

Documento di validazione Modulo:

CALCOLO PORTANZA

FONDAZIONI SUPERFICIALI



# *Documenti di validazione Modulo:* **CALCOLO PORTANZA** **FONDAZIONI SUPERFICIALI**

Calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale:

- Esegue il calcolo della portanza della fondazione superficiale secondo NTC 2008 e relativa Circolare n.617, quindi già comprensivo dei coefficienti parziali di sicurezza di cui a Tab. 6.4.I alla luce dell'approccio scelto e quindi della combinazione di competenza e secondo vari autori (Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic e Eurocodice 7).
- Esegue le verifiche sul breve e sul lungo termine come prescritto da NTC 2008 §6.4.2.1.
- Oltre alla geometria della fondazione, base e lunghezza, è possibile introdurre una quota di profondità diversa dal piano campagna, tenendo quindi conto delle relative tensioni, di un'inclinazione del piano di posa e di un'inclinazione del piano campagna.
- Considera lo stato tensionale alle varie profondità, inclusa l'influenza della quota di falda.
- Secondo le diverse letterature esegue il calcolo dei fattori di portanza e dei coefficienti correttivi dovuti alla forma, alla profondità, inclinazione del piano di carico, inclinazione del piano campagna e al sisma.

*Nota: eventuali lievi differenze riscontrabili tra i risultati delle formule esplicitate nella presente validazione e gli screenshots utilizzati per la stessa sono dovuti alle procedure di arrotondamento giocoforza adottate dagli algoritmi utilizzati.*

## TEST VALIDAZIONE FONDAZIONE SUPERFICIALE

Per la validazione del modulo si prenderà in esame l'esempio mostrato in *Demo Relazione* e si passeranno in rassegna tutte le componenti calcolate e esibite in relazione.

PROGETTO: Demo

### Demo Relazione Capacità Portante Fondazione Superficiale

idMod. 17 | vers.0

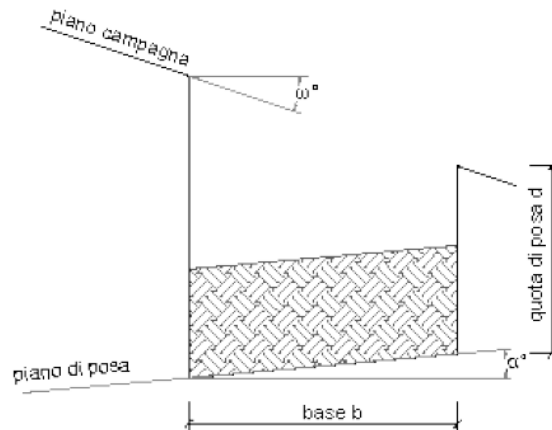
#### GEOMETRIA e STATICA

##### Geometria

base b	3	m
lunghezza	10	m
quota di posa d	1	m
inclinazione p. campagna $\omega$	8	°
inclinazione p. di posa $\alpha$	5	°
Effetti sismici Kh	0.0764	°

##### Statica

approccio (NTC 08 - 6.4.3.1)	approccio I
Ned (A2)	400 kN
Vy,ed (A2)	50 kN
Mx,ed (A2)	120 kNm
Vx,ed (A2)	75 kN
My,ed (A2)	150 kNm



#### STRATIGRAFIA

##### Sondaggio #1

Profondità falda: 1 m

nome	tipo	$\gamma_s$ $kN/m^3$	$c_u$ $N/mm^2$	$c'$ $N/mm^2$	$\phi$ °	spessore $m$	contributo
Vegetale	coesivo	17	0	0	15	0.6	si
Alluvioni Argil...	coesivo	19	0.09	0.009	25	2.3	si
Alluvioni Ghiai...	non coesivo	19.5	0	0	35	3.5	si
Formazione	coesivo	21	0.25	0.02	22	7	si

##### Sondaggio #2

Profondità falda: 0.12 m

nome	tipo	$\gamma_s$ $kN/m^3$	$c_u$ $N/mm^2$	$c'$ $N/mm^2$	$\phi$ °	spessore $m$	contributo
Vegetale	coesivo	17	0	0	15	0.4	si
Alluvioni Argil...	coesivo	19	0.09	0.009	25	4.5	si
Formazione	coesivo	21	0.25	0.02	22	5.8	si

## CALCOLO TERRENO DI PROGETTO

Acquisiti i dati di input e coordinando i dati dei litotipi con quelli dei sondaggi, si ottiene un unico prospetto dati in cui, per ogni indagine compaiono gli spessori degli strati con le relative caratteristiche fisiche e meccaniche a fianco (vedi sopra).

