

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA
DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE
PARI A 43,0 MVA DENOMINATO "PADULA"**

**REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di FOGGIA
COMUNE di CANDELA**

Località: Masseria Padula

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU HF0TH51

Tav.:

Titolo:

18c

**Relazione Geotecnica, Sismica - Cabina
di Smistamento esistente "Matisse"**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

HF0TH51_RelazioneGeotecnica_18c

Progettazione:

Committente:

DOTT. ING. Fabio CALCARELLA

Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fablo.calcarella@gmail.com - fablo.calcarella@ingpec.eu
P. IVA 04433020759

Whysol-E Sviluppo S.r.l.

Via Meravigli, 3 - 20123 - MILANO
Tel: +39 02 359605
info@whysol.it - whysol-e.sviluppo@legalmail.it
P. IVA 10692360968



Fabio Calcarella

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2020	Prima emissione	STC	FC	WHYSOL E- Sviluppo s.r.l.

RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1** - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1** - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di un manufatto e che a sua volta influenza il comportamento strutturale del manufatto stesso. Di seguito si illustrano i risultati delle indagini geologiche eseguite, nonché l'interpretazione dei risultati ottenuti. Dal quadro generale in tal modo scaturito si definiscono le caratteristiche della fondazione da adottare ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e fondazione-terreno.

Di seguito si riportano alcuni cenni teorici relativi alle modalità di calcolo implementate e la descrizione della simbologia adottata nei tabulati.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il "meccanismo generale" e quello di "punzonamento". Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto, conseguentemente il terreno circostante la fondazione è interessato da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Quest'ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva cedimenti-carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Vesic ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza " I_r " così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \operatorname{sen}(\varphi).$$

L'indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico " $I_{r,crit}$ ":

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cdot \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza è minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidezza, dell'angolo d'attrito e della geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se $I_r < I_{r,crit}$ si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[\left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \operatorname{tg}(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \operatorname{sen}(\varphi) \log_{10}(2 \cdot I_r)}{1 + \operatorname{sen}(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(I_r)$$

- se $I_r > I_{r,crit}$ si ha che $\Psi_\gamma = \Psi_q = \Psi_c = 1$.

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- E_{ed} modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione
- ν coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione
- k_0 coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione
- φ angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa
- c' coesione (espressa in termini di tensioni efficaci)
- σ' tensione litostatica effettiva a profondità $D+B/2$
- L luce delle singole travi di fondazione
- D profondità del piano di posa della fondazione a partire dal piano campagna
- B larghezza della trave di fondazione

Definito il meccanismo di rottura, il calcolo del carico limite viene eseguito modellando il terreno come un mezzo rigido perfettamente plastico con la seguente espressione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- N_q, N_c, N_γ , fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno φ del terreno
- s_q, s_c, s_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di forma
- d_q, d_c, d_γ , coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento
- i_q, i_c, i_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico
- γ_1 peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- γ_2 peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa

Per fondazioni aventi larghezza modesta si dimostra che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", sia secondo Vesic che secondo de Beer, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. Bowles per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left(\frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico Meyerhof consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto (A_f) tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}\right)$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione di Brinch-Hansen

$$N_q = tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione Eurocodice 7

$$N_q = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \sin(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{B}\right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^3 \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Si ricorda che per le relazioni sopra riportate nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0, N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$.

Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)

- α_1, α_2 esponenti di potenza che variano tra 2 e 5

Nel caso in cui il cuneo di fondazione sia interessato da falda idrica il valore di γ_2 nella formula trinomia assume la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{90 + \varphi}{2}\right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- γ peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa
- γ_{sat} peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa
- z profondità della falda dal piano di posa
- h_c altezza del cuneo di rottura della fondazione

Tutto ciò che è stato detto sopra è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti, o comunque riconducibili, a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni i parametri vengono determinati con la seguente procedura:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati; quindi si determinano il numero degli strati interessati da esso
- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori: il primo dato dall'applicazione della formula trinomia alla quota i -esima dello strato; il secondo dato dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame
- il minimo di questi due valori sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata

