

q_t : Temel taşıma gücü tasarım dayanımı [kN/m²]

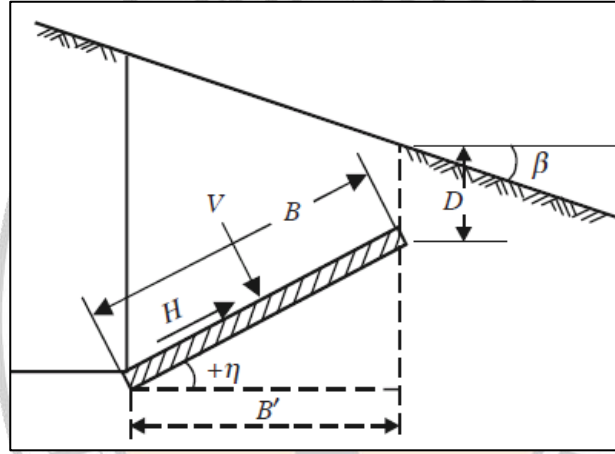
γ_{Rv} : Temel taşıma gücü dayanım katsayısı.

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$
$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$ $s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \sin \phi$	$s_\gamma = \max \left(1 - 0.4 \frac{B}{L}, 0.6 \right)$
$d_c = 1 + 0.4k$ $d'_c = 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$	$d_\gamma = 1$
$* k = \begin{cases} D/B & D/B \leq 1 \\ \tan^{-1}(D/B) & D/B > 1 \end{cases}$		
Note that "k" has to be in radians.		

Hansen'nin taşıma kapasitesi eşitliği, Bowles, J. E.



Terzaghi, Meyerhof ve Hansen taşıma gücünün model zemin üzerinde gösterimi, Bowles, J.E., 1997



Eğimli temel gösterimi

Vesic Taşıma Gücü Formülü [1973]:



Aleksandar Sedmak Vesic (1973, 1975) taşıma gücü hesaplama yöntemi, Hansen (1961) tarafından geliştirilen yöntemle benzerdir. İki yöntem arasındaki farklılıklardan biri, N_γ taşıma gücü faktörüdür. Vesic, temel tabanı eğim faktörü, zemin eğim faktörleri ve yük eğim faktörlerinin hesaplanmalarında da farklı yaklaşımlar geliştirmiştir.

Vesic, Hansen'in aksine taşıma gücü hesaplamalarında, eksantrisite etkisini dikkate almayarak, temel boyutlarını olduğu gibi kabul etmektedir.

Vesic taşıma gücü formülüne göre;

$$q_k = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Burada;

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m²]

B : Temel genişliği [m]

D : Temel derinliği [m]

c : Zeminin kohezyon dayanımı [kPa]

γ_1 : Temel taban seviyesi üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m³]

γ_2 : Temel taban seviyesi altındaki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m³]

N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları/bearing capacity factors [birimsiz]

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri/shape factors [birimsiz]

i_c, i_q, i_γ : Yük eğiklik faktörleri/inclination factors [birimsiz]

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri/depth factors [birimsiz]

g_c, g_q, g_γ : Temel zemini yüzey eğimi faktörleri/ground inclination factor [birimsiz]

b_c, b_q, b_γ : Temel taban eğimi faktörleri/base inclination factors [birimsiz]

Vesic taşıma gücü formülünde yer alan **taşıma gücü katsayıları**;

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi \quad (\text{Meyerhof ile aynı})$$

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{\pi \tan \phi} \quad (\text{Meyerhof ile aynı})$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$$

formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada;

ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	11	8.80	2.71	1.44
1	5.38	1.09	0.07	12	9.28	2.97	1.69
2	5.63	1.20	0.15	13	9.81	3.26	1.97
3	5.90	1.31	0.24	14	10.37	3.59	2.29
4	6.19	1.43	0.34	15	10.98	3.94	2.65
5	6.49	1.57	0.45	16	11.63	4.34	3.06
6	6.81	1.72	0.57	17	12.34	4.77	3.53
7	7.16	1.88	0.71	18	13.10	5.26	4.07
8	7.53	2.06	0.86	19	13.93	5.80	4.68
9	7.92	2.25	1.03	20	14.83	6.40	5.39
10	8.35	2.47	1.22	21	15.82	7.07	6.20

devam ediyor...

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
22	16.88	7.82	7.13	37	55.63	42.92	66.19
23	18.05	8.66	8.20	38	61.35	48.93	78.03
24	19.32	9.60	9.44	39	67.87	55.96	92.25
25	20.72	10.66	10.88	40	75.31	64.20	109.41
26	22.25	11.85	12.54	41	83.86	73.90	130.22
27	23.94	13.20	14.47	42	93.71	85.38	155.55
28	25.80	14.72	16.72	43	105.11	99.02	186.54
29	27.86	16.44	19.34	44	118.37	115.31	224.64
30	30.14	18.40	22.40	45	133.88	134.88	271.76
31	32.67	20.63	25.99	46	152.10	158.51	330.35
32	35.49	23.18	30.22	47	173.64	187.21	403.67
33	38.64	26.09	35.19	48	199.26	222.31	496.01
34	42.16	29.44	41.06	49	229.93	265.51	613.16
35	46.12	33.30	48.03	50	266.89	319.07	762.89
36	50.59	37.75	56.31				

Vesic Taşıma Gücü Değerleri (Vesic, 1973)

Vesic taşıma gücü formülünde yer alan **şekil faktörleri**;

Vesic eğim faktörlerinde, m üslerini hesaplarırken yük yönünü (H_B, H_L) hesaba katar. Vesic'e göre, şekil faktörleri "i" faktörlerinden bağımsız olarak hesaplanır.

$\phi = 0^\circ$ için;

$$s'_{c,B} = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{B}{L}\right) \quad s'_{c,L} = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{L}{B}\right)$$

Herhangi ϕ değeri için;

$$s_{c,B} = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c}\right) \cdot \left(\frac{B}{L}\right) \quad s_{c,L} = 1 + \left(\frac{N_q}{N_c}\right) \cdot \left(\frac{L}{B}\right)$$

$$s_{q,B} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \cdot \tan \phi \quad s_{q,L} = 1 + \left(\frac{L}{B}\right) \cdot \tan \phi$$

$$s_{\gamma,B} = 1 - 0,4 \cdot \left(\frac{B}{L}\right) \geq 0,6 \quad s_{\gamma,L} = 1 - 0,4 \cdot \left(\frac{L}{B}\right) \geq 0,6$$

Not: Şerit temellerde **s faktörleri** 1'e eşit olur.

