



2513-Intestazioni.dwg

## **COMUNE DI BOLOGNA**

### **PROGETTO ESECUTIVO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE E DELLO SPOSTAMENTO DELLA FOGNATURA MISTA E DELLA CANALETTA DELLE LAME NELL'AMBITO DELLA REALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO CENTRO PRODUZIONE PASTI LAZZARETTO**

---

### **RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE STRUTTURALI - CARATTERISTICHE MATERIALI E - GEOTECNICA**

---

#### **1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE**

##### **1.1 Descrizione del contesto**

Il progetto allegato alla presente relazione ha per oggetto la realizzazione delle opere idrauliche e di fognatura connesse alla edificazione del centro di produzione pasti "Lazzaretto" nel Comune di Bologna.

In particolare le opere strutturali oggetto dell'intervento riguardano:

- La realizzazione di un nuovo tratto di fognatura mista in sostituzione del tratto esistente che interagisce con le produzioni dell'edificio di nuova realizzazione.
- La realizzazione di un nuovo tratto della "Canaletta delle Lame" in sostituzione del tratto esistente che interferisce anch'esso con le fondazioni dell'edificio di nuova realizzazione.

##### **1.2 Descrizione della struttura**

Il primo intervento strutturale riguarda la realizzazione di un sostegno precauzionale di un tratto del nuovo condotto "Canaletta delle Lame", mediante micropali, in quanto per la messa in opera del condotto della nuova fognatura mista dovrà essere realizzato uno scavo dalla profondità di circa 6.00 mt di fianco alla "Canaletta delle Lame".

Gli altri interventi strutturali riguardano la realizzazione di camerette interrata (nr. 3) lungo il nuovo tracciato della fognatura mista.

Si tratta di cameretta in C.A. eseguite in opera dell'altezza interna di 3.70 mt ed interrate ad una profondità variabile dai 2.00 mt ai 2.40 mt.

### 1.3 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento è la seguente:

- Legge n. 64 del 2/2/1974 – Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. del 24/1/1986 – Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.
- Legge n. 1086 del 5/11/1971 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. del 14/2/1992 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 9/1/1996 – Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 16/1/1996 – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- D.M. del 14/1/2008 – Norme tecniche per le costruzioni. Le verifiche degli elementi di fondazione sono eseguite utilizzando l'Approccio 2.
- Circolare n. 617 del 2/2/2009 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/1/2008.
- Deliberazione della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna, 26/9/11, n. 1373.

### 1.4 Condizioni d'uso e livelli di sicurezza

Sinteticamente si indicano i principali criteri di progettazione e i livelli di sicurezza adottati per gli interventi in oggetto, in ottemperanza ai livelli richiesti dal D.M 14/01/2008:

- *Sito: Bologna*
- *Longitudine: 11.322*
- *Latitudine: 44.517*
- *Zona Sismica: 3*
- *Categoria di Sottosuolo: C*
- *Classe d'uso: II ( $C_U=1.0$ )*
- *Vita Nominale:  $V_N=50$  anni*
- *Periodo di Riferimento:  $V_R=V_N \times C_U=50$  anni*

- *Categoria Topografica:  $T_1$*
- *Metodo di progetto e verifica: Metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenza (Stati Limite).*

	Probabilità di superamento	Tr:	ag:	Fo:	Tc*:
Operatività SLO:	81%	30 (anni)	0,053	2,480	0,260 (s)
Danno SLD	63%	50 (anni)	0,065	2,191	0,270 (s)
Salvaguardia della vita SLV	10%	475 (anni)	0,166	2,114	0,307 (s)
Prevenzione al collasso SLC	5%	975 (anni)	0,212	2,170	0,307 (s)

### *Coefficienti Sismici*

	Ss:	Cc:	St:	Kh:	Kv:	Amax (m/s <sup>2</sup> ):	Beta:
SLO:	1,500	1,610	1,000	0,015	0,007	0,726	0,200
SLD:	1,500	1,600	1,000	0,019	0,010	0,942	0,200
SLV	1,430	1,570	1,000	0,063	0,032	2,582	0,240
SLC	1,340	1,540	1,000	0,090	0,045	3,142	0,280

#### 1.5 Descrizione dei materiali

I materiali impiegati per la realizzazione dei manufatti in c.a. sono di classe C28/35 per il calcestruzzo ed acciaio B450C, l'acciaio da carpenteria è di classe S355.

