

# COMUNE DI MORETTA (CN)

Lavori presso la scuola elementare G. Prat di riconversione funzionale e abbattimento barriere architettoniche



Responsabile del procedimento: geom. Roberto Mina

R.T.P. di progettazione:

Settanta7 studio associato

arch. Daniele Rangone

arch. Elena Rionda

ing. Luca Ronco

ing. Alberto Brondello



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO

1264 Dott. Ing. Luca Ronco



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO

A1653 Dott. Ing. Alberto Brondello

ing. Luca Lussorio

geol. Giuseppe Galliano

arch. Francesca Cordero



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO

A1553 Dott. Ing. Luca Lussorio



PROGETTO ESECUTIVO  
Data consegna: SETTEMBRE 2017

Nucleo ascensore - Relazione sulle fondazioni

0041430003-PE-2-S-023-Nucleo ascensore-Relazione sulle fondazioni



## INDICE

<b>1. <u>PREMESSA</u></b> .....	<b>2</b>
<b>2. <u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</u></b> .....	<b>2</b>
<b>3. <u>SITUAZIONE GEOTECNICA</u></b> .....	<b>2</b>
<b>4. <u>MODELLAZIONE AL CALCOLATORE</u></b> .....	<b>3</b>
4.1. INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO .....	3
4.2. GRADO DI AFFIDABILITÀ DEL CODICE .....	3
4.3. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	3
<b>5. <u>VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE DEI MICROPALI DEL NUCLEO ASCENSORE</u></b> .....	<b>4</b>
5.1. DESCRIZIONE DEI CASI DI CALCOLO E RIASSUNTO DEI RISULTATI .....	4
5.2. DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO UTILIZZATI .....	5
5.2.1. DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO UTILIZZATO PER LA PORTATA LATERALE. ....	5
5.3. DESCRIZIONE DEL PALO .....	5
5.4. DESCRIZIONE DEL TERRENO .....	5
5.5. CALCOLO DELLA PORTATA.....	5
NTC 08, SLU APPR. 2 .....	5
5.6. CALCOLO DELLA PORTATA DI BASE. ....	6
5.7. CALCOLO DELLA PORTATA LATERALE.....	6
5.8. VERIFICHE .....	7



## 1. PREMESSA

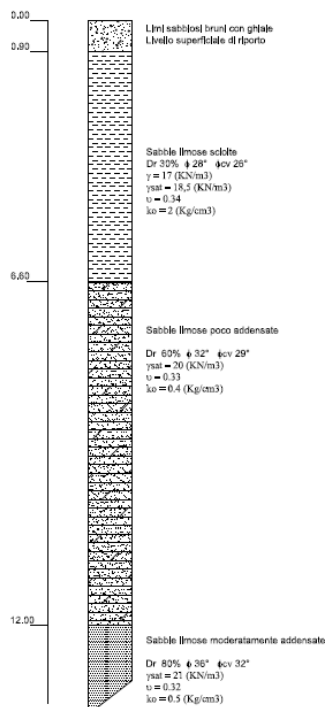
La presente relazione è stata redatta nel rispetto delle indicazioni espresse dal D.M. 14/01/2008 e riguarda le fondazioni della costruzione del nucleo ascensore per la scuola elementare G. Prati.

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- EN 206: Calcestruzzo – Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità
- DM 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009 n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "norme per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008

## 3. SITUAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento alla relazione geologia-geotecnica, a cui si rimanda per maggiori dettagli, è stata individuata la seguente stratigrafia:





## 4. MODELLAZIONE AL CALCOLATORE

I modelli delle strutture sono stati verificati con il programma Dolmen 2012.

### 4.1. Individuazione del codice di calcolo

Per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica in cemento armato si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando il seguente programma di calcolo:

DOLMEN WIN (R), versione 12 del 2012 prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F.

Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, ed è stata scritta utilizzando i linguaggi Fortran e C. DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio, sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidità elastica.