Nella trattazione seguente, per esigenza di sintesi, si indagherà esclusivamente la prima stratigrafia e verranno passati in rassegna tutti i valori relativi a questa indagine, ma ovviamente l'analisi è replicabile per ogni situazione diversa. Questo è anche il motivo per cui si è deciso di poter riportare diverse situazioni stratigrafiche, come può accadere all'interno di uno stesso lotto, potendo così calibrare la fondazione in maniera più mirata rispetto anche alla sua posizione all'interno dell'area di intervento.

Come primo passo poi si identifica lo strato di terreno sul quale appoggia la fondazione, tramite il valore di profondità D immesso come dato di input, quindi:

TERRENO DI POSA = "Alluvioni Argillosi"

Una volta ottenuto questo si passa poi a calcolare l'altezza del cuneo di rottura secondo la formulazione di Meyerhof, ovvero:

$$h_{\text{cuneo}} = 0.5 \cdot B \cdot \tan(45^\circ + \phi/2)$$

considerando come  $\Phi$  l'angolo di attrito del terreno di posa della fondazione.

Nel nostro caso si avrà quindi:

B=Larghezza di fondazione	=	3 m
$\Phi$	=	25°
hcuneo	=	2.3545 m

Tale grandezza, assommata al valore della profondità D, individua all'interno del pacchetto stratigrafico l'insieme dei terreni interessati dalla reale portanza della fondazione.

Nell'esempio in questione, si avrà:

"Alluvioni Argillosi"	spessore=	1.90 m
"Alluvioni Ghiaiosi"	spessore=	0.4545 m

Sotto tale configurazione, si andrà ad effettuare una media ponderata sugli spessori delle diverse caratteristiche fisiche e meccaniche operanti nel calcolo.

$$\gamma_{eq} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{19 \cdot 1.90 + 19.5 \cdot 0.4545}{2.3545} = 19.0965 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{u,eq} = \frac{\sum_{i=1}^n c_{u,i} \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{0.09 \cdot 1.90 + 0 \cdot 0.4545}{2.3545} = 0.0726 \text{ N/mm}^2$$

$$c'_{eq} = \frac{\sum_{i=1}^n c'_{i} \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{0.009 \cdot 1.90 + 0 \cdot 0.4545}{2.3545} = 0.0073 \text{ N/mm}^2$$

mentre invece per il valore dell'angolo di attrito si utilizza l'espressione:

$$\phi_{eq} = \arctan\left(\frac{\sum_{i=1}^n \tan \phi_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}\right) = \arctan\left(\frac{0.466 \cdot 1.90 + 0.7 \cdot 0.4545}{2.3545}\right) = 27.08^\circ$$

la cui tangente risulta 0.511.

Valori del terreno mediato

$\gamma_s$ kN/m <sup>3</sup>	cu N/mm <sup>2</sup>	c' N/mm <sup>2</sup>	tan $\phi$ °
19.0965	0.0726	0.0073	0.511

A questo punto vanno applicati i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, a seconda dell'approccio scelto, e quindi se entriamo all'interno della casistica M1 o M2.

Nell'esempio qui svolto si è scelto l'approccio I e quindi per la capacità portante viene condotta la sola combinazione A2+M2+R2 (vedi Circolare C6.4.2.1), nella quale troviamo dunque la combinazione M2.

Applicate le dovute riduzioni ai parametri del terreno, è poi necessario condurre l'intera trattazione sia per analisi a breve termine che per quelle a lungo termine (NTC §6.4.2.1), soprattutto nel caso in cui il terreno direttamente interessato dalla fondazione sia un terreno coesivo.

