

**RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI
MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA
- TRATTO 03 -**

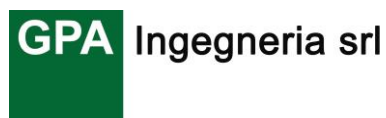
Progetto: Studio di Fattibilità
Commessa: C15003
Cliente: REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Oggetto: Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.
N. Elaborato: 02.RG.04.03

PROGETTISTA RESPONSABILE

Dott. Ing. Giovanni Cardinale

GRUPPO DI LAVORO

Strutture: Ing. Maria Letizia Pecora



**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV
= UNI EN ISO 9001:2008 =**

2	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	22.04.2016
1	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	10.03.2016
0	Emissione	M.L.P.	G.C.	G.C.	29.01.2016
REV	DESCRIZIONE	Eseguito	Controllato	Approvato	DATA

Sommario

1	Premessa	4
2	Scopo	4
3	Quadro Conoscitivo Tratto 03	4
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali	4
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione	5
3.3	Osservazioni Preliminari	5
4	Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali	7
4.1	Quadro normativo di riferimento	7
4.2	Condizioni di carico	7
4.3	Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali	7
4.4	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 11 – sez.X)	8
4.4.1	Caratteristiche dei materiali	8
4.4.2	Ferri di armatura	9
4.4.3	Verifiche del sopralzo in c.a.	9
4.5	Verifica Muro a gravità in cls sinistra idraulica (rif. scheda 12 – sez.25)	10
4.5.1	Caratteristiche dei materiali	11
4.5.2	Ferri di armatura	11
4.5.3	Verifiche del muro di base in cls.	11
4.6	Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 14-16 – sez.X)	13
4.6.1	Caratteristiche dei materiali	13
4.6.2	Ferri di armatura	14
4.6.3	Verifiche del sopralzo in c.a.	14
4.7	Verifica Muro a gravità in cls pietra destra idraulica (rif. scheda 14-16 – sez.X)	15
4.7.1	Caratteristiche dei materiali	15
4.7.2	Ferri di armatura	16
4.7.3	Verifiche del muro a gravità	16
5	Conclusioni	17
6	All.A - Verifica Berlinesa tirantata destra idraulica (rif. scheda 13-15 – sez.Y)	19
6.1	Dati generali	19
6.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera	19

6.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 596/2008	21
6.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	24
6.4.1	Geometria	25
6.4.2	Caratteristiche dei materiali	25
6.4.3	Ferri di armatura	27
6.5	Verifiche del muro arginale	28
6.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena	28
6.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno	28
6.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra).....	30
6.6	Riepilogo	33
6.6.1	Conformità	33
6.6.2	Criticità.....	33
6.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione	33
6.7	Interventi	33

1 Premessa

Le analisi che seguono si inquadrano nel carattere di “Studio di Fattibilità” di cui all’incarico ricevuto.

2 Scopo

Dare una valutazione in merito al margine di sicurezza dei manufatti arginali in destra e sinistra idrografica del torrente Carrione nel Comune di Carrara (MS) – Tratto 03.

3 Quadro Conoscitivo Tratto 03

TRATTO = 03

LOCALIZZAZIONE = dal Ponte di via Covetta al Ponte di via Giovan Pietro

LUNGHEZZA TRATTO = 285 m

3.1 Descrizione Sintetica Opere Spondali

Di seguito viene riportata una descrizione sintetica delle opere spondali presenti in destra e sinistra idraulica del Tratto 03. L’elenco delle tipologie spondali viene fatto a partire da valle fino ad arrivare a monte del tratto in questione.

Destra Idraulica

- Muro in c.a. costituito dal muro d’ala del ponte di via Covetta;
- Muro d’argine in c.a. realizzato con berlinese tirantata (Riferimento Pratica Sismica N. 596/2008);
- Muro d’argine a gravità in calcestruzzo non armato con sopralzo costituito da parapetto debolmente armato;
- Muro in c.a. costituito dal muro d’ala del ponte di via Giovan Pietro.

Sinistra Idraulica

- Nuovo Muro in c.a. realizzato su berlinese;
- Muro d'argine a gravità con sopralzo in c.a. e scogliera al piede realizzata a tratti.

3.2 Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione

Di seguito viene riportata una descrizione sintetica degli interventi eseguiti e/o in esecuzione in riferimento alle opere spondali presenti in destra e sinistra idraulica del Tratto 03.

PRATICHE SISIMICHE

Parziale (solo per il primo tratto in destra idraulica)

N. 596/2008

Messa in Sicurezza Bacino torrente Carrione.

Possibili difformità tra esecuzione e progettazione.

CARATTERISTICHE STRUTTURALI INTERVENTO: Costruzione Muro arginale nel lato destro del fiume, composto da berlinese tirantata di due tipologie:

- micropali $\varnothing 200$ interasse 40 cm, lunghezza 6.5 m, armatura tubolare $\Phi 114,3/8$ + tiranti a 2 trefoli ad interasse di 4 m L = 10 m;
- micropali $\varnothing 200$ interasse 40 cm, lunghezza 7.5 m, armatura tubolare $\Phi 139,7/10$ + tiranti a 3 trefoli ad interasse di 4 m.

Sono inoltre realizzati il muro d'argine inferiore ed il muro superiore.

Pratica Sismica	Descrizione	Committente	FL	Collaudo	N.Omologazione
P.S. 596/2008	Messa in Sicurezza Bacino torrente Carrione	Provincia MS	30/09/09	18/11/09	Omol.13 Variante Omol.18

3.3 Osservazioni PreliminariDestra Idraulica

- Muro d'argine in c.a. realizzato con berlinese tirantata (Riferimento Pratica Sismica N. 596/2008). Criticità: ripristini diffusi presenti sul cordolo sommitale della paratia, parapetto in c.a. con evidenti segni di deterioramento; dubbi su congruenza progetto depositato e stato di fatto; verificare l'efficacia della tirantatura. Il tratto necessita di saggi finalizzati all'accertamento della presenza di armature (diametri e interassi) e alla verifica della presenza di collegamenti efficaci tra le varie porzioni di struttura e alla presenza dei tiranti e loro posizionamento geometrico.

- Muro d'argine a gravità in calcestruzzo non armato con sopralzo costituito da parapetto debolmente armato. Criticità: Verificare presenza di collegamenti efficaci tra le varie parti costituenti la struttura; degrado del calcestruzzo (vuoti e deterioramento superficiale). Il tratto necessita di saggi all'interfaccia tra le parti sovrapposte del muro d'argine e tra gli interventi eseguiti in adiacenza, finalizzati alla verifica della presenza di collegamenti efficaci tra le varie porzioni di struttura. Saggi al piede di fondazione per valutare la presenza di scalzamento.

Sinistra Idraulica

- Intervento di Somma Urgenza Aperto **S.U.A. N. 02b** - Zona: a monte di via Covetta sinistra idraulica - Tipo Intervento: Messa in sicurezza sponda argine sx in corrispondenza Asilo nido mediante la costruzione di un nuovo muro arginale realizzato su berline. - Ente: Provincia MS.
Criticità: Non è presente nessun progetto agli atti.
- Muro d'argine a gravità con sopralzo in c.a. e scogliera al piede realizzata a tratti.
Criticità: Nella parte sommitale si evidenzia recente rialzamento in c.a. del parapetto per h variabile minimo circa 30 cm; verificare presenza di collegamenti efficaci tra le varie parti costituenti la struttura. Il tratto necessita di saggi all'interfaccia tra le parti sovrapposte di muro d'argine, finalizzate all'accertamento della presenza di armature, stima diametri e interassi e verifica della presenza di collegamenti efficaci tra le varie porzioni di struttura.

4 Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali

A seguire si riportano le verifiche preliminari relative alla sicurezza strutturale dei manufatti d'argine esistenti in sinistra e destra idraulica del torrente Carrione nel Comune di Carrara (MS) – Tratto 03.



Fig. 1 – Inquadramento tratto 03

4.1 Quadro normativo di riferimento

- 1) Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 14.01.2008
- 2) Circolare esplicativa Nuove norme tecniche per le costruzioni DM 14.01.2008, n° 617 del 02.02.2009

4.2 Condizioni di carico

Si considerano le strutture arginali soggette ai seguenti carichi:

- spinta dell'acqua sotto l'azione del massimo livello di piena;
- spinta del terreno;
- sovraccarichi dove presenti.