Temel Şekli	S_c	S_q	S_γ
Şerit (B/L=0)	1.0	1.0	1.0
Dikdörtgen	$1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \frac{B}{L} \tan\phi$	$1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$
Daire veya Kare	$1 + \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \tan\phi$	0.6

Siğ temeller için Vesic şekil faktörleri

Vesic taşıma gücü formülünde yer alan **yük eğiklik faktörleri**;

$$\phi = 0^\circ \text{ için; } i'_c = 1 - \frac{m_i \cdot H_i}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c} \quad i=B \text{ veya } L$$

$$\phi > 0^\circ \text{ için; } i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q \cdot \tan\phi}$$

i_q ve m aşağıda tanımlanmıştır.

$$i_{q,i} = \left(1 - \frac{H_i}{V + A' \cdot c_a \cdot \cot\phi}\right)^m \geq 0 \quad \text{Negatif değer bulursanız "0" alınız.}$$

$$i_{\gamma,i} = \left(1 - \frac{H_i}{V + A' \cdot c_a \cdot \cot\phi}\right)^{m+1} \geq 0 \quad i = B \text{ veya } L$$

m , yükün temel genişliği veya temel uzunluğunda etki etmesine bağlı boyutsuz bir terimdir.

Temel yük eğimi (H) temel genişliği (B) yönünde ise;

$$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

Temel yük eğimi (H) temel uzunluğu (L) yönünde ise;

$$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$$

formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada;

ϕ : Temel altı zeminin efektif içsel sürtünme açısıdır [°]

H : Temel tabanına gelen yatay yük [kPa]

$H_i = H_B$ olduğunda $m = m_B$ hesaplanır ve $H_i = H_L$ olduğunda $m = m_L$ hesaplanır. H_B ve H_L birlikte hesaplanmak isteniyorsa $m = \sqrt{m_B^2 + m_L^2}$ şeklinde hesaplanır.

V : Temel tabanına gelen düşey yük [kPa]

A' : Etkili temas alanı (Efektif temel alanı= $B \times L$) [m^2]

m : Temel yük eğim katsayısı [birimsiz]

Eğimli yükleme ile ilgili düzeltme faktörleri tanımlanmıştır. H yatay yük vektörüdür. V dikey yük vektörüdür.

ϕ değeri	i_c	i_q	i_γ
$\phi=0$ Drenajsız kil	$1 - \frac{mH}{B'L'c_uN_c}$	1.0	1.0
$\phi>0$ Drenajlı kil Kum	$i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan \phi}$	$[1 - \frac{H}{V_{T+} B'L'c' \cot \phi}]^m$	$[1 - \frac{H}{V_{T+} B'L'c' \cot \phi}]^{m+1}$

Üs m (yük eğimi faktörleri)

Kısa eksen boyunca etkili yatay yük (B' yan) kullanımı $m = m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{L'}{B'}}$

Uzun eksen boyunca etkili yatay yük (L' yan) kullanımı $m = m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}}$

Yük eğikliği faktörleri (Vesic, 1975)

Notlar: c , kohezyon, yani aynı malzeme arasındaki çekim; c_a , adezyon (yapışma), yani iki farklı malzeme (örneğin beton ve zemin) arasındaki çekimdir. Bu nedenle, $c_a < c$. Bowles (2002) c_a için "0.6-1.0c" önermektedir. Gerçek değer, beton kaplamaya bağlıdır. Beton temel tabanı pürüzsüzse, c_a pürüzlü bir tabandan daha yüksek olacaktır.

Temel derinliğinin temel genişliğine oranına göre derinlik faktörleri değişmektedir. Temel derinliğinin temel genişliğinden küçük ($D/B < 1$) olduğu duruma ait derinlik faktörleri aşağıdaki çizelgede sunulmuştur. Burada tüm ϕ açıları için d_γ değeri 1'e eşittir.

Vesic taşıma gücü formülünde **derinlik faktörleri** (*depth factors*) Hansen'nin metodu ile aynıdır (aşağıdaki tabloya bakınız);

$$D_f/B \leq 1$$

$\phi = 0^\circ$ için (yalnızca kohezyonlu zemin);

$$d_c = 1 + 0,4 \cdot k = 1 + 0,4 \cdot \frac{D_f}{B}$$

$$d_q = 1$$

$$d_\gamma = 1$$

$\phi > 0^\circ$ için (kohezyonlu-sürtünmeli zemin); $d_c = d_q - \frac{1-d_q}{N_q \cdot \tan \phi}$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot k$$

$$d_\gamma = 1,00$$

$$D_f/B > 1$$

$\phi = 0^\circ$ için;

$$d_c = 1 + 0,4 \cdot k' = 1 + 0,4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right) \text{ (radyan olarak)}$$

$$d_q = 1$$

$$d_\gamma = 1$$

$\phi > 0^\circ$ için; $d_c = d_q - \frac{1-d_q}{N_c \cdot \tan \phi}$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot k' = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

Herhangi ϕ değeri için; $d_\gamma = 1,00$

formülleri ile hesaplanmaktadır.

Burada;

ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

k : Katsayı [birimsiz]

$$k = \frac{D_f}{B}$$

$$k' = \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right) = \arctan \left(\frac{D_f}{B} \right) \text{ (radyan olarak)}$$

Derinlik faktörlerinin hesaplamalarında B yerine B' alınmamalıdır. B değeri alınmalıdır.

Örneğin; $D_f=1.5\text{m}$ ve $B=1.0\text{m}$ olup $\arctan(D_f/B)=\arctan(1.5)=56.3^\circ=56.3 \times (\pi/180)=0.983$ radians

ϕ değeri	d_c		d_q		d_γ
$\phi=0$ Drenajsız kil	$D/B' \leq 1$	$1 + 0,4 \frac{D}{B'}$	1.0		1.0
	$D/B' > 1$	$1 + 0,4 \tan^{-1} \frac{D}{B'}$ $\frac{D}{B'}$ in radians			
$\phi > 0$ Drenajlı kil Kum	$d_q - \frac{1-d_q}{N_c \tan \phi}$		$D/B' \leq 1$	$1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \frac{D}{B'}$	1.0
			$D/B' > 1$	$1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B'}$ $\frac{D}{B'}$ in radians	

Derinlik faktörleri (Vesic, 1975)

Vesic (1973) genel taşıma gücü denkleminde eğik zeminleri de modelleyebilmek için eğik zemin faktörleri geliştirmiştir. Burada β açısı zeminin eğik olduğu durumda yatay eksen ile yaptığı açıyı göstermektedir.

