

Comune di Giovinazzo

Provincia Bari

**PROGRAMMA OPERATIVO NAZIONALE SICUREZZA PER LO
SVILUPPO –Obiettivo convergenza 2007-2013. Obiettivo Operativo 2.8.B –
iniziativa “IO GIOCO LEALE”.**

**“Realizzazione di un campo di calcio a 5 outdoor - Tipologia B - nell'area del
campo sportivo comunale "R.Depergola"”**

Committente:

Comune di Giovinazzo
p.zza V. Emanuele n.64
70054 - Giovinazzo (BA)

Progettista, D.L.,
C.S.P.,C.S.E.:

Ing. Pierino Profeta
viale Japigia n.95/A
70126 - Bari (BA)

PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURE

Relazione Geotecnica	S B

Data: Giugno 2012

RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO :

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

- **D.M. 14/01/2008 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 617 del 02/02/2008**

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 (vista l'esiguità dell'intervento) in corrispondenza di aree adiacenti l'area di intervento. Le risultanze dell'indagine in sito hanno evidenziato che il suolo di sedime è costituito da terreno di riporto di bassa consistenza derivante dai movimenti di terra necessari alla regolarizzazione del campo sportivo. 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, in modo che la superficie del terreno circostante la fondazione è interessata da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo, è caratterizzato dalla 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. Questo ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite, in quanto la curva dei cedimenti in funzione del carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Il 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:

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

Indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico " $I_{r,crit}$ ", avente la seguente espressione:

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

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza si mantiene 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 :

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

se $\varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot tg(\varphi)}$$

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

Definito il meccanismo di rottura si passa al calcolo del carico limite modellando il terreno come mezzo rigido perfettamente plastico. L'espressione del carico limite è la seguente:

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

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

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

Si dimostra, per fondazioni aventi larghezza modesta, che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", secondo sia VESIC che 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, il 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:

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

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

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

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

- 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) :

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

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

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

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

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

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

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

- 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 di Brinch-Hansen :

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

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

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

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

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

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

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

- 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 Eurocodice 7 :

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

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

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

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

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

- se H è parallela al lato B si ha:

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

- se H è parallela al lato L si ha:

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

- 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 è interessato da falda idrica, il valore di γ_2 nella formula trinomia assume la seguente espressione:

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

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

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

Tutto ciò descritto 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 l'algoritmo implementato è il seguente:

- 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 e 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 valore scaturisce dall'applicazione della formula trinomia alla quota *i*-esima dello strato, il secondo deriva dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame;
- il minimo dei valori come sopra determinati sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata.

In forma analitica il procedimento su esposto può essere formulato nel seguente modo:

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

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q''_{ult} è il carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato;
- p è il perimetro della fondazione;
- P_V è la spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato;
- K_S è il coefficiente di spinta laterale del terreno;
- d è la 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 fra i vari strati interessati dal cuneo di rottura, 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 che può variare da un valore minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un valore massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) è calcolato nel seguente modo:

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

E' chiaro che se il valore di RQD è molto basso, quindi ci troviamo nel caso di roccia molto fratturata, 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 del Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968) e 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} è il carico limite calcolato dell'ammasso roccioso;
- q''_{ult} è il carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz.

L'equazione trinomia del carico limite nel caso in esame assume la seguente formulazione:

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

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

$s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato;

$s_\gamma = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_\gamma = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato.

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

Formulazione di Terzaghi (1943) :

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

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

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{py}	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 alle due componenti ora citate può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione, questa però fino ad un massimo del 30%. In forma analitica il procedimento su esposto può essere formulato 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.

Va da se che tale tipo di verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele al lato della base 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; il primo è il **metodo di Boussinesq**, il secondo è il **metodo di Westergaard** e infine il terzo è il **metodo di Mindlin**, tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il secondo metodo differisce dal primo per la presenza del coefficiente di Poisson “ ν ”, quindi meglio si adatta ai terreni stratificati. Il terzo metodo differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico (i primi due pongono il carico esclusivamente sulla frontiera), quindi meglio si presta al caso di fondazioni poste a una profondità di una certa importanza (il metodo risulta equivalente a quello di Boussinesq nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico). L'algoritmo implementato, basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, cioè:

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

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.

