

COMUNE DI PIACENZA (PC)

---

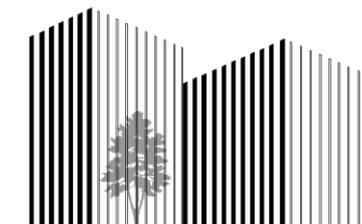
CIMITERO DI SANT'ANTONIO, STRADA AL MOLINETTO

**RELAZIONE SULLE FONDAZIONI**  
**Platea di fondazione**  
Progetto Esecutivo per la realizzazione di cellette  
cinerarie

Novembre 2019

**COMMITTENTE**

**Servizi Cimiteriali Piacenza S.R.L.**  
Via San Siro 38 - 29121 - Piacenza (PC)



**CHRISTIAN SERRA**  
INGEGNERE EDILE

indirizzo: VIA ZUMAGLIA 9, 10145 TORINO  
mail: cserra.f@tiscali.it  
pec: christian.serra@ingpec.eu  
tel: +39 349 05 655 03



## Valutazione dei cedimenti di una fondazione superficiale (MACROGUSCIO\_ID1).



Rappresentazione della fondazione.

### ***Descrizione del metodo di calcolo.***

Viene valutato il cedimento di una fondazione nastriforme su suolo sabbioso, utilizzando i metodi di seguito descritti. Il metodo di Burland e Burbidge (1985), utilizza i dati raccolti con una prova SPT. Il valore medio di Nspt, entro la profondità di influenza al di sotto della base della fondazione, viene utilizzato per valutare un indice di compressibilità, che con il sovraccarico applicato e le dimensioni della fondazione concorre a valutare il cedimento totale. Il metodo di Schmertmann (1970, 1978), utilizza i dati raccolti con una prova CPT. La deformazione verticale del terreno, entro la profondità di influenza al di sotto della base della fondazione, viene calcolata utilizzando il carico netto applicato ed un indice di influenza, funzione delle dimensioni della fondazione e della resistenza alla punta alla quota di interesse. Il cedimento totale è calcolato discretizzando la profondità di influenza in strati di 5 [cm] e sommando i cedimenti parziali ottenuti. Si verifica che il cedimento immediato sia minore di 4 [cm], e che il cedimento a lungo termine sia minore di 5 [cm].

## Descrizione della fondazione.

### Fondazione.

La fondazione ha forma rettangolare, con base  $B = 105$  [cm] e lunghezza  $L = 518$  [cm]. Il piano di posa è approfondito di 20 [cm].

### Terreno.

La stratigrafia è eterogenea, presenta 2 strati						
n.	nome	$z_i$ [cm]	$z_f$ [cm]	$\gamma_d$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	OCR
1	Argilla limosa	0	-250	0.0017	0.00215	1.00
2	Ghiaia sabbiosa	-250	-750	0.0018	0.00215	1.00

La stratigrafia non contiene una falda

## Risultati.

### Sollecitazioni.

Il calcolo è stato eseguito considerando le seguenti condizioni di carico, costituite da una sollecitazione di sforzo normale, applicata alla fondazione in corrispondenza del centro della base.

Numero	Nome	N [daN]
1	Caso 4-1	8431
2	Caso 6-1	7479

### Cedimenti.

Segue l'elenco dei cedimenti corrispondenti a ciascuna condizione di carico. Per il metodo di Burland e Burbidge, i cedimenti differiti sono calcolati per un tempo di 30.0 anni. Per il metodo di Schmertmann, i cedimenti differiti sono calcolati per un tempo di 30.0 anni.

Cond. di carico	Ced. immediato [cm]	Ver.	Ced. differito [cm]	Ver.
1) Caso 4-1 (Bur.&Bur.)	0.18	SI	0.27	-
1) Caso 4-1 (Schmer.)	0.09	SI	0.13	-
2) Caso 6-1 (Bur.&Bur.)	0.16	-	0.23	SI
2) Caso 6-1 (Schmer.)	0.07	-	0.1	SI

### Metodo di Burland e Burbidge.

La tabella successiva riassume i risultati del calcolo col metodo di Burland e Burbidge per la condizione di carico 1, a cui corrisponde il cedimento immediato maggiore.

$$w = \sigma'_{vp} B^{0.7} I_c / 3 + (q' - \sigma'_{vp}) B^{0.7} I_c$$

Il cedimento  $w$  viene moltiplicato per  $f_s f_t$ .

