



Comune di Prato

Lavori di Ampliamento del Cimitero di Iolo

Elaborato:

B) Relazione tecnica di calcolo strutture

COMUNE DI PRATO
PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE STRUTTURALI RELATIVE
ALL'AMPLIAMENTO, II LOTTO DEL CIMITERO DI IOLO

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO

1.0 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto consiste nell'ampliamento del cimitero della frazione di Iolo nel comune di Prato. I lavori di ampliamento insistono su un'area con buona approssimazione quadrata di dimensioni di 49,7x50,83. All'interno dell'area di intervento si distinguono principalmente due zone: una zona centrale adibita a campo di inumazione a terra, una seconda zona a (nord-ovest) dove sorgeranno le strutture adibite a loculari, mentre per quanto riguarda il locale servizi igienici questi sono posizionati in adiacenza al muro di cinta della porzione di cimitero esistente. Le opere strutturali interessate dall'intervento riguardano il muro di cinta esterno in c.a e le strutture in elevazione dei loculari e dei servizi igienici. Le strutture in elevazione dei loculari e dei servizi igienici sono realizzate mediante setti in c.a ai quali sono affidati, oltre ai carichi verticali derivanti dalla soletta di copertura gli sforzi orizzontali dovuti al sisma. Tali setti scaricano su fondazione a platea di spessore variabile. Nei confronti del cimitero attuale, sarà previsto un giunto tecnico di circa 5cm.

Per la realizzazione dei loculi e degli ossari sono previsti degli elementi in struttura prefabbricata in cemento armato vibrato opportunamente confinato da setti in c.a. Per tutte le strutture cimiteriali come elemento di copertura è stata considerata una soletta in c.a di spessore $s=16$ cm.

2.0 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 1086 del 5/11/1971 “ *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato armato e precompresso e per strutture metalliche*”
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 “*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”
- Circolare esplicativa Ministero delle Infrastrutture e trasporti 02/01/2009, n.61714 “*Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M 14 Gennaio 2008”.*”

3.0 RELAZIONE SUI MATERIALI

Calcestruzzo strutture di fondazione: C25/30

- $E = 31476N / mm^2$
- $f_{cd} = 0.85x(\frac{25}{1.5}) = 14.76N / mm^2$
- $f_{cm} = 0.3f_{ck}^{2/3} = 0.3x25^{2/3} = 2.56$
- $f_{ctk} = 0.7x2.76 = 1.795$
- $f_{ctd} = 1.795 / 1.5 = 1.196$
- Classi di esposizione ambientale: XC2
- Rapporto a/c max: 0.55
- Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m³
- Diametro massimo dell'aggregato: 20 mm
- Classe di consistenza al getto S4/S5

Tensione ammissibile del calcestruzzo (esercizio):

- Combinazione rara 0,60 f_{ck} :15,0N/mm²
- Combinazione q. permanente 0,45 f_{ck} :11,25N/mm²

Calcestruzzo strutture in elevazione: C32/40

- $E = 33346N / mm^2$
- $f_{cd} = 0.85x(\frac{32}{1.5}) = 18.13N / mm^2$

- $f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3} = 0.3 \times 32^{2/3} = 3.024$
- $f_{ctk} = 0.7 \times 2.76 = 2.116$
- $f_{ctd} = 2.116 / 1.5 = 1.4112$
- Classi di esposizione ambientale: XC4
- Rapporto a/c max: 0.50
- Dosaggio minimo di cemento: 350 Kg/m³
- Diametro massimo dell'aggregato: 16 mm
- Autocompattabilità: Slump Flow (spandimento) > 650mm

Tensione ammissibile del calcestruzzo (esercizio):

- Combinazione rara 0,60 f_{ck} : 19,2N/mm²
- Combinazione q. permanente 0,45 f_{ck} : 14,4N/mm²

Acciaio per c.a.: B450c

- Tensione a rottura : $f_{tk} = 450 N / mm^2$
- Tensione di snervamento: $f_{yk} = 391.3 N / mm^2$
- Tensione ammissibile: $\sigma_s = 255 N / mm^2$

4.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dal punto di vista geotecnico il terreno di fondazione è costituito da una stratificazione di natura essenzialmente limosa argillosa. In sintesi possono essere individuati due orizzonti stratigrafici, (si è fatto riferimento alla relazione Geologico-Geotecnica redatta a cura del Geol. Franco Ceccarini ed allegata al progetto in epigrafe):

