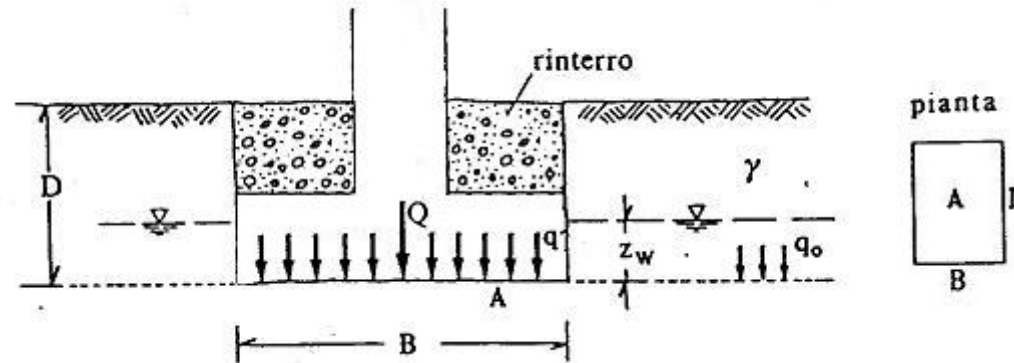


A. Fondazioni Superficiali

1. Tipologie
2. Scelta del piano di posa
- 3. Verifica del carico limite**
4. Verifica dei cedimenti

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite



$$q_{es} = \frac{N}{BL} + \gamma_{cls} h_{fond} + \gamma_{rinterro} (D - h) - \gamma_w z_w$$

Il complesso terreno-fondazione è verificato rispetto ad **una rottura per carico limite** quando il rapporto tra **carico limite** q_{lim} e carico di esercizio q_{es} è tale che (Art. C.4.2 del D.M. 11.03.88):

$$FS = \frac{q_{lim}}{q_{es}} \geq 3$$

Il rapporto FS rappresenta il *coefficiente di sicurezza globale*.

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

- Vecchia normativa \Rightarrow coefficiente di sicurezza globale:

$$E_k \leq \frac{R_k}{FS}$$

in cui E_k (azioni o effetto delle azioni) ed R_k (resistenza del sistema) sono i valori caratteristici ed F è il coefficiente (o fattore) di sicurezza (globale).

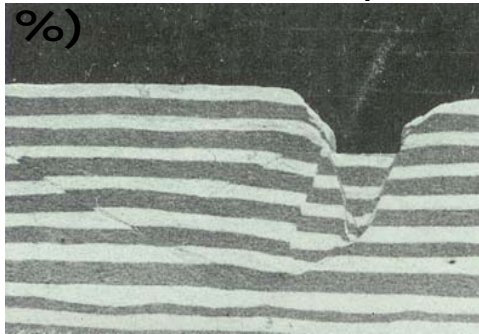
- Nuova normativa \Rightarrow coefficienti di sicurezza parziali:

$$E_d = \gamma_A E_k \leq \frac{R_k}{\gamma_M} = R_d$$

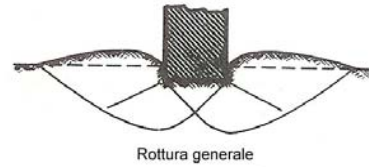
in cui i valori caratteristici E_k ed R_k sono trasformati in valori di calcolo E_d ed R_d attraverso i coefficienti parziali γ .

