

**SO.GE.M.I. S.p.A.
MERCATO ORTOFRUTTICOLO DI MILANO**



**INTERVENTI DI MANUTENZIONE
ALL'INTERNO DEL MERCATO ORTOFRUTTICOLO
PROGETTAZIONE ESECUTIVA**

LOTTO 1 - RELAZIONE DI CALCOLO

REV 01

Data: 24/07/2018

**RELAZIONE DI CALCOLO PARETI IN CEMENTO ARMATO A
PROTEZIONE SERBATOIO IN VETRORESINA
INTERVENTO E**

INDICE

1.	GENERALITA'	4
2.	IPOTESI DI CALCOLO.....	5
3.	NORMATIVE	7
4.	MATERIALI	8
5.	ANALISI DEI CARICHI	9
6.	COMBINAZIONI DI CARICO	9
7.	VERIFICHE SEZIONALI VASCA 1	11

GENERALITA'

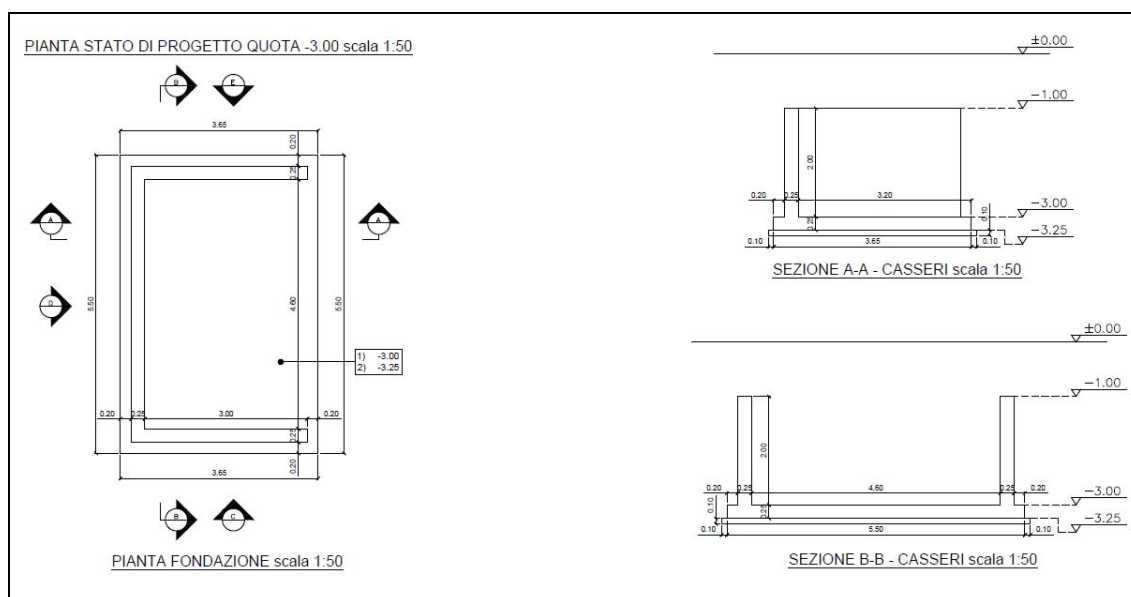
La presente relazione concerne il progetto delle strutture del muro di protezione di un serbatoio interrato presso la So.Ge.Mi. di Milano (MI), intervento contraddistinto alla lettera E nel progetto esecutivo delle opere varie di manutenzione straordinaria.

Il manufatto ha una dimensione di 3,65 x 5,5 m e $h = 2,25$ m costituito da muri e platea in c.a. da 25 cm di spessore.

Il piano di imposta del manufatto è a -3,25 m da piano campagna.

Il muro di protezione risulta interamente interrato da entrambi i lati ma a favore di sicurezza la sua verifica verrà eseguita considerando la spinta terra e automezzi da un solo lato.

Si riportano di seguito la carpenteria del manufatto.



- Carpenterie -

IPOTESI DI CALCOLO

A seguito del predimensionamento strutturale eseguito manualmente, l'analisi strutturale di dettaglio è stata condotta mediante il metodo degli elementi finiti realizzando modelli delle porzioni di fabbricato e facendo ricorso al programma di calcolo agli elementi finiti MIDAS GEN 2018.

