

ADORNO ING. CLAUDIO
Via Roma n. 23
14050 CESSOLE (AT)

Committente:
COMUNE DI ACQUI TERME
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
REGIONE PIEMONTE

Progetto:
INTERVENTO DI RIPRISTINO STRADA COMUNALE PER LUSSITO (INTERVENTO 3)
MEDIANTE OPERE DI CONSOLIDAMENTO SOTTOSCARPA AL_A18_622_19_492
FINANZIATO DALLA REGIONE PIEMONTE FONDO DI SOLIDARIETÀ UNIONE
EUROPEA. CUP B17H20009540002

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RELAZIONE
DI
CALCOLO

Data
27/04/2021

Il R.U.P.:
.....

Il Tecnico Incaricato:
ADORNO Ing. Claudio



COMUNE DI ACQUI TERME
PROVINCIA DI ALESSANDRIA

COMMITTENTE:
COMUNE DI ACQUI TERME
Strada Comunale Lussito
15011 Acqui Terme (AL)

PROGETTO DI OPERE STRUTTURALI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

Dott. Ing. ADORNO CLAUDIO
Via Roma 23
14050 Cessole (AT)
TEL. 0144 80156 – CELL. +393475414743
E- mail: claudio.adorno@libero.it

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

PROGETTO STRUTTURALE

PREMESSA

La presente relazione, redatta dall'Ing. Adorno Claudio nato a Canelli (AT) il 16/01/1977 con studio in Via Roma n. 23 a Cessole (AT) iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Asti al n. A613, C.F. DRN CLD 77A16 B594W, è relativa al progetto strutturale per lavori di ripristino strada comunale Lussito da realizzarsi nel Comune di Acqui Terme (AL).

DESCRIZIONE DELLE OPERE

La presente relazione riguarda la ricostruzione della sede stradale con la realizzazione di due solette poggianti su pali site in Acqui Terme in Strada Comunale Lussito.

Le solette saranno realizzate in cemento armato su pali di grande diametro anch'essi in cemento armato.

Nelle tavole allegate sono riportate le indicazioni necessarie per la realizzazione dell'opera.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il calcolo della struttura è stato svolto secondo i criteri della scienza delle costruzioni seguendo le norme emanate in merito dalle autorità competenti.

- **L. n. 1086 del 5/11/1971**

"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".

- **Circ. 14/02/1974 del Min. dei LL.PP.**

"Istruzioni per l'applicazione della Legge 05/11/1971, n. 1086".

- **D.M. 27/07/1985**

"Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale, precompresso e per le strutture metalliche".

- **Circ. Min. LL.PP. 30/10/1986**

"Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche"

- **Codice modello CEB/FIP per le opere in c.a.**

- **C.N.R. 10012-85**

"Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni".

- **Circ. Ministero dei LL.PP. Cons. Sup. 27690 del 19/07/1986**

- **D.M. 14/02/1990**

"Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

- **D.M. 14/02/1992**

"Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture le strutture metalliche".

- **Circ. 24/06/1993, n. 37406/STC.**

"Istruzioni relative alle norme tecniche per l' esecuzione del le opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al decreto ministeriale 14/02/1992".

- **D. M. 09.01.1996**

"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche".

- **D.M. 16.01.1996**

"Norme tecniche relative ai Criteri per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi".

- **D.M. 16.01.1996**

"Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche".

- **D.M. 14.09.2005**

"Norme tecniche per la costruzione".

- **D.M. 14.01.2008**

"Norme tecniche per la costruzione".

- **D.M. 17.01.2018**

"Norme tecniche per la costruzione".

