

# AlexToigo

■ ■ ■ Ingegnere civile

Via Montegrappa, 27/A - 24060 Rogno (BG)  
Tel. 035 43.40.986 - Fax 035 43.40.984  
Mob. +39 339 10.55.874 alex@toigo.it - www.toigo.it

## COMUNE DI LOVERE

PROVINCIA DI BERGAMO

Via G. Marconi, 19 - 24065 Lovere (BG) - Villa Milesi  
Codice fiscale 81003470168 - Partita I.V.A. 00341690162  
Codice ISTAT 016128 - Codice Catasto E704



AREA MANUTENZIONE E LAVORI PUBBLICI



COMUNE DI  
**LOVERE**

### LAVORI: Abbattimento barriere architettoniche marciapiede via Marconi lato Nord - Lovere BG

STAZIONE APPALTANTE:  
COMUNE DI LOVERE

Responsabile Unico del Procedimento: Dott. Arch. Francesca Chierici  
Via G. Marconi, n° 19  
24065 - Lovere (Bg)  
Telefono: 035983623 - Fax: 035983008  
Codice Fiscale: 81003470168 - Partita IVA: 00341690162  
e-mail: francesca.chierici@comune.lovere.bg.it  
P.E.C.: comune.lovere@pec.regione.lombardia.it

PROGETTAZIONE:

DOTT. ING. ALEX TOIGO - INGEGNERE CIVILE

Via Montegrappa, n° 27/A  
24060 - Rogno (Bg)  
Telefono: 0354340986 - Fax: 0354340984  
Codice Fiscale: TGOLXA79E29Z133E - P.IVA: 03370780169  
e-mail: alex@toigo.it  
P.E.C.: alex@pec.toigo.it

*firma*

*firma*

### PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Elaborato

# D

### Relazione di calcolo delle strutture

Data:

Novembre 2017

Ns. rif.:

1775

Collaboratori:

AGGIORNAMENTO

DATA

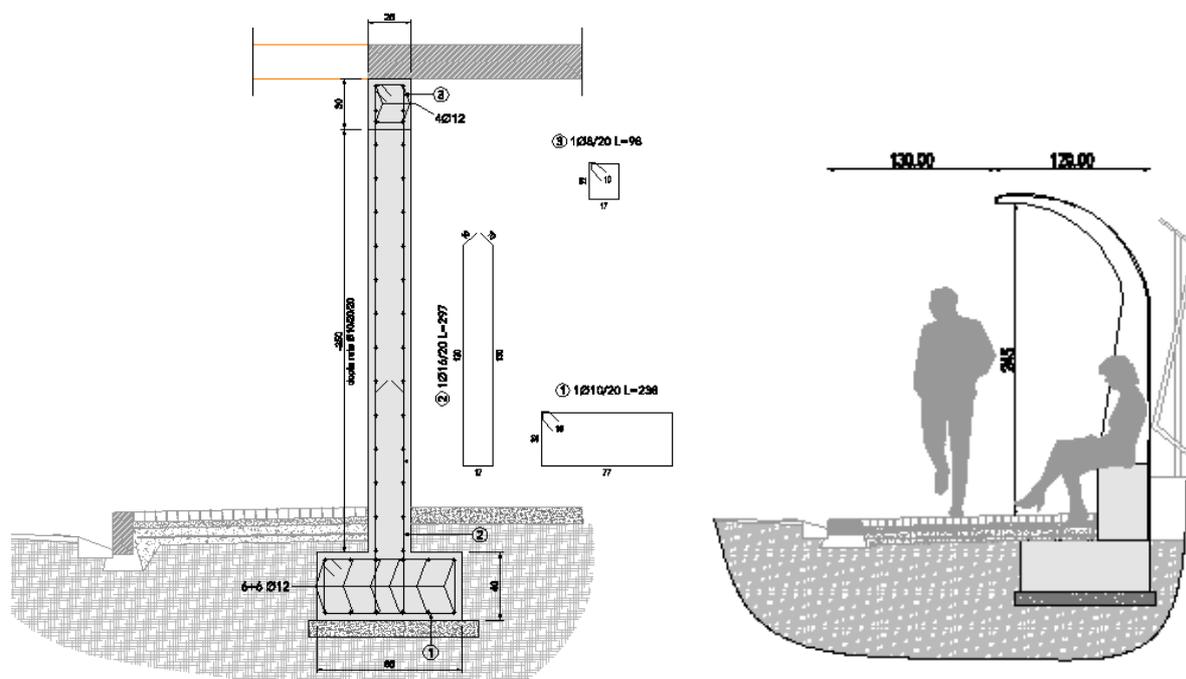
DESCRIZIONE

## 1. Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente.

Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte a "regola d'arte" dal progettista, secondo i dettami della scienza e tecnica delle costruzioni. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione è stato utilizzato il metodo agli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento. Si riporta di seguito in proposito l'insieme delle verifiche strutturali, atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio che sotto l'azione di eventi di carico straordinari.

Secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 la relazione di calcolo riporta infine una sezione relativa alle analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, al fine di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli svolti e di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.



## 2. Descrizione dell'opera

Descrizione Strutturale:

Trattasi di due strutture indipendenti e con funzioniautonome; la prima riguarda un muro in cls dello spessore di 25 cm con la funzione di sorreggere una soletta in cls nei lavori di realizzazione di un marciapiede, la seconda è una pensilina per l'attesa dell'autobus delledimensioni di 3.5m x 2,45 di altezza realizzata in acciaio Cor-ten e ancorata ad una fondazione continua.

## 3 Dati generali

In questo paragrafo si riportano le caratteristiche generali relative all'opera, alla località di ubicazione ed i dati anagrafici dei soggetti coinvolti nell'intervento.

### 3.1 Caratteristiche

<b>Nome Progetto:</b>	Abbattimento barriere architettoniche marciapiede via Marconi lato Nord - Lovere BG		
<b>Normativa di riferimento:</b>	Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008		
<b>Tipo di analisi:</b>	Stati limite - Analisi statica		

### 3.2 Località

<b>Descrizione area:</b>	L'area del cantiere è situata in Via G. Marconi, lato nord nel comune di Lovere (BG)		
<b>Comune:</b>	Lovere	<b>Provincia:</b>	Bergamo
<b>Indirizzo:</b>	Via G. Marconi		

### 3.3 Dati per analisi sismica

<b>Vita nominale della struttura:</b> 100 anni	<b>Zona Sismica:</b> 3 (zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti)
--	---

### 3.4 Soggetti coinvolti

**Progettista strutture:**

Ing. Alex Toigo – Via Montegrappa, 27/A Rogno (BG) alex@toigo.it

**Progettista opera:**

Ing. Alex Toigo – Via Montegrappa, 27/A Rogno (BG) alex@toigo.it

**Impresa:**

In fase di appalto

**Progettista architettonico:**

Ing. Alex Toigo – Via Montegrappa, 27/A Rogno (BG) alex@toigo.it

**Direttore Lavori:**

Ing. Alex Toigo – Via Montegrappa, 27/A Rogno (BG) alex@toigo.it

**Committente:**

Comune di Lovere RUP Arch. Francesca Chierici

## 4. Riferimenti normativi

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

### Normativa nazionale

- *Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008*  
"Norme Tecniche per le Costruzioni 2008", pubblicato sul S.O. n° 30 alla G.U. n° 29 del 4 febbraio 2008.
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617*  
"Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)"
- *Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.*  
"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996"
- *Decreto Ministeriale 16 Gennaio 1996*  
"Carichi e sovraccarichi - Norme tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, e dei carichi e sovraccarichi'. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG./STC.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996. (G.U. 16-9-1996, n. 217 - supplemento)"
- *Decreto Ministeriale 9 Gennaio 1996*  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche. (Da utilizzarsi nel calcolo col metodo degli stati limite) (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996. (G.U. 26-11-1996, n. 277 - suppl.)"
- *Decreto Ministeriale 20 novembre 1987*  
"Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. (Suppl. Ord. alla G.U. 5-12-1987, n. 285)"
- *Decreto Ministeriale dell'11-3-1988*  
"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle opere di fondazione"
- *Decreto Ministeriale del 14-2-1992 \**  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche". (G.U. 18-3-1992, N. 65)

### Eurocodici

- *UNI EN 1993-1-1: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-1 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici".
- *UNI EN 1993-1-2: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-2 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Progettazione della resistenza all'incendio".
- *UNI EN 1993-1-3: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-3 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo".
- *UNI ENV 1993-1-4: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-4 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Criteri supplementari per acciai inossidabili".

## 5. I materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

### Calcestruzzi

Nome: **C28/35**

Classe di resistenza: C28/35

Descrizione:

Tipologia del materiale: calcestruzzo

#### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità : 2.500 kg/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione fck: 29,1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice fctm: 2,8 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% fctk,5: 2,0 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico Ecm: 330.809 kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare t: 1E-05

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo c: 1,5

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% fctd,5: 1,3 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cubica a compressione Rck: 35,0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica media fcm: 37,1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a flessione fcm: 3,4 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% fctk,95: 3,7 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson : 0,20

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione cc: 0,85

Resistenza a compressione di progetto fcd: 16,5 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% fctd,95: 2,5 N/mm<sup>2</sup>

Nome: **C25/30**

Classe di resistenza: C25/30

Descrizione:

