

**RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI
MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA
- TRATTO 10 -**

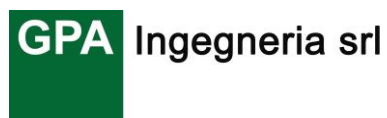
Progetto: Studio di Fattibilità
Commessa: C15003
Cliente: REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Oggetto: Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.
N. Elaborato: 02.RG.04.10

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	5
2	Scopo	5
3	Quadro Conoscitivo Tratto 10	5
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali	5
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione	6
3.3	Osservazioni Preliminari	7
4	Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali	9
4.1	Quadro normativo di riferimento	9
4.2	Condizioni di carico	10
4.3	Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali	10
4.4	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 69-70 – sez.66-67).....	11
4.4.1	Caratteristiche dei materiali	11
4.4.2	Verifiche del muro a gravità	12
4.5	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 72 – sez.69)	13
4.5.1	Caratteristiche dei materiali	14
4.5.2	Verifiche del muro a gravità	14
4.6	Verifica Sopralzo destra idraulica (rif. scheda 71 – sez.67)	15
4.6.1	Caratteristiche dei materiali	15
4.6.2	Ferri di armatura	16
4.6.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	16
4.7	Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 71 – sez.67)	17
4.7.1	Caratteristiche dei materiali	17
4.7.2	Verifiche del muro a gravità	18
4.8	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 73 – sez.72).....	19
4.8.1	Caratteristiche dei materiali	20
4.8.2	Ferri di armatura	21
4.8.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	22
4.8.4	Verifiche del muro di base in c.a.	23
4.9	Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 74 – sez.72-73).....	24
4.9.1	Caratteristiche dei materiali	25

4.9.2	Verifiche del muro a gravità	25
4.10	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 75 – sez.73).....	26
4.10.1	Caratteristiche dei materiali	29
4.10.2	Ferri di armatura	29
4.10.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	30
4.10.4	Verifiche del muro di base in c.a.	31
4.11	Verifica Muro in c.a. + scogliera destra idraulica (rif. scheda 76 – sez.74)	32
4.11.1	Caratteristiche dei materiali	32
4.11.2	Ferri di armatura	33
4.11.3	Verifiche del muro in c.a.	33
4.12	Verifica Muro in pietra e cls destra idraulica (rif. scheda 77 – sez.X/75)	34
4.12.1	Caratteristiche dei materiali	34
4.12.2	Verifiche del muro in pietrame.....	36
4.13	Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 79 – sez.77)	37
4.13.1	Caratteristiche dei materiali	38
4.13.2	Ferri di armatura	38
4.13.3	Verifiche del muro in c.a.	39
4.14	Verifica Muro in pietra sinistra idraulica (rif. scheda 80 – sez.77)	42
4.14.1	Caratteristiche dei materiali	42
4.14.2	Verifiche del muro in pietrame.....	44
5	Conclusioni.....	45
6	All. A - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 78 – sez.74)	52
6.1	Dati generali	52
6.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera	52
6.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 802/2013	54
6.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	57
6.4.1	Geometria	58
6.4.2	Caratteristiche dei materiali	59
6.4.3	Ferri di armatura	60
6.5	Verifiche del muro arginale	61
6.6	Riepilogo	64
6.6.1	Conformità	64



6.6.2	Criticità	64
6.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione	64
6.7	Interventi	64
6.8	Stima degli interventi	64

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 10.

3 Quadro Conoscitivo Tratto 10

TRATTO = 10

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

LUNGHEZZA TRATTO = 919 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 10. 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 G. Marconi (Riferimento Pratica Sismica N. 825/2007);
- Muro d’argine esistente a gravità a tratti con sopralzo in c.a.;
- Muro in pietrame esistente;
- Muro in c.a. costituito dal muro d’ala del ponte di viale XX Settembre;
- Muro d’argine esistente a gravità in cls;
- Muro in c.a. + scogliera;
- Muro d’argine in c.a. in sopralzo di muro d’argine esistente in pietra;
- Muro d’argine in c.a..

Sinistra Idraulica

- Muro in c.a. costituito dal muro d'ala del ponte di via G. Marconi (Riferimento Pratica Sismica N. 825/2007);
- Muro a gravità in cls esistente;
- Muro d'argine in c.a. con sopralzo in c.a. (Riferimento Pratica Sismica N. 802/2013 - N. 896/2009);
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente a gravità + scogliera cementata a protezione della base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 802/2013 - N. 896/2009);
- Muro d'argine in c.a. con scogliera cementata a protezione della base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 802/2013 - N. 896/2009);
- Muro in pietrame esistente alternato a "Fabbricati Argine";
- Muro in pietrame esistente + sopralzo in c.a..

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 10.

PRATICHE SISIMICHE

Rimane scoperta l'area compresa tra il Ponte in via Marconi e il Ponte in viale XX settembre.

N. 825/2007

Ricostruzione ponte in località Pontecimato, via Marconi. Realizzazione di nuovi muri d'argine in sinistra idraulica e destra a valle e a monte del ponte.

N. 896/2009

Sistemazione alveo Torrente Carrione nel tratto tra la sez.71 e la sez.75 mediante la realizzazione di sopralzi in c.a. sui muri d'argine esistenti (sinistra idraulica). - Rif. P.S. N. 802/2013.

N. 802/2013

Lavori di sistemazione alveo Torrente Carrione:

- Sez.71-74: sopralzo del muro esistente in c.a. mediante muro in c.a. di spessore 30 cm e altezza variabile tra 1.5 m e 3.0 m.
- Sez.74-75: realizzazione di nuovo muro in c.a. di spessore 30 cm e altezza 3.0 m con fondazione in micropali indipendente dalla struttura del muro esistente.

Pratica Sismica	Descrizione	Committente	FL	Collaudo	N.Omologazione
P.S. 896/2009	Sistemazione alveo T. Carrione nel tratto tra la sez.71 e la sez.93 - Lotto XIII	Provincia MS	rif. P.S. 802/2013	rif. P.S. 802/2013	Omol.25
P.S. 802/2013	Lavoro di sistemazione alveo T. Carrione - Lotto XIII	Provincia MS	22/12/13	07/01/14	Omol.25
P.S. 825/2007		Comune di Carrara	11/05/11	16/07/12	Omol.25

3.3 Osservazioni Preliminari

Destra Idraulica

- Muro in c.a. costituito dal muro d'ala del ponte di via G. Marconi (Riferimento Pratica Sismica N. 825/2007).
- Muro d'argine esistente a gravità a tratti con sopralzo in c.a..
- Muro in pietrame esistente.
Criticità riscontrate: confinante con il muretto arginale in pietrame su cui è impostato un camminamento, è presente un muro in pietra facente parte di un'opera esistente le cui condizioni statiche sono compromesse da un evidente degrado strutturale.
- Muro in c.a. costituito dal muro d'ala del ponte di viale XX Settembre.
- Muro d'argine esistente a gravità in cls.
- Muro in c.a. + scogliera.
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente in pietra.
- Muro d'argine in c.a..

Sinistra Idraulica

- Muro in c.a. costituito dal muro d'ala del ponte di via G. Marconi (Riferimento Pratica Sismica N. 825/2007).
- Muro a gravità in cls esistente.
- Muro d'argine in c.a. con sopralzo in c.a. (Riferimento Pratica Sismica N. 802/2013 - N. 896/2009).
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente a gravità + scogliera cementata a protezione della base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 802/2013 - N. 896/2009).
- Muro d'argine in c.a. con scogliera cementata a protezione della base del muro (Riferimento Pratica Sismica N. 802/2013 - N. 896/2009).
- Muro in pietrame esistente alternato a "Fabbricati 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.
- Muro in pietrame esistente + sopralzo in c.a..

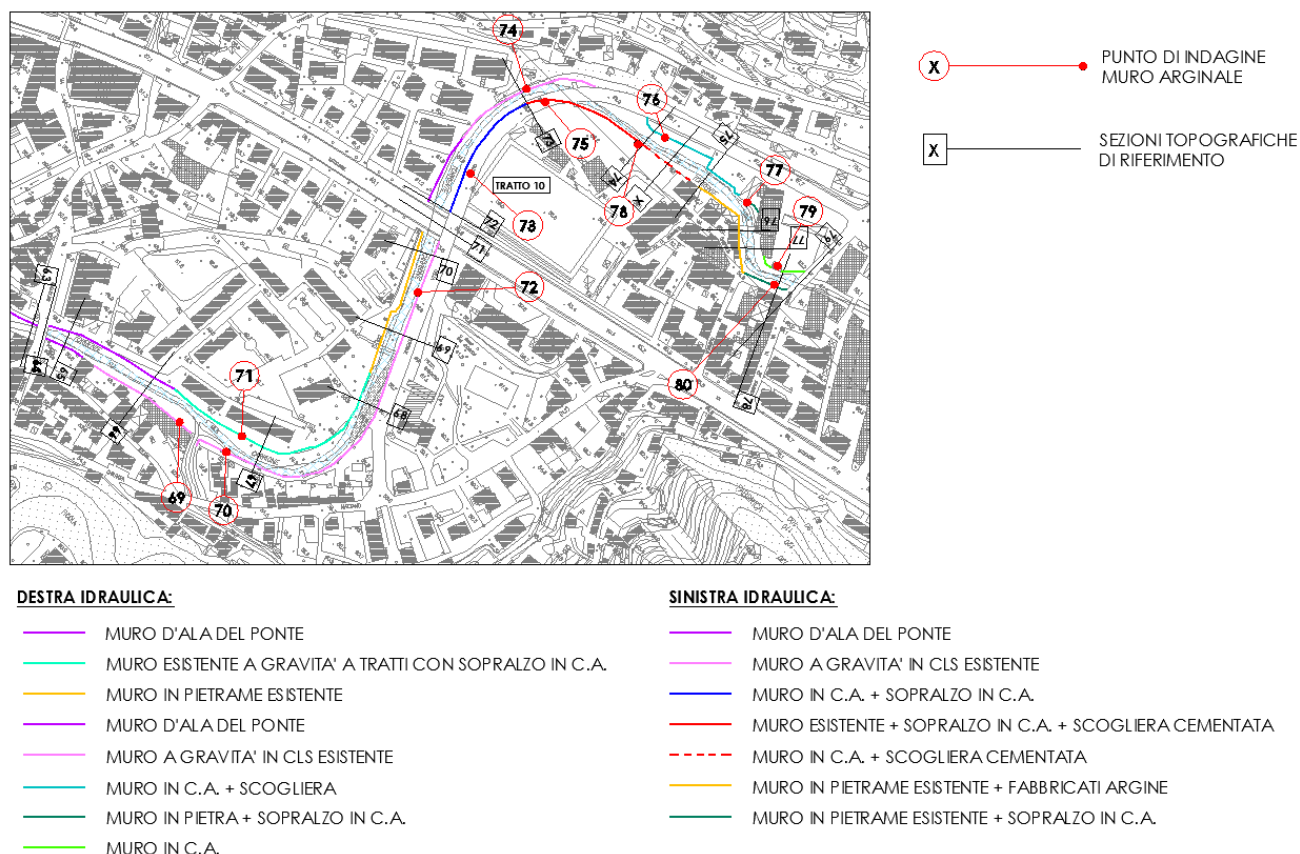
NOTE

Criticità riscontrate:

- Eterogeneità delle tipologie spondali: nel tratto sono presenti muri realizzati ex novo in c.a., vecchi muri in pietra con rialzo in calcestruzzo armato; muri in pietra con rialzo in muratura non idonea, fabbricati le cui strutture portanti hanno funzione di arginatura; arginature realizzate con scogliere intasate e rialzo soprastante con geoblocchi.
- Erosioni diffuse alla fondazione delle arginature e presenza di eterogeneità costruttiva ad alta vulnerabilità.
- Presenza di lavori in corso in corrispondenza di discontinuità strutturale (giunti tra strutture contigue visibili e mancanza idonei giunti a tenuta idraulica).
- Rivalutazione della capacità portante dei fabbricati presenti in alveo, che presentano un avanzato stato di degrado, in quanto in disuso.

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 10.



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 Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 69-70 – sez.66-67)

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

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 66 del rilievo topografico. Un'eventuale maggiore profondità dello stesso sarà da approfondire in sito e potrebbe determinare il soddisfacimento delle verifiche di equilibrio laddove la profondità considerata risulta insufficiente.

