

**RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI  
MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA  
- TRATTO 08 -**

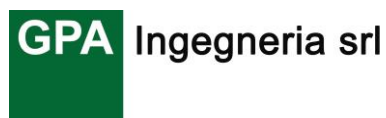
**Progetto:** Studio di Fattibilità  
**Commessa:** C15003  
**Cliente:** REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile  
**Oggetto:** Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.  
**N. Elaborato:** 02.RG.04.08

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

<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Scopo .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Quadro Conoscitivo Tratto 08 .....</b>	<b>6</b>
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali .....	6
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione .....	7
3.3	Osservazioni Preliminari .....	8
<b>4</b>	<b>Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali .....</b>	<b>10</b>
4.1	Quadro normativo di riferimento .....	10
4.2	Condizioni di carico .....	10
4.3	Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali .....	11
4.4	Verifica Muro in pietra destra idraulica (rif. scheda 48 – sez.47) .....	12
4.4.1	Caratteristiche dei materiali .....	12
4.4.2	Verifiche del muro in pietrame .....	13
4.5	Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 50-51 – sez.48-X) .....	15
4.5.1	Caratteristiche dei materiali .....	16
4.5.2	Ferri di armatura .....	16
4.5.3	Verifiche del sopralzo in c.a. ....	17
4.6	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 49 – sez.Y) .....	18
4.6.1	Caratteristiche dei materiali .....	18
4.6.2	Verifiche del muro a gravità .....	19
4.7	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 49 – sez.Y) .....	20
4.7.1	Caratteristiche dei materiali .....	21
4.7.2	Ferri di armatura .....	22
4.7.3	Verifiche del sopralzo in c.a. ....	22
4.8	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 52 – sez.48) .....	23
4.8.1	Caratteristiche dei materiali .....	25
4.8.2	Ferri di armatura .....	25
4.8.3	Verifiche del sopralzo in c.a. ....	25
4.9	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 53 – sez.49) .....	27
4.9.1	Caratteristiche dei materiali .....	27

<b>4.10</b>	<b>Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 55 – sez.50)</b>	<b>28</b>
4.10.1	Caratteristiche dei materiali	28
4.10.2	Verifiche del muro a gravità	29
<b>4.11</b>	<b>Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 56 – sez.51A)</b>	<b>30</b>
4.11.1	Caratteristiche dei materiali	30
<b>4.12</b>	<b>Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 59 – sez.52)</b>	<b>31</b>
<b>4.13</b>	<b>Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 60 – sez.54)</b>	<b>32</b>
4.13.1	Caratteristiche dei materiali	33
4.13.2	Ferri di armatura	34
4.13.3	Verifiche del sopralzo in c.a.	34
<b>4.14</b>	<b>Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 60 – sez.54)</b>	<b>36</b>
4.14.1	Caratteristiche dei materiali	37
4.14.2	Verifiche del muro a gravità	37
<b>4.15</b>	<b>Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 62 – sez.54)</b>	<b>38</b>
4.15.1	Caratteristiche dei materiali	39
4.15.2	Ferri di armatura	40
4.15.3	Verifiche del sopralzo in c.a.	41
<b>4.16</b>	<b>Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 62 – sez.54)</b>	<b>42</b>
4.16.1	Caratteristiche dei materiali	42
4.16.2	Verifiche del muro a gravità	43
<b>4.17</b>	<b>Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 48 e 48bis – sez.48 e 48bis)</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>All. A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 54 – sez.49)</b>	<b>56</b>
6.1	Dati generali	56
6.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera	56
6.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 696/2013	58
6.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	60
6.4.1	Geometria	61
6.4.2	Caratteristiche dei materiali	62
6.4.3	Ferri di armatura	63
<b>6.5</b>	<b>Verifiche del muro arginale</b>	<b>64</b>
6.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena	64