Avremo quindi dei valori di progetto diversi a seconda della condizione di drenaggio del terreno interessato, e nella fattispecie, essendo un terreno coesivo si avrà:

CONDIZIONI BREVE TERMINE

$$\Phi_d = 0$$

$$C_d = c_{u,eq} / \gamma_{M2} - c_u$$

$$\gamma_d = \gamma_{eq} / \gamma_{M2} - \gamma$$

CONDIZIONI LUNGO TERMINE

$$\tan(\Phi_d) = \tan(\Phi_{eq}) / \gamma_{M2} - \phi$$

$$C_d = c'_{eq} / \gamma_{M2} - c'$$

$$\gamma_d = \gamma'_{eq} / \gamma_{M2} - \gamma$$

ovvero:

## CONDIZIONI BREVE TERMINE

$$\tan \phi_d = 0$$

$$c_d = 0.0726 / 1.4 = 0.0519 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_d = 19.0965 / 1 = 19.0965 \text{ kN/m}^3$$

## CONDIZIONI LUNGO TERMINE

$$\tan(\phi_d) = 0.511 / 1.25 = 0.409$$

$$c_d = 0.0073 / 1.25 = 0.0058 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_d = 9.2899 / 1 = 9.2899 \text{ kN/m}^3$$

Da notare che il peso del terreno nel lungo termine viene preso come peso di volume efficace, trovandosi la strato interessato immerso in falda (quota 1m dal p.c.).

Come si può notare, coincidono con i valori riportati in relazione

**Valori terreno di calcolo, condizioni di drenaggio: BREVE TERMINE**

$\gamma_{s,d}$ kN/m <sup>3</sup>	$c_{u,d}$ N/mm <sup>2</sup>	$c',d$ N/mm <sup>2</sup>	$\tan \phi',d$ °	$c,calc$ N/mm <sup>2</sup>	$\tan \phi,calc$ °	$\gamma,calc$ kN/m <sup>3</sup>	$q,calc$ N/mm <sup>2</sup>
19.0965	0.0519	0.0058	0.409	0.0519	0	19.0965	0.0178

**Valori terreno di calcolo, condizioni di drenaggio: LUNGO TERMINE**

$\gamma_{s,d}$ kN/m <sup>3</sup>	$c_{u,d}$ N/mm <sup>2</sup>	$c',d$ N/mm <sup>2</sup>	$\tan \phi',d$ °	$c,calc$ N/mm <sup>2</sup>	$\tan \phi,calc$ °	$\gamma,calc$ kN/m <sup>3</sup>	$q,calc$ N/mm <sup>2</sup>
19.0965	0.0519	0.0058	0.409	0.0058	0.409	9.2899	0.0178

Il valore di  $\gamma_{calc}$  oltre che dall'altezza del cuneo di rottura, lungo la quale viene mediato il valore dipende anche dalla quota della falda rispetto ad una dimensione identificata dalla somma della profondità di alloggio fondazione e della larghezza della fondazione (D+B).

Se la quota falda si trova tra il valore D ed il valore D+B il valore di  $\gamma_{calc}$  va ricavato interpolando linearmente, secondo la formula:

$$\gamma_{calc} = \gamma' + \gamma_w \cdot (\text{quota falda} - D) / B$$

Nel caso in questione, essendo la quota falda più in superficie rispetto al punto di appoggio della fondazione, il  $\gamma_{calc}$  sarà esclusivamente il  $\gamma$  in condizioni non drenate e  $\gamma'$  in condizioni drenate.

## CALCOLO FATTORI DI PORTANZA

Dai valori sopra ricavati, nel breve e lungo termine, si passa al calcolo dei fattori di portanza  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ , che vanno a moltiplicare le 3 componenti della formula trinomia, legate alla coesione, al peso del terreno sottostante e a quello del terreno latitante. Come nel calcolo dei fattori correttivi, per la trattazione verranno presi in considerazioni diversi autori ovvero Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic e l'Eurocodice 7.

Le prime 2 componenti dei fattori di portanza risultano pressoché identiche secondo i diversi autori, a parte un'eccezione del fattore  $N_q$  di Terzaghi, mentre il fattore  $N_\gamma$  si presenta diverso in ogni trattazione.

