



# CITTÀ DI PIOSSASCO

C..A.P. 10045 PROVINCIA DI TORINO

P.IVA 01614770012

Tel. : 011/ 90.27.263 - 262 - Fax 011/ 90.27.269

## REALIZZAZIONE NUOVI LOCULI LUNGO LA CINTA SUD DELL'AMPLIAMENTO CIMITERIALE

### **CIMITERO COMUNALE COMUNE DI PIOSSASCO**

*RELAZIONE TECNICA DEI MATERIALI  
E DI CALCOLO AI SENSI DEL D.M. 14-01-2008*

**IL PROGETTISTA  
DELLE STRUTTURE IN C.A.**

**IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO**

**Marzo 2015**

## 1. Premesse

La presente relazione illustra i calcoli strutturali di dimensionamento e verifica delle strutture in progetto relative ai lavori di realizzazione di nuovi loculi del cimitero comunale di Piossasco. Gli elaborati grafici, la relazione di calcolo, verifica e dimensionamento sono redatti ai sensi dell'art. 35 del DPR 554/99 e costituiscono parte integrante del progetto esecutivo.

## 2. Descrizione dell'opera in progetto

Con deliberazione G.C. n. 263 del 10.12.2010 è stato approvato il progetto preliminare e definitivo generale per la realizzazione di nuovi loculi lungo la cinta SUD dell'ampliamento cimiteriale e la canalizzazione delle acque bianche presso l'area delle tombe di famiglia, nonché il progetto stralcio preliminare e definitivo del 1° lotto dei loculi e della canalizzazione.

Che con deliberazione G.C. n. 136 del 30.09.2015 è stato approvato il progetto preliminare del 4° Lotto di Loculi Cimiteriali da realizzarsi presso l'ampliamento cimiteriale EST ed in aderenza al muro divisorio con l'area SUD.

Che oggetto del presente progetto definitivo/esecutivo è la realizzazione della quarta serie di n° 120 loculi prevista nel corso del 2016 per poter soddisfare le esigenze di sepolture in loculi comunali.

Il progetto esecutivo del 4° LOTTO, prevede la realizzazione accostata di sei moduli da 20 loculi cadauno uguali a quelli dei tre lotti esistenti ubicati in adiacenza alla cinta SUD dell'ampliamento cimiteriale ed ai 1000 situati di fronte.

La seguente relazione tecnica ha per oggetto la realizzazione di NUOVI LOCULI lungo la cinta SUD dell'ampliamento del CIMITERO COMUNALE della città di PIOSSASCO. La costruzione è composta da corpi di fabbrica a moduli ripetitivi. Ogni corpo di fabbrica è composto da 6 moduli, ogni modulo, a sua volta è composto da 20 loculi per un totale di 120 loculi per corpo di fabbrica.

Le dimensioni d'ingombro massime per ogni corpo di fabbrica sono :

$L \times B \times H = 2.630 \times 258 \times 468 \text{ cm}$

Le strutture portanti sia verticali che orizzontali, sia gli avelli, sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. La struttura sismoresistente è composta da setti in calcestruzzo armato di spessore pari a 20 cm in direzione X e da n° 1 setti di spessore pari a 20 cm in direzione Y. La struttura di fondazione di tipo superficiale, appoggiata su una platea di magrone armato di spessore pari a 20 cm, è composta da un reticolo di travi in direzione X ed Y. Le travi in direzione X hanno sezione pari a 60 x 60 cm, quelle in direzione Y sezione pari ad 80 x 60 cm. Le pareti verticali ed orizzontali, armate, che delimitano le celle degli avelli hanno spessore pari a 10 cm. Il solaio di copertura è realizzato in latero cemento gettato in opera di spessore pari a 20 cm (16+4) con sbalzo pari a 130 cm lato prospetto anteriore.

L'edificio in oggetto si trova in quella che, secondo la nuova classificazione sismica della Regione PIEMONTE, è definita "zona 3", pertanto nel presente progetto viene effettuata la verifica strutturale agli stati limiti con la presenza di sisma definito attraverso la mappatura sismica italiana.

Per un maggiore dettaglio sul complesso dell'intervento si rimanda alle tavole di progetto architettonico.