Si può formulare il procedimento anche in forma analitica:

$$q'_{ult} = [q''_{ult} + q_{resT}]_{\min} = \left[q''_{ult} + \frac{P}{A_f} (P_V \cdot K_S \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q''_{ult} carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato
- p perimetro della fondazione
- P_V spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato
- K_S coefficiente di spinta laterale del terreno
- d distanza dal piano di posa allo strato interessato

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU ROCCIA

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice *RQD* (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di *RQD* è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni: quella di Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968), entrambe correlate all'indice *RQD*. In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q'_{ult} carico limite dell'ammasso roccioso
- q''_{ult} carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz

In questo caso l'equazione trinomia del carico limite assume la seguente forma:

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

I termini presenti nell'equazione hanno lo stesso significato già visto in precedenza; i coefficienti di forma assumeranno i seguenti valori:

$s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastroiforme

$s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato;

$s_\gamma = 1.0$ per fondazioni di tipo nastroiforme

$s_\gamma = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato.

I fattori adimensionali di portanza a seconda della formulazione adottata saranno:

Formulazione di Terzaghi (1943)

$$N_q = \frac{e^{2 \left(0.75\pi - \frac{\varphi}{2}\right) \operatorname{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} \quad N_\gamma = \frac{\operatorname{tg}(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi)} - 1\right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

se $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$K_{p\gamma}$	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968)

$$N_q = \operatorname{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \operatorname{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa bisogna effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti: la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale, oltre a queste due componenti, può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione fino ad un massimo del 30%. La formulazione analitica della verifica può essere esposta nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \operatorname{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- T_{Sd} componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- N_{Sd} componente verticale del carico agente sulla fondazione
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- S_p spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione
- f_{Sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva
- A_f superficie di contatto del piano di posa della fondazione

La verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele alla base della fondazione che per quelle ortogonali.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è

confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo: quello di Boussinesq, quello di Westergaard oppure quello di Mindlin; tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il metodo di Westergaard differisce da quello di Boussinesq per la presenza del coefficiente di Poisson "ν", quindi si adatta meglio ai terreni stratificati. Il metodo di Mindlin differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico mentre i primi due lo pongono esclusivamente sulla frontiera quindi si presta meglio al caso di fondazioni molto profonde. Nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico il metodo di Mindlin risulta equivalente a quello di Boussinesq. Le espressioni analitiche dei tre metodi di calcolo sono:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{1-2 \cdot \nu}}{\left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1-\nu) \cdot D^2} \left(\frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{A^3} + \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m-1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m+1)^3}{B^7} - \frac{3 \cdot (3-4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m+1)^2 - 3 \cdot (m+1) \cdot (5 \cdot m-1)}{B^5} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m-1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m+1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo
- D proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

Basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, l'algoritmo implementato esegue un'integrazione delle equazioni di cui sopra lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; questo consente di determinare la variazione dello stato tensionale verticale "Δσ_v". Bisogna sottolineare che, nel caso di pressione, "Q" va definito come "pressione netta", ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente che può essere sopportata con sicurezza alla profondità "D" del piano di posa delle fondazioni. Questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

CALCOLO DEI CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni assume una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi, in special modo nella fase di esercizio. Nell'evolversi della fase di cedimento il terreno passa da uno stato di sforzo corrente dovuto al peso proprio ad uno nuovo dovuto all'effetto del carico addizionale applicato. Questa variazione dello stato tensionale produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico. L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento che nel caso in esame è verticale. Nonostante la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che ai fini del calcolo dei cedimenti modellare il terreno come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. In letteratura sono descritti diversi metodi per il calcolo dei cedimenti ma si ricorda che, qualunque sia il metodo di calcolo, la determinazione del valore del cedimento deve intendersi come la miglior stima delle deformazioni subite dal terreno da attendersi all'applicazione dei carichi. Nel seguito vengono descritte le teorie implementate:

Metodo edometrico, che si basa sulla nota relazione:

$$w_{ed} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione dello stato tensionale verticale alla profondità "z_i" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- $E_{ed,i}$ modulo edometrico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

Si ricorda che questo metodo si basa sull'ipotesi edometrica quindi l'accuratezza del risultato è maggiore quando il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni è ridotto, tuttavia il metodo edometrico consente una buona approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Metodo dell'elasticità, che si basa sulle note relazioni:

$$w_{imp.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \qquad w_{Lib.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2 \cdot \nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $w_{imp.}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita
- $w_{Lib.}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale libera
- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione stato tensionale verticale alla profondità "z_i" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- E_i modulo elastico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

La doppia formulazione adottata consente di ottenere un intervallo di valori del cedimento elastico per la fondazione in esame (valore minimo per $w_{imp.}$ e valore massimo per $w_{Lib.}$).

