

RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA - TRATTO 09 -

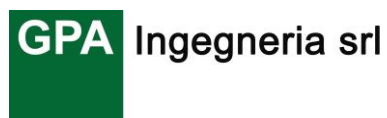
Progetto: Studio di Fattibilità
Commessa: C15003
Cliente: REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Oggetto: Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.
N. Elaborato: 02.RG.04.09

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 09	4
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali	4
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione	5
3.3	Osservazioni Preliminari	6
4	Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali	8
4.1	Quadro normativo di riferimento	8
4.2	Condizioni di carico	9
4.3	Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali	9
4.4	Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 64 – sez.58)	10
4.4.1	Caratteristiche dei materiali	12
4.4.2	Verifiche del muro a gravità	12
4.5	Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 65 – sez.59)	14
4.5.1	Caratteristiche dei materiali	14
4.5.2	Ferri di armatura	15
4.5.3	Verifiche del muro a gravità	15
4.6	Verifica Muro in pietra destra idraulica (rif. scheda 66 – sez.59A).....	16
4.6.1	Caratteristiche dei materiali	16
4.6.2	Verifiche del muro in pietrame.....	18
4.7	Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 67 – sez.60).....	19
4.7.1	Caratteristiche dei materiali	21
4.7.2	Ferri di armatura	21
4.7.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	21
4.8	Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 67 – sez.60)	23
4.8.1	Caratteristiche dei materiali	23
4.8.2	Verifiche del muro a gravità	24
4.9	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 68 – sez.60)	25
4.9.1	Caratteristiche dei materiali	25
4.9.2	Verifiche del muro a gravità	26

5	Conclusioni.....	27
6	All. A - Verifica Muro in c.a. prefabbricato sinistra idraulica (rif. scheda 63 – sez.58) 31	
6.1	Dati generali.....	31
6.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera.....	31
6.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 613/2009.....	33
6.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito.....	37
6.4.1	Geometria.....	38
6.4.2	Caratteristiche dei materiali.....	39
6.4.3	Ferri di armatura.....	39
6.5	Verifiche del muro arginale.....	40
6.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena.....	40
6.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno.....	41
6.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra).....	43
6.6	Riepilogo.....	45
6.6.1	Conformità.....	45
6.6.2	Criticità.....	45
6.7	Interventi.....	46
6.8	Stima degli interventi.....	46

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 09.

3 Quadro Conoscitivo Tratto 09

TRATTO = 09

LOCALIZZAZIONE = dal Ponte di via Piave al Ponte di via G. Marconi

LUNGHEZZA TRATTO = 643 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 09. L’elenco delle tipologie spondali viene fatto a partire da valle fino ad arrivare a monte del tratto in questione.

Destra Idraulica

- Muro d’argine in cls con sopralzo in gabbioni di marmo;
- Crollo del muro realizzato con sopralzo in gabbioni realizzati con materiale sciolto;
- Muro d’argine in cls + scogliera cementata a protezione della base del muro;
- Muro in pietra;
- Muro d’argine in c.a. in sopralzo di muro d’argine esistente a gravità + scogliera cementata a protezione della base del muro;
- Muro d’argine in c.a. con tiranti + berlinese di micropali + scogliera cementata a protezione della base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 170/2013);
- Muro a gravità esistente;
- Nuovo Muro d’argine in c.a. rivestito in pietra.

Sinistra Idraulica

- Muro d'argine in c.a. prefabbricato (Riferimento Pratica Sismica N. 613/2009);
- Muro a gravità in cls esistente;
- Muro d'argine a gravità in cls con sopralzo in gabbioni di marmo;
- Scogliera + Roccia affiorante;
- "Fabbricato Argine".

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 09.

PRATICHE SISIMICHE**N. 613/2009 con 2 integrazioni**

Sistemazione alveo Torrente Carrione attraverso sostituzione e/o consolidamento delle opere spondali.

- Tratto adiacente al Ponte di via Piave - sinistra idraulica: Realizzazione di muri d'argine di tipo prefabbricato costituiti da 4 tipologie di sostegno diverse: Muro tipo "A", "B", "C", "D" e ancorati a fondazioni gettate in opera di sezione 2.50x0.60 m poste su due file di micropali.
- Destra idraulica (posizione frontale a quella sopra definita), l'argine costituito da un muro di altezza circa 2 m in cls è stato rialzato mediante doppia fila di gabbie metalliche a scatola con riempimento in pietrame per una lunghezza di circa 70 m.
- Sinistra idraulica in posizione antistante la confluenza del fosso di Valenza: scogliera di larghezza 1.75 m; h = 2 ; lunghezza = 49 m saturata con un getto di cls. Proseguendo verso monte: sopralzo del muro esistente con un cordolo a cui è ancorato il parapetto in c.a. di sezione 0.40x1.00 m.
- Destra idraulica, a monte della confluenza del fosso di Valenza: rialzo del muro esistente in cls con un muro in c.a. di spessore 35 cm.
- Più a valle sempre sulla destra idraulica: realizzazione di sottofondazione in c.a. a rinforzo di un muro in pietrame esistente.
- Destra idraulica, a monte della confluenza del canale del Bertino: la prima parte del muro è stata ripristinata e la seconda rialzata attraverso un cordolo in c.a. di base 30 cm e altezza 50 cm per una lunghezza di circa 100m.

N. 170/2013 con integrazione

Progetto di ricostruzione di muro d'argine in c.a. situato in destra idraulica del Torrente Carrione in corrispondenza della confluenza col Canale Valenza. L'intervento prevede la realizzazione di un muro d'argine in c.a. stabilizzato da tiranti passivi e fondato su una berlinese di micropali. Al piede del muro viene realizzata una scogliera cementata per ridurre il rischio di erosione.

Hmuro = 6.40 m dalla quota dell'alveo;

B (Sez. base) = 1.20 m rastremata in altezza sino a 0.50 m;

Fondazione: sp.=1 m; base = 3 m.

In pianta si sviluppa ad L lungo la destra idraulica idraulica del Torrente Carrione in corrispondenza della confluenza col Canale Valenza per una lunghezza di circa 20 m.

Pratica Sismica	Descrizione	Committente	FL	Collaudo	N.Omologazione
P.S. 613/2009 con 2 integrazioni	Sistemazione alveo T. Carrione nel tratto tra il Ponte di Via Piave e il Ponte di Via Marconi (Lotto XII da sez.57 a sez.63)	Provincia MS	14/09/11	28/02/11	Omol.31 Muro in dx c/o c. Valenza
P.S. 170/2013 con integrazione	Progetto di ricostruzione di muro d'argine in c.a. situato in destra idraulica del T. Carrione	Provincia MS	10/10/13	21/10/13	Omol.31 Muro in dx c/o c. Valenza

3.3 Osservazioni PreliminariDestra Idraulica

- Muro d'argine in cls con sopralzo in gabbioni di marmo.

Il tratto dove è presente il rialzo con gabbionate riempite da scaglie di marmo posizionate su muri esistenti in cls, e terra soprastante, sono ritenuti ad alta criticità e necessitano di interventi di sostituzione.

- Crollo del muro realizzato con sopralzo in gabbioni realizzati con materiale sciolto.

Il crollo ha interessato il muro esistente con conseguente ribaltamento dei gabbioni soprastanti e franamento del piazzale della segheria adiacente.

Criticità: Il tratto dove è presente il rialzo con gabbionate riempite da scaglie di marmo posizionate su muri esistenti in cls, e terra soprastante, sono ritenuti ad alta criticità e necessitano di interventi di sostituzione.

- Muro d'argine in cls + scogliera cementata a protezione della base del muro.

Criticità: Il tratto di argine in oggetto confina con il muro di un fabbricato che presenta una grossa lesione verticale ed è in forti condizioni di instabilità. Si suggerisce un immediato intervento di consolidamento. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 6** - Zona: via Carriona 230 - Tipo

Intervento: Realizzazione scogliera piazzale segheria franato e realizzazione sottofondazione muro scalzato in destra. - Ente: Provincia MS.

- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente a gravità + scogliera cementata a protezione della base del muro.
- Muro d'argine in c.a. con tiranti + berlinese di micropali + scogliera cementata a protezione della base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 170/2013).

Realizzazione di un muro d'argine in c.a. stabilizzato da tiranti passivi e fondato su una berlinese di micropali. Al piede del muro viene realizzata una scogliera cementata per ridurre il rischio di erosione (P.S. N.170/2013). L'opera realizzata appare, in prima istanza, in linea con il progetto depositato.

- Muro a gravità esistente.
- Nuovo Muro d'argine in c.a. rivestito in pietra.

Criticità: Il muro d'argine in oggetto coincide con il muro di recinzione di un edificio residenziale privato.

Sinistra Idraulica

- Muro d'argine in c.a. prefabbricato (Riferimento Pratica Sismica N. 613/2009).

Realizzazione di muri d'argine di tipo prefabbricato ancorati a fondazioni gettate in opera di sezione 2.50x0.60 m poste su due file di micropali. P.S. N. 613/2009.

Criticità: Presenza di giunti aperti tra i muri prefabbricati che lasciano una via di uscita per l'acqua in caso di piena.

- Muro a gravità in cls esistente.

Criticità: per erosione sponale a valle della confluenza col fosso Valenza, in sinistra idraulica, con conseguente pericolo per la stabilità del muro di sponda a gravità in calcestruzzo.

Realizzazione di scogliera a protezione erosione. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 7** - Zona: Ponte Cimato confluenza Canale Valenza - Tipo Intervento: Protezione argine in sx in erosione (scogliera). - Ente: Provincia MS.

- Muro d'argine a gravità in cls con sopralzo in gabbioni di marmo.

Criticità: Presenza di fabbricato industriale poggiato direttamente sul muro di sponda realizzato con sopralzo in gabbioni di marmo. L'opera è da valutarsi non idonea per problemi di possibili instabilità.

- Scogliera + Roccia affiorante.

Realizzazione di scogliera a protezione dell'erosione dell'argine esistente in pietrame, massi e roccia affiorante.

- "Fabbricato Argine".