<b>6.6</b>	<b>Riepilogo .....</b>	<b>66</b>
6.6.1	Conformità .....	66
6.6.2	Criticità .....	66
6.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	66
<b>6.7</b>	<b>Interventi .....</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 57).....</b>	<b>67</b>
7.1	Dati generali .....	67
7.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera .....	67
7.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 696/2013 .....	69
7.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito .....	71
7.4.1	Geometria .....	71
7.4.2	Caratteristiche dei materiali .....	72
7.4.3	Ferri di armatura .....	73
7.5	Verifiche del muro arginale .....	73
7.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena .....	73
7.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno .....	75
7.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra).....	78
7.6	Riepilogo .....	80
7.6.1	Conformità .....	80
7.6.2	Criticità .....	80
7.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	80
7.7	Interventi .....	80
<b>8</b>	<b>All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 58 – sez. 51A).....</b>	<b>81</b>
8.1	Dati generali .....	81
8.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera .....	81
8.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 278/1990 .....	83
8.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito .....	85
8.4.1	Geometria .....	87
8.4.2	Caratteristiche dei materiali .....	87
8.4.3	Ferri di armatura .....	88
8.5	Verifiche del muro arginale .....	89

<b>8.6</b>	<b>Riepilogo .....</b>	<b>89</b>
8.6.1	Conformità .....	89
8.6.2	Criticità .....	89
8.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	89
<b>8.7</b>	<b>Interventi .....</b>	<b>90</b>
<b>8.8</b>	<b>Stima degli interventi .....</b>	<b>90</b>
<b>9</b>	<b>All. D - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 61 – sez. 53) .....</b>	<b>91</b>
<b>9.1</b>	<b>Dati generali .....</b>	<b>91</b>
<b>9.2</b>	<b>Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera .....</b>	<b>91</b>
<b>9.3</b>	<b>Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 696/2013 .....</b>	<b>93</b>
<b>9.4</b>	<b>Risultati delle indagini conoscitive in sito .....</b>	<b>95</b>
9.4.1	Geometria .....	95
9.4.2	Caratteristiche dei materiali .....	96
9.4.3	Ferri di armatura .....	97
<b>9.5</b>	<b>Verifiche del muro arginale .....</b>	<b>98</b>
9.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena .....	98
<b>9.6</b>	<b>Riepilogo .....</b>	<b>100</b>
9.6.1	Conformità .....	100
9.6.2	Criticità .....	100
9.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	100
<b>9.7</b>	<b>Interventi .....</b>	<b>100</b>

## 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 08.

## 3 Quadro Conoscitivo Tratto 08

TRATTO = 08

LOCALIZZAZIONE = dal Ponte di via Brigade Partigiane al Ponte di via Piave

LUNGHEZZA TRATTO = 838 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 08. 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 c.a. in sopralzo di muro d’argine esistente in pietra con scogliera e terre armate a protezione;
- Muro d’argine in c.a.;
- Muro a gravità + argine in terra;
- Muro d’argine in c.a.;
- Muretto in cls + argine in terra;
- Muro d’argine a gravità + sopralzo in c.a.;
- Muro in c.a. costituito dal muro d’ala del ponte di via Piave.

**Sinistra Idraulica**

- Muro d'argine a gravità + "Fabbricati Argine";
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente a gravità;
- Muro d'argine con montanti metallici e interposti blocchi in cls realizzato in sopralzo di muro d'argine esistente;
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di scogliera realizzata con blocchi di marmo (Riferimento Pratica Sismica N. 389/2013);
- Muro d'argine in c.a. previsto da progetto riferito alla Pratica Sismica N. 278/1990;
- Muro d'argine in c.a.;
- Muro in c.a. costituito dal muro d'ala del ponte di via Piave.

