



UNIVERSITA' DI FERRARA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

INGEGNERIA CIVILE [1227] Classe LM23

CORSO DI
FONDAZIONI

[012388]

AA 2017-2018

PROF. ING. CLAUDIO COMASTRI

mail claudio.comastri@unife.it
ing.comastri@studiothesis.it

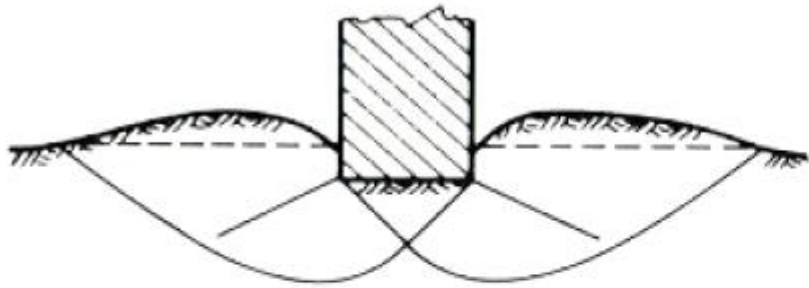
tel. 051 675 0312 Studio Thesisengineering

Ricevimento: il venerdì dalle 11,30 alle 13,00 in Dipartimento Ingegneria
1°Piano - Studio 127.

