



Regione Lombardia

Est Ticino Villorese

Consorzio di Bonifica



INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DEL BACINO DEL TORRENTE GUIA LOTTO II – RIPRISTINO DI UN CEDIMENTO SPONDALE LUNGO L'ASTA DEL TORRENTE NIRONE A BOLLATE

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ing. Stefano Burchielli

ELABORATO

GVB_2.06

DIRETTORE ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ing. Fabio Taglioretti

IL PROGETTISTA INCARICATO

WISE

ing. Alessandro Balbo

ing. Giacomo Galimberti

DESCRIZIONE

CALCOLI DELLE STRUTTURE

SCALA

DATA

OTT.2022

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTROLL.	APPROVATO

Est Ticino Villorese



Consorzio di Bonifica

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

Via Ludovico Ariosto, 30

20145 - Milano

tel. 02 48561301

e.mail: info@etvilloresi.it - PEC: etvilloresi@pec.it

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- **LEGGE 5 novembre 1971 n.1086:** «Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica».
- **D.M. 17 gennaio 2018:** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le presenti norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- **Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7** Istruzioni per l'applicazione dell'«<Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”>» di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- **L.R. 33 del 12 ottobre 2015:** Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche.
- **DGR X 5001 del 30 marzo 2016:** Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015).
- **Circ. regionale del 29 luglio 2019 – n. 9:** Profili applicativi in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche, di cui alla L.R. 33/2015, a seguito dell'entrata in vigore delle L. 55/2019.

AZIONI PRESE A BASE DI CALCOLO

Le strutture realizzate in opera sono state calcolate e verificate considerando i carichi previsti dalle disposizioni di Legge vigenti, in particolare si sono assunti i seguenti valori:

- sovraccarico variabile riferiti all'area di sosta e movimentazione a monte del muro di contenimento, CAT. G, pari a 9,00 kN/mq
- spinta del terreno sugli elementi verticali in elevazione
- azione sismica locale:

Parametri sismici

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 45,538547 [°]

longitudine: 9,105863 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	11815	45,554050	9,067760	3431,6
Sito 2	11816	45,556630	9,138990	3270,7
Sito 3	12038	45,506700	9,142559	4551,2
Sito 4	12037	45,504120	9,071400	4675,8

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,018	2,553	0,160
Danno (SLD)	63	50	0,022	2,529	0,188
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,045	2,669	0,281
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,054	2,714	0,301

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,920	1,000	0,000	--	0,258	--
SLD	1,500	1,820	1,000	0,016	0,008	0,324	0,470
SLV	1,500	1,600	1,000	0,026	0,013	0,661	0,380
SLC	1,500	1,560	1,000	0,000	--	0,796	--

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI PER LE STRUTTURE IN OPERA

- Calcestruzzo per strutture verticali e orizzontali fuori terra con resistenza caratteristica a compressione cubica $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$;
- Acciaio per c.a. ad adherenza migliorata tipo B450C, con tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ e tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$.

Le specifiche dei materiali sono di seguito riportate.

Calcestruzzo

Nome: **C32/40**

Classe di resistenza: C32/40

Descrizione:

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Caratteristiche del calcestruzzo

Densità ρ : 2.500 kg/m³

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione f_{ck} : 33,2 N/mm²

Resistenza media a trazione semplice f_{ctm} : 3,1 N/mm²

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% $f_{ctk,5}$: 2,2 N/mm²

Modulo Elastico E_{cm} : 35.220 N/mm²

Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 1E-05

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

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% $f_{ctd,5}$: 1,4 N/mm²

Resistenza caratteristica cubica a compressione R_{ck} : 40,0 N/mm²

Resistenza cilindrica media f_{cm} : 41,2 N/mm²

Resistenza media a flessione f_{cfm} : 3,7 N/mm²

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% $f_{ctk,95}$: 4,0 N/mm²

Coefficiente di Poisson ν : 0,20

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

Resistenza a compressione di progetto f_{cd} : 18,8 N/mm²

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% $f_{ctd,95}$: 2,7 N/mm²

Acciaio per cemento armato

Nome: **B450C**

Descrizione:

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} : 450,0 N/mm²

Modulo elastico E_S : 206.000,0 N/mm²

Allungamento sotto carico massimo A_{gt} : 67,5 %

Coefficiente di omogeneizzazione n : 15

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

Densità ρ : 7.800 kg/m³

Tensione ammissibile σ_s : 260,0 N/mm²

ANALISI STRUTTURALE

L'analisi strutturale viene condotta, secondo quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17.01.2018, con calcolo delle sollecitazioni determinate mediante analisi sismica lineare considerando la sezione tipologica del muro di sostegno.