## 3. Riferimenti normativi

Il calcolo della struttura in calcestruzzo armato è effettuato secondo i dettami e nel rispetto della normativa vigente sulle strutture, ovvero:

- Legge n. 1086 del 5 novembre 1971 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica”
- D.M. 14.01.2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare Ministeriale 02.02.2009 n. 617

L'area di intervento si trova in quella che, secondo la nuova classificazione sismica della Regione PIEMONTE, è definita “zona 3”, e pertanto la progettazione avviene secondo i dettami del D.M. 14.01.2008 con il metodo agli stati limiti e la presenza di sisma definita dalla mappa sismica di recente adozione.

#### 4. Caratteristiche dei materiali

Sono riportati in questo paragrafo i materiali utilizzati.

Il materiale utilizzato per la realizzazione delle sottofondazioni è:

- calcestruzzo con resistenza caratteristica  $R_{CK} \geq 15 \text{ N/mm}^2$

I materiali utilizzati per la realizzazione delle opere in c.a. (D.M. 14 gennaio 2008):

- Calcestruzzo per elementi in c.a. di fondazione tipo XC2: Classe C 25/30
- Calcestruzzo per elementi in c.a. in elevazione tipo XC4: Classe C 32/40
- Acciaio ordinario per elementi in c.a.: B450C

$$F_{y \text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2 ; F_{t \text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$$

#### 5. Caratterizzazione dei terreni

Per la caratterizzazione si fa riferimento alla relazione idro-geologica allegata al Piano Regolatore Cimiteriale, redatta dal Dr. Geologo Almo OLMI di Torino.

Per il dimensionamento delle fondazioni si rimanda alla relazione geotecnica redatta dall'Ing. Cosimo Marziano.

#### 6. Criteri di verifica

I calcoli e le verifiche sono condotti con il criterio semiprobabilistico agli stati limite secondo le prescrizioni del Capo II del D.M. 14 gennaio 2008 per le opere in cemento armato ed a struttura metallica.

La progettazione delle opere agli stati limiti prevede l'adozione di differenti azioni di calcolo allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio secondo le prescrizioni specifiche del capitolo 2.2 della normativa.

Prima di eseguire il calcolo della struttura sono state definiti alcuni parametri fondamentali della struttura stessa :

- Vita nominale: > 50 anni;
- Classe d'uso: Classe III;
- Periodo di riferimento dell'azione sismica:  $C_U = 1,00$
- Combinazioni delle azioni secondo quanto specificato nel paragrafo 2.5.3 applicando i coefficienti di tabella 1.3-1:

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 1.3-1 – Valori dei coefficienti di combinazione

## 7. Determinazione delle azioni di calcolo

Le azioni di calcolo sono da determinarsi secondo quanto prescritto dalla Capo 3 del D.M. 14.01.2008.

Vengono considerati agenti sulla struttura i carichi ed i sovraccarichi accidentali previsti dalla normativa sopra indicata ed in particolare si ha:

- peso proprio della struttura
- carico pedonale sulla copertura limitato al semplice eventuale accesso per operazioni di manutenzione;
- carico della neve sulla copertura;
- carico dovuto all'azione del vento sia sulla copertura che sui tamponamenti laterali (sia in pressione che in depressione);
- carichi di esercizio gravanti sui solai;
- azione sismica determinata ottenendo gli spettri di progetto.

La combinazione lineare delle azioni di calcolo, come previsto dalla normativa, dovrà tenere conto della situazione più sfavorevole ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della ridotta probabilità di intervento di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli.

### PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

La struttura in progetto è composta da un reticolo di travi di fondazione, di setti verticali sismoresistenti in direzione X,  $s=20$  cm, un setto verticale sismoresistente in direzione Y,  $s=20$  cm, setti orizzontali e verticali di spessore  $s=10$  cm che delimitano i loculi.