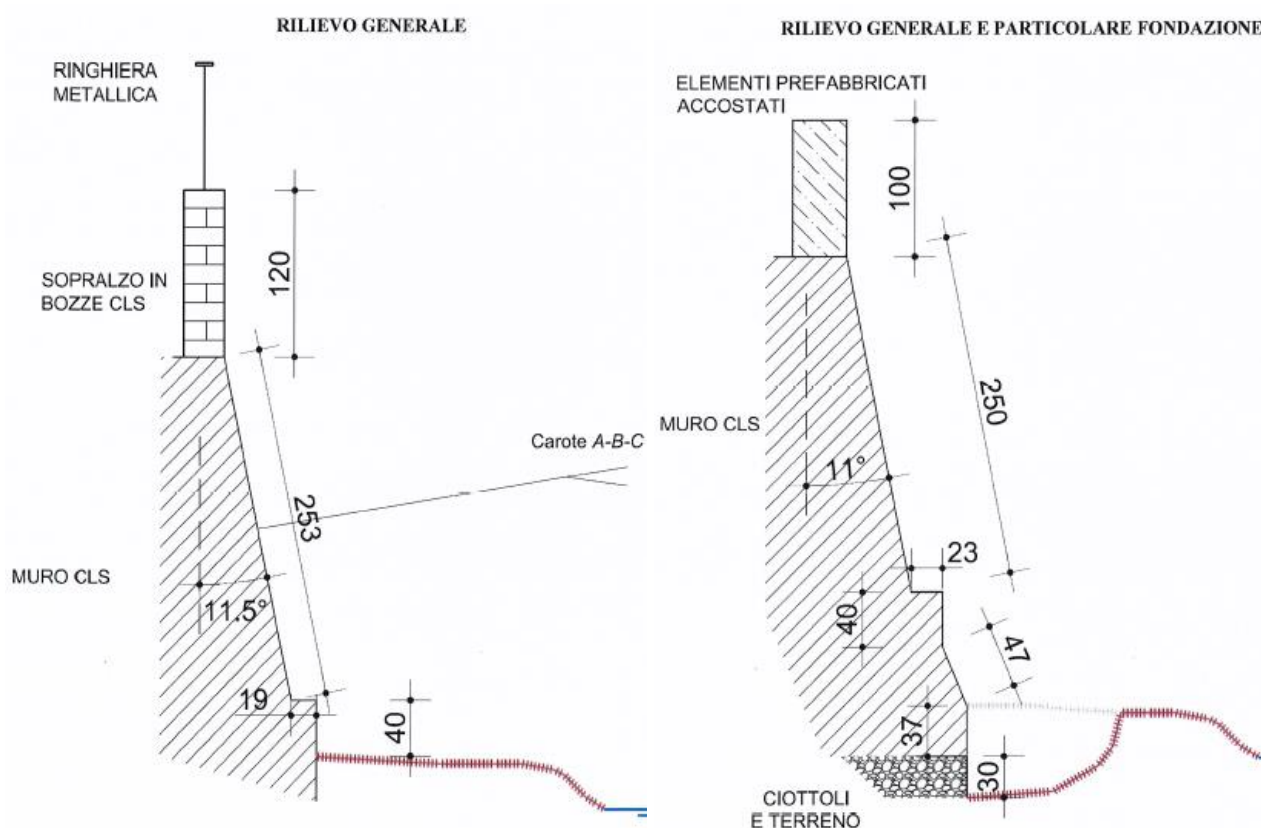


Fig. 2 – Sezione tipologica strutturale

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 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	14,10

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	11,75

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)	2,64
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	3,11
Qw - Spinta H ₂ O	121,49
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	71,94
Ws - Peso proprio soprizzo	11,52
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	155,58
Spinta passiva del terreno strada (M2)	131,88

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	300,84
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	185,95
	FS [-]	0,62 < 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]	30,07	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	33,78	
	FS [-]	1,12 > 1	OK

Non essendo nota la profondità del muro, non ci sono informazioni sufficienti per valutare condizioni statiche e sismiche e per valutare le reali condizioni di sicurezza dell'opera.

4.5 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 72 – sez.69)

Si tratta di un muro in cls a gravità sormontato da terreno in pendio.

Di seguito viene riportata un'immagine esplicativa della geometria del muro ricostruita a partire dalle indagini in sito.

Non avendo informazioni relative al terreno in pendio soprastante il muro in cls, si trascura la sua presenza e si considera la massima altezza di piena fino alla quota di estradosso del paramento murario.

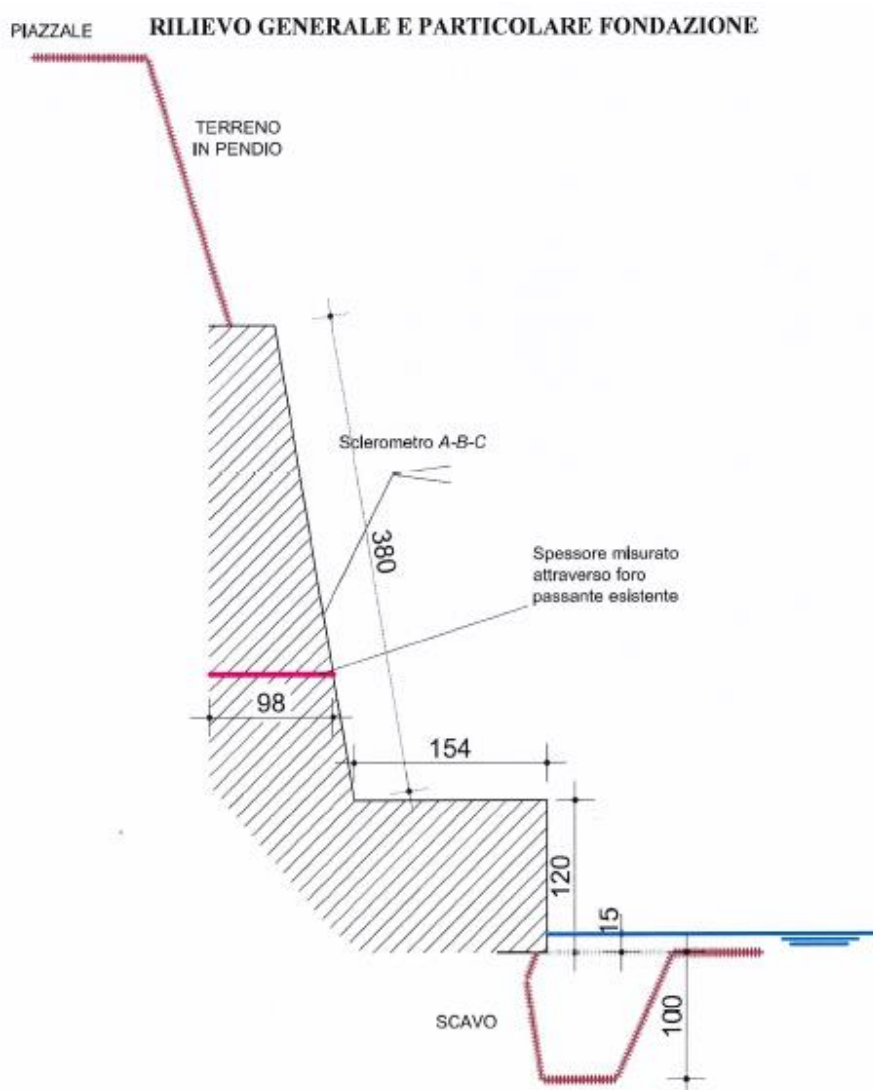


Fig. 3 – Sezione tipologica strutturale

4.5.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sclerometriche), 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/mm²]	
fcm	8,3

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	6,92

4.5.2 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)	2,43
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	2,87
Qw - Spinta H2O	128,92
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	152,53
Ws - Peso proprio sopraelevato	0,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	188,56
Spinta passiva del terreno strada (M2)	163,09

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	328,59	OK
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	349,10	
	FS [-]	1,06 > 1	

L'opera in oggetto, 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.

Criticità in condizioni idrauliche se la piena raggiunge l'argine in terra.

4.6 Verifica Sopralzo destra idraulica (rif. scheda 71 – sez.67)

Si tratta di un muro in cls a gravità sormontato a tratti da un sopralzo che, dalle indagini in sito eseguite in corrispondenza della scheda 71, risulta essere non armato.

RILIEVO GENERALE E PARTICOLARI FONDAZIONE E CONNESSIONI – CA6, CA7

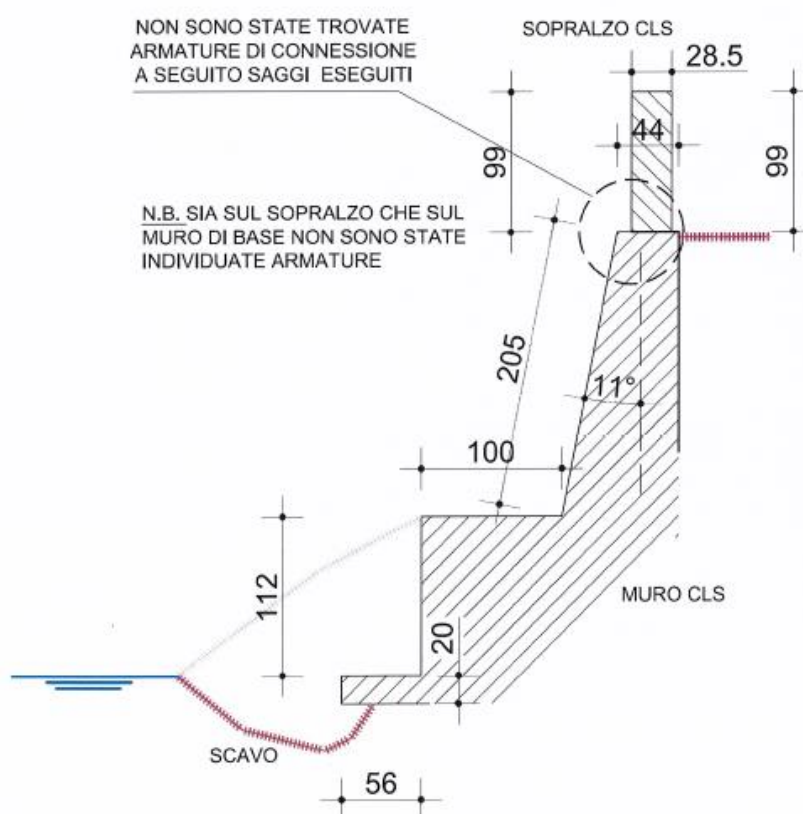


Fig. 4 – Sezione tipologica strutturale

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

RESISTENZA MEDIA [N/mmq]	
fcm	9,27

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	7,72

4.6.2 Ferri di armatura

Nessuna armatura rilevata → sopralzo non armato

Superficie del cls molto irregolare - inerti affioranti - la scansione pacometrica non ha intercettato armature sia sul muro di base che sul sopralzo.

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	5,00
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	7,13
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			NO
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	2,50	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	0,91	
	FS [-]	0,37 < 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	NO
$\delta k = \Phi' (M1)$	24,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,40		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	7,50	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	2,88	
	FS [-]	0,38 < 1	

4.7 Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 71 – sez.67)

Si tratta di un muro in cls a gravità sormontato a tratti da un sopralzo che, dalle indagini in sito eseguite in corrispondenza della scheda 71, risulta essere non armato.

RILIEVO GENERALE E PARTICOLARI FONDAZIONE E CONNESSIONI – CA6, CA7

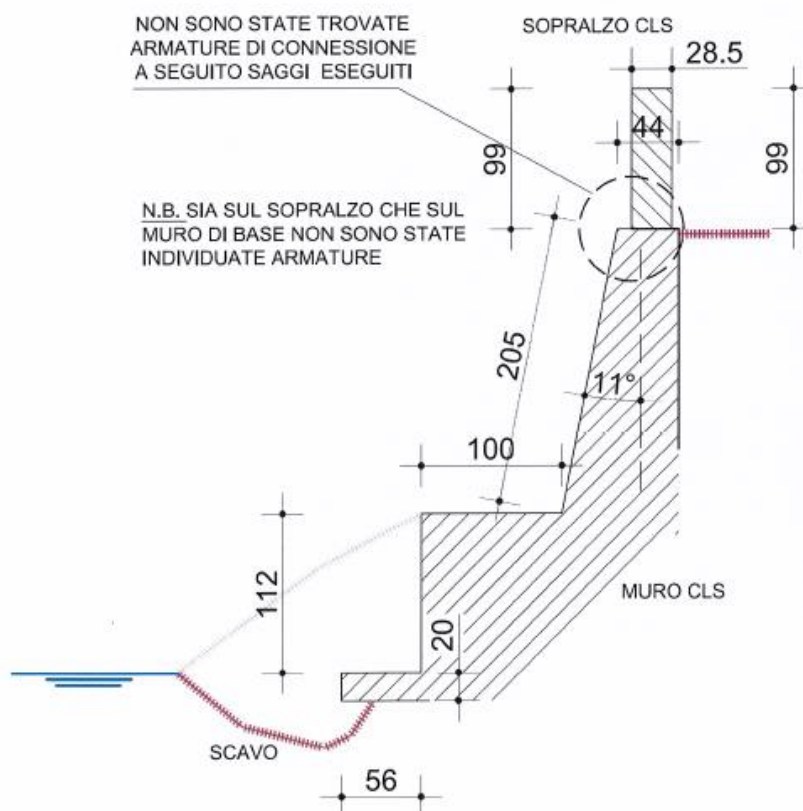


Fig. 5 – Sezione tipologica strutturale

4.7.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sclerometriche), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il muro in cls di caratteristiche medie (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}	14,09

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	11,74

4.7.2 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)	3,07
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	3,63
Qw - Spinta H2O	95,15
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	90,03
Ws - Peso proprio sopralzo	7,13
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	113,93
Spinta passiva del terreno strada (M2)	96,57

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	209,33
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	156,27
	FS [-]	0,75 < 1

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]	32,79
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	39,32
	FS [-]	1,20 > 1

4.8 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 73 – sez.72)

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

Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 802/2013 e si riferisce agli interventi che riguardano la sinistra idraulica dalla Sez.72 alla Sez.73: sopralzo del muro esistente in c.a. mediante muro in c.a. di spessore 30 cm e altezza 1.60 m.

Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.

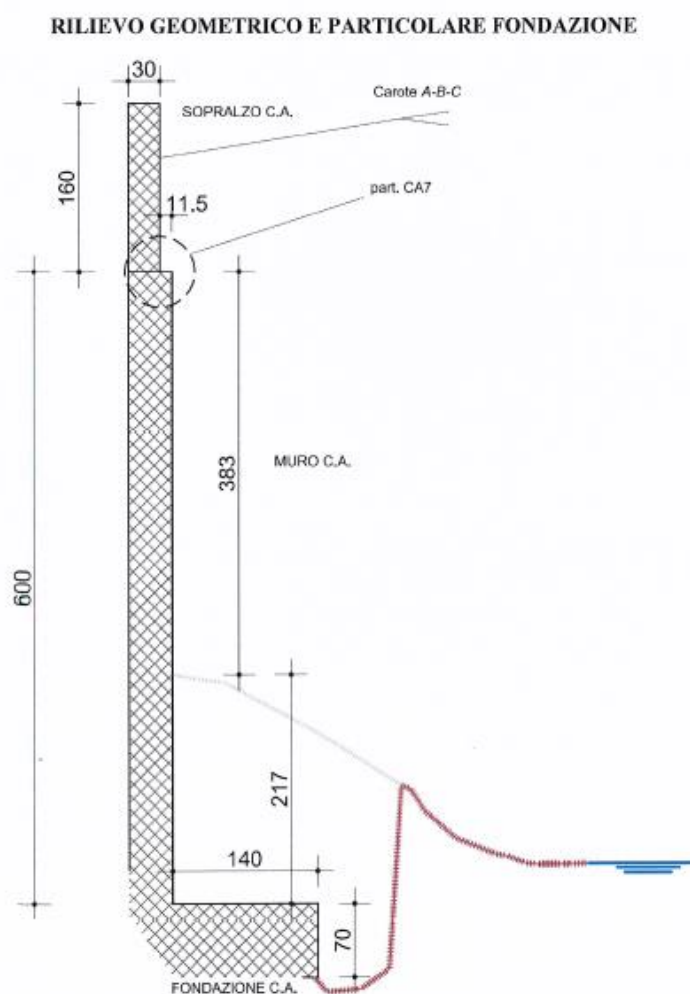


Fig. 6 – Sezione tipologica strutturale

Rispetto a quanto riportato nel progetto della pratica sismica n. 802/2013 riferito al sopralzo di sinistra idraulica in oggetto, la geometria è rispettata, le armature rilevate da indagine pacometrica risultano conformi per i ferri verticali ma non per quelli orizzontali.

A seguire un'immagine dell'estratto della pratica sismica n. 802/2013.

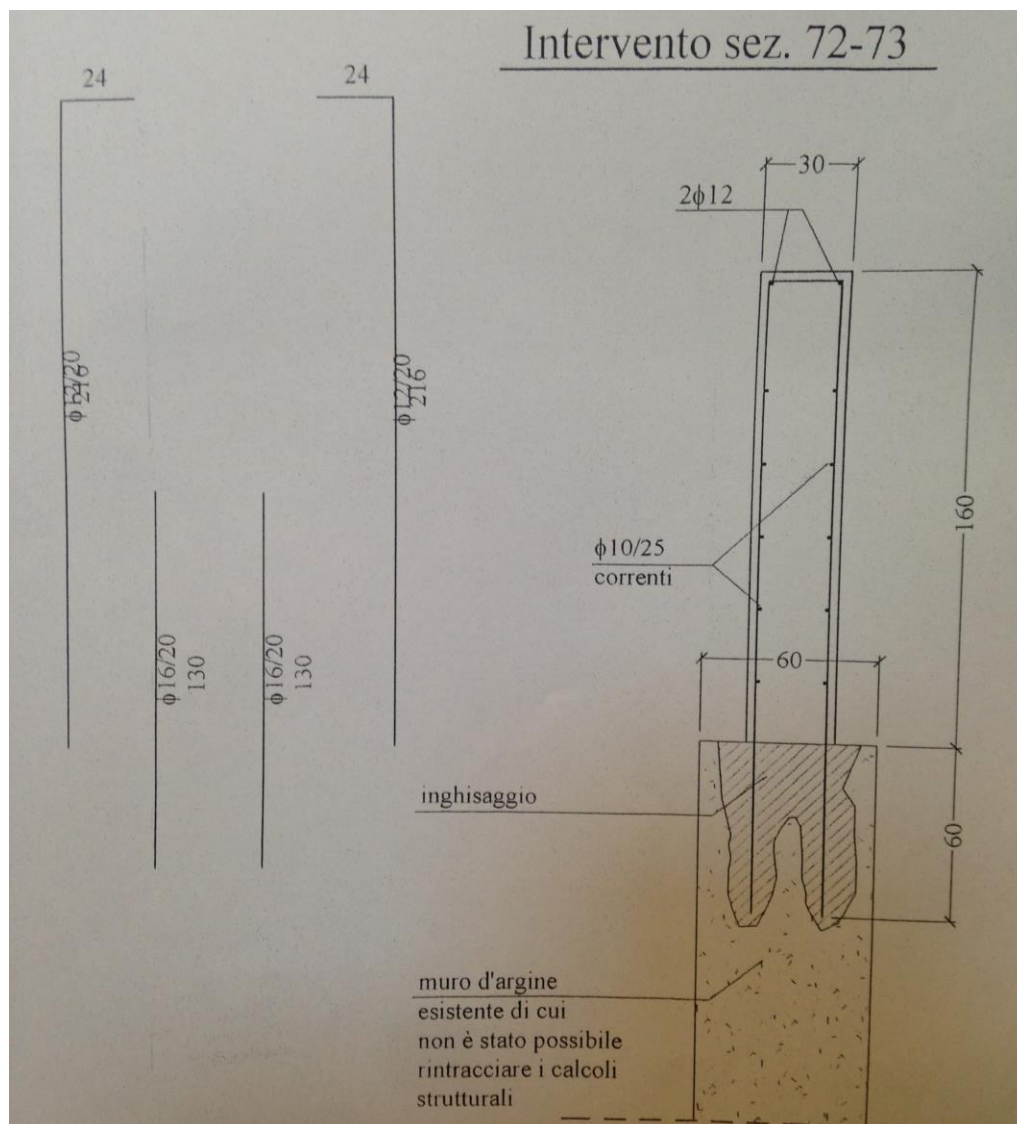


Fig. 7 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 802/2013

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 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}	29,16

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	24,30

4.8.2 Ferri di armatura

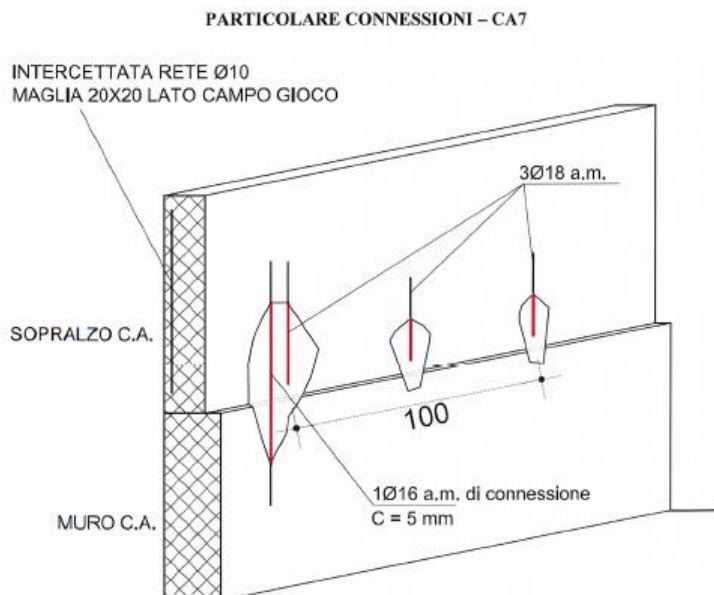
La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica.

Armatura verticale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 20 cm \rightarrow OK coerente con il progetto.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 20 cm \rightarrow NON coerente con il progetto (che prevede $\Phi 10$ passo 25 cm).

Da indagini distruttive è stata intercettata rete $\Phi 10$ maglia 20x20 lato campo da gioco e ferri vert. 3 $\Phi 18$ in un 1 m \rightarrow NON coerente con il progetto.

Ferri di inghisaggio: rilevati $\Phi 16$. Il progetto prevede ferri inghisati $\Phi 16$ passo 20 cm L ancoraggio = 60 cm.



4.8.3 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	12,80
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	12,00
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

Momento ribaltante (STR): $M_{soll} = 10,24 \text{ kNm/m}$

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 57,6 / 10,24 = 5,6 > 1 \rightarrow \text{OK}$

Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Si esegue la verifica con i ferri di inghisaggio rilevati e previsti da progetto: $\Phi 16$ passo 20 cm 60 cm.

$M_{soll} \text{ (SLU)} = 10,24 \text{ kNm}$

$M_{res} = 86,52 \text{ kN}$

$FS = M_{res}/M_{soll} = 86,52 / 10,24 = 8,4 > 1 \rightarrow \text{OK}$

$L \text{ ancoraggio} = 60 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$

Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):

$T/A = 19,2 \text{ kN} / 2,01 \cdot 5 \text{ cmq} = 19,1 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

4.8.4 Verifiche del muro di base in c.a.

Non è possibile verificare il muro di base in c.a. poiché dalle indagini in sito e dalle tavole relative all'intervento di sopralzo della pratica sismica N. 802/2013, non è nota la geometria della fondazione. L'indagine CA6 prescritta nella sezione 72 sinistra idraulica, è stata eseguita solo lato alveo, non si può quindi risalire alla geometria della ciabatta di fondazione sul lato opposto.

Di seguito vengono comunque riportate delle verifiche approssimate ipotizzando il muro a L (ovvero sfruttando le sole informazioni rilevate lato alveo) e considerando l'altezza del terreno lato monte come da rilievo topografico rif. sez. 72.

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	8,07
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	9,52
Qw - Spinta H2O	344,45
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	117,88
Wt - Peso proprio terreno valle	47,60
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	327,42
Spinta passiva del terreno strada (M2)	277,54

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	1436,45
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	509,84
	FS [-]	0,35 < 1
		NO

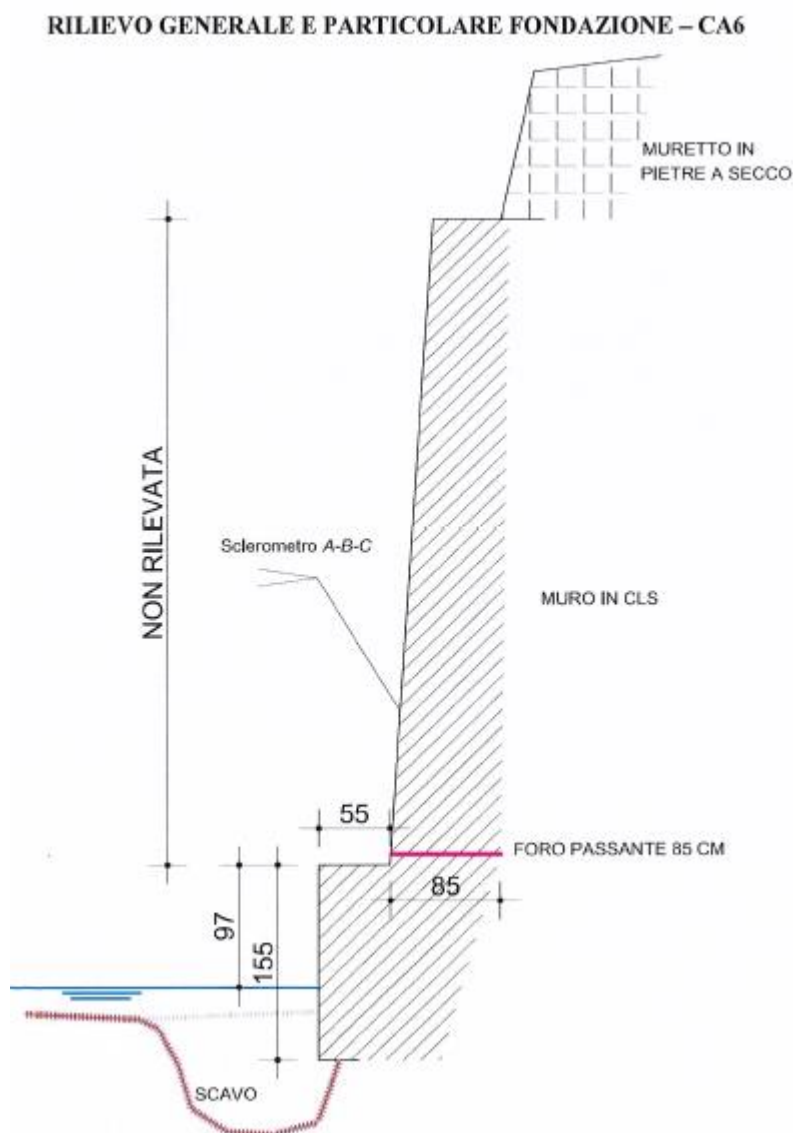
VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)	24,00	
$\tan \delta k / \gamma r$	0,40	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	199,75
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	66,98
	FS [-]	0,34 < 1
		NO

Con le assunzioni fatte sulla geometria del muro di base a partire da un rilievo geometrico della fondazione non dettagliato, l'opera non risulta 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.

