

## **RIFERIMENTI NORMATIVI**

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

”Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

”Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008** (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

”Norme tecniche per le Costruzioni”

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

**Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

## **RELAZIONE TECNICA-ILLUSTRATIVA**

### **PREMESSA**

Il presente elaborato, redatto dal sottoscritto Dott. Ing. Nicola Pepa, riguarda il progetto strutturale per la realizzazione di un nuovo colombario nel cimitero del Comune di Osimo di Via Paradiso, località Passatempo. Per costruire l'opera è necessaria la realizzazione preventiva anche di una paratia su pali a sostegno del terreno che sarà parte integrante di questo progetto.

### **DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI**

Come specificato in precedenza nella premessa, l'intervento consiste nella realizzazione di un colombario, in cui saranno presenti, disposti in piani diversi, 56 loculi e 40 ossari. Per la costruzione di tale struttura è necessario realizzare a priori, a monte di essa, una paratia di pali trivellati gettati in opera a sostegno del terreno. La paratia è necessaria perché la nuova struttura andrà realizzata in adiacenza a dei colombari esistenti, posti a monte, e avrà il piano di posa ad una quota inferiore rispetto a quella delle strutture esistenti. Con questa struttura a sostegno del terreno sarà poi possibile scavare per raggiungere il piano di posa del nuovo colombario senza creare fenomeni di instabilità e cedimenti nelle fondazioni dei colombari esistenti, per rilassamento del loro terreno di fondazione. La paratia dovrà sostenere un'altezza dello scavo di 2.10m, avrà uno sviluppo in lunghezza di 16m e sarà costituita complessivamente da 18 pali di diametro 50cm e lunghezza 8.50m. Tutti i pali sono collegati in testa da un cordolo in c.a. che si sviluppa per tutta la lunghezza della paratia. La struttura del nuovo colombario sarà realizzata in adiacenza alla paratia, con un opportuno giunto tecnico che tenga conto degli spostamenti sia di esso che della struttura di sostegno del terreno. Il colombario in progetto si sviluppa principalmente su due piani ed è costituito da una parte inferiore in cui sono presenti 32 loculi raggruppati in un unico corpo, anche se disposti in due livelli, e da una parte superiore in cui sono presenti i rimanenti 24 loculi e i 40 ossari. Questi ultimi sono però raggruppati su tre corpi distinti e su più livelli, precisamente due corpi da 12 loculi e uno da 40 ossari. In particolare i tre corpi appena descritti si elevano dalla parte inferiore del colombario che si sviluppa lungo una dimensione predominante. La parte inferiore del colombario sarà accessibile da un apposito percorso, mentre i tre corpi superiori, disposti circa allo stesso livello dei colombari esistenti, saranno accessibili attraverso i percorsi che servono questi ultimi. Dal punto di vista strutturale, essendo l'opera molto grande e sviluppata principalmente lungo una direzione predominante, soprattutto nella parte inferiore di essa, viene suddivisa in tre strutture distinte, adiacenti e divise da un opportuno giunto tecnico che tenga conto degli spostamenti di esse. In particolare le tre strutture sono di due tipologie diverse, due strutture di "tipo A" e una struttura di "tipo B". Le strutture di "tipo A", in pratica la prima e la terza da realizzare, sono costituite da 10 loculi nella parte inferiore e 12 loculi nel corpo superiore; mentre la struttura di tipo B, centrale rispetto alle altre due, è costituita da 12 loculi nella parte inferiore e 40 ossari nella parte superiore. Tutte e due le tipologie di struttura sono costituite da pareti in c.a. intervallate ai vari livelli da solette in c.a.. In particolare le pareti principali e quelle perimetrali sono di dimensione maggiore di quelle interne di divisione tra i vari spazi, siano essi loculi o ossari. Anche le solette calpestabili o di chiusura degli involucri sono di dimensione maggiore rispetto a quelle che definiscono i livelli interni al colombario. Entrambi le tipologie di struttura sono su fondazioni di tipo profondo, realizzate da pali trivellati gettati in opera, collegati alla

sovrastuttura mediante una platea. Precisamente le strutture di “tipo A” sono fondate su 6 pali di diametro 50cm e lunghezza 8m, mentre la struttura di “tipo B” è fondata su 8 pali di diametro 50cm e lunghezza 6m.