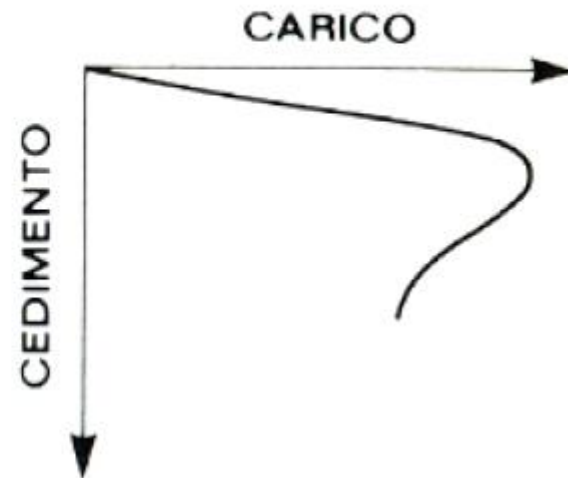


FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

MECCANISMI DI ROTTURA



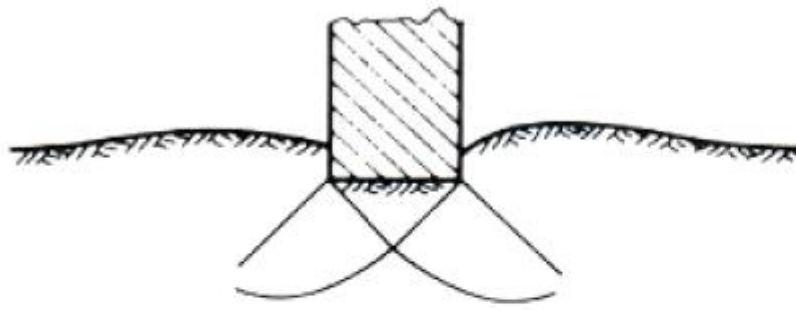
a) ROTTURA GENERALE



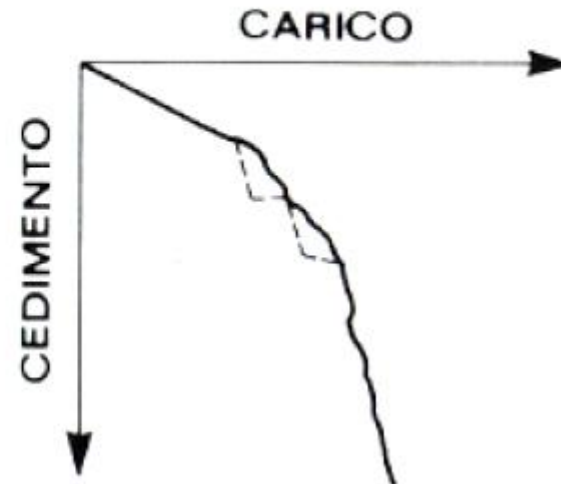


FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

MECCANISMI DI ROTTURA



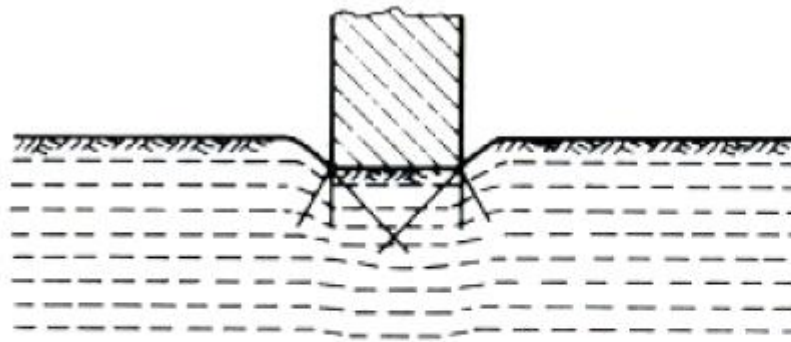
b) ROTTURA LOCALE



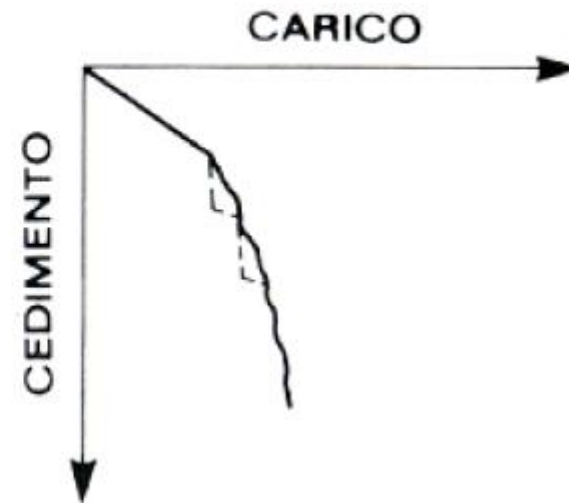


FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

MECCANISMI DI ROTTURA



c) PUNZONAMENTO



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

SCHEMA DI PRANDTL

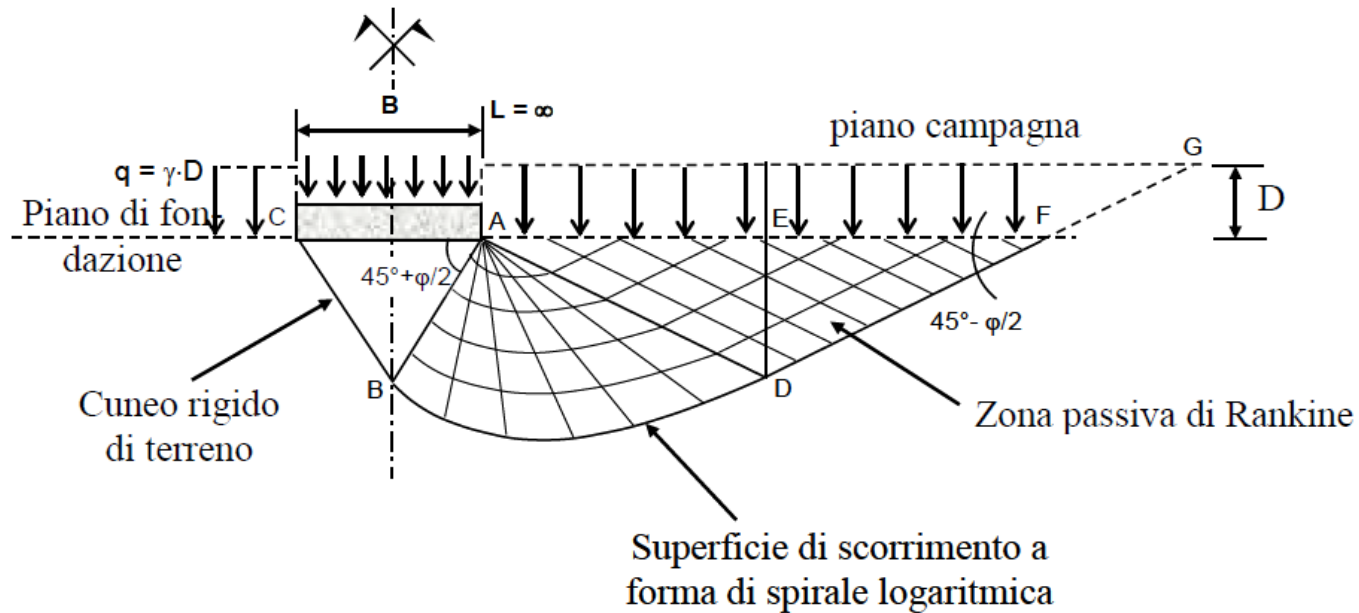


Figura 15.3: Schema di Prandtl per il calcolo della capacità portante

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

SCHEMA DI TERZAGHI

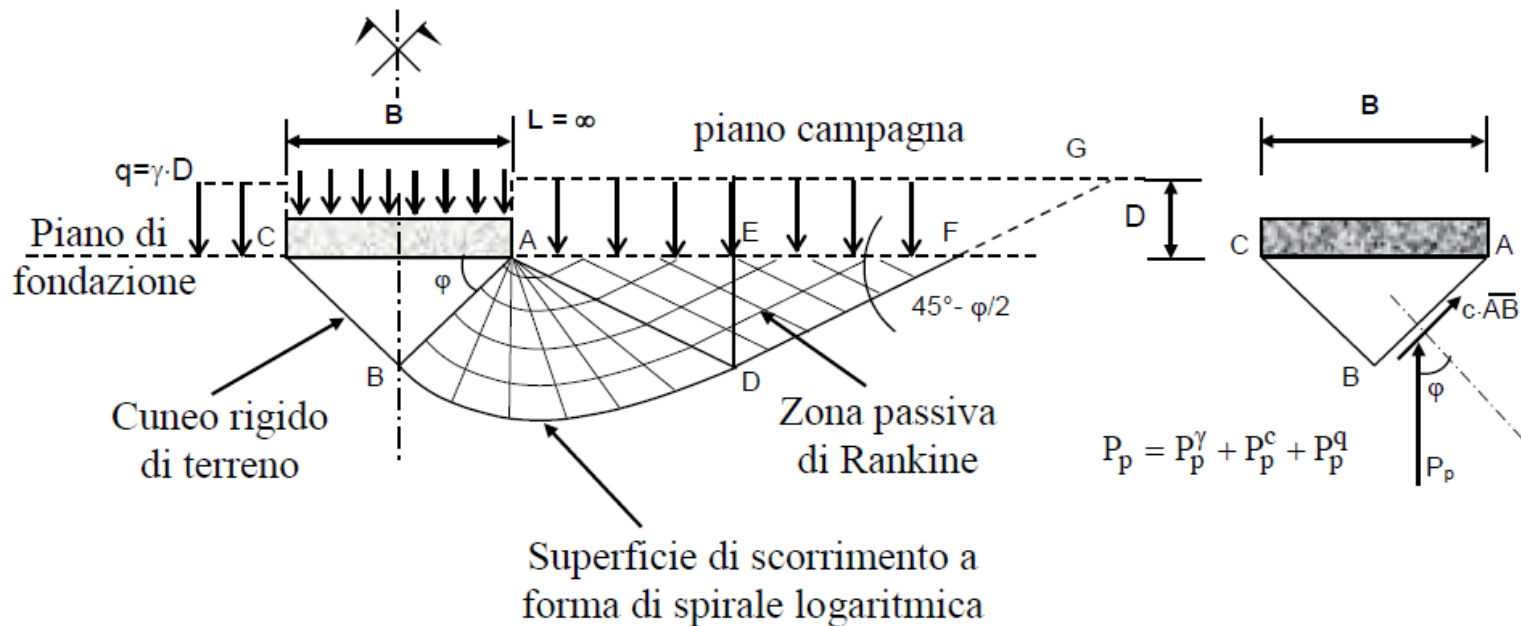
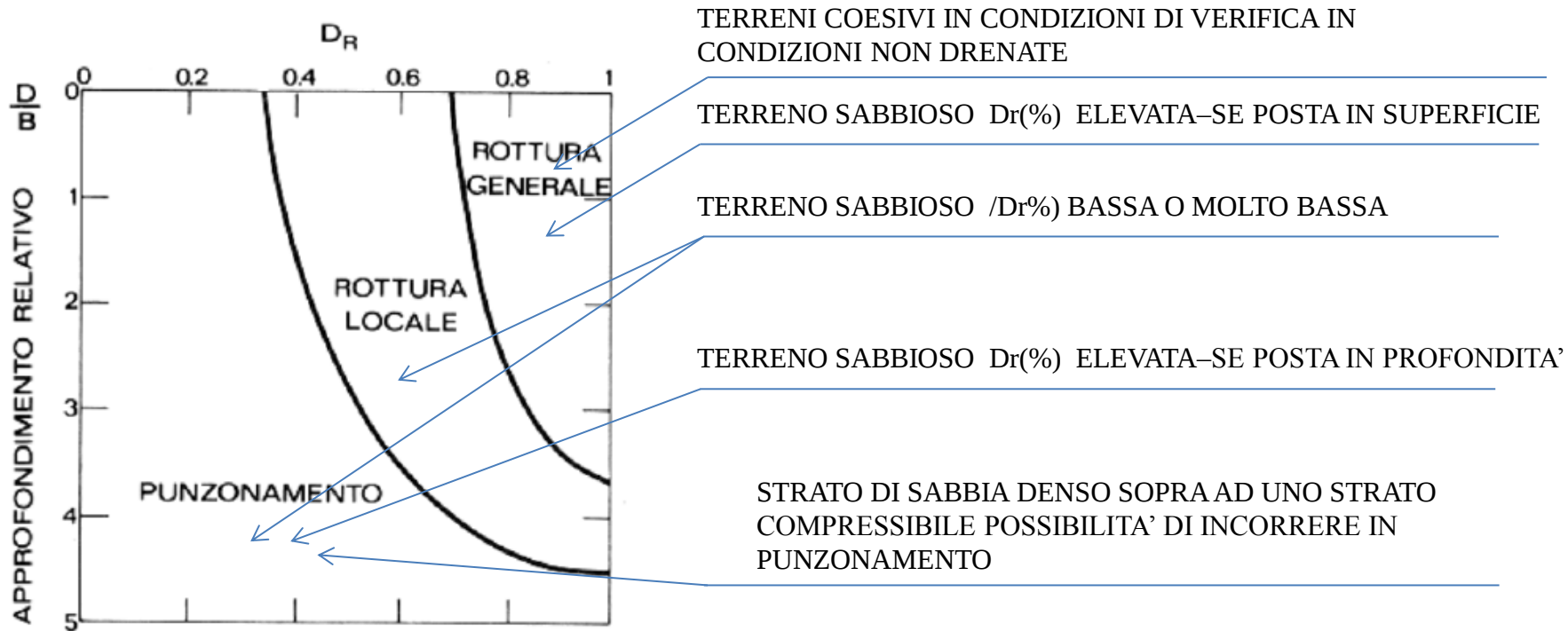