Ai fini del dimensionamento e delle verifiche sezionali si assumono i valori massimi derivanti dal diagramma involucro delle sollecitazioni di flessione e taglio.

Per quanto riguarda il dimensionamento e verifica delle opere di fondazione si fa riferimento alle informazioni desunte dalla relazione geologica redatta dal dott. geol. Efrem Ghezzi, STUDIO IDROGEOTECNICO s.r.l. .

Le opere di fondazione sono state progettate e verificate nelle varie combinazioni di carico e nel rispetto dei limiti di capacità portante/cedimenti.

MODELLI DI CALCOLO

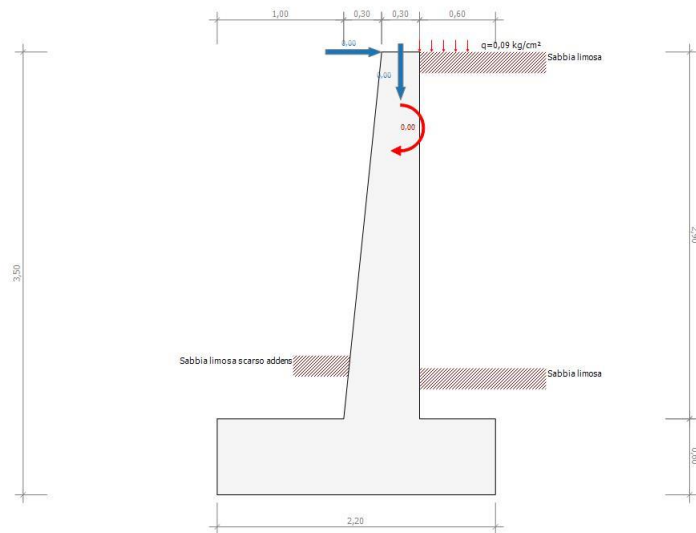
Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17.01.2018 ed in particolare:

- analisi lineare per il calcolo delle sollecitazioni
- verifiche tensionali per le sezioni in c.a. ed in acciaio

Si riportano i tabulati di calcolo riferiti all'analisi degli elementi strutturali degli interventi in questione così come ipotizzati (schema di calcolo), dai quali si evincono le sollecitazioni massime necessarie per il dimensionamento e verifica dei medesimi.

1 Dati del muro di sostegno

1 Geometria del muro



Normativa di riferimento: Stati limite Norme Tecniche 2018

Dimensioni del Muro:				
Altezza	H	2,90 m		
Larghezza	I	0,30 m		
Risega interna	Ri	0,00 m		
Risega esterna	Re	0,30 m		
Lunghezza	L	9,00 m		
Dimensioni della Fondazione:			Dimensioni del Dente di fondazione:	
Altezza	h	0,60 m	Dente:	No
Larghezza	I	2,20 m	Altezza	a 0,00 m
Mensola interna	Mi	0,60 m	Larghezza	b 0,00 m
Mensola esterna	Me	1,00 m	Posizione	x 0,00 m

2 Terreni e falda

TERRENO INTERNO: STRATIGRAFIA

Strato	Tipo di materiale	Altezza [m]
1	Sabbia limosa	2,50
2	Sabbia limosa	1,00

TERRENO ESTERNO:

Tipo di materiale	Altezza sul piano di imposta fondazione [m]	% Spinta passiva [%]
Sabbia limosa scarso addens	1,10	25,0

TERRENO DI FONDAZIONE:

Tipo di materiale	Affondamento dal piano campagna originario [m]
Sabbia limosa scarso addens	1,10

FALDA

Altezza falda (da piano imposta fondazioni)	zw	0,00 m
---------------------------------------------	----	--------

