

FONDAZIONI: TIPOLOGIE

Testi di riferimento

Viggiani C. (1998) «Fondazioni» Ed. Hevelius
Lancellotta R., Calavera J. (2000) «Fondazioni»

FONDAZIONI DIRETTE - SUPERFICIALI

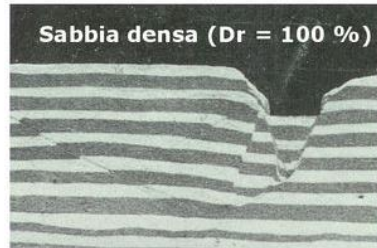
FONDAZIONI INDIRETTE - SEMIPROFONDE

FONDAZIONI INDIRETTE - PROFONDE

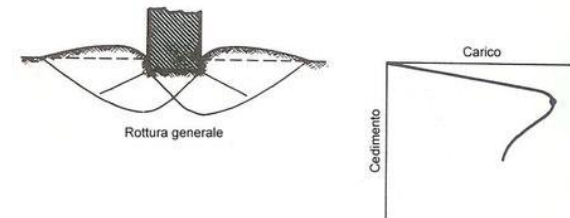
FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite

Definizioni e fenomenologia : Meccanismi di rottura

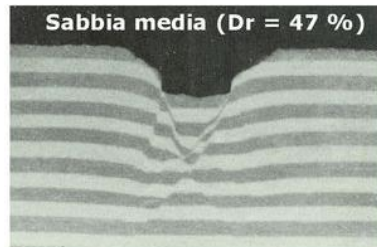
Le superfici di rottura si estendono fino a raggiungere la superficie del piano campagna. A questo meccanismo di rottura corrisponde un comportamento della fondazione di tipo plastico o fragile



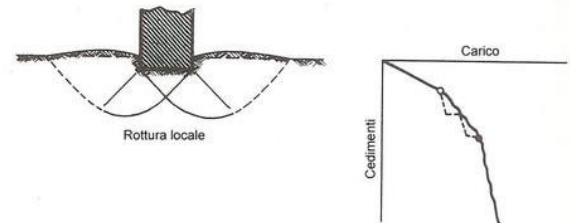
Rottura generale



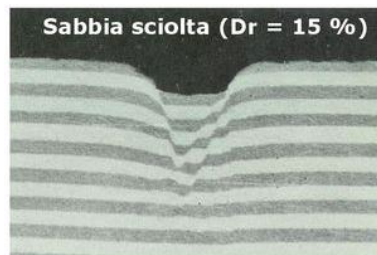
Le superfici di rottura interessano soltanto la zona in prossimità del cuneo sottostante la fondazione



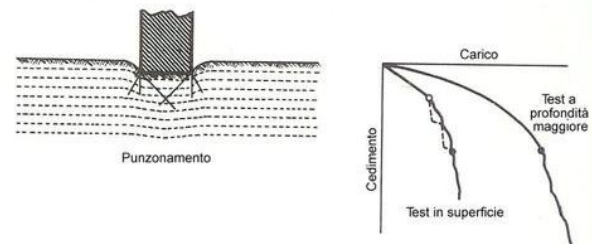
Rottura locale



Le superfici di rottura coincidono praticamente con le facce laterali del cuneo. Il terreno sotto la fondazione si comprime con riduzione dell'indice dei vuoti. Ad un meccanismo di questo tipo si unisce un comportamento plastico con incrudimento della fondazione, con aumento del cedimento all'aumento del carico senza una chiara determinazione del carico limite.



Punzonamento



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

FONDAZIONI DIRETTE:

Calcolo limite – Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

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

N_{γ}, N_c, N_q = fattori di capacità portante dipendenti da φ'