### TERZAGHI

$$\Phi > 0$$

$$\Phi = 0$$

$$N_q = a^2 / [ 2 \cdot \cos^2(45 + \Phi / 2) ] \quad a = e^{(0.75 \cdot \pi - \Phi / 2) \cdot \operatorname{tg}(\Phi)} \quad N_q = 1$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{cotg}(\Phi) \quad N_c = 5.71$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}(1.4 \cdot \Phi) \quad N_\gamma = 0$$

### MEYERHOF

$$N_q = e^{\pi \cdot \operatorname{tg} \Phi} \cdot \operatorname{tg}^2(45 + \Phi / 2) \quad N_q = 1$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{cotg}(\Phi) \quad N_c = 5.14$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}(1.4 \cdot \Phi) \quad N_\gamma = 0$$

### BRINCH-HANSEN

$$N_q = e^{\pi \cdot \operatorname{tg} \Phi} \cdot \operatorname{tg}^2(45 + \Phi / 2) \quad N_q = 1$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{cotg}(\Phi) \quad N_c = 5.14$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}(\Phi) \quad N_\gamma = -2 \sin \omega$$

### VESIC

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2(45 + \phi/2) \quad N_q = 1$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{cotg}(\phi) \quad N_c = 5.14$$

$$N_v = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi) \quad N_v = 0$$

EUROCODICE

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2(45 + \phi/2) \quad N_q = 1$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{cotg}(\phi) \quad N_c = 5.14$$

$$N_v = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg}(\phi) \quad N_v = 0$$

Nel nostro caso, avendo un terreno risultante con  $\tan \Phi_d = 0.409$ , ovvero  $0.388\text{rad}$  ( $22.25^\circ$ ), si avrà:

## CONDIZIONI BREVE TERMINE

TERZAGHI

$$N_q = 1$$

$$N_c = 5.71$$

$$N_v = 0$$

BRINCH-HANSEN

$$N_q = 1$$

$$N_c = 5.14$$

$$N_v = -0.278$$

MEYERHOF, VESIC, EC

$$N_q = 1$$

$$N_c = 5.14$$

$$N_v = 0$$

*Fattori di portanza*

Autori

Terzaghi

Meyerhof

Brinch-Hansen

Vesic

Eurocodice 7

	$N_y$	$N_q$	$N_c$
Terzaghi	0	1	5.71
Meyerhof	0	1	5.14
Brinch-Hansen	-0.278	1	5.14
Vesic	0	1	5.14
Eurocodice 7	0	1	5.14

## CONDIZIONI LUNGO TERMINE

TERZAGHI

$$N_q = 3.55^2 / [2 \cdot \cos^2(45 + 22,25/2)] = 9.44$$

$$a = e^{(0.75 \cdot \pi - 0,388/2) \cdot \text{tg}(0,388)} = 3.55$$

$$N_c = (9.44 - 1) \cdot \text{cotg}(0,388) = 20.63$$



$$N_Y = (9.44 - 1) \cdot \operatorname{tg}(1.4 \cdot 0.388) = 5.10$$

MEYERHOF

$$N_q = e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(0.388)} \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 22,25/2) = 8.02$$

$$N_c = (8.02 - 1) \cdot \operatorname{cotg}(0.388) = 17.16$$

$$N_Y = (8.02 - 1) \cdot \operatorname{tg}(1.4 \cdot 0.388) = 4.24$$

BRINCH-HANSEN

$$N_q = e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(0.388)} \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 22,25/2) = 8.02$$

$$N_c = (8.02 - 1) \cdot \operatorname{cotg}(0.388) = 17.16$$

$$N_Y = 1.5 \cdot (8.02 - 1) \cdot \operatorname{tg}(0.388) = 4.31$$

VESIC

$$N_q = e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(0.388)} \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 22,25/2) = 8.02$$

$$N_c = (8.02 - 1) \cdot \operatorname{cotg}(0.388) = 17.16$$

$$N_Y = 2 \cdot (8.02 + 1) \cdot \operatorname{tg}(0.388) = 7.38$$

EUROCODICE

$$N_q = e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(0.388)} \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 22,25/2) = 8.02$$