1) da -0,-3.8 mt: terreni di natura limosa argillosa

- Parametri caratteristici a lungo termine:

$$\gamma = 2000 \text{ daN} / \text{mq}$$

$$c' = 0,13 \text{ kg} / \text{cmq}$$

$$\varphi' = 28^\circ$$

- Parametri caratteristici a breve termine:

$$\gamma = 2000 \text{ daN} / \text{mq}$$

$$c_u = 0,52 \text{ kg} / \text{cmq}$$

2) terreni di natura limosa argillosa meno consistenti

- Parametri caratteristici a lungo termine:

$$\gamma = 1950 \text{ daN} / \text{mq}$$

$$c' = 0,0 \text{ kg} / \text{cmq}$$

$$\varphi' = 24^\circ$$

- Parametri caratteristici a breve termine:

$$\gamma = 1950 \text{ daN} / \text{mq}$$

$$c_u = 0,45 \text{ kg} / \text{cmq}$$

La falda viene di rilevata ad una profondità media di 10,00mt dal piano campagna, eccetto che su una verticale di indagine in cui ne è stata rilevata la presenza ad -3,70mt dal piano campagna. Dal punto di vista sismico il terreno è classificato con un terreno di *Categoria C*.

5.0 PARAMETRI GENERALI DI CALCOLO

- Vita nominale della struttura: $VN = 50$ anni
- Classe d'uso: II
- $C_u = 1,0$
- Periodo di riferimento: $50 \times 1,0 = 50$ anni
- Coordinate di riferimento:
Latitudine: 43.86380
Longitudine: 11.04667

Parametri di pericolosità sismica:

Stato limite	Tv anni	ag g	Fo	T*c sec.
Operatività	30	0,050	2,528	0,249
Danno	50	0,060	2,559	0,265
Salvaguardia Vita	475	0,141	2,433	0,298

6.0 VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

6.1 Loculari

La struttura portante è costituita da setti continui in c.a di spessore pari a 25cm per quelli perimetrali e di S=20cm per quelli interni che si sviluppano per un'altezza massima da piano campagna di circa 4,60mt. La struttura di fondazione è costituita da una platea in c.a di spessore s=35cm, mentre la soletta di copertura sempre in c.a presenta uno spessore s=16cm. L'analisi delle sollecitazioni è stato fatto secondo l'approccio 1 combinazione A1+M1+R1 considerando come carico accidentale caratteristico il carico neve pari a $q_{Neve} = 80 daN / mq$.

Trattandosi di una struttura semplice ad un solo impalcato si adotterà per il calcolo delle sollecitazioni un'analisi sismica statica lineare. La struttura presenta un primo modo di vibrare con periodo $T=0,160sec < T_c=0,47sec$ quindi si tratta sostanzialmente di una struttura rigida che non ha capacità di dissipare energia. A tal proposito l'analisi delle sollecitazioni viene fatto considerando uno spettro elastico con fattore di $q=1$. Non si terrà conto quindi dei particolari costruttivi previsti dalle NTC 08 necessari ad assicurare duttilità alla struttura. Lo schema strutturale con la disposizione dei setti è quello riportato in Figura1. Il calcolo delle Cds è stato fatto con l'ausilio del codice di calcolo Modest.7.24 di cui si riporta il allegato il tabulato di calcolo corrispondente.