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Altezza altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lung. Elem. dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Lung. Travata nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale del macroelemento

per tipologia platea:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna
- Dia. Eq. diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento
- Spessore spessore dell'elemento
- Superficie superficie dell'elemento
- Vert. Elem. Numero dei vertici che costituiscono l'elemento
- Macro nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta il numero del macroelemento

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga

nella quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Ecc. B eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- Ecc. L eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Taglio B sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- S.Taglio L sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Normale carico normale agente sul piano di fondazione
- T.T.min minimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale
- T.T.max massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale

per tipologia platea:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Press. N1 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento
- Press. N2 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento
- Press. N3 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento
- Press. N4 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento
- S.Taglio X sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse X del riferimento globale
- S.Taglio Y sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse Y del riferimento globale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un'ulteriore riga nella quale sono riportate le macroazioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi che compongono la platea) agenti sul plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico
- Qlim capacità portante totale data dalla somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres P (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile)
- Qlim q termine relativo al sovraccarico della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim g termine relativo alla larghezza della base di fondazione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim c termine relativo alla coesione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qres P termine relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Diverso da zero solo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)

- Q_{max} / Q_{lim} rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale ed il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).
- T_{Blim} valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- T_B / T_{Blim} rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- T_{Llim} valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- T_L / T_{Llim} rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Sgm. Lt. tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un'ulteriore riga nella quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico e tipologia
- Nodo vertice dell'elemento in cui viene calcolato il cedimento
- Car. Netto valore del carico netto applicato sulla superficie del terreno
- Cedimento/i valore del cedimento (nel caso di calcolo di cedimenti elastici i valori riportati sono due, il primo corrisponde al cedimento $w_{Imp.}$, mentre il secondo al cedimento $w_{Lib.}$)

PARAMETRI DI CALCOLO

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza F_c (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_c (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (sismico): 3,00

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per $\tan \phi$ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per C_u (statico): 1
- Coeff. M1 per $\tan \phi$ (sismico): 1

- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 capacità portante (statico e sismico): 2,30
- Coeff. R3 scorrimento (statico e sismico): 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione (6 < Ca < 10): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione (5 < Delta < 10): 7
- Frazione di spinta passiva fSp: 50,00 %
- Coeff. resistenza sulle sup. laterali: 1,30

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Boussinesq
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: Boussinesq
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1
 Numero strati: 3
 Profondità falda: assente

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -180,0 cm	180,0 cm	001 / Limo argilloso	Assente
2	da -180,0 a -870,0 cm	690,0 cm	002 / Argilla molle	Assente
3	da -870,0 a -3000,0 cm	2130,0 cm	003 / Argilla media	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **001 / Limo argilloso**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,800 E-3	2,000 E-3	0,500	100,000	100,000	60,0	0,500	0,50

Indice / Descrizione terreno: **002 / Argilla molle**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,800 E-3	1,900 E-3	0,250	100,000	100,000	60,0	0,500	0,75

Indice / Descrizione terreno: **003 / Argilla media**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,900 E-3	2,000 E-3	0,500	150,000	150,000	60,0	0,500	0,50

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Dia. Eq. cm	Spessore cm	Superficie cm ²	Vertici n. per elem.	Macro n.
Platea n. 233	Platea	001	10.000	93.393	20.000	6850.494	4	7
Platea n. 234	Platea	001	10.000	102.158	20.000	8196.657	4	7
Platea n. 235	Platea	001	10.000	92.040	20.000	6653.354	4	7
Platea n. 236	Platea	001	10.000	93.597	20.000	6880.330	4	7
Platea n. 237	Platea	001	10.000	96.432	20.000	7303.587	4	7
Platea n. 238	Platea	001	10.000	94.254	20.000	6977.373	4	7
Platea n. 239	Platea	001	10.000	95.146	20.000	7110.079	4	7
Platea n. 240	Platea	001	10.000	96.454	20.000	7306.792	4	7
Platea n. 241	Platea	001	10.000	97.882	20.000	7524.826	4	7
Platea n. 242	Platea	001	10.000	92.500	20.000	6720.001	4	7
Platea n. 243	Platea	001	10.000	92.419	20.000	6708.333	4	7
Platea n. 244	Platea	001	10.000	92.016	20.000	6649.994	4	7
Platea n. 245	Platea	001	10.000	102.950	20.000	8324.267	4	7
Platea n. 246	Platea	001	10.000	100.102	20.000	7869.987	4	7
Platea n. 247	Platea	001	10.000	97.934	20.000	7532.830	4	7