- **EC2**
- **EC3**

MATERIALI UTILIZZATI

CALCESTRUZZO C 25/30

Resistenza caratteristica a compressione cubica:	R_{ck}	=	30	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica:	f_{ck}	=	24,9	MPa
Resistenza media a trazione:	f_{ctm}	=	2,60	MPa
Resistenza caratteristica a trazione:	f_{ctk}	=	1,82	MPa
Modulo di elasticità:	E_c	=	31	GPa
Coefficiente di dilatazione termica:	a	=	1,00E-05	°C ⁻¹
Massa volumica:	r	=	25	KN/m ³

ACCIAIO B450

Resistenza caratteristica a trazione:	f_{yk}	=	450	MPa
Modulo di elasticità:	E_s	=	200	GPa
Coefficiente di dilatazione termica:	a	=	1,00E-05	°C ⁻¹
Massa volumica:	r	=	78,50	KN/m ³

PRESCRIZIONI

Tutti i calcestruzzi utilizzati dovranno essere confezionati in modo da rispondere a requisiti di durabilità, così come esposto nella norma UNI 9858 per zone di classe di esposizione 2a. Per gli acciai in barre (FeB44k) dovranno essere verificate in fase di esecuzione, le seguenti limitazioni:

$$f_y / f_{yk} \leq 1.35 ; \quad (f_t / f_y)_{\text{medio}} \geq 1.13$$

f_y = valore della tensione di snervamento rilevato sperimentalmente;

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento;

f_t = singolo valore della tensione di rottura rilevato sperimentalmente.

Verificare tutte le misure in cantiere.

Effettuare le legature di tutti i ferri di armatura con fili in acciaio di diametro mm. 1.5 avvolgendo almeno una volta su se stessi entrambe i ferri e poi legandoli reciprocamente.

I certificati di origine e le prove di resistenza dei materiali impiegati dovranno essere forniti direttamente dal produttore.

Disarmare dopo almeno 28 giorni consecutivi dal getto.

METODO DI CALCOLO

La struttura in questione è stata calcolata secondo gli schemi statici allegati e verificata con il metodo degli SLU secondo quanto previsto dal DM 17 gennaio 2018 in quanto ci si trova in zona sismica di 3° grado. Seguono nelle pagine successive le verifiche delle sezioni considerate.

ALLEGATI

Si riportano le relazioni di calcolo delle diverse opere strutturali presenti nell'intervento in progetto.

PREMESSA

Nella realizzazione del progetto in corso verranno realizzate due solette poggianti su pali in c.a. di grande diametro gettati in opera previa esecuzione di un foro con asportazione di terreno.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO

Per una corretta verifica della portata del palo di fondazione occorre, innanzitutto, analizzare i parametri che caratterizzano il terreno. In base ALL'ANALISI DEL TERRENO IN SITO possiamo considerare due tipologie di terreni.

VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE – intervento 1

Caratteristiche geometriche del singolo palo

Verrà realizzata un'unica tipologia di palo con diametro di 80 cm con lunghezza pari a 5,00 m.

Carico limite del singolo palo

Il carico assiale P_r che provoca la rottura del terreno (ossia grandi cedimenti) può essere calcolato attraverso la formula di Terzaghi. Esso è dovuto, in parte, alla forza agente alla punta P_p e, in parte, all'attrito lungo il palo P_l .

$$P_r = P_p + P_l = \left(r^2 (1,3 c_{nc} + (h n_\gamma + 0,6 (r n_c + 2 (r f' h$$

In cui:

P_p : portata alla punta alla rottura

P_l : portata laterale a rottura

h : profondità del palo

r : raggio del palo

γ : peso specifico del terreno

c : coesione del terreno

f' : forza specifica tangenziale sviluppabile tra terreno e palo

n_c n_q n_γ : coefficienti di capacità portante desumibili da tabella (Prontuario del Cemento Armato pag. 224 di L. Santarella) in funzione dell'angolo di attrito del terreno.

Essendo un terreno prevalentemente in coesivo si può assumere la portata laterale a rottura P_l nulla. Il carico assiale a rottura va, in questo modo, a coincidere con la portata della punta a rottura.