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

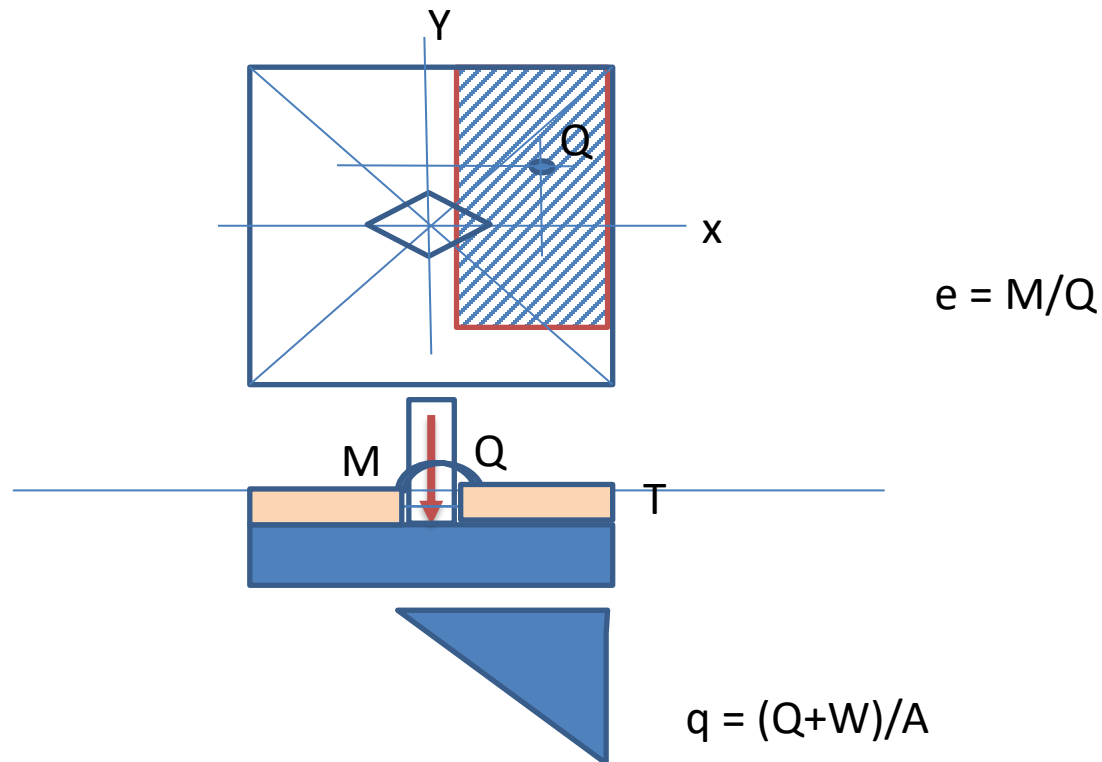
b_{γ}, b_c, b_q = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione

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

d_c, d_q = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

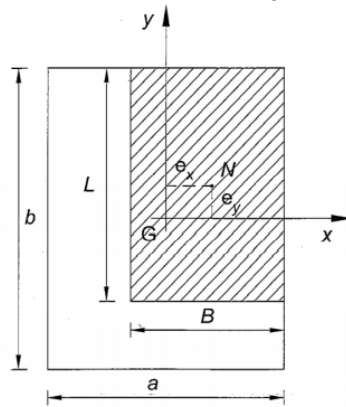
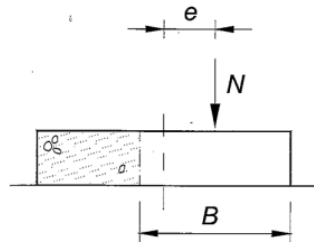
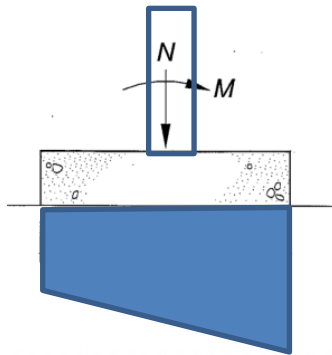
$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – eccentricità



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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – eccentricità

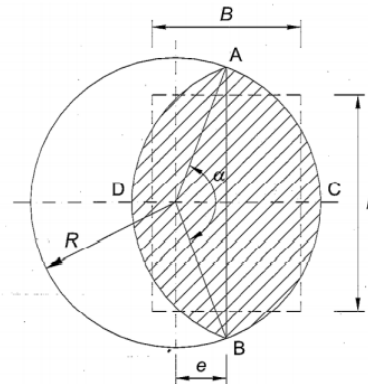


$$e_x = \frac{M_y}{N} \quad e_y = \frac{M_x}{N}$$

$$B = a - 2e_x$$

$$L = b - 2e_y$$

($B \leq L$)



$$\text{Area}(B \cdot L) = 2 \cdot \left[R^2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{R-h}{R} \right) - (R-h)(2R \cdot h - h^2)^{0.5} \right]$$

$$e = \frac{M}{N}$$

$$\frac{B}{L} = \frac{DC}{AB}$$

$$h = R - e$$

Meyerhof (1953)
area equivalente = minima
superficie ridotta rispetto
alla quale la risultante dei
carichi risulta centrata