4.3 Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali

I materiali e la geometria delle opere strutturali vengono caratterizzati sulla base dell'elaborazione dei risultati ottenuti dalle indagini conoscitive eseguite dal Laboratorio Sigma Etruria s.r.l. incaricato dalla Regione Toscana (prove diagnostiche in sito e in laboratorio + rilievi topografici).

4.4 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 11 – sez.X)

Si tratta di un muro di sopralzo in c.a. su muro a gravità in cls.

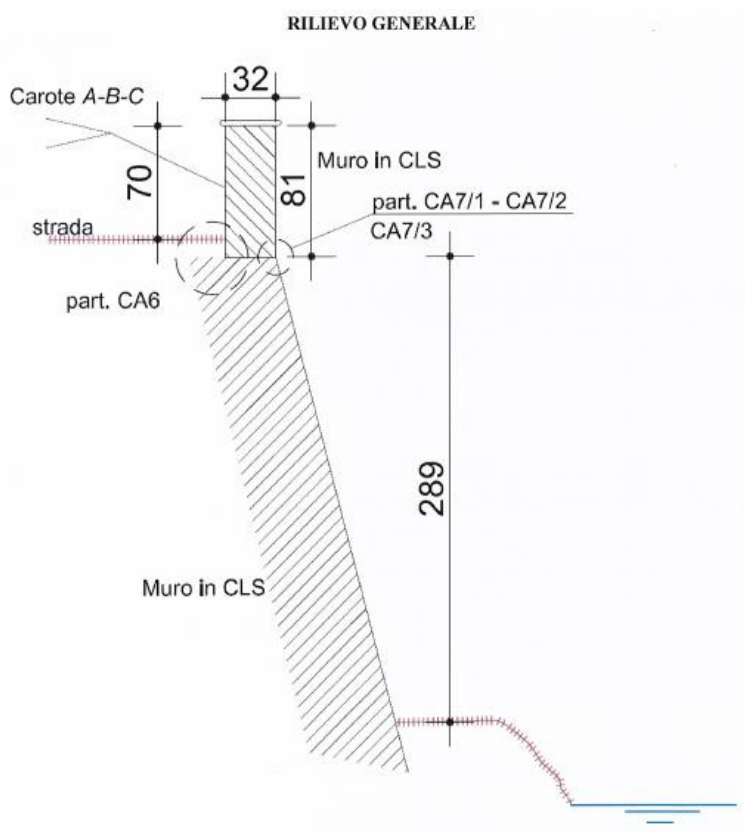


Fig. 2 – Sezione tipologica strutturale

4.4.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sonreb) e in laboratorio (prove a rottura sui provini ottenuti dalle carote), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il sopralzo in c.a di caratteristiche discrete (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito allegate a questo documento).

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fc _m	20,66

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc _m /FC =	17,22

4.4.2 Ferri di armatura

Nessuna armatura rilevata.

Nidi di ghiaia affioranti - presenza di intonaco grezzo su cls lato strada; non sono stati individuati ferri con il pacometro fino a 12 cm di profondità su entrambi i lati e zona superiore sopralzo lato fiume. → **Attenzione**

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo → dai saggi distruttivi in sito non sono stati individuati ferri di connessione tra i muri sovrapposti.

4.4.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

Per le verifiche del sopralzo in c.a. si ottengono i seguenti risultati.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H ₂ O	3,2
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	5,76
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	1,28	NO
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	0,78	
	FS [-]	0,61 < 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)	24,00		NO
$\tan \delta k / \gamma r$	0,40		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	4,80	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	2,33	
	FS [-]	0,49 < 1	

Poichè il sopralzo è risultato un elemento non armato, è da considerarsi un parapetto. Non è garantita neanche la stabilità dell'equilibrio in condizioni di piena.

Franco limite: Altezza sopralzo (Essendo risultato non armato occorre evitare che l'acqua, in caso di piena, raggiunga il sopralzo).

4.5 Verifica Muro a gravità in cls sinistra idraulica (rif. scheda 12 – sez.25)

Si tratta di un muro di sopralzo in cls (parapetto – rif cap.4.4) su muro a gravità in cls.

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso non è stata indagata. Per tale motivo si ipotizza a vantaggio di sicurezza una larghezza del muro pari alla profondità indagata. Un'eventuale maggiore profondità dello stesso sarà da approfondire in sito e potrebbe determinare il soddisfacimento delle verifiche di equilibrio laddove la profondità ipotizzata risulta insufficiente.

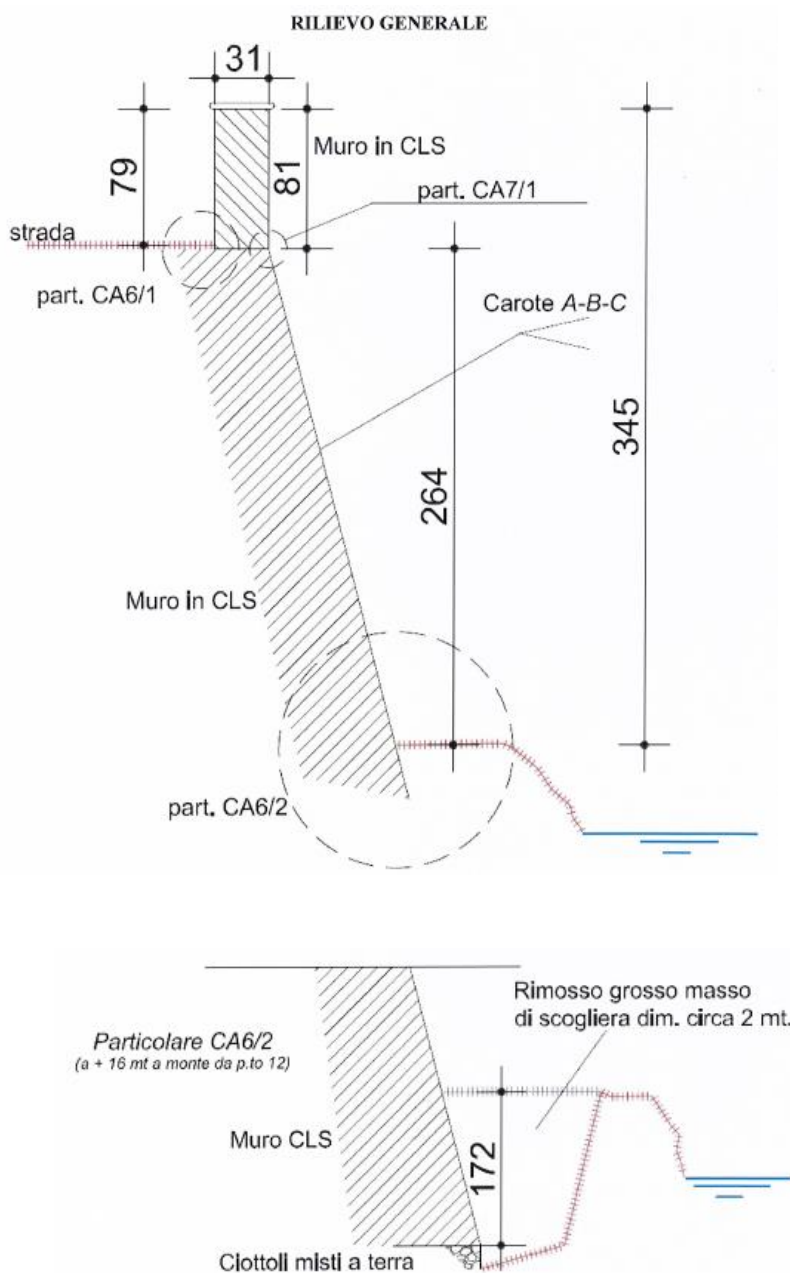


Fig. 3 – Sezione tipologica strutturale

4.5.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sonreb) e in laboratorio (prove a rottura sui provini ottenuti dalle carote), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il muro in cls a gravità di caratteristiche medio basse (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito allegate a questo documento).

RESISTENZA MEDIA [N/mm²]	
f_{cm}	13,42

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	11,18

4.5.2 Ferri di armatura

Nessuna armatura rilevata.

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo → dai saggi distruttivi in sito non sono stati individuati ferri di connessione tra i muri sovrapposti.

4.5.3 Verifiche del muro di base in cls

Per le verifiche del muro di base in cls si ottengono i seguenti risultati.