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; il tutto al fine della determinazione della variazione dello stato tensionale verticale “ $\Delta\sigma_v$ ”. Una nota esplicativa va fatta sul valore da assegnare a “ Q ”, esso va definito, nel caso di pressione, 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, in special modo nella fase di esercizio, una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi. Nell'evolversi della fase di cedimento, il terreno passa da uno stato di sforzo corrente (dovuto al peso proprio) a uno nuovo, per effetto del carico addizionale applicato. La variazione dello stato tensionale di cui sopra, 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 quello verticale. Nonostante che la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che modellare il terreno (ai fini del calcolo dei cedimenti) come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. Diversi sono i metodi esistenti in letteratura per il calcolo dei cedimenti (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) quelli implementati vengono di seguito descritti.

Il 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 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 tale metodo si basa sull'ipotesi edometrica, quindi l'approssimazione del risultato è tanto migliore quanto più ridotto è il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni. Tuttavia lo stesso è dotato di ottima approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Il metodo dell'elasticità, che si basa sulle note relazioni:

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

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 (valore minimo per $w_{Imp.}$ e valore massimo per $w_{Lib.}$) del cedimento elastico per la fondazione in esame.

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO :

Di seguito, 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 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 in cui l'elemento è un sottoinsieme di elementi costituenti lo stesso allineamento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale dell'insieme.

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 in cui l'elemento è un sottoinsieme di elementi costituenti un'unica macrostruttura, rappresenta

il numero identificativo della stessa.

Nel caso in cui si è scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea viene riportata un ulteriore elemento nel quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla Macro in esame.

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali :

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Cmb numero della combinazione di carico (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia);
- 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 valore dell'eccentricità del carico Normale agente sul piano di fondazione nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento;
- Ecc. L valore dell'eccentricità del carico Normale agente sul piano di fondazione nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento;
- S.Taglio B valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento;
- S.Taglio L valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento;
- S.Normale valore del 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 (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia);
- 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 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento;
- Press. N2 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento;
- Press. N3 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento;
- Press. N4 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento;
- S.Taglio X valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela all'asse X del riferimento globale;
- S.Taglio Y valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela all'asse Y del riferimento globale.

Nel caso in cui si è scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea viene riportata un ulteriore elemento nel quale sono riportate le Macro Azioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi platea) del plinto equivalente alla Macro in esame.

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Cmb numero della combinazione di carico (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia);
- Strato Rot. strato nel quale si attinge il minor valore di portanza rispetto al numero di strati interessati dal cuneo di rottura;
- Ver.TB valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento;
- S.T.B / TB rapporto tra lo sforzo di taglio agente e il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0);
- Ver.TL valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento;
- S.T.L / TL rapporto tra lo sforzo di taglio agente e il valore limite della resistenza a scorrimento nella 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;
- Qlim q valore del termine relativo al sovraccarico nella 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 valore del termine relativo alla larghezza della base di fondazione nella 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 valore del termine relativo alla coesione nella 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 T valore della capacità portante relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Tale valore risulta non nullo 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);
- QLIM valore della capacità portante totale quale somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres T (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile);
- T.T. / QLIM rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale e il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).

Nel caso in cui si è scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea viene riportata un ulteriore elemento nel quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla Macro 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 $w_{Lib.}$).