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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – fattori di forma

FONDAZIONE QUADRATA $B < L$ (Meyerhof 1963)

$$s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} \frac{1 + \sin \varphi'}{1 - \sin \varphi'}$$

$$s_q = s_{\gamma}$$

$$s_{\gamma} = 1 + 0.1 \frac{B}{L} \frac{1 + \sin \varphi'}{1 - \sin \varphi'}$$

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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – fattori di approfondimento

Nei casi reali la fondazione ha sempre un certo approfondimento:

- effetto stabilizzante dovuto al sovraccarico ($q'N_q$)
- effetto stabilizzante dovuto alla resistenza al taglio lungo le pareti verticali (trascurabile visto che il terreno è rimaneggiato)

Brinch-Hansen (1970), Vesic (1973)

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B} \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \quad (D \leq B)$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D}{B} \right) \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \quad (D > B)$$

$$d_{\gamma} = 1 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \tan \phi}$$

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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – Carichi inclinati

Vesic (1970)

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{N + B^* \cdot L^* \cdot c \cdot \cot \phi} \right]^m$$

$$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{H}{N + B^* \cdot L^* \cdot c \cdot \cot \phi} \right]^{(m+1)}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan \phi}$$

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

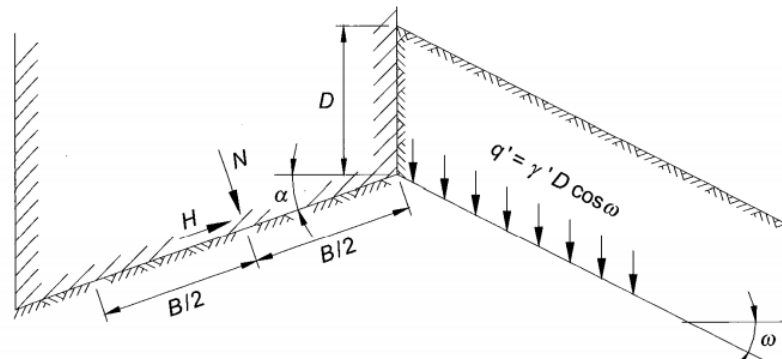
La presenza di uno sforzo tangenziale comporta una riduzione della capacità portante (i coefficienti sono minori dell'unità)

In questo caso occorre verificare anche la resistenza a scorrimento oltre alla capacità portante

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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – Base inclinata

Brinch-Hansen (1970)



$$b_{\gamma} = b_q = (1 - \alpha \tan \varphi)^2$$

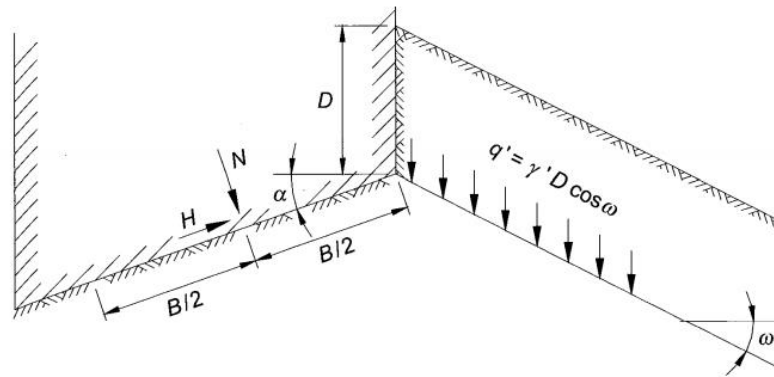
$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \tan \varphi}$$

La base inclinata permette di assorbire forti azioni orizzontali

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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – Piano di campagna inclinato

Brinch-Hansen (1970)



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

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

La presenza di uno sforzo tangenziale comporta una riduzione della capacità portante (i coefficienti sono minori dell'unità)

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

FONDAZIONI DIRETTE:

Calcolo q_{limite} in terreni a grana fine-argille

Le condizioni critiche sono quelle subito dopo l'applicazione del carico, a breve termine ->

ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI NON DRENATE

Poiché non è possibile prevedere lo sviluppo delle pressioni interstiziali il problema è affrontato in termini di tensioni totali (terreno come mezzo puramente coesivo)

$$\varphi = 0 \quad \tau = c_u$$

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

$$N_c = 2 + \pi = 5.14$$

$$N_{\gamma} = 0$$

$$N_q = 1$$

$$s_c^0 = 1 + 0.2 B/L$$

$$d_c^0 = 1 + 0.4 D/B$$

$$D \leq B$$

$$d_c^0 = 1 + 0.4 \tan^{-1} D/B$$

$$D > B$$

$$i_c^0 = 1 - mH/(BLc_u N_c)$$

$$m = (2 + B/L)/(1 + B/L)$$

$$b_c^0 = 1 - 2\alpha/(2 + \pi)$$

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

FONDAZIONI DIRETTE:

Calcolo q_{limite} in terreni a grana grossa - sabbie

In terreni non cementati:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

Valore di ϕ'

E' opportuno non eccedere nella assunzione di valori elevati di ϕ'

No ϕ' di picco

Più verosimilmente utilizzare ϕ'_{cv}

Per tenere conto della rottura progressiva e per il valore di pressione intergranulare che può portare alla rottura dei grani

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

FONDAZIONI DIRETTE:

Calcolo qlimite : coefficiente di sicurezza (vecchia normativa)

Coefficiente di sicurezza F = rapporto tra il carico limite che determina la rottura nel terreno e la somma dei carichi agenti

$$F = \frac{q_{lim} BL}{Q_S + P_F + P_R - S_W}$$

$$Q_{lim} / Azioni = 3$$

Q_S = carico strutturale

P_F = peso della fondazione

P_R = peso del rinterro

S_W = sottospinta idraulica

B, L = dimensioni della fondazione

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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo q_{limite} : Nuova normativa NTC2018

SLU

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al paragrafo 2.6.1 della normativa,

deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

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

FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo q_{limite} : Influenza della falda

Il calcolo della capacità portante ultima viene fatto utilizzando nelle relative formule il peso di unità di volume efficace del terreno. Il peso di unità di volume efficace compare sia nel termine di sovraccarico q , che nel termine dovuto al peso proprio. $0.5 \gamma B$ perenne γ , come si può vedere osservando la. Formula posta in testa alla diapositiva. Soltanto in rare occasioni e la quota della falda si trova al di sopra della base della Fondazione dato che tale evento causerebbe quantomeno problemi nella fase di costruzione.

In ogni modo, in tale caso, il termine q andrebbe modificato in modo da mettere in conto il valore efficace della pressione di sovraccarico. Questo valore viene calcolato semplicemente determinando lo sforzo alla quota della falda ottenuto sommando all'altezza dello strato compreso fra le superficie libera e la falda stessa, moltiplicato, per il. peso umido di unità di volume del terreno. L'altezza compresa tra la quota di falda e la base della Fondazione moltiplicata per il peso di unità di volume γ' .

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

FONDAZIONI DIRETTE: **Calcolo q_{limite} : Influenza della falda**

Se la superficie della falda coincide con quella del terreno, cioè piano di campagna, la pressione efficace è pari a circa la metà di quella che si avrebbe a parità di condizioni quando la falda si trova al di sotto della base della fondazione.

In questo caso quindi il peso specifico efficace è pari a circa la metà del peso di unità di volume saturo. Quando la falda si trova al di sotto del cuneo la presenza della falda non influenza il calcolo della capacità portante e può essere trascurata.

Quando il livello della falda cade all'interno del cuneo, il calcolo del peso specifico efficace da utilizzare al termine 0.5 $\gamma' B$ ammine γ può risultare leggermente più complesso, in molti casi tale termine può essere trascurato ottenendo una soluzione in favore di sicurezza. Quindi il suo contributo non è sostanziale.