Vesic taşıma gücü formülünde **temel zemini yüzey eğimi faktörleri**;

$$\phi = 0; \quad g'_c = \frac{\beta}{5.14} \quad (\beta \text{ radyan olarak. } \pi/180 \text{ ile çarpınız})$$

$$\phi > 0; \quad g_c = i_q - \frac{1-i_q}{5.14 \cdot \tan \phi} \quad i_q, i_c \text{ ile tanımlanmıştır.}$$

$$g_q = g_\gamma = (1.0 - \tan \beta)^2$$

Açılı olmadığı durumda (arazi eğimi olmadığına/düz) $g_c = g_q = g_\gamma = 1$

β : Zeminin yatay düzlemde eğimi olup yataydan saat yönünde ölçülür.

Vesic (1973) temellerin eğik olduğu durumu analiz etmek için taşıma gücü denkleminde eğik temel faktörlerini aşağıdaki Çizelge'de görüldüğü gibi kullanılmasını tavsiye etmiştir. Burada α açısı temelin yatay eksenle yaptığı açığı göstermektedir.

Vesic taşıma gücü formülünde **temel taban eğimi faktörleri**;

$\phi = 0$ için;

$$b'_c = \frac{\beta}{5.14} = g'_c \quad (\beta \text{ in radians})$$

$$b_q = b_\gamma = 1$$

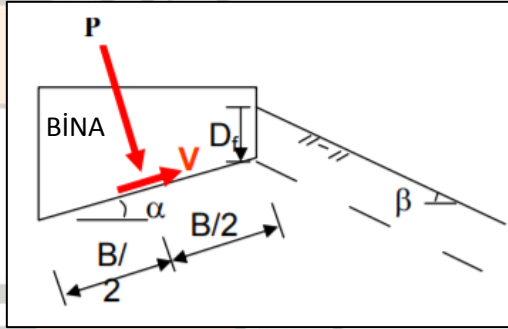
$\phi > 0$;

$$b_c = 1 - \frac{2\beta^\circ}{5.14 \cdot \tan \phi}$$

Herhangi ϕ değeri için ;

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \cdot \tan \phi)^2 \quad (\alpha \text{ radyan olmalı})$$

Açılı olmadığı durumda (yatay temel tabanı) 1'e eşittir ($b_q = b_\gamma = 1$).



Temel taşıma gücü tasarım dayanımı ise;

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}}$$

Burada;

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m²]

q_t : Temel taşıma gücü tasarım dayanımı [kN/m²]

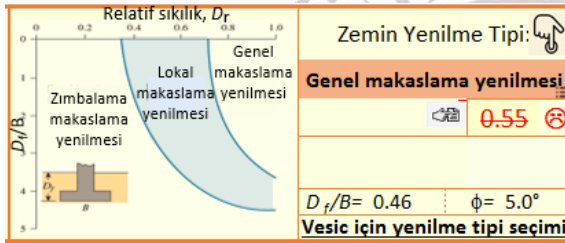
D : Temel derinliği [m]

γ_1 : Temel taban seviyesi üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m³]

γ_{Rv} : Temel taşıma gücü dayanım katsayısı.

Vesic için zemin tipi seçimi ($D_r < \%67$ olan kohezsyonsuz zeminler için):

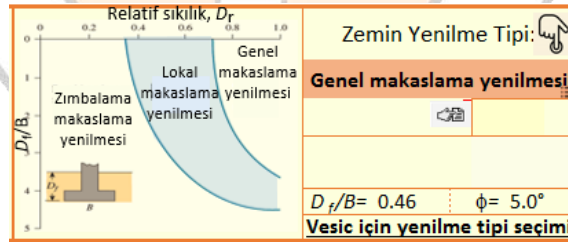
Yukarıda verilen eşitlik genel makaslama yenilmesi koşulları için ortaya konulan eşitliklerdir. Relatif sıklığın (D_r), %67 den büyük olduğu durumlarda genel makaslama yenilmesi oluşur. Eğer, Lokal/Yerel veya Zımbalama yenilmesi koşullarının düşünülmesi durumunda ϕ değeri üzerinde gerekli modifikasyon (azaltma) yapılarak azaltılmış içsel sürtünme açısı değeri karakteristik taşıma gücü eşitliğinde kullanılabilir. Kullanıcılar isterlerse ϕ değerinde aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi relatif sıklık (D_r) değerini kullanarak D_f/B değerinden zemin yenilme tipini (lokal veya zımbalama) belirleyip ϕ değerinde belirli oranda azaltmaya gidebilirler. Buldukları zemin yenilme tipini ve değeri belirleyip aynı zamanda programın bu değeri kullanabilmesi için aynı değeri turuncu renkli veri girişindeki D_r kutucuğuna yazmaları gerekir. Örneğin %65 olan D_r değeri için 0.65 şeklinde veri girişi yapınız. 0.67'den büyük değer girişi yapıldığında (Genel makaslama yenilmesi) program tarafından kullanıcı uyarılacaktır. Bu durumda $0.67 + D_r - 0.75 \cdot D_r^2$ değeri kullanılarak Vesic formülünde ϕ için azaltma değeri uygulanır.




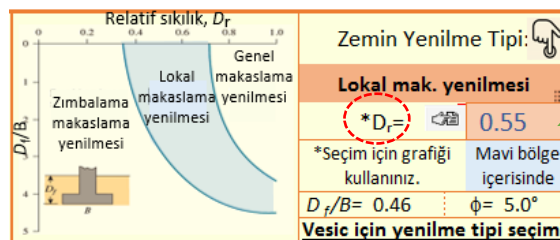
$$\phi' = \tan^{-1}(k \tan \phi)$$

$$k = 0.67 + D_r - 0.75 D_r^2 \quad (\text{for } 0 \leq D_r \leq 0.67)$$

Yukarıda verilen eşitlik genel makaslama yenilmesi koşulları için ortaya konulan eşitliklerdir dolayısıyla "Genel makaslama yenilmesi" varsayılan (*default*) olarak seçilidir (yeşil renkli font ile yazılmıştır). Bu durumda kullanıcıdan veri girmesi istenmez. Fakat yukarıdaki örnekte olduğu gibi hücrede değer varsa kullanıcıdan bu değeri silmesi istenir. Silinmiş görüntü aşağıda verilmiştir.



Kullanıcı Lokal veya zımbalama makaslama yenilmesini seçtiğinde kullanıcıdan D_r değeri girmesi istenir. Kullanıcı bu değeri aşağıda programda verilen D_f/B ve ϕ değerini ve yandaki abağı birlikte kullanarak belirleyebilir. Belirleme şeklini nasıl yapabileceğini  göstergesi üzerine gelerek görebilir. Sonuç Vesic taşıma gücü tablosunda ϕ kutucuğunda görüntülenir.



Veri girişi yapılmalı

Kullanıcının girdiği veri örneğin “Lokal makaslama yenilmesi” için grafikte mavi bölge içerisine düşmelidir.