4.9 Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 74 – sez.72-73)

Si tratta di un muro in cls a gravità sormontato da muretto in pietrame a secco.

Di seguito viene riportata un'immagine esplicativa della geometria del muro ricostruita a partire dalle indagini in sito.



4.9.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sclerometriche), 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	8,9

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	7,42

4.9.2 Verifiche del muro a gravità

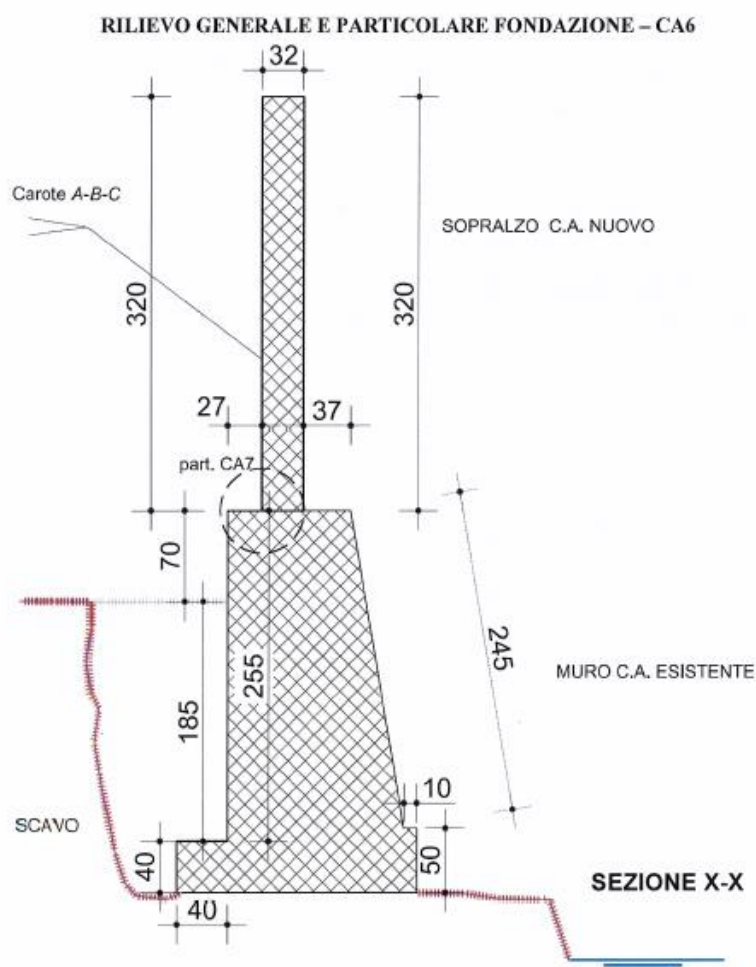
Non avendo informazioni dettagliate relative alla geometria del muro (altezza e spessore del muro in cls, altezza e spessore del mueretto in pietrame a secco soprastante il muro in cls), le verifiche di sicurezza non possono essere condotte poiché le assunzioni ipotizzate darebbero luogo ad approssimazioni eccessive.

4.10 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 75 – sez.73)

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

Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 802/2013 e si riferisce agli interventi che riguardano la sinistra idraulica dalla Sez.73 alla Sez.74: sopralzo del muro esistente in c.a. mediante muro in c.a. di spessore 30 cm e altezza 3.00 m.

Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.



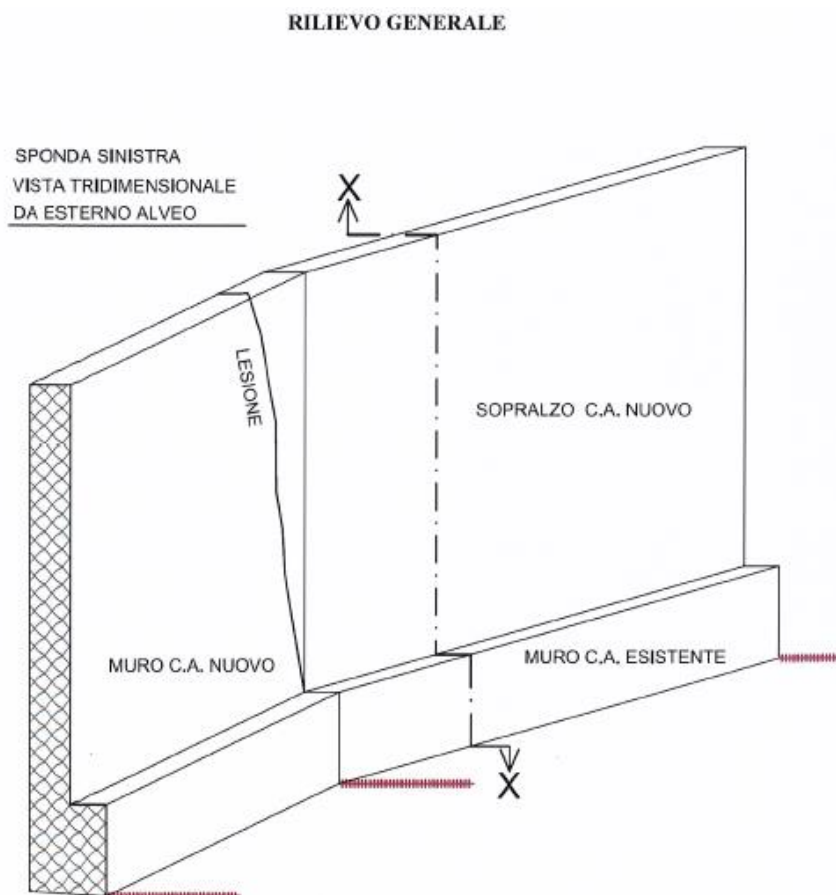


Fig. 10 – Sezione tipologica strutturale

Rispetto a quanto riportato nel progetto della pratica sismica n. 802/2013 riferito al sopralzo di sinistra idraulica in oggetto, la geometria è rispettata ad esclusione dell'altezza del muro di sopralzo che risulta 3,20 m anziché 3,00 m, le armature rilevate da indagine pacometrica e da saggi in sito risultano difformi.

La geometria del muro di base non rispecchia perfettamente quanto riportato nella sezione del progetto in particolare per quanto riguarda l'altezza della fondazione (altezza rilevata = 50 cm, altezza riportata nella sezione di progetto = 100 cm).

A seguire un'immagine dell'estratto della pratica sismica n. 802/2013.

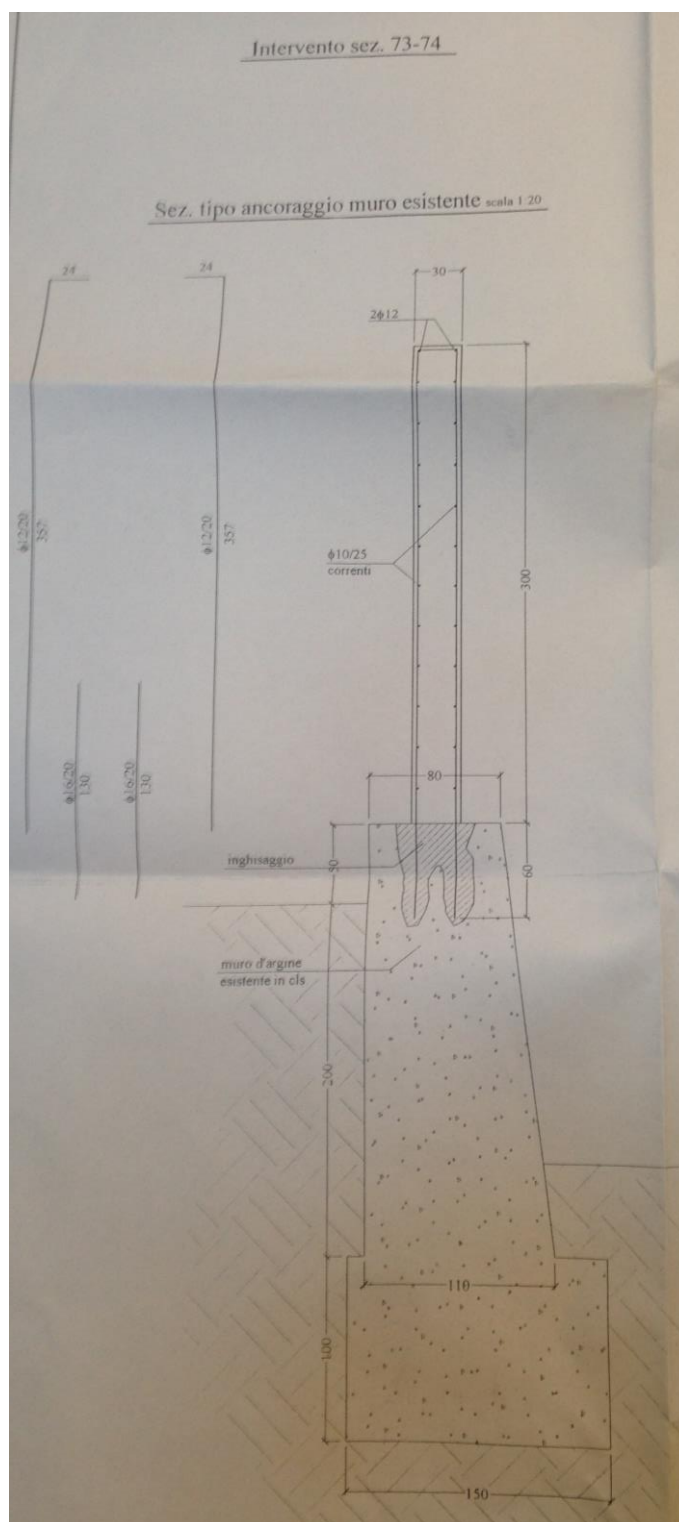


Fig. 11 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 802/2013

4.10.1 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}	33,06

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	27,55

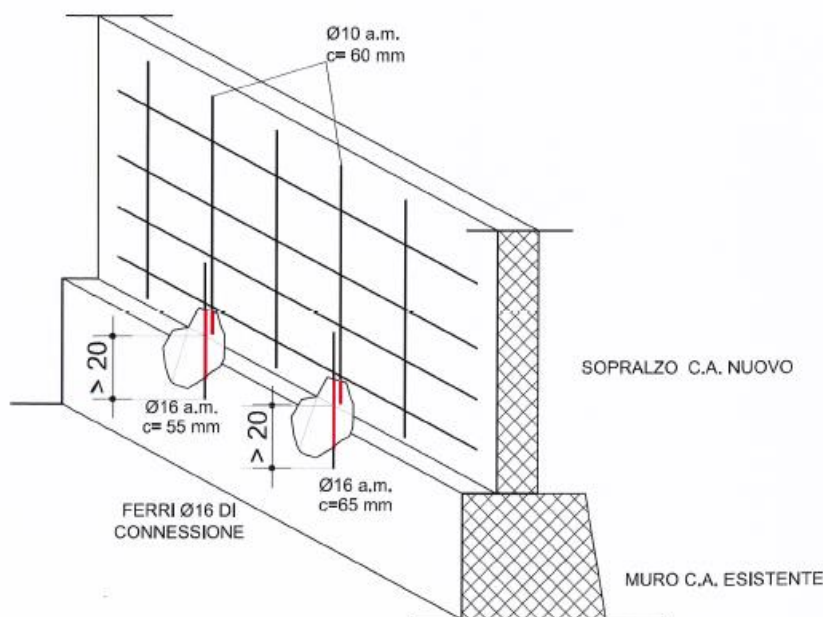
4.10.2 Ferri di armatura

La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica.

Armatura verticale rilevata: Ferri Ø10 passo 24 cm → NON coerente con il progetto (che prevede Ø12 passo 20 cm).

Armatura orizzontale rilevata: Ferri Ø10 passo 20 cm → NON coerente con il progetto (che prevede Ø10 passo 25 cm).

Ferri di inghisaggio: rilevati Ø16 Lancoraggio > 20 cm. Il progetto prevede ferri inghisati Ø16 passo 20 cm L ancoraggio = 60 cm.



4.10.3 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	51,20
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	25,60
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

Momento ribaltante (STR): $M_{soll} = 81,92 \text{ kNm/m}$

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 39,2 / 81,92 = 0,5 < 1 \rightarrow \text{NO}$

Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Si esegue la verifica con i ferri di inghisaggio rilevati e previsti da progetto: $\Phi 16$ passo 20 cm

Lancoraggio = 60 cm.

$M_{soll} \text{ (SLU)} = 81,92 \text{ kNm}$

$M_{res} = 92,19 \text{ kN}$

$FS = M_{res}/M_{soll} = 92,19 / 81,92 = 1,1 > 1 \rightarrow \text{OK}$

$L \text{ ancoraggio} = 60 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$

Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):

$T/A = 76,8 \text{ kN} / 2,01 \cdot 5 \text{ cm} = 76,4 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

4.10.4 Verifiche del muro di base in c.a.

Il muro di base in c.a. è stato rilevato in sito. Di seguito vengono riportate le verifiche.