Simbolo	Valore	Descrizione
$z_{fon}$	-20 [cm]	Quota di base della fondazione
$B$	105 [cm]	Larghezza della base della fondazione
$z_i$	103.81 [cm]	Profondità di influenza
$q'$	0.16 [daN/cm <sup>2</sup> ]	Carico unitario applicato
$\sigma'_{v0}$	0.03 [daN/cm <sup>2</sup> ]	Tensione verticale geostatica alla quota della base
$\sigma'_{vp}$	0.03 [daN/cm <sup>2</sup> ]	Tensione verticale di preconsolidazione alla quota della base
$N$	8	Valore medio di $N_{spt}$ nella profondità di influenza
$I_c$	0.092	Indice di compressibilità
$f_s$	1.42	Coefficiente per la forma della fondazione
$f_t$	1.50	Coefficiente per il cedimento differito (30.0 anni)

Il cedimento immediato è pari a 0.18 [cm] (Verificato).

Il cedimento differito a 30.0 anni, nel caso di carichi statici, vale 0.27 [cm].

### Metodo di Schmertmann.

La tabella successiva riassume i risultati del calcolo col metodo di Schmertmann per la condizione di carico 1, a cui corrisponde il cedimento immediato maggiore.

$$w = C_1 C_2 \Delta q \Sigma (\Delta z_i / E)_i$$

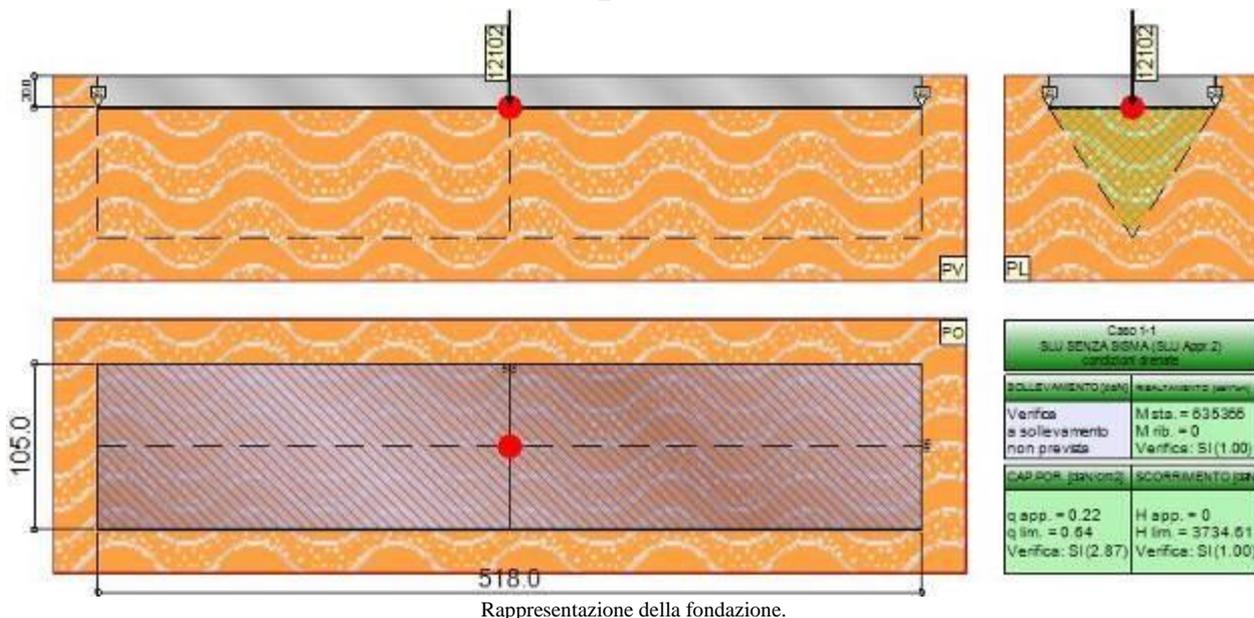
Per tenere conto della sovraconsolidazione del terreno ( $OCR = 1.0$ ),  $w$  è diviso per 2.00.