A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

### 4.2. Grado di affidabilità del codice

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, come indicato nel paragrafo precedente. La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. È possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura. Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

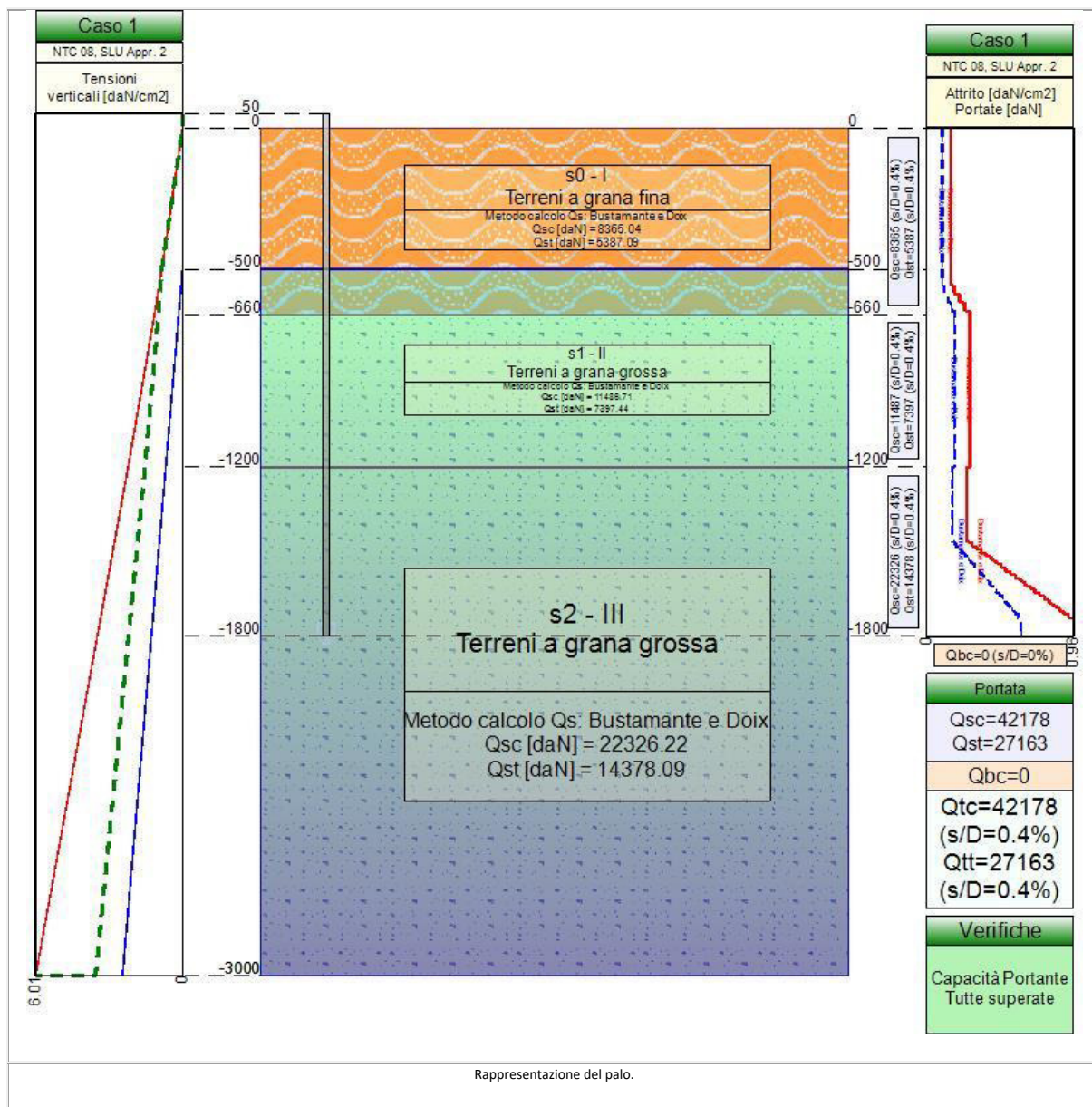
### 4.3. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta ad confermare la validità dei risultati.





5. Verifica capacità portante dei micropali del nucleo ascensore



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

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

Caso	Nome	Sestetti	Ver. por.	Ver. ced.
1	NTC 08, SLU Appr. 2	da a	1-1 1-2	Si No
1-1 sisma; 1-2 sisma +				



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

Capacità portante				Cedimento		
Caso	$E_d$ [daN]	$R_d$ [daN]	Verifica	$s$ [cm]	$s_{amm}$ [cm]	Verifica
1-1	-39611.19	-42177.98	SI (-42177.98/-39611.19 = 1.06 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		
1-2	791.39	27162.62	SI (27162.62/791.39 = 34.32 >= 1.0)	Verifica non richiesta.		