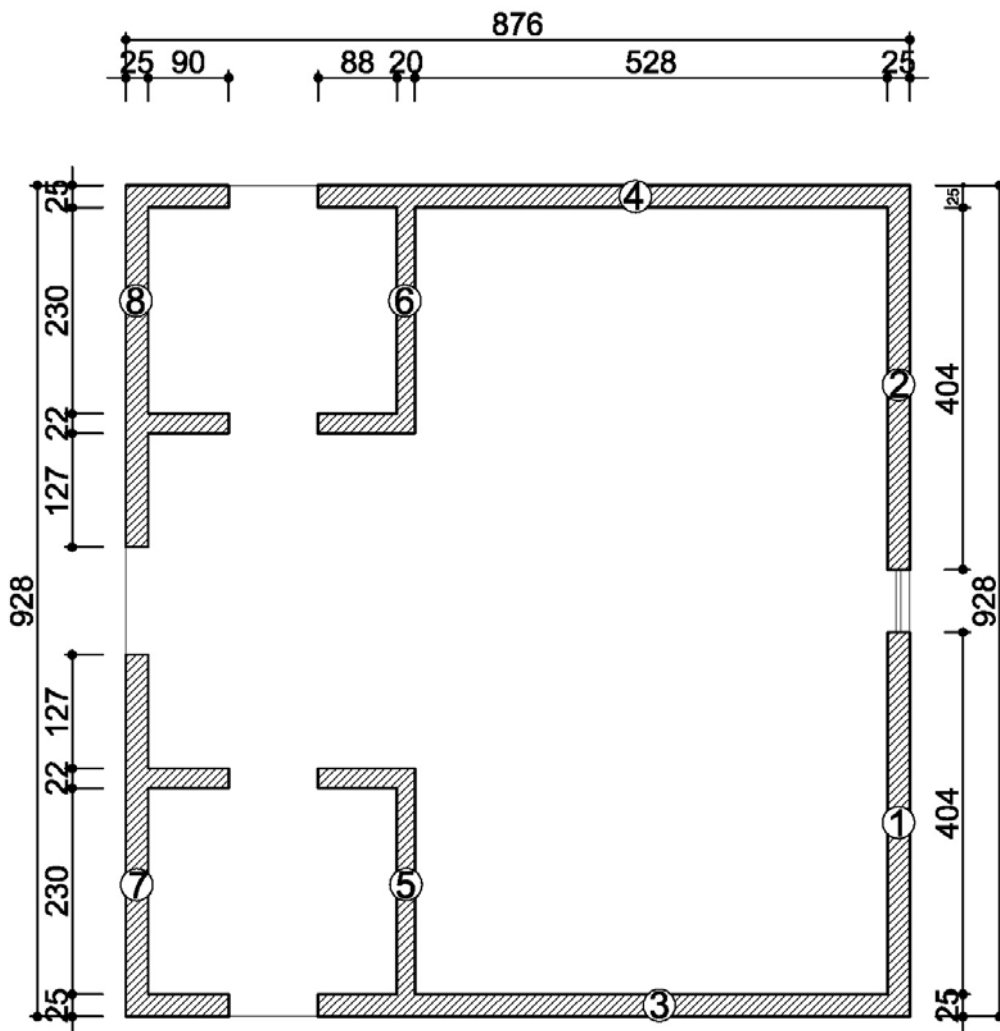


Fig.1: Geometria settioculari

6.1.1 Verifica dei setti

- Setto 1-2

Combinazione di verifica:CC9

$N=280,00\text{kN}$

$T_y=210,00\text{kN}$

$M_x=370,44\text{kNm}$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$$b=25\text{cm} \quad A_f=44\phi 12$$

$$h=398\text{cm}$$

$$M_{x,RD}=2017\text{kNm}$$

$$x=8,11\text{cm}$$

$$x/d=0,4652$$

Verifica a Taglio

$$b=25\text{cm} \quad N_{ED}=280\text{kN} \quad T_{ED}=210\text{kN}$$

$$h=400\text{cm}$$

$$A_f=2.26\text{cm}^2 \quad \theta = 25.51$$

$$V_{RD}=3337\text{kN}$$

- **Setto 3-4**

Combinazione di verifica:CC3

$$N=182,44\text{kN}$$

$$T_y=328,8\text{kN} \text{ (CC7)}$$

$$M_x=191,10\text{kNm}$$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$$b=25\text{cm} \quad A_f=68\phi 12$$

$$h=660\text{cm}$$

$$M_{x,RD}=9372\text{kNm}$$

$$x=9,75\text{cm}$$

$$x/d=0,138$$

Verifica a Taglio

$$b=25\text{cm} \quad N_{ED}=182,44\text{kN} \quad T_{ED}=328,8\text{kN}$$

$$h=654\text{cm}$$

$$A_f=2.26\text{cm}^2 \quad \theta = 25.63$$

$$V_{RD}=5428\text{kN}$$

- **Setto 5-6**

Combinazione di verifica:CC3

$N=100,00\text{kN}$

$T_y=117\text{kN}$

$M_x=71,86\text{kNm}$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$b=20\text{cm}$ $A_f=28\phi 12$

$h=277\text{cm}$

$M_{x,RD}=1579\text{kNm}$

$x=37,21\text{cm}$

$x/d=0,140$

Verifica a Taglio

$b=20\text{cm}$ $N_{ED}=100,00\text{kN}$ $T_{ED}=117,00\text{kN}$

$h=271\text{cm}$

$A_f=2.26\text{cm}^2$ $\theta = 28,86$

$V_{RD}=1965\text{kN}$

- **Setto 7-8**

Combinazione di verifica:CC13

$N=186,00\text{kN}$

$T_y=165\text{kN}$

$M_x=383,5\text{kNm}$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$b=25\text{cm}$ $A_f=42\phi 12$