Criticità: Particolare attenzione va prestata ai muri dei fabbricati che hanno anche funzione di argine: possibili problemi possono essere riscontrati in termini di stabilità, resistenza, infiltrazione e tenuta alle portate del torrente.

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 09.

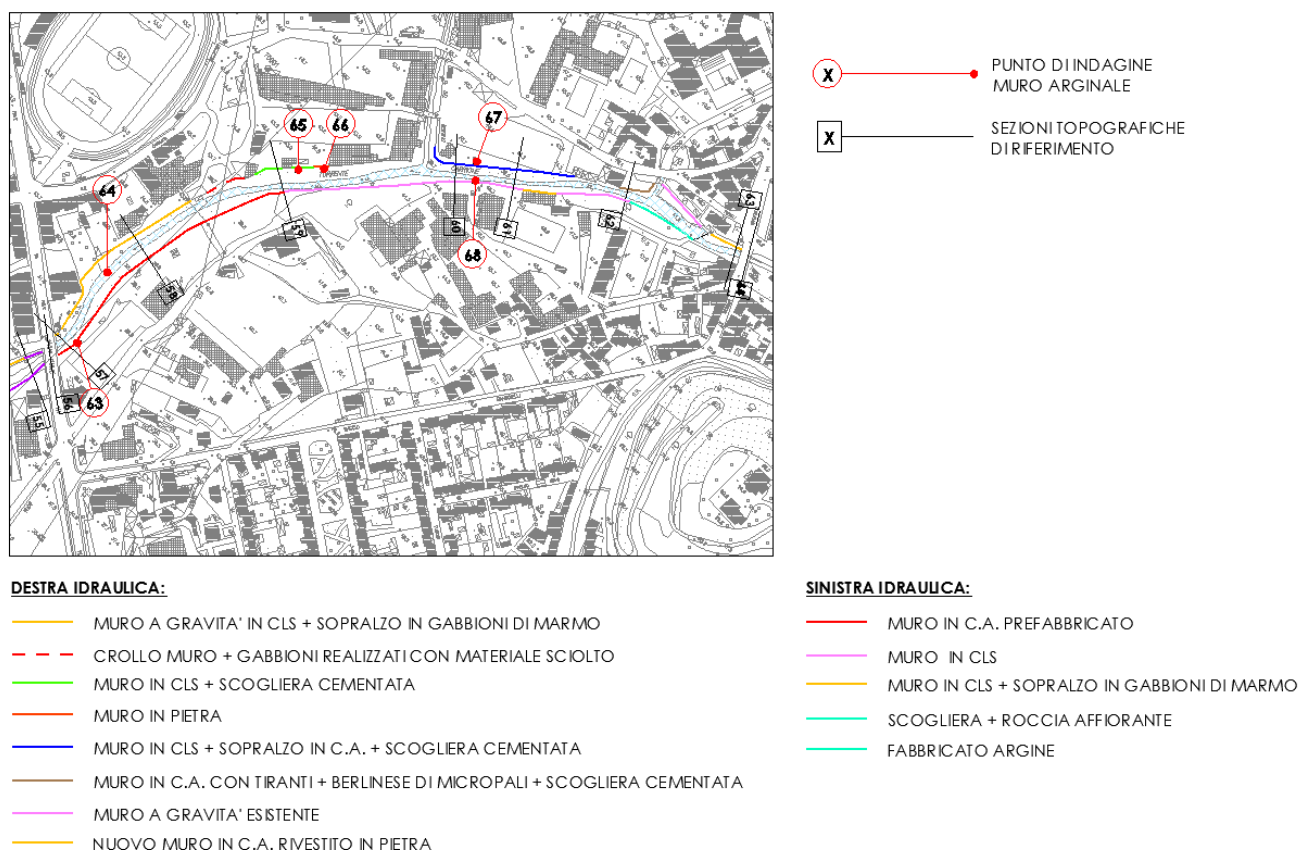


Fig. 1 – Inquadramento tratto 09

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

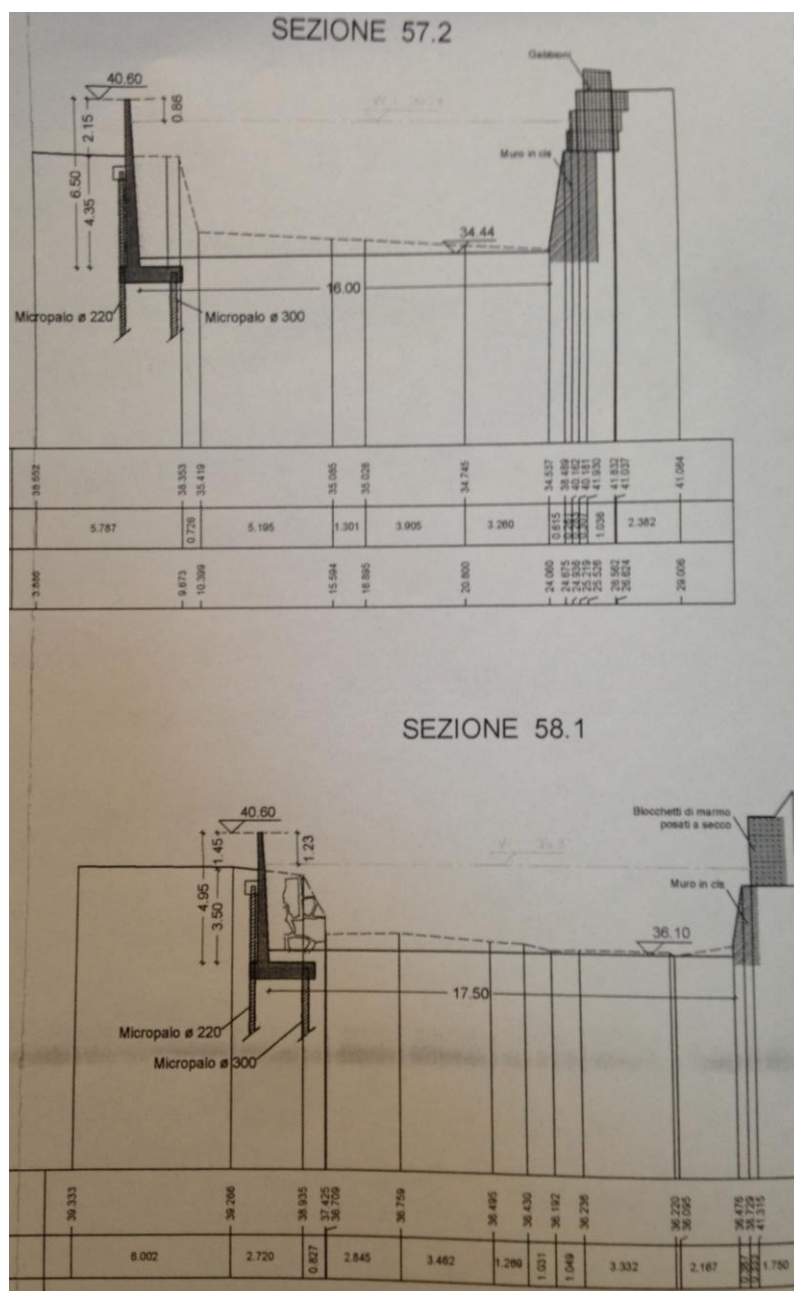
4.2 Condizioni di carico

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).



4.4.1 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 di buone caratteristiche (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito allegate a questo documento).

RESISTENZA MEDIA [N/mm²]	
fcm	17,39

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	14,49

4.4.2 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)	1,28
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	1,51
Qw - Spinta H2O	170,80
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	103,83
Ws - Peso proprio sopralzo in gabbioni	40,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	236,53
Spinta passiva del terreno strada (M2)	200,49

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	499,61
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	361,39
	FS [-]	0,72 < 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]	21,33	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	58,22	
	FS [-]	2,73 > 1	OK



L'opera in oggetto è stata interessata dal crollo del muro realizzato con sopralzo in gabbioni di materiale sciolto e gabbioni di marmo durante gli eventi alluvionali di novembre 2014.

Il crollo ha interessato il muro esistente con conseguente ribaltamento dei gabbioni soprastanti e franamento del piazzale della segheria adiacente.

Criticità: Il tratto dove è presente il rialzo con gabbionate riempite da scaglie di marmo posizionate su muri esistenti in cls, e terra soprastante, sono ritenuti ad alta criticità e necessitano di interventi di sostituzione.

4.5 Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 65 – sez.59)

Muro d'argine in cls + scogliera cementata a protezione della base del muro.

Dalle indagini in sito, il muro, inizialmente ipotizzato in c.a., è risultato un muro in cls non armato.

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso non è stata indagata.

Per una verifica preliminare si considera lo spessore del muro ricavabile dalla sezione 59 del rilievo topografico e misurato pari a 30 cm.

Le altre misure mancanti vengono estrapolate dal rilievo topografico:

- altezza terreno a tergo del muro = altezza muro – 90 cm;
- angolo di inclinazione della parete del muro = 2°.

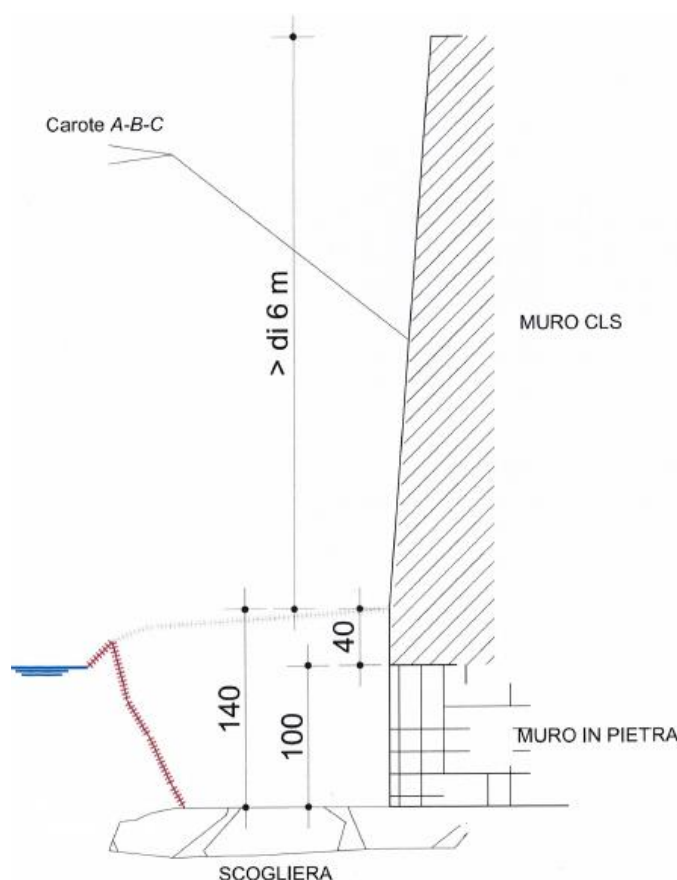


Fig. 4 – Sezione tipologica strutturale

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 di scarsa qualità (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	6,60

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc _m /FC =	5,50

4.5.2 Ferri di armatura

Non sono state individuate armature a seguito di scansione pacometrica.