	*Very loose	Loose	Medium dense	Dense	Very dense	
# D_r (%)	0	15	35	65	85	100
* N_{60}		4	10	30	50	
## $(N_1)_{60}$		3	8	25	42	
** ϕ' (deg)		28	30	36	41	
## $(N_1)_{60}/D_r^2$			65	59	58	

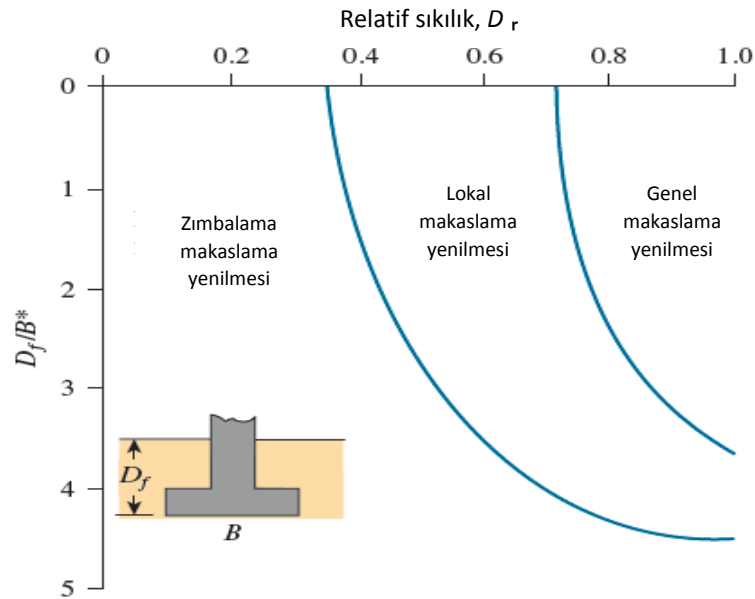
*Terzaohi & Peck (1948): #Gibb & Holtz (1957): ##Skempton (1986): **Peck et al. (1974)

FIGURE 3.17 Approximate borderline values for D_r , N_{60} , $(N_1)_{60}$, and $\frac{(N_1)_{60}}{D_r^2}$ (After Sivakugan and Das, 2010. With permission from J. Ross Publishing Co., Fort Lauderdale, FL)

D_r 'nin arazi ve laboratuvar verilerine göre belirlenme şekli

Relatif Sıklık D_r (%)	Açıklama
0-15	Çok gevşek
15-35	Gevşek
35-65	Orta sıkı
65-85	Sıkı
85-100	Çok sıkı

Relatif sıklık oranına göre zemin sınıflandırılması (Seed ve İdriss, 1971)



B^* eşitliği $B^*=B$ Kare ve dairesel temeller için, $B^*=2 \cdot B \cdot L / (B+L)$ Dikdörtgen temel için bulunabilir (Vesic, A. S. (1973)).

- Kayaçlar ve drenajsız katı-sert killerdeki yüzeysel temelerde “genel makaslama yenilmesi”, hakimdir.
- Sıkı kumlarda; $D_r > 0.67$ “genel makaslama yenilmeleri” oluşur.
- Gevşek-orta sıkı kumlar ($0.30 < D_r < 0.67$) üzerindeki yüzeysel temelerde “yerel makaslama yenilmeleri” oluşur.
- Çok gevşek ($D_r < 0.30$) kumlarda ise “zımbalama makaslama yenilmesi” hakimdir.

Yukarıdaki grafik kullanılarak; relatif sıklık, temel derinliği, temel uzunluğu ve temel genişliğine bağlı olarak ne tür bir makaslama yenilmesinin oluşacağı (genel, yerel, zımbalama) belirlenebilir.

Yaklaşık 6 m derinlikte ve normal olarak konsolide olmuş SPT'ye dayanan ϕ , D_r ve birim ağırlık için ampirik değerler (yaklaşık, $\phi = 28^\circ + D_r [\pm 2^\circ]$)

Description	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Relative density D_r	0	0.15	0.35	0.65	0.85
SPT N_{70}					
Fine	1–2	3–6	7–15	16–30	?
Medium	2–3	4–7	8–20	21–40	>40
Coarse	3–6	5–9	10–25	26–45	>45
ϕ					
Fine	26–28	28–30	30–34	33–38	
Medium	27–28	30–32	32–36	36–42	<50
Coarse	28–30	30–34	33–40	40–50	
γ_{wet} kN/m ³	11–16 ^a	14–18	17–20	17–22	20–23

^aExcavated soil or material dumped from a truck has a unit weight of 11 to 14 kN/m³ and must be quite dense to weigh much over 21 kN/m³. No existing soil has a $D_r = 0.00$ nor a value of 1.00. Common ranges are from 0.3 to 0.7. Source: From Bowles, J.E., 2002, *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill, New York. With permission.

N değerlerine göre iri taneli zeminlerin sıklığı

N	γ (kN/m ³)	D_r (%)	Compactness
0–4	11–13	0–20	Very loose
4–10	13–16	20–40	Loose
10–30	16–19	40–70	Medium
30–50	19–21	70–85	Dense
>50	>21	>85	Very dense

Source: Terzaghi and Peck (1948).

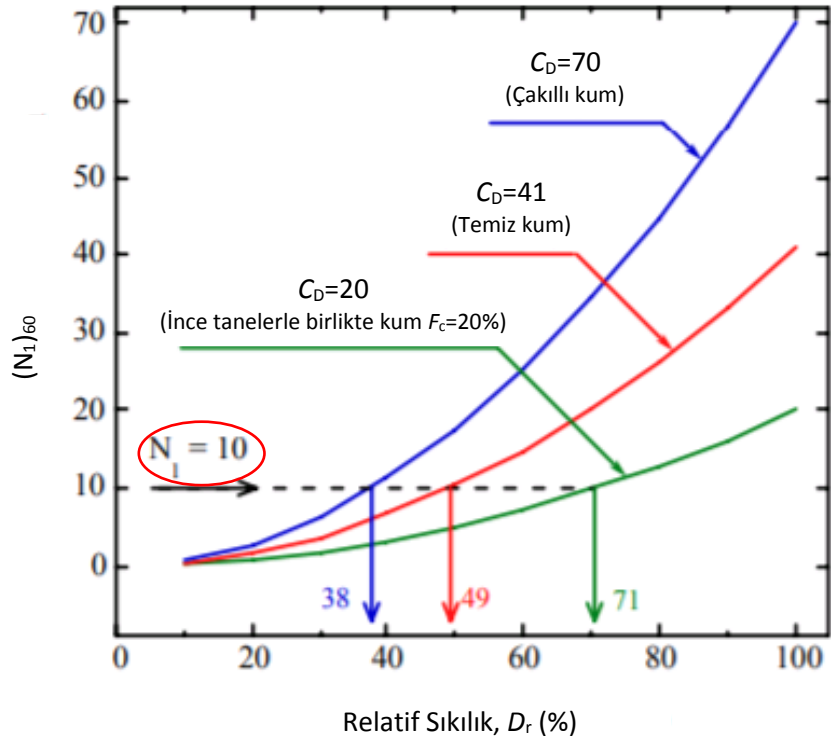
Kaynak: Terzaghi ve Peck (1948)