Meccanismi di collasso delle fondazioni superficiali

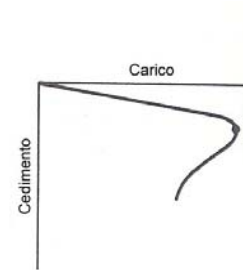
Sabbia densa ($D_r = 100$



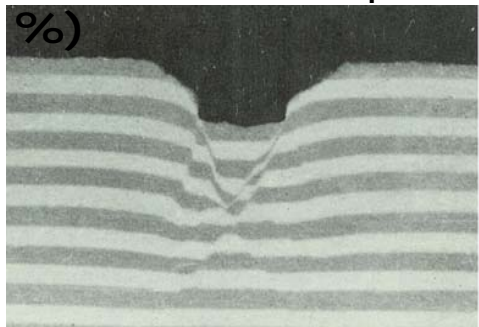
Rottura generale



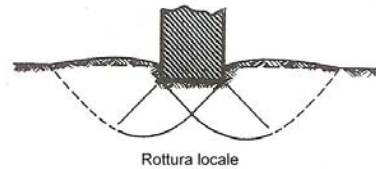
Rottura generale



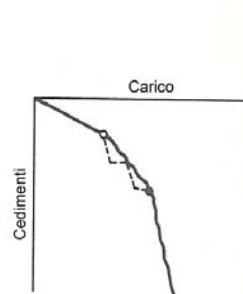
Sabbia media ($D_r = 47$



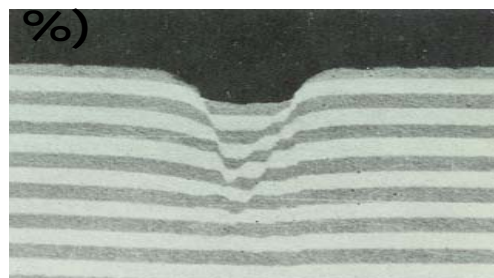
Rottura locale



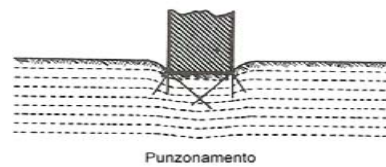
Rottura locale



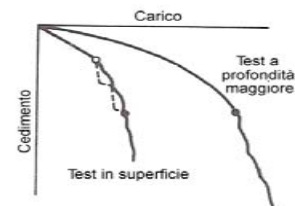
Sabbia sciolta ($D_r = 15$



Punzonamen



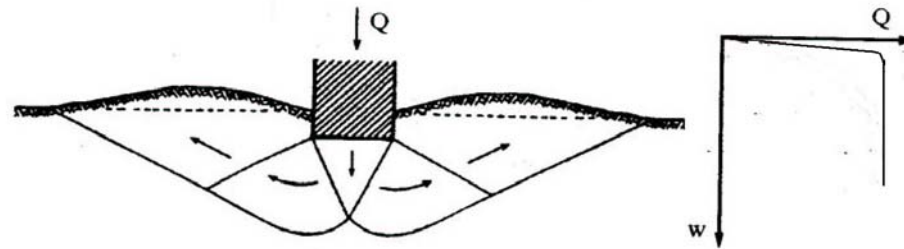
Punzonamento



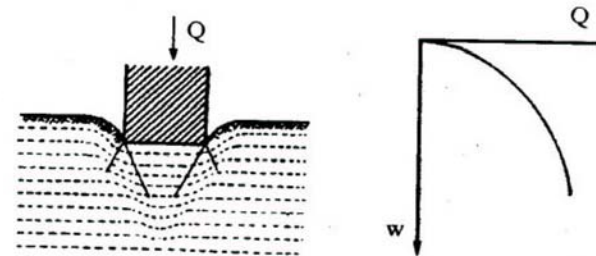
Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Il carico limite di rottura ($q_{lim} = R_k/A$) di una fondazione superficiale può essere raggiunto secondo due principali meccanismi di collasso :

✓ *Rottura Generale*



✓ *Rottura per Punzonamento*



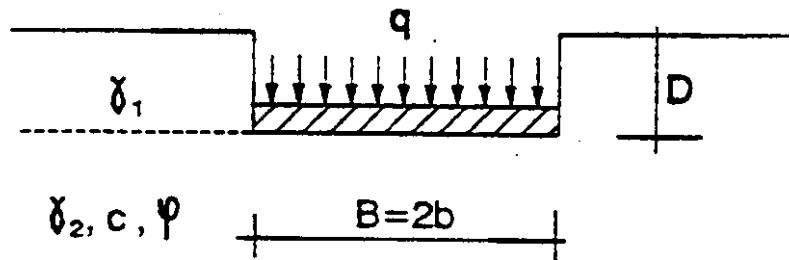
Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*