	γ=1.0
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	4,99
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	5,89
Qw - Spinta H2O	133,64
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	31,46
W2 - Peso proprio muro	48,71
Ws - Peso proprio sopralzo	5,76
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	192,45
Spinta passiva del terreno strada (M2)	163,13

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	349,18	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	245,61	
	FS [-]	0,70 < 1	NO

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta_k = \Phi'$ (M1)		24,00	
$\tan \delta_k / \gamma_r$		0,40	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	14,50	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	34,78	
	FS [-]	2,40 > 1	OK

Franco limite: non ha senso valutare il franco limite poiché sul sopralzo del muro in oggetto non è ammessa la presenza dell'acqua essendo risultato non armato. Inoltre sul muro di base è stato ipotizzato lo spessore.

Note: Prima di programmare gli interventi sul sopralzo e sul muro di base stesso, occorre riverificare l'opera dopo aver eseguito saggi approfonditi per valutare la profondità e lo spessore del muro a gravità, che in questa sede sono stati ipotizzati, in mancanza di informazioni al riguardo.

4.6 Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 14-16 – sez.X)

Si tratta di un muro di sopralzo in c.a. su muro a gravità in cls + pietra.

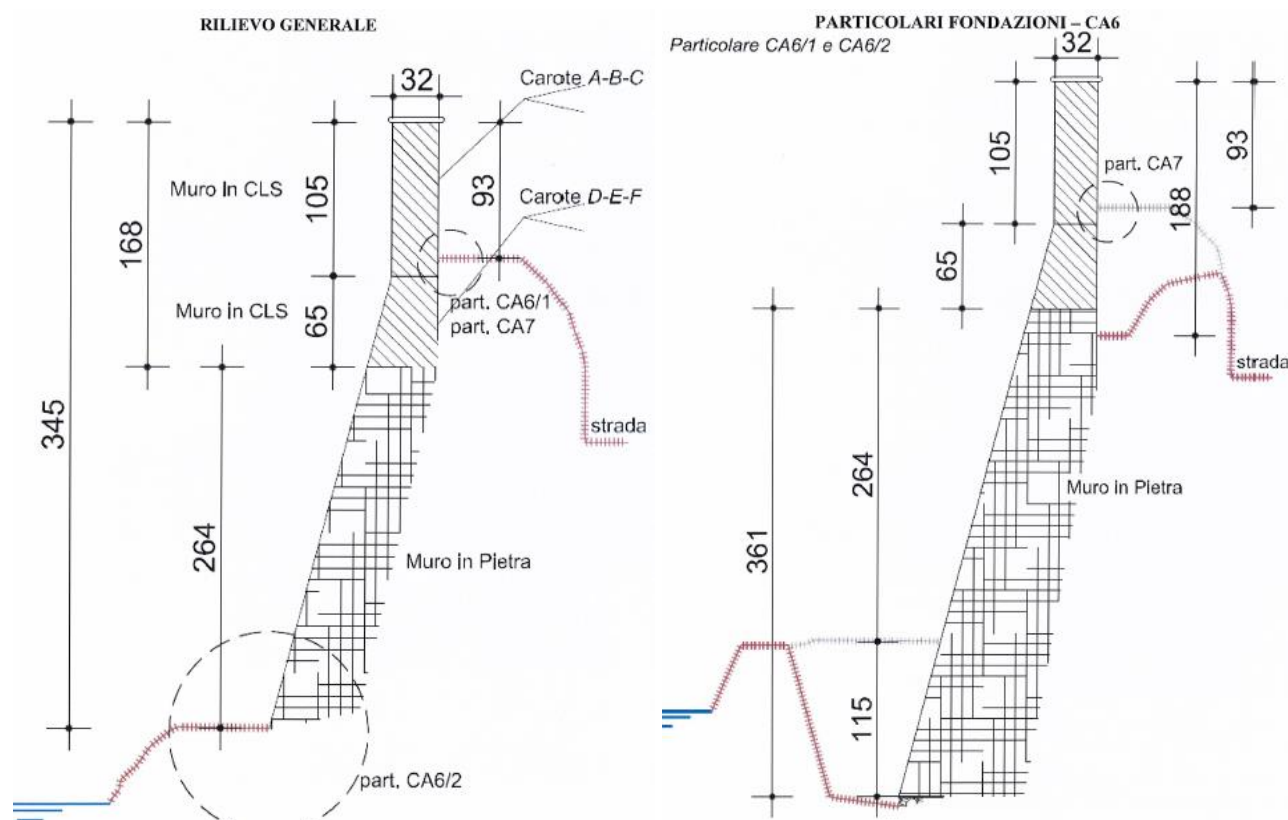


Fig. 4 – Sezione tipologica strutturale

4.6.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sonreb) e in laboratorio (prove a rottura sui provini ottenuti dalle carote), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il sopralzo in c.a di caratteristiche medio basse (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito allegate a questo documento).

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fc _m	14,29

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc _m /FC =	11,91

4.6.2 Ferri di armatura

Nessuna armatura rilevata.

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo → dai saggi distruttivi in sito non sono stati individuati ferri di connessione tra i muri sovrapposti.

4.6.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

Per le verifiche del sopralzo in c.a. si ottengono i seguenti risultati.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	5,51
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	8,06

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	2,89	NO
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	1,16	
	FS [-]	0,40 < 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3		
$\bar{\delta}k = \Phi' (M1)$		24,00		<div>NO</div>
$\tan\bar{\delta}k/\gamma r$		0,40		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)		Td [kN/m]	8,27	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)		Tr [kN/m]	3,26	
		FS [-]	0,39 < 1	

Poichè il sopralzo è risultato un elemento non armato, è da considerarsi un parapetto. Non è garantita neanche la stabilità dell'equilibrio in condizioni di piena.

Franco limite: Altezza sopralzo (Essendo risultato non armato occorre evitare che l'acqua, in caso di piena, raggiunga il sopralzo).

4.7 Verifica Muro a gravità in cls pietra destra idraulica (rif. scheda 14-16 – sez.X)

Si tratta di un muro di un muro a gravità in pietrame e scogliera.

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso non è stata indagata per la parte del muro in pietra. Per tale motivo si ipotizza a vantaggio di sicurezza una larghezza del muro in pietra pari alla larghezza della porzione in cls sopra indagata. Un'eventuale maggiore profondità dello stesso sarà da approfondire in sito e potrebbe determinare il soddisfacimento delle verifiche di equilibrio laddove la profondità ipotizzata risulta insufficiente.