SPT'ye göre doymuş ince taneli zeminlerin kıvamı

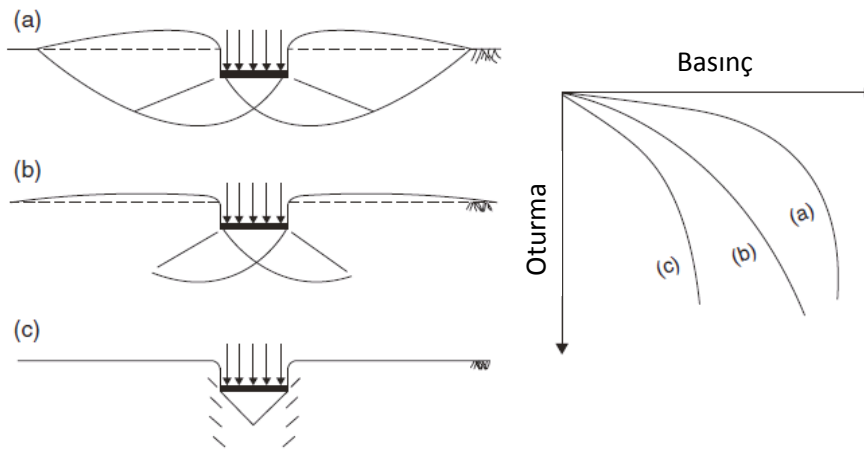
Description	N
Very soft	0–2
Soft	2–4
Medium stiff	4–8
Stiff	8–15
Very stiff	15–30
Hard	>30

Source: Terzaghi and Peck (1948).

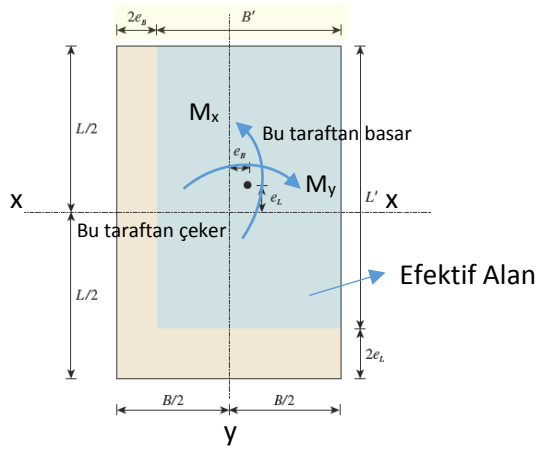
Kaynak: Terzaghi ve Peck (1948)



Kohezyonsuz zeminlerde relatif sıklık tayini (Cubrinovski ve Ishihara, 2001)



Tipik basınç oturma eğrileri ile taşıma kapasitesi yenilmesi yöntemleri a) Genel makaslama yenilmesi, b) Lokal makaslama yenilmesi, c) Zımbalama makaslama yenilmesi (Knappett ve Craig, 2012'den alınmıştır).



$$e = \frac{M}{N} = \frac{\text{Momentler}}{\text{Normal kuvvetler}}$$

x ekseninde bir eksantrisite oluşturulursa;

$$e_x = \frac{M_{y-y}}{N}$$

y ekseninde bir eksantrisite oluşturulursa;

$$e_y = \frac{M_{x-x}}{N}$$

$$\sigma_{max, min} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_{x-x}}{W_{x-x}} \pm \frac{M_{y-y}}{W_{y-y}} \text{ kN/m}^2$$

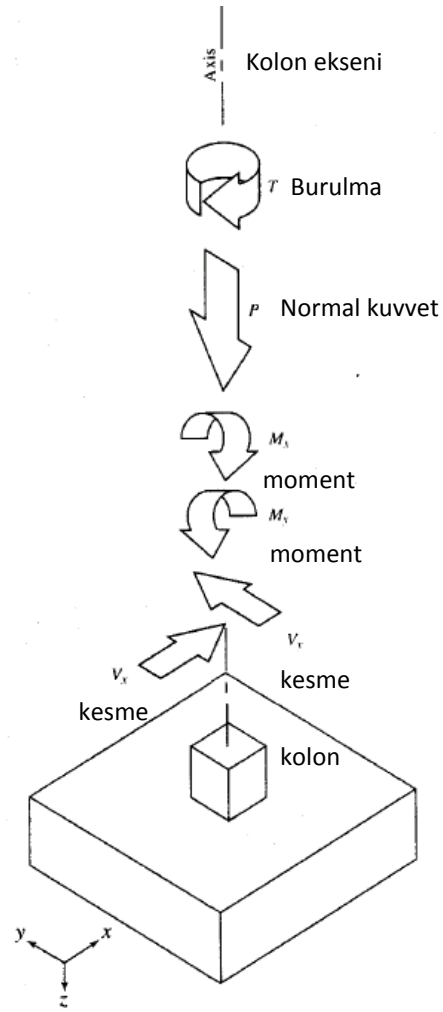
M_x : x ekseninin etrafında döndürülüyor.

M_y : y ekseninin etrafında döndürülüyor ve x ekseninde bir eksantrisite oluşturur.

P: Normal loads; V: Shear loads ; M: Moment loads; T: Torsion loads

σ_{max} momentin bastığı yönde, σ_{min} momentin çektiği tarafta oluşur.

Formülde N normal kuvveti, A temelin alanını (B x L) ve M momenti ifade eder (örnekte M_{y-y} verilmiştir). W_{y-y} 'de eğmeye çalıştığı kenar alınır. Örneğimizde M_{y-y} x kenarını eğmeye çalıştığından bu kenarın karesi alınır diğer kenar ile çarpılıp 6'ya bölünür. Formülde "+" olarak alıp çözdüğümüzde σ_{max} 'ı, "-" olarak alıp çözdüğümüzde σ_{min} bulunur.