*Il Tecnico*

Dott. Ing. Nicola Pepa

## **RELAZIONE SULLA QUALITA', LE CARATTERISTICHE E LA DOSATURA DEI MATERIALI**

Di seguito vengono riportate le indicazioni sulla qualità e il dosaggio e dei materiali utilizzati per realizzare le strutture oggetto dell'intervento, nonché le classi di esposizione e i valori delle caratteristiche di resistenza utilizzate nel calcolo strutturale.

### **CALCESTRUZZO ARMATO PARATIA E STRUTTURE DI "TIPO A" E DI "TIPO B"**

#### **QUALITÀ DEI MATERIALI**

##### **Leganti**

Per i conglomerati dovranno impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia con esclusione del cemento alluminoso.

##### **Inerti**

Gli inerti, naturali o di frantumazione, dovranno essere costituiti da elementi non gelivi e friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, etc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato nonché alla conservazione delle armature metalliche. La ghiaia o il pietrisco dovranno avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature metalliche.

##### **Acqua**

L'acqua per gli impasti dovrà essere limpida e priva di sali, in particolar modo solfati e cloruri, in quantità dannose e non dovrà essere aggressiva.

##### **Armature**

Le armature metalliche che si andranno a porre in opera non devono essere eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali che ne pregiudichino la resistenza, o ricoperte da sostanze che possano ridurre sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

#### **DOSATURA DEI MATERIALI PER IL CONFEZIONAMENTO DEI CONGLOMERATI.**

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, dovranno essere adeguati alle particolari destinazioni del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato, tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

L'impasto dovrà essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento.

#### **CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.**

##### **CALCESTRUZZO PARATIA DI SOSTEGNO DEL TERRENO:**

Classe di resistenza C25/30

Classe di esposizione XC2

$R_{c,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,d} = 14.11 \text{ N/mm}^2$

$E_{cm} = 31447 \text{ N/mm}^2$

## CALCESTRUZZO STRUTTURE “TIPO A” E “TIPO B” – PARTI IN FONDAZIONE:

Classe di resistenza C28/35

Classe di esposizione XC2

$$R_{c,k} = 35.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,d} = 16.46 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 32588 \text{ N/mm}^2$$

## CALCESTRUZZO STRUTTURE “TIPO A” E “TIPO B” – PARTI IN ELEVAZIONE:

Classe di resistenza C28/35

Classe di esposizione XC3

$$R_{c,k} = 35.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,d} = 16.46 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 32588 \text{ N/mm}^2$$

## ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO

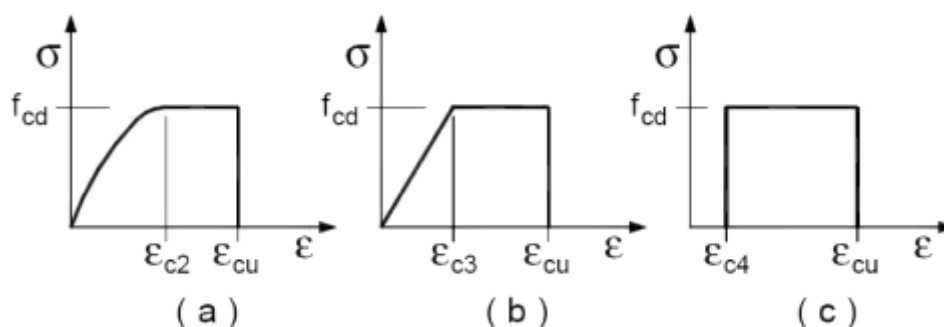
Classe di resistenza B450C

$$f_{y,k} = 450.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,k} = 540.00 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



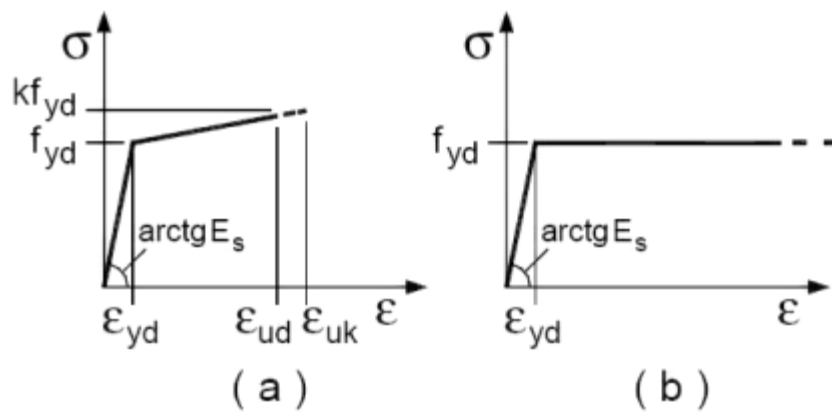
Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

La deformazione massima  $\epsilon_{c \max}$  è assunta pari a 0.0035.