Figura 15.4: Schema di Terzaghi per il calcolo della capacità portante



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

MECCANISMI DI ROTTURA





FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

MECCANISMI DI ROTTURA

Il metodo approssimato semplice, suggerito da Terzaghi, per tenere conto dell'effetto della compressibilità del terreno di fondazione sulla capacità portante consiste nel ridurre di 1/3 i parametri di resistenza al taglio, ovvero nell'assumere come dati di progetto i valori:

$$c^* = 0,67 c \text{ e } \tan \varphi^* = 0,67 \tan \varphi$$

Per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali su sabbie mediamente addensate o sciolte

($DR < 0,67$) Vesic (1975) propose di utilizzare un valore di calcolo ridotto dell'angolo di resistenza al taglio, secondo l'equazione:

$$\tan \varphi^* = (0.67 + D_R - 0.75 D_R^2) \tan \varphi$$



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

MECCANISMI DI ROTTURA

Per controllare l'effettivo instaurarsi di tali condizioni di rottura, risulta utile (Vesic 1973) introdurre due parametri, " $I_{R,eff}$ " e " $I_{R,crit}$ ", rispettivamente indice di rigidità effettivo ed indice di rigidità critico, definiti come segue

$$I_{R,eff} = G / (c'_d + D \cdot \gamma'_{sup,d} \cdot \tan \phi'_d), \quad (5)$$

$$I_{R,crit} = 0,5 \cdot \exp[(3,3 - 0,45 \cdot B/L) \cdot \cot(\pi/4 - \phi'_d/2)], \quad (6)$$

con il seguente significato dei simboli:

- G = modulo di taglio del terreno;
- c'_d = coesione efficace di progetto;
- D = profondità del piano di posa;
- $\gamma'_{sup,d}$ = peso di volume di progetto del terreno al di sopra del piano di posa;
- B = larghezza della fondazione;
- L = lunghezza della fondazione.

Il confronto tra i valori assunti indica la tipologia di rottura:

se " $I_{R,eff} > I_{R,crit}$ " si avrà un meccanismo di rottura di tipo generale;

se " $I_{R,eff} < I_{R,crit}$ " si avrà un meccanismo di rottura per punzonamento o locale.



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

MECCANISMI DI ROTTURA: VESIC (1972)

ϕ	N_c	N_q	$N_{\gamma(H)}$	$N_{\gamma(M)}$	$N_{\gamma(V)}$	N_q/N_c	$2 \tan \phi(1 - \sin \phi)^2$
0	5.14	1.0	0.0	0.0	0.0	0.195	0.000
5	6.49	1.6	0.1	0.1	0.4	0.242	0.146
10	8.34	2.5	0.4	0.4	1.2	0.296	0.241
15	10.97	3.9	1.2	1.1	2.6	0.359	0.294
20	14.83	6.4	2.9	2.9	5.4	0.431	0.315
25	20.71	10.7	6.8	6.8	10.9	0.514	0.311
26	22.25	11.8	7.9	8.0	12.5	0.533	0.308
28	25.79	14.7	10.9	11.2	16.7	0.570	0.299
30	30.13	18.4	15.1	15.7	22.4	0.610	0.289
32	35.47	23.2	20.8	22.0	30.2	0.653	0.276
34	42.14	29.4	28.7	31.1	41.0	0.698	0.262
36	50.55	37.7	40.0	44.4	56.2	0.746	0.247
38	61.31	48.9	56.1	64.0	77.9	0.797	0.231
40	75.25	64.1	79.4	93.6	109.3	0.852	0.214
45	133.73	134.7	200.5	262.3	271.3	1.007	0.172
50	266.50	318.5	567.4	871.7	761.3	1.195	0.131