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	0,00
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	0,00
Qw - Spinta H2O	195,31
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	80,70
Ws - Peso proprio sopralzo	25,60
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	55,65
Spinta passiva del terreno strada (M2)	47,17

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	610,35
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	113,66
	FS [-]	0,19 < 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]	237,32	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	43,03	
	FS [-]	0,18 < 1	NO

Il muro di base, con le misure geometriche così come rilevate in sito, non risulta 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 all'estradosso del sopralzo in c.a..

Criticità: rilevata lesione nel muro in c.a. nuovo a fianco del muro in c.a. esistente + sopralzo in c.a..

4.11 Verifica Muro in c.a. + scogliera destra idraulica (rif. scheda 76 – sez.74)

Si tratta di un muro in c.a. con scogliera.

Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.

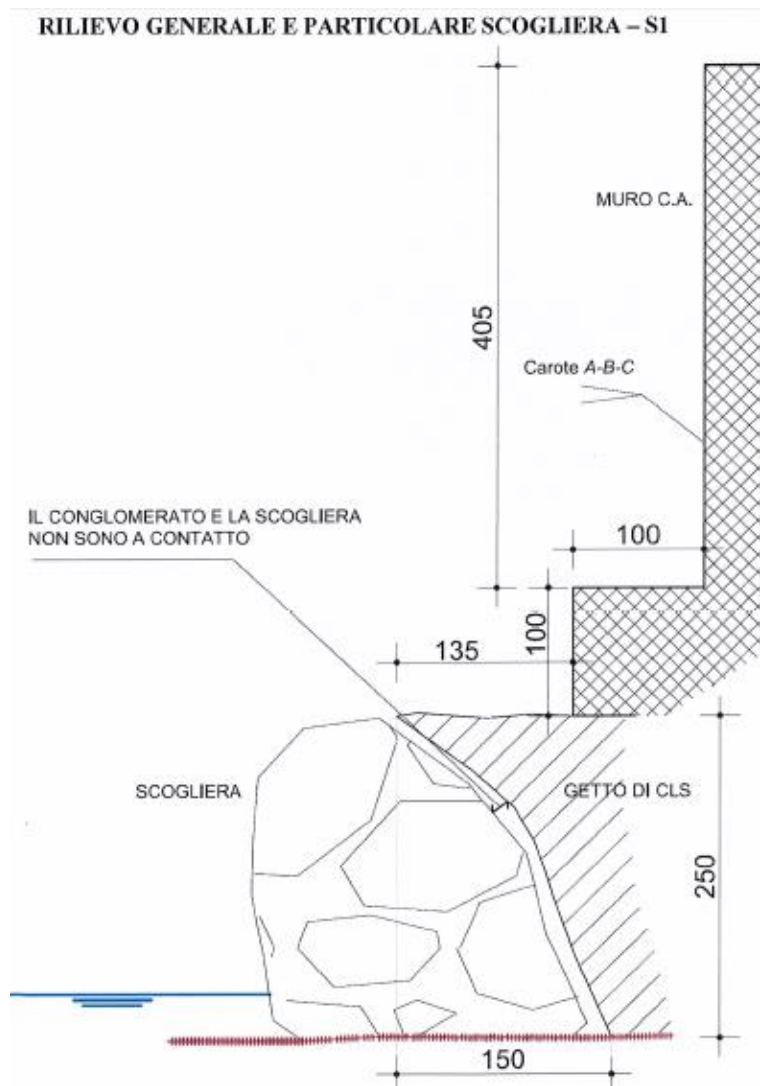


Fig. 12 – Sezione tipologica strutturale

4.11.1 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 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]	
fcm	50,04

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	41,70

4.11.2 Ferri di armatura

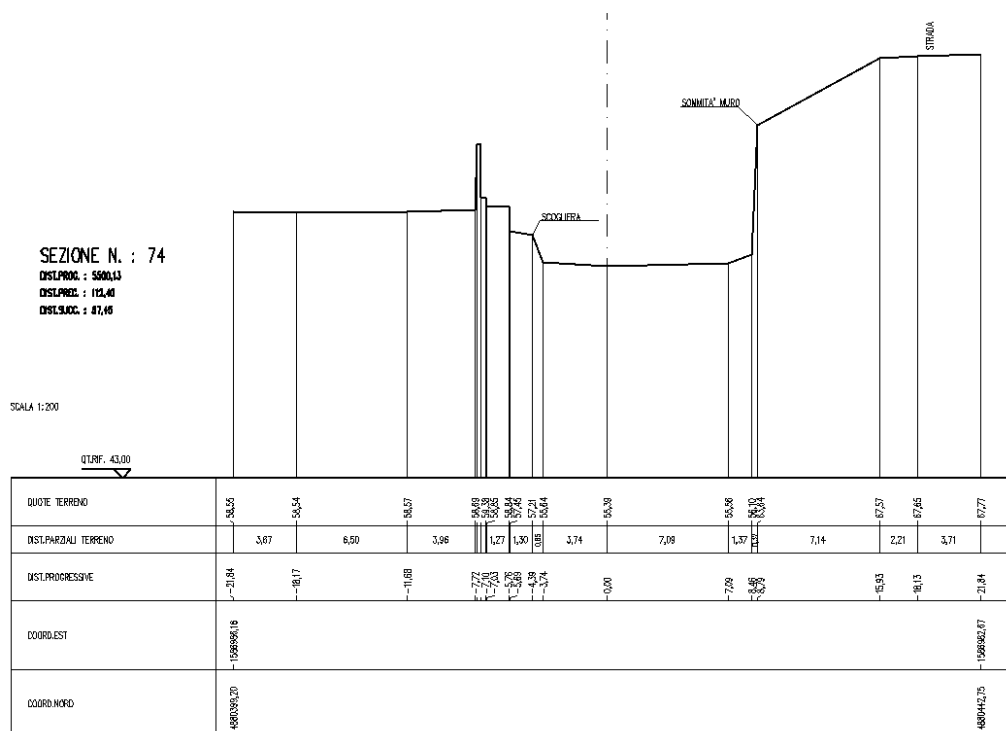
La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica.

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

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 20 cm.

4.11.3 Verifiche del muro in c.a.

Le indagini in sito non hanno rilevato dettagliatamente la geometria del muro, in particolare non è noto il suo spessore, e non è stato rilevato lo stato antistante il muro (lato opposto alveo). Oltretutto dalle sezioni topografiche di riferimento non è possibile reperire e venire a conoscenza della reale geometria del muro e dello stato dei luoghi. Pertanto le verifiche di sicurezza non possono essere condotte poiché le assunzioni ipotizzate darebbero luogo ad approssimazioni eccessive.



4.12 Verifica Muro in pietra e cls destra idraulica (rif. scheda 77 – sez.X/75)

Si tratta di un muro in pietra e cls con sopralzo di materiale e geometria non rilevata.

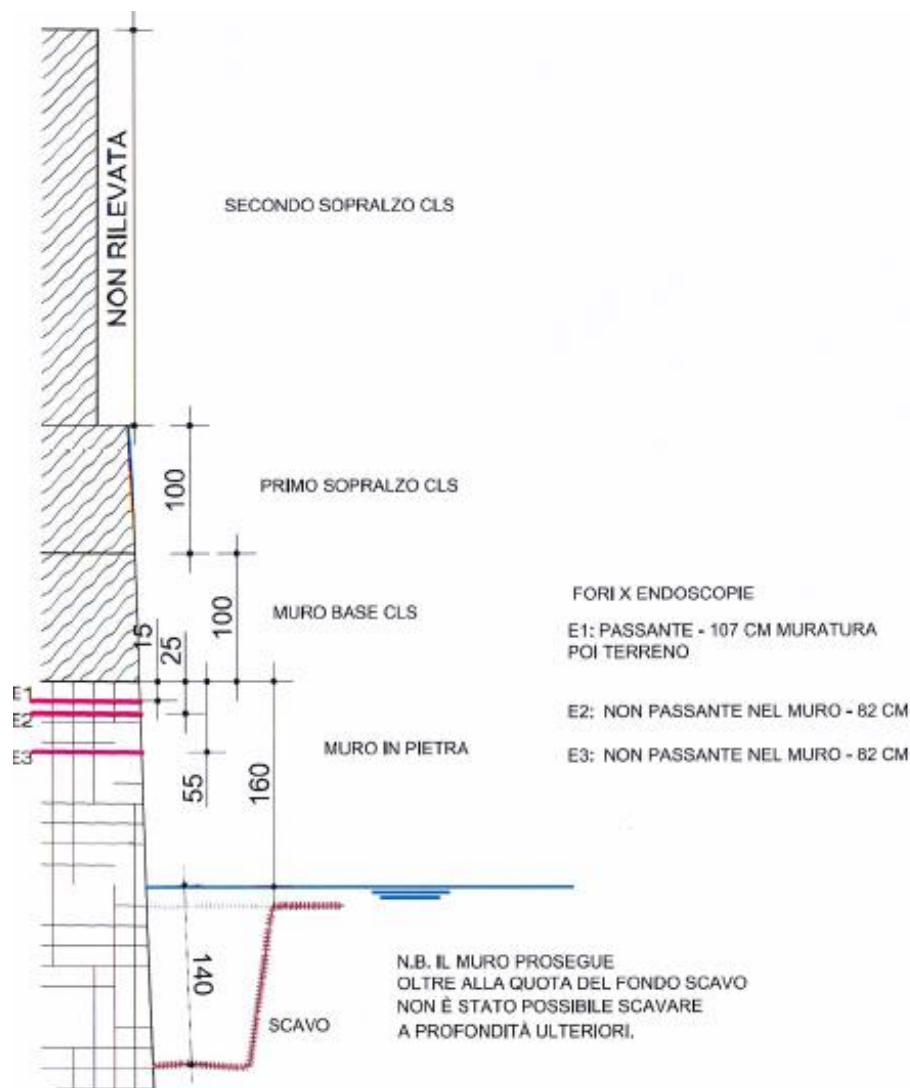


Fig. 14 – Sezione tipologica strutturale

4.12.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove pnt-g sulla malta + endoscopie), la malta risulta molto scadente 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.

PROVE PENETROMETRICHE SULLA MALTA PNT-G - MURO IN PIETRA					
PUNTO	PN1	PN2	PN3	PN4	media
Res. Compr. Malta					
[N/mm ²]	0,30	0,31	0,32		0,31

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 squadrati	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]	0-82	> 82	0-82	> 82	0-107	> 107
Materiale	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	terreno



4.12.2 Verifiche del muro in pietrame

Le indagini in sito non hanno rilevato dettagliatamente la geometria del muro, in particolare non è nota la profondità della fondazione poiché non è stato possibile scavare oltre la quota raggiunta e non è stata rilevata la geometria dei sopralzi in cls (altezza e profondità). Oltretutto il rilievo topografico non ha una sezione di riferimento corrispondente al punto di indagine 77.

Pertanto le verifiche di sicurezza non possono essere condotte poiché le assunzioni ipotizzate darebbero luogo ad approssimazioni eccessive.

4.13 Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 79 – sez.77)

Si tratta di un muro in c.a.. Dell'opera non è stato reperito nessun progetto.

Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.