Ipotesi :

- mezzo rigido plastico-perfetto ed omogeneo
- striscia indefinita di carico /fondazione nastriforme (deformazione piana)
- carico verticale e centrato
- presenza di attrito fondazione-terreno
- piano di posa della fondazione e piano campagna orizzontali

$$q_{\text{lim}} = c \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + \frac{1}{2} B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma$$



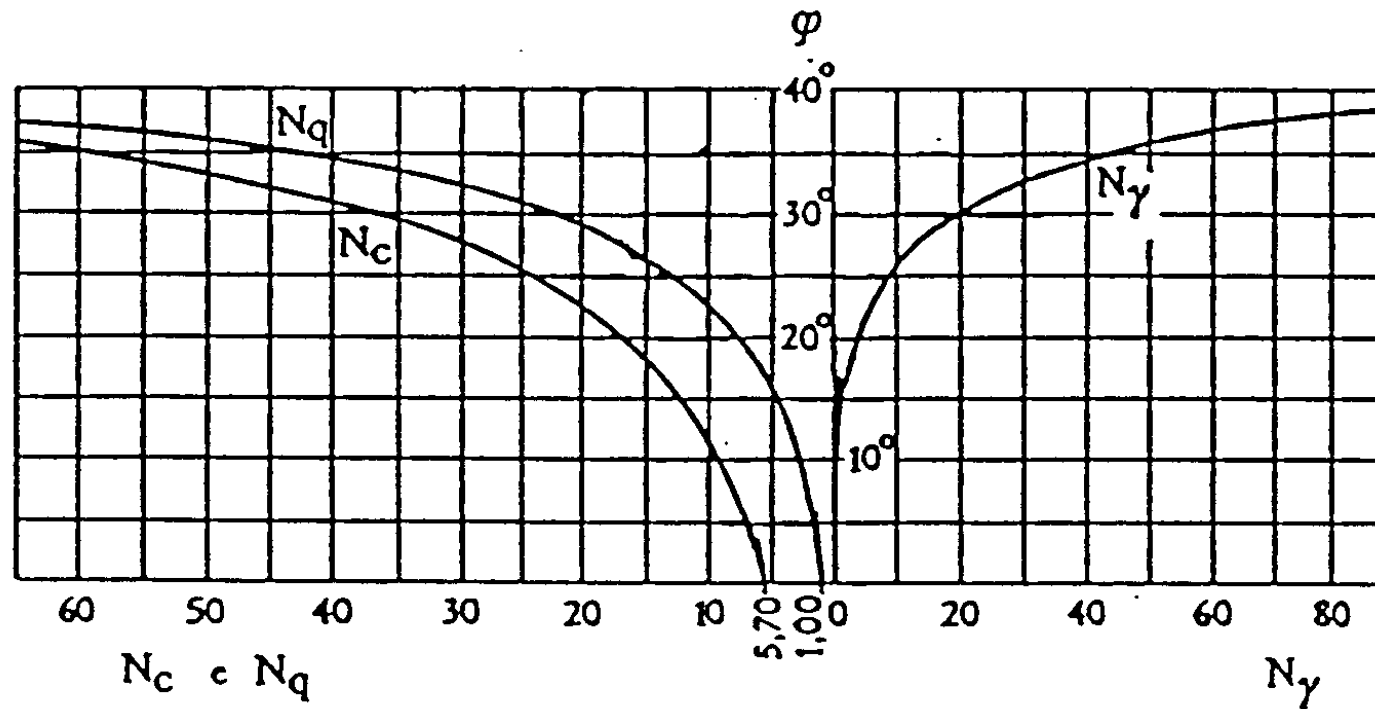
c – coesione

φ – angolo di attrito

N_c, N_γ, N_q – coefficienti di carico limite
dipendenti da φ

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*



Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*

Forma della fondazione

L'ipotesi di fondazione nastriforme è rimossa aggiungendo i coefficienti correttivi s_c e s_γ che permettono di estendere il calcolo del carico limite al caso di fondazioni *quadrate* o *circolari*.