Metodo di calcolo delle spinte: Coulomb

3 Carichi

Descrizione	N [kg]	T [kg]	M [kg m]	q [kg/cm²]
Carichi esterni	0,00	0,00	0,00	0,090

AZIONE SISMICA

Caratteristiche del sito	
Comune: Bollate	Provincia:
Longitudine: 9,122 °	Latitudine: 45,547 °
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: 1,50	Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1,00
Accelerazione ag: 0,453 m/s²	

2 Risultati : Approccio 2

1 Spinte

SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO

Descrizione terreno	K _a	K _p	Spinta H [kg]	Spinta V [kg]	Spinta [kg]	Braccio [m]	Incl. [°]
Sabbia limosa	0,276	0,000	1.893,36	689,13	2.014,87	1,83	20,0
Sabbia limosa	0,276	0,000	1.817,63	661,56	1.934,28	0,47	20,0

SPINTA SISMICA

Descrizione terreno	K _a	K _p	ΔSpinta H [kg]	ΔSpinta V [kg]	DeltaSpinta [kg]	Braccio [m]	Incl. [°]
Sabbia limosa	0,359	0.000	64,06	23,32	68,17	1,83	20,0
Sabbia limosa	0,359	0.000	61,50	22,38	65,44	0,47	20,0

SPINTA STATICA DEL TERRENO INTERNO SUL PARAMENTO DI MONTE

Descrizione terreno	K _a	K _p	Spinta H [kg]	Spinta V [kg]	Spinta [kg]	Braccio [m]	Incl. [°]
Sabbia limosa	0,276	0,000	1.456,43	530,10	1.549,90	0,83	20,0
Sabbia limosa	0,276	0,000	503,34	183,20	535,65	1,35	20,0

SPINTA DEL TERRENO ESTERNO

Descrizione terreno	K _p	% Spinta passiva	Spinta H [kg]	Spinta V [kg]	Spinta [kg]	Braccio [m]	Incl. [°]
Sabbia limosa scarso addens	4,517	25	1.155,56	-420,59	1.229,73	0,42	20,0

2 Sollecitazioni agenti sul muro

PESI AGENTI

Peso muro [kg]	Peso soletta fondazione [kg]	Peso terreno interno [kg]	Peso terreno esterno [kg]	Sovraccarico [kg]
3.262,50	3.300,00	3.132,00	923,28	0,00

3 Verifiche

1 Verifiche a scivolamento

Condizione	Taglio sollecitante [kg]	Taglio resistente [kg]	Fs	Verifica
A1+M1+R3	4.771,28	5.205,77	1,09	SI
Sisma	4.183,25	5.601,87	1,34	SI

2 Verifiche a ribaltamento

Condizione	Momento ribaltante [kg m]	Momento stabilizzante [kg m]	Fs	Verifica
EQU	4.165,69	11.607,20	2,79	SI
Sisma	2.992,11	14.964,13	5,00	SI

3 Verifiche di capacità portante

Metodo di calcolo: Terzaghi

Condizione	Pressione agente [kg/cm ²]	Pressione limite [kg/cm ²]	Fs	Verifica
A1+M1+R3	1,14	5,35	4,69	SI
A*+M1+R*	0,67	0,69	1,02	SI

Scheda tecnica del materiale

Calcestruzzo

Nome: **C32/40**

Classe di resistenza: C32/40

Descrizione:

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Caratteristiche del calcestruzzo

Densità ρ : 2.500,00 kg/m³

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione f_{ck} : 338,43 kg/cm²

Resistenza media a trazione semplice f_{ctm} : 31,59 kg/cm²

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% $f_{ctk,5}$: 22,11 kg/cm²

Modulo Elastico E_{cm} : 353.650,16 kg/cm²

Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 1E-05

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

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% $f_{ctd,5}$: 14,74 kg/cm²

Resistenza caratteristica cubica a compressione R_{ck} : 407,75 kg/cm²

Resistenza cilindrica media f_{cm} : 420,01 kg/cm²

Resistenza media a flessione f_{cfm} : 37,91 kg/cm²

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% $f_{ctk,95}$: 41,07 kg/cm²