4.5.3 Verifiche del muro a gravità

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

	γ=1.0
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	3,31
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	3,90
Q _w - Spinta H ₂ O	274,07
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	71,93
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	426,26
Spinta passiva del terreno strada (M2)	361,32

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	1016,57	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	718,36	
	FS [-]	0,71 < 1	NO

Criticità: Il tratto di argine in oggetto confina con il muro di un fabbricato che presenta una grossa lesione verticale ed è in forti condizioni di instabilità. Si suggerisce un immediato intervento di consolidamento. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 6** - Zona: via Carriona 230 - Tipo Intervento: Realizzazione scogliera piazzale segheria franato e realizzazione sottofondazione muro scalzato in destra. - Ente: Provincia MS.

4.6 Verifica Muro in pietra destra idraulica (rif. scheda 66 – sez.59A)

Si tratta di un muro in pietra alternato a cordoli in cls.

E' la struttura direttamente confinante con il muro in cls relativo alla scheda 65. Dunque anche se l'altezza totale non è stata rilevata dalle indagini in sito, si ipotizza che sia la stessa del muro in cls ad esso confinante.

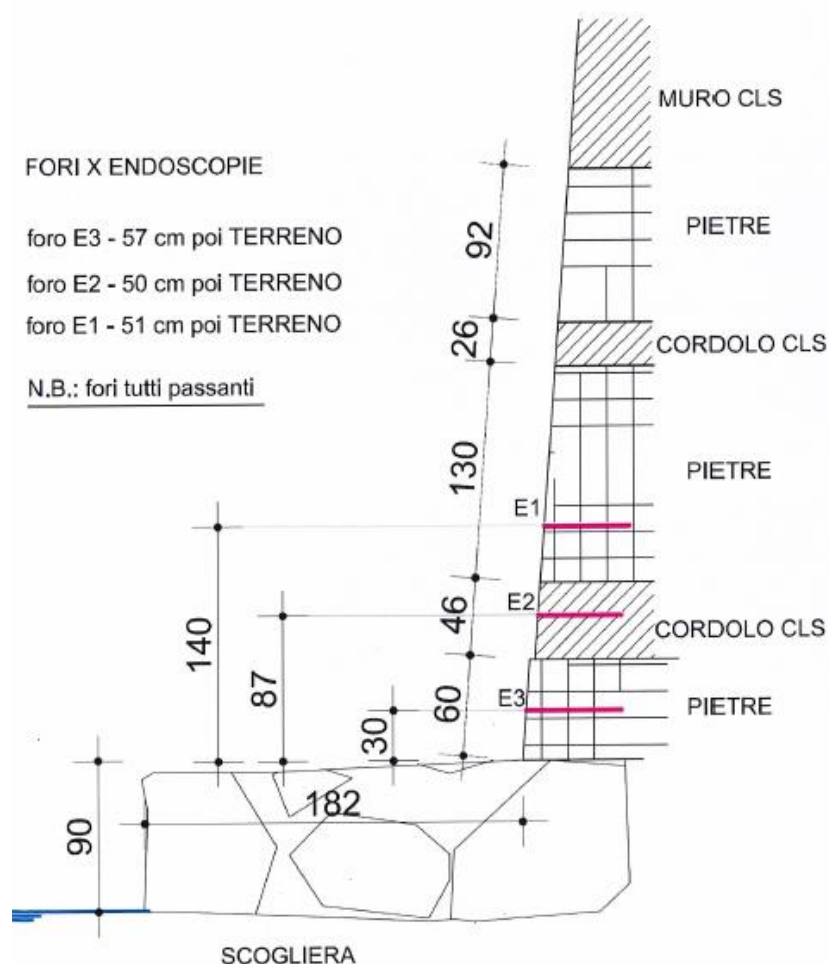


Fig. 5 – Sezione tipologica strutturale

4.6.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove pnt-g sulla malta + endoscopie), la malta non è stata rilevata e la tipologia di muratura in oggetto può essere classificata come "Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)". Pertanto le caratteristiche del materiale costituente il muro in oggetto risultano scadenti.

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte; f_m = resistenza media a compressione della muratura, τ_0 = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	f_m (N/cm ²)	τ_0 (N/cm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

ENDOSCOPIE	E1		E2		E3	
Profondità [cm]	0-51	> 51	0-50	> 50	0-57	> 57
Materiale	muro pietra	terreno	calcestruzzo	terreno	muro pietra	terreno

4.6.2 Verifiche del muro in pietrame

Per le verifiche del muro in pietrame si ottengono i seguenti risultati.

Dal rilievo della geometria del muro, si osserva che lo spessore della pietra è circa 50 cm alla base dello stesso. In testa, data l'inclinazione del paramento, lo spessore sarà inferiore.

Poichè l'altezza totale del muro non è stata rilevata dalle indagini in sito, si ipotizza che sia la stessa del muro in cls ad esso confinante (scheda 65 – rif. sezione topografica 59).

Di seguito i risultati ottenuti.

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	3,31
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	3,90
Qw - Spinta H2O	274,07
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	56,95
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	426,26
Spinta passiva del terreno strada (M2)	361,32

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	1016,57	NO
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	715,57	
	FS [-]	0,70 < 1	

Verifica a slittamento

Spinta passiva > Spinta idraulica → Possibili criticità in condizioni di magra per la spinta del terrapieno in condizioni statiche e sismiche. L'opera in oggetto però, con le caratteristiche e le proprietà del materiale rilevato, risulta non essere adeguata a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

4.7 Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 67 – sez.60)

Si tratta di un muro di sopralzo in c.a. su muro a gravità in cls esistente. L'opera fa parte della pratica sismica n. 613/2009 che prevede il rialzo di un muro d'argine esistente in cls attraverso l'esecuzione di un cordolo in c.a. di base 30 cm e altezza 50 cm.

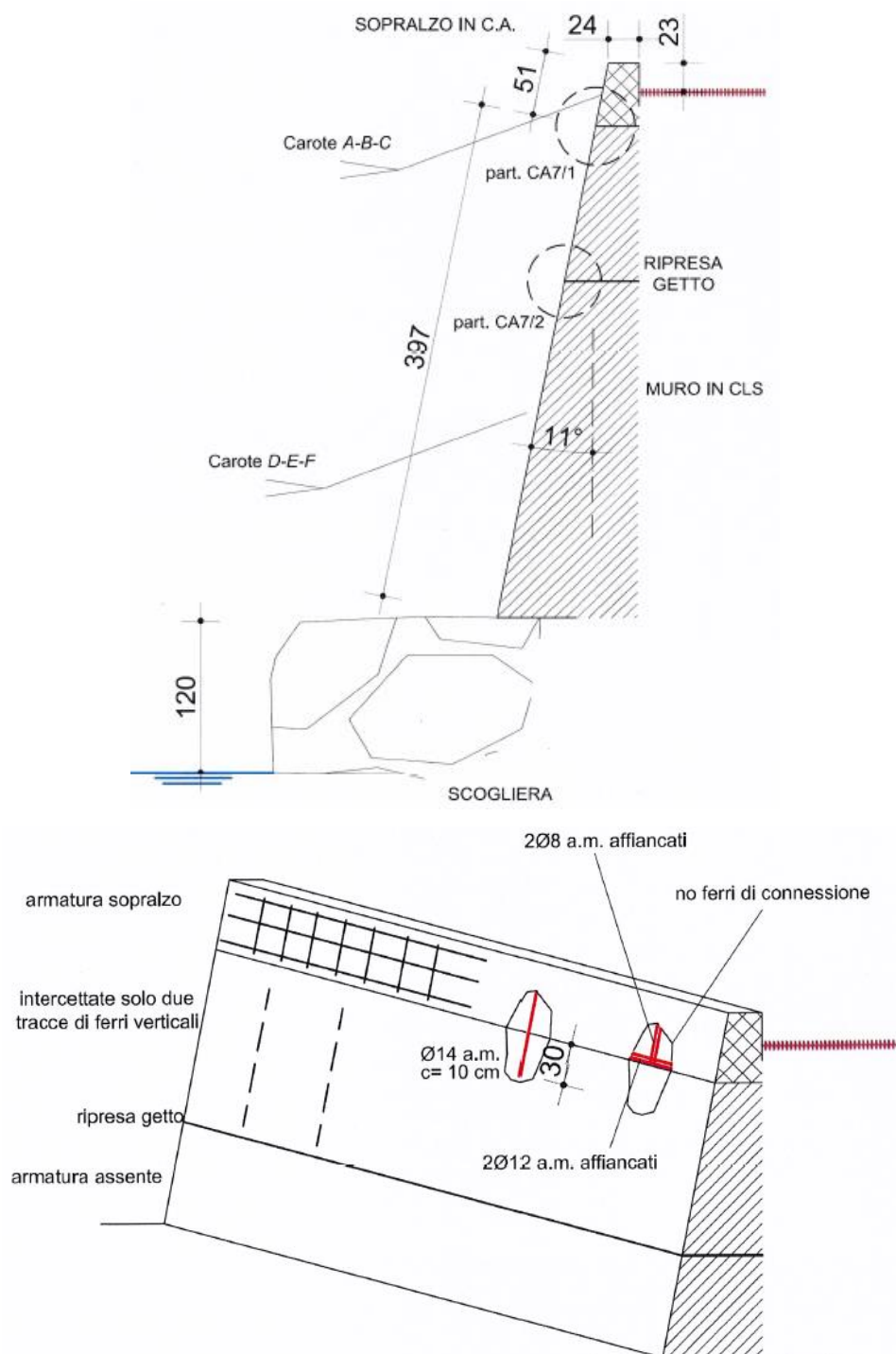


Fig. 6 – Sezione tipologica strutturale

Da progetto, il nuovo cordolo è stato ancorato con perforazioni, ferri e malta ad alto potere aggrappante alla testa del muro esistente ed ha una lunghezza di circa 100 m.