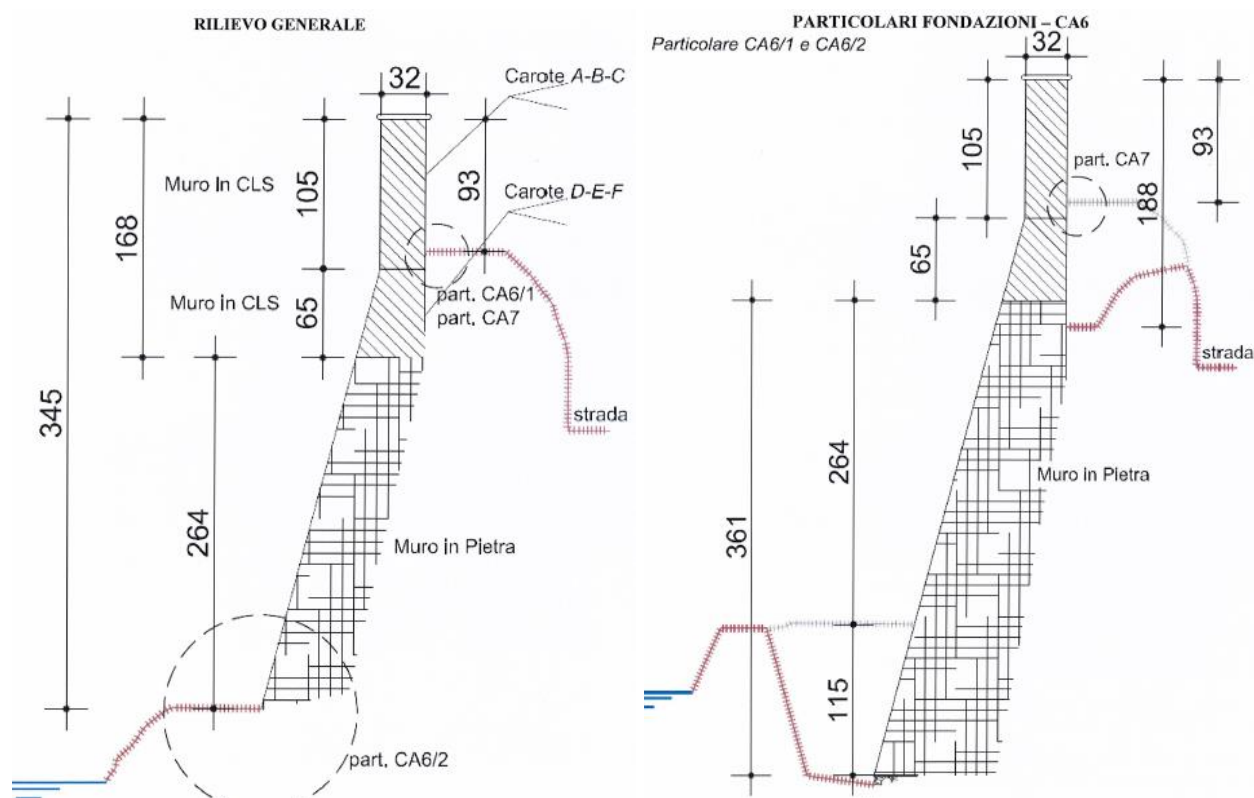


Fig. 5 – Sezione tipologica strutturale

4.7.1 Caratteristiche dei materiali

Le indagini sulla porzione di muro in cls rilevano un calcestruzzo di qualità discreta.

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fc _m	19,15

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc _m /FC =	15,96

4.7.2 Ferri di armatura

Nessuna armatura rilevata.

4.7.3 Verifiche del muro a gravità

Per le verifiche del muro a gravità si ottengono i seguenti risultati.

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	2,23
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	2,63
Qw - Spinta H2O	150,70
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	34,10
W2 - Peso proprio muro	86,10
Ws - Peso proprio sopralzo	8,06
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	131,33
Spinta passiva del terreno strada (M2)	111,32

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	414,78	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	193,17	
	FS [-]	0,47 < 1	NO

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2			
	A1+M1+R3		
$\delta k = \Phi'$ (M1)	24,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,40		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	97,62	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	51,91	
	FS [-]	0,53 < 1	NO

Franco limite: non ha senso valutare il franco limite poiché sul sopralzo del muro in oggetto non è ammessa la presenza dell'acqua essendo risultato non armato. Inoltre sul muro di base è stato ipotizzato lo spessore.

Note: Prima di programmare gli interventi sul sopralzo e sul muro di base stesso, occorre riverificare l'opera dopo aver eseguito saggi approfonditi per valutare la profondità e lo spessore del muro a gravità, che in questa sede sono stati ipotizzati, in mancanza di informazioni al riguardo.

5 Conclusioni
















Legenda dei risultati ottenuti dalle Verifiche Preliminari









Adeguito		Assente		Insufficiente	
----------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------	-------------------------------------------------------------------------------------

“**Adeguito**” = elemento caratterizzato da buone caratteristiche del materiale, regolare disposizione delle armature, verifiche allo stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento); di slittamento e strutturale in accordo ai fattori di sicurezza stabiliti dalle NTC 2008.

“**Assente**” = informazioni che non sono state indagate e reperite in sito.

“**Insufficiente**” = elemento caratterizzato da scarse caratteristiche del materiale, irregolare disposizione delle armature, verifiche allo stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento); di slittamento e strutturale in disaccordo ai fattori di sicurezza stabiliti dalle NTC 2008.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 11	MURO IN CLS Sx – Scheda 12	BERLINESE TIRANTATA Dx - Scheda 13-15 Rif. All. A
Qualità Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura		-	
Caratt. ferri di inghisaggio		-	
Micropali			 (come da progetto)
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,61 < 1 	FS = 0,78 < 1 	FS > 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,49 < 1 	FS = 3,28 > 1 	FS > 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-	FS > 1 
Franco limite	Intero sopralzo	-	-
Note	Criticità: Il sopralzo non è armato. Funzione non str.	Da approfondire la profondità del muro. Info mancante.	Riferimento progetto P.S. N.596/2008

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 14-16	MURO IN CLS e PIETRA Dx – Scheda 14-16
Qualita' Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,40 < 1 	FS = 0,47 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,39 < 1 	FS = 0,53 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-
Franco limite	Intero sopralzo	-
Note	Criticità: Il sopralzo non è armato. Funzione non str.	Da approfondire la profondità del muro. Info mancante.

I **sopralzi** in c.a. presenti in destra idraulica e sinistra risultano non armati. Pertanto non possono avere funzione strutturale in caso di piena. Sono invece da considerarsi dei semplici parapetti. Per tali strutture non è stata rilevata la presenza di ferri di inghisaggio all'opera sottostante: criticità se la piena raggiunge il sopralzo. I **muri a gravità di base** in cls e pietra presenti in destra idraulica e sinistra, con le ipotesi geometriche fatte, non risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena fino alla quota di estradosso del sopralzo.

Sul muro a gravità di base non ci sono informazioni dettagliate sulla geometria dello stesso (profondità muro), occorre pertanto prevedere il rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008. Sulla base di tali risultati gli interventi di rinforzo possono prevedere:

- Demolizione e ricostruzione del sopralzo
- Realizzazione paratia di micropali.

Il muro in c.a. e **berlinese tirantata** relativo alla pratica sismica N. 596/2008, presenta le stesse caratteristiche e geometria dello stato di progetto (Rif. All.A).

6 All.A - Verifica Berlinese tirantata destra idraulica (rif. scheda 13-15 – sez.Y)

6.1 Dati generali

Oggetto: Berlinese tirantata

Anno di costruzione dell'opera: 2009

Localizzazione: Tratto 03 – destra idraulica (rif. sez. topografica n.Y – a circa 15 m a monte del ponte di via Covetta)

Lunghezza muro: ~ 150 m

Pratica sismica di riferimento: N. 596/2008: “Messa in Sicurezza Bacino torrente Carrione attraverso la costruzione di un muro arginale nel lato destro del fiume, composto da berlinese tirantata”.

Collaudo Statico: Si → 18.11.2009.

6.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata: sono presenti fabbricati civili e industriali. Sul terrapieno retrostante il muro passa via Argine destro Carrione che è una strada utilizzata sia per il transito veicolare del paese sia per l'accesso alle segherie presenti nella zona prospiciente il torrente.



Fig. 6 – Immagine dell'area scaricata da google map

Il muro confina, verso valle con il muro d'ala del ponte di via Covetta e verso monte con un vecchio muro in pietrame e sopralzo in c.a..