Coefficiente di Poisson ν : 0,20

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

Resistenza a compressione di progetto f_{cd} : 191,78 kg/cm²

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% $f_{ctd,95}$: 27,38 kg/cm²

Acciaio per cemento armato

Nome: **B450C**

Descrizione:

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} : 4.587,16 kg/cm²

Modulo elastico E_S : 206.000,00 kg/cm²

Allungamento sotto carico massimo A_{gt} : 67,5 ‰

Coefficiente di omogeneizzazione n : 15

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

Densità ρ : 7.800,00 kg/m³

Tensione ammissibile σ_s : 2.650,36 kg/cm²

Descrizione

Nome: **Sabbia limosa scarso addens**

Descrizione:

Tipologia del materiale: **Terreno non coesivo**

Parametri del terreno

Angolo d'attrito interno ϕ_i : 28

Coesione c' : 0,00 kg/cm²

Densità ρ : 1.800,00 kg/m³

Modulo elastico E : 43 kg/cm²

Angolo d'attrito terreno - calcestruzzo $\phi_{ter-cls}$: 20

Costante di Winkler k_W : 3,00 kg/cm³

OCR: : -- CR:: -- RR: --

Descrizione

Nome: **Sabbia limosa scarso addens**

Descrizione:

Tipologia del materiale: **Terreno non coesivo**

Parametri del terreno

Angolo d'attrito interno ϕ_i : 28

Coesione c' : 0,00 kg/cm²

Densità ρ : 1.800,00 kg/m³

Modulo elastico E : 43 kg/cm²

Angolo d'attrito terreno - calcestruzzo $\phi_{ter-cls}$: 20

Costante di Winkler k_W : 3,00 kg/cm³

OCR: : -- CR:: -- RR: --

Descrizione

Nome: **Sabbia limosa**

Tipologia del materiale: **Terreno non coesivo**

Descrizione:

Parametri del terreno

Angolo d'attrito interno Φ_i : 32

Angolo d'attrito terreno - calcestruzzo Φ_{ter-cl} : 20

Coesione c' : 0,00 kg/cm²

Costante di Winkler k_W : 5,00 kg/cm³

Densità ρ : 1.800,00 kg/m³

OCR: : --

CR:: --

RR: --

Modulo elastico E : 204 kg/cm²

Armatura teorica

1 SLU

Parte	AsSUP [cm ²]	AsINF [cm ²]	Msd [kg m]	Nsd [kg]	Vsd [kg]	Csic	σ_{cls} [‰]	σ_{fe} [‰]	Verifica
Muro	7,70	7,70	-3.102,68	-4.221,77	-3.341,54	5,9	3,5	57,1	SI
Soletta interna	7,70	7,70	-1.149,46	1.301,26	-3.595,31	14,7	3,5	60,1	SI
Soletta esterna	7,70	7,70	3.705,98	-1.668,28	6.327,41	4,8	3,5	58,6	SI