La modellazione ha fatto ricorso all'utilizzo di:

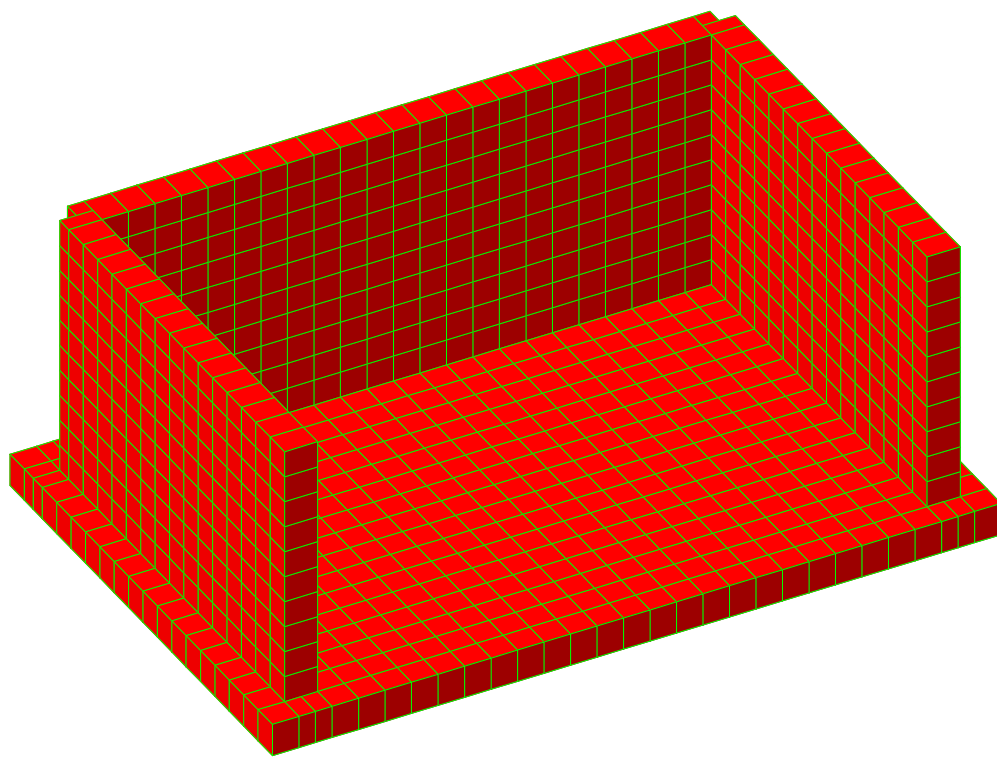
- elementi bidimensionali a 4 nodi di tipo “plate” per le pareti di bordo (elemento dotato di rigidezza nel piano e rigidezza rotazionale lungo la direzione verticale);
- elementi bidimensionali a 4 nodi tipo “plate” per i solai bidirezionali;
- elementi bidimensionali a 4 nodi tipo “plate” su suolo elastico alla Winkler per la platea di fondazione.

Ogni nodo è in grado di subire tre spostamenti e tre rotazioni; inoltre, in corrispondenza di ciascun impalcato, i nodi caratterizzati dalla medesima quota sono stati collegati tra loro con vincoli di piano rigido.

I carichi verticali e le azioni orizzontali date dalla spinta del terreno, la pressione idraulica della falda e la relativa sovra pressione sismica sono stati applicati come pressioni distribuite sulle pareti di bordo e a livello dei vari impalcati.

Per l'analisi delle sollecitazioni e dei cedimenti che impegnano le strutture di fondazione il modello è stato completato e risolto agli elementi finiti con una schematizzazione della piastra di fondazione su suolo elastico alla Winkler $k_w = 1 \text{ Kg/cm}^3$ con un valore medio della zona di Milano per la profondità di scavo prevista.

Si riportano nel seguito alcune rappresentazioni del modello completo del manufatto agli elementi finiti.



- Modello FEM assometrico -

NORMATIVE

I calcoli riportati nella presente relazione sono stati eseguiti secondo il metodo degli Stati Limite, nel rispetto delle seguenti normative:

- Legge 05.11.1971 n° 1086: “Norme per le discipline delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. 14.01.2008: "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 02.02.2009 n° 617: “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. del 14.01.2008”.
- “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”: D.M. 17/01/2018

Per quanto non in contrasto con le prescrizioni del D.M. 14.01.2008: "Norme tecniche per le costruzioni" si farà riferimento a UNI EN 1992-1-1:2005Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

MATERIALI

Si prevede l'impiego dei materiali seguenti.