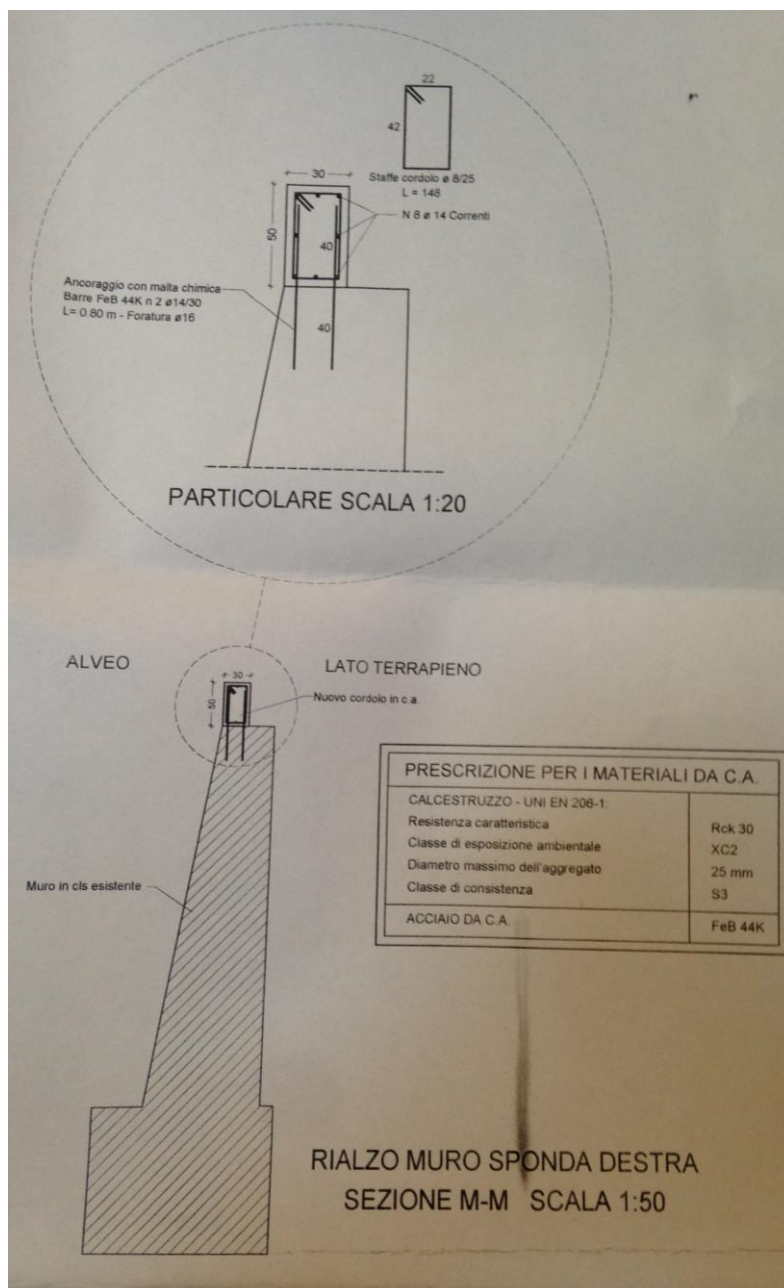


Fig. 7 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 613/2009

Il sopralzo in c.a. presenta, da rilievo, una larghezza inferiore rispetto a quella definita in progetto: 24 cm anziché 30 cm.

4.7.1 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 buone caratteristiche (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]	
f _{cm}	47,27

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	39,39

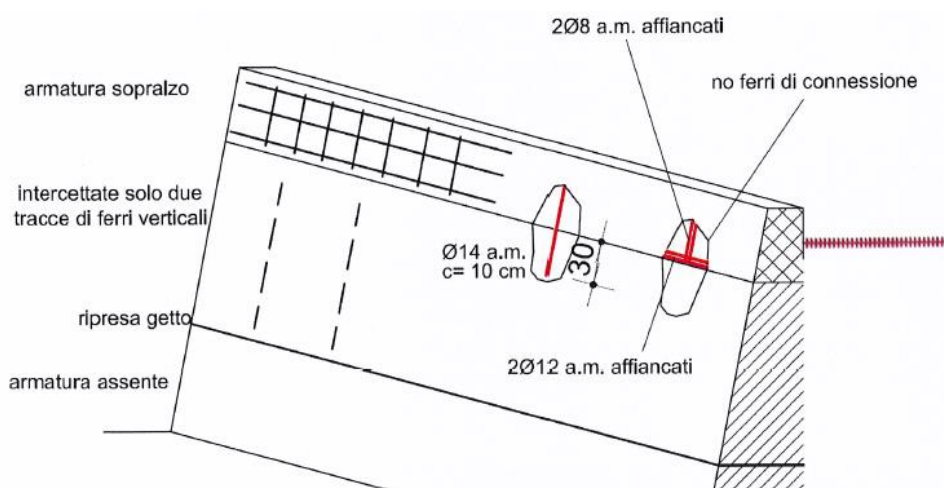
4.7.2 Ferri di armatura

La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica e da saggi in sito. Entrambi hanno dato le seguenti risultanze:

Armatura verticale rilevata: staffe Φ 8 passo 25 cm → OK concorde con armatura da progetto.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri Φ 12 passo 23 cm → No discorde con armatura da progetto: Φ 14.

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = Φ 14 passo 30 cm Lancoraggio > 30 cm → OK concorde con ferri di inghisaggio come da progetto che prevedono L ancoraggio = 80 cm.



4.7.3 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	1,25
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	3,00
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno a monte (M1)	0,73
Spinta passiva del terreno a monte (M2)	0,62

Momento ribaltante (STR): $M_{soll} = 0,31 \text{ kNm/m}$

Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 14$ passo 30 cm Lancoraggio = 80 cm.

$M_{soll} \text{ (SLU)} = 0,31 \text{ kNm}$

$M_{res} = 23,4 \text{ kN}$

$M_{res}/M_{soll} = 27,5 / 0,31 > > 1 \rightarrow \text{OK}$

$L \text{ ancoraggio} = 80 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$

4.8 Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 67 – sez.60)

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

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso non è stata indagata. Si considerano quindi le informazioni rilevate dalle indagini in sito unite alle informazioni ricavabili dalla sezione 60 del rilievo topografico.

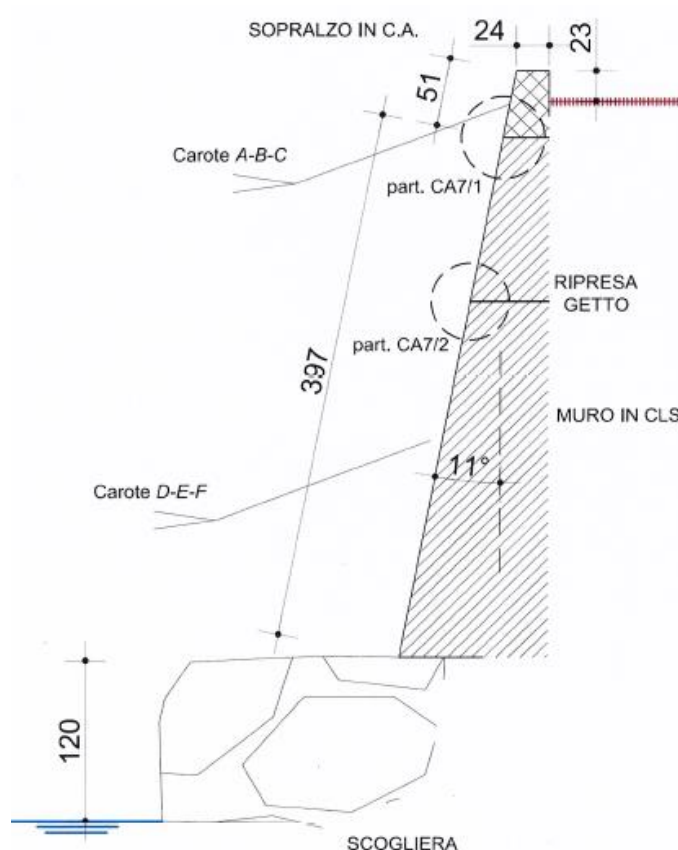


Fig. 8 – Sezione tipologica strutturale

4.8.1 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 di scarsa qualità (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]	
fcm	8,70

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	7,25

4.8.2 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)	2,43
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	2,87
Qw - Spinta H ₂ O	119,25
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	164,99
Ws - Peso proprio sopralzo	3,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	306,43
Spinta passiva del terreno strada (M2)	259,75

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	475,12
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	491,08
	FS [-]	1,03 > 1

OK

Verifica a slittamento

Spinta passiva > Spinta idraulica → Possibili criticità in condizioni di magra per la spinta del terrapieno in condizioni statiche e sismiche. Non essendo nota la profondità del muro, non ci sono informazioni sufficienti per valutare condizioni statiche e sismiche.

4.9 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 68 – sez.60)

Si tratta di un muro a gravità in cls esistente.

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso non è stata indagata. Si considera quindi le informazioni rilevate dalle indagini in sito unite alle informazioni ricavabili dalla sezione 60 del rilievo topografico.