Nel caso di palo di lunghezza del palo pari a 5,00 m:

$$P_r(h: 5,00 \text{ m}) = P_p = \pi r^2 (1,3 c n_c + \gamma h n_q + 0,6 \gamma r n_\gamma) = \pi (0,40)^2 (1,3 \cdot 10000 \cdot 56,8 + 2000 \cdot 5 \cdot 41,5 + 0,6 \cdot 2000 \cdot 0,40 \cdot 41) = 218.754 \text{ Kg}$$

Analisi dei carichi

Per poter verificare che i pali e il terreno siano in grado di sopportare i carichi agenti su di essi occorre prendere in considerazione l'area di influenza e tutti i carichi agenti sul palo; questi sono:

1. Peso proprio del palo	2500 Kg/mc
2. Peso proprio della soletta e del cordolo in c.a.	2500 Kg/mc
3. Peso proprio della strada	1500 Kg/mq
4. Sovraccarico stradale	2000 Kg/mq

Avendo in progetto di disporre i pali su due file e con un interasse di 5,00 m e considerando che la soletta ha una larghezza di 3,00 m (vedesi Elaborati Grafici allegati) l'area di influenza di ogni singolo palo è:

$$A = 5,00 \cdot 1,50 = 7.50 \text{ mq.}$$

Peso proprio del palo

Il Peso proprio del palo è pari a:

$$PP \text{ palo } (h = 5,00) = \pi r^2 h \gamma = 6.280 \text{ kg}$$

Peso proprio della soletta e del cordolo in c.a.

Il Peso proprio della soletta è pari a:

$$PP \text{ soletta} = (A h_{\text{soletta}} + b l h_{\text{cordolo}})\gamma = 10.512 \text{ kg}$$

Peso proprio della strada

Il Peso proprio della strada è pari a:

$$PP \text{ strada} = A h_{\text{strada}} \gamma = 9.000 \text{ kg}$$

Sovraccarico stradale

Il Sovraccarico stradale è pari a:

$$S \text{ strada} = k A \text{ Sovracc} = 12.6000 \text{ kg}$$

K: coefficiente dinamico

Il Carico totale è dato dalla somma di tutti questi carichi appena analizzati ed è pari a:

$$P \text{ tot} = PP \text{ palo} + PP \text{ soletta} + PP \text{ strada} + S \text{ strada} = 38.392 \text{ Kg}$$

Verifica e Conclusioni

Assumendo un coefficiente di Sicurezza ψ pari a 2 risulta che:

$$P \text{ tot} < Pr / \psi$$

Poiché

$$38.392 \text{ Kg} < 218.754 \text{ Kg} / 2$$

$$38.392 \text{ Kg} < 109.377 \text{ Kg}$$

Pertanto si può osservare che i pali di fondazione risultano ampiamente adeguati alla portata dei carichi e dei sovraccarichi presenti.

VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE – intervento 2

Caratteristiche geometriche del singolo palo

Verrà realizzata un'unica tipologia di palo con diametro di 80 cm con lunghezza pari a 5,00 m.

Carico limite del singolo palo

Il carico assiale P_r che provoca la rottura del terreno (ossia grandi cedimenti) può essere calcolato attraverso la formula di Terzaghi. Esso è dovuto, in parte, alla forza agente alla punta P_p e, in parte, all'attrito lungo il palo P_l .

$$P_r = P_p + P_l = \pi r^2 (1,3 c n_c + \gamma h n_q + 0,6 \gamma r n_\gamma) + 2 \pi r f h$$

In cui:

P_p : portata alla punta alla rottura

P_l : portata laterale a rottura

h : profondità del palo

r : raggio del palo

γ : peso specifico del terreno

c : coesione del terreno

f : forza specifica tangenziale sviluppabile tra terreno e palo

n_c n_q n_γ : coefficienti di capacità portante desumibili da tabella (Prontuario del Cemento Armato pag. 224 di L. Santarella) in funzione dell'angolo di attrito del terreno.