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

SCHEMA DI TERZAGHI – FORMULA E FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

La soluzione, per fondazione nastriforme con carico verticale centrato, è espressa nella forma:

$$q_{\text{lim}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} + c \cdot N_c + q \cdot N_q \quad (\text{Eq. 15.1})$$

dove N_{γ} , N_c , N_q sono quantità adimensionali, detti **fattori di capacità portante**, funzioni dell'angolo di resistenza al taglio ϕ e della forma della superficie di rottura considerata.

Con riferimento agli schemi delle Figure 15.3 e 15.4, relativi al caso di una fondazione nastriforme, è possibile evidenziare che il carico limite dipende, oltre che dalla larghezza della fondazione, B , e dall'angolo di resistenza al taglio, ϕ , del terreno:

- dalla coesione, c ;
- dal peso proprio del terreno, γ , interno alla superficie di scorrimento;
- dal sovraccarico presente ai lati della fondazione, che, in assenza di carichi esterni sul piano campagna, è dato da $q = \gamma \cdot D$ (Figure 15.3 e 15.4).

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$$

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

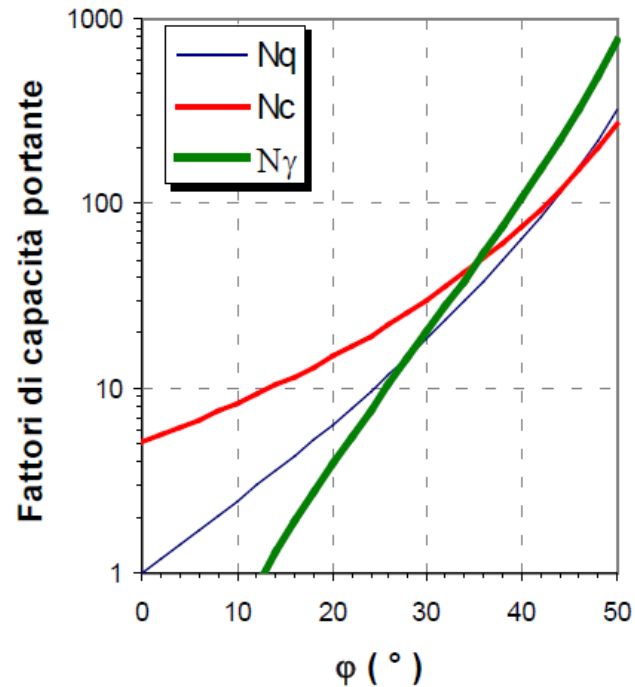


Figura 15.5: Fattori di capacità portante per fondazioni superficiali



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

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



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

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



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

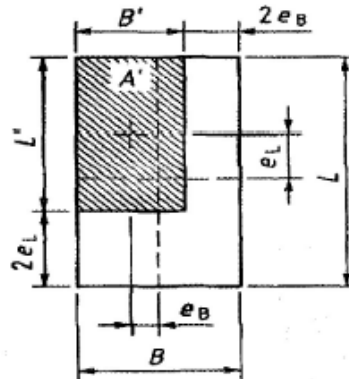
Fondazione rettangolare con carico eccentrico con doppia eccentricità (Meyerhof)

La sezione reagente da considerare è il rettangolo ridotto di lati:

$$L' = 2 \left(\frac{L}{2} - e_1 \right) = L - 2e_1$$

$$B' = 2 \left(\frac{B}{2} - e_2 \right) = B - 2e_2$$

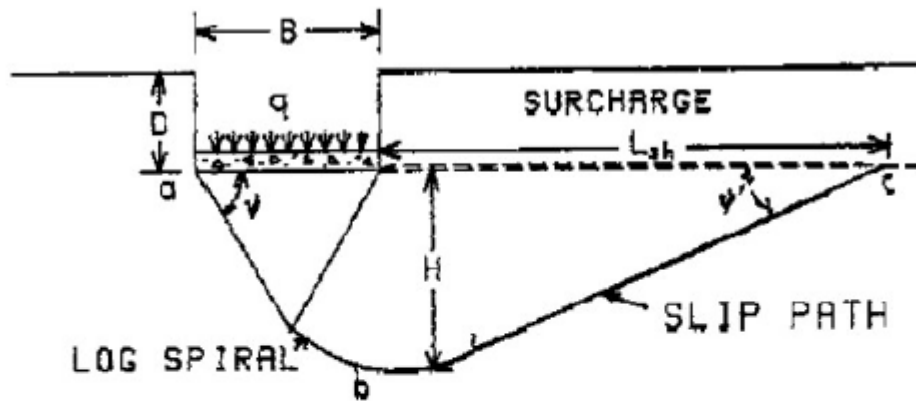
In tal modo ci si riconduce ad un'area di impronta con carico centrato.