TABULATI DI CALCOLO :

PARAMETRI DI CALCOLO :

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

Per terreni sciolti: Brinch - Hansen
 Per terreni lapidei: Terzaghi

Combinazioni di carico da approccio progettuale TIPO 2

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 : 20,00 %
 Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea : 20,00 %

Effetti inerziali (Paolucci-Pecker):

Coeff. sismico orizzontale $K_h = 0,022$
 Angolo d'attrito alla quota di fond.= 20,0
 Fattore correttivo $Z_c = 0,993$
 Fattore correttivo $Z_q = 0,979$

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

Coeff. parziale di sicurezza Fc (statico) : 2,50
 Coeff. parziale di sicurezza Fq (statico) : 2,50
 Coeff. parziale di sicurezza Fg (statico) : 2,50
 Coeff. parziale di sicurezza Fc (sismico) : 3,00

Coeff. parziale di sicurezza Fq (sismico) : 3,00
 Coeff. parziale di sicurezza Fg (sismico) : 3,00

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

Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Tan(fi) (statico) : 1,25
 Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per c' (statico) : 1,25
 Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Cu (statico) : 1,40
 Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Tan(fi) (sismico) : 1,25
 Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per c' (sismico) : 1,25
 Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Cu (sismico) : 1,40
 Coeff. R1 capacità portante : 1,00
 Coeff. R2 capacità portante : 1,80
 Coeff. R3 capacità portante : 2,30
 Coeff. R1 scorrimento : 1,00
 Coeff. R2 scorrimento : 1,10
 Coeff. R3 scorrimento : 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali :

Fattore per l'adesione $6 < Ca < 10$: 8
 Fattore per attrito ter.-fond. $5 < Delta < 10$: 7
 Frazione di spinta passiva fSp : 30,00 %

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

Metodo di calcolo tensioni superficiali : Boussinesq
 Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali : Sovrapposizione dei bulbi
 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	Effetto Attr. Neg.
1	da 0,0 a -20,0 cm.	20,0 cm.	004 / Argilla molle	Assente
2	da -20,0 a -50,0 cm.	30,0 cm.	002 / Sabbia compatta	Assente
3	da -50,0 a -350,0 cm.	300,0 cm.	003 / Sabbia limosa compatta	Assente

ARCHIVIO TERRENI :

Indice / Descrizione terreno : 004 / Argilla molle
 Comportamento del terreno : Condizione non drenata

Peso Spec.	Peso Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Coes. non Dren.	Mod. Edo.	Mod. Ela.	Poisson	D.R.	RQD	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	Gradi (°)	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		%	%	
1,800 E-3	1,900 E-3	0,000	0,050	0,250	100,000	100,000	0,500	60,0	0,0	0,75

Indice / Descrizione terreno : 002 / Sabbia compatta
 Comportamento del terreno : Condizione drenata

Peso Spec.	Peso Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Coes. non Dren.	Mod. Edo.	Mod. Ela.	Poisson	D.R.	RQD	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	Gradi (°)	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		%	%	
1,700 E-3	2,000 E-3	28,000	0,000	0,000	200,000	126,243	0,347	60,0	0,0	1,00

Indice / Descrizione terreno : 003 / Sabbia limosa compatta
 Comportamento del terreno : Condizione drenata

Peso Spec.	Peso Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Coes. non Dren.	Mod. Edo.	Mod. Ela.	Poisson	D.R.	RQD	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	Gradi (°)	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		%	%	
1,600 E-3	2,000 E-3	26,000	0,050	0,000	150,000	89,250	0,360	60,0	0,0	0,95

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI :

Elemento	Tipologia	Indice Strat. n°	Prof. Fon. cm	Base cm	Altezza cm	Lung. Elem. cm	Lung. Travata cm
TRAVE N° 25	Trave	001	25,00	50,00	50,00	362,00	6388,00
TRAVE N° 26	Trave	001	25,00	50,00	50,00	350,00	6388,00
TRAVE N° 27	Trave	001	25,00	50,00	50,00	268,00	6388,00
TRAVE N° 28	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 29	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 30	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 31	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 32	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 33	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 34	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 35	Trave	001	25,00	50,00	50,00	392,00	6388,00
TRAVE N° 36	Trave	001	25,00	50,00	50,00	323,00	6388,00
TRAVE N° 37	Trave	001	25,00	50,00	50,00	323,00	6388,00
TRAVE N° 38	Trave	001	25,00	50,00	50,00	323,00	6388,00
TRAVE N° 39	Trave	001	25,00	50,00	50,00	323,00	6388,00
TRAVE N° 40	Trave	001	25,00	50,00	50,00	362,00	6388,00
TRAVE N° 41	Trave	001	25,00	50,00	50,00	350,00	6388,00
TRAVE N° 42	Trave	001	25,00	50,00	50,00	268,00	6388,00

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI:

Ai fini dei calcoli di portanza le sollecitazioni SLU sismiche saranno considerate moltiplicate per un coef. GammaRD = 1.10

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportate le sole combinazioni maggiormente gravose per ogni verifica.