Tipologia del materiale: calcestruzzo

#### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità r: 24.525 N/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione fck: 24,9 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice fctm: 2,6 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% fctk,5: 1,8 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico Ecm: 30.045,1 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare at: 1E-05

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo gc: 1,5

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% fctd,5: 1,2 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cubica a compressione Rck: 30,0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica media fcm: 32,9 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a flessione fcm: 3,1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% fctk,95: 3,3 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson n: 0,20

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione acc: 0,85

Resistenza a compressione di progetto fcd: 14,1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% fctd,95: 2,2 N/mm<sup>2</sup>

### Acciaio per cemento armato

Nome: **B450C**

Descrizione:

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

#### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento fyk : 450,0 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico ES : 206.000,0 N/mm<sup>2</sup>

Allungamento sotto carico massimo Agt : 67,5 %

Coefficiente di omogeneizzazione n: 15

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio gs : 1,15

Densità r : 76.518 N/m<sup>3</sup>

Tensione ammissibile σs : 260,0 N/mm<sup>2</sup>

### Acciaio per Carpenteria

Nome: **S355J0WP**

Descrizione:

Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche

#### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento fyk : 355,00 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico Es : 210.000,00 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson : 0,30

Coefficiente di dilatazione termica lineare t : 1,2E-05

Tensione caratteristica di rottura ftk : 510,00 N/mm<sup>2</sup>

Modulo di elasticità trasversale G : 80.769,23 N/mm<sup>2</sup>

Densità : 77,009 kN/m<sup>3</sup>

Tensione ammissibile σs : 235,44 N/mm<sup>2</sup>

## 6. Prove di accettazione

In questo paragrafo si riportano alcune indicazioni sui materiali impiegati per la realizzazione della costruzione al fine di garantire in fase di progetto la qualità e la resistenza degli stessi con riferimento a quanto richiesto nei capitoli 2 e 11 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008. Si forniscono in particolare importanti indicazioni in merito alle prove di accettazione del calcestruzzo, fornendo una stima del numero minimo di prelievi da effettuare per rendere attendibile la prova. E' compito del direttore dei lavori, rispetto ai criteri di accettazione dei materiali da costruzione, acquisire e verificare la documentazione di qualificazione e la marcatura CE dei materiali.

### Controlli di qualità del calcestruzzo

#### *Prelievo dei campioni*

La seguente indicazione è una stima preventiva del numero di prelievi minimi di calcestruzzo da eseguire per attestare le caratteristiche dei materiali in uso; sarà compito del Direttore dei Lavori attestare che il prelievo di calcestruzzo sia effettuato in sua presenza, o in presenza di una persona da lui incaricata, e che siano così preparati i provini necessari in conformità a quanto prescritto dalle norme UNI EN 12390-1: 2002 e UNI EN 12390-2: 2002.

#### *Controllo di tipo A (§ 11.2.5.1 delle NTC 2008)*

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Ne risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

#### *Controllo di tipo B (§ 11.2.5.2 delle NTC 2008)*

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B). Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo. Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>. Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo anche distribuzioni diverse dalla normale. Si deve individuare la legge di distribuzione più corretta ed il valor medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). In questo caso la resistenza minima di prelievo R1 dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione ( $s / R_m$  con  $s$  scarto quadratico medio e  $R_m$  resistenza media dei prelievi) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.6 delle NTC 2008. Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

### Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera

Al fine di validare, ma non sostituire, le prove di accettazione effettuate vengono riportate le prove previste per il calcestruzzo in opera.

L'analisi e la progettazione dell'opera non hanno alcun riferimento a elementi strutturali in cemento armato esistenti. Pertanto non viene prevista alcuna prova per il calcestruzzo in opera.

### Prove complementari

Vengono qui riportate anche le prove eseguite per condizioni particolari di utilizzo e di messa in opera del calcestruzzo.

In fase progettuale non viene definita, né prevista, alcuna prova complementare di resistenza rispetto alle prove di accettazione del calcestruzzo già indicate.

## 7. Durabilità

Per garantire il requisito di durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si delineano qui di seguito le condizioni ambientali del sito dove sorgerà la costruzione. Tali condizioni possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III delle NTC 2008, con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Prospetto delle classi di esposizione in funzione delle condizione ambientali (riferimento a UNI EN 206-1)

X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato
XC2	Bagnato, raramente asciutto
XC3	Umidità moderata
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato
XD1	Umidità moderata
XD2	Bagnato, raramente asciutto
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua
XS2	Permanentemente sommerso
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante
XF4	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1

Facendo riferimento a quanto indicato negli estratti normativi per l'individuazione e la classificazione delle condizioni ambientali, il sito di realizzazione dell'opera è classificabile come XC1.