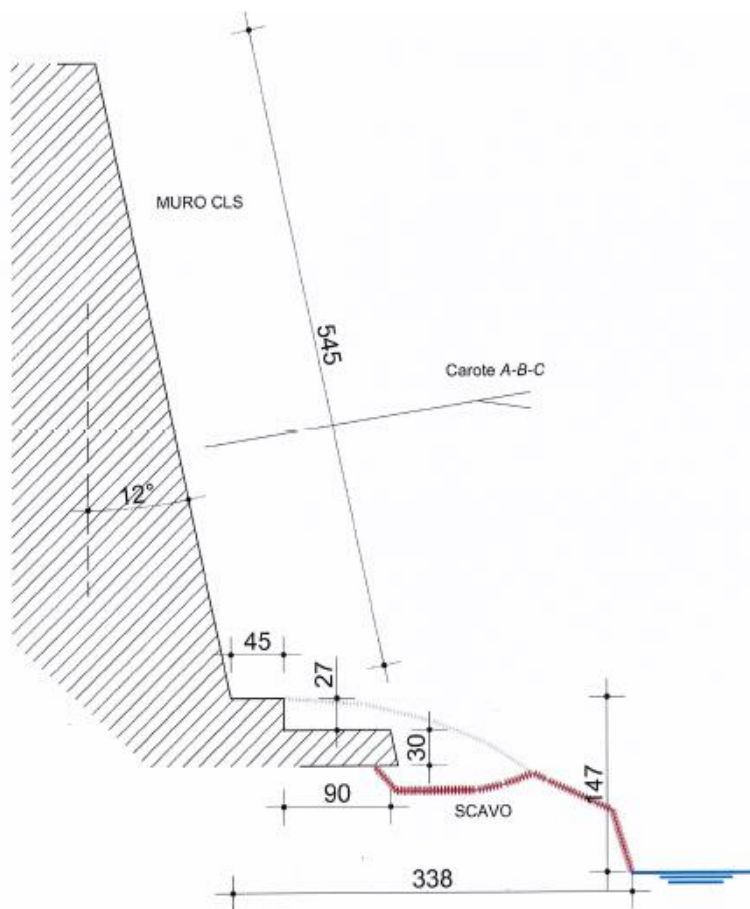


Fig. 9 – Sezione tipologica strutturale

4.9.1 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 di buone caratteristiche (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]	
fcm	15,65

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	13,04

4.9.2 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)	0,55
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	0,65
Qw - Spinta H ₂ O	174,1
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	140,44
Ws - Peso proprio sopralzo	3,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	195,18
Spinta passiva del terreno strada (M2)	165,45

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	195,18	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	165,45	
	FS [-]	0,60 < 1	NO

Verifica a slittamento

Spinta passiva > Spinta idraulica → Possibili criticità in condizioni di magra per la spinta del terrapieno in condizioni statiche e sismiche. Non essendo nota la profondità del muro, non ci sono informazioni sufficienti per valutare condizioni statiche e sismiche.

Criticità: per erosione spondale a valle della confluenza col fosso Valenza, in sinistra idraulica, con conseguente pericolo per la stabilità del muro di sponda a gravità in calcestruzzo. Realizzazione di scogliera a protezione erosione. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 7** - Zona: Ponte Cimato confluenza Canale Valenza - Tipo Intervento: Protezione argine in sx in erosione (scogliera). - Ente: Provincia MS.

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	MURO IN C.A. PREFABBRICATO Sx – Scheda 63	* MURO IN CLS CON SOPRALZO IN GABBIONI DI MARMO Dx – Scheda 64
Qualità Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Micropali		-
Verifica a Ribaltamento	Portanza del micropalo: $FS > 1$ 	$FS = 0,72 < 1$ 
Verifica a Slittamento	-	$FS = 2,73 > 1$ 
Verifica sezione in c.a.	-	-
Note	La geometria e le caratteristiche dell'opera sono conformi al progetto (Rif. P.S. N. 613/2009). Criticità: presenza di giunti aperti tra i muri prefabbricati.	Non conformità rispetto alle sezioni di progetto (Rif. P.S. N. 613/2009). Alta criticità delle opere arginali rialzate con gabbionate riempite da scaglie di marmo: la tenuta non è garantita per la massima piena.

* Il sopralzo in gabbioni è stato realizzato con lastre di marmo anziché con riempimento in pietrame come previsto nel progetto. Inoltre la funzione di tali gabbioni è “antierosione” e non di arginatura vera e propria dei livelli di piena. Tali elementi sono pertanto da ritenersi ad alta criticità e necessitano di interventi di sostituzione se l'altezza del massimo livello di piena raggiunge la quota a cui sono innestati poiché la tenuta non è garantita. L'opera in oggetto è stata interessata dal crollo del sopralzo in gabbioni di materiale sciolto e gabbioni di marmo durante gli eventi alluvionali di novembre 2014. Il crollo ha interessato il muro esistente con conseguente ribaltamento dei gabbioni soprastanti e franamento del piazzale della segheria adiacente.

VERIFICA	** MURO IN CLS Dx – Scheda 65	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 66	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 67
Qualità Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura	-	-	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,71 < 1 	FS = 0,70 < 1 	FS > > 1 
Verifica a Slittamento	-	-	-
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Note	La profondità del muro non è stata indagata. Criticità: a confine dell'argine, il muro di un fabbricato presenta una grossa lesione verticale.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. FS < 1 in condiz. sismiche 	La geometria (a meno della larghezza) e l'armatura rilevata in sito è conforme al progetto (Rif. P.S. N. 613/2009).

** Criticità: Il tratto di argine in oggetto confina con il muro di un fabbricato che presenta una grossa lesione verticale ed è in forti condizioni di instabilità. Si suggerisce un immediato intervento di consolidamento. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 6** - Zona: via Carriona 230 - Tipo Intervento: Realizzazione scogliera piazzale segheria franato e realizzazione sottofondazione muro scalzato in destra. - Ente: Provincia MS.

VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 67	*** MURO IN CLS Sx – Scheda 68
Qualità Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura	-	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,03 > 1 	FS = 0,60 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 0,89 < 1 	FS = 0,85 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-
Note	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate.	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate. Criticità: fenomeni di erosione in sinistra idraulica con pericolo di instabilità del muro a gravità.

*** Criticità: per erosione spondale a valle della confluenza col fosso Valenza, in sinistra idraulica, con conseguente pericolo per la stabilità del muro di sponda a gravità in calcestruzzo. Realizzazione di scogliera a protezione erosione. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 7** - Zona: Ponte Cimato confluenza Canale Valenza - Tipo Intervento: Protezione argine in sx in erosione (scogliera). - Ente: Provincia MS.

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende nuovi muri d'argine in c.a. e sopralzi in c.a. di muri d'argine in cls esistenti che fanno riferimento alla pratica sismica N. 613/2009. La geometria e le armature presenti risultano in generale conformi.

I muri prefabbricati in sinistra idrografica sono conformi allo stato di progetto e non presentano particolari criticità se non quella legata alla presenza di giunti aperti tra i vari elementi prefabbricati che lasciano una via di uscita per l'acqua in caso di piena.

I sopralzi in c.a. che risultano essere opportunamente collegati ai muri di base con ferri inghisati, presentano i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. La criticità si riscontra però nel muro di base. Infatti i muri di base a gravità (in pietra e in cls), relativamente alla profondità rilevata dalle indagini in sito, hanno coefficienti di sicurezza in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena, che non risultano conformi a quelli previsti dalla norma.

I vecchi muri in pietra e cls, con le proprietà del materiale rilevato e con le caratteristiche tipologiche proprie dei vecchi muri a gravità, risultano non essere adeguati a sopportare le azioni sismiche in accordo alle nuove norme tecniche sulle costruzioni NTC 2008.

Criticità diffuse si riscontrano sulle porzioni di muri esistenti in cls e muratura per problemi di instabilità e erosione.

Criticità specifiche sono legate alle difese spondali realizzate con il rialzo di gabbionate riempite da scaglie di marmo posizionate su muri esistenti in cls. Tali elementi sono ritenuti ad alta criticità e necessitano di interventi di sostituzione.

Interventi previsti:

- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rifacimento dei vecchi muri in cls e in pietra (compresi quelli sormontati da gabbioni di marmo) mediante paratia di micropali con o senza tiranti.*

Tali interventi dovranno essere caratterizzati da una fase propedeutica alla progettazione in cui occorre approfondire la geometria dei muri esistenti, mediante rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.

6 All. A - Verifica Muro in c.a. prefabbricato sinistra idraulica (rif. scheda 63 – sez.58)

6.1 Dati generali

Oggetto: Muro in c.a. prefabbricato ancorato a fondazioni gettate in opera poste su due file di micropali.

Anno di costruzione dell'opera: 2011

Localizzazione: Tratto 09 – sinistra idraulica (rif. sez. topografica n.58 – in prossimità del ponte di via Piave)

Lunghezza muro: ~ 250 m

Pratica sismica di riferimento: N. 613/2009: "Sistemazione alveo Torrente Carrione attraverso sostituzione e/o consolidamento delle opere spondali".

Collaudo Statico: Si → 07.03.2011.

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 sono presenti il piazzale e i fabbricati di una segheria.



Fig. 10 – Immagine dell'area scaricata da google map

Il terrapieno è adibito al deposito di grossi blocchi di marmo e al transito e sosta di mezzi pesanti.