## 5.2. Descrizione dei metodi di calcolo utilizzati

### 5.2.1. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per la portata laterale.

Il calcolo della portata per attrito laterale viene effettuato col metodo *Bustamante e Doix*.

L'attrito laterale è valutato secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (1985), di carattere empirico, basate sull'interpretazione di prove in scala reale. Secondo la stratigrafia e la tipologia di iniezione, viene valutato il diametro medio del bulbo di malta iniettata e l'attrito limite da questa sviluppato col terreno circostante. Questo metodo è applicabile a terreni coesivi e non coesivi, per micropali.

$$Q_{s,lim} = D_s L_s q$$

## 5.3. Descrizione del palo.

Il palo è lungo 1850 [cm], ha un diametro di 24 [cm], e centro alla quota  $z = 50$  [cm]. Tipologia: Micropalo.

## 5.4. Descrizione del terreno.

La stratigrafia è eterogenea, presenta 3 strati				
n.	nome	$z_i$ [cm]	$z_f$ [cm]	descrizione
1	I	0	-660	coesivo: $\gamma_d=1700$ [daN/m <sup>3</sup> ]; $\gamma_t=1850$ [daN/m <sup>3</sup> ]; $c'=0$ [daN/cm <sup>2</sup> ]; $\phi'=28$ [°]; $s_u=0$ [daN/cm <sup>2</sup> ]
2	II	-660	-1200	non coesivo: $\gamma_d=1800$ [daN/m <sup>3</sup> ]; $\gamma_t=2000$ [daN/m <sup>3</sup> ]; $c'=0$ [daN/cm <sup>2</sup> ]; $\phi'=32$ [°]
3	III	-1200	-3000	non coesivo: $\gamma_d=1800$ [daN/m <sup>3</sup> ]; $\gamma_t=2100$ [daN/m <sup>3</sup> ]; $c'=0$ [daN/cm <sup>2</sup> ]; $\phi'=36$ [°]

La stratigrafia contiene una falda			
n.	$z_i$ [cm]	$z_f$ [cm]	$\gamma_w$ [daN/m <sup>3</sup> ]
1	-500	-3000	980

## 5.5. Calcolo della portata

NTC 08, SLU Appr. 2

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali per le azioni:  $\gamma_{G1,i}=1.00$ ,  $\gamma_{G1,s}=1.30$ ,  $\gamma_{G2,i}=0.00$ ,  $\gamma_{G2,s}=1.50$ ,  $\gamma_{Qi,i}=0.00$ ,  $\gamma_{Qi,s}=1.50$ .



Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza, secondo il numero di verticali indagate:

n. vert.	2
$\xi_{med}$	1.65
$\xi_{min}$	1.55

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali alle portate calcolate, secondo il tipo di palo:

Tipo di palo	Infisso	Trivellato	A elica continua	Micropalo	Avvitato
$\gamma_b$	1.15	1.35	1.30	1.35	1.15
$\gamma_s$	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
$\gamma_{st}$	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

Alle sollecitazioni applicate viene aggiunto il peso proprio del palo, amplificato col coefficiente parziale  $\gamma_{G1, fav}=1.00$  o  $\gamma_{G1, sfa}=1.30$ , secondo il caso.

## 5.6. Calcolo della portata di base.

La portata di base viene trascurata, posta pari a 0.

## 5.7. Calcolo della portata laterale.

Il fusto del palo attraversa 3 strati.

### Strato 1: I

Metodo *Bustamante e Doix* per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota 0 [cm] a quota -660 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -335 [cm].