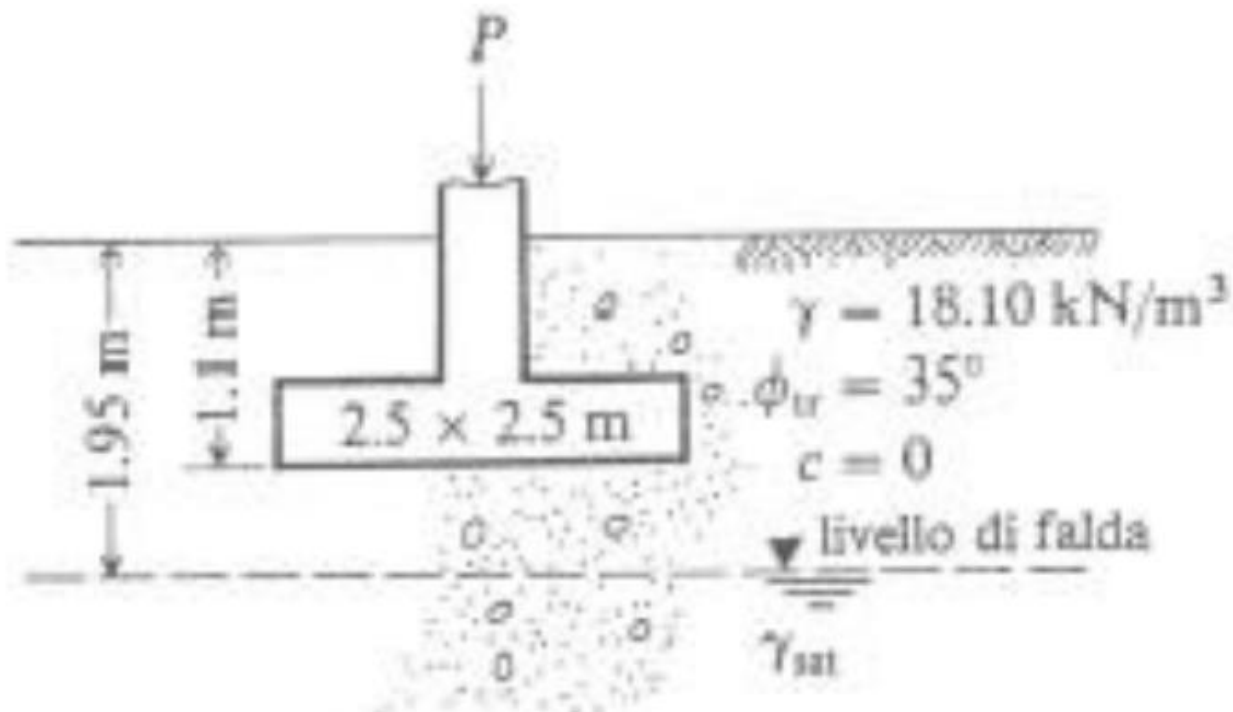
In ogni caso, se B è noto si può calcolare il peso specifico medio efficace del terreno del cuneo sotto la Fondazione.

$$\gamma_e = (2H - d_w) \frac{d_w}{H^2} \gamma_{wet} + \frac{\gamma'}{H^2} (H - d_w)^2$$

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

FONDAZIONI DIRETTE:

