

Equazione generale di capacità portante di fondazioni superficiali

La capacità portante non è una caratteristica intrinseca del terreno, come lo possono essere le caratteristiche fisiche e meccaniche, ma è funzione di queste ultime, delle dimensioni, della forma, della profondità della fondazione e del tipo di forza che agisce su di essa (posizione del punto di applicazione e orientazione).

Brinch-Hansen (1970):

$$q_{\text{lim}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot [s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}] + c \cdot N_c \cdot [s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c] + q \cdot N_q \cdot [s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q]$$

dove: γ' : peso specifico efficace del terreno;

B: larghezza minore della fondazione;

c: coesione del terreno;

q: sovraccarico agente esternamente alla fondazione, alla profondità del piano di posa;

N_{γ} , N_c , N_q : fattori di capacità portante:

s_{γ} , s_c , s_q : fattori di forma della fondazione:

i_{γ} , i_c , i_q : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;

b_{γ} , b_c , b_q : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;

g_{γ} , g_c , g_q : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;

d_{γ} , d_c , d_q : fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa:

$$N_q = \operatorname{tg}^2 \cdot \left(45 + \frac{\varphi'}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg} \varphi'} \quad N_c = \frac{(N_q - 1)}{\operatorname{tg} \varphi'} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi'$$

$$s_\gamma = 1 + 0,1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \operatorname{sen} \varphi'}{1 - \operatorname{sen} \varphi'} \quad s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \operatorname{sen} \varphi'}{1 - \operatorname{sen} \varphi'} \quad s_q = s_\gamma$$

$$\text{per } D/B \leq 1: \quad d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B} \cdot \operatorname{tg} \varphi' \cdot (1 - \operatorname{sen} \varphi')^2 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi'}$$

$$\text{per } D/B > 1: \quad d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg} \varphi' \cdot (1 - \operatorname{sen} \varphi')^2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{D}{B}$$

I coefficienti N della formula di Brinch-Hansen al variare dell'angolo d'attrito del terreno φ' .

$\varphi' (^{\circ})$	N_{γ}	N_c	N_q
20	5,39	14,83	6,40
25	10,88	20,72	10,66
30	22,40	30,14	18,40
35	48,03	46,12	33,30
40	109,41	75,31	64,20

I coefficienti s della formula di Brinch-Hansen al variare dell'angolo d'attrito del terreno φ' e del rapporto L/B tra le dimensioni della fondazione.

$\varphi' = 30^{\circ}$

	L=B	L=2·B	L=5·B	L=∞
s_{γ}	1,3	1,15	1,06	1
s_c	1,6	1,3	1,12	1
s_q	1,3	1,15	1,06	1

$\varphi' = 35^{\circ}$

	L=B	L=2·B	L=5·B	L=∞
s_{γ}	1,37	1,18	1,07	1
s_c	1,74	1,37	1,15	1
s_q	1,37	1,18	1,07	1

I coefficienti d della formula di Brinch-Hansen al variare dell'angolo d'attrito del terreno φ' e del rapporto D/B tra l'approfondimento del piano di posa e il lato minore della fondazione.

$$\varphi' = 30^\circ$$

	D/B=0	D/B=1	D/B=2,5	D/B=10
d_c	1	1,31	1,56	1,94
d_q	1	1,29	1,53	1,89

$$\varphi' = 35^\circ$$

	D/B=0	D/B=1	D/B=2,5	D/B=10
d_c	1	1,26	1,50	1,87
d_q	1	1,25	1,49	1,84

Nel caso di fondazione su terreni coesivi saturi, le condizioni critiche nei confronti della rottura si verificano immediatamente dopo l'applicazione del carico: in questi casi si effettua, dunque, l'analisi di stabilità in condizioni non drenate ($c=c_u$, $\phi'=0$).

L'equazione della capacità portante assume la seguente forma:

$$q_{\text{lim}} = c_u \cdot N_c \cdot s_c^0 \cdot d_c^0 \cdot i_c^0 \cdot b_c^0 \cdot g_c^0 + q$$

dove: $N_c=5,14$;

$$s_c^0 = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} ;$$

$$\text{per } D \leq B: d_c^0 = 1 + 0,4 \cdot \frac{D}{B} ;$$

$$\text{per } D > B: d_c^0 = 1 + 0,4 \cdot \arctg \frac{D}{B} .$$

Il coefficiente s al variare del rapporto L/B tra le dimensioni della fondazione.

	$L=B$	$L=2 \cdot B$	$L=5 \cdot B$	$L=\infty$
s_c^0	1,20	1,10	1,04	1

Il coefficiente d al variare del rapporto D/B tra l'approfondimento del piano di posa e il lato minore della fondazione.

	$D/B=0$	$D/B=1$	$D/B=2,5$	$D/B=10$
d_c^0	1	1,04	1,48	1,59

Una prima valutazione del valore della coesione non drenata c_u è fornita dalla seguente relazione di Koutsoftas e Ladd (1985):

$$\frac{c_u}{\sigma'_{v_0}} = (0,22 \pm 0,03) \cdot OCR^{0,8}$$

dove: σ'_{v_0} : tensione verticale efficace preesistente al carico, ad una profondità di $B/2$ al di sotto del piano di posa;

OCR: rapporto di sovracconsolidazione.

La capacità portante non è una caratteristica intrinseca del terreno, come lo possono essere le caratteristiche fisiche e meccaniche, ma è funzione di queste ultime, delle dimensioni, della forma, della profondità della fondazione e del tipo di forza che agisce su di essa (posizione del punto di applicazione e orientazione).