Per l'acciaio sono riportati i valori di:

- Tensione caratteristica di snervamento trazione ( $f_{yk}$ )
- Modulo elastico normale ( $E$ )
- Modulo elastico tangenziale ( $G$ )
- Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale ( $\gamma_f$ )
- Peso Specifico
- Coefficiente di dilatazione termica

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 14 gennaio 2008; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).



La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk} / \gamma_f$ . Il coefficiente di sicurezza  $\gamma_f$  si assume pari a 1.15. Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

*Il Tecnico*  
Dott. Ing. Nicola Pepa

## RELAZIONE DI CALCOLO

L'intervento previsto in progetto, come descritto nella relazione tecnico illustrativa, consiste nella realizzazione di una paratia a sostegno del terreno e nella realizzazione di un colombario suddiviso in tre strutture di tipologia diversa. Per il calcolo della paratia si utilizza un software, SPW, prodotto dalla GeoStru S.r.l., il quale, in conformità con quanto richiesto dalla normativa vigente, utilizza il metodo dell'equilibrio limite per la determinazione della profondità di infissione e il metodo agli elementi finiti per la modellazione sulla quale poi effettuare i calcoli e le verifiche strutturali dei pali e del cordolo di collegamento. I dati per la determinazione del modello della paratia, le teorie per il calcolo delle spinte dei terreni, i coefficienti parziali da applicare ai carichi e alle caratteristiche di resistenza dei terreni e infine i risultati della modellazione, sono tutti riportati nei tabulati di calcolo della paratia allegati alla presente relazione. Il carico a tergo della paratia, dovuto alla presenza di strutture già esistenti viene determinato con un'analisi dei carichi delle strutture stesse, considerando le condizioni più gravose per rimanere sempre a vantaggio di sicurezza. Le due tipologie strutturali del colombario, sono entrambe calcolate con un software, SismiCad 12.6, prodotto dalla Concrete S.r.l., che sviluppa modellazione e calcolo agli elementi finiti e verifiche strutturali dei vari elementi, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 e dalla Circolare esplicativa n. 617 del 02/02/2009. Entrambe i tipi di strutture presenti nel progetto, anche se di dimensioni e sviluppo diversi, sono di stessa tipologia e con le stesse caratteristiche strutturali considerate nei dati di input per la determinazione dei modelli di calcolo. Si considera per entrambe un "Tipo di costruzione 2" con una vita nominale  $V_N$  uguale a 50anni. Si considera, inoltre, una "classe d'uso II" e una "zona sismica 2". Si effettua una modellazione lineare dinamica, considerando le strutture in bassa classe di duttilità CD"B", non regolari in pianta e in altezza. La tipologia di struttura considerata per entrambe è "Strutture a pareti non accoppiate". Da queste informazioni possiamo determinare il fattore di struttura  $q$ :

$$q = q_0 \times K_R$$

con :

$q_0 = 3.0$  per strutture a pareti non accoppiate in CD"B"

$K_R = 0.80$  perché non regolare in altezza

per prevenire il collasso della struttura a seguito della rottura delle pareti, i valori di  $q_0$  devono essere ridotti mediante il fattore  $k_w$

$k_w = 0.50$  cautelativamente viene preso il valore minore previsto in normativa

per cui

$$q_0 = 3.0 \times 0.50 = 1.50$$

$$q = 1.5 \times 0.80 = 1.20$$

La categoria di sottosuolo e il coefficiente topografico si ottengono dalla relazione geologica allegata al progetto. Il sito in cui andiamo a intervenire viene classificato come categoria C e, vista la morfologia del terreno, il coefficiente topografico è T1.

Alcune tipologie di carico variabile presenti nella struttura sono previste nel DM 14/01/2008, mentre per i carichi variabili di superficie sulle solette dei loculi e degli ossari ci si riferisce al regolamento di polizia mortuaria nazionale. Per cui, per questi carichi variabili, come categoria di carico alla quale riferirsi per determinare il valore dei coefficienti di combinazione si è scelta la "A" visto che sono considerate come strutture che regolarmente non sono suscettibili di affollamento. Di seguito viene descritta l'analisi dei carichi in maniera più esplicita di quella presente nei tabulati di calcolo.