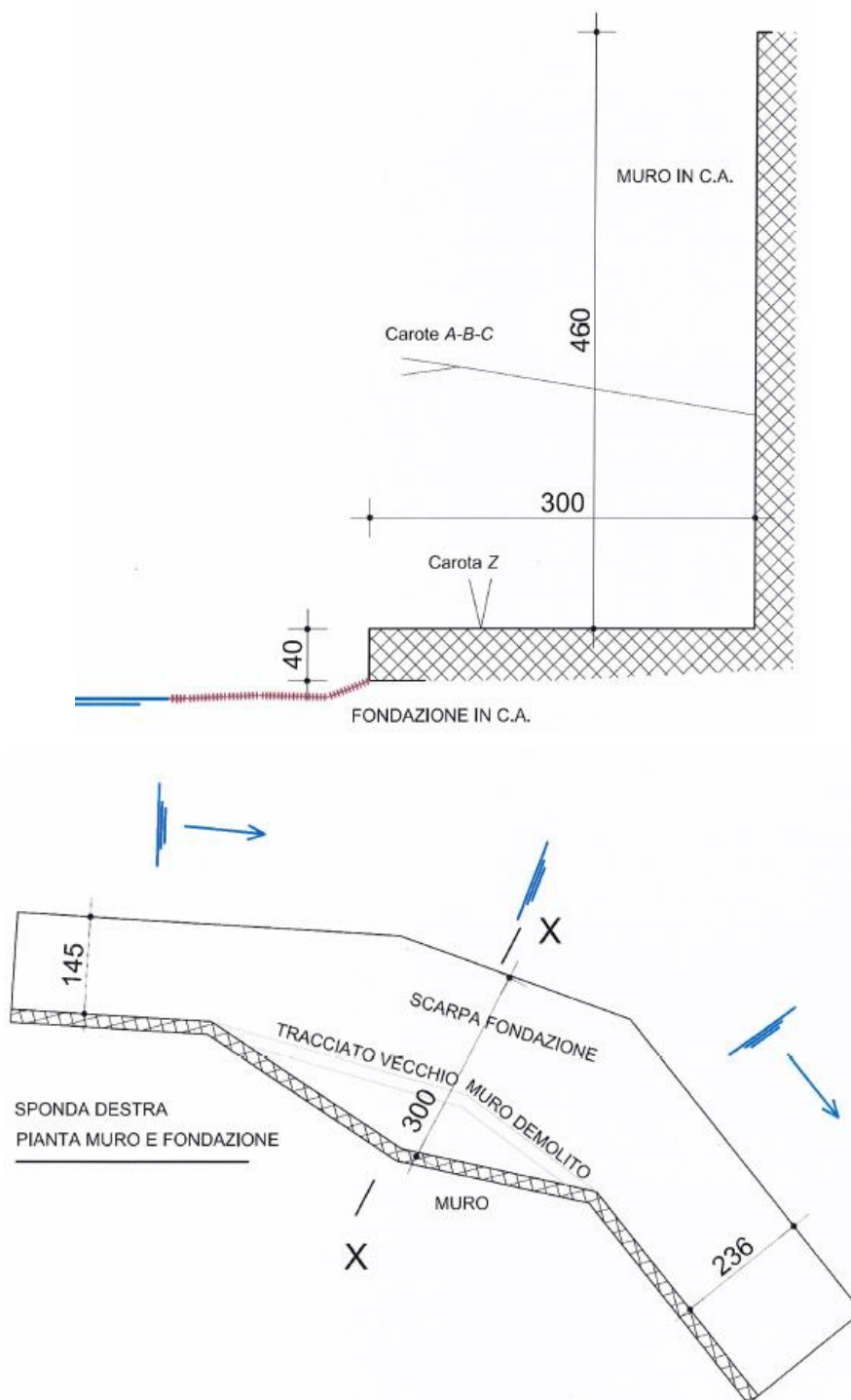


Fig. 15 – Sezione tipologica strutturale



Fig. 16 – Foto destra idraulica – punto di indagine 79

4.13.1 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 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]	
fcm	42,11

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	35,09

4.13.2 Ferri di armatura

La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica.

Armatura verticale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 19 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 41.5 cm.

4.13.3 Verifiche del muro in c.a.

Le verifiche del muro in c.a. vengono condotte considerando la sezione del muro così come rilevata in sito. Non essendo noto lo spessore del muro, si ipotizza arbitrariamente pari a 30 cm.

Viene eseguita la verifica del muro con ciabatta di fondazione larga $1,45+0,3 = 1,75$ m trascurando la presenza della ciabatta lato monte (muro a L) in mancanza di informazioni.

Verifiche del muro con ciabatta di fondazione larga 1,75 m

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H ₂ O	125,00
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	34,50
W2 - Peso proprio ciabatta	17,50
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	337,50
Spinta passiva del terreno strada (M2)	274,97

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	312,50	OK
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	430,90	
	FS [-]	1,38 > 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)	30,00		Prevale la spinta passiva
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	-150,00	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	27,29	
	FS [-]		

La condizione maggiormente gravosa risulta relativa all'argine in magra e alla spinta attiva del terreno da monte con la presenza di un sovraccarico d'uso pari a 20 kN/mq (blocchi di marmo e trasporto mezzi pesanti). In tal caso se non è presente una geometria diversa del muro (ciabatta di fondazione lato monte o presenza di pali), le verifiche non risultano soddisfatte allo stato dei luoghi attuale.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	62,86
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	78,66
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	27,94
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	34,96
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	22,88
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	22,90
W1 - Peso proprio nervatura	34,50
W2 - Peso proprio ciabatta	17,50
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	0,00
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	10,17
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	10,18

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	275,31
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	99,53
	FS [-]	0,36 < 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]	123,63	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	39,30	
	FS [-]	0,32 < 1	NO

La condizione maggiormente gravosa risulta relativa all'argine in magra e alla spinta attiva del terreno da monte. In tal caso se non è presente una geometria diversa del muro (ciabatta di fondazione lato monte o presenza di pali), le verifiche non risultano soddisfatte allo stato dei luoghi attuale.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	42,17
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	49,75
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	34,50
W2 - Peso proprio ciabatta	17,50
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Alveo in magra	0,00

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	91,21
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	53,66
	FS [-]	0,59 < 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]	54,82	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	27,32	
	FS [-]	0,50 < 1	
			NO

Criticità: Il muro in c.a. in oggetto, con le misure geometriche e la conformazione così come rilevate in sito, non risulta 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. Per assorbire le sollecitazioni in gioco occorre una tipologia di muro diversa: ciabatta fondazione lato monte o presenza di pali di fondazione.

Pertanto risultano necessari approfondimenti in sito sullo spessore del muro e sulla tipologia di fondazione (geometria e caratterizzazione – indagini sulla presenza o meno di pali di fondazione), prima di fornire indicazioni di intervento specifiche.

Le verifiche condotte in questa sede non sono da considerarsi rilevanti poiché le ipotesi fatte rispetto alle informazioni acquisite, sono sovrabbondanti.

4.14 Verifica Muro in pietra sinistra idraulica (rif. scheda 80 – sez.77)

Si tratta di un muro in pietra con sopralzo in c.a..

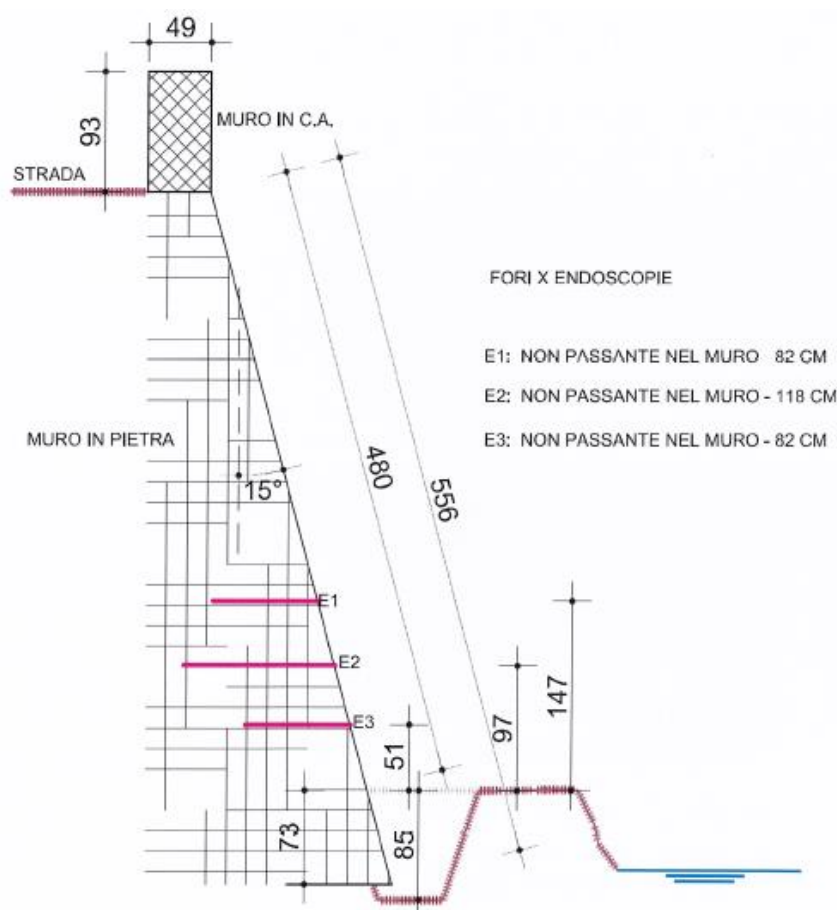


Fig. 17 – Sezione tipologica strutturale

4.14.1 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]	0-82	> 82	0-118	> 118	0-82	> 82
Materiale	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra

4.14.2 Verifiche del muro in pietrame

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

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	0,90
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	1,10
Qw - Spinta H2O	198,48
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	124,44
Ws - Peso proprio sopralzo	11,63
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	389,38
Spinta passiva del terreno strada (M2)	317,24

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	625,58	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	589,95	
	FS [-]	0,94 < 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. 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.

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 CLS Sx – Scheda 69-70	MURO IN CLS Sx – Scheda 72	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 71
Qualità Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura	-	-	 Sopralzo Non armato
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,62 < 1 	FS = 1,06 > 1 	FS = 0,37 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 1,12 > 1 	Si trascura la presenza dell'argine in terra superiore (no info) →	FS = 0,38 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	quota piena = estradosso muro cls.	-
Note	Non essendo nota la profondità del muro, non ci sono informazioni sufficienti per valutare le reali condizioni di sicurezza dell'opera.	Criticità: se la piena raggiunge l'argine in terra.  FS < 1 in condiz. sismiche 	Il sopralzo risulta non armato.

VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 71	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 73	MURO DI BASE IN C.A. Sx – Scheda 73
Qualita' Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura	-		
Caratt. ferri di inghisaggio	-		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,75 < 1 	FS > 1 	FS = 0,35 < 1 
Verifica a Slittamento	FS = 1,20 > 1 	-	FS = 0,34 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	FS > 1 	
Note	Muro in cls con sopralzo in c.a.	La geometria rilevata in sito è conforme al progetto, l'armatura in parte differisce (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013).	No info ciabatta di fondazione lato opposto alveo. Da verificare geometria e tipologia fondazione con indagini + approfondite.

VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 74	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 75	MURO DI BASE IN C.A. Sx – Scheda 75
Qualità Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura		 difforme dal progetto	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	 conforme al progetto	-
Verifica a Ribaltamento	-	FS = 1,1 > 1 	FS = 0,19 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS = 0,18 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	FS = 0,5 < 1 	
Note	Muro in cls sormontato da un muretto in pietrame a secco. Informazioni insufficienti sulla geometria del muro.	La geometria e le armature rilevate in sito sono difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013).	La geometria non corrisponde alle sezioni di progetto (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013). Criticità: rilevata lesione nel muro in c.a. nuovo confinante con l'opera in oggetto.

VERIFICA	MURO IN C.A. + SCOGLIERA Dx – Scheda 76	MURO IN PIETRA e CLS Dx – Scheda 77	MURO IN C.A. Sx – Scheda 78 Rif. All. A
Qualita' Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura		-	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	-
Micropali	-	-	
Verifica a Ribaltamento	-	-	FS < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-	FS < 1 
Note	Informazioni insufficienti sulla geometria del muro → livelli di approssimazione eccessivi.	Informazioni insufficienti sulla geometria del muro → livelli di approssimazione eccessivi.	La geometria non corrisponde al progetto che prevede un muro in c.a. su micropali (Rif. P.S. N. 896/2009 - 802/2013). No indagini approfondite sulla presenza dei micropali. Anche le dimensioni e la geometria della ciabatta di fondazione non sono conformi, l'armatura in parte differisce.

VERIFICA	MURO IN C.A. Dx – Scheda 79	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 80
Qualita' Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	Argine in piena FS = 1,38 > 1  Argine in magra FS = 0,36 < 1 	FS = 0,76 < 1 
Verifica a Slittamento	Argine in piena Prevale la spinta passiva  Argine in magra FS = 0,32 < 1 	-
Verifica sezione in c.a.	-	
Note	Necessari approfondimenti in sito sullo spessore del muro e sulla tipologia di fondazione (geometria lato monte e caratterizzazione – indagini sulla presenza o meno di pali di fondazione). Le verifiche condotte in questa sede non hanno significato poiché le ipotesi fatte rispetto alle informazioni acquisite, sono sovrabbondanti.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. FS < 1 in condiz. sismiche 

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende un'eterogeneità delle tipologie spondali: sono presenti muri realizzati ex novo in c.a., vecchi muri in pietra con rialzo in calcestruzzo armato; muri in pietra con rialzo in muratura non idonea, fabbricati le cui strutture portanti hanno funzione di arginatura; arginature realizzate con scogliere intasate e rialzo soprastante con geoblocchi.

I nuovi muri d'argine in c.a. e i sopralzi in c.a. di muri d'argine in cls esistenti fanno riferimento alle pratiche sismiche N. 896/2009 - 802/2013. In molti casi si riscontrano difformità nella geometria e/o nella disposizione dell'armatura. In particolare per quanto riguarda il nuovo muro in c.a. riferito alla scheda 78 che nel progetto è previsto con fondazioni su pali, in sito la fondazione e la presenza dei pali non è stata sufficientemente indagata, ma per quanto rilevato lascia interpretare l'assenza dei micropali. Risultano quindi necessari approfondimenti, poiché con la geometria rilevata in sito, 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, non sono rispettati.

Alcune delle opere arginali non sono state rilevate approfonditamente spesso per impossibilità di accesso. Laddove possibile si richiedono approfondimenti in sito.

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 riscontrate:

- Erosioni diffuse alla fondazione delle arginature e presenza di eterogeneità costruttiva ad alta vulnerabilità.
- Presenza di lavori in corso in corrispondenza di discontinuità strutturale (giunti tra strutture contigue visibili e mancanza idonei giunti a tenuta idraulica).
- Rivalutazione della capacità portante dei fabbricati presenti in alveo, che presentano un avanzato stato di degrado, in quanto in disuso.