$$N_c = (8.02 - 1) \cdot \operatorname{cotg}(0.388) = 17.16$$

$$N_Y = 2 \cdot (8.02 - 1) \cdot \operatorname{tg}(0.388) = 5.74$$

*Fattori di portanza*

Autori	N <sub>v</sub>	N <sub>g</sub>	N <sub>c</sub>
Terzaghi	5.103	9.442	20.632
Meyerhof	4.247	8.025	17.168
Brinch-Hansen	4.311	8.025	17.168
Vesic	7.385	8.025	17.168
Eurocodice 7	5.748	8.025	17.168

## CALCOLO FATTORI CORRETTIVI

Esistono inoltre dei fattori di correzione delle 3 componenti della formula trinomia, dovuti alla:

- *forma* (fattori **s**);
- *profondità* (fattori **d**);
- *inclinazione del carico* (fattori **i**);
- *inclinazione piano di posa* (fattori **b**);
- *inclinazione piano di campagna* (fattori **g**);
- *effetti sismici* (fattori **z**);

Ognuno di questi fattori vengono calcolati per gli stessi autori per i quali sono stati calcolati i fattori di portanza, ma una precisazione va fatta, nel caso in cui si presentassero certe condizioni al contorno, che oltrepasserebbero le ipotesi di calcolo alla base della trattazione di uno specifico autore.

Ad esempio:

### IPOTESI DI CALCOLO TERZAGHI

- rapporto  $D/B < 1$ ;
- inclinazione piano di posa nulla;
- inclinazione piano di campagna nulla;
- carico centrato e verticale;

### IPOTESI DI CALCOLO MEYERHOF

- inclinazione piano di posa nulla;
- inclinazione piano di campagna nulla;

Nell'esempio in questione infatti si può vedere come non vengano calcolate le resistenze secondo Terzaghi e Meyerhof, proprio per il fatto che è presente un'inclinazione sul piano di campagna e sul piano di posa.

Per brevità, verrà in questa sede sviluppata solamente la trattazione di *Brinch-Hansen*, rimandando alle formulazioni note in letteratura per l'approfondimento degli altri autori.

## BRINCH-HANSEN

$$\phi > 0$$

$$\phi = 0$$

## FATTORI DI FORMA

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B'}{L'} \cdot \frac{(1 + \sin\phi)}{(1 - \sin\phi)}$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B'}{L'}$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B'}{L'} \cdot \frac{(1 + \sin\phi)}{(1 - \sin\phi)}$$

$$B' = B - 2 \cdot \frac{M_y}{N_z}$$

$$L' = L - 2 \cdot \frac{M_x}{N_z}$$

## FATTORI DI PROFONDITA'

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

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$$

$$d_c = d_q - \frac{(1 - d_q)}{(N_c \cdot \tan\phi)}$$

$$d_\gamma = 1$$

$$\text{se } D/B \leq 1 \quad k = D/B$$

$$\text{se } D/B > 1 \quad k = \arctan(D/B)$$

## FATTORI DI INCLINAZIONE DI CARICO

$$i_q = \left( 1 - \frac{V}{N + A \cdot c_d \cdot \cotg \phi} \right)^m$$

$$i_c = 1 - \frac{mV}{B \cdot L \cdot c_d \cdot N_c}$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{V}{N + A \cdot c_d \cdot \cotg \phi} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

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

*FATTORI DI INCLINAZIONE PIANO DI POSA ( $\alpha$ )*

$$b_q = (1 - \alpha \tan \phi)^2$$

$$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \alpha}{\pi + 2}$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \tan \phi}$$

$$b_\gamma = b_q$$

*FATTORI DI INCLINAZIONE PIANO DI CAMPAGNA ( $\omega$ )*

$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \omega)^2$$

$$g_c = 1 - \frac{2 \cdot \omega}{\pi + 2}$$

$$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \tan \phi}$$

*FATTORI EFFETTI SISMICI*

Presenti solo se il terreno è non coesivo, altrimenti sono uguali a 1.