2 SLE rara

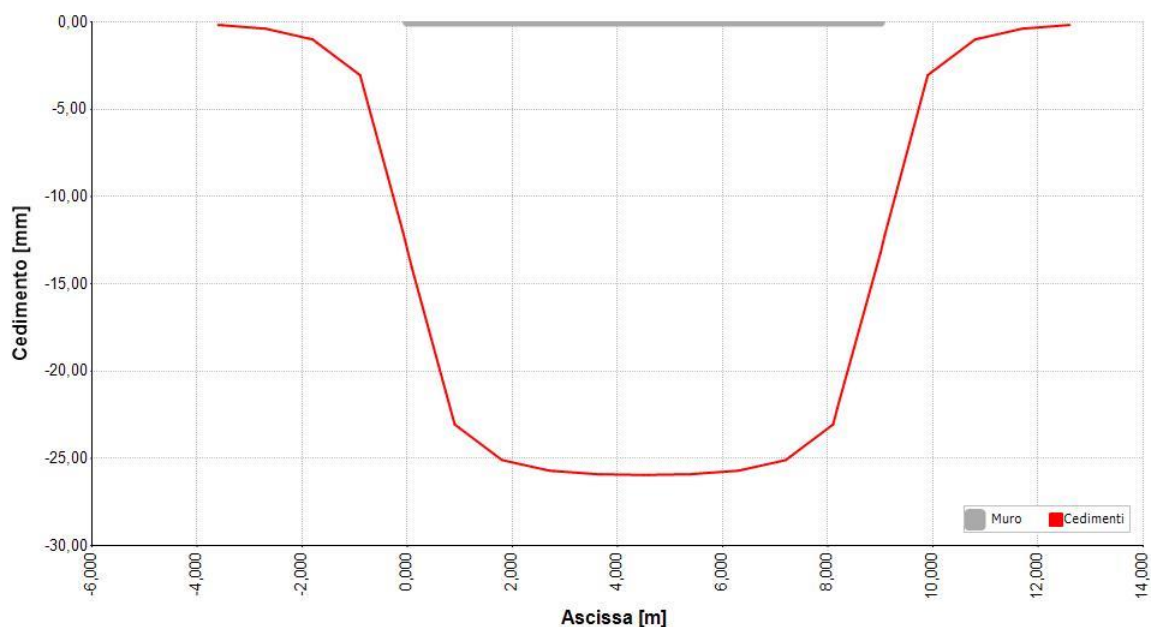
Parte	AsSUP [cm ²]	AsINF [cm ²]	Msd [kg m]	Nsd [kg]	σ_{cls} [kg/cm ²]	σ_{cls} LIMITE [kg/cm ²]	σ_{feT} [kg/cm ²]	σ_{feC} [kg/cm ²]	σ_{fe} LIMITE [kg/cm ²]	Verifica
Muro	7,70	7,70	-2.326,71	-4.221,77	7,97	203,06	322,81	87,94	2.752,29	SI
Soletta interna	7,70	7,70	-884,20	1.000,97	2,81	203,06	281,92	18,99	2.752,29	SI
Soletta esterna	7,70	7,70	2.677,68	-1.668,28	9,35	203,06	557,39	90,41	2.752,29	SI

3 SLE quasi permanente

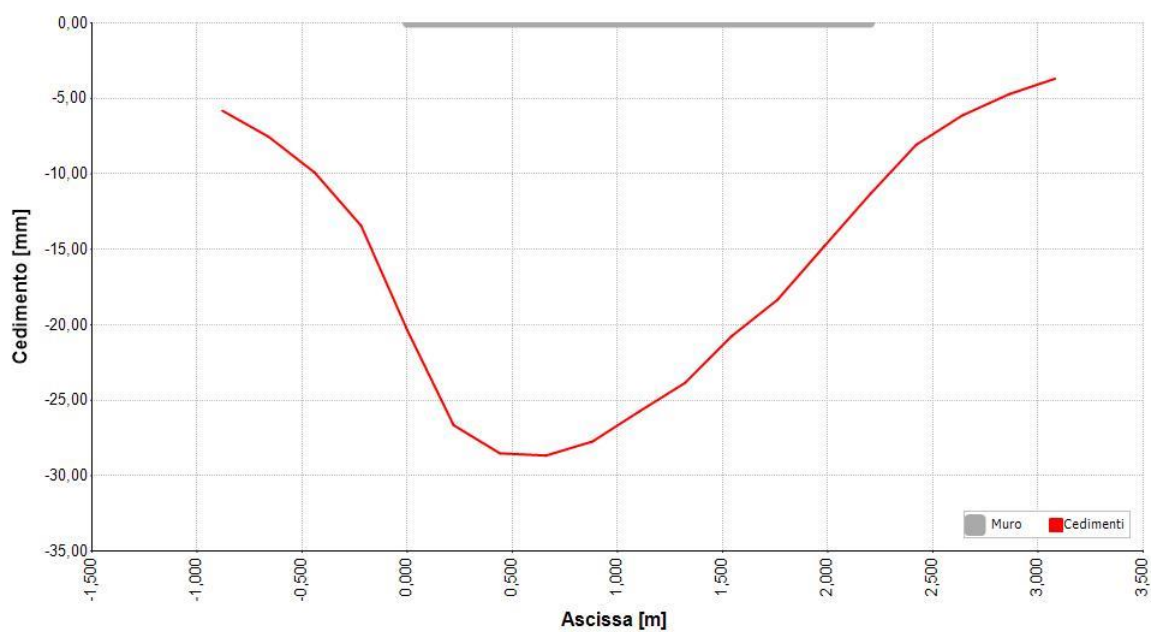
Parte	AsSUP [cm ²]	AsINF [cm ²]	Msd [kg m]	Nsd [kg]	σ_{cls} [kg/cm ²]	σ_{cls} LIMITE [kg/cm ²]	σ_{feT} [kg/cm ²]	σ_{feC} [kg/cm ²]	Verifica
Muro	7,70	7,70	-2.326,71	-4.221,77	7,97	203,06	322,81	87,94	SI
Soletta interna	7,70	7,70	-884,20	1.000,97	2,81	203,06	281,92	18,99	SI
Soletta esterna	7,70	7,70	2.677,68	-1.668,28	9,35	203,06	557,39	90,41	SI