$$q_{\text{lim}} = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + \frac{1}{2} B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

Fondazione	Nastriforme	Circolare	Quadrata
s_c	1.0	1.3	1.3
s_γ	1.0	0.6	0.8

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

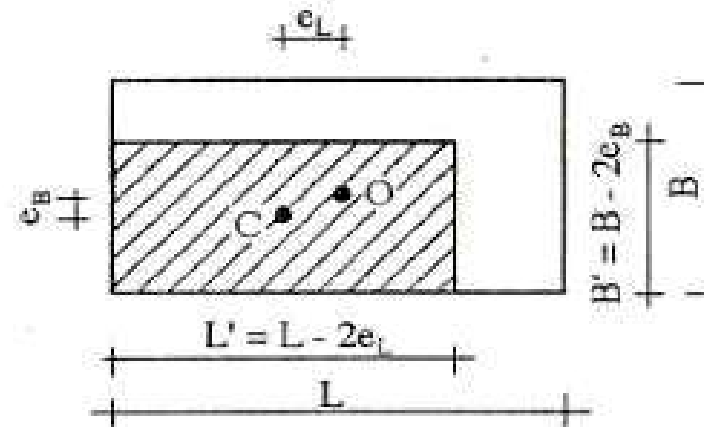
Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*

Carico eccentrico

L'ipotesi di carico centrato è aggirata tenendo conto di una fondazione equivalente di dimensioni ridotte $B' \times L'$.

$$B' = B - 2e_B$$

$$L' = L - 2e_L$$



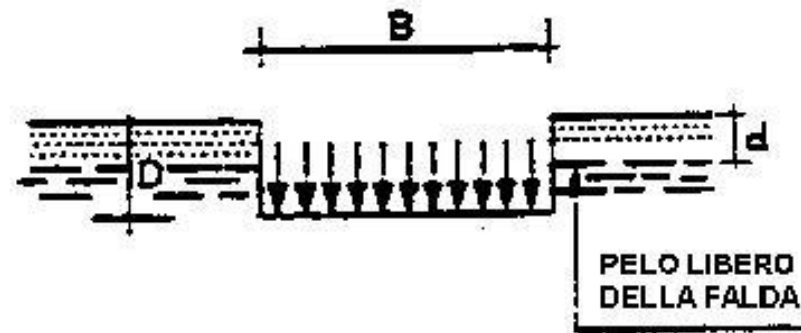
Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*

Analisi in Condizioni Drenate (Lungo Termine - L.T.)

$$\begin{cases} c \rightarrow c' \\ \varphi \rightarrow \varphi' \\ \gamma \rightarrow \gamma' = \gamma - \gamma_w \end{cases}$$

N_c, N_γ, N_q funzioni di φ'



$$1. \quad 0 \leq d \leq D \quad q_{\text{lim}} = c'N_c + [\gamma_1 d + \gamma'_1 (D - d)] N_q + \frac{1}{2} B \gamma'_2 N_\gamma$$

$$2. \quad D < d \leq D + B \quad q_{\text{lim}} = c'N_c + \gamma_1 D N_q + \frac{1}{2} B \left[\gamma'_2 + \frac{\gamma_w}{B} (d - D) \right] N_\gamma$$

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*

Analisi in Condizioni non Drenate (Breve Termine - B.T.)

$$\left\{ \begin{array}{l} c \rightarrow c_u \\ \varphi \rightarrow \varphi_u = 0 \\ \gamma \rightarrow \gamma_{tot} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} N_c = 5.7 \\ N_\gamma = 0 \\ N_q = 1 \end{array} \right.$$

$$q_{lim} = 5.7 \cdot c_u + \gamma_1 \cdot D$$

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*

Nota 1

In condizioni di L.T. la q_{lim} è una funzione lineare della larghezza B della fondazione. In condizioni di B.T. questa dipendenza decade.