Platea n. 248	Platea	001	10.000	89.451	20.000	6284.294	4	7
Platea n. 249	Platea	001	10.000	80.521	20.000	5092.265	4	7
Platea n. 250	Platea	001	10.000	96.716	20.000	7346.641	4	7
Platea n. 251	Platea	001	10.000	90.058	20.000	6369.949	4	7
Platea n. 252	Platea	001	10.000	85.564	20.000	5750.009	4	7
Platea n. 253	Platea	001	10.000	102.242	20.000	8210.052	4	7
Platea n. 254	Platea	001	10.000	89.563	20.000	6300.060	4	7
Platea n. 255	Platea	001	10.000	81.075	20.000	5162.549	4	7
Platea n. 256	Platea	001	10.000	89.563	20.000	6300.156	4	7
Platea n. 257	Platea	001	10.000	90.827	20.000	6479.146	4	7
Platea n. 258	Platea	001	10.000	110.979	20.000	9673.197	4	7
Platea n. 259	Platea	001	10.000	90.640	20.000	6452.548	4	7
Platea n. 260	Platea	001	10.000	99.446	20.000	7767.160	4	7
Platea n. 261	Platea	001	10.000	99.894	20.000	7837.371	4	7
Platea n. 262	Platea	001	10.000	88.205	20.000	6110.432	4	7
Platea n. 263	Platea	001	10.000	91.054	20.000	6511.638	4	7
Platea n. 264	Platea	001	10.000	99.285	20.000	7742.115	4	7
Platea n. 265	Platea	001	10.000	99.677	20.000	7803.338	4	7
Platea n. 266	Platea	001	10.000	105.338	20.000	8714.782	4	7
Platea n. 267	Platea	001	10.000	95.587	20.000	7176.054	4	7
Platea n. 268	Platea	001	10.000	103.811	20.000	8463.989	4	7
Platea n. 269	Platea	001	10.000	74.242	20.000	4329.018	4	7
Platea n. 270	Platea	001	10.000	103.555	20.000	8422.296	4	7
Platea n. 271	Platea	001	10.000	85.564	20.000	5750.011	4	7
Platea n. 272	Platea	001	10.000	90.551	20.000	6439.909	4	7
Platea n. 273	Platea	001	10.000	105.422	20.000	8728.739	4	7
Platea n. 274	Platea	001	10.000	90.059	20.000	6370.029	4	7
Platea n. 275	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.892	4	7
Platea n. 276	Platea	001	10.000	71.587	20.000	4024.933	4	7
Platea n. 277	Platea	001	10.000	92.014	20.000	6649.672	4	7
Platea n. 278	Platea	001	10.000	95.384	20.000	7145.574	4	7
Platea n. 279	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.896	4	7
Platea n. 280	Platea	001	10.000	85.564	20.000	5750.009	4	7
Platea n. 281	Platea	001	10.000	92.799	20.000	6763.590	4	7
Platea n. 282	Platea	001	10.000	100.471	20.000	7928.189	4	7
Platea n. 283	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.892	4	7
Platea n. 284	Platea	001	10.000	92.356	20.000	6699.099	4	7
Platea n. 285	Platea	001	10.000	90.640	20.000	6452.550	4	7
Platea n. 286	Platea	001	10.000	90.551	20.000	6439.923	4	7
Platea n. 287	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.890	4	7
Platea n. 288	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.888	4	7
Platea n. 289	Platea	001	10.000	103.409	20.000	8398.509	4	7
Platea n. 290	Platea	001	10.000	85.564	20.000	5750.011	4	7
Platea n. 291	Platea	001	10.000	85.495	20.000	5740.771	4	7
Platea n. 292	Platea	001	10.000	87.586	20.000	6025.033	4	7
Platea n. 293	Platea	001	10.000	105.879	20.000	8804.644	4	7
Platea n. 294	Platea	001	10.000	96.157	20.000	7261.956	4	7
Platea n. 295	Platea	001	10.000	97.234	20.000	7425.518	4	7
Platea n. 296	Platea	001	10.000	104.898	20.000	8642.111	4	7
Platea n. 297	Platea	001	10.000	104.098	20.000	8510.811	4	7
Platea n. 298	Platea	001	10.000	95.720	20.000	7196.109	4	7
Platea n. 299	Platea	001	10.000	94.705	20.000	7044.234	4	7
Platea n. 300	Platea	001	10.000	99.472	20.000	7771.260	4	7
Platea n. 301	Platea	001	10.000	85.564	20.000	5750.009	4	7
Platea n. 302	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.893	4	7
Platea n. 303	Platea	001	10.000	98.501	20.000	7620.337	4	7
Platea n. 304	Platea	001	10.000	109.631	20.000	9439.592	4	7
Platea n. 305	Platea	001	10.000	89.562	20.000	6299.970	4	7
Platea n. 306	Platea	001	10.000	99.026	20.000	7701.755	4	7
Platea n. 307	Platea	001	10.000	98.758	20.000	7660.062	4	7
Platea n. 308	Platea	001	10.000	90.640	20.000	6452.550	4	7
Platea n. 309	Platea	001	10.000	103.650	20.000	8437.715	4	7
Platea n. 310	Platea	001	10.000	65.290	20.000	3347.935	4	7
Platea n. 311	Platea	001	10.000	78.886	20.000	4887.471	4	7
Platea n. 312	Platea	001	10.000	70.907	20.000	3948.855	4	7
Platea n. 313	Platea	001	10.000	90.640	20.000	6452.548	4	7
Platea n. 314	Platea	001	10.000	98.323	20.000	7592.714	4	7
Platea n. 315	Platea	001	10.000	104.126	20.000	8515.442	4	7
Platea n. 316	Platea	001	10.000	92.581	20.000	6731.772	4	7
Platea n. 317	Platea	001	10.000	92.689	20.000	6747.493	4	7
Platea n. 318	Platea	001	10.000	97.148	20.000	7412.392	4	7
Platea n. 319	Platea	001	10.000	98.897	20.000	7681.716	4	7