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Fondazioni ravvicinate e terreni stratificati



$$L_{SH} = (H + D) \tan \left(45^\circ + \frac{\phi'_d}{2} \right)$$

dove H è la massima profondità raggiunta dalla superficie di taglio:

$$H = B \tan \left(45^\circ + \frac{\phi'_d}{2} \right)$$



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Capacità portante di fondazioni superficiali in condizioni drenate (terreni a grana grossa e condizioni a lungo termine terreni a grana fine)

$$q_{ult} = \left(\frac{1}{2} \cdot \gamma'_{inf,d} \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot \alpha_{\gamma} \right) + (c'_d \cdot N_c \cdot \alpha_c) + (\gamma'_{sup,d} \cdot D \cdot \cos \omega \cdot N_q \cdot \alpha_q).$$

L'angolo di attrito caratteristico, dal quale ricavare l'angolo efficace di progetto, va valutato in base al tipo di verifica da effettuare e al tipo di terreno a contatto con la fondazione. Si ricorda ad esempio che nel calcolo della capacità portante dei terreni granulari, anche in condizioni di buon addensamento degli stessi, la resistenza al taglio da utilizzare è inferiore a quella di picco. A bassi livelli di addensamento risulterebbe addirittura opportuno adottare l'angolo di resistenza al taglio a volume costante. Ciò è confermato anche da quanto enunciato in § C6.2.2 delle Istruzioni di applicazione del D.M. 14/01/2008:



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

I coefficienti α_i inseriti nella formula di Brinch - Hansen vengono definiti come segue

$$\begin{cases} \alpha_\gamma = s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot z_\gamma \\ \alpha_c = s_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot z_c \\ \alpha_q = s_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot z_q \end{cases}$$

Si fa osservare che i coefficienti correttivi “ z_j ”, illustrati in seguito, non sono presenti nella formulazione originaria di Brinch-Hansen.



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

$$\alpha_i = s_i \cdot i_i \cdot (d_i) \cdot g_i \cdot b_i \cdot z_i$$

Fattori correttivi per il calcolo della capacità portante.



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

I coefficienti “ d_i ”, fattori correttivi di profondità, sono posti tra parentesi in quanto non vengono riportati nella corrispondente formula dell'Eurocodice 7.

Vedasi a tal proposito la seguente citazione da Vesic [37]:

“... Note, however, that this increase of bearing capacity due to the depth effect occurs in conditions where the method of placement of the foundation (driving) causes significant lateral compression. There exists good evidence that this effect is practically nonexistent if the foundations are drilled-in or buried and backfilled, or if the overburden strata are relatively compressible. For this reason, it is advisable not to introduce depth factors in the design of shallow foundations.”

Per completezza nell'elenco seguente vengono illustrati anche questi fattori correttivi, lasciando al lettore la valutazione sulla opportunità circa un loro utilizzo.



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Fattori adimensionali di capacità portante –

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'_d} \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'_d}{2} \right) \quad (\text{Prandtl-Reissner, Meyerhof, ...})$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'_d \quad (\text{Prandtl-Reissner, Meyerhof, ...})$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \varphi'_d \quad (\text{Vesic, 1973}) \quad \left(\text{EC7: } N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \varphi'_d \right)$$

Fattori adimensionali correttivi di forma della fondazione - EN1997-1 Annex D

$$\left\{ \begin{array}{l} s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \varphi'_d \\ s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B'}{L'} \end{array} \right\} \quad (\text{forma rettangolare})$$
$$\left\{ \begin{array}{l} s_q = 1 + \tan \varphi'_d \\ s_\gamma = 0,7 \end{array} \right\} \quad (\text{forma quadrata o circolare})$$
$$s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)} \quad (\text{forma rettangolare, quadrata o circolare})$$