Completa la struttura il solaio di copertura in laterocemento di spessore pari a 20 cm (16+4)

Il peso proprio dei materiali, calcolato secondo quanto indicato nelle tabelle della normativa, risulta essere il seguente, distinto per elementi costruttivi ed arrotondato per eccesso in modo da ottenere valori cautelativi in fase di verifica della struttura:

Calcestruzzo -Strutture verticali ed orizzontali  $G_1 = 2500$  daN/mc

Solaio di copertura  $G_2 = 300$  daN/mq

Carichi permanenti non strutturali:

caldana + impermeabilizzazione	g1 =	200 daN/mq
sistema fotovoltaico	g2 =	100 daN/mq
chiusura loculi con pietra	g3 =	60 daN/cd

### **CARICO PEDONALE SULLA COPERTURA PER OPERAZIONI DI MANUTENZIONE**

La normativa prevede, per carichi di questo tipo, un carico distribuito pari a  $Q_{pc} = 50,00 \text{ daN/m}^2$ .

### **CARICO DELLA NEVE**

Il carico della neve è da valutarsi con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

in cui  $q_s$  è il carico neve sulla copertura

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura

$q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico neve al suolo

$C_E$  è il coefficiente di esposizione = 1

$C_t$  è il coefficiente termico = 1

Nel presente caso l'opera in progetto è posizionata a quota 293 m s.l.m. , il solaio di copertura in latero cemento a falda piana , pertanto avremo:

#### **CARICO NEVE AL SUOLO**

$q_{sk} = 1.63 \text{ daN/m}^2$  per altitudini s.l.m.  $q_s = 293 \text{ m} > 200 \text{ m}$  per località situate in PIOSSASCO (TO) (Zona I – Alpina).

#### **COEFFICIENTE DI FORMA DELLA COPERTURA**

La norma prevede, per opere con copertura a falda piana con inclinazione inferiore ai 30° il seguente valore del coefficiente di forma  $\mu_1$ :

$$\mu_1 = 0.8$$

da cui si ottiene la condizione più sfavorevole applicando il carico uniforme definito dal coefficiente  $\mu_1$ :

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} = 130,60 \text{ daN/m}^2$$

### **CARICO DOVUTO ALL'AZIONE DEL VENTO**

L'edificio in oggetto si trova in PIEMONTE nella Prov. di TORINO ad una quota di circa 293 m s.l.m. ed è definito in Zona I, Classe di rugosità B, Cat. di esposizione IV, altezza massima dell'edificio 4.68 m, pertanto la pressione del vento è data dall'espressione:

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

dove, per il caso in esame, si ha:

$$q_b \quad \text{è la pressione cinetica di riferimento} \quad = \quad 390.62 \text{ N/m}^2$$

$$c_t \quad \text{è il coefficiente topografico} \quad = \quad 1.00$$

$C_e$	è il coefficiente di esposizione	=	1.69
$C_p$	è il coefficiente di forma (per le coperture)	=	+/-0.4
$C_p$	è il coefficiente di forma (per gli elementi verticali)	=	+0.8/-0.4
$C_d$	è il coefficiente dinamico	=	1.00

per la copertura:

$$P_{copertura} = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 390.62 \cdot 1.69 \cdot 0.4 \cdot 1 = 264 N / m^2 \cong 26.5 daN / m^2$$

Valore da valutare sia in pressione che in depressione:  $Q_{V, cop.} = 26.5 daN/mq$

per i muri perimetrali:

$$P_{muri} = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 390.62 \cdot 1.69 \cdot 0.8 \cdot 1 = 528 N / m^2 \cong 53 daN / m^2$$

Valore da valutare sia in pressione:  $Q_{V, m+} = 53 daN/mq$

Valore da valutare sia in depressione:  $Q_{V, m-} = 26.5 daN/mq$

### **CARICHI DI ESERCIZIO**

I carichi di esercizio data la destinazione d'uso dell'opera, con riferimento alla Tab.3.1.II del D.Min. Infrastrutture del 14-01-2008, le azioni variabili sono le seguenti:

- carichi interni loculi ( M. Sanità C.24 del 24/06/1993 )  $Q_A = 250 daN/mq$
- carichi per variabili solaio di copertura  $Q_B = 50 daN/mq$

### **AZIONI TERMICHE SULL'EDIFICIO**

La normativa al paragrafo 3.5.5 prescrive la differenza di temperatura da applicarsi alla struttura in cemento armato per l'analisi strutturale.