Interventi previsti:

- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri in cls e pietra mediante paratia di micropali con o senza tirantatura.*
- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri in cls o pietra + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali.*
- *In destra idraulica risultano necessari approfondimenti in sito sullo spessore del muro e sulla tipologia di fondazione (geometria e caratterizzazione – indagini sulla presenza o meno di pali di fondazione), prima di fornire indicazioni di intervento specifiche (rif. scheda 79).*

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. sinistra idraulica (rif. scheda 78 – sez.74)

6.1 Dati generali

Oggetto: Muro in c.a.

Anno di costruzione dell'opera: 2013

Localizzazione: Tratto 10 – sinistra idraulica (rif. sez. topografica n.74)

Lunghezza muro: ~ 50 m

Pratica sismica di riferimento: N. 802/2013: "Lavori di sistemazione alveo Torrente Carrione"

Collaudo Statico: Si → 08.01.2014.

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 nelle immediate vicinanze e nella zona retrostante dello stesso. La zona retrostante il muro è interessata da terreni a verde non edificati di proprietà privata.



Fig. 18 – Immagine dell'area scaricata da google map

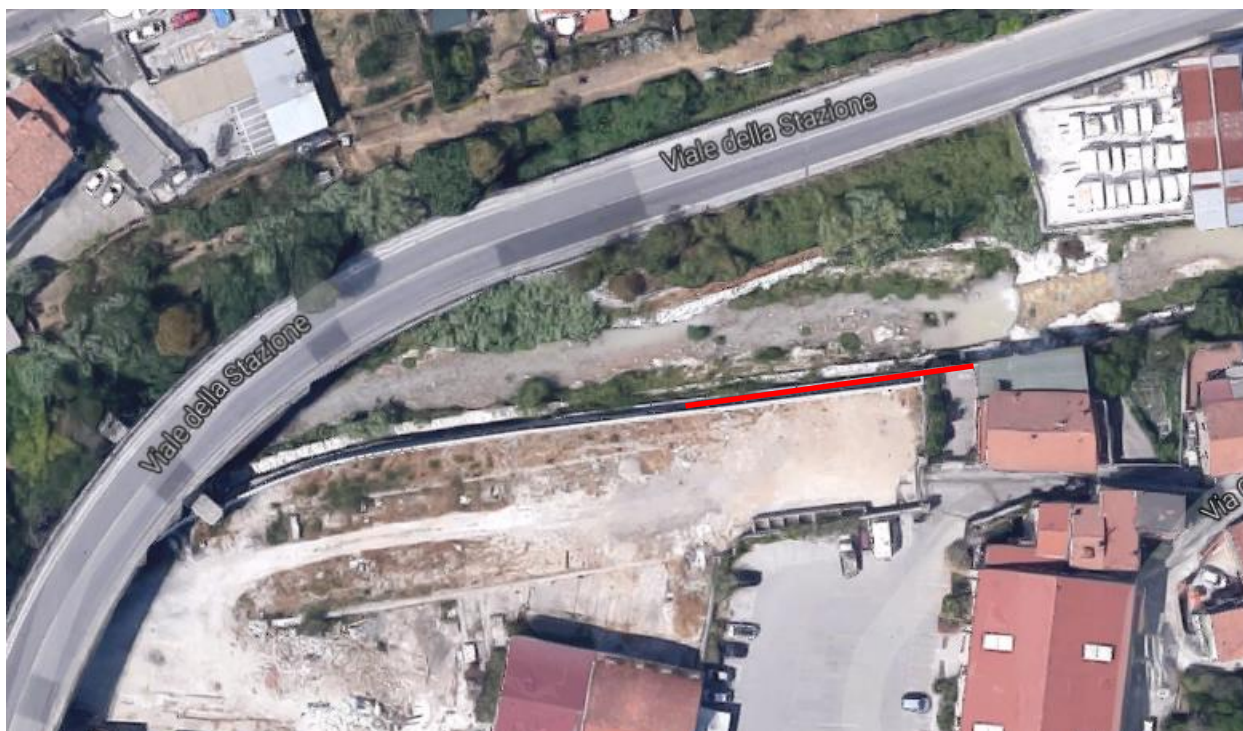


Fig. 19 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map



Fig. 20 – Foto Muro arginale in c.a.

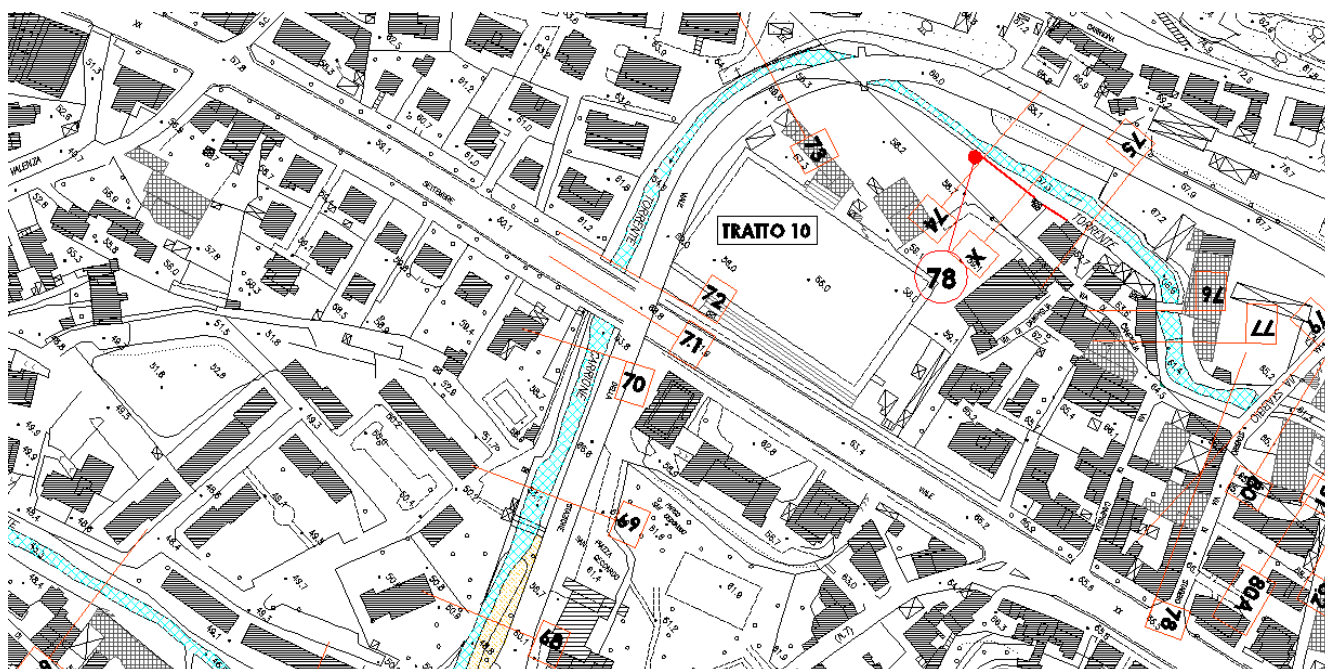


Fig. 21 – Inquadramento planimetrico – Tratto 10 – Sponda sinistra

6.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 802/2013

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

- 1) Tavole di progetto (sezioni di progetto, dettagli costruttivi, planimetria di inquadramento)
- 2) Relazione tecnico descrittiva con documentazione fotografica (marzo 2008)
- 3) Relazione tecnica di calcolo (marzo 2008)
- 4) Relazione tecnica di calcolo (giugno 2008)
- 5) Relazione tecnica di calcolo (giugno 2009)
- 6) Relazione Geologica

Il progetto, nella sua ultima versione finale, fa riferimento a:

- Sez.71-74: sopralzo del muro esistente in c.a. mediante muro in c.a. di spessore 30 cm e altezza variabile tra 1.5 m e 3.0 m.
- Sez.74-75: realizzazione di nuovo muro in c.a. di spessore 30 cm e altezza 3.0 m con fondazione in micropali indipendente dalla struttura del muro esistente.

Come emerge dall'ultima relazione di calcolo (giugno 2009), *“nel tratto tra la sezione 74 e 75, dove non è stato possibile verificare lo stato dell'argine in cls esistente avente un'insicura fondazione su massi, verrà realizzata alle spalle dell'esistente un nuovo argine di altezza massima 300 cm avente fondazione su micropali”*.