Fig. 11 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

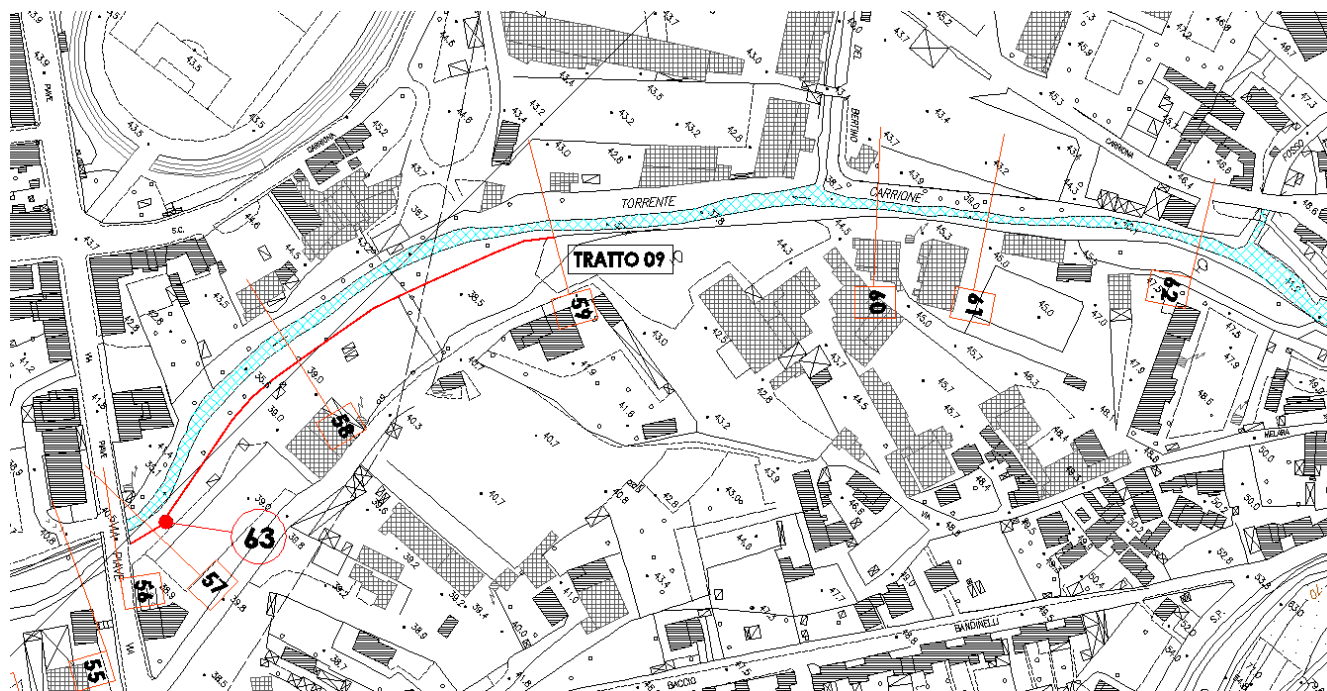


Fig. 12 – Inquadramento planimetrico – Tratto 09 – Sponda sinistra



Fig. 13 – Foto Muro (sx – retro; dx – fronte)

6.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 613/2009

La pratica sismica a cui fa riferimento il progetto dell'opera arginale in oggetto prevede un primo deposito in data 06 luglio 2009, un secondo deposito con integrazione n.1 in data 12 ottobre 2009 e infine un terzo deposito con integrazione n.2 in data 17 dicembre 2009.

La pratica sismica riporta:

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione Geologica
- 3) Relazione Tecnica Generale
- 4) Relazione materiali impiegati
- 5) Relazione sulle fondazioni
- 6) Relazione di calcolo
- 7) Fascicolo dei calcoli
- 8) Relazione di fine lavori e certificato di rispondenza con certificati delle prove a compressione su provini di cls, delle prove sulle barre ad aderenza migliorata, certificazioni fornite dalla Paver costruzioni s.p.a. di Piacenza (opere prefabbricate), certificati di collaudo in stabilimento tubi di acciaio micropali
- 9) Documento di collaudo.

La pratica sismica prevede nel tratto adiacente al ponte di via Piave, in cui è previsto l'allargamento della sezione di deflusso con arretramento della sponda sinistra, la realizzazione di una paratia di micropali provvisoria $\Phi 220$ ad interasse 70 cm con profondità di immissione variabile tra 6 e 9 m con armatura tubolare metallica Fe 510 $\Phi 139,7$ sp. 8 mm collegata in sommità da un cordolo in c.a. di sezione 0,50x0,50 m. In adiacenza alla paratia sono stati posati, in sostituzione di un muro d'argine progettato a mensola in c.a. ad altezza variabile gettato in opera come da progetto allegato al primo deposito all'Ufficio del genio Civile, degli elementi da muro di sostegno prefabbricati prodotti in serie in stabilimento costituiti da pannelli verticali in c.a. vibrato di classe Rck 40 Mpa provvisti dalla parte controterra di due costole di irrigidimento con sezione costante nel tratto superiore e sezione variabile in quello inferiore. La costolatura è posta a 1,25 m.

La posa degli elementi prefabbricati definiscono 4 tipologie di sostegno diverse: Muro tipo "A", "B", "C", "D" caratterizzate da altezze variabili (6,50 m – "A"; 5,90 m – "B"; 5,3 m – "C") e ancorati a fondazioni gettate in opera di sezione 2.50x0.60 m poste su due file di micropali costituite per il muro tipo "A", "B" e "C":

- Prima fila: micropali in acciaio Fe 510 $\Phi 220$ mm tubolare 139,7 sp. 8 mm posti verticalmente con passo 70 cm costituenti la berlinese eseguita per la prima fase di cantiere al fine di limitare l'area di sbancamento, con profondità di infissione (dalla fondazione) di 3,50 m;
- Seconda fila: micropali in acciaio Fe 510 $\Phi 300$ mm tubolare 219,1 sp. 8 mm con passo 1,50 m inclinati di 15° verso monte, con profondità di infissione 6 m per il muro tipo "A", 5,5 m per il muro tipo "B", 5 m per il muro tipo "C".

Per il muro tipo "D" la fondazione è stata posta su due file di micropali in acciaio Fe 510 $\Phi 300$ mm, tubolare 219,1 sp. 8 mm con passo longitudinale di 1,50 m e trasversale di 2,10 m.

La scheda n. 63 fa riferimento al punto di rilievo in corrispondenza del muro tipo "A".

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

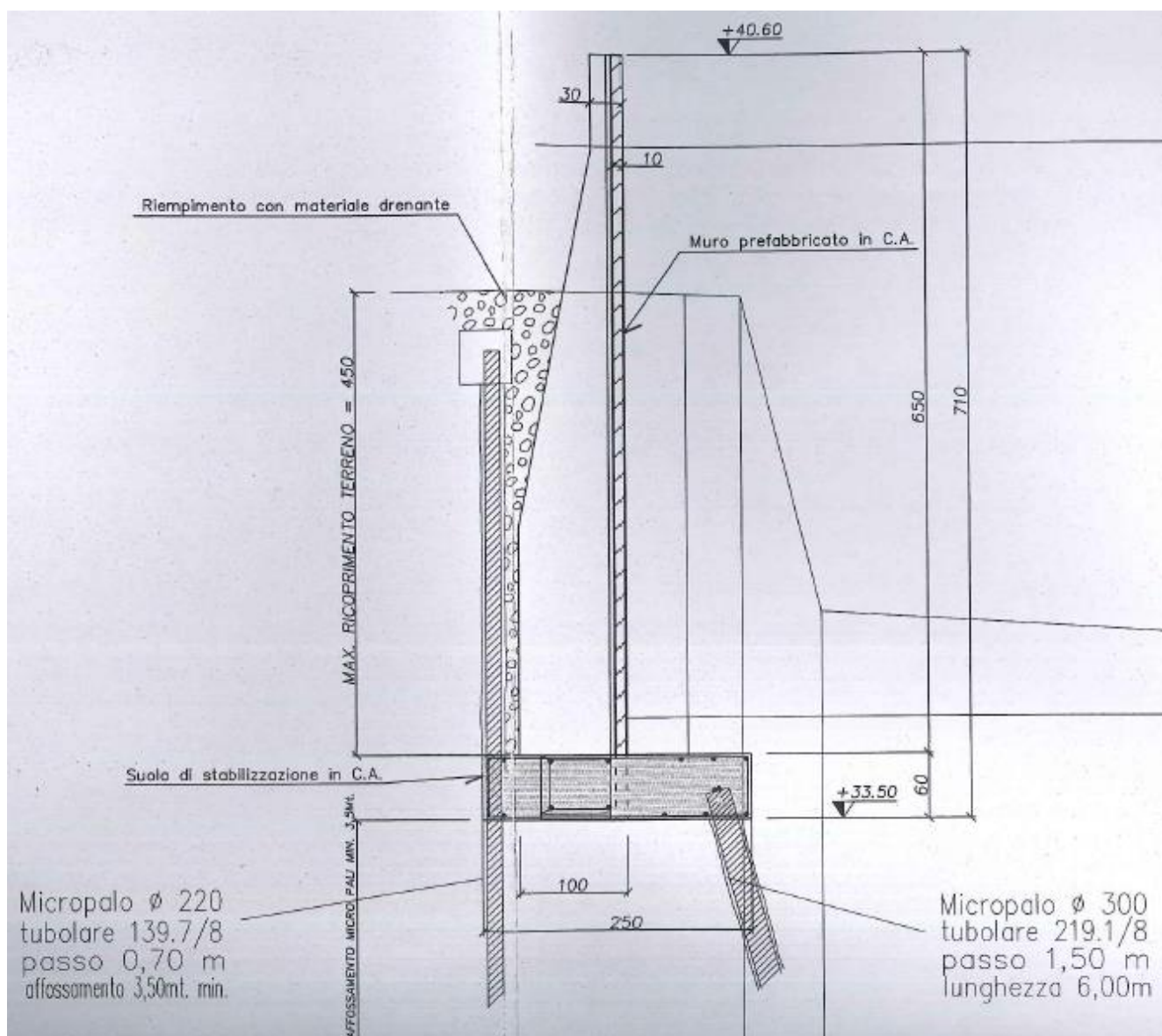


Fig. 14 – Sezione Muro tipo “A” - Estratto Pratica Sismica N. 613/2009

Data fine lavori: 27 gennaio 2011.