ELEMENTO : TRAVE N° 25

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	-0,1	1,1	3,5	-0,2	-4104,6	-0,222	-0,237
056	SLV A1	Si	-0,1	2,4	-18,2	81,9	-2566,5	-0,134	-0,149
084	SLV A1	Si	-0,1	1,4	-87,0	13,3	-2551,8	-0,137	-0,147

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2406,6	0,001	1477,6	0,000	-0,045	-0,328	-0,308	0,000	0,000	-0,635	0,372
056/SLV A1 1 di 2		1908,7	0,010	979,7	0,092	-0,045	-0,309	-0,280	0,000	0,000	-0,588	0,278
084/SLV A1 1 di 2		1903,9	0,050	974,9	0,015	-0,045	-0,299	-0,270	0,000	0,000	-0,569	0,283

ELEMENTO : TRAVE N° 26

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	-0,1	-0,4	4,6	0,0	-4053,7	-0,227	-0,237
056	SLV A1	Si	-0,1	-0,3	-21,9	79,3	-2564,6	-0,145	-0,149
071	SLV A1	Si	0,0	0,0	79,3	22,4	-2681,1	-0,153	-0,154

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2354,3	0,002	1461,1	0,000	-0,045	-0,327	-0,307	0,000	0,000	-0,634	0,373
056/SLV A1 1 di 2		1872,3	0,013	979,1	0,089	-0,045	-0,309	-0,281	0,000	0,000	-0,590	0,278
071/SLV A1 1 di 2		1910,0	0,046	1016,8	0,024	-0,045	-0,302	-0,275	0,000	0,000	-0,577	0,293

ELEMENTO : TRAVE N° 27

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	-0,1	-1,3	1,9	0,0	-2995,5	-0,217	-0,233
058	SLV A1	Si	-0,1	-2,8	-12,6	-61,5	-1866,3	-0,128	-0,148
074	SLV A1	Si	-0,1	-1,4	-62,1	-12,3	-1867,1	-0,133	-0,145

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		1767,6	0,001	1118,6	0,000	-0,045	-0,328	-0,308	0,000	0,000	-0,636	0,366
058/SLV A1 1 di 2		1402,1	0,010	753,0	0,090	-0,045	-0,308	-0,279	0,000	0,000	-0,587	0,278
074/SLV A1 1 di 2		1402,4	0,049	753,3	0,018	-0,045	-0,300	-0,271	0,000	0,000	-0,571	0,280

ELEMENTO : TRAVE N° 28

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,0	5,0	-2,7	-0,8	-4707,7	-0,225	-0,261
059	SLV A1	Si	0,2	4,1	88,4	-33,9	-2870,5	-0,137	-0,159
084	SLV A1	Si	0,0	4,4	17,3	99,0	-2904,4	-0,138	-0,158

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR	1 di 2	2691,1	0,001	1672,8	0,000	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,410
059/SLV A1	1 di 2	2096,4	0,046	1078,1	0,035	-0,045	-0,301	-0,272	0,000	0,000	-0,573	0,306
084/SLV A1	1 di 2	2107,3	0,009	1089,1	0,100	-0,045	-0,308	-0,279	0,000	0,000	-0,587	0,297

ELEMENTO : TRAVE N° 29

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,0	13,4	-0,7	-3,9	-5550,3	-0,232	-0,342
058	SLV A1	Si	-0,1	7,4	-97,3	27,4	-3237,3	-0,149	-0,187
079	SLV A1	Si	0,0	6,7	31,5	-93,4	-3267,9	-0,153	-0,186