$h=404\text{cm}$

$M_{x,RD}=3729\text{kNm}$

$x=48,43\text{cm}$

$x/d=0,121$

Verifica a Taglio

$$b=25\text{cm} \quad N_{ED}=186,00\text{kN} \quad T_{ED}=165,00\text{kN}$$

$$h=398\text{cm}$$

$$A_f=2,26\text{cm}^2 \quad \theta = 25,58$$

$$V_{RD}=3327\text{kN}$$

6.1.2 Verifica della soletta di copertura

La soletta di copertura è stata progettata con un spessore $s=16\text{cm}$, e calcolata come una piastra incastrata in corrispondenza dei setti dell'elemento strutturale e soggetta oltre che al peso proprio al carico neve. Dall'analisi dei risultati, riportati in dettaglio nel tabulato allegato, la CC 17, risulta la più gravosa:

$$M_{xx}=-785\text{daNm}$$

$$M_{zz}=-605\text{daNm}$$

Verifica della sezione :

$$b=100\text{cm} \quad A_f=A_f' \phi_{12} / 20$$

$$h=16\text{cm}$$

$$M_{x,RD}=26,81\text{kNm}$$

$$x=2,31\text{cm}$$

$$x/d=0,1925$$

6.1.3 Verifica platea di fondazione

La platea di fondazione presenta $s=35\text{ cm}$ e una dimensione in pianta pari a $9,88 \times 9,36\text{mt}$, mentre la quota di base è fissata a circa $-1,10\text{mt}$ rispetto al piano campagna.

1) Verifica della capacità portante a breve termine

Si assumono per il terreno i seguenti parametri caratteristici:

$$\gamma = 1950 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$c_u = 0,45 \text{ kg} / \text{cmq}$$

Il calcolo viene fatto secondo l'approccio 1 combinazione A2+M2+R2, quindi avremo:

$$\gamma_c = 1,4;$$

$$c_{ud} = 0,45 / 1,4 = 0,321$$

$$\varphi = 0$$

$$D = 1,1 \text{ mt}$$

$$Q_{\text{lim}} = \xi_q \cdot N_q \cdot \gamma_1 \cdot D + \xi_c \cdot N_c \cdot c + \xi_\gamma \cdot N_\gamma \cdot B / 2$$

$$N_\gamma = 0$$

$$N_q = 1 \quad \xi_q = 1$$

$$N_c = 5,14 \quad \xi_c = 1,20$$

$$Q_{\text{lim}} = 1 \cdot 1,95 \cdot 1,1 + 1,20 \cdot 5,14 \cdot 0,321 = 21,94 \text{ t} / \text{mq}$$

$$Q = 21,94 / 1,8 = 12,19 \text{ t} / \text{mq} = 1,22 \text{ kg} / \text{cmq}$$

1) Verifica della capacità portante a lungo termine

Si assumono per il terreno i seguenti parametri caratteristici:

$$\gamma = 1950 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$c_u' = 0 \text{ kg} / \text{cmq}$$

$$\varphi' = 26$$

Il calcolo viene fatto secondo l'approccio 1 combinazione A2+M2+R2, quindi avremo:

$$\tan \varphi / 1,25 = 0,390;$$

$$\varphi' = 21,31$$

quindi per il calcolo della capacità portante in termini di

tensioni efficaci utilizzeremo i seguenti parametri di calcolo:

$$\varphi' = 21,31$$

$$\gamma = 1950 \text{ kg / cmq}$$

$$c' = 0$$

per il calcolo della capacità portante si utilizzerà la formula trinomia di Terzaghi :

$$D=1,1\text{mt}$$

$$Q_{\text{lim}} = \xi_q \cdot N_q \cdot \gamma_1 \cdot D + \xi_c \cdot N_c \cdot c + \xi_\gamma \cdot N_\gamma \cdot B / 2$$

$$N_\gamma = 6,20 \quad \xi_q = 1,38$$

$$N_q = 7,07 \quad \xi_c = 1,45$$

$$N_c = 15,82 \quad \xi_\gamma = 0,6$$

$$Q_{\text{lim}} = 1 \cdot 7,07 \cdot 1,95 \cdot 1,1 + 0,6 \cdot 6,20 \cdot 4,68 = 32,57 \text{ t / mq}$$

$$Q = 32,57 / 1,8 = 18,097 \text{ t/mq} = 1,81 \text{ kg/cmq}$$

Le tensioni medie massime sul terreno risultano nell'ordine di 1,00kg/cmq quindi sia verifiche a breve che a lungo termine si ritengono soddisfatte.