Eurocodice 7. Si utilizzano le espressioni di Paolucci&Pecker

$$z_q = z_\gamma = \left( 1 - \frac{k_{hk}}{tg \phi} \right)^{0.35}$$

$$z_c = 1 - 0.32 \cdot k_{hk}$$

Terzaghi, Meyerhof, Vesic, Brinch-Hansen. Si utilizzano le prescrizioni NTC 2008

$$z_v = \left(1 - \frac{k_{hk}}{\operatorname{tg}\varphi}\right)^{0.35}$$

$$z_c = z_q = 1$$

Dai valori di input dell'esempio in questione, svolgendo l'analisi per il Lungo Termine si avranno quindi:

#### FATTORI DI FORMA

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{2.25}{9.40} \cdot \frac{(1 + \sin(0.338))}{(1 - \sin(0.338))} = 1.10$$

$$s_q = s_v = 1 + 0.1 \cdot \frac{2.25}{9.40} \cdot \frac{(1 + \sin(0.338))}{(1 - \sin(0.338))} = 1.05$$

$$B' = 3 - 2 \cdot \frac{150}{400} = 2.25 \text{ m}$$

$$L' = 1000 - 2 \cdot \frac{1200000}{40000} = 940 \text{ cm}$$

#### FATTORI DI PROFONDITA'

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan 0.338 \cdot (1 - \sin(0.338))^2 \cdot 0.33 = 1.105$$

$$d_c = 1.105 - \frac{(1 - 1.105)}{(17.16 \cdot \tan(0.338))} = 1.12$$

$$d_y = 1$$

$$k = 100/300 = 0.33$$

#### FATTORI DI INCLINAZIONE DI CARICO

$$i_q = \left(1 - \frac{9013}{40000 + 225 \cdot 940 \cdot 0.0581 \cdot \cotg(0.338)}\right)^{1.618} = 0.800$$

$$i_{\gamma} = \left( 1 - \frac{9013}{40000 + 225 \cdot 940 \cdot 0.0581 \cdot \cotg(0.338)} \right)^{2.618} = 0,697$$

$$i_c = 0.800 - \frac{1 - 0.800}{8.02 - 1} = 0.77$$

$$m_B = \frac{2 + \frac{225}{940}}{1 + \frac{225}{940}} = 1.807 \quad m_L = \frac{2 + \frac{940}{225}}{1 + \frac{940}{225}} = 1.19$$

$$m = m_B \cdot \cos^2 \theta + m_L \cdot \sin^2 \theta = 1.618$$

FATTORI DI INCLINAZIONE PIANO DI POSA ( $\alpha$ )

$$b_q = (1 - 0.087 \cdot \tan(0.338))^2 = 0.93$$

$$b_c = 0.93 - \frac{1 - 0.93}{17.16 \tan(0.338)} = 0.92$$

$$b_{\gamma} = 0.93$$

FATTORI DI INCLINAZIONE PIANO DI CAMPAGNA ( $\omega$ )

$$g_q = g_{\gamma} = (1 - \tan(0.139))^2 = 0.739$$

$$g_c = 0.739 - \frac{1 - 0.739}{17.16 \tan(0.338)} = 0.701$$

FATTORI EFFETTI SISMICI

$$z_c = z_q = z_{\gamma} = 1$$

## Coefficienti correttivi: FORMA

Autori	sy	sq	sc
Terzaghi	0.8	1	1.3
Meyerhof	1.053	1.053	1.106
Brinch-Hansen	1.053	1.053	1.106
Vesic	0.904	1.098	1.112
Eurocodice 7	0.928	1.091	1.104

## Coefficienti correttivi: PROFONDITA'

Autori	dy	dq	dc
Terzaghi	1	1	1
Meyerhof	1.05	1.05	1.099
Brinch-Hansen	1	1.105	1.12
Vesic	1	1.105	1.12
Eurocodice 7	1	1	1

## Coefficienti correttivi: INCLINAZIONE PIANO DI CARICO

Autori	iy	iq	ic
Terzaghi	1	1	1
Meyerhof	1	1	1
Brinch-Hansen	0.697	0.8	0.772
Vesic	0.697	0.8	0.772
Eurocodice 7	0.697	0.8	0.772