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR	1 di 2	2963,9	0,000	1945,6	0,002	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,537
058/SLV A1	1 di 2	2215,1	0,048	1196,8	0,025	-0,045	-0,301	-0,274	0,000	0,000	-0,575	0,358
079/SLV A1	1 di 2	2225,0	0,016	1206,7	0,085	-0,045	-0,310	-0,283	0,000	0,000	-0,593	0,345

ELEMENTO : TRAVE N° 30

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,0	11,5	1,1	-3,0	-5302,3	-0,229	-0,319
059	SLV A1	Si	0,1	5,5	98,7	-23,4	-3146,1	-0,149	-0,179
075	SLV A1	Si	0,0	5,2	24,1	-91,5	-3187,4	-0,153	-0,177

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR	1 di 2	2883,6	0,000	1865,3	0,002	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,501
059/SLV A1	1 di 2	2185,6	0,050	1167,3	0,022	-0,045	-0,301	-0,272	0,000	0,000	-0,573	0,343
075/SLV A1	1 di 2	2199,0	0,012	1180,7	0,085	-0,045	-0,310	-0,283	0,000	0,000	-0,593	0,329

ELEMENTO : TRAVE N° 31

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,0	3,1	1,9	-0,1	-4413,9	-0,217	-0,238
058	SLV A1	Si	-0,2	4,3	-91,1	16,3	-2706,4	-0,126	-0,152
074	SLV A1	Si	-0,1	3,5	-20,8	92,9	-2796,9	-0,134	-0,151

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR	1 di 2	2596,0	0,001	1577,7	0,000	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,374
058/SLV A1	1 di 2	2043,3	0,049	1025,0	0,018	-0,045	-0,299	-0,269	0,000	0,000	-0,568	0,294
074/SLV A1	1 di 2	2072,5	0,011	1054,3	0,097	-0,045	-0,308	-0,279	0,000	0,000	-0,587	0,283

ELEMENTO : TRAVE N° 32

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,0	-0,3	-5,2	1,2	-5115,3	-0,258	-0,263
061	SLV A1	Si	-0,2	0,2	-89,1	-23,1	-3163,3	-0,156	-0,167
084	SLV A1	Si	0,0	-0,5	23,1	99,8	-3085,1	-0,156	-0,159

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR	1 di 2	2823,1	0,002	1804,8	0,001	-0,045	-0,328	-0,308	0,000	0,000	-0,636	0,413
061/SLV A1	1 di 2	2191,2	0,045	1172,9	0,022	-0,045	-0,303	-0,274	0,000	0,000	-0,576	0,318
084/SLV A1	1 di 2	2165,9	0,012	1147,6	0,096	-0,045	-0,308	-0,280	0,000	0,000	-0,589	0,298

ELEMENTO : TRAVE N° 33

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,0	-1,0	-1,2	-0,5	-6760,3	-0,331	-0,350
066	SLV A1	Si	-0,1	-0,7	-99,8	27,3	-3620,3	-0,177	-0,189

078 SLV A1 Si 0,0 -1,1 -29,4 92,3 -3621,2 -0,179 -0,188

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm ^q	Qlim q daN/cm ^q	Qlim g daN/cm ^q	Qlim c daN/cm ^q	Qres T daN/cm ^q	QLIM daN/cm ^q	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		3355,6	0,000	2337,3	0,000	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,549
066/SLV A1 1 di 2		2339,1	0,047	1320,8	0,023	-0,045	-0,303	-0,276	0,000	0,000	-0,579	0,360
078/SLV A1 1 di 2		2339,4	0,014	1321,1	0,077	-0,045	-0,311	-0,285	0,000	0,000	-0,596	0,347

ELEMENTO : TRAVE N° 34

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ^q	T.T. max daN/cm ^q
003	SLU STR	No	0,0	-0,9	2,4	0,0	-6302,0	-0,310	-0,326
064	SLV A1	Si	0,2	-0,6	102,5	27,0	-3441,9	-0,169	-0,181
072	SLV A1	Si	0,0	-0,9	30,8	91,0	-3465,7	-0,172	-0,180