Simbolo	Valore	Descrizione
$Z_{fon}$	-20 [cm]	Quota di base della fondazione
$Z_i$	301.78 [cm]	Profondità di influenza
$\sigma_{v0}$	0.03 [daN/cm <sup>2</sup> ]	Tensione verticale geostatica alla quota della base
$\Delta q$	0.12 [daN/cm <sup>2</sup> ]	Carico unitario netto
$I_{z0}$	0.1	Valore iniziale di $I_z$
$Z_{i,max}$	75.44 [cm]	Approfondimento corrispondente al valore max di $I_z$
$I_{z,max}$	0.6	Valore massimo di $I_z$
$\sigma_{v0,imax}$	0.16 [daN/cm <sup>2</sup> ]	Tensione verticale geostatica alla quota $z_{i,max}$
$C_1$	0.86	Coefficiente per la profondità del piano di posa
$C_2$	1.50	Coefficiente per il cedimento differito (30.0 anni)

Il cedimento immediato è pari a 0.09 [cm] (Verificato).

Il cedimento differito a 30.0 anni vale 0.13 [cm].

## Valutazione della stabilità, capacità portante e resistenza a scorrimento di una fondazione superficiale (MACROGUSCIO\_ID1).



### Descrizione dei Casi di calcolo e riassunto dei risultati.

Segue il riassunto dei Casi di calcolo analizzati. I dettagli di ciascun Caso (sollecitazioni, verifiche, ecc.) sono specificati nei paragrafi successivi.

Indici e nomi dei casi di carico			Elenco delle verifiche eseguite per ciascun caso				Sisma
Caso	Nome	Sestetti	Ver. dren.	Ver. non dren.	Ver. equ.	Ver. upl.	Coef. sism.
1	SLU SENZA SISMA (SLU Appr.2)	1-1	Si	Si	Si	No	Non sismico
1-1 Caso 1-1							
2	SLUEqu (SLU EQU)	2-1	No	No	Si	No	Non sismico
2-1 Caso 3-1							

La seguente tabella elenca i coefficienti di sicurezza parziali, applicati alle caratteristiche meccaniche del terreno, alla capacità portante, alla resistenza a scorrimento e del terreno, per ciascun Caso di calcolo.

Caso	$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G1,sfa}$	$\gamma_{G2,fav}$	$\gamma_{G2,sfa}$	$\gamma_{Q1,fav}$	$\gamma_{Q1,sfa}$
1	1.00	1.30	0.80	1.50	0.00	1.50
2	0.90	1.10	0.80	1.50	0.00	1.50

Caso	$\gamma_{\gamma}$	$\gamma_{\phi}$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_{su}$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,h}$	$\gamma_{R,e}$	$\gamma_{R,eq}$	$\gamma_{R,upl}$
1	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	1.00	1.00	1.00
2	1.00	1.25	1.25	1.40	-	-	-	1.00	1.00

Segue la tabella riassuntiva di tutte le verifiche a **ribaltamento**.

Caso	$R_d$ [daN*cm]	$E_d$ [daN*cm]	Verifica
1-1	635360	0	SI (635360/0 = 1.00 >= 1.0)
2-1	578240	0	SI (578240/0 = 1.00 >= 1.0)

Segue la tabella riassuntiva di tutte le verifiche di **capacità portante**, i dettagli sono riportati nei paragrafi successivi.

Caso	Cond. drenate			Cond. non drenate		
	$E_d$ [daN]	$R_d$ [daN]	Verifica	$E_d$ [daN]	$R_d$ [daN]	Verifica
1-1	12102	34680.7	SI (34680.7/12102 = 2.87 >= 1.0)	12102	274161.4	SI (274161.4/12102 = 22.65 >= 1.0)

Segue la tabella riassuntiva di tutte le verifiche di **resistenza a scorrimento**, i dettagli sono riportati nei paragrafi successivi.

Caso	Cond. drenate			Cond. non drenate		
	$E_d$ [daN]	$R_d$ [daN]	Verifica	$E_d$ [daN]	$R_d$ [daN]	Verifica
1-1	0	3734.6	SI (3734.6/0 = 1.00 >= 1.0)	0	39556.4	SI (39556.4/0 = 1.00 >= 1.0)

### Descrizione del metodo di calcolo.

Il calcolo della capacità portante viene eseguito secondo la formula trinomia, considerando

separatamente i contributi dovuti alla coesione, al sovraccarico laterale ed al peso del terreno. Per le verifiche in condizioni drenate, si utilizzano i coefficienti di capacità portante  $N_q$  (Prandtl, 1921),  $N_c$  (Reissner, 1924),  $N_\gamma$  (Vesic, 1973), i coefficienti correttivi dovuti alla forma della fondazione ( $s$ , Meyerhof, 1951 e 1963), all'approfondimento ( $d$ , Brinch Hansen, 1970), all'inclinazione del carico ( $i$ , Vesic, 1973), all'inclinazione del piano di posa ( $b$ , Vesic, 1973), all'inclinazione del piano campagna ( $g$ , Vesic, 1973).