Calcestruzzo per strutture in c.a. di fondazione e elevazione C25/30

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ con:

$f_{ck} = 0,83 \times R_{ck}$	$= 25,00 \text{ N/mm}^2$
$f_{cd} = f_{ck} / 1,5$	$= 16,66 \text{ N/mm}^2$
$f_{cd}^* = 0,85 \times f_{cd}$	$= 14,16 \text{ N/mm}^2$
$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3}$	$= 2,56 \text{ N/mm}^2$
$f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm}$	$= 1,79 \text{ N/mm}^2$
$f_{ctd} = f_{ctk} / 1,5$	$= 1,19 \text{ N/mm}^2$
$f_{bd} = 2,25 \times f_{ctd}$	$= 2,68 \text{ N/mm}^2$
$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 33,00 \text{ N/mm}^2$

Calcestruzzo fondazioni

dimens. aggregato	max 20 mm
cemento	CEM II/A-LL 42,5 R
classe esposizione	XC2
classe consistenza	S4

Gli inerti per il calcestruzzo devono essere di predeterminata granulometria, accuratamente lavati ed esenti da impurità.

Il rapporto acqua-cemento dovrà essere il più basso possibile compatibilmente con la lavorabilità dell'impasto.

Acciaio per armature

Si prevede l'impiego di acciaio B450C controllato in stabilimento avente le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di rottura:	f_{tk}	$= 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento:	f_{yk}	$= 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento di progetto:	f_{yd}	$= 391 \text{ N/mm}^2$

ANALISI DEI CARICHI

Oltre al peso proprio degli elementi strutturali, assegnato in automatico dal software di calcolo, l'ipotesi progettuale prevede che le strutture siano soggette ai seguenti sovraccarichi:

Sovraccarichi sulla muratura di protezione

- Totale spinta sulla muratura di protezione con $\varphi = 30^\circ$: $19,00 \times 0,33 = 6,27 \text{ kN/m}^2$
- Totale sovraccarico variabile automezzi 1^a categoria: $20,00 \times 0,50 = 10,00 \text{ kN/m}^2$

COMBINAZIONI DI CARICO

I coefficienti utilizzati per la combinazione delle azioni di calcolo sono i seguenti:

Per lo Stato Limite Ultimo con azioni statiche (SLU)

$$F_d = \gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_Q \times [Q_{k1} + \sum \psi_{0,i} \times Q_{k,i}]$$

- | | |
|---------------------|--|
| $\gamma_{G1} = 1,3$ | per il peso proprio degli elementi strutturali
($\gamma_{G1} = 1,0$ se il contributo è a favore di sicurezza); |
| $\gamma_{G2} = 1,3$ | per le azioni permanenti (pavimentazioni, facciate in quanto compiutamente definiti)
($\gamma_{G2} = 1$ se il contributo è a favore di sicurezza); |
| $\gamma_{G2} = 1,5$ | per le azioni permanenti dei tramezzi
($\gamma_{G2} = 0$ se il contributo è a favore di sicurezza) |
| $\gamma_Q = 1,5$ | per le azioni variabili
($\gamma_Q = 0$ se il loro contributo è a favore di sicurezza); |
| $\psi_{0,i} = 0,7$ | nel caso di azioni accidentali concomitanti. |

Per lo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Combinazione CARATTERISTICA (RARA)

$$F_d = G_1 + G_2 + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

Combinazione QUASI PERMANENTE

$$F_d = G_1 + G_2 + Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

Combinazione FREQUENTE

$$F_d = G_1 + G_2 + Q_{k,1} + \psi_{11} \times Q_{k1} + \sum \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

Per lo Stato Limite Sismico (SLV)