Nel presente caso la struttura portante sismo-resistente è individuata tutta all'interno dell'edificio è pertanto può definirsi protetta dagli sbalzi di temperatura esterni e si applicherà un  $\Delta t = +/- 10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **AZIONE SISMICA**

Per la struttura in oggetto la normativa Regionale vigente prevede che l'edificio in progetto sia soggetto ad un'azione sismica corrispondente alla zona 3 (definita per la zona in esame in base alla mappatura sismica nazionale) che viene determinata in base ai seguenti dati specifici del sito e della struttura:

- Coordinate del luogo per la definizione dei parametri sismici della mappatura nazionale:
- Lat . N 44 59 08 35 - Long. E 7 28 18 89
- Categoria del suolo: B
- Condizioni topografiche: T1
- Sistema strutturale resistente in: Cemento Armato
- Regolarità in altezza: SI
- Regolarità in pianta: NO
- Struttura: Dissipativa
- Fattore di struttura: 1.5

- Telaio:
- Setti in c.a.

Dalla normativa vengono definiti vari stati limiti che devono essere verificati e precisamente :

SLO: Stato limite operativo;

SLD: Stato limite di danno;

SLV: Stato limite di salvaguardia della vita;

SLC: Stato limite di prevenzione del collasso.

I primi due riguardo gli stati limite di esercizio mentre i secondi due riguardano gli stati limite ultimi.

Tramite l'utilizzo del software di calcolo utilizzato è possibile riportare lo spettro di progetto per lo SLV:

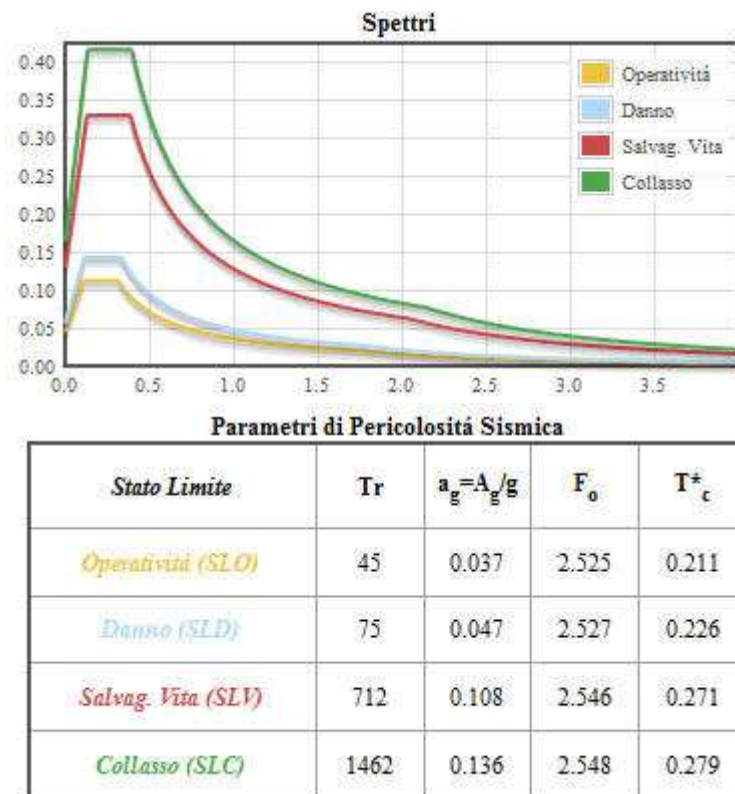


Figura 2.3-1 – Spettri di progetto e tabella dei dati derivati

## 8. CALCOLO E VERIFICHE STRUTTURALI

L'analisi della struttura è stata eseguita con programma di calcolo a modellazione tridimensionale (CDS Win della STS).

Il peso proprio degli elementi strutturali viene definito in automatico dal codice di calcolo.

In Allegato A sono riportati i dati in ingresso (geometrie, resistenze, pesi di tutti gli elementi della struttura, definizione dei carichi puntuali e distribuiti applicati).

Una volta ricreata l'intera struttura portante si è passati al calcolo della struttura tramite l'analisi statica allo stato limite secondo i dettami del DM 14 gennaio 2008. Tramite il programma strutturale si è potuto ottenere graficamente la verifica dei singoli elementi progettati (vedi Fig. 3.1-2).