Platea n. 320	Platea	001	10.000	99.147	20.000	7720.519	4	7
Platea n. 321	Platea	001	10.000	90.798	20.000	6475.029	4	7
Platea n. 322	Platea	001	10.000	92.338	20.000	6696.506	4	7
Platea n. 323	Platea	001	10.000	100.589	20.000	7946.761	4	7
Platea n. 324	Platea	001	10.000	82.961	20.000	5405.525	4	7
Platea n. 325	Platea	001	10.000	93.345	20.000	6843.465	4	7
Platea n. 326	Platea	001	10.000	93.536	20.000	6871.407	4	7
Platea n. 327	Platea	001	10.000	103.783	20.000	8459.393	4	7
Platea n. 328	Platea	001	10.000	95.101	20.000	7103.250	4	7
Platea n. 329	Platea	001	10.000	90.551	20.000	6439.925	4	7
Platea n. 330	Platea	001	10.000	94.185	20.000	6967.106	4	7
Platea n. 331	Platea	001	10.000	104.825	20.000	8630.181	4	7
Platea n. 332	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.892	4	7
Platea n. 333	Platea	001	10.000	92.293	20.000	6690.007	4	7
Platea n. 334	Platea	001	10.000	100.282	20.000	7898.353	4	7
Platea n. 335	Platea	001	10.000	95.359	20.000	7141.888	4	7
Platea n. 336	Platea	001	10.000	102.162	20.000	8197.232	4	7
Platea n. 337	Platea	001	10.000	92.220	20.000	6679.388	4	7
Platea n. 338	Platea	001	10.000	99.871	20.000	7833.772	4	7
Platea n. 339	Platea	001	10.000	96.326	20.000	7287.426	4	7
Platea n. 340	Platea	001	10.000	97.493	20.000	7465.149	4	7
Platea n. 341	Platea	001	10.000	93.513	20.000	6868.054	4	7
Platea n. 342	Platea	001	10.000	100.926	20.000	8000.104	4	7
Platea n. 343	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.892	4	7
Platea n. 344	Platea	001	10.000	91.860	20.000	6627.356	4	7
Platea n. 345	Platea	001	10.000	91.926	20.000	6636.963	4	7
Platea n. 346	Platea	001	10.000	88.205	20.000	6110.438	4	7
Platea n. 347	Platea	001	10.000	103.586	20.000	8427.323	4	7
Platea n. 348	Platea	001	10.000	94.206	20.000	6970.241	4	7
Platea n. 349	Platea	001	10.000	91.185	20.000	6530.311	4	7
Platea n. 350	Platea	001	10.000	103.783	20.000	8459.384	4	7
Platea n. 351	Platea	001	10.000	90.640	20.000	6452.548	4	7
Platea n. 352	Platea	001	10.000	92.151	20.000	6669.450	4	7
Platea n. 353	Platea	001	10.000	92.151	20.000	6669.450	4	7
Platea n. 354	Platea	001	10.000	96.641	20.000	7335.286	4	7
Platea n. 355	Platea	001	10.000	71.741	20.000	4042.286	4	7