**ANALISI DEI CARICHI*****Carichi permanenti non strutturali***

Massetto soletta livello 2 ( $s=8\text{cm}$ )	160.00	Kg/mq
Massetto marciapiede livello fondazione ( $s=4\text{cm}$ )	80.00	Kg/mq
Pavimentazione per esterni	80.00	Kg/mq
Impermeabiliz. e isolamento	10.00	Kg/mq
Manto di copertura in coppi	80.00	Kg/mq
Riempimento in c.a. in fondazione ( $s_m=33.5\text{cm}$ )	840.00	Kg/mq
Riemp. inf. in c.a. soletta livello 2 ( $s_m=11.5\text{cm}$ )	290.00	Kg/mq
Riemp. sup. in c.a. soletta livello 2 ( $s_m=25\text{cm}$ )	625.00	Kg/mq
Riempimento. in fondazione Struttura "Tipo B"	940.00	Kg/m
Riempimento. soletta livello 2 Struttura "Tipo B"	445.00	Kg/m
Rivestimento pareti	100.00	Kg/mq
Carico a tergo della paratia	5865.00	Kg/mq

***Sovraccarichi accidentali***

Categoria C1	300.00	Kg/mq
Categoria A (carico solette loculi e ossari)	250.00	Kg/mq
Neve	120.00	Kg/mq

***Peso proprio***

Il programma definisce automaticamente il peso proprio delle strutture assumendo le seguenti grandezze:

Peso specifico calcestruzzo	2500.0	Kg/mc
Peso specifico acciaio	7850.0	Kg/mc

Si allegano alla relazione di calcolo:

- Fogli di calcolo per la determinazione del carico neve
- Determinazione dei giunti tecnici
- Tabulati di calcolo – Struttura Tipo A
- Tabulati di calcolo – Struttura Tipo B
- Tabulati di calcolo paratia

*Il Tecnico*

Dott. Ing. Nicola Pepa



## **RELAZIONE SULLE FONDAZIONI**

Come già descritto nella relazione tecnico illustrativa le fondazioni delle strutture che costituiscono l'opera sono di tipo profondo, realizzate su pali trivellati gettati in opera e collegate alla sovrastruttura con una platea in c.a.. La tipologia della fondazione è stata scelta valutando le indicazioni fornite nell'indagine geologica-geotecnica allegata al progetto. La stratigrafia e le caratteristiche di resistenza dei terreni con le quali vengono effettuate le verifiche si deducono direttamente dalla relazione geologica, ponendosi sempre in condizioni di sicurezza. Le verifiche geotecniche e di portanza dei terreni sono effettuate dal programma di calcolo e sono riportate nei tabulati di calcolo allegati, precisamente per la struttura di tipo A sono nell'allegato 3 "Tabulati di calcolo – Struttura tipo A" al paragrafo 10.3.2 pag. 132, mentre per la struttura di tipo B sono nell'allegato 4 "Tabulati di calcolo – Strutture di tipo B", sempre al paragrafo 10.3.2 però a pag. 167. Si precisa inoltre che in fase di direzione dei lavori si controlleranno le dimensioni e la profondità dello scavo, la perfetta verticalità delle pareti di scavo, il corretto posizionamento delle armature e la regolare esecuzione dei getti. Si riportano di seguito le caratteristiche della stratigrafia utilizzata nei parametri del programma di calcolo per l'esecuzione delle verifiche di portanza.

### **Strato di coltre eluvio-colluviale:**

da piano di posa a -1.70m

peso di volume  $\gamma = 0.0019 \text{ kg/cm}^3$

coesione non drenata  $c_u = 0 \text{ kg/cm}^2$

coefficiente di sottofondo  $K_s = 1.0 \text{ kg/cm}^3$

Modulo edometrico  $E_{ed} = 50.0 \text{ kg/cm}^2$

### **Strato di coltre formazione:**

oltre -1.70m

peso di volume  $\gamma = 0.0020 \text{ kg/cm}^3$

coesione non drenata  $c_u = 1.50 \text{ kg/cm}^2$

coefficiente di sottofondo  $K_s = 2.10 \text{ kg/cm}^3$

Modulo edometrico  $E_{ed} = 106.0 \text{ kg/cm}^2$

*Il Tecnico*

Dott. Ing. Nicola Pepa