Per le verifiche in condizioni non drenate si utilizzando i coefficienti di capacità portante, quelli correttivi dovuti alla forma della fondazione ( $s$ ), all'approfondimento ( $d$ ), alla presenza di un'azione orizzontale ( $i$ ), all'inclinazione del piano di posa ( $b$ ) e del piano campagna ( $g$ ), suggeriti da Brinch Hansen e Vesic (1970, 1973).

Nel caso di terreno eterogeneo (litologie differenti, presenza di falda), i parametri meccanici utilizzati nel calcolo sono ottenuti come media ponderata dei valori rinvenuti all'interno del cuneo di rottura.

La resistenza a scorrimento, viene ottenuta sommando i contributi del carico normale al piano di posa moltiplicato per il coefficiente d'attrito, e dell'area del piano di posa (eventualmente ridotta per carico verticale eccentrico) per l'adesione fondazione-terreno. In condizioni drenate, l'attrito fondazione terreno è assunto pari all'angolo di resistenza al taglio del terreno moltiplicato per il coefficiente 0.75, l'adesione fondazione terreno è trascurata (assunta pari a 0). In condizioni non drenate, l'adesione fondazione terreno è assunta pari alla resistenza al taglio non drenata del terreno moltiplicata per il coefficiente 0.40. Si considera il contributo della pressione del terreno a lato della fondazione. La resistenza laterale del terreno è assunta pari alla resistenza passiva disponibile moltiplicata per 0.50.

### **Descrizione della fondazione.**

La fondazione ha piano di posa rettangolare, con lato X di 518 [cm], lato Y di 105 [cm], e centro alla quota  $z = -20$  [cm]. Il piano di posa è orizzontale.

### **Descrizione del terreno.**

La stratigrafia è eterogenea, presenta 2 strati								
n.	nome	$z_i$ [cm]	$z_f$ [cm]	$\gamma_d$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	$\gamma_t$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	$c'$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\phi'$ [°]	$s_u$ [daN/cm <sup>2</sup> ]
1	Argilla limosa	0	-250	0.0017	0.00215	0	25	2
2	Ghiaia sabbiosa	-250	-750	0.0018	0.00215	0	32	2

La stratigrafia non contiene una falda

### **Verifiche in condizioni drenate.**

#### **Sollecitazioni al piano di posa.**

Si riportano di seguito le componenti della sollecitazione applicata.

Rispetto al sistema di rif. globale:					
Caso	$F_x$ [daN]	$F_y$ [daN]	$F_z$ [daN]	$M_x$ [daN*cm]	$M_y$ [daN*cm]
1-1	0	0	-12102	0	0
Rispetto al sistema di rif. locale (centro piano di posa):					
Caso	$H_x$ [daN]	$H_y$ [daN]	$V_z$ [daN]	$M_x$ [daN*cm]	$M_y$ [daN*cm]
1-1	0	0	-12102	0	0

Le sollecitazioni applicate non provocano eccentricità, perciò la fondazione non viene ridotta per le verifiche, ma si adotta un'impronta rettangolare.

Caso	ecc. X [cm]	ecc. Y [cm]	Asse B	Asse L
1-1	0	0	asse Y	asse X

### **Capacità portante.**

Le seguenti tabelle elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, del peso di volume alleggerito, della coesione efficace, del sovraccarico alleggerito, e dei fattori e coefficienti introdotti nel calcolo della capacità portante.