Verifica in termini di Cds

La platea di spessore $s=35\text{cm}$, risulta armata sia superiormente che inferiormente con barre $\phi 12 / 20$ a maglia incrociata. Il calcolo delle Cds è stata fatto ipotizzando un suolo di fondazione alla winkler con $k=3,00\text{kg/cm}^3$. Le sollecitazioni più gravose si ricavano in corrispondenza delle combinazioni di calcolo CC1-CC17 rispettivamente:

$$M_{xx} = 3245 \text{ daNm}$$

$$M_{zz} = 2420 \text{ daNm}$$

Verifica della sezione :

$$b = 100 \text{ cm} \quad A_f = A_f' \phi 12 / 20$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = -3,128 \text{ N / mm}^2$$

$$\sigma_f = 195,6 \text{ N / mm}^2$$

$$x = 6,192$$

6.2 Locale servizi igienici

La struttura portante è costituita da setti continui in c.a di spessore pari a 16 cm, ad eccezione del setto *numero 2* perimetrale esterno con spessore $s=30\text{cm}$), che si sviluppano per un'altezza massima da piano campagna di circa 4,00 mt. La struttura di fondazione è costituita da una platea in c.a di spessore $s=40\text{cm}$, mentre la soletta di copertura sempre in c.a presenta uno spessore $s=16\text{cm}$. L'analisi delle sollecitazioni è stato fatto secondo l'approccio 1 combinazione A1+M1+R1 considerando come carico accidentale il carico neve pari a $q_{Neve} = 80\text{daN} / \text{mq}$.

Trattandosi di una struttura semplice ad un solo impalcato si adotterà per il calcolo delle sollecitazioni un'analisi sismica statica lineare. La struttura presenta un primo modo di vibrare con periodo $T=0,253\text{sec} < T_c=0,47\text{sec}$ quindi si tratta sostanzialmente di una struttura rigida che non ha capacità di dissipare energia. A tal proposito l'analisi delle sollecitazioni viene fatto considerando uno spettro elastico con fattore di $q=1$. Non si terrà conto quindi sostanzialmente dei particolari costruttivi previsti dalle NTC 08 necessari ad assicurare duttilità alla struttura. Lo schema strutturale con la disposizione dei setti è quello riportato in Figura 2. Il calcolo delle Cds è stato fatto con l'ausilio del codice di calcolo Modest.7.24 di cui si riporta il allegato il tabulato di calcolo corrispondente.

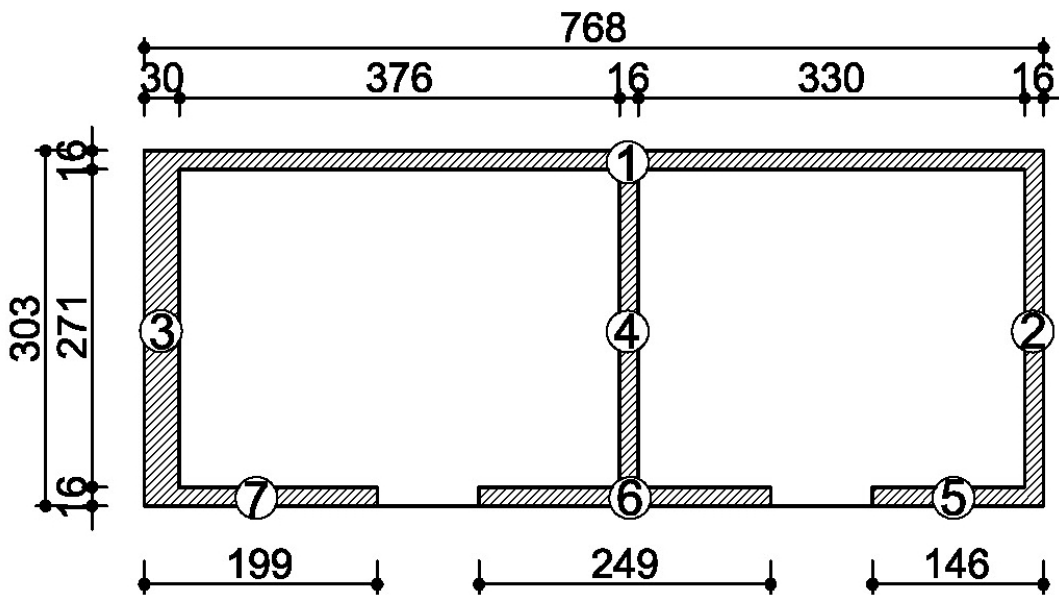


Fig.2: Geometria setti, locale servizi igienici

6.2.1 Verifica dei setti

- Setto 1

Combinazione di verifica: CC1

$N=192,00\text{kN}$

$T_y=173,21\text{kN}$

$M_x=293,24\text{kNm}$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$b=16\text{cm}$ $A_f=76\phi 12$