L'opera infatti non è infatti influenzata da particolari condizioni idrologiche e le parti strutturali in cemento armato risultano sufficientemente schermate in misura delle variazioni termometriche previste.

In termini di protezione contro la corrosione delle armature metalliche l'ambiente è quindi definito come 'Ordinario'.

### **Copri ferro minimo e regole di maturazione.**

In fase di progetto vengono quindi prescritti, ai fini della durabilità dell'opera, i valori di copri ferro minimo e le regole di maturazione del calcestruzzo impiegato.

### **Eventuali prove di durabilità**

Vengono inoltre previste le seguenti prove di penetrazione agli agenti aggressivi e di permeabilità, secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 12390-8: 2002.

In fase progettuale non viene definita alcuna prova specifica di durabilità. La previsione di queste prove e la definizione attuativa delle stesse viene demandata al tecnico eventualmente incaricato di effettuarle, nelle modalità e con la definizione tecnologica più appropriata definibili al momento dell'incarico.

## 8. Caratteristiche dell'Analisi e del Codice di Calcolo

L'analisi strutturale del progetto e le relative verifiche effettuate sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. In conformità con quanto richiesto dalle NTC 2008 § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

### 8.1 Analisi svolta

Tipo di analisi svolta	Analisi Statica semplificata e FEM
Metodo numerico adottato	Metodo di calcolo agli elementi finiti
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas / Solidworks Simulation
Metodo di verifica	Stati Limite

### 8.2 Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo

Software	<b>TRAVILOG TITANIUM 5 / SOLIDWORKS SIMULATION</b>
----------	--

La licenza di utilizzo del codice di calcolo è concessa a:

Alex Toigo,

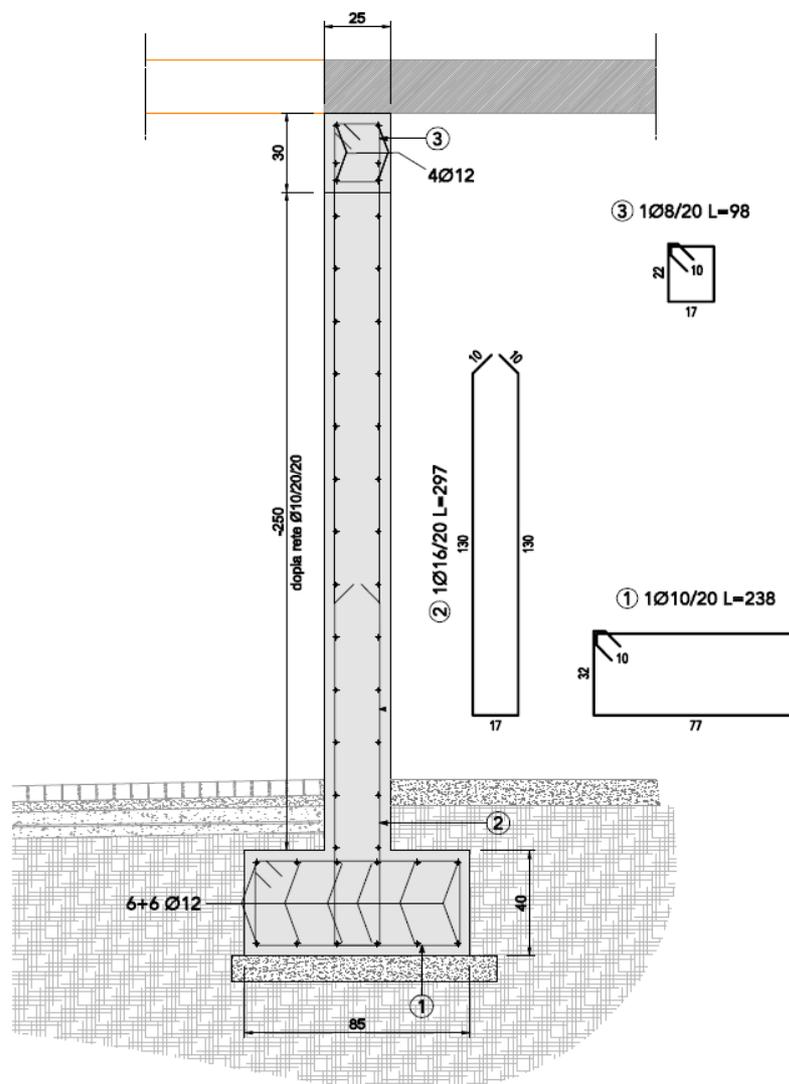
Via Montegrappa27/a, 24060, Rogno - BG

### 8.3 Caratteristiche dell'Elaboratore

Sistema Operativo	Sistema Operativo Nome: Microsoft Windows 10 Pro Versione: 6.2.9200.0 RAM: 32665 MByte
Processore	Processore computer Tipo CPU: AMD FX(tm)-4350 Quad-Core Processor AMD64 Family 21 Model 2 Stepping 0 Velocità CPU: 4200 MHz
Scheda Video	Scheda grafica Descrizione: NVIDIA Quadro K1200 Versione Driver: 22.21.13.8205 Modalità video: 1920 x 1200 x 4294967296 colori Processore video: Quadro K1200 Accelerazione: sconosciuta RAM: 4.095 MByte