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Fattori adimensionali correttivi di inclinazione del carico (H_{Ed} = carico orizzontale di progetto)
EN1997-1 Annex D

$$\begin{cases} i_c = i_q - \frac{(1-i_q)}{(N_c \cdot \tan \varphi'_d)} \\ i_q = \left[1 - \frac{H_{Ed}}{N_{Ed} + A' \cdot c'_d \cdot \cot \varphi'_d} \right]^m \\ i_\gamma = \left[1 - \frac{H_{Ed}}{N_{Ed} + A' \cdot c'_d \cdot \cot \varphi'_d} \right]^{m+1} \end{cases}$$

dove:

$$\begin{aligned} m = m_B &= [2 + (B'/L')]/[1 + (B'/L')] && (H_{Ed} \text{ in direzione di } B'); \\ m = m_L &= [2 + (L'/B')]/[1 + (L'/B')] && (H_{Ed} \text{ in direzione di } L'). \end{aligned}$$

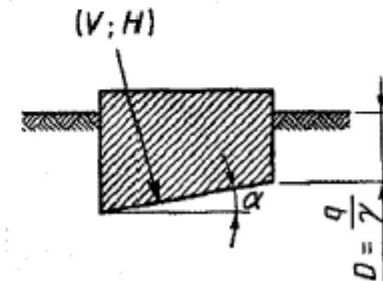
Se il carico orizzontale agisce lungo una direzione che forma un angolo θ con la direzione di L' : $m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta$.

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Fattori adimensionali correttivi di inclinazione della base — Hansen 1970, EN 1997-1 Annex D

$$\begin{cases} b_q = b_r = (1 - \alpha \tan \varphi'_d)^2 \\ b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \tan \varphi'_d} \end{cases}$$





FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Effetti del sisma sulla capacità portante

Durante un evento sismico la capacità portante delle fondazioni si riduce.

La formulazione di Brinch-Hansen consente di mettere in conto indirettamente il contributo della azione sismica, ma limitatamente alla inerzia della struttura portata, la quale induce caratteristiche di sollecitazione “dinamiche” sulle opere di fondazione “controllabili” attraverso i fattori correttivi enunciati precedentemente.

Quello che manca è la messa in conto del contributo inerziale del terreno. Per quantificare l'entità di tale fenomenologia esistono in letteratura vari studi sperimentali e teorici.

Il metodo proposto da Paolucci e Pecker (1997), propone l'utilizzo di ulteriori fattori correttivi alla formula generale di Brinch-Hansen.

Tali coefficienti vengono calcolati in funzione dell'angolo di attrito di progetto del terreno e del coefficiente sismico orizzontale k_h , definito secondo il D.M. 14/01/2008 come

$$k_h = (S \cdot a_g / g),$$

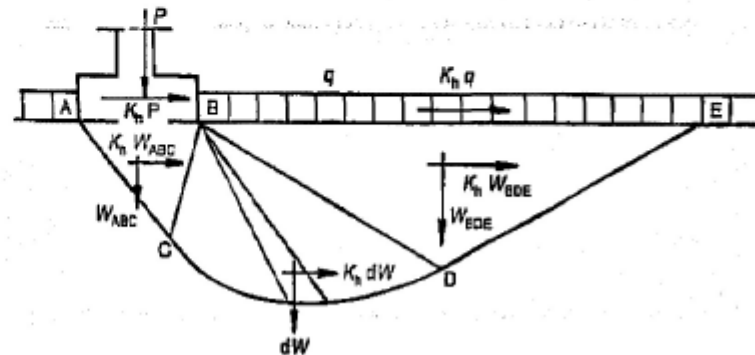
dove S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche tramite la relazione “ $S=S_s \cdot S_t$ ”; S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_t è il coefficiente di amplificazione topografica; a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito (D.M.14/01/2008 § 3.2).

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

I coefficienti correttivi proposti da Paolucci e Pecker possono essere calcolati con le formule seguenti (limite di validità: $k_h < \tan \varphi'$)

$$\begin{cases} z_q = z_\gamma = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \varphi'_d}\right)^{0,35} \\ z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h \end{cases}$$

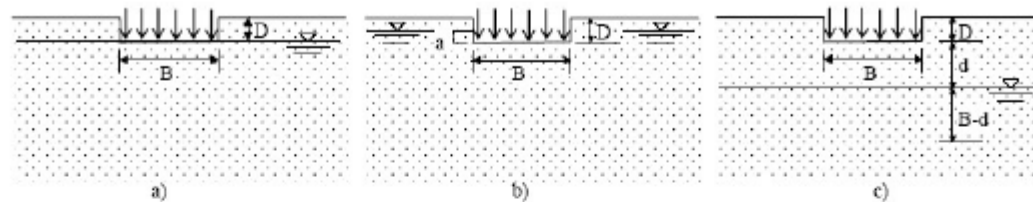


Effetti inerziali dovuti al sisma (Paolucci & Pecker, 1995) [29].