$h=768\text{cm}$

$M_{x,RD}=11505\text{kNm}$

$x=119\text{cm}$

$x/d=0,1558$

Verifica a Taglio

$b=16\text{cm}$ $N_{ED}=192,00\text{kN}$ $T_{ED}=173,21\text{kN}$

$h=762\text{cm}$

$$A_f = 2.26 \text{ cm}^2 \quad \theta = 32,69$$

$$V_{RD} = 4754 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta

- **Setto 7**

Combinazione di verifica: CC1

$$N = 57,41 \text{ kN}$$

$$T_y = 38,20 \text{ kN (CC5)}$$

$$M_x = 21,42 \text{ kNm}$$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$$b = 16 \text{ cm} \quad A_f = 22\phi 12$$

$$h = 200 \text{ cm}$$

$$M_{x,RD} = 911,8 \text{ kNm}$$

$$x = 33,23 \text{ cm}$$

$$x/d = 0,1695$$

Verifica a Taglio (CC5)

$$b = 16 \text{ cm} \quad N_{ED} = 13,30 \text{ kN} \quad T_{ED} = 38,21 \text{ kN}$$

$$h = 196 \text{ cm}$$

$$A_f = 2.26 \text{ cm}^2 \quad \theta = 32,80$$

$$V_{RD} = 1205 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta

- **Setto 6**

Combinazione di verifica: CC1

$$N = 24,93 \text{ kN}$$

$$T_y = 36,41 \text{ kN}$$

$$M_x = 46,59 \text{ kNm}$$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$$b=16\text{cm} \quad A_f=32\phi 12$$

$$h=250\text{cm}$$

$$M_{x,RD}=1263\text{kNm}$$

$$x=38,21\text{cm}$$

$$x/d=0,1553$$

Verifica a Taglio

$$b=16\text{cm} \quad N_{ED}=24,93\text{kN} \quad T_{ED}=36,41\text{kN}$$

$$h=244\text{cm}$$

$$A_f=2.26\text{cm}^2 \quad \theta = 32,78$$

$$V_{RD}=1515\text{kN}$$

La verifica risulta soddisfatta

- Setto 5

Combinazione di verifica:CC5

$$N=16,65\text{kN}$$

$$T_y=25,21\text{kN} \text{ (CC1)}$$

$$M_x=12,14\text{kNm}$$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$$b=16\text{cm} \quad A_f=16\phi 12$$

$$h=146\text{cm}$$

$$M_{x,RD}=448,8\text{kNm}$$

$$x=21,75\text{cm}$$

$$x/d=0,1532$$

Verifica a Taglio(CC1)

$$b=16\text{cm} \quad N_{ED}=24,72\text{kN} \quad T_{ED}=31,03\text{kN}$$

$$h=140\text{cm}$$

$$A_f=2.26\text{cm}^2 \quad \theta = 32,73$$

$$V_{RD}=867\text{kN}$$

La verifica risulta soddisfatta

- **Setto 2**

Combinazione di verifica:CC9

$$N=110,56\text{kN}$$

$$T_y=101,17\text{kN}$$

$$M_x=94,65\text{kNm}$$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$$b=30\text{cm} \quad A_f=32\phi 12$$

$$h=300\text{cm}$$

$$M_{x,RD}=711,6\text{kNm}$$

$$x=17,21\text{cm}$$

$$x/d=0,058$$

Verifica a Taglio(CC1)

$$b=30\text{cm} \quad N_{ED}=24,72\text{kN} \quad T_{ED}=101,17\text{kN}$$

$$h=294\text{cm}$$

$$A_f=2.26\text{cm}^2 \quad \theta = 23,25$$

$$V_{RD}=2687\text{kN}$$

La verifica risulta soddisfatta

- **Setto 4**

Combinazione di verifica:CC9

$$N=45,34\text{kN}$$

$$T_y=115,40\text{kN}$$

$$M_x=42,87\text{kNm}$$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$$b=16\text{cm} \quad A_f=32\phi 12$$