(cfr. NTC2008 - § 10.2)

## 1 Geometria del muro



Normativa di riferimento: Stati limite Norme Tecniche 2008

Dimensioni del Muro:					
Altezza	H	2,50 m			
Larghezza	l	0,25 m			
Risega interna	Ri	0,00 m			
Risega esterna	Re	0,00 m			
Lunghezza	L	1,00 m			
Dimensioni della Fondazione:			Dimensioni del Dente di fondazione:		
Altezza	h	0,40 m	Dente:	No	
Larghezza	l	0,85 m	Altezza	a	0,00 m
Mensola interna	Mi	0,30 m	Larghezza	b	0,00 m
Mensola esterna	Me	0,30 m	Posizione	x	0,00 m

## 2 Terreni e falda

### TERRENO INTERNO: STRATIGRAFIA

Strato	Tipo di materiale	Altezza [m]
1	Ghiaia sabbiosa	2,20

### TERRENO ESTERNO:

Tipo di materiale	Altezza sul piano di imposta fondazione [m]	% Spinta passiva [%]
Ghiaia sabbiosa	0,70	0,0

### TERRENO DI FONDAZIONE:

Tipo di materiale	Affondamento dal piano campagna originario [m]
Ghiaia sabbiosa	0,70

Metodo di calcolo delle spinte: Rankine

## 3 Carichi

Descrizione	N [kN]	T [kN]	M [kN m]	q [kn/m <sup>2</sup> ]
Carichi esterni	30,000	0,000	0,000	0,000

### AZIONE SISMICA

Caratteristiche del sito	
Comune: Iovere	Provincia:
Longitudine: 10,070 °	Latitudine: 45,813 °
Categoria di sottosuolo: C	Amplificazione topografica: T1
Caratteristiche dell'edificio	
Coefficiente d'uso Cu: 1,0	Classe d'uso: II
Accelerazione al suolo	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica SS: 1,000	Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1,493
Accelerazione ag: 1,387 m/s <sup>2</sup>	

## Risultati : Approccio 1 – Combinazione 2

### 1 Spinte

#### SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO

Descrizione terreno	Ka	Kp	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	0,331	0,000	1,512	0,000	1,512	0,23	0,0

#### SPINTA SISMICA

Descrizione terreno	Ka	Kp	ΔSpinta H [kN]	ΔSpinta V [kN]	DeltaSpinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	0,362	0,000	0,101	0,000	0,101	0,35	0,0

#### SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO SUL PARAMENTO DI MONTE

Descrizione terreno	Ka	Kp	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	0,331	0,000	0,278	0,000	0,278	1,20	0,0

#### SPINTA DEL TERRENO ESTERNO

Descrizione terreno	Kp	% Spinta passiva	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	3,020	0	0,000	0,000	0,000	0,00	0,0

### 2 Sollecitazioni agenti sul muro

#### PESI AGENTI

Peso muro [kN]	Peso soletta fondazione [kN]	Peso terreno interno [kN]	Peso terreno esterno [kN]	Sovraccarico [kN]
15,328	8,339	1,678	1,678	0,000

## Risultati : Approccio 1 – Combinazione 1

### 1 Spinte

#### SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO

Descrizione terreno	Ka	Kp	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	<b>0,260</b>	0,000	1,541	0,000	1,541	0,23	0,0

#### SPINTA SISMICA

Descrizione terreno	Ka	Kp	$\Delta$ Spinta H [kN]	$\Delta$ Spinta V [kN]	DeltaSpinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	<b>0,362</b>	0,000	0,101	0,000	0,101	0,35	0,0

#### SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO SUL PARAMENTO DI MONTE

Descrizione terreno	Ka	Kp	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	<b>0,260</b>	0,000	0,218	0,000	0,218	1,20	0,0

#### SPINTA DEL TERRENO ESTERNO

Descrizione terreno	Kp	% Spinta passiva	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	<b>3,852</b>	0	0,000	0,000	0,000	0,00	0,0

### 2 Sollecitazioni agenti sul muro

#### PESI AGENTI

Peso muro [kN]	Peso soletta fondazione [kN]	Peso terreno interno [kN]	Peso terreno esterno [kN]	Sovraccarico [kN]
15,328	8,339	1,678	1,678	0,000