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

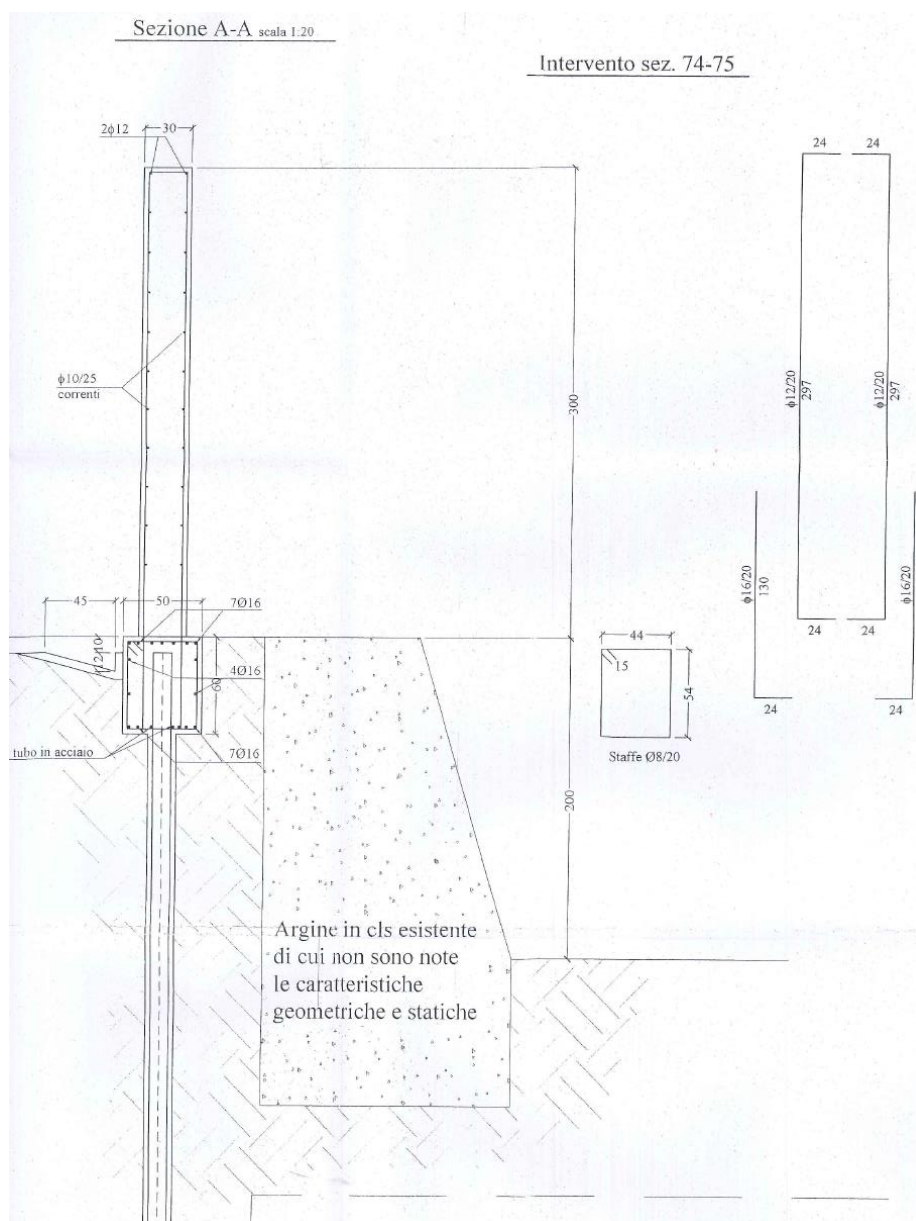


Fig. 22 – Estratto Pratica Sismica N. 802/2013

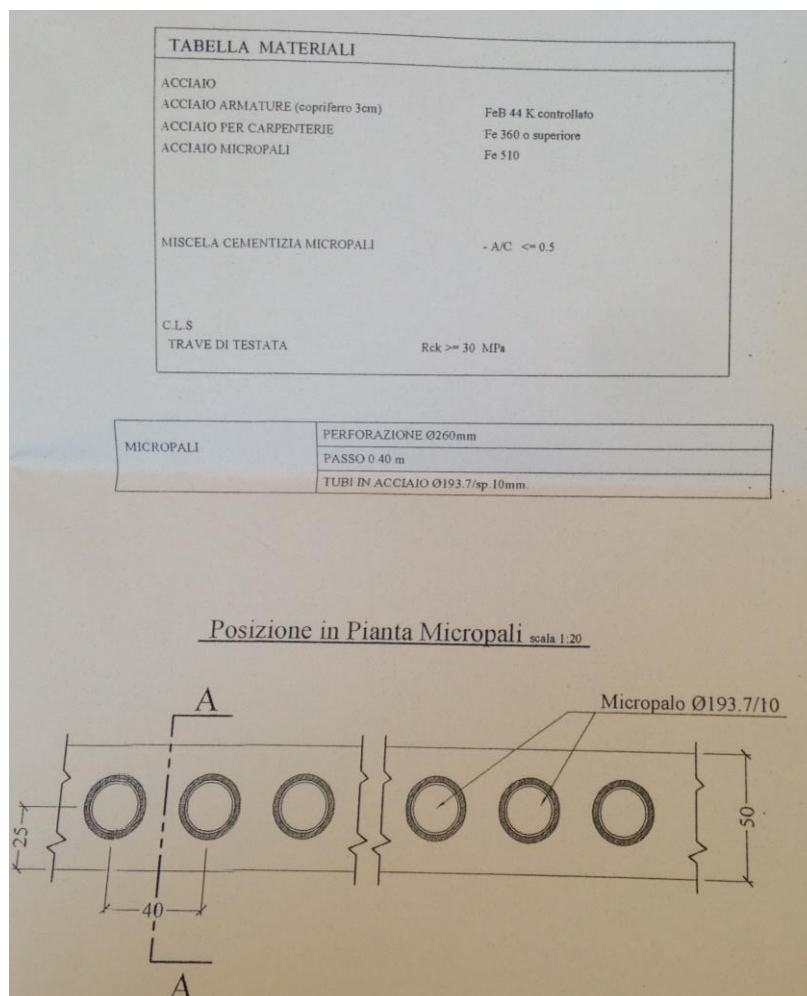


Fig. 23 – Estratto Pratica Sismica N. 802/2013

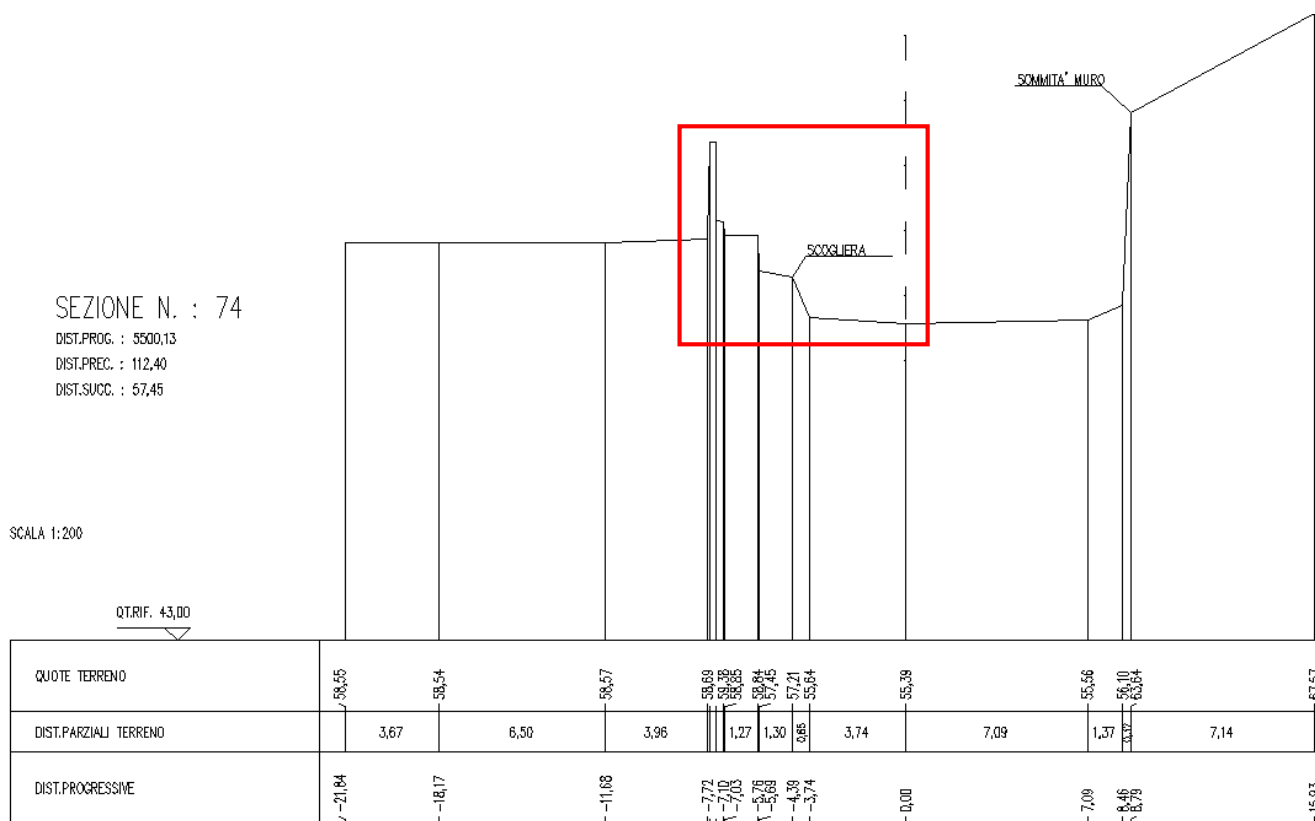


Fig. 25 – Sezione n.74 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale

6.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 74)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria e la tipologia del muro è difforme da quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 802/2013): il nuovo muro, così come da rilievo in sito, ha un'altezza maggiore (4.0 m anziché 3.0 m) e presenta una ciabatta di fondazione a differenza della sezione di progetto che prevede un paramento verticale poggianti su una fondazione di micropali con trave di cordolo in sommità. Inoltre, non sono state eseguite indagini in profondità atte a verificare la presenza dei micropali. Le difformità riscontrate sulla fondazione portano a presupporre l'assenza dei micropali.
- 2) Dalle foto e dal sopralluogo il muro in oggetto (sez. 74 – 75) sembra essere la naturale continuità del muro che lo precede (sez. 71 – 74) che è rappresentato da un muro in c.a. in sopraelevazione di un muro esistente direttamente inghiato ad esso e senza nessuna fondazione propria. Non si denota quindi nessuna differenza tipologica tra le due diverse sezioni.



Fig. 26 – Sezione n.74 – linea tratteggiata (muro di sopralzo su fondazione di micropali) - linea continua (muro di sopralzo su muro esistente)

6.4.2 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 c.a di buone caratteristiche (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito riportate nel book relativo al quadro conoscitivo).

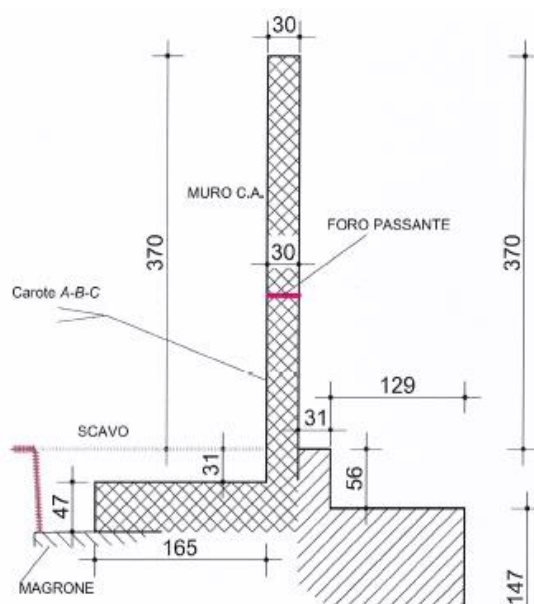


Fig. 27 – Punti di indagine

PROVE SONREB - SOPRALZO						
PUNTO	A	B	C	A'	B'	C'
Ir	42,4	36,4	39,1	40,7	41,3	40,4
Vp [m/s]	4400,0	4389,0	4379,0	4400,0	4389,0	4379,0
Rs0	52,3	42,0	46,1	49,4	50,1	48,3
Rs1	51,6	43,7	46,8	49,4	49,9	48,5
Rs2	47,3	38,9	42,3	44,9	45,5	44,1
Rs3	43,1	36,2	39,1	41,2	41,7	40,5
Rs (medio)	48,6	40,2	43,6	46,2	46,8	45,3
fc (0,83 Rs)	40,3	33,3	36,2	38,4	38,8	37,6
						37,4

CAROTE (Masi, 2005)							
PROVINO	f _{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C _{h/D}	f _{cis} [Mpa]	Rc [Mpa]
78A	30,4	104	208	0,50	1,00	30,4	36,63
78B	29,7	104	207	0,50	1,00	29,6	35,66
78C	25,3	104	207	0,50	1,00	25,2	30,36
					media	28,40	34,22

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mmq]	
fcm	31,42

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	26,18

6.4.3 Ferri di armatura

La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica.

Armatura verticale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 20 cm. → OK coerente con il progetto. Nel progetto sono anche previsti dei ferri di rinforzo nella sezione di base della nervatura pari a $\Phi 16$ passo 20 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 20 cm → NON coerente con il progetto (che prevede $\Phi 10$ passo 25 cm).

6.5 Verifiche del muro arginale

Le verifiche del muro in c.a. vengono condotte considerando la sezione del muro così come rilevata in sito e trascurando la presenza della porzione di muro in cls e della scogliera di fronte ad esso. Peraltro non ci sono informazioni utili sul collegamento tra il muro in c.a. e il muro in cls e scogliera.

La verifica viene condotta considerando la geometria di muro rilevata (muro a L) che risulta dissforme dal progetto che prevede un paramento verticale (di altezza inferiore rispetto a quella rilevata) poggiante su una fondazione di micropali.

Condizioni idrauliche di massima piena

Si considera lo schema di muro a mensola. In assenza di rilevato a tergo del muro, la condizione idraulica di massima piena risulta maggiormente gravosa per il muro rispetto alla condizione statica e sismica in stato di magra.

DATI CARATTERISTICI MURO	
<u>Peso di volume c.c.a. [kN/mc]</u>	<u>25</u>
h nervatura [m]	4,01
h ciabatta [m]	0,47
h tot muro [m]	4,48
h terreno su ciabatta di valle [m]	0
spessore nervatura [m]	0,3
Larghezza totale ciabatta [m]	1,95
L mensola ciabatta di monte [m]	1,65

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H ₂ O	100,35
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	30,08
W2 - Peso proprio ciabatta	22,91
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	9,21
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	8,21
Spinta passiva del terreno strada (M2)	6,69

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	224,79	NO
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	77,23	
	FS [-]	0,34 < 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3		
$\delta k = \Phi' (M1)$	30,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	142,31	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	32,64	
	FS [-]	0,23 < 1	NO

Verifica della sezione in c.a. del muro – Stato Limite Ultimo Strutturale $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 61,62 / 161,07 = 0,38 < 1 \rightarrow$ **NO** (Verifica della sezione di incastro con armatura come da rilievo).

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_muro_ca_78

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

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 30,08 0 kN
M_{xEd} 161,07 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

Materiali B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 61,62 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 21,02 ‰
d 25 cm
x 3,568 x/d 0,1427
 δ 0,7

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
Precompresso

Verifica della sezione in c.a. del muro – Stato Limite Ultimo Strutturale $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 142,9 / 161,07 = 0,89 < 1 \rightarrow$ **NO** (Verifica della sezione di incastro con armatura come da progetto – comprensiva dei ferri di rinforzo).

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_muro_ca_78

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

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	5
2	15,71	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 30,08 0 kN
M_{xEd} 161,07 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

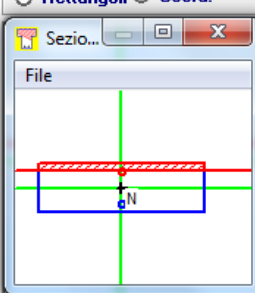
ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 142,9 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 13,27 ‰
d 25 cm
x 5,218 x/d 0,2087
δ 0,7009

Sezio...

File



NB: Tali sollecitazioni derivano dalla geometria rilevata in sito e non dalla geometria di progetto.

6.6 Riepilogo

6.6.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → Difformità delle caratteristiche tipologiche e delle dimensioni geometriche. Non indagata per la parte delle fondazioni profonde.

Armature → Conformi. Non indagata l'armatura di rinforzo alla base.

Rischi → Sicurezza strutturale per difformità geometriche e tipologiche rispetto al progetto.

Condizione di carico più gravosa → Condizioni idrauliche di massima piena.

Verifiche → $FS < 1$ per la sezione di incastro del muro in c.a. allo SLU.

$FS < 1$ per le verifiche di equilibrio.

6.6.2 Criticità

- 1) La geometria e la tipologia del muro è difforme da quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 802/2013): il nuovo muro, così come da rilievo in sito, ha un'altezza maggiore (4.0 m anziché 3.0 m) e presenta una ciabatta di fondazione a differenza della sezione di progetto che prevede un paramento verticale poggiante su una fondazione di micropali con trave di cordolo in sommità. Inoltre, non sono state eseguite indagini in profondità atte a verificare la presenza dei micropali. Le difformità riscontrate sulla fondazione portano a presupporre l'assenza dei micropali.
- 2) Assenza di informazioni sul palancolato di fondazione.

6.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire la geometria dell'opera prevedendo indagini e saggi mirati in profondità tali da poter rilevare l'effettiva presenza dei micropali di fondazione e le sue caratteristiche tipologiche.

6.7 Interventi

- 1) **Realizzazione di Paratia di micropali a tergo del muro.**

6.8 Stima degli interventi

Realizzazione paratia di micropali

Costo stimato = 160.000 €.