Equazione generale di capacità portante di fondazioni superficiali

Vesic (1975):

$$q_{\text{lim}} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

s_c, s_q, s_γ , i fattori di forma;

d_c, d_q, d_γ , i fattori di profondità;

i_c, i_q, i_γ , i fattori di inclinazione del carico;

b_c, b_q, b_γ , i fattori di inclinazione della base;

g_c, g_q, g_γ , i fattori di inclinazione del piano campagna;

B' la larghezza equivalente per carico eccentrico.

Vesic (1975)

$$q_{\text{lim}} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

s_c, s_q, s_γ , i fattori di forma;

d_c, d_q, d_γ , i fattori di profondità;

i_c, i_q, i_γ , i fattori di inclinazione del carico;

b_c, b_q, b_γ , i fattori di inclinazione della base;

g_c, g_q, g_γ , i fattori di inclinazione del piano campagna;

B' la larghezza equivalente per carico eccentrico.

Fattori di forma (Vesic, 1975)

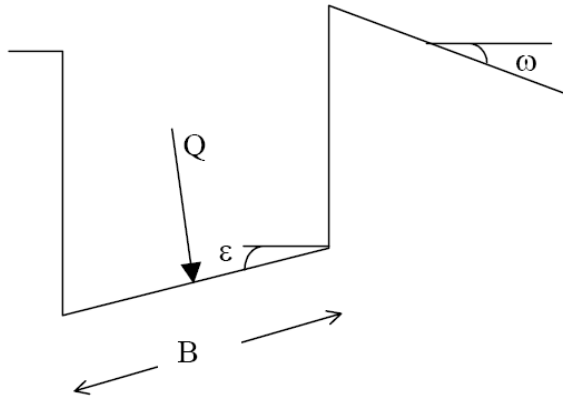
<i>Forma della fondazione</i>	s_c	s_q	s_γ
Rettangolare	$1 + \frac{B'}{L'} \cdot \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \phi$	$1 - 0,4 \cdot \frac{B'}{L'}$
Circolare o quadrata	$1 + \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \tan \phi$	0,6

Fattori di profondità (Vesic, 1975)

<i>Valore di ϕ</i>	d_c	d_q	d_γ
$\phi = 0$ argilla satura in condi- zioni non drenate	$\frac{D}{B'} \leq 1$ $\frac{D}{B'} > 1$	$1 + 0,4 \cdot \frac{D}{B'}$ $1 + 0,4 \cdot \arctan\left(\frac{D}{B'}\right)$	1 1
$\phi > 0$ sabbia e argilla in condi- zioni drenate	$d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$\frac{D}{B'} \leq 1$ $\frac{D}{B'} > 1$	$1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \frac{D}{B'}$ $1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctan\left(\frac{D}{B'}\right)$

Fattori di inclinazione del carico (Vesic, 1975)

<i>Terreno</i>	i_c	i_q	i_γ
$\phi = 0$ argilla satura in condizioni non drenate	$1 - \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_u \cdot N_c}$	1	1
$c > 0, \phi > 0$ argilla in condi- zioni drenate	$i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$\left[1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot g\phi'} \right]^{m+1}$	$\left[1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c' \cdot \cot g\phi'} \right]^{m+1}$
$c = 0$ sabbia	-	$\left(1 - \frac{H}{V} \right)^m$	$\left(1 - \frac{H}{V} \right)^{m+1}$
$m = m_L \cdot \cos^2 \vartheta$ $+ m_B \cdot \sin^2 \vartheta$	$m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$	$m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$	ϑ è l'angolo fra la direzione del carico proiettata sul piano di fondazione e la direzione di L



Fattori di inclinazione del piano di posa ($\varepsilon < \pi/4$) (Hansen, 1970)

b_c	b_q	b_γ
$b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$(1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$	$(1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$

Fattori di inclinazione del piano campagna ($\omega < \pi/4$, $\omega < \phi$) (Hansen, 1970)

g_c	g_q	g_γ
$g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$(1 - \tan \omega)^2 \cdot \cos \omega$	$\frac{g_\gamma}{\cos \omega}$

Analisi in termini di tensioni efficaci (condizioni drenate)

Nelle analisi di capacità portante in termini di tensioni efficaci, la resistenza del terreno è definita mediante i parametri c' e ϕ' (il criterio di rottura è espresso nella forma $\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi'$) e i vari termini e fattori della relazione generale (Vesic), devono essere calcolati con riferimento a questi parametri.

Analisi in termini di tensioni totali (condizioni non drenate)

Nelle analisi di capacità portante in termini di tensioni totali, la resistenza del terreno è definita convenzionalmente mediante il parametro c_u (il criterio di rottura è espresso nella forma $\tau = c_u$), che, contrariamente a c' e ϕ' , non rappresenta una caratteristica del materiale, ma un parametro di comportamento. In questo caso, i fattori di capacità portante valgono: $N_\gamma = 0$, $N_c = 5.14$, $N_q = 1$ e il carico limite è dato quindi da:

$$q_{\text{lim}} = 5,14 \cdot c_u \cdot s_{c0} \cdot d_{c0} \cdot i_{c0} \cdot b_{c0} \cdot g_{c0} + q \cdot g_{q0}$$

essendo $q = \gamma_1 D$ la pressione totale agente sul piano di posa della fondazione, e avendo indicato con il pedice 0 i fattori correttivi per $\phi = 0$.

È opportuno evidenziare che per l'analisi in termini di tensioni totali, l'eventuale sottospinta idrostatica dovuta alla presenza della falda non deve essere considerata.