Bir temelde eksantrik yükler

Factors	Meyerhof	Hansen	Vesic
s_c	$1 + 0.2N_\phi \frac{B}{L}$	$1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$	Vesic şekil ve derinlik faktörleri Hansen ile aynıdır.
s_q	$1 + 0.1N_\phi \frac{B}{L}$ for $\phi > 10^\circ$	$1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	
s_γ	$s_\gamma = s_q$ for $\phi > 10^\circ$ $s_\gamma = s_q = 1$ for $\phi = 0$	$1 - 0.4 \frac{B}{L}$	
d_c	$1 + 0.2\sqrt{N_\phi} \frac{D_f}{B}$	$1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$	
d_q	$1 + 0.1\sqrt{N_\phi} \frac{D_f}{B}$ for $\phi > 10^\circ$	$1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$	
d_γ	$d_\gamma = d_q$ for $\phi > 10^\circ$ $d_\gamma = d_q = 1$ for $\phi = 0$	1 for all ϕ	
		Not: Vesic'in s ve d faktörleri = Hansen'in s ve d faktörleri	
i_c	$1 - \frac{\alpha^\circ}{90}^2$ for any ϕ	$i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$ for $\phi > 0$ $0.5 \left[1 - \frac{Q_h}{A_f c_a} \right]^{\frac{1}{2}}$ for $\phi = 0$	$\phi > 0$ için Hansen ile aynı $1 - \frac{mQ_h}{A_f c_a N_c}$
i_q	$i_q = i_c$ for any ϕ	$\left[1 - \frac{0.5Q_h}{Q_u + A_f c_a \cot \phi} \right]^5$	$1 - \left[\frac{Q_h}{Q_u + A_f c_a \cot \phi} \right]^m$
i_γ	$1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi}^2$ for $\phi > 0$ $i_\gamma = 0$ for $\phi = 0$	$\left[1 - \frac{0.7Q_h}{Q_u + A_f c_a \cot \phi} \right]^5$	$1 - \left[\frac{Q_h}{Q_u + A_f c_a \cot \phi} \right]^{m+1}$

Karşılaştırmalı tablo

Bu formüllerin büyük kısmı teorik olup aralarında da deneysel olanlarda vardır.

$\phi = 0 \rightarrow N_c = \pi + 2$ $\phi > 0 \rightarrow N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan \phi$	$s_\gamma = \max \left(1 - 0.4 \frac{B}{L}, 0.6 \right)$
$d_c = 1 + 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$	$d_\gamma = 1$
* $k = \begin{cases} D/B & D/B \leq 1 \\ \tan^{-1}(D/B) & D/B > 1 \end{cases}$		

Vesic'in taşıma kapasitesi eşitliği ("k" nin radyan cinsinden alınması gerektiğini unutmayınız)

Genel Taşıma Gücü Formülü [TBDY-2018]:

TBDY-2018 Madde 16.8.3.2’de verilen temel taşıma gücü; Vesic taşıma gücü formülü ile benzer olup sadece N_γ değeri farklıdır. Temel taşıma gücü için Yönetmelikte verilen aşağıdaki gibidir.

$$q_k = \underbrace{cN_c s_c d_c i_c g_c b_c}_{\text{[Kohezyon faktörü]}} + \underbrace{\gamma_1 D N_q s_q d_q i_q g_q b_q}_{\text{[Sürşarj faktörü]}} + \underbrace{\frac{1}{2} \gamma_2 B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma}_{\text{[Kütle faktörü]}}$$

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m²]

B' : Etkin-Efektif temel genişliği [m]

D : Temel derinliği [m]

c : Zeminin kohezyon dayanımı [kPa]

γ_1 : Temel taban seviyesi üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m³]

γ_2 : Temel taban seviyesi altındaki zeminin birim hacim ağırlığı [kN/m³]

N_c, N_q, N_γ : Taşıma gücü katsayıları [birimsiz]

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri [birimsiz]

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri [birimsiz]

i_c, i_q, i_γ : Yük eğiklik faktörleri [birimsiz]

g_c, g_q, g_γ : Temel zemini yüzey eğimi faktörleri [birimsiz]

b_c, b_q, b_γ : Temel taban eğimi faktörleri [birimsiz]

Kaynak: TBDY (2018), “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği: Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar”, Türkiye Cumhuriyeti, Ankara.

Genel taşıma gücü formülünde yer alan **taşıma gücü katsayıları**;

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) ;$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi ; \quad [\text{Bilgi Notu: } \cot \phi = \frac{1}{\tan \phi}]$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi \quad (\text{Eurocode 7; EC [1995] ile aynıdır})$$

formülleri ile hesaplanmaktadır (TBDY-2018 Denklem 16.8 b’de tanımlanmıştır). Burada N_γ dışındaki diğer katsayılar daha önce Meyerhof, Hansen ve Vesic’de verilen taşıma gücü katsayıları ile aynı değerlerdir.

Burada;

ϕ : Temel altı zeminin içsel sürtünme açısıdır [°]

TBDY-2018’de yukarıda verilen denklemde; “boyutsuz **düzeltilme katsayıları** olarak yer alan temel şekli katsayıları s_c, s_q, s_γ ; derinlik katsayıları d_c, d_q, d_γ ; yükleme eğikliği katsayıları i_c, i_q, i_γ ; temel zemini eğimi katsayıları g_c, g_q, g_γ ve temel taban eğimi katsayıları b_c, b_q, b_γ literatüre dayanan ve genel kabul görmüş bağıntılar kullanılarak hesaplanacaktır” ifadesine

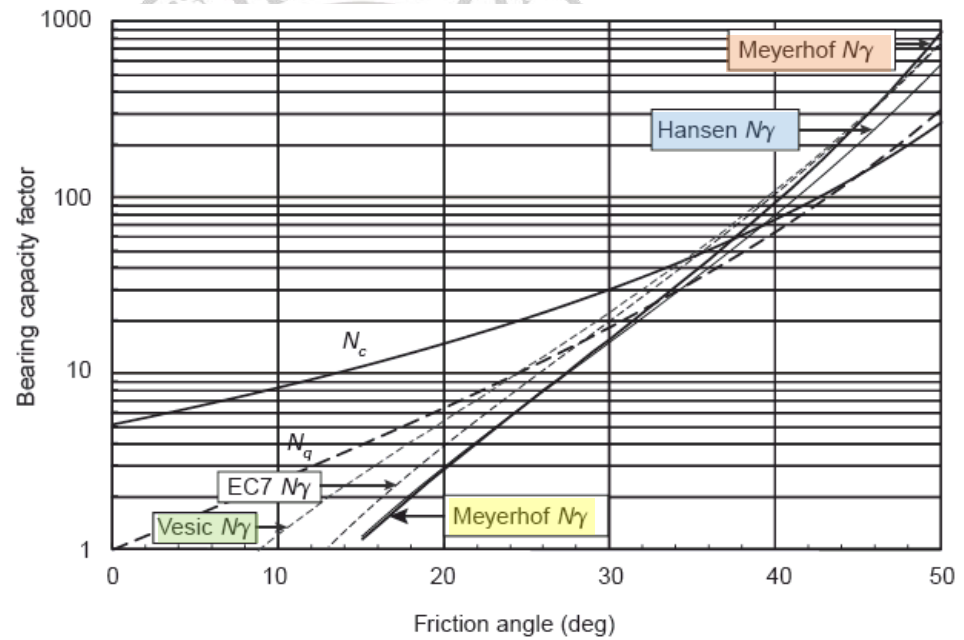
dayanarak program parametre seçimi yaparken kullanıcıya temel şekli katsayısı, derinlik katsayısı, yükleme eğikliği katsayılarını ve temel zemini eğimi katsayılarını aşağıya doğru açılan pencereden* farklı taşıma kapasitesi yöntemlerine göre (Hansen veya Vesic) seçme olanağı sunmaktadır.