In generale, *non esiste una σ_{amm} del terreno.*

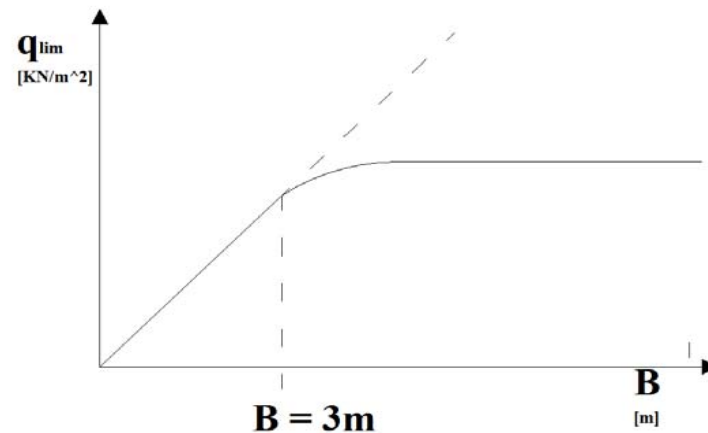
Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula trinomia di Terzaghi (1943)*

Nota 2

La dipendenza lineare che a L.T. lega la q_{lim} alla dimensione B della fondazione è verificata da Terzaghi solo per $B \leq 3$ m (fondazioni raccolte di piccole dimensioni).

Spesso per $B > 3$ m il meccanismo di rottura ipotizzato da Terzaghi (rottura generale) non è più valido, è infatti probabile che quello mobilitato sia quello di punzonamento.



Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula generalizzata di Hansen (1970)*

In tensioni efficaci (L.T.)

$$\begin{aligned}q_{\text{lim}} &= c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c \\ &+ \gamma'_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \\ &+ \frac{1}{2} \cdot \gamma'_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma\end{aligned}$$

Coefficienti di carico limite:

$$N_q = \frac{1 + \text{sen } \varphi'}{1 - \text{sen } \varphi'} \exp(\pi \text{tg } \varphi')$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg } \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) \text{tg } \varphi'$$

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula generalizzata di Hansen (1970)*

Coefficienti di forma:

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \operatorname{tg} \varphi'$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

B x L

dimensioni della fondazione

Coefficienti di profondità del piano di posa:

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

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \varphi' \cdot (1 - \operatorname{sen} \varphi')^2 \cdot k$$

$$d_\gamma = 1$$

$$k = \begin{cases} \frac{D}{B} & \text{per } \frac{D}{B} \leq 1 \\ \operatorname{arctg} \left(\frac{D}{B} \right) & \text{per } \frac{D}{B} > 1 \end{cases}$$

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

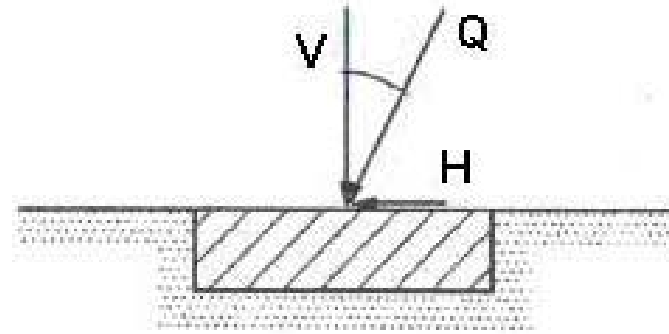
Rottura Generale: *Formula generalizzata di Hansen (1970)*