## Risultati : Approccio 2

### 1 Spinte

#### SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO

Descrizione terreno	Ka	Kp	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	0,260	0,000	1,541	0,000	1,541	0,23	0,0

#### SPINTA SISMICA

Descrizione terreno	Ka	Kp	$\Delta$ Spinta H [kN]	$\Delta$ Spinta V [kN]	DeltaSpinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	0,362	0,000	0,101	0,000	0,101	0,35	0,0

#### SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO SUL PARAMENTO DI MONTE

Descrizione terreno	Ka	Kp	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	0,260	0,000	0,218	0,000	0,218	1,20	0,0

#### SPINTA DEL TERRENO ESTERNO

Descrizione terreno	Kp	% Spinta passiva	Spinta H [kN]	Spinta V [kN]	Spinta [kN]	Braccio [m]	Incl. [°]
Ghiaia sabbiosa	3,852	0	0,000	0,000	0,000	0,00	0,0

### 2 Sollecitazioni agenti sul muro

#### PESI AGENTI

Peso muro [kN]	Peso soletta fondazione [kN]	Peso terreno interno [kN]	Peso terreno esterno [kN]	Sovraccarico [kN]
15,328	8,339	1,678	1,678	0,000

## Verifiche

### 1 Verifiche di capacità portante

Metodo di calcolo: Vesic

Condizione	Pressione agente [N/mm <sup>2</sup> ]	Pressione limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Fs	Verifica
A1+M1+R1	0,1	1,0	11,05	SI
A2+M2+R2	0,1	0,5	6,63	SI
A*+M2+R2	0,1	0,4	4,03	SI

### DESCRIZIONE GENERALE

La pinza oggetto della presente analisi è stata valutata in due condizioni di carico, rispettivamente quando aggancia la matrice di minor dimensione e quando aggancia quella di dimensioni massime. Seppur la configurazione del leveraggio è diversa nelle due condizioni di carico, la matrice di dimensioni maggiori pesando nettamente di più di quella più piccola configura il caso di maggior sollecitazione. Per questo motivo nel proseguo verrà analizzato solo il caso peggiorativo essendo a favore di sicurezza.

Gli elementi meccanici acquistati da commercio vengono validati direttamente dal produttore mediante scheda tecnica propria.

### METODI DI ANALISI STRUTTURALE AGLI ELEMENTI FINITI

Il metodo di calcolo utilizzato per questo modello è una analisi FEM di tipo "statica lineare" ovvero quando i carichi vengono applicati a un corpo, questo si deforma e l'effetto dei carichi viene trasmesso nel corpo. I carichi esterni inducono forze interne e reazioni per portare il corpo ad uno stato di equilibrio. L'analisi statica lineare calcola gli spostamenti, le deformazioni, le sollecitazioni e le forze di reazione sotto l'effetto dei carichi applicati.

Il Metodo F.E.M. si applica a corpi fisici suscettibili di essere suddivisi in un certo numero, anche molto grande, di elementi di forma definita e dimensioni contenute. Nel continuum, ogni singolo elemento finito viene considerato un campo di integrazione numerica di caratteristiche omogenee.

La caratteristica principale del metodo degli elementi finiti è la discretizzazione attraverso la creazione di una griglia (mesh) composta da primitive (elementi finiti) di forma codificata (esaedri e tetraedri nel caso specifico). Su ciascun elemento caratterizzato da questa forma elementare, la soluzione del problema è assunta essere espressa dalla combinazione lineare di funzioni dette funzioni di base o funzioni di forma (shape functions). Da notare che talora la funzione viene approssimata, e non necessariamente saranno i valori esatti della funzione quelli calcolati nei punti, ma i valori che forniranno il minor errore su tutta la soluzione.

L'esempio tipico è quello che fa riferimento a funzioni polinomiali, sicché la soluzione complessiva del problema viene approssimata con una funzione polinomiale a pezzi. Il numero di coefficienti che identifica la soluzione su ogni elemento è dunque legato al grado del polinomio scelto. Questo, a sua volta, governa l'accuratezza della soluzione numerica trovata.

Il metodo degli elementi finiti fa parte della classe del metodo di Galërkin, il cui punto di partenza è la cosiddetta formulazione debole di un problema differenziale. Questa formulazione, basata sul concetto di derivata nel senso delle distribuzioni, di integrale di Lebesgue e di media pesata (mediante opportune funzioni dette funzioni test), ha il grande pregio di richiedere alla soluzione caratteristiche di regolarità realistiche per (quasi) tutti i problemi ingegneristici ed è pertanto strumento descrittivo molto utile. I metodi di tipo Galërkin si basano sull'idea di approssimare la soluzione del problema scritto in forma debole mediante combinazione lineare di funzioni (le shape functions) elementari. I coefficienti di tale combinazione lineare (detti anche "gradi di libertà") diventano le incognite del problema algebrico ottenuto dalla discretizzazione. Gli elementi finiti si distinguono per la scelta di funzioni di base polinomiali a pezzi.