Cedimenti

Cedimenti attesi in fondazione Cedimenti sezione x=1,08m



Cedimenti attesi in fondazione Cedimenti sezione y=4,48m



Si dichiara che le strutture presentate sono state calcolate e progettate a norma delle vigenti disposizioni di legge, che gli elaborati relativi sono completi e sufficienti ad individuare e definire esattamente le opere da eseguire e che i materiali di cui si prevede l'impiego e le rispettive caratteristiche sono idonei in relazione alle sollecitazioni assunte a base dei calcoli.

Qualora occorresse modificare i disegni, i nuovi che dovranno essere redatti, con le medesime caratteristiche di cui sopra, saranno presentati prima dell'esecuzione delle opere.

I PROGETTISTI

Ing. Alessandro Balbo

Ing. Giacomo Galimberti

ALLEGATO: 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 § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

L'analisi condotta è di tipo lineare.

Le verifiche condotte si basano sul metodo degli Stati Limite sia per le condizioni ultime che di esercizio della struttura, così come definito al capitolo 4 e 7 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Origine e caratteristiche del codice di calcolo

Software	TRAVILOG TITANIUM 6 versione 2019.16
Autore, produttore e distributore	Logical Soft s.r.l – via Garibaldi 253, 20832 Desio (MB)
Metodo numerico adottato	Metodo di calcolo agli elementi finiti
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas

Caratteristiche dell'elaboratore

Sistema Operativo	Sistema Operativo Nome: Microsoft Windows 10 Pro Versione: 6.2.9200.0 RAM: 8019 MByte
Processore	Processore computer Tipo CPU: Intel(R) Core(TM) i5-8500 CPU @ 3.00GHz Intel64 Family 6 Model 158 Stepping 10 Velocità CPU: 3000 MHz
Scheda Video	Scheda grafica Descrizione: Intel(R) UHD Graphics 630

	<p>Versione Driver: 26.20.100.7925</p> <p>Modalità video: 1920 x 1080 x 4294967296 colori</p> <p>Processore video: Intel(R) UHD Graphics Family</p> <p>Accelerazione: sconosciuta</p> <p>RAM: 1.024 MByte</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Descrizione del codice di calcolo

In questo paragrafo si fornisce un inquadramento teorico relativo alle metodologie di calcolo ed all'impostazione generale impiegata nel software di calcolo ad elementi finiti *TRAVILOG*, utilizzato nella modellazione della struttura.

Codice di calcolo

Il codice di *TRAVILOG* è stato sviluppato da Logical Soft s.r.l. in linguaggio Visual Studio 2017 e .Net Framework 4.7 e non può essere modificato o manipolato dall'utente. In allegato alla relazione si accludono alcuni test effettuati al fine di certificare l'affidabilità del codice di calcolo relativamente ad alcuni semplici casi prova, riportando analisi teorica, soluzione fornita da *TRAVILOG* ed altro codice di calcolo di confronto. Il solutore a elementi finiti utilizzato dal programma è Xfinest 8.5, prodotto da Harpaceas s.r.l. La bontà del solutore è certificata direttamente da CEAS s.r.l., produttore di XFinest 9.0. Per maggiori dettagli in merito si consiglia di consultare le specifiche relative al solutore di calcolo.