NOT: Düzeltme katsayıları için seçim ilgili hücreye (koyu turuncu renkli) tıklayınca aşağıya doğru açılan pencereden* yapılır.

Genel Taşıma Gücü Formülü (TBDY-2018)		
c =	0.00	N _c = 173.6
s _c =	1.00	d _c = 1.40
i _c =	1.00	g _c = 1.00
b _c =	1.00	γ = 18.00
D =	0.50	N _q = 187.21
s _q =	1.27	d _q = 1.15
i _q =	1.00	g _q = -
b _q =	1.00	σ _z · D ¹ = 9.0
B =	0.50	N _γ = 399.36
s _γ =	0.90	d _γ = 1.00
i _γ =	1.00	g _γ = -
b _γ =	1.00	
Düzeltilme katsayıları için seçim yapınız ⇒ Vesic		
q _k = c · N _c · s _c · d _c · i _c · g _c · b _c + γ ₁ · D · N _q · s _q		
d _q · i _q · g _q · b _q + 1/2 · γ ₂ · B · N _γ · s _γ · d _γ · i _γ · g _γ		
q _k = 4084.7 kN/m ²		
q _t = q _k /γ _{RV} : 2920.2 kN/m ²		

Genel taşıma gücü formülü'nde boyutsuz düzeltme katsayılarının "Vesic" yöntemine göre seçilmiş (default) olarak hesap yapılması önerilir.

Farklı araştırmacılar tarafından kullanılan "φ" değerlerine bağlı boyutsuz taşıma gücü katsayısı değerleri aşağıdaki şekilde ve tabloda verilmektedir.



Siğ temeller için taşıma kapasitesi katsayıları, Bowles, J.E.,2002

φ°	Terzaghi (1943)			Hansen, Meyerhof ve Vesic		Hansen (1970)	Meyerhof (1963)	Vesic (1975)
	N _c	N _q	N _γ	N _c	N _q	N _γ	N _γ	N _γ
0	5.7	1.0	0.0	5.14	1.0	0.0	0.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5	6.49	1.6	0.1	0.1	0.4
10	9.6	2.7	1.2	8.34	2.5	0.4	0.4	1.2
15	12.9	4.4	2.5	11	3.9	1.2	1.1	2.6
20	17.7	7.4	5	14.8	6.4	2.9	2.9	5.4
25	25.1	12.7	9.7	20.1	10.7	6.8	6.8	12.5
30	37.2	22.5	19.7	30.1	18.4	15.1	15.7	22.4
35	57.8	41.4	42.4	46.4	33.5	34.4	37.6	48.1
40	95.7	51.3	100	75.3	64.1	79.4	93.6	109.3
45	192	173	298	134	135	201	262.3	271.3

TBDY-2018 Madde 16.7.2 'de sığ ve derin temellerin geoteknik tasarımı için taşıma gücü ilkesinin esas alındığı belirtilmekte olup, Madde 16.8.3 'de ise, statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde;

$q_0 \leq q_t$; ifadesi ile sağlanacağı belirtilmektedir.

Burada;

q_0 : Temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu *temel taban basıncıdır.*

q_t : Tasarım dayanımı R_t 'nin temel taşıma gücüne ilişkin karşılığıdır. *Temel taşıma gücü tasarım dayanımı* [kN/m²]

TBDY-2018 Madde 16.8.3'de, Temel taşıma gücü dayanım katsayısı aşağıdaki eşitlik ile sağlanacağı belirtilmiştir.

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}}$$

Burada;

q_t : Temel taşıma gücü tasarım dayanımı [kN/m²]

q_k : Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı [kN/m²]

γ_{Rv} : Temel taşıma gücü dayanım katsayısı.

Sığ temeller için dayanım katsayıları TBDY-2018 Tablo 16.2'de verilmiş olup, bu katsayı diğer taşıma gücü denklemlerinde yer alan güvenlik sayısı ile aynı anlama gelmektedir.

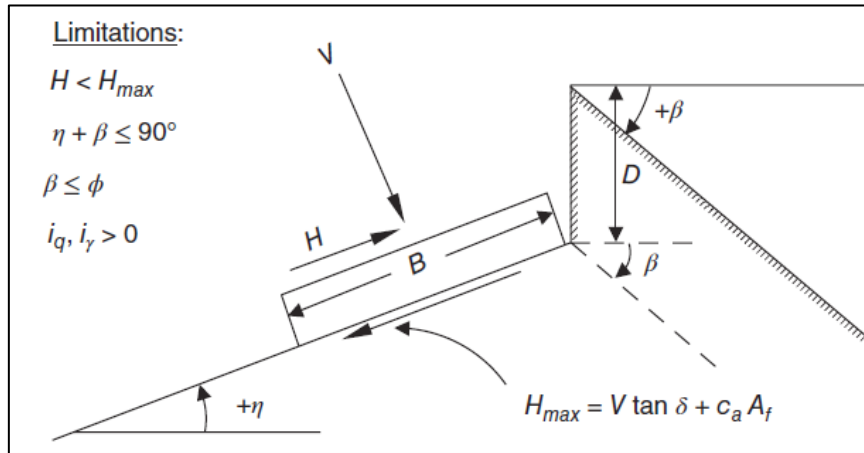
Dayanım Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	γ_{Rv}	1,40
Sürtünme Direnci	γ_{Rh}	1,10
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1,40

Sığ Temeller İçin Dayanım Katsayıları

***Açılır Pencere:** Fare ile veri girişi yapılan kutucuğu seçtiğinizde kutucuğun sağ alt köşesinde beliren aşağı yönlü küçük ok tuşuna (▼) tıkladığınızda açılan menüden seçim yapmanızı sağlar.