Fig. 7 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map



Fig. 8 – Foto Muro arginale tipo berlinese

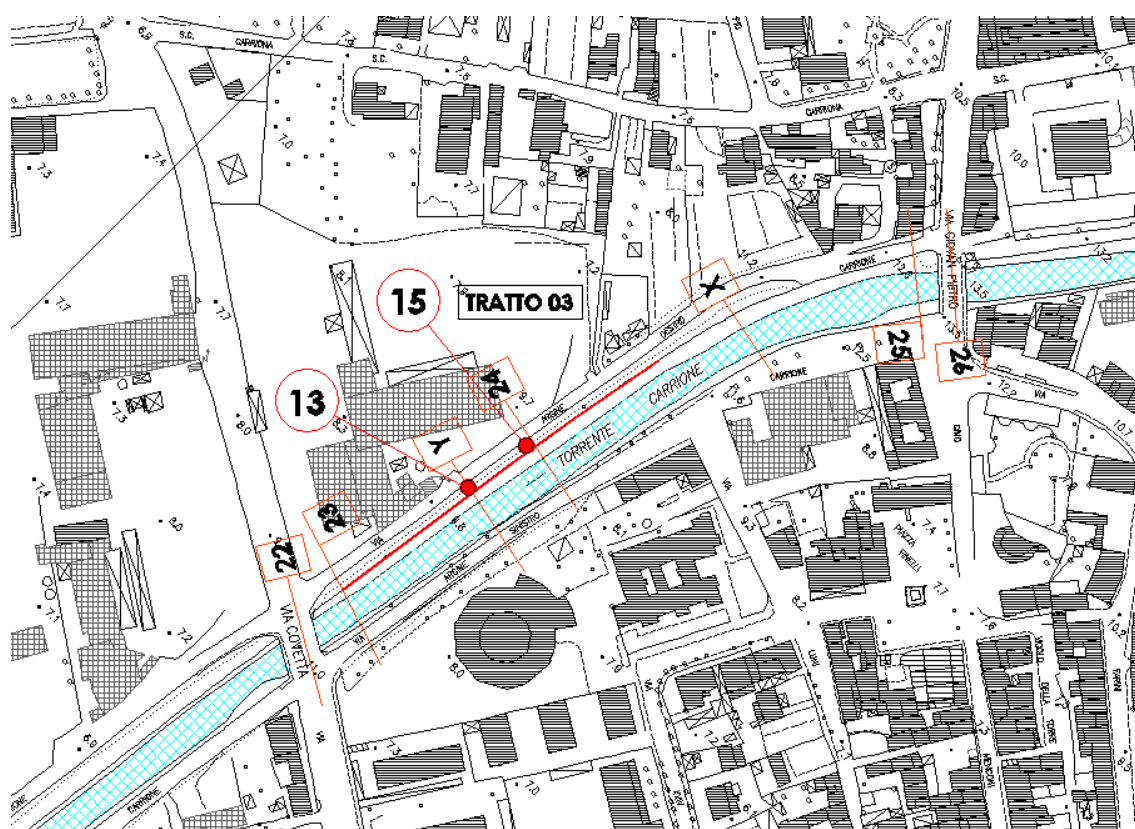


Fig. 9 – Inquadramento planimetrico – Tratto 03 – Sponda destra

6.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 596/2008

La pratica sismica a cui fa riferimento il progetto dell'opera arginale in oggetto riporta:

- 1) Elaborati progettuali e di calcolo
- 2) Relazione geologica e geotecnica
- 3) Collaudo statico

Il progetto prevede una prima versione del 2006 che fa riferimento a una palancola metallica rivestita in c.a. con muretto in c.a. ancorato alle palancole. Le tavole di progetto si riferiscono a questo primo progetto: la relazione di calcolo fa riferimento alla sinistra idraulica, le sezioni di progetto riportate nelle tavole fanno riferimento alla destra idraulica.

La relazione integrativa e il collaudo del 16 marzo 2010 fanno entrambi riferimento alla berlinese tirantata in destra idraulica descritta a seguire e che rappresenta la tipologia rilevata in sito. In particolare il progetto, nella sua versione finale, fa riferimento a un muro arginale in c.a. composto da berlinese tirantata di due tipologie diverse:

- Berlinese H scavo = 340 m: micropali $\varnothing 200$ interasse 40 cm, lunghezza 6.5 m, armatura tubolare $\Phi 114,3/8$ + tiranti a 2 trefoli ad interasse di 4 m L = 10 m;

- Berlinese H scavo = 460 m: micropali $\varnothing 200$ interasse 40 cm, lunghezza 7.5 m, armatura tubolare $\Phi 139,7/10$ + tiranti a 3 trefoli ad interasse di 4 m L = 10 m.

Sono inoltre realizzati il muro d'argine inferiore ed il muro superiore.

Gli elaborati recuperati con la pratica sismica in oggetto non sono completi.

Dal **verbale di collaudo** datato 16 marzo 2010, si evince che l'intervento finale è risultato il seguente: argine destro composto da berlinese formata:

- in parte con micropali $\varnothing 200$ mm L = 6,5 m e interasse 40 cm con tiranti a 2 trefoli a interasse di 4 m,
- in parte con micropali $\varnothing 200$ mm L = 6,5 m e interasse 40 cm con tiranti a 3 trefoli a interasse di 4 m.

Pertanto la tipologia di berlinese si riconduce a quella con minore altezza di scavo (H = 340 cm) e si differenzia solo per i tiranti, mantenendo invariata la lunghezza dei micropali (L = 6,5 m).

Normativa di riferimento con la quale è stato eseguito il progetto: DM 1996.

Durante i sopralluoghi del 2015, l'argine in sinistra risultava in costruzione, per tale motivo, in mancanza di collaudo finale e di informazioni specifiche, non sono state eseguite indagini e verifiche preliminari.

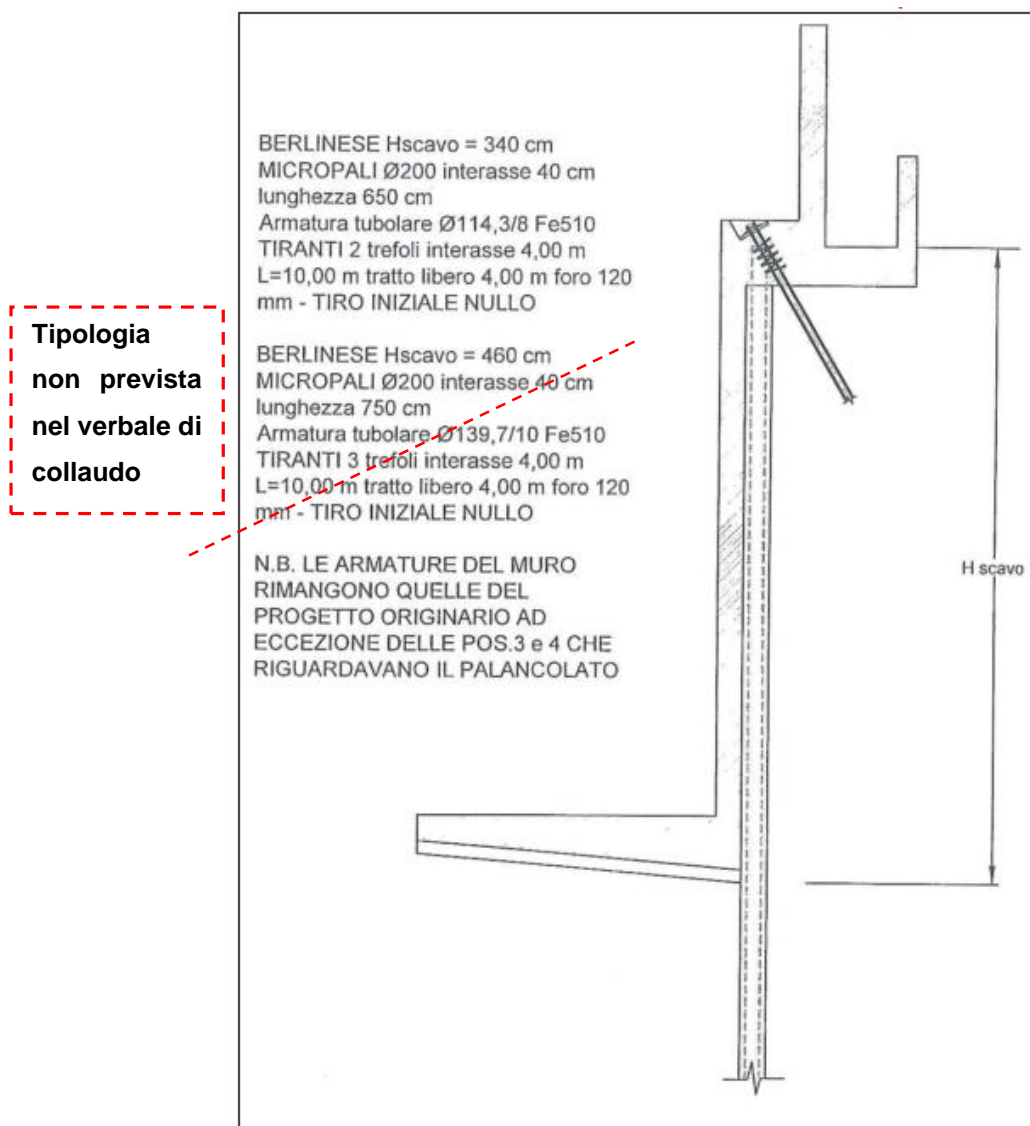


Fig. 10 – Estratto P.S. N. 596/2008 – Berlinese tirantata con muro in c.a.

Il muro arginale in oggetto è stato costruito nel 2009 (data fine lavori: 30 settembre 2009).

6.4 Risultati delle indagini conoscitive in sito

I materiali e la geometria dell'opera arginale vengono caratterizzati sulla base dell'elaborazione dei risultati ottenuti dalle indagini conoscitive eseguite dal Laboratorio Sigma Etruria s.r.l. (prove diagnostiche in sito e in laboratorio + rilievi topografici).