Il diametro della perforazione vale 24 [cm]. Nel terreno interessato da un'iniezione in pressione (iniezione unica), il diametro medio del bulbo di malta è incrementato rispetto a quello di perforazione. Gli Autori suggeriscono di considerare un incremento tra 10% e 20%, si sceglie 20%. Il diametro medio del bulbo di malta pari a 28.8 [cm], il che equivale ad incrementare l'attrito per 1.20. L'attrito bulbo-terreno è stimato in funzione del valore di  $N_{spt}$ . Alla quota di interesse si ha un  $N_{spt}$  di 4 [colpi/piede]. Il valore complessivo dell'attrito laterale calcolato è 0.3 [daN/cm<sup>2</sup>].

La portata laterale calcolata vale 15872.67 [daN] (11110.87 [daN]). Si applica  $\xi_{med}=1.65$ . Si applicano  $\gamma_s=1.15$  e  $\gamma_{st}=1.25$ . Portate di calcolo:  $Q_{sc,d} = 8365.04$  [daN] ( $s/D=0.50\%$ ).  $Q_{st,d} = 5387.09$  [daN] ( $s/D=0.50\%$ ).

### Strato 2: II

Metodo *Bustamante e Doix* per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -660 [cm] a quota -1200 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -930 [cm].



Il diametro della perforazione vale 24 [cm]. Nel terreno interessato da un'iniezione in pressione (iniezione unica), il diametro medio del bulbo di malta è incrementato rispetto a quello di perforazione. Gli Autori suggeriscono di considerare un incremento tra 10% e 20%, si sceglie 20%. Il diametro medio del bulbo di malta pari a 28.8 [cm], il che equivale ad incrementare l'attrito per 1.20. L'attrito bulbo-terreno è stimato in funzione del valore di  $N_{spt}$ . Alla quota di interesse si ha un  $N_{spt}$  di 13 [colpi/piede]. Il valore complessivo dell'attrito laterale calcolato è 0.54 [daN/cm<sup>2</sup>].

La portata laterale calcolata vale 21796.04 [daN] (15257.23 [daN]). Si applica  $\xi_{med}=1.65$ . Si applicano  $\gamma_s=1.15$  e  $\gamma_{st}=1.25$ . Portate di calcolo:  $Q_{sc,d} = 11486.71$  [daN] (s/D=0.50%).  $Q_{st,d} = 7397.44$  [daN] (s/D=0.50%).

### Strato 3: III

Metodo *Bustamante e Doix* per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -1200 [cm] a quota -1800 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -1498.38 [cm].

Il diametro della perforazione vale 24 [cm]. Nel terreno interessato da un'iniezione in pressione (iniezione unica), il diametro medio del bulbo di malta è incrementato rispetto a quello di perforazione. Gli Autori suggeriscono di considerare un incremento tra 10% e 20%, si sceglie 12%. Il diametro medio del bulbo di malta pari a 26.76 [cm], il che equivale ad incrementare l'attrito per 1.12. L'attrito bulbo-terreno è stimato in funzione del valore di  $N_{spt}$ . Alla quota di interesse si ha un  $N_{spt}$  di 16 [colpi/piede]. Il valore complessivo dell'attrito laterale calcolato è 0.68 [daN/cm<sup>2</sup>].

La portata laterale calcolata vale 42364.01 [daN] (29654.8 [daN]). Si applica  $\xi_{med}=1.65$ . Si applicano  $\gamma_s=1.15$  e  $\gamma_{st}=1.25$ . Portate di calcolo:  $Q_{sc,d} = 22326.22$  [daN] (s/D=0.50%).  $Q_{st,d} = 14378.09$  [daN] (s/D=0.50%).

### Portata laterale totale

La portata di calcolo  $Q_{sc,d}$  è 42177.98 [daN],  $Q_{st,d}$  è 27162.62 [daN].

### Portata totale (base + laterale)

La portata di calcolo  $Q_{tc,d}$  è 42177.98 [daN],  $Q_{tt,d}$  è 27162.62 [daN].

## 5.8. Verifiche

Segue il riassunto delle verifiche in formato tabellare. La verifica a capacità portante è risolta dal confronto tra la sollecitazione  $E_d$ , e la resistenza  $R_d$  pari alla capacità portante calcolata.

Caso	$E_d$ [daN]	$R_d$ [daN]	ver.
1-1	39611.19	42177.98	SI (-42177.98/-39611.19 = 1.06 >= 1.0)
1-2	791.39	27162.62	SI (27162.62/791.39 = 34.32 >= 1.0)