Essendo un terreno prevalentemente in coesivo si può assumere la portata laterale a rottura P_l nulla. Il carico assiale a rottura va, in questo modo, a coincidere con la portata della punta a rottura.

Nel caso di palo di lunghezza del palo pari a 5,00 m:

$$P_r (h: 5,00 \text{ m}) = P_p = \pi r^2 (1,3 c n_c + \gamma h n_q + 0,6 \gamma r n_\gamma) = \pi (0,40)^2 (1,3 \cdot 10000 \cdot 56,8 + 2000 \cdot 5 \cdot 41,5 + 0,6 \cdot 2000 \cdot 0,40 \cdot 41) = 218.754 \text{ Kg}$$

Analisi dei carichi

Per poter verificare che i pali e il terreno siano in grado di sopportare i carichi agenti su di essi occorre prendere in considerazione l'area di influenza e tutti i carichi agenti sul palo; questi sono:

5. Peso proprio del palo	2500 Kg/mc
6. Peso proprio della soletta e del cordolo in c.a.	2500 Kg/mc
7. Peso proprio della strada	1500 Kg/mq
8. Sovraccarico stradale	2000 Kg/mq

Avendo in progetto di disporre i pali su due file e con un interasse di 3,00 m e considerando che la soletta ha una larghezza di 2,00 m (vedesi Elaborati Grafici allegati) l'area di influenza di ogni singolo palo è:

$$A = 3,00 * 1,00 = 3 \text{ mq.}$$

Peso proprio del palo

Il Peso proprio del palo è pari a:

$$PP \text{ palo } (h = 5,00) = \pi r^2 h \gamma = 6.280 \text{ kg}$$

Peso proprio della soletta e del cordolo in c.a.

Il Peso proprio della soletta è pari a:

$$PP \text{ soletta} = (A h_{\text{soletta}} + b l h_{\text{cordolo}}) \gamma = 4.968 \text{ kg}$$

Peso proprio della strada

Il Peso proprio della strada è pari a:

$$PP \text{ strada} = A h_{\text{strada}} \gamma = 5.400 \text{ kg}$$

Sovraccarico stradale

Il Sovraccarico stradale è pari a:

$$S \text{ strada} = k A \text{ Sovracc} = 12.6000 \text{ kg}$$

K: coefficiente dinamico

Il Carico totale è dato dalla somma di tutti questi carichi appena analizzati ed è pari a:

$$P_{\text{tot}} = PP_{\text{palo}} + PP_{\text{soletta}} + PP_{\text{strada}} + S_{\text{strada}} = 29.248 \text{ Kg}$$

Verifica e Conclusioni

Assumendo un coefficiente di Sicurezza ψ pari a 2 risulta che:

$$P_{\text{tot}} < Pr / \psi$$

Poiché

$$29.248 \text{ Kg} < 218.754 \text{ Kg} / 2$$

$$29.248 \text{ Kg} < 109.377 \text{ Kg}$$

Pertanto si può osservare che i pali di fondazione risultano ampiamente adeguati alla portata dei carichi e dei sovraccarichi presenti.

VERIFICA DELLA SOLETTA E DEL CORDOLO IN C.A. – intervento 1

Nella realizzazione del progetto in corso verrà realizzata una soletta poggiante su pali in c.a. di grande diametro con sottostante cordolo in c.a.

Caratteristiche geometriche della soletta

Verrà realizzata una soletta con spessore di 50 cm e con larghezza complessiva di 300 cm. Essa poggerà su due file di pali di grande diametro. Nell'analisi statica si è considerata metà platea poggiante su un'unica fila di pali. Lo schema statico utilizzato è quello di trave continua.

Analisi dei carichi

Per poter dimensionare la soletta occorre prendere in considerazione i carichi agenti su una striscia di 1,50 m di essa:

1. Peso proprio della soletta e del cordolo al ml.
2. Peso proprio della strada al ml.
3. Sovraccarico stradale al ml.

Peso proprio della soletta e del cordolo in c.a.