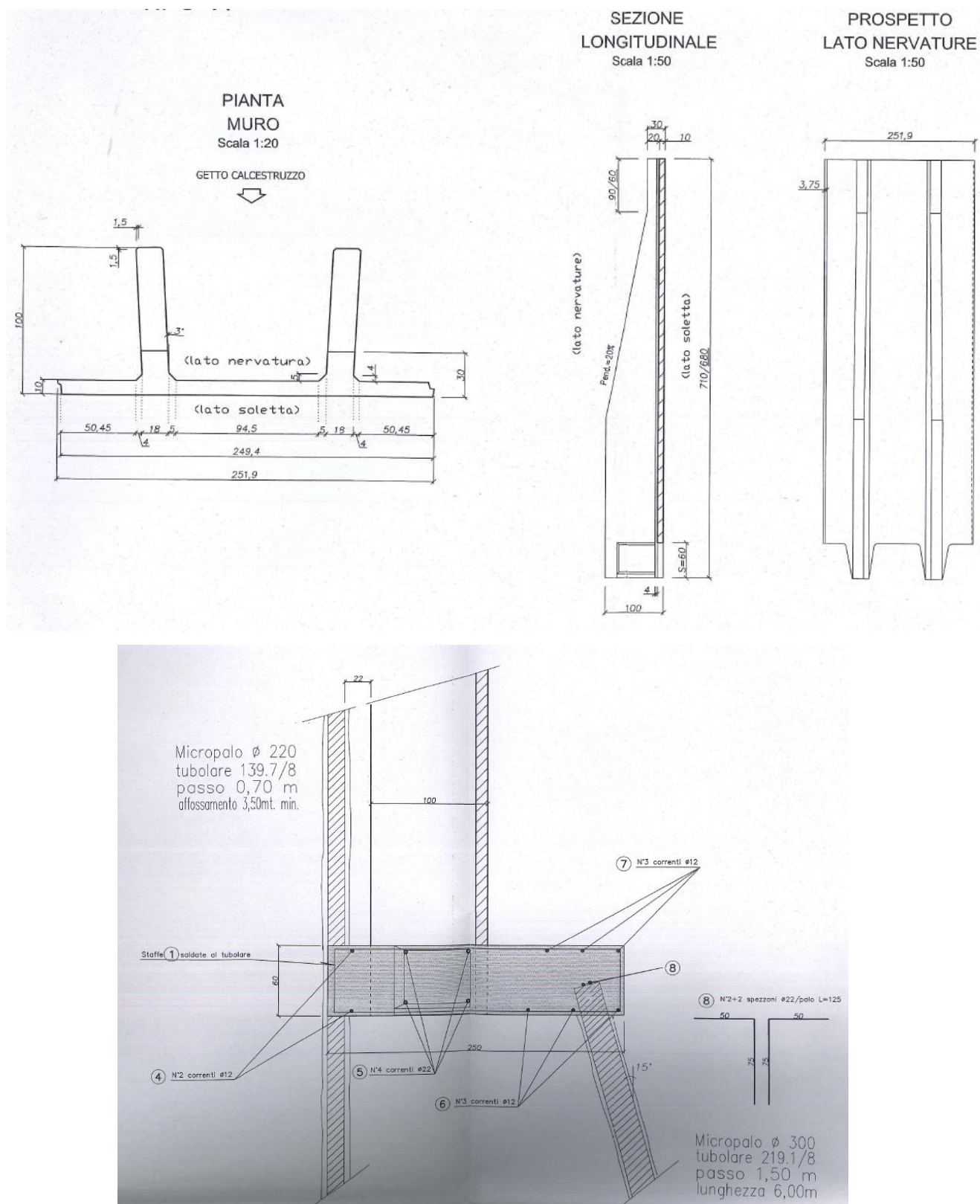


Fig. 15 – Dettagli Muro tipo “A” - Estratto Pratica Sismica N. 613/2009

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).

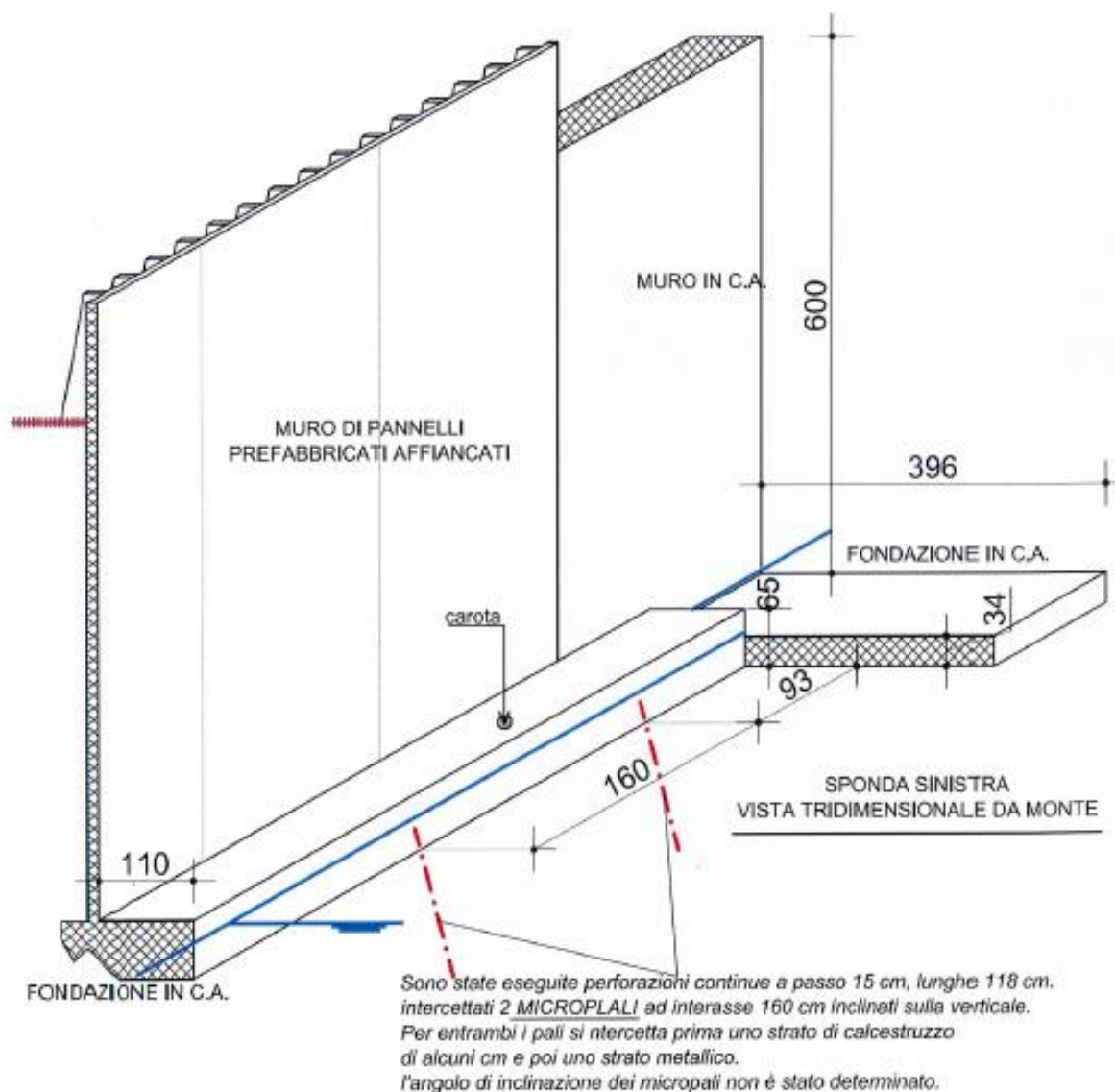


Fig. 16 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

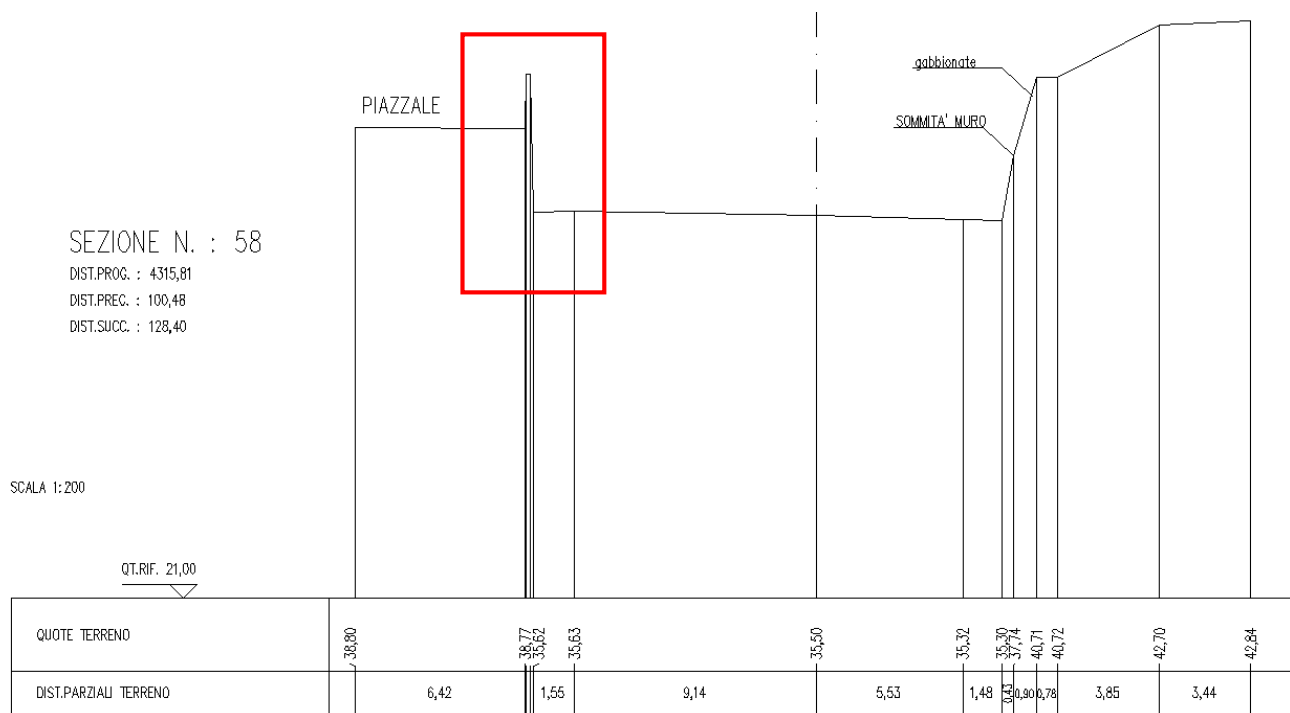


Fig. 17 – Sezione n.58 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale

6.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 58)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria del muro è conforme a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 613/2009) sia per la parte del paramento verticale, sia per la parte della ciabatta di fondazione (relativamente a quanto rilevato: geometria ciabatta lato alveo e fila di micropali lato alveo).