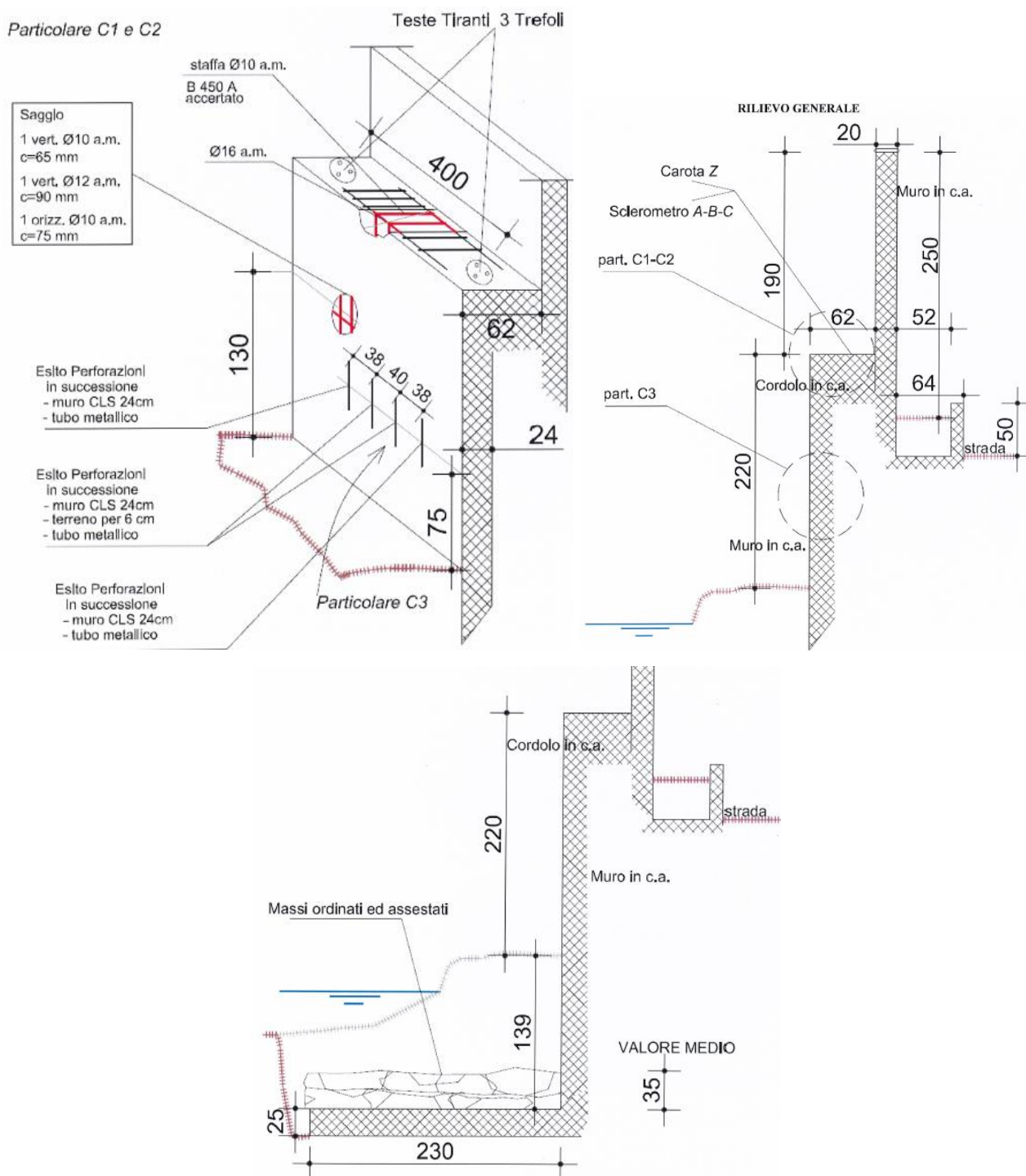


Fig. 11 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

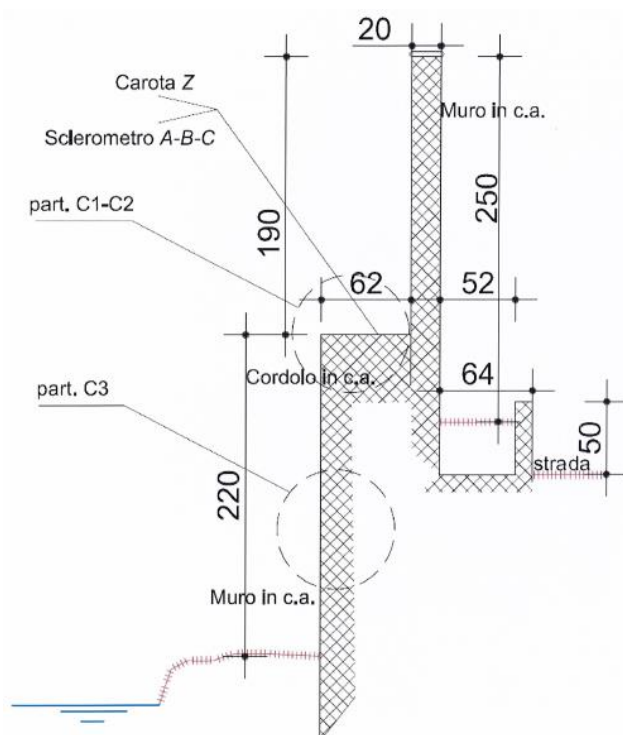


Fig. 13 – Punti di indagine

PROVE SCLEROMETRICHE - CORDOLO TESTA BERLINESE					
PUNTO	A	B	C	D	
Ir	39,4	33,9	32,8	39,1	$\alpha = -90^\circ$
Rs	45,5	35,0	33,5	44,0	39,5
fc (0,83 Rs)	37,8	29,1	27,8	36,5	32,8

CAROTE							
PROVINO	f _{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C _{h/D}	f _{cis} [Mpa]	Rc [Mpa]
13Z	42,8	104	209	0,50	1,00	42,8	51,57
media						42,80	51,57

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
f _{cm}	39,46

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	32,88

Analogamente, sulla base delle prove a trazione fatte su campioni di provino prelevati in sito, si può considerare l'armatura del cordolo berlinese, di buone caratteristiche.

PRELIEVO ARMATURE - Prova a trazione							
CAMPIONE	Armatura	D [mm]	L [cm]	Sez. eff. [mm ²]	Sez. nom. [mm ²]	fy [Mpa]	ft [Mpa]
13K	Staffa	10	17	91,1	78,5	530,0	557,0
13K	F.long.	16	17	199,0	201,0	494,0	615,0

Le indagini fatte sui materiali in sito risultano confermare le informazioni reperibili dal progetto (Rif. P.S. N. 596/2008).

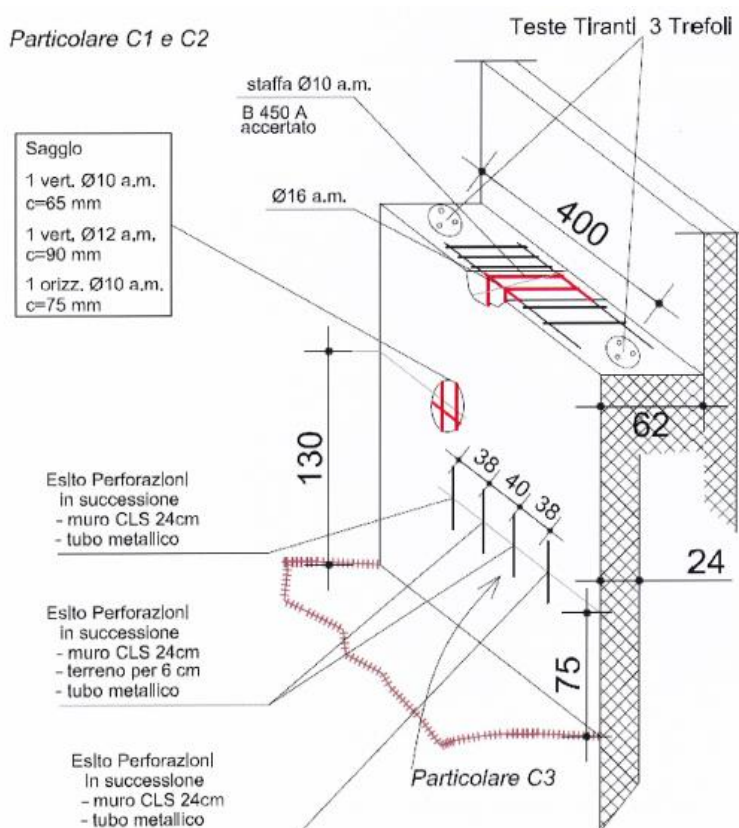
6.4.3 Ferri di armatura

La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica e dai saggi in sito.