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm ^q	Qlim q daN/cm ^q	Qlim g daN/cm ^q	Qlim c daN/cm ^q	Qres T daN/cm ^q	QLIM daN/cm ^q	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		3207,2	0,001	2188,9	0,000	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,511
064/SLV A1 1 di 2		2281,4	0,049	1263,1	0,024	-0,045	-0,302	-0,273	0,000	0,000	-0,575	0,345
072/SLV A1 1 di 2		2289,1	0,015	1270,8	0,079	-0,045	-0,311	-0,284	0,000	0,000	-0,595	0,332

ELEMENTO : TRAVE N° 35

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ^q	T.T. max daN/cm ^q
003	SLU STR	No	0,0	-0,1	3,9	1,5	-4661,0	-0,236	-0,239
064	SLV A1	Si	0,2	0,3	92,0	26,4	-3039,2	-0,150	-0,161
074	SLV A1	Si	-0,1	-0,4	-25,3	93,5	-2932,2	-0,148	-0,152

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm ^q	Qlim q daN/cm ^q	Qlim g daN/cm ^q	Qlim c daN/cm ^q	Qres T daN/cm ^q	QLIM daN/cm ^q	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2676,0	0,001	1657,7	0,001	-0,045	-0,328	-0,308	0,000	0,000	-0,636	0,376
064/SLV A1 1 di 2		2151,0	0,047	1132,7	0,026	-0,045	-0,301	-0,272	0,000	0,000	-0,573	0,310
074/SLV A1 1 di 2		2116,4	0,013	1098,1	0,094	-0,045	-0,309	-0,280	0,000	0,000	-0,589	0,284

ELEMENTO : TRAVE N° 36

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ^q	T.T. max daN/cm ^q
003	SLU STR	No	0,0	-4,3	-2,1	2,2	-3882,8	-0,221	-0,259
068	SLV A1	Si	0,1	-3,2	74,4	26,5	-2357,6	-0,136	-0,158
079	SLV A1	Si	0,0	-4,2	14,1	-81,9	-2384,8	-0,135	-0,159

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm ^q	Qlim q daN/cm ^q	Qlim g daN/cm ^q	Qlim c daN/cm ^q	Qres T daN/cm ^q	QLIM daN/cm ^q	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2218,6	0,001	1405,8	0,002	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,407
068/SLV A1 1 di 2		1724,9	0,047	912,1	0,032	-0,045	-0,301	-0,272	0,000	0,000	-0,573	0,303
079/SLV A1 1 di 2		1733,7	0,009	920,9	0,098	-0,045	-0,307	-0,279	0,000	0,000	-0,586	0,298

ELEMENTO : TRAVE N° 37

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ^q	T.T. max daN/cm ^q
003	SLU STR	No	0,0	-10,3	-0,5	1,7	-4532,4	-0,228	-0,332
065	SLV A1	Si	-0,1	-5,8	-80,9	-22,3	-2659,6	-0,147	-0,184
078	SLV A1	Si	0,0	-4,5	-17,1	76,7	-2682,6	-0,154	-0,181

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm ^q	Qlim q daN/cm ^q	Qlim g daN/cm ^q	Qlim c daN/cm ^q	Qres T daN/cm ^q	QLIM daN/cm ^q	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2428,9	0,000	1616,1	0,001	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,521
065/SLV A1 1 di 2		1822,7	0,049	1009,8	0,024	-0,045	-0,301	-0,274	0,000	0,000	-0,575	0,353
078/SLV A1 1 di 2		1830,1	0,010	1017,3	0,083	-0,045	-0,310	-0,283	0,000	0,000	-0,593	0,335

ELEMENTO : TRAVE N° 38

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ^q	T.T. max daN/cm ^q
003	SLU STR	No	0,0	-8,9	1,2	1,8	-4338,0	-0,225	-0,312
068	SLV A1	Si	0,1	-4,1	82,1	19,8	-2588,4	-0,148	-0,176
072	SLV A1	Si	0,0	-3,5	19,6	75,6	-2622,9	-0,154	-0,174