Caso	$\gamma_\phi$	$\gamma_\gamma$	$\phi$ [°]	$\gamma'$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	$N_\gamma$	$S_\gamma$	$d_\gamma$	$i_{b\gamma}$	$i_{i\gamma}$	$b_\gamma$	$g_\gamma$	$q'_{lim,\gamma}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]
1-1	1.00	1.00	25	0.0017	10.88	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02
Caso	$\gamma_{c'}$	$c'$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$N_c$	$s_c$	$d_c$	$i_{bc}$	$i_{ic}$	$b_c$	$g_c$	$q'_{lim,c}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]		
1-1	1.00	0	20.72	1.10	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	0		
Caso	$q'$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$N_q$	$s_q$	$d_q$	$i_{bq}$	$i_{iq}$	$b_q$	$g_q$	$q'_{lim,q}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]			
1-1	0.03	10.66	1.05	1.06	1.00	1.00	1.00	1.00	0.4			

Segue il confronto fra la pressione limite ed applicata.

Caso	$\gamma_{R,v}$	$q'_{lim}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$A$ [cm <sup>2</sup> ]	$R_d$ [daN]	$E_d$ [daN]	Verifica
1-1	2.30	0.64	54390	34680.7	12102	SI (34680.7/12102 = 2.87 >= 1.0)

### Scorrimento.

Le seguenti tabelle elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, della coesione efficace, dell'attrito e dell'aderenza fondazione-terreno, e della resistenza disponibile sul piano di posa e sulle pareti laterali.

Caso	$\gamma_\phi$	$\gamma_{c'}$	$\phi$ [°]	$c'$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\delta$ [°]	$a$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma_{R,h}$	$\gamma_{R,e}$	$R_h$ [daN]	$R_e$ [daN]
1-1	1.00	1.00	25	0	18.7	0	1.10	1.00	3734.61	0

Segue il confronto fra la resistenza a scorrimento e l'azione applicata.

Caso	$R_d$ [daN]	$E_d$ [daN]	Verifica
1-1	3734.6	0	SI (3734.6/0 = 1.00 >= 1.0)

### Verifiche in condizioni non drenate.

### Sollecitazioni al piano di posa.

Si riportano di seguito le componenti della sollecitazione applicata.

Rispetto al sistema di rif. globale:					
Caso	$F_x$ [daN]	$F_y$ [daN]	$F_z$ [daN]	$M_x$ [daN*cm]	$M_y$ [daN*cm]
1-1	0	0	-12102	0	0
Rispetto al sistema di rif. locale (centro piano di posa):					
Caso	$H_x$ [daN]	$H_y$ [daN]	$V_z$ [daN]	$M_x$ [daN*cm]	$M_y$ [daN*cm]
1-1	0	0	-12102	0	0

Le sollecitazioni applicate non provocano eccentricità, perciò la fondazione non viene ridotta per le verifiche, ma si adotta un'impronta rettangolare.

Caso	ecc. X [cm]	ecc. Y [cm]	Asse B	Asse L
1-1	0	0	asse Y	asse X

### Capacità portante.

La seguente tabella elenca il valore della resistenza al taglio non drenata, del peso di volume totale, del sovraccarico totale, ed i fattori e coefficienti introdotti per il calcolo della capacità portante.

Caso	$\gamma_{su}$	$\gamma_\gamma$	$s_u$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [daN/cm <sup>3</sup> ]	$q_t$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$N_c$	$s_c$	$d_c$	$i_{bc}$	$i_{ic}$	$b_c$	$g_c$	$t_\gamma$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$q'_{lim,c}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$q'_{lim,q}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]
1-1	1.00	1.00	2	0.0017	0.03	5.14	1.04	1.08	1.00	1.00	1.00	1.00	0	11.52	0.03

Segue il confronto fra la pressione limite ed applicata.

Caso	$\gamma_{R,v}$	$q'_{lim}$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$A$ [cm <sup>2</sup> ]	$R_d$ [daN]	$E_d$ [daN]	Verifica
1-1	2.30	5.04	54390	274161.4	12102	SI (274161.4/12102 = 22.65 >= 1.0)

### Scorrimento.

Le seguenti tabelle elencano il valore della resistenza al taglio non drenata, dell'aderenza fondazione-terreno, e della resistenza disponibile sul piano di posa e sulle pareti laterali.

Caso	$\gamma_{su}$	$s_u$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$a$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma_{R,h}$	$\gamma_{R,e}$	$R_h$ [daN]	$R_e$ [daN]
1-1	1.00	2	0.8	1.10	1.00	39556.36	0

Segue il confronto fra la resistenza a scorrimento e l'azione applicata.

Caso	$R_d$ [daN]	$E_d$ [daN]	Verifica
1-1	39556.4	0	SI (39556.4/0 = 1.00 >= 1.0)