## Coefficienti correttivi: INCLINAZIONE PIANO DI POSA

Autori	by	bq	bc
Terzaghi	1	1	1
Meyerhof	1	1	1
Brinch-Hansen	0.93	0.93	0.92
Vesic	0.93	0.93	0.966
Eurocodice 7	0.93	0.93	0.92

## Coefficienti correttivi: INCLINAZIONE PIANO CAMPAGNA

Autori	gy	gq	gc
Terzaghi	1	1	1
Meyerhof	1	1	1
Brinch-Hansen	0.739	0.739	0.701
Vesic	0.739	0.739	0.946
Eurocodice 7	1	1	1

## Coefficienti correttivi: SISMICI

Autori	zy	zq	zc
Terzaghi	1	1	1
Meyerhof	1	1	1
Brinch-Hansen	1	1	1
Vesic	1	1	1
Eurocodice 7	1	1	1

## CALCOLO RESISTENZE DI PROGETTO

Una volta calcolati sia i fattori di portanza che correttivi, si è pronti per definire la formula trinomia relativa alla combinazione dell'approccio, ovvero relativo alle azioni A2 e materiali M2, sempre nelle condizioni di lungo termine (drenate) come abbiamo fatto per brevità nel calcolo dei fattori correttivi.

### CONDIZIONI DRENATE

$$q_{ult} = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_d \cdot B' \cdot N_v \cdot s_v \cdot d_v \cdot i_v \cdot g_v \cdot b_v + q_d \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q$$

$$q_{ult} = 0.00581 \cdot 17.16 \cdot 1.10 \cdot 1.12 \cdot 0.77 \cdot 0.92 \cdot 0.701$$

$$+ 0.5 \cdot 0.00000909 \cdot 2250 \cdot 4.31 \cdot 1.05 \cdot 1 \cdot 0.697 \cdot 0.93 \cdot 0.739$$

$$+ 0.0178 \cdot 8.02 \cdot 1.05 \cdot 1.105 \cdot 0.800 \cdot 0.93 \cdot 0.739 = 0.175 \text{ N/mm}^2$$

dove:

$$q_d = 0.0178 \text{ N/mm}^2 = \text{tensione efficace terreno latistante.}$$

Essendo la combinazione delle resistenze nella combinazione uguale a R2, si ha  $\gamma_R = 1.8$ .

Avremo quindi:

$$q_{ult,d} = q_{ult} / 1.8 = 0.0976 \text{ N/mm}^2$$

### RESISTENZE

coefficiente parziale  $\gamma_R$  (Tab.6.4.I NTC 2008) R2=1.8

Autore	Resistenza		Resistenza di progetto	
	Breve Termine N/mm <sup>2</sup>	Lungo Termine N/mm <sup>2</sup>	Breve Termine N/mm <sup>2</sup>	Lungo Termine N/mm <sup>2</sup>
Terzaghi	-*	-*	-*	-*
Meyerhof	-*	-*	-*	-*
Brinch-Hansen	0.2964	0.1757	0.1647	0.0976*
Vesic	0.3092	0.2163	0.1718	0.1202
Eurocodice 7	0.2821	0.2302	0.1567	0.1279

Da tener in considerazione il fatto che lo strumento di calcolo oggetto di tale validazione fa riferimento alla trattazione del Bowles sul multistrato (cap. 4.8) in cui, nel caso di terreni dotati sia di coesione che di attrito, prescrive di utilizzare una media dei parametri di resistenza. Considerazioni più approfondite invece dovrebbe fare l'utente nel caso in cui si presentasse un'alternanza di strati di diversa grana o natura, ovvero coesivo o puramente attritivo, e quindi di diversa resistenza.



Se, ad esempio, lo strato superiore fosse più resistente rispetto a quello inferiore, andrebbe verificato il punzonamento; viceversa, l'espulsione laterale dello strato superiore. In ogni caso, come limite inferiore, andrebbe calcolata la portanza utilizzando i parametri dello strato meno resistente, che l'utente può tuttavia, come termine di confronto, calcolarsi separatamente con i soli valori di competenza dello strato individuato.