Armatura cordolo berlinese: Ferri $\Phi 16$ passo 30 cm + staffe $\Phi 10$ passo 24 cm.

Armatura orizzontale muro: Ferri $\Phi 10$ passo 24 cm.

Armatura verticale muro: Ferri $\Phi 12$ passo 20 cm.



6.5 Verifiche del muro arginale

Per la verifica dell'opera arginale in oggetto si fa riferimento al seguente schema statico:

- 4) Berlese di micropali infissa nel terreno e vincolata in sommità dalla presenza di tiranti.

Per le verifiche con funzionamento a paratia ci si avvale dell'utilizzo del software Bulkcad confrontando i risultati con metodi di equilibrio analitici.

6.5.1 Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena

Verifica di equilibrio dell'opera

Schema statico: paratia.

- 5) Paratia L = 6,50 m $\rightarrow FS (Rib) = 1.5 > 1 \rightarrow$ **OK**

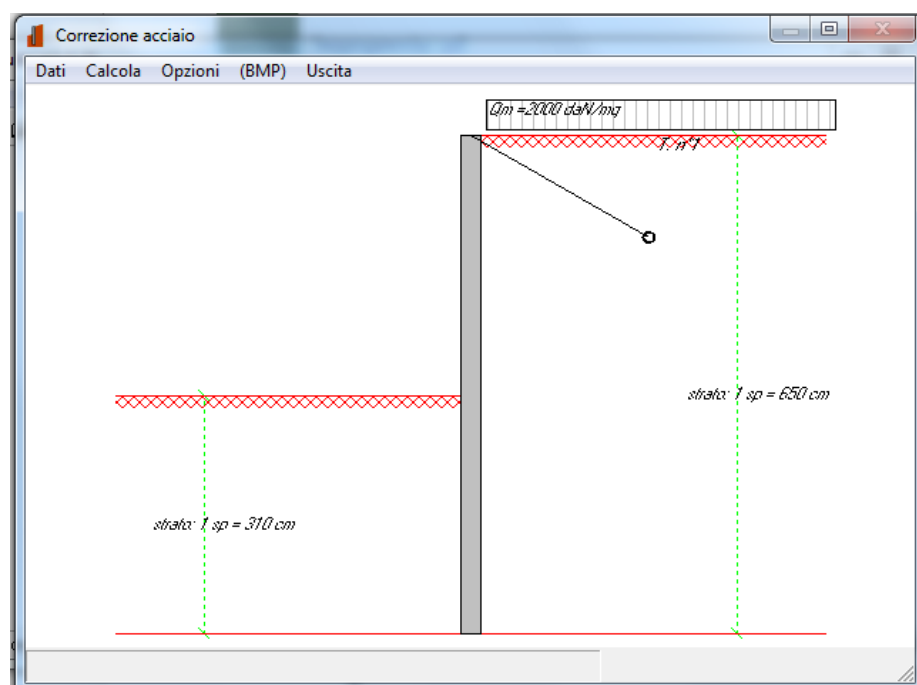
6.5.2 Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno

La verifica del muro in condizioni di magra prevede l'azione spingente del terrapieno e del sovraccarico stradale.

Verifica di equilibrio dell'opera

Schema statico: paratia.

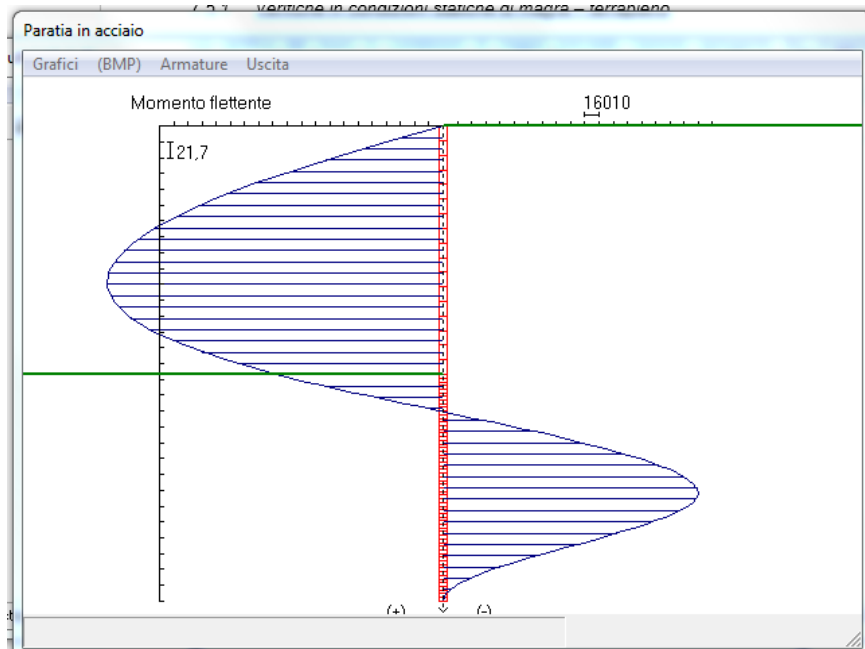
- 6) Paratia L = 6,50 m $\rightarrow FS (Rib) = 1.6 > 1 \rightarrow$ **OK**



Verifica strutturale micropali

Schema statico: paratia.

7) Paratia L = 6,50 m $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 30,07 / 15,5 = 1.9 > 1 \rightarrow$ **OK**



Verifica C.A. S.L.U. - File: Micropali2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 - ?

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 10 [cm]
Raggio interno: 0 [cm]
N° barre uguali: 53
Diametro barre: 0.8 [cm]
Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipologia Sezione

☐ Rettang. 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

Tipologia rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Tipologia flessione

☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

Materiali

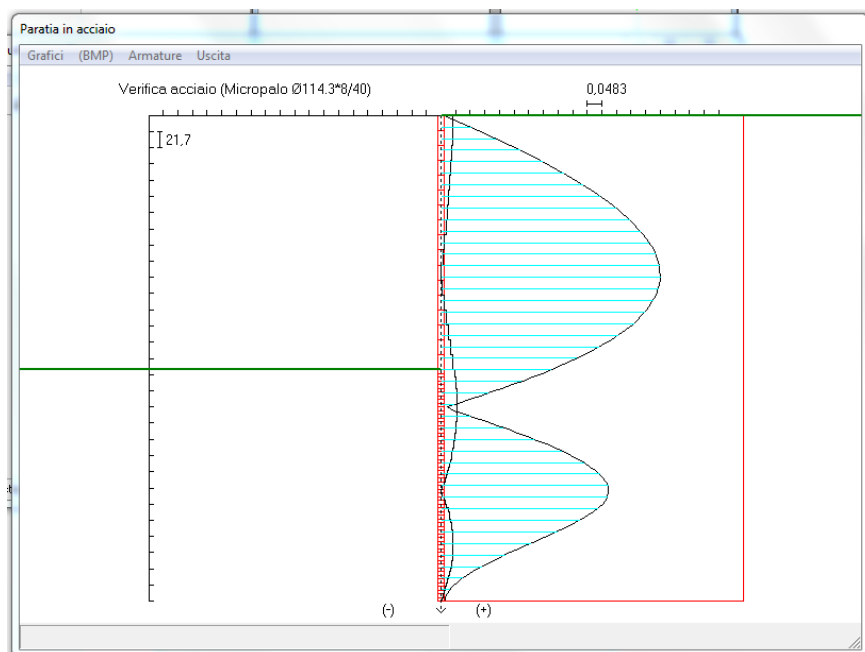
S355 H C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 308.7 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 14.17 N/mm²
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.544 ‰ σ_{c,adm}: 9.75 N/mm²
σ_{s,adm}: 0 N/mm² τ_{co}: 0.6 N/mm²
τ_{cl}: 1.829 N/mm²

M_{xRd}: 30.07 kN m

σ_c: -14.17 N/mm²
σ_s: 308.7 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 2.424 ‰
d: 14.99 cm
x: 8.857 x/d: 0.5908
δ: 1

☐ Precompresso



6.5.3 Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra)

La verifica del muro in condizioni sismiche di magra prevede l'azione spingente del terrapieno.