6.4.2 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalla prova a rottura sulla carota effettuata nella ciabatta di fondazione, si può preliminarmente considerare il calcestruzzo di buone caratteristiche.

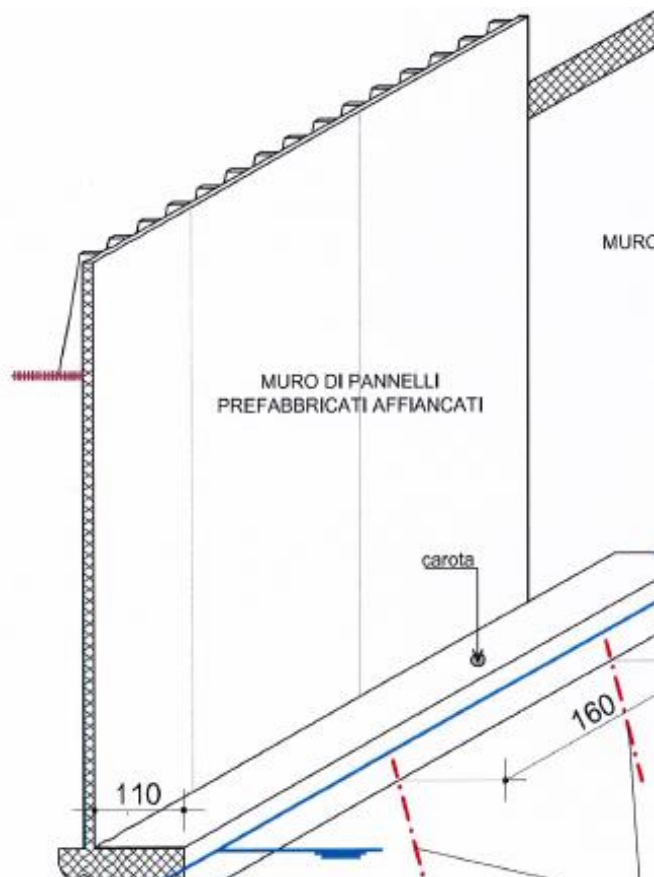


Fig. 18 – Punti di indagine

CAROTE	(Masi, 2005)						
PROVINO	f_{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	$C_{h/D}$	f_{cis} [Mpa]	R_c [Mpa]
63Z	31,5	104	129	0,81	0,87	27,4	33,01

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
f_{cm}	27,4

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f_{cm}/FC =	22,83

Poiché le proprietà rilevate in sito risultano conformi a quelle di progetto, le verifiche vengono condotte con i materiali definiti nel progetto: Cls C25/30 e armatura FeB44k.

6.4.3 Ferri di armatura

Non rilevati sul muro prefabbricato.

6.5 Verifiche del muro arginale

Per la verifica dell'opera arginale, in accordo a quanto emerge dalle relazioni di calcolo del progetto a cura dall'azienda di prefabbricati: Paver Costruzioni SpA, si considerano le sollecitazioni trasmesse dal muro alle fondazioni profonde di micropali e se ne calcola la verifica di portanza a carichi verticali in modo da garantire l'equilibrio dell'opera. Le relazioni sono sufficientemente dettagliate, nonostante ciò, a partire dalle assunzioni di progetto, si esegue una verifica preliminare alla luce delle indicazioni delle NTC 2008.

Da progetto il sovraccarico d'uso considerato agente sul terrapieno del muro è 60 kN/mq.

6.5.1 Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena

Nella condizione idraulica di massima piena si considera la spinta dell'acqua lato alveo e la contropinta del terreno lato strada in assenza di sovraccarico d'uso.

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	6,5
h ciabatta [m]	0,6
h tot muro [m]	7,1
h terreno su ciabatta di valle [m]	0
spessore nervatura [m]	0,1
Larghezza totale ciabatta [m]	2,5
L mensola ciabatta di monte [m]	1,2
L mensola ciabatta di valle [m]	1,2

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	211,25
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	16,25
W2 - Peso proprio ciabatta	37,50
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	94,5
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	245,39
Spinta passiva del terreno strada (M2)	202,56

SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro		
	686,56	-
	429,51	=
Mc ($\gamma=1.3/1.5$) [kNm/m]	257,05	

Fila 1: micropali $\Phi 220$ mm tubolare 139,7 sp. 8 mm posti verticalmente con passo 70 cm con profondità di infissione (dalla fondazione) di 3,50 m $\rightarrow N_c = + 153$ kN

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
Rc,d	279,34	kN
Rt,d	226,99	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 1,8 > 1 \rightarrow$ OK

Fila 2: micropali $\Phi 300$ mm tubolare 219,1 sp. 8 mm con passo 1,50 m inclinati di 15° verso monte, con profondità di infissione 6 m $\rightarrow N_t = - 72$ kN

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
Rc,d	654,17	kN
Rt,d	530,77	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 7,4 > 1 \rightarrow$ 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 d'uso assunto da progetto pari a 60 kN/mq. A vantaggio di sicurezza si trascura la spinta passiva del terreno lato alveo (essendo lo spessore del terreno lato alveo molto inferiore rispetto allo spessore del terrapieno).

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	69,28
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	85,59
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	82,19
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	101,54
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	18,22
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	18,01
W1 - Peso proprio nervatura	16,25
W2 - Peso proprio ciabatta	37,50
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	94,50
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	27,76
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	27,44

SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro		
	412,46	-
	84,20	=
Mc ($\gamma=1.3/1.5$) [kNm/m]	328,26	

Fila 1: micropali $\Phi 220$ mm tubolare 139,7 sp. 8 mm posti verticalmente con passo 70 cm con profondità di infissione (dalla fondazione) di 3,50 m $\rightarrow N_t = - 51$ kN

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
R_{c,d}	279,34	kN
R_{t,d}	226,99	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 4,4 > 1 \rightarrow OK$

Fila 2: micropali $\Phi 300$ mm tubolare 219,1 sp. 8 mm con passo 1,50 m inclinati di 15° verso monte, con profondità di infissione 6 m $\rightarrow N_c = + 397$ kN

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
R_{c,d}	654,17	kN
R_{t,d}	530,77	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 1,6 > 1 \rightarrow OK$

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. A vantaggio di sicurezza si trascura la spinta passiva del terreno lato alveo (essendo lo spessore del terreno lato alveo molto inferiore rispetto allo spessore del terrapieno).

Secondo le normative NTC 2008, il calcolo delle spinte in condizioni sismiche si basa sui metodi pseudo statici in base ai quali, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Gli effetti dell'azione sismica sul muro di sostegno vengono considerati mediante due coefficienti sismici orizzontale e verticale così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Per muri liberi di ruotare e traslare si considera che l'incremento di azione dovuto al sisma agisca nello stesso punto dell'azione statica ed il coefficiente β_m è tabellato in normativa in funzione della categoria di sottosuolo e dell'accelerazione massima attesa. Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, come nel caso in esame, il coefficiente β_m assume valore unitario. In quest'ultimo caso, si assume che l'incremento di spinta dovuta al sisma sia applicato a metà altezza del muro.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte,st+din (M1)</i>	82,54
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle,st+din (M2)</i>	202,61
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Statica</u> (M1)</i>	69,28
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	85,59
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Dinamica</u> (M1)</i>	13,26
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	117,02
<i>Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M1)</i>	125,77
<i>Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M2)</i>	308,74
W1 - Peso proprio nervatura*kh	3,73
W2 - Peso proprio ciabatta *kh	8,61
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh	21,69
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M1)</i>	27,88
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M2)</i>	54,76
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M1)</i>	18,22
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	18,01
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M1)</i>	9,66
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	36,75
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)	14,39

W2 - Peso proprio ciabatta *(1-kv)	33,20
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)	83,66
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato valle (M1)	42,49
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato valle (M2)	83,44

SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro		
	495,49	-
	142,34	=
Mc [kNm/m]	353,15	

Fila 1: micropali $\Phi 220$ mm tubolare 139,7 sp. 8 mm posti verticalmente con passo 70 cm con profondità di infissione (dalla fondazione) di 3,50 m $\rightarrow N_t = - 47$ kN

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
Rc,d	279,34	kN
Rt,d	226,99	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 4,8 > 1 \rightarrow OK$

Fila 2: micropali $\Phi 300$ mm tubolare 219,1 sp. 8 mm con passo 1,50 m inclinati di 15° verso monte, con profondità di infissione 6 m $\rightarrow N_c = + 403$ kN

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
Rc,d	654,17	kN
Rt,d	530,77	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 1,6 > 1 \rightarrow OK$

6.6 Riepilogo

6.6.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → la geometria del muro è conforme a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 613/2009) sia per la parte del paramento verticale, sia per la parte della ciabatta di fondazione (relativamente a quanto rilevato: geometria ciabatta lato alveo e fila di micropali lato alveo).

Armature → Non rilevate.

Rischi → Tenuta dell'acqua in caso di piena per la presenza di giunti aperti.

Condizione di carico più gravosa → Condizioni statiche e sismiche di magra.

Verifiche → $FS > 1$ per la portanza dei micropali.

6.6.2 Criticità

- 1) Criticità riscontrata sullo stato delle strutture durante il sopralluogo: presenza di giunti aperti tra i muri prefabbricati che lasciano una via di uscita per l'acqua in caso di piena.



Fig. 19 – Foto Muro lato alveo – particolare giunti

6.7 Interventi

- 1) ***Sigillare i giunti aperti tra i muri prefabbricati mediante l'applicazione di elastomeri idonei al contenimento dell'acqua. L'applicazione dovrà avvenire su giunti asciutti e ben puliti (in assenza di muffe e vegetazione). L'applicazione avverrà per l'altezza del muro al disopra del terrapieno per evitare che l'acqua possa filtrare nel piazzale restrostante.***

La sigillatura dei giunti implica la verifica del muro alla spinta idraulica e ai problemi di sifonamento.

6.8 Stima degli interventi

Sigillatura giunti con elastomeri a tenuta idraulica

Costo stimato = 10.000 €.