#### 1.6 Indicazione delle combinazioni di carico utilizzate

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle fornite dalla normativa vigente NTC08, utilizzando per i manufatti interrati l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Per le verifiche di resistenza è stata utilizzata la combinazione agli SLU mentre per le verifiche di deformazione è stata utilizzata la combinazione agli SLE. I coefficienti  $\gamma$  degli SLU per i carichi permanenti sono pari a 1.30 mentre per i carichi accidentali sono di 1.50. Al fine di studiare la combinazione che produce le maggiori sollecitazioni è stata valutata la combinazione in cui agiscono contemporaneamente sia l'azione del vento che quella della neve.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

## 1.7 Caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo

Il codice di calcolo impiegato per la modellazione e la verifica delle strutture degli scatolari è “Scat 10 – Aztec Informatica”.

## 2. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione geologica del terreno di fondazione si è fatto riferimento allo "Studio Geologico" a cura del Dott. Geol. Graziano Grimandi, redatto nel Giugno 2015.

L'attribuzione dei parametri geotecnici è stata formulata sulla base delle indagini in situ:

- 1° strato da - 0.00 a - 1.20 – Terreno di riporto
- 2° strato da - 1.20 a - 4.60 –  
Terreno coerente:  $\gamma = 1.9 \text{ t / mc}$   
 $c' = 14 \text{ KN / mq}$   
 $c_u = 40 \text{ KPa}$   
 $\varphi' = 30^\circ$
- 3° strato da - 4.00 a - 12.10  
Terreno coerente:  $\gamma = 0.91 \text{ t / mc}$   
 $c_u = 80 \text{ KPa}$
- 4° strato da - 12.10 – Terreno incoerente  
 $\gamma = 0.85 \text{ t / mc}$   
 $\varphi' = 37^\circ$

## 3. CONDOTTO Ø 1000 mm – Canaletta delle Lame

Si tratta di un condotto fognario ubicato subito sotto il piano di campagna e formato da un tubo in cls. rinfiato sempre in cls. Lateralmente e superiormente da uno spessore di 20 cm mentre interiormente la soletta ha uno spessore di 25 cm.

Poiché dopo la costruzione del condotto dovrà essere eseguito a fianco uno scavo della profondità di circa 6.00 mt, per ovviare a problemi di portanza, è stato previsto di realizzare una serie di micropali posti ad interasse di 3.00 mt al di sotto del condotto in modo da sostenere il peso ed il carico in caso di cedimento del terreno sottostante.

I micropali avranno una lunghezza di 12.00 mt, un diametro di 200 mm e saranno armati con un tubolare del diametro di 120 mm x 8 mm di spessore.

- Peso scatolare  
 $(1.40 \times 1.45 - 1.00^2 \times \pi/4) \cdot 2.5 = 3.11 \text{ t/m}$
- Peso liquame

$$1,0^2 \times \pi/4 \times 1,0 = 0,79 \text{ t/m}$$

$$Q = (3,11 + 0,79) \times 1,3 = 5,07 \text{ t/m}$$

interasse pali: 3,00mt

Carico sul palo:  $5,07 \times 3,00 = 15,21 \text{ t}$

La portanza del micropalo risulta (allegato 1):  
 GEO (R2) = 18,80 t > 15,21 t

- Sollecitazione nello scatolare:

$$M_{\max} = \frac{1}{10} \cdot 5,07 \cdot 3,0^2 = 4,56 \text{ tm}$$

H = 145 cm

B = 40 cm

$$A_f = A_f^1 = 7 \text{ } \varnothing 12$$

$$M_{rB} = 42,50 \text{ tm} > 4,56 \text{ tm}$$

#### **4. CAMERETTA INTERRATA – Nodo 1 – fognatura mista**

Si tratta di una cameretta a pianta pentagonale da realizzare in corrispondenza di un vigentino esistente e da costruire quindi in più fasi.

Sollecitazioni max nella parete:

$$N = 19.000 \text{ daN}$$

$$M = 12.342 \text{ daNm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$H = 30 \text{ cm}$$

$$A_f = A_f^1 = 5 \text{ } \varnothing 16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

$$M_{rB} = 12.410 \text{ daNm} > 12.342$$

Soletta di copertura: H = 30 cm

Luce di calcolo: 4,60 m

H: ricoprimento: 2,10 m

$$G = 2,10 \times 1900 + 0,30 \times 2500 = 4.740 \text{ daN/mq}$$

$$Q = 1000 \text{ daN/mq}$$

$$q = 4.740 \times 1.30 + 1000 \times 1.50 = 7.662 \text{ daN/mq}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{10} \cdot 7.662 \cdot 4.60^2 = 16.213 \text{ daNm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$H = 30 \text{ cm}$$

$$A_f = A_f^1 = 6,6 \text{ } \varnothing 22 = 25,08 \text{ cmq}$$

$$M_{rB} = 21.840 \text{ daNm} > 16.213$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 7662 \cdot 4,60 = 17.623 \text{ daN}$$

$$VRD = 17.788 \text{ daN} > 17.623$$

## 5. CAMERETTA INTERRATA – Nodo 2 – Fognatura mista

Si tratta di una cameretta di raccordo di una tubazione di fognatura ( $\varnothing$  2000) posta ad una profondità di 2,40 mt.