## DISCRETIZZAZIONE

Esistono vari tipi di elemento "base", che combinati tra loro possono descrivere e "modellare" praticamente qualsiasi tipo di struttura.

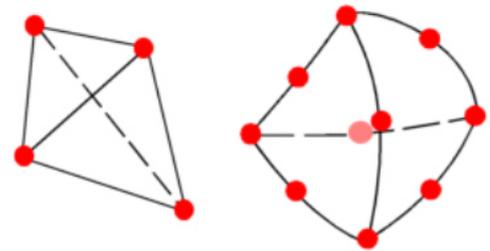
L'elemento **BAR** è il più semplice elemento finito, ed è mono-dimensionale sia nella forma che nel comportamento. Esso è costituito da due nodi, aventi ciascuno un grado di libertà: la traslazione nella direzione della congiungente i nodi stessi.

L'elemento **BEAM** è apparentemente molto simile al BAR: è mono-dimensionale nella forma ma non nel comportamento. Come il BAR esso è costituito da due nodi, ma questi hanno ciascuno due gradi di libertà: possono traslare in direzione normale alla direzione della congiungente i nodi stessi, e possono ruotare.

Con il termine elemento **SHELL** (lamina, superficie, guscio) si intende genericamente indicare una classe di elementi finiti aventi geometria di tipo bi-dimensionale (ma il loro comportamento è generalmente tridimensionale). Esistono elementi con forma di parallelogramma (e quindi anche rettangolari) o triangolare (quest'ultima assai utile per meshare elementi meccanici di forma irregolare); il numero di gradi di libertà è variabile sia in funzione del numero dei nodi (3 o 4), sia del numero dei gradi di libertà del singolo nodo (al massimo 6).

Mesh **SOLIDA**: quando si crea la mesh di una parte o un assieme con elementi solidi, il software genera uno dei due tipi di elementi: elementi solidi tetraedrici lineari e elementi solidi tetraedrici parabolici.

Gli elementi lineari sono anche denominati di primo grado o di ordine basso. Gli elementi parabolici sono anche denominati di secondo grado o di ordine alto. Un elemento tetraedrico lineare è definito mediante quattro nodi d'angolo collegati attraverso sei bordi lineari. Un elemento tetraedrico parabolico è definito mediante quattro nodi d'angolo, sei nodi intermedi e sei bordi parabolici.

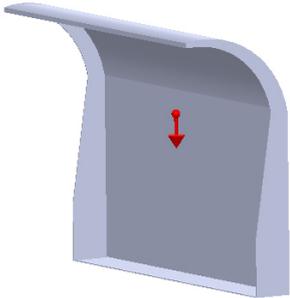
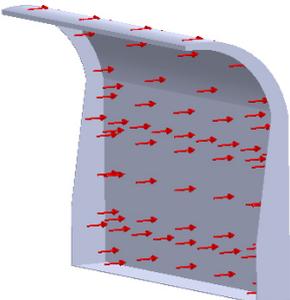


In linea di massima, per la stessa densità di mesh (numero di elementi), gli elementi parabolici producono risultati migliori di quelli lineari, per i seguenti motivi: 1) rappresentano meglio i contorni curvi e 2) generano meglio le approssimazioni matematiche. Tuttavia, gli elementi parabolici assorbono molte più risorse di quelli lineari. Per l'analisi strutturale, ciascun nodo in un elemento elementi solido ha 3 gradi di libertà che rappresentano 3 traslazioni nelle 3 direzioni ortogonali.

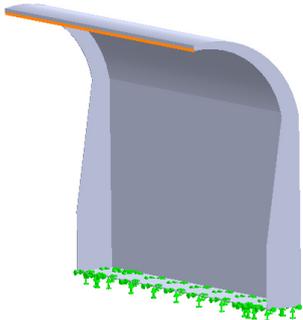
Nel caso in esame sono stati utilizzati elementi solidi tetraedrici parabolici.