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm ^q	Qlim q daN/cm ^q	Qlim g daN/cm ^q	Qlim c daN/cm ^q	Qres T daN/cm ^q	QLIM daN/cm ^q	T.T. / QLIM
-----------	-------------------	----------------	------------	----------------	------------	---------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-------------

003/SLU STR 1 di 2	2366,0	0,000	1553,1	0,001	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,489
068/SLV A1 1 di 2	1799,6	0,050	986,8	0,022	-0,045	-0,301	-0,272	0,000	0,000	-0,573	0,338
072/SLV A1 1 di 2	1810,8	0,012	997,9	0,083	-0,045	-0,310	-0,283	0,000	0,000	-0,592	0,323

ELEMENTO : TRAVE N° 39

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,0	-2,9	1,8	2,2	-3647,7	-0,213	-0,238
065	SLV A1	Si	-0,2	-3,7	-76,3	-15,1	-2215,7	-0,124	-0,150
069	SLV A1	Si	-0,1	-3,5	-16,9	-76,7	-2296,6	-0,131	-0,152

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2142,5	0,001	1329,7	0,002	-0,045	-0,328	-0,309	0,000	0,000	-0,637	0,374
065/SLV A1 1 di 2		1679,0	0,050	866,1	0,019	-0,045	-0,299	-0,269	0,000	0,000	-0,567	0,292
069/SLV A1 1 di 2		1705,2	0,011	892,3	0,095	-0,045	-0,308	-0,279	0,000	0,000	-0,587	0,285

ELEMENTO : TRAVE N° 40

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,2	1,2	-2,9	0,0	-4035,6	-0,216	-0,236
063	SLV A1	Si	0,1	2,5	20,0	83,6	-2538,5	-0,131	-0,148
079	SLV A1	Si	0,2	1,6	88,0	13,5	-2508,6	-0,133	-0,146

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2384,2	0,001	1455,2	0,000	-0,045	-0,328	-0,307	0,000	0,000	-0,634	0,371
063/SLV A1 1 di 2		1899,6	0,012	970,6	0,095	-0,045	-0,308	-0,279	0,000	0,000	-0,587	0,278
079/SLV A1 1 di 2		1889,9	0,051	960,9	0,015	-0,045	-0,298	-0,269	0,000	0,000	-0,567	0,282

ELEMENTO : TRAVE N° 41

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,2	-0,4	-2,7	0,1	-3992,4	-0,221	-0,236
063	SLV A1	Si	0,1	-0,3	22,6	81,0	-2541,7	-0,142	-0,149
075	SLV A1	Si	0,2	-0,4	77,2	25,6	-2486,0	-0,138	-0,146

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		2334,5	0,001	1441,3	0,000	-0,045	-0,328	-0,306	0,000	0,000	-0,634	0,372
063/SLV A1 1 di 2		1864,9	0,013	971,7	0,092	-0,045	-0,309	-0,279	0,000	0,000	-0,588	0,278
075/SLV A1 1 di 2		1846,9	0,046	953,6	0,030	-0,045	-0,301	-0,272	0,000	0,000	-0,573	0,280

ELEMENTO : TRAVE N° 42

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	0,1	-1,3	-2,1	0,2	-2943,8	-0,212	-0,231
065	SLV A1	Si	0,1	-3,0	13,9	-62,8	-1844,7	-0,125	-0,148
069	SLV A1	Si	0,2	-1,5	62,6	-12,6	-1833,4	-0,130	-0,144

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 2		1750,9	0,001	1101,8	0,000	-0,045	-0,328	-0,307	0,000	0,000	-0,635	0,365
065/SLV A1 1 di 2		1395,1	0,011	746,0	0,093	-0,045	-0,307	-0,278	0,000	0,000	-0,585	0,278
069/SLV A1 1 di 2		1391,5	0,049	742,4	0,019	-0,045	-0,299	-0,270	0,000	0,000	-0,569	0,278