Platea n. 356	Platea	001	10.000	105.106	20.000	8676.563	4	7
Platea n. 357	Platea	001	10.000	93.968	20.000	6935.021	4	7
Platea n. 358	Platea	001	10.000	92.025	20.000	6651.218	4	7
Platea n. 359	Platea	001	10.000	96.642	20.000	7335.302	4	7
Platea n. 360	Platea	001	10.000	95.547	20.000	7170.111	4	7
Platea n. 361	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.892	4	7
Platea n. 362	Platea	001	10.000	71.588	20.000	4025.003	4	7
Platea n. 363	Platea	001	10.000	81.075	20.000	5162.492	4	7
Platea n. 364	Platea	001	10.000	96.752	20.000	7352.040	4	7
Platea n. 365	Platea	001	10.000	107.648	20.000	9101.225	4	7
Platea n. 366	Platea	001	10.000	95.413	20.000	7149.995	4	7
Platea n. 367	Platea	001	10.000	107.750	20.000	9118.539	4	7
Platea n. 368	Platea	001	10.000	94.701	20.000	7043.716	4	7
Platea n. 369	Platea	001	10.000	100.604	20.000	7949.069	4	7
Platea n. 370	Platea	001	10.000	95.483	20.000	7160.402	4	7
Platea n. 371	Platea	001	10.000	97.557	20.000	7474.850	4	7
Platea n. 372	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.896	4	7
Platea n. 373	Platea	001	10.000	95.506	20.000	7163.926	4	7
Platea n. 374	Platea	001	10.000	80.522	20.000	5092.313	4	7
Platea n. 375	Platea	001	10.000	80.522	20.000	5092.308	4	7
Platea n. 376	Platea	001	10.000	80.521	20.000	5092.265	4	7
Platea n. 377	Platea	001	10.000	71.737	20.000	4041.803	4	7
Platea n. 378	Platea	001	10.000	96.539	20.000	7319.688	4	7
Platea n. 379	Platea	001	10.000	103.512	20.000	8415.296	4	7
Platea n. 380	Platea	001	10.000	97.436	20.000	7456.447	4	7
Platea n. 381	Platea	001	10.000	85.096	20.000	5687.379	4	7
Platea n. 382	Platea	001	10.000	95.353	20.000	7141.018	4	7
Platea n. 383	Platea	001	10.000	93.451	20.000	6858.997	4	7
Platea n. 384	Platea	001	10.000	98.757	20.000	7659.958	4	7
Platea n. 385	Platea	001	10.000	85.095	20.000	5687.251	4	7
Platea n. 386	Platea	001	10.000	97.651	20.000	7489.332	4	7
Platea n. 387	Platea	001	10.000	98.833	20.000	7671.711	4	7
Platea n. 388	Platea	001	10.000	92.151	20.000	6669.407	4	7
Platea n. 389	Platea	001	10.000	94.417	20.000	7001.464	4	7
Platea n. 390	Platea	001	10.000	92.689	20.000	6747.493	4	7
Platea n. 391	Platea	001	10.000	93.707	20.000	6896.571	4	7