$h=300\text{cm}$

$M_{x,RD}=514,6\text{kNm}$

$x=23,72\text{cm}$

$x/d=0,080$

Verifica a Taglio

$b=16\text{cm}$ $N_{ED}=45,34\text{kN}$ $T_{ED}=115,40\text{kN}$

$h=294\text{cm}$

$A_f=2.26\text{cm}^2$ $\theta = 32,75$

$V_{RD}=1794\text{kN}$

La verifica risulta soddisfatta

- **Setto 3**

Combinazione di verifica:CC9

$N=66,85\text{kN}$

$T_y=75,14\text{kN}$

$M_x=51,51\text{kNm}$

Verifica a pressoflessione della sezione di base:

$b=16\text{cm}$ $A_f=32\phi 12$

$h=300\text{cm}$

$M_{x,RD}=541,17\text{kNm}$

$x=24,9\text{cm}$

$x/d=0,0827$

Verifica a Taglio

$b=16\text{cm}$ $N_{ED}=66,85\text{kN}$ $T_{ED}=75,14\text{kN}$

$h=294\text{cm}$

$A_f=2.26\text{cm}^2$ $\theta = 32,70$

$V_{RD}=1798\text{kN}$

La verifica risulta soddisfatta

6.2.2 Verifica della soletta di copertura

La soletta di copertura è stata progettata con un spessore $s=16\text{cm}$, e calcolata come una piastra incastrata in corrispondenza dei setti dell'elemento strutturale e soggetta oltre che al peso proprio al carico neve. Dall'analisi dei risultati, riportati in dettaglio nel tabulato allegato, la CC17 risulta la più gravosa:

$$M_{xx}=111,17\text{daNm}$$

$$M_{zz}=129,98\text{daNm}$$

Verifica della sezione :

$$b=100\text{cm} \quad A_f=A_f' \phi 12 / 20$$

$$h=16\text{cm}$$

$$M_{x,RD}=26,81\text{kNm}$$

$$x=2,31\text{cm}$$

$$x/d=0,1925$$

verifica soddisfatta

6.2.3 Verifica platea di fondazione

La platea di fondazione presenta uno spessore $s=40\text{ cm}$ e una dimensione in pianta pari a $7,68 \times 3,30\text{mt}$, mentre la quota di base è fissata a circa $-1,50\text{mt}$ rispetto al piano campagna.

1) Verifica della capacità portante a breve termine

Si assumono per il terreno i seguenti parametri caratteristici:

$$\gamma = 1950\text{kg} / \text{m}^3$$

$$c_u = 0,45\text{kg} / \text{cmq}$$

Il calcolo viene fatto secondo l'approccio 1 combinazione A2+M2+R2, quindi avremo:

$$\gamma_c = 1,4;$$

$$c_{ud} = 0,45 / 1,4 = 0,321$$

$$\varphi = 0$$

$$D=1,5\text{mt}$$

$$Q_{\text{lim}} = \xi_q \cdot N_q \cdot \gamma \cdot D + \xi_c \cdot N_c \cdot c + \xi_\gamma \cdot N_\gamma \cdot \gamma \cdot B / 2$$

$$N_\gamma = 0$$

$$N_q = 1 \quad \xi_q = 1$$

$$N_c = 5,14 \quad \xi_c = 1,08$$

$$Q_{\text{lim}} = 1 \cdot 1,95 \cdot 1,5 + 1,08 \cdot 5,14 \cdot 0,321 = 20,74\text{t} / \text{mq}$$

$$Q = 20,74 / 1,8 = 11,52\text{t}/\text{mq} = 1,15\text{kg}/\text{cmq}$$

2) Verifica della capacità portante a lungo termine

Si assumono per il terreno i seguenti parametri caratteristici:

$$\gamma = 1950\text{kg} / \text{m}^3$$

$$c_u' = 0\text{kg} / \text{cmq}$$

$$\varphi' = 26$$

Il calcolo viene fatto secondo l'approccio 1 combinazione A2+M2+R2, quindi avremo:

$$\tan \varphi / 1,25 = 0,390;$$

$$\varphi' = 21,31$$

quindi per il calcolo della capacità portante in termini di

tensioni efficaci utilizzeremo i seguenti parametri di calcolo:

$$\varphi' = 21,31$$

$$\gamma = 1950\text{kg} / \text{cmq}$$

$$c' = 0$$

per il calcolo della capacità portante si utilizzerà la formula trinomia di Terzaghi :

$$D=1,5\text{mt}$$

$$Q_{\text{lim}} = \xi_q \cdot N_q \cdot \gamma_1 \cdot D + \xi_c \cdot N_c \cdot c + \xi_\gamma \cdot N_\gamma \cdot B / 2$$

$$N_\gamma = 6,20 \quad \xi_q = 1,67$$

$$N_q = 7,07$$

$$N_c = 15,82 \quad \xi_\gamma = 0,82$$

$$Q_{\text{lim}} = 1 \cdot 7,07 \cdot 1,95 \cdot 1,5 + 0,82 \cdot 6,20 \cdot 1,65 = 29,06 \text{ t} / \text{mq}$$

$$Q = 29,06 / 1,8 = 16,14 \text{ t} / \text{mq} = 1,61 \text{ kg} / \text{cmq}$$

Le tensioni medie massime sul terreno risultano nell'ordine di 1,00kg/cmq quindi sia verifiche a breve che a lungo termine si ritengono soddisfatte.