Carichi

Nome del carico	Immagine carico	Dettagli carico
Neve	Immagine di un carico di neve su una superficie curva. La superficie è blu e il carico è rappresentato da una serie di frecce rosse verticali che puntano verso il basso.	<p>Entità: 1 facce</p> <p>Riferimento: Bordo &lt; 1 &gt;</p> <p>Tipo: Lungo il bordo</p> <p>Valore: 2000</p> <p>Unità: N/m<sup>2</sup></p> <p>Angolo fase: 0</p> <p>Unità: deg</p>

Nome del carico	Immagine carico	Dettagli carico
Gravità-1		<p>Riferimento: Piano frontale</p> <p>Valori: 0 0 -9.81</p> <p>Unità: m/s<sup>2</sup></p>
Vento		<p>Entità: 2 facce</p> <p>Tipo: Normale al piano</p> <p>Valore: -1000</p> <p>Unità: N/m<sup>2</sup></p> <p>Angolo fase: 0</p> <p>Unità: deg</p>

#### VINCOLI

Nome fissaggio	Immagine fissaggio	Dettagli fissaggio
Fisso-1		<p>Entità: 1 facce</p> <p>Tipo: Geometria fissa</p>

#### Forze risultanti

Componenti	X	Y	Z	Risultante
Forza di reazione(N)	-12145.3	35.9279	18322.4	21982.3
Momento di reazione(N.m)	0	0	0	0

## MESH

Informazioni relative al mesh

<b>Tipo di mesh</b>	Mesh di elementi solidi
<b>Mesheser usato:</b>	Mesh basata su curvatura
<b>Punti Jacobiani</b>	4 Punti
<b>Dimensione massima elemento</b>	50 mm
<b>Dimensione elemento minima</b>	50 mm
<b>Grafico qualità della mesh</b>	Ottima

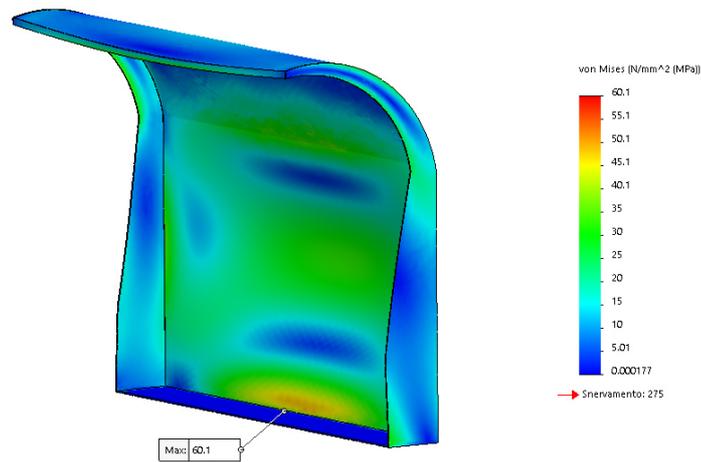
Informazioni relative al mesh - Dettagli

<b>Nodi totali</b>	69043
<b>Elementi totali</b>	33739
<b>Rapporto d'aspetto max</b>	27.301
<b>% di elementi con rapporto d'aspetto &lt; 3</b>	0.477
<b>% di elementi con rapporto d'aspetto &gt; 10</b>	44



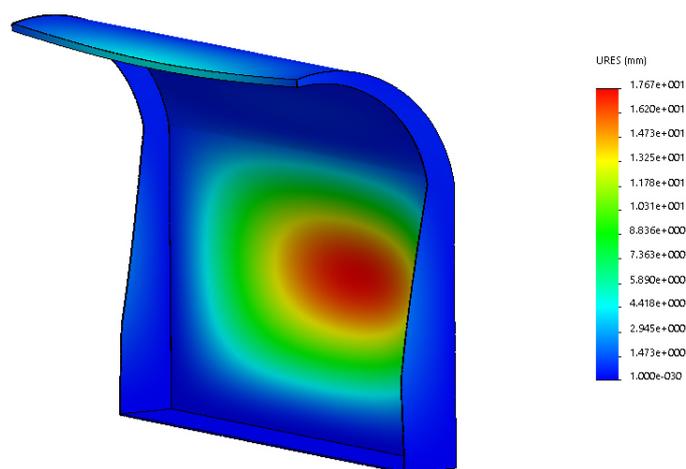
RISULTATI STUDIO

Nome	Tipo	Min	Max
Sollecitazione1	VON: sollecitazione von Mises	0.000177 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 37045	60.1 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 11793



Pensilina3D-Analisi statica 1-Sollecitazione-Sollecitazione1

Nome	Tipo	Min	Max
Spostamento1	URES: spostamento risultante	0.000e+000mm Nodo: 11670	1.767e+001mm Nodo: 60616



Pensilina3D-Analisi statica 1-Spostamento-Spostamento1

## 12. Conclusione

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista strutturale ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia.

A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti mediante codice di calcolo, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto, di aver confrontato i risultati ottenuti da analisi computazionale con semplici calcoli di massima svolti dallo stesso progettista e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione della struttura analizzata.