Platea n. 392	Platea	001	10.000	93.675	20.000	6891.835	4	7
Platea n. 393	Platea	001	10.000	100.317	20.000	7903.903	4	7
Platea n. 394	Platea	001	10.000	92.036	20.000	6652.851	4	7
Platea n. 395	Platea	001	10.000	95.100	20.000	7103.205	4	7
Platea n. 396	Platea	001	10.000	96.874	20.000	7370.576	4	7
Platea n. 397	Platea	001	10.000	93.959	20.000	6933.739	4	7
Platea n. 398	Platea	001	10.000	73.699	20.000	4265.898	4	7
Platea n. 399	Platea	001	10.000	97.072	20.000	7400.855	4	7
Platea n. 400	Platea	001	10.000	70.402	20.000	3892.764	4	7
Platea n. 401	Platea	001	10.000	97.435	20.000	7456.228	4	7
Platea n. 402	Platea	001	10.000	107.538	20.000	9082.733	4	7
Platea n. 403	Platea	001	10.000	102.244	20.000	8210.432	4	7
Platea n. 404	Platea	001	10.000	101.073	20.000	8023.376	4	7
Platea n. 405	Platea	001	10.000	92.151	20.000	6669.452	4	7
Platea n. 406	Platea	001	10.000	92.016	20.000	6649.994	4	7
Platea n. 407	Platea	001	10.000	94.540	20.000	7019.786	4	7
Platea n. 408	Platea	001	10.000	85.087	20.000	5686.086	4	7
Platea n. 409	Platea	001	10.000	90.551	20.000	6439.918	4	7
Platea n. 410	Platea	001	10.000	91.821	20.000	6621.818	4	7
Platea n. 411	Platea	001	10.000	84.154	20.000	5562.081	4	7
Platea n. 412	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.890	4	7
Platea n. 413	Platea	001	10.000	99.611	20.000	7792.948	4	7
Platea n. 414	Platea	001	10.000	103.314	20.000	8383.217	4	7
Platea n. 415	Platea	001	10.000	93.647	20.000	6887.794	4	7
Platea n. 416	Platea	001	10.000	94.085	20.000	6952.268	4	7
Platea n. 417	Platea	001	10.000	96.642	20.000	7335.292	4	7
Platea n. 418	Platea	001	10.000	87.451	20.000	6006.498	4	7
Platea n. 419	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.895	4	7
Platea n. 420	Platea	001	10.000	99.300	20.000	7744.358	4	7
Platea n. 421	Platea	001	10.000	103.511	20.000	8415.210	4	7
Platea n. 422	Platea	001	10.000	93.514	20.000	6868.157	4	7
Platea n. 423	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.892	4	7
Platea n. 424	Platea	001	10.000	92.151	20.000	6669.450	4	7
Platea n. 425	Platea	001	10.000	96.642	20.000	7335.290	4	7
Platea n. 426	Platea	001	10.000	88.205	20.000	6110.444	4	7
Platea n. 427	Platea	001	10.000	92.151	20.000	6669.455	4	7
Platea n. 428	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.893	4	7
Platea n. 429	Platea	001	10.000	94.692	20.000	7042.312	4	7
Platea n. 430	Platea	001	10.000	86.825	20.000	5920.838	4	7
Platea n. 431	Platea	001	10.000	100.896	20.000	7995.381	4	7
Platea n. 432	Platea	001	10.000	94.984	20.000	7085.756	4	7
Platea n. 433	Platea	001	10.000	87.512	20.000	6014.875	4	7
Platea n. 434	Platea	001	10.000	96.720	20.000	7347.196	4	7
Platea n. 435	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.893	4	7
Platea n. 436	Platea	001	10.000	92.158	20.000	6670.438	4	7
Platea n. 437	Platea	001	10.000	91.205	20.000	6533.149	4	7
Platea n. 438	Platea	001	10.000	98.202	20.000	7574.057	4	7
Platea n. 439	Platea	001	10.000	92.069	20.000	6657.593	4	7
Platea n. 440	Platea	001	10.000	92.689	20.000	6747.499	4	7
Platea n. 441	Platea	001	10.000	87.323	20.000	5988.892	4	7
Platea n. 442	Platea	001	10.000	92.151	20.000	6669.455	4	7
Platea n. 443	Platea	001	10.000	85.564	20.000	5750.009	4	7
Platea n. 444	Platea	001	10.000	101.830	20.000	8144.052	4	7
Platea n. 445	Platea	001	10.000	101.606	20.000	8108.327	4	7
Platea n. 446	Platea	001	10.000	93.970	20.000	6935.286	4	7
Platea n. 447	Platea	001	10.000	50.837	20.000	2029.803	3	7
Platea n. 448	Platea	001	10.000	50.837	20.000	2029.786	3	7
Platea n. 449	Platea	001	10.000	53.670	20.000	2262.351	3	7
Platea n. 450	Platea	001	10.000	59.708	20.000	2799.984	3	7
Platea n. 451	Platea	001	10.000	61.032	20.000	2925.536	3	7
Platea n. 452	Platea	001	10.000	53.819	20.000	2274.925	3	7
Platea n. 453	Platea	001	10.000	60.327	20.000	2858.335	3	7
Platea n. 454	Platea	001	10.000	52.328	20.000	2150.607	3	7
Platea n. 455	Platea	001	10.000	56.841	20.000	2537.502	3	7
Platea n. 456	Platea	001	10.000	60.327	20.000	2858.336	3	7
Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Base Eq. cm	Spessore cm	Lung. Eq. cm	Lung. Travata Eq. cm	
Macro n. 7	Macro-Platea	001	10.000	751.495	20.000	1277.536	1277.536	