Calcolo limite – Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

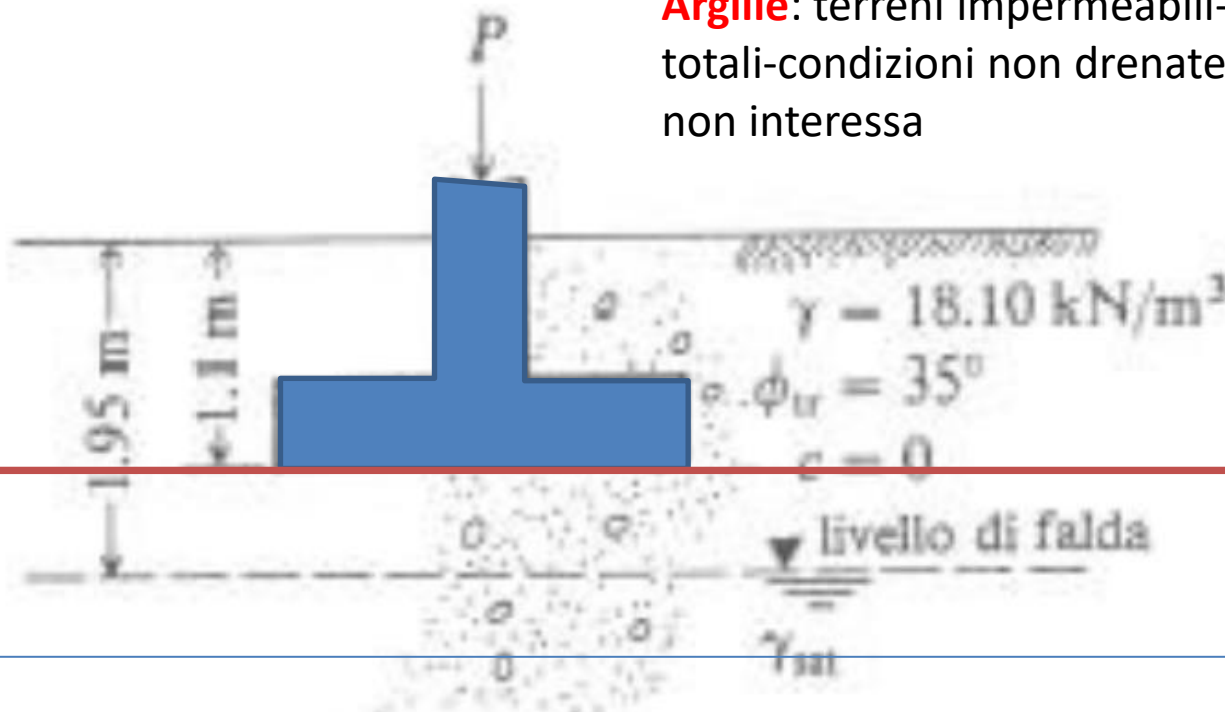


$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

FONDAZIONI DIRETTE:

Calcolo limite – Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

Argille: terreni impermeabili-tensioni
totali-condizioni non drenate: Falda
non interessa



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

FONDAZIONI DIRETTE:

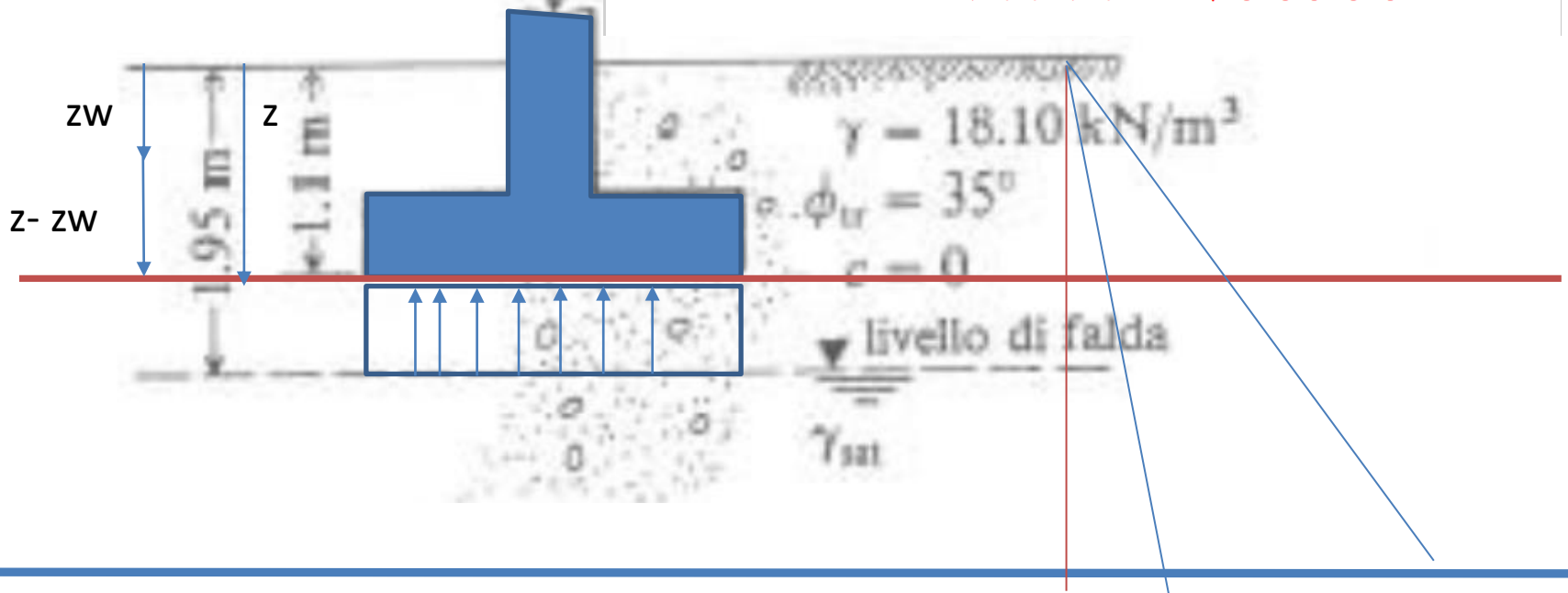
Calcolo limite – Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

Sabbie: terreni permeabili

$$q' = z_w \cdot \gamma' t + (z - z_w) \cdot \gamma'_{\text{imm}}$$

In terreni non cementati:

$$q_{\text{lim}} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$



FONDAZIONI DIRETTE: Calcolo limite – Formula generale di Brinch-Hansen (1970)

Si veda allegato A e Laboratorio esercizio 01