Verifica in termini di Cds

La platea di spessore $s=40\text{cm}$, risulta armata sia superiormente che inferiormente con barre $\phi 12 / 20$ a maglia incrociata. Il calcolo delle Cds è stata fatto ipotizzando un suolo di fondazione alla winkler con $k=3,00\text{kg/cm}^3$. Le sollecitazioni più gravose si ricavano in corrispondenza della combinazione di calcolo CC 3 e CC7

$$M_{xx} = -1027 \text{ daN.m/m}$$

$$M_{zz} = -1520 \text{ daN.m/m}$$

Verifica della sezione :

$$b=100\text{cm} \quad A_f = A_f' \phi 12 / 20$$

$$h=40\text{cm}$$

$$\sigma_c = -1,14 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\sigma_f = 77,46 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$x = 6,71$$

La fondazione rimane in campo elastico, le verifiche sono soddisfatte

6.3 Verifica muro perimetrale

Il muro di recinzione perimetrale viene verificato sia soggetto alla pressione del vento, sia all'azione sismica.

Azione del vento:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot V_b^2 = 1/2 \cdot 1,25 \cdot 27^2 = 455 \text{ N/m}^2$$

- Classe B
- Categoria III
- $c_e = 1,75$
- $c_p = 1,20$

$$p = 455 \cdot 1,75 \cdot 1,20 = 955 \text{ N/m}^2$$

Lo schema statico di calcolo è quello di una mensola incastrata alla base e soggetta ad un carico uniformemente distribuito dato dalla pressione del vento. La verifica più significativa, considerando che non è un muro di contenimento, è quella a ribaltamento.

$$Q = 95,5 \cdot 5,45 = 520,5$$

$$M_d = 520 \cdot (2,725 + 1,45) = 2171 \text{ daN}\cdot\text{m}$$

Verifica EQU vento:

$$M_{\text{ribaltante}} = 2141 \cdot 1,5 = 3256 \text{ daNm}$$

$$M_{\text{stab}} = 2500 \cdot 0,3 \cdot 6,9 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,7 + 2500 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 2,35 \cdot 0,9 \cdot 1,175 = 3260 + 2908 = 6168 \text{ daNm}$$

$$M_{\text{stab}}/M_{\text{rib}} = 1,89$$

Verifica EQU azione sismica

Vita nominale: 50anni

$$a_g = 0,141 \text{ g}$$

$$a_{\text{max}} = 1,494 \cdot 1 \cdot 0,141 = 0,210 \text{ g}$$

$$\beta_m = 0,24$$

$$K_h = \beta_m a_{max} / g = 0,24 \times 0,210 = 0,0505$$

$$I_w = 2500 \times 0,3 \times 6,36 \times 0,0505 = 240,88 \text{ kg/m}$$

$$M_s = (240,88 \times 6,36^2) / 2 = 4871 \text{ kg.m}$$

$$M_{stab} / M_{rib} = 1,26$$

Verifica soddisfatta

Verifica allo scorrimento

Per il terreno si adotteranno i seguenti parametri :

$$\tan \varphi = 0,390$$

$$N = 8406 \text{ daN}$$

$$F_r = 8406 \times 0,390 = 3278 \text{ daN}$$

$$T = 240,88 \times 6,9 = 1662 \text{ daN}$$

$$F_r / T = 1,97 > 1,1$$

Verifica soddisfatta.

Verifica di resistenza sezione di base

$$M_d = 48,71 \text{ kNm}$$

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

$$h = 30$$

$$A_f = A_f' = \phi 20 / 20$$

$$M_{x,RD} = 155,4 \text{ kNm}$$

$$x = 3,367 \text{ cm}$$

$$x/d = 0,1247$$

Allegati (CD allegato):

All.1: Tabulato di calcolo Loculari

All.2: Tabulato di calcolo Servizi igienici

Prato, Marzo 2010

Il Progettista
Dott. Ing. Alessandro Bertini