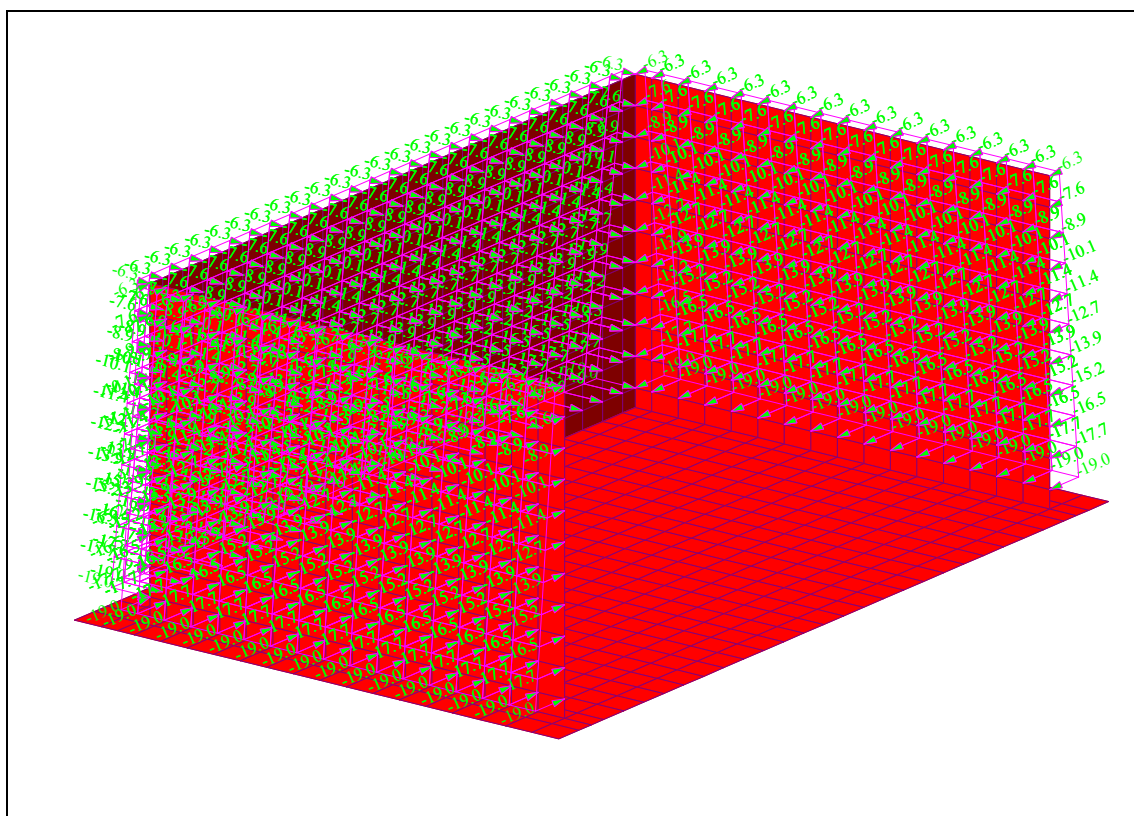
$$F_d = E + G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum \psi_{0,2} \times Q_{k,i}$$