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Influenza della falda



Influenza della posizione della falda sul calcolo della capacità portante

Ipotizzando la presenza di falda in quiete, i casi possibili sono 4:

Caso a) Il pelo libero della falda coincide con il piano di posa della fondazione ($z_w = D$).

$$q_{lim} = N_q \gamma_{sup,d} D + N_c c' + \frac{1}{2} N_\gamma \gamma'_{inf,d} B$$

Caso b) Il pelo libero della falda si trova a quota $z_w < D$ ($z_w = D - a$ nella figura).

$$q_{lim} = N_q \left[\gamma'_{sup,d} (D - z_w) + \gamma_{sup,d} z_w \right] + N_c c' + \frac{1}{2} N_\gamma \gamma'_{inf,d} B$$



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Caso c) Il pelo libero della falda si trova a quota $z_w < B+D$ ($z_w = D+d$ nella figura).

$$q_{lim} = N_q \gamma_{sup,d} D + N_c c' + \frac{1}{2} N_\gamma \left[\gamma'_{inf,d} + \left(\gamma_{inf,d} - \gamma'_{inf,d} \right) \frac{z_w - D}{B} \right] B$$

Caso d) Il pelo libero della falda si trova a profondità maggiore di $D+B$.
In questo caso la presenza della falda può essere trascurata.

dove:

- $\gamma_{sup,d}$ = peso saturo del terreno al di sopra del piano di posa;
- $\gamma'_{sup,d}$ = peso immerso del terreno al di sopra del piano di posa;
- $\gamma_{inf,d}$ = peso saturo del terreno al di sotto del piano di posa;
- $\gamma'_{inf,d}$ = peso immerso del terreno al di sotto del piano di posa.



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Capacità portante di fondazioni superficiali in condizioni non drenate (condizioni a breve termine terreni a grana fine)

$$q_{lim} = 5,14 c_u s_c^0 d_c^0 i_c^0 b_c^0 g_c^0 z_c + q$$

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.

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

$$d_c^0 = \begin{cases} 1 + 0,4 \frac{D}{B'} & (D \leq B') \\ 1 + 0,4 \tan^{-1} \left(\frac{D}{B'} \right) & (D > B') \end{cases}$$

$$i_c^0 = \begin{cases} 1 - \frac{m H_{Ed}}{5,14 A' c_u} & (\text{Vesic}) \\ \frac{1}{2} \left[1 + \left(1 - \frac{H_{Ed}}{A' c_u} \right)^{0,5} \right] & (\text{EC7}) \end{cases}$$

$$b_c^0 = 1 - \frac{2\alpha}{5,14}$$

$$g_c^0 = 1 - \frac{2\omega}{5,14}$$

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Rottura per scorrimento

Questa verifica si basa sul controllo della resistenza a taglio alla base della fondazione, al fine di scongiurare un eventuale meccanismo di traslazione orizzontale, attivabile ad esempio in presenza di elevate forze sismiche. In generale la resistenza può essere calcolata come somma della resistenza allo scorrimento tra la base della fondazione e il terreno e una aliquota resistente dovuta alla spinta passiva del terreno circostante (a patto di potervi fare affidamento certo)

$$H \leq R_{h,t} + R_{h,p}$$

In condizioni drenate vale la:

$$R_{h,t} = V' \tan \delta$$

in cui:

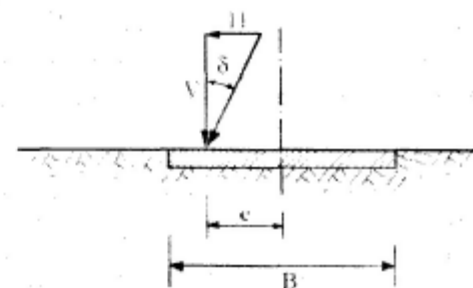
- V' = carico efficace di progetto normale alla base della fondazione;
- δ = angolo di attrito terreno/ base della fondazione. Per fondazioni di calcestruzzo gettato in opera può essere assunto pari all'angolo di resistenza al taglio ϕ' del terreno. Per fondazioni prefabbricate può essere assunto pari a $2/3 \phi'$

In condizioni non drenate:

$$R_{h,t} = A_c c_u$$

in cui:

- A_c = superficie efficace della base.
- c_u = resistenza a taglio non drenata di progetto.





FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Progetto secondo le NTC

6.4.2.1 Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
 - collasso per scorrimento sul piano di posa
 - stabilità globale
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: $(A2+M2+R2)$

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.

La rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: $(A1+M1+R1)$
- Combinazione 2: $(A2+M2+R2)$

Approccio 2:

$$(A1+M1+R3).$$

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0



FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE: FORMULA GENERALE BRINCH-HANSEN (1970)

Tabella 6.8.I – *Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.*

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Tabella 6.4.I - *Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.*

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$