AÇIKLAMALAR:

- 1- Yük eğim açısı Hansen (1970) ve Vesic (1975) formülasyonları dışında Meyerhof (1963) formülasyonunda da dikkate alınır. Meyerhof şekil faktörleri yük eğiminden bağımsızdır.
- 2- Hansen (1970) ve Vesic (1975) formülasyonlarında yük eğimi, zemin eğimi veya eğimli temel kavramları birlikte dikkate alınır.
- 3- Verilen formüllerde $\beta > 0$ açısına sahip şevde mevcut kayma gerilmeleri hesaba alınmamıştır. Bu sebeple ayrıca **şev stabilitesi tahkiki yapılmalıdır**.



Hansen'in taşıma kapasitesi eşitliğindeki terimlerin tanımlanması, Aysen, A., 2003.

- 4- Zeminin nihai taşıma gücünü hesaplamak için geliştirilmiş olan teorik eşitlikler yeraltı su seviyesinin temel tabanından itibaren temel genişliği (B) kadar ya da daha büyük bir derinlikte diğer bir ifade ile zemin yüzeyinden itibaren $D_f + B$ ya da daha büyük bir derinlikte yer aldığı kabulüne dayanılarak geliştirilmiştir. Yeraltı su seviyesi potansiyel kayma alanı içerisinde ise bu durumda boşluk suyu basınçları söz konusu olacak ve bunun sonucu olarak da kayma yüzeyi boyunca efektif gerilme ve kayma dayanımı daha küçük olacağından nihai taşıma gücü azalacaktır. Taşıma gücü hesabı yapılırken bu etki mutlaka dikkate alınmalıdır. Yeraltı su seviyesi derinliğinin $D_f + B$ 'den daha küçük olması durumunda taşıma gücü eşitlikleri suyun varlığından etkilenecektir.

γ_1 = Temel tabanı üzerinde yer alan zeminin ağırlıklı efektif birim hacim ağırlığıdır.

γ_2 = Temel tabanı altında B derinliğinde yer alan zeminin ağırlıklı efektif birim hacim ağırlığıdır.

YASS'nin bulunduğu derinliğe göre üç farklı durum söz konusudur. Bu durumlar;

1. Yeraltı su seviyesinin, temel taban seviyesi üzerinde olduğu durumdur.

Bu durumda bağıntının ikinci terimindeki (σ'_v) örtü yükü etkisi hesaplanırken

$$\sigma'_v = \gamma \cdot (D_f - D) + (\gamma' * D)$$

3. terimde ise

$$\gamma = \gamma' = (\gamma_d - \gamma_w)$$

2. Yeraltı suyu seviyesi temel tabanından itibaren B derinliği içerisinde yer alıyorsa; örtü yükü hesaplanırken;

$$\sigma'_v = \gamma \cdot (D_f) \text{ olur}$$

3. terimde ise γ yerine

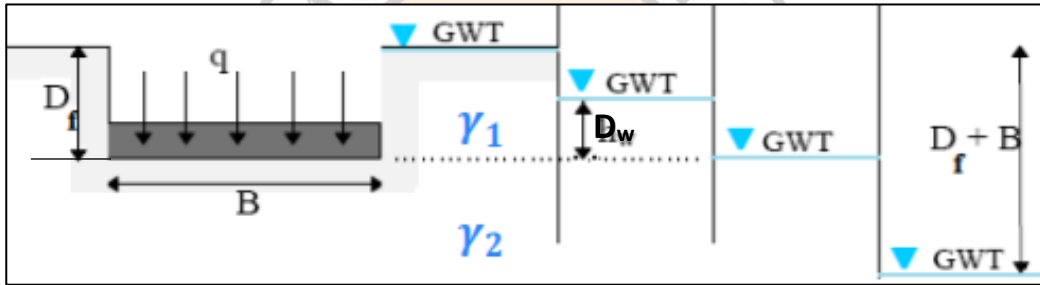
$D \leq B$ için;

$$\gamma_{ort} = \gamma' + \left(\frac{D}{B}\right) \cdot (\gamma - \gamma')$$

$D > B$ için;

$$\gamma_{ort} = \gamma \text{ alınır.}$$

3. YASS, (D_w) \rightarrow ($D_f + B \leq D_w$) ise, **Su etkisi değerlendirilmez.**



Referanslar

- A.W.Skempton, Building Research Congress 1951, "The Bearing Capacity of Clays", University Reader in Soil Mechanics at Imperial College, London
- Aysen, A., 2003, Problem Solving in Soil Mechanics, A.A.Balkema Publishing, Tokyo
- Braja M. Das, Principles of Foundation Engineering, 7th ed., Stamford: Cengage Learning, 2010.
- Braja M. Das: Principles of Geotechnical Engineering, Sixth Edition, Thomson India 2006, ISBN: 978-8131502020
- Braja M. Das, Shallow Foundations, Bearing Capacity and Settlement, Third Edition CRC Press, 2017.
- Cubrinovski, M., Ishihara, K. 2001. Correlation between penetration resistance and relative density of sandy soils. 15th International conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Istanbul , 393-396.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (9 Mart 2019), Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları ve Rapor Formatı
- D. P. Coduto, Foundation Design: Principles and practices, 2nd ed., New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- Dağlı, Emrah, Sayısal ve Analitik Yöntemler İle Kohezyonsuz Zeminlerin Taşıma Gücü Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, 2013
- Hansen, B. J., 1961, A general formula for bearing capacity. Danish. Geotechnical Institute, Bulletin No. 11: 38–46.
- Ian Smith , Smith's Elements of Soil Mechanics, 9th edition, Wiley Blackwell, 2014.
- J. E. Bowles, Foundation Analysis and Design, 5th ed., New York: McGraw-Hill, 1996.
- J. G. Sieffert and Ch. Bay-Gress: Comparison of European bearing capacity calculation method for shallow foundations, Proc. Instn Civ. Engrs Geotech. Eng, 2000, 143, Apr., 65-74
- Meyerhof, G, G., Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations, Canadian Geotechnical Journal 1963
- Meyerhof, G. G., (1951) The Ultimate Bearing Capacity of Foundations, Geotec., 2 (4): 301-332.
- Murthy, V, N, S., 2007, Advanced Foundation Engineering, CBS Publishers & Distributors, New Delhi, 821 p.
- P. C. Varghese (2012), Foundation Engineering.
- TBDY (2018), "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği: Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar", Türkiye Cumhuriyeti, Ankara.
- Terzaghi, K.,1943, Theoretical Soil Mechanics, Wiley Publishing, New York, USA
- Vesic, A. S. (1963). "Bearing Capacity of Deep Foundations in Sand," Highway Research Record No. 39, National Academy of Sciences, pp. 112–153.
- Vesic, A. S. (1973). "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations," Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 99, No. SM1, pp. 45–73.
- Vesic, A. S. 1973. Analysis of ultimate loads of shallow foundations. J. Soil Mech.Found. Div., 99(1): 45.