In allegato B sono riportati i risultati di sollecitazione ottenuti dal programma di calcolo che sono successivamente stati utilizzati per effettuare il dimensionamento delle armature dei travi in

cemento armato e la verifica degli elementi strutturali agli stati limiti. Mentre in allegato C sono riportate le verifiche eseguite relative alle armature di solaio in progetto.

## 9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati riportati i dati di progetto utilizzati per il calcolo di verifica della struttura portante dei loculi di nuova costruzione di proprietà del Comune di PIOSSASCO (Prov. di TORINO) sito in Via NINO COSTA

L'analisi della struttura è stata eseguita con programma di calcolo a modellazione tridimensionale (CDS Win della STS).

In allegato sono riportati i tabulati di calcolo e verifica delle strutture portanti e di fondazione.

In riferimento ai paragrafi precedenti ed alle prescrizioni impartite dalla relazione geotecnica si raccomanda di verificare in corso di esecuzione l'imposta delle fondazioni sullo strato di base con migliori caratteristiche geotecniche avendo cura di rimuovere tutta il terreno agrario.

Le strutture di fondazioni, reticolato di travi, dovrà poggiare su uno strato di un magrone di almeno 20 cm con l'inserimento di una rete elettrosaldata.

## 10. PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione e negli elaborati grafici relativi. Le prestazioni della presente struttura dovranno essere quelle di cui al Cap. 9, collaudo statico, del D.M. 14-01-2008. Ai fini delle prestazioni, il collaudatore farà riferimento ai valori di tensione, deformazione e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle d'esercizio.

## 11. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO -CAP. 10 DI CUI AL D.M. 14/01/2008

Con riferimento al Cap. 10 del D.M. 14-01-2018 con particolare riferimento al paragrafo 10.2 analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo, si precisa quanto riportato in calce.

### Tipo di analisi svolta.

Per la progettazione /verifica della struttura in oggetto si è fatto ricorso all'analisi statica per le seguenti motivazioni regolarità in altezza

Per la risoluzione dei problemi la struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali, travi, setti, solai.

Per quanto riguarda la combinazione dei carichi, come già specificato in precedenza, è stata utilizzata cautelativamente la combinazione più sfavorevole.

### Origine e caratteristiche del codice di calcolo.

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limiti (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al D.M. 14-01-2008 come già illustrato nel corso della relazione e nei tabulati di calcolo.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica è stata effettuata una analisi statica.

Il codice di calcolo utilizzato è CDSWIN rilasciata da S.T.S. S.r.l.-Software Tecnico -Scientifico S.r.l. Via Tre Torri n° 11-Compl.Tre Torri 95030 Sant'Agata di Battiati (CT).

### Affidabilità dei codici di calcolo

L'affidabilità dei codici di calcolo è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi di prova di cui si conoscono i risultati esatti, sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i testi forniti dal produttore stesso. La STS Srl, a riprova dell'affidabilità dei risultati



ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova ( [http://www.stsweb.it/STS\\_Web/ITA/homepage.htm](http://www.stsweb.it/STS_Web/ITA/homepage.htm)).

Il software e' inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio. I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software e' dotato dei seguenti filtri e controlli:

- filtri per la congruenza geometrica dei modelli di calcolo generato ;
- controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate;
- filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali malfunzionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento;
- controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata;
- controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti

### **Giudizio motivato di accettabilita' dei risultati**

Il giudizio sull'attendibilita' dei risultati ottenuti e' stato confermato attraverso le analisi esposte in calce .

Prima di procedere alla modellazione strutturale ed all'analisi mediante il software, e' stata effettuata una verifica di massima con semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali che ha permesso di assegnare le dimensioni di massima agli elementi strutturali principali. Gli elementi esaminati sono:

- travi di fondazione
- sollecitazione sul terreno
- sollecitazione nei setti verticali
- verifica della soletta di copertura
- verifica del solaio a quota + 15 cm
- successivamente si e' proceduto alla modellazione strutturale, all'inserimento delle condizioni di carico, alla visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari .
- dal confronto fra le attese previste con i semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali ed i risultati dell'elaborazione ne e' scaturito un giudizio positivo sull'attendibilita' dei risultati conseguiti attraverso l'elaborazione con software .