VERIFICHE SEZIONALI VASCA 1

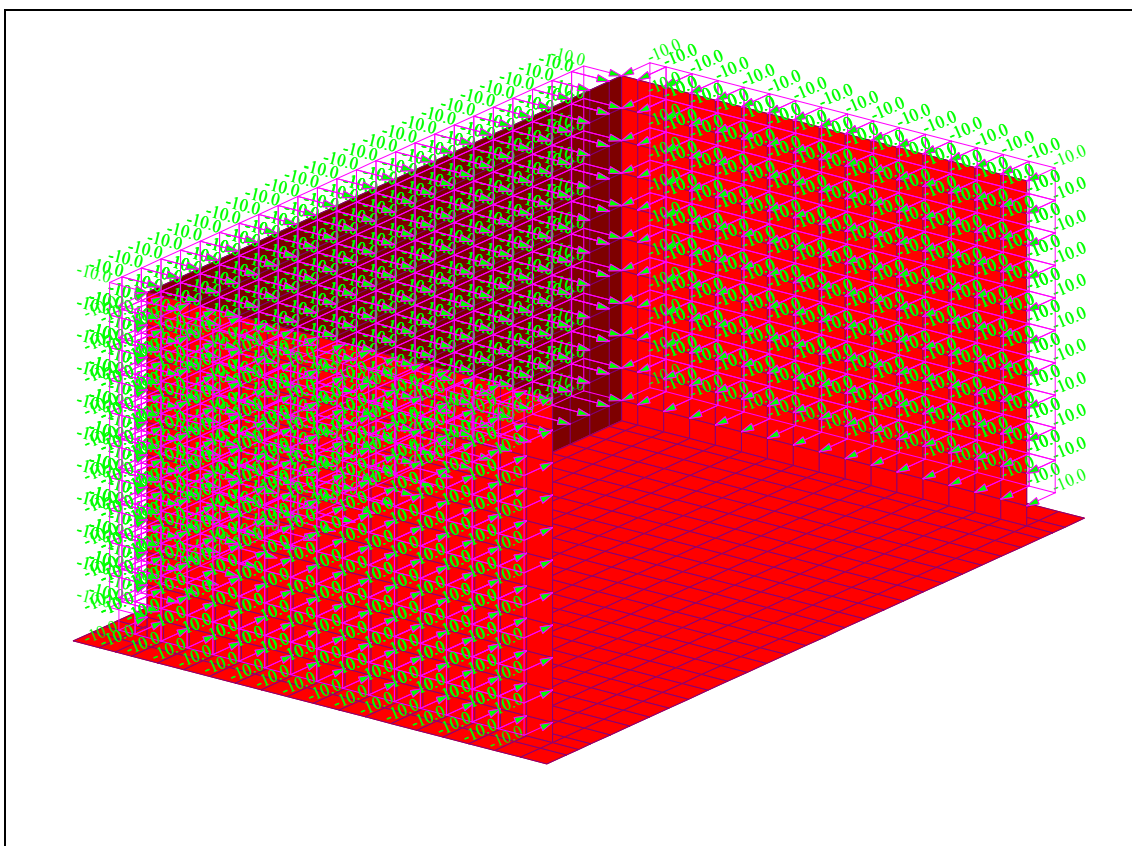
Descrizione tipologia

La fondazione e i muri interni e controterra sono realizzati in c.a. gettato in opera a comportamento bidirezionale ed hanno spessore 25 cm implementati nel modello completo agli elementi finiti mediante l'utilizzo di elementi tipo plate che risultano vincolati in appoggio lungo le pareti di bordo in c.a.

I carichi permanenti e variabili sono stati inseriti come pressioni distribuite sugli elementi plate. Si riportano di seguito una serie di immagini rappresentative.



Spinta permanente della terra sulle pareti di bordo



Spinta variabile della terra sulle pareti di bordo

L'armatura diffusa nei muri e nella platea da 25 cm è rappresentata da una doppia maglia Ø12 a passo 20 cm.

Tali armature come di seguito specificato danno il ricoprimento dell'involuppo delle azioni interne.

Si riportano nel seguito la schematizzazione dei solai, le mappe di sollecitazione utilizzate per le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio e le corrispondenti verifiche.

Criteri di verifica

Le verifiche sono state condotte secondo i seguenti criteri.

In accordo alle prescrizioni di EC2 nel solaio a piastra viene rispettata la prescrizione di armatura minima

$$A_s \geq A_{s,min}$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times f_{ctm} \times b_t \times d / f_{yk} \geq 0,0013 \times b_t \times d$$

dove

b_t : larghezza della sezione trasversale (1000 mm)

d : altezza utile della sezione (mm)

E' stata inoltre rispettata la limitazione relativa al quantitativo massimo di armatura.

$$A_s \leq A_{s,max}$$

Muri e platea $s = 25$ cm armatura Ø12/20 $A_s = 5,65 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$A_{s,min} = 5,65 \text{ cm}^2/\text{m} \geq 2,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 100 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Verifiche SLU a flessione

Le verifiche flessionali allo SLU sono state effettuate con il software GelfiVcaSlu.

In ogni sezione il momento resistente di progetto deve risultare superiore o uguale al relativo momento esterno di calcolo:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}$$

dove:

M_{Sd} = momento sollecitante di progetto

M_{Rd} = momento resistente di progetto

Le sezioni dei solai descritte in precedenza in presenza della sola armatura diffusa forniscono i seguenti momenti resistenti di progetto:

Muri e platea $h = 25$ cm, con armatura $\varnothing 12/20$, copriferro 4 cm.

$$M_{Rd} = 48,38 \text{ kNm}$$

Titolo: []

N° strati barre: 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	5,65	4
			2	5,65	21

Tipo Sezione:
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni:
 S.L.U. **Metodo n**
 N_{Ed} [0] kN
 M_{xEd} [0] kNm
 M_{yEd} [0] kNm

P.to applicazione N:
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN [0] yN [0]

Tipo rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 16,67 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 48,38 kNm
 σ_c -16,67 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 22,41 ‰
 d 21 cm
 x 2,837 x/d 0,1351
 δ 0,7

Metodo di calcolo:
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Tipo flessione:
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_o [0] cm **Col. modello**
☐ Precompresso

Si riportano di seguito i digrammi delle varie strutture in c.a. da cui si evince che le azioni sollecitanti SLU sono in tutte le sezioni inferiori alla resistenza degli elementi.