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Ai fini dei calcoli di portanza le sollecitazioni sismiche saranno considerate moltiplicate per un coef. $\Gamma_{RD} = 1.10$

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali γ_R di cui alla tabella 7.11.II.

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportati solo i casi maggiormente gravosi per ogni tipo di combinazione e le relative verifiche.

Macro platea: 7

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0180 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.6845 + 0.1409 + 0.0000 + 0.1562

Qmax / Qlim = 0.6849 / 0.9815 = 0,698 Ok (Cmb. n. 002)

TB / TBlim = 0.6 / 347037.3 = 0,000 Ok (Cmb. n. 002)

TL / TLLim = 0.3 / 344624.7 = 0,000 Ok (Cmb. n. 002)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
002	SLU STR	No	-7.212	2.303	0.6	0.3	-378861.0	-0.1570	-0.6849

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0180 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.6651 + 0.1409 + 0.0000 + 0.1562

Qmax / Qlim = 0.5743 / 0.9622 = 0,597 Ok (Cmb. n. 023)

TB / TBlim = 22108.9 / 304352.4 = 0,073 Ok (Cmb. n. 040)

TL / TLLim = 20761.9 / 306845.0 = 0,068 Ok (Cmb. n. 026)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
023	SLV A1	Si	-23.259	33.180	-10736.8	16247.8	-243520.5	-0.0900	-0.5221
026	SLV A1	Si	-29.145	-27.518	-8053.3	-18874.4	-242594.4	-0.0956	-0.4494
040	SLV A1	Si	-39.816	-16.146	-20099.0	-8640.4	-243071.4	-0.0944	-0.4531

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0180 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.6694 + 0.1409 + 0.0000 + 0.1562

Qmax / Qlim = 0.5566 / 0.9665 = 0,576 Ok (Cmb. n. 055)

TB / TBlim = 17417.1 / 313878.4 = 0,055 Ok (Cmb. n. 056)

TL / TLLim = 15802.4 / 315797.3 = 0,050 Ok (Cmb. n. 058)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
055	SLD	Si	-20.026	26.718	-8619.8	12931.4	-243399.5	-0.0924	-0.5060
056	SLD	Si	-30.813	15.084	-15833.7	7121.6	-243434.4	-0.0929	-0.4768
058	SLD	Si	-23.733	-20.935	-6365.5	-14365.9	-242502.3	-0.0975	-0.4360

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento: Platea n. 233

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
074	SLE rare	No	-7.386	2.171	0.4	0.2	-284911.4	-0.1181	-0.5152
077	SLE freq	No	-8.744	1.141	0.3	0.2	-242529.6	-0.1005	-0.4401

Cedimento massimo = -0.558 cm in Cmb n. 074

Cedimento minimo = -0.100 cm in Cmb n. 077