Sollecitazioni max nella parete:

$$1 - N = 9.604 \text{ daN}$$

$$M = 4.465 \text{ daNm}$$

$$2 - N = 6.847 \text{ daN}$$

$$M = 5.020 \text{ daNm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$H = 30 \text{ cm}$$

$$A_f = A_f^1 = 5 \text{ } \varnothing 16$$

$$M_{rB1} = 10.900 \text{ daNm} > 4.465$$

$$M_{rB2} = 10.590 \text{ daNm} > 5.020$$

Soletta di copertura :  $H = 20 \text{ cm}$

Luce di calcolo :  $2.50 \text{ mt}$

H ricoprimento:  $2.40 \text{ mt}$

$$G = 2.40 \times 1.900 + 0,20 \times 2500 = 5.060 \text{ daN / mq}$$

$$Q = 1000 \text{ daN / mq}$$

$$q = 5.000 \times 1.30 + 1000 \times 1.50 = 8.078 \text{ daN /mq}$$



$$M_{\max} = \frac{1}{10} \cdot 8.078 \cdot 2.5^2 = 5.049 \text{ daNm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$H = 20 \text{ cm}$$

$$A_f = A_f^1 = 5 \text{ } \varnothing 16$$

$$M_{rB} = 7.846 \text{ daNm} > 5.049$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 8.078 \cdot 2.5 = 10.097 \text{ daN}$$

$$VRD = 10.526 \text{ daN} > 10.097$$

#### **- CAMERETTA INTERRATA – Nodo 4 – Fognatura mista**

Si tratta di una cameretta interrata a pianta quadrata (4.00 x 4.00 mt) da realizzare in corrispondenza di un condotto fognario esistente e da costruire quindi in più fasi.

Sollecitazioni max nella parete:

$$N = 13.500 \text{ daN}$$

$$M = 5.512 \text{ daNm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$H = 30 \text{ cm}$$

$$A_f = A_f^1 = 5 \text{ } \varnothing 12$$

$$M_{rB} = 7.472 \text{ daNm} > 5.512$$

Soletta di copertura : H = 30 cm

Luce di calcolo : 4.00 mt

H ricoprimento : 2.00 mt

$$G = 2.00 \times 1.900 + 0,30 \times 2500 = 4.550 \text{ daN / mq}$$

$$Q = 1000 \text{ daN / mq}$$

$$q = 4.550 \times 1.30 + 1000 \times 1.50 = 7.415 \text{ daN /mq}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{10} \cdot 7.415 \cdot 4.0^2 = 11.864 \text{ daNm}$$

$$A_f = A_f^1 = 6,6 \text{ } \varnothing 22$$

$$M_{rB} = 21.840 \text{ daNm} > 11.864$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 7.415 \cdot 4,0 = 14.830 \text{ daN}$$

$$VRD = 17.788 \text{ daN} > 14.830 \text{ daN}$$

Il Progettista

Numero di strati: 2

Raggio sez. palo [m]: 0.1

Lunghezza palo [m]: 12

Ok

Tipologia di palo: Trivellato - compressione

	$\phi$ °	c kPa	$\gamma$ kN/mc	h m	Scelta	
STRATO 1	30	14	19	4.6	<input type="checkbox"/>	incoerente
STRATO 2	0	80	9.1	7.5	<input checked="" type="checkbox"/>	coesivo
STRATO 3	37	0	8.5	10	<input type="checkbox"/>	incoerente
STRATO 4	0	0	0	0	<input type="checkbox"/>	incoerente

RESISTENZA DI PUNTA

p	P
kPa	kN
566	4

RESISTENZA LATERALE

s	l	S
kPa	m	kN
13	4.6	269
108	7.4	
0	0.0	
0	0.0	

Combinazione STR (R1)		
N	kN	274
Combinazione GEO (R2)		
N	kN	188
Combinazione GEN (R3)		
N	kN	237