Coefficienti di inclinazione del carico:

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

$$i_q = \left[1 - 0.5 \cdot \frac{H}{V + A \cdot c_a \cdot \text{ctg } \varphi'} \right]^5$$

$$i_\gamma = \left[1 - 0.7 \cdot \frac{H}{V + A \cdot c_a \cdot \text{ctg } \varphi'} \right]^5$$



c_a – adesione fondazione / terreno ($0 < c_a < c'$)

δ – attrito efficace fondazione / terreno (e.g.: $\frac{2}{3} \varphi'$)

In presenza di carico inclinato si deve eseguire la **verifica allo scorrimento orizzontale** della fondazione: $H \leq (c_a \cdot A + V \cdot \text{tg } \delta)$

Nota: $0 < i_q$ e $i_\gamma \leq 1$. Non usare i coefficienti i_i assieme a quelli s_i .

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula generalizzata di Hansen (1970)*

Coefficienti di inclinazione del piano di posa:

$$b_q = (1 - \eta \operatorname{tg} \varphi')^2$$

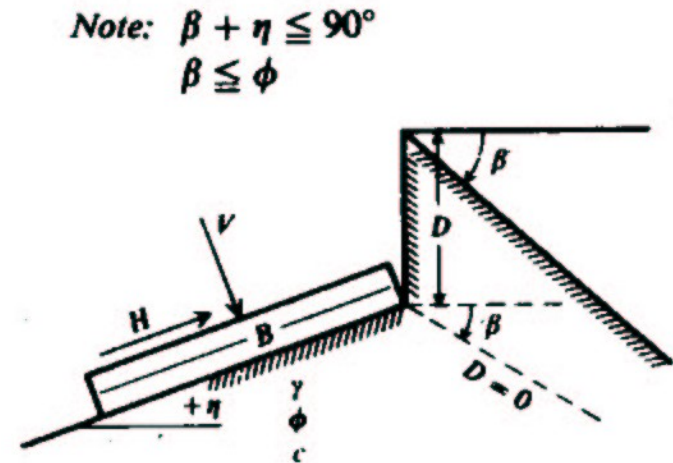
$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \operatorname{tg} \varphi'}$$

$$b_\gamma = b_q$$

Coefficienti di inclinazione del piano campagna:

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \operatorname{tg} \beta)^5$$



Nota: A meno di specifica indicazione ($^\circ$), gli angoli si intendono espressi in radianti.

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Formula generalizzata di Hansen (1970)*

In tensioni totali (B.T.)

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c^0 \cdot s_c^0 \cdot d_c^0 \cdot i_c^0 \cdot b_c^0 \cdot g_c^0 + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q^0$$

dove:

$$\begin{aligned} N_c^0 &= \pi + 2 = 5.14 & i_c^0 &= 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A \cdot c_a}} & \left(c_a = \alpha c_u \text{ con } \frac{2}{3} \leq \alpha \leq 1 \right) \\ N_q^0 &= 1 & b_c^0 &= 1 - \frac{2\eta}{\pi + 2} \\ s_c^0 &= 1 + 0.2 \frac{B}{L} & g_c^0 &= 1 - \frac{2\beta}{\pi + 2} \\ d_c^0 &= 1 + 0.4 \cdot k \end{aligned}$$

Fondazioni Superficiali: Verifica del carico limite

Rottura Generale: *Tutte le formule*

Nota 2

Anche in questo caso, la dipendenza lineare che a L.T. lega la q_{lim} alla dimensione B della fondazione è verificata solo per $B \leq 3$ m (fondazioni raccolte di piccole dimensioni).

Spesso per $B > 3$ m il meccanismo di rottura generale non è più valido, è infatti probabile che quello mobilitato sia quello di punzonamento.