Il Peso proprio della soletta è pari a:

$$PP \text{ soletta} = (h_{\text{soletta}} \gamma + b \mid h_{\text{cordolo}} \gamma / 2) = 2.102 \text{ kg /m}$$

Peso proprio della strada

Il Peso proprio della strada è pari a:

$$PP \text{ strada} = h_{\text{strada}} \gamma \mid = 324 \text{ kg /m}$$

Sovraccarico stradale

Il Sovraccarico stradale è pari a:

$$S \text{ strada} = k \text{ Sovracc} \mid = 2.000 \text{ Kg /m}$$

K: coefficiente dinamico

Il Carico totale al metro lineare è dato dalla somma di tutti questi carichi appena analizzati ed è pari a:

$$P_{\text{tot}} = PP_{\text{soletta}} + PP_{\text{strada}} + S_{\text{strada}} = 4.426 \text{ Kg/m}$$

Da cui si ha un Momento massimo pari a:

$$M_{+} = P_{\text{tot}} l^2/24 = 4610 \text{ kgm}$$

$$M_{-} = P_{\text{tot}} l^2/12 = -9220 \text{ kgm}$$

Da cui (utilizzando il prontuario dell'ing. Santarella):

$$\sqrt{9220} = 96,02$$

$$40/96,02 = 0,41$$

$$t = 0,000587$$

$$A_f = 0,000587 \sqrt{922000} * 100 = 5,64 \text{ cmq (area minima di armatura)}$$

Risulta verificata.

VERIFICA DELLA SOLETTA E DEL CORDOLO IN C.A. – intervento 2

Nella realizzazione del progetto in corso verrà realizzata una soletta poggiante su pali in c.a. di grande diametro con sottostante cordolo in c.a.

Caratteristiche geometriche della soletta

Verrà realizzata una soletta con spessore di 30 cm e con larghezza complessiva di 200 cm. Essa poggerà su due file di pali di grande diametro. Nell'analisi statica si è considerata metà platea poggiante su un'unica fila di pali. Lo schema statico utilizzato è quello di trave continua.

Analisi dei carichi

Per poter dimensionare la soletta occorre prendere in considerazione i carichi agenti su una striscia di 1,50 m di essa:

4. Peso proprio della soletta e del cordolo al ml.
5. Peso proprio della strada al ml.
6. Sovraccarico stradale al ml.

Peso proprio della soletta e del cordolo in c.a.

Il Peso proprio della soletta è pari a:

$$PP \text{ soletta} = (h_{\text{soletta}} \gamma + b l h_{\text{cordolo}} \gamma / 2) = 1.656 \text{ kg /m}$$

Peso proprio della strada

Il Peso proprio della strada è pari a:

$$PP \text{ strada} = h_{\text{strada}} \gamma l = 1.260 \text{ kg /m}$$

Sovraccarico stradale

Il Sovraccarico stradale è pari a:

$$S \text{ strada} = k \text{ Sovracc} l = 2.000 \text{ Kg /m}$$

K: coefficiente dinamico

Il Carico totale al metro lineare è dato dalla somma di tutti questi carichi appena analizzati ed è pari a:

$$P \text{ tot} = PP \text{ soletta} + PP \text{ strada} + S \text{ strada} = 4.916 \text{ Kg/m}$$

Da cui si ha un Momento massimo pari a:

$$M_+ = P_{\text{tot}} l^2 / 24 = 5121 \text{ kgm}$$

$$M_- = P_{\text{tot}} l^2 / 12 = -10242 \text{ kgm}$$

Da cui (utilizzando il prontuario dell'ing. Santarella):

$$\sqrt{10242} = 101,20$$

$$40/101,20 = 0,39$$

$$t = 0,000587$$

$$A_f = 0,000587 \sqrt{1024200} * 100 = 5,94 \text{ cmq (area minima di armatura)}$$

Risulta verificata.