Gli effetti dell'azione sismica sulla paratia vengono considerati mediante il coefficiente sismico orizzontale così determinato:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

dove a_{\max} è l'accelerazione massima attesa al sito e g rappresenta l'accelerazione di gravità.

L'accelerazione massima viene valutata in base alla seguente espressione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica e dell'amplificazione topografica, mentre a_g rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

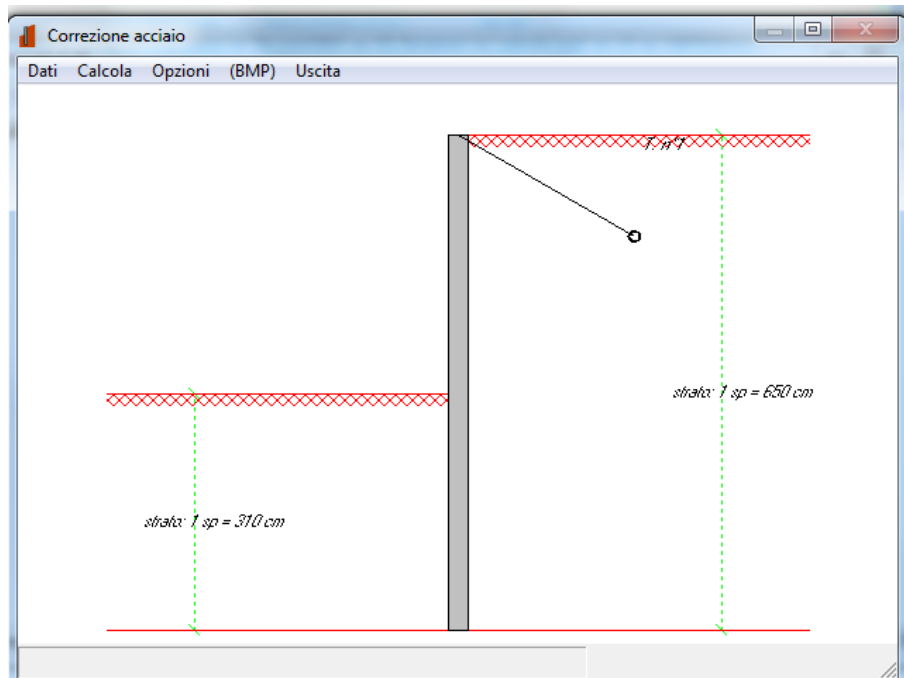
$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera.

$\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza.

Verifica di equilibrio dell'opera

Schema statico: paratia.

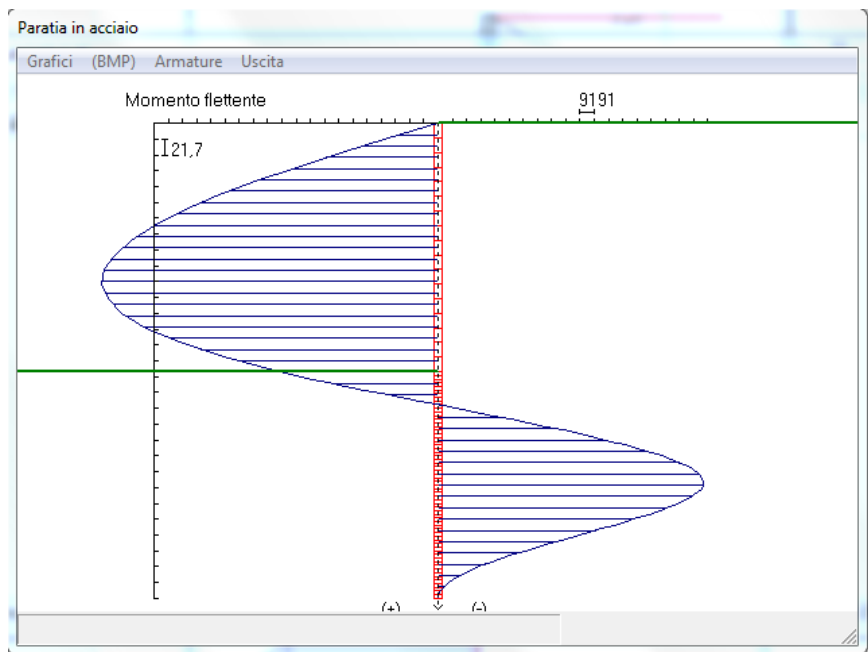
8) Paratia L = 6,50 m $\rightarrow FS (Rib) = 2.5 > 1 \rightarrow$ **OK**



Verifica strutturale micropali

Schema statico: paratia.

9) Paratia L = 6,50 m $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 30,07 / 9 = 3.3 > 1 \rightarrow$ **OK**



Verifica C.A. S.L.U. - File: Micropalpi2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

Sezione circolare cava

Raggio esterno [cm]

Raggio interno [cm]

N° barre uguali

Diametro barre [cm]

Copriferro (baric.) [cm]

N° barre Zoom

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M xPd kN m

Materiali

S355 H C25/30

E_{su} ‰ E_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² E_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd}

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

E_{syd} ‰ σ_{c,adm}

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}

τ_{c1}

Tipo Sezione

☐ Rettang.re ☐ Trapezi

☐ a T ☒ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -

☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

☐ Precompresso

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

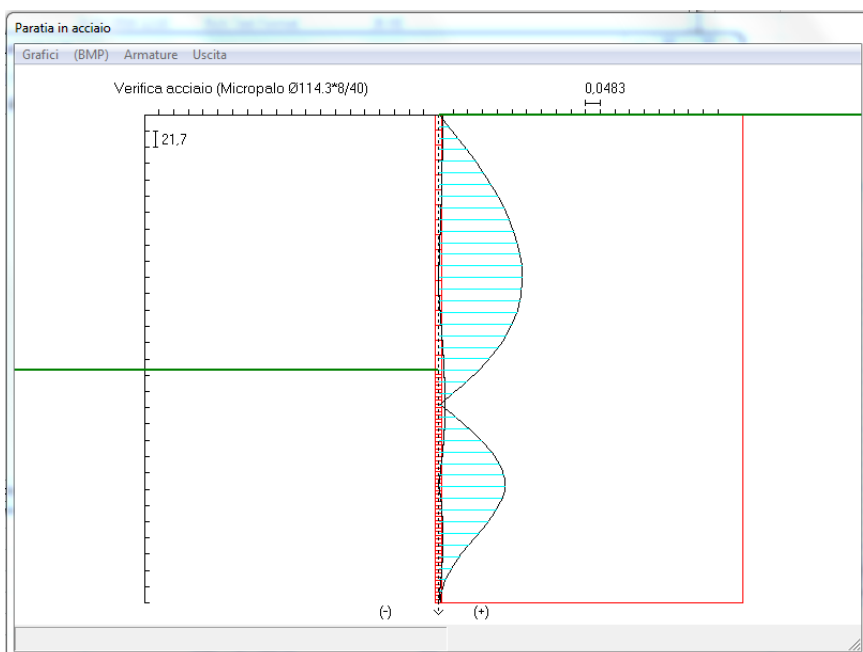
E_c ‰

E_s ‰

d cm

x x/d

δ



6.6 Riepilogo

6.6.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → Conforme. Rilevate le conformità delle caratteristiche dei micropali ma non la lunghezza totale.

Armature → Conformi.

Condizione di carico più gravosa → Condizioni statiche di magra.

Verifiche → $FS > 1$ per le verifiche di equilibrio e di portanza della paratia di micropali.

6.6.2 Criticità

- 1) Ripristini diffusi presenti sul cordolo sommitale della paratia.
- 2) Lunghezza dei micropali della paratia non indagata: Ai fini delle verifiche è stata assunta la lunghezza di progetto.

6.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

Si prevede la possibilità di verificare con indagini in sito approfondite la lunghezza dei micropali.

6.7 Interventi

Sull'opera in oggetto non si prevede nessun tipo di intervento strutturale, poiché la geometria rilevata in sito, relativamente al punto di indagine analizzato, conferma le caratteristiche progettuali e tipologiche dell'opera. Non è stata indagata la profondità dei micropali della paratia per motivi legati all'accessibilità. In mancanza di tali informazioni sono state assunte le caratteristiche progettuali; laddove, in seguito a saggi approfonditi, si riscontrassero difformità, sarà necessario riverificare la struttura nella configurazione rilevata prevedendo opportuni interventi di rinforzo se necessari.