**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 08.

**PRATICHE SISIMICHE****N. 696/2013**

Progetto Sistemazione Torrente Carrione tra Ponte Via Brigate Partigiane e Ponte Via Piave mediante:

- l'ampliamento delle sezioni idrauliche,
- il consolidamento delle opere idrauliche di difesa spondale esistenti,
- la realizzazione di nuovi rilevati arginali come sopralzi in c.a. e muri in c.a. (alcuni fondati su micropali) privilegiando, dove possibile, interventi di basso impatto ambientale quali terre armate,
- l'asportazione di parte del materiale detritico depositato in alveo.

Si rimanda alla consultazione del progetto in questione poiché sono previste molte opere.

**N. 389/2013**

Realizzazione nuovo muro spondale costituito da blocchi di marmo a protezione della sinistra idraulica del Torrente Carrione in corrispondenza della proprietà della società IGF MARMI SRL.

**N. 278/1990**

Costruzione muro d'argine in c.a. con struttura reggisplinta autoportante ancorata a fondazioni continue di lunghezza complessiva pari a 85 m e altezza max fuori terra pari a 3.50 m - Proprietà ESSEMARMI.

Pratica Sismica	Descrizione	Committente	FL	Collaudo	N.Omologazione
P.S. 696/2013	Progetto Sistemazione Torrente Carrione tra Ponte Via Brigate Partigiane e Ponte Via Piave	Provincia MS	26/11/14	12/12/14	Omol.19
P.S. 389/2013	Realizzazione nuovo muro spondale	IGF Marmi srl	24/07/13	07/08/13	Omol.19
P.S. 278/1990	Costruzione muro d'argine	Essemarmi srl	06/09/90	24/09/90	Omol.19

### 3.3 Osservazioni Preliminari

#### Destra Idraulica

- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente in pietra. L'argine in sx idraulica è costituito da un muro d'argine esistente in pietra con rialzo in c.a.. A protezione è stata realizzata una scogliera con terre armate per un tratto che va dalla sezione X alla sezione 49 (Rif. Book di inquadramento conoscitivo). Criticità: Intervento non previsto nel progetto depositato n°696/2013.
- Muro d'argine in c.a..
- Muretto in cls + Terre Armate.  
Criticità: In corrispondenza della seconda briglia era prevista una difesa spondale con gabbionate di lunghezza pari a circa 9/10 ml. Rif.to progetto n° 696/13, in sostituzione sono stati posizionati dei massi di varie dimensioni per uno sviluppo inferiore. Presenza di edifici poggianti sui muri d'argine.
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente a gravità.  
Presenza di un nuovo muro d'argine in c.a. realizzato in sopraelevazione di muro esistente in c.a..

#### Sinistra Idraulica

- Muro d'argine a gravità + "Fabbricati Argine". Criticità: Presenza di edifici poggianti sui muri d'argine, la stabilità può essere compromessa dal sovraccarico.
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente a gravità.  
Presenza di un muro d'argine in c.a. della altezza di circa ml. 1, realizzato in sopralzo di un muro d'argine esistente, a monte del ponte di via Brigate Partigiane. Presenza di scogliera cementata, eseguita in somma urgenza, a difesa delle fondazioni del muro d'argine a monte del ponte di via Brigate Partigiane.
- Muro d'argine con montanti metallici e interposti blocchi in cls realizzato in sopralzo di muro d'argine esistente. Criticità: L'opera è da valutarsi non idonea.
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di scogliera realizzata con blocchi di marmo (Riferimento Pratica Sismica N. 389/2013).
- Muro d'argine in c.a..
- Muro in c.a. costituito dal muro d'ala del ponte di via Piave.  
Criticità: a valle del Ponte di via Piave per erosione alla base del muro in sx.





## NOTE

Criticità diffusa in sinistra idraulica per la presenza di fabbricati industriali poggiati direttamente sul muro di sponda del corso d'acqua.

Criticità legata alla presenza di discontinuità e assenza di collegamenti tra strutture in cls realizzate in epoche diverse (da verificare l'efficacia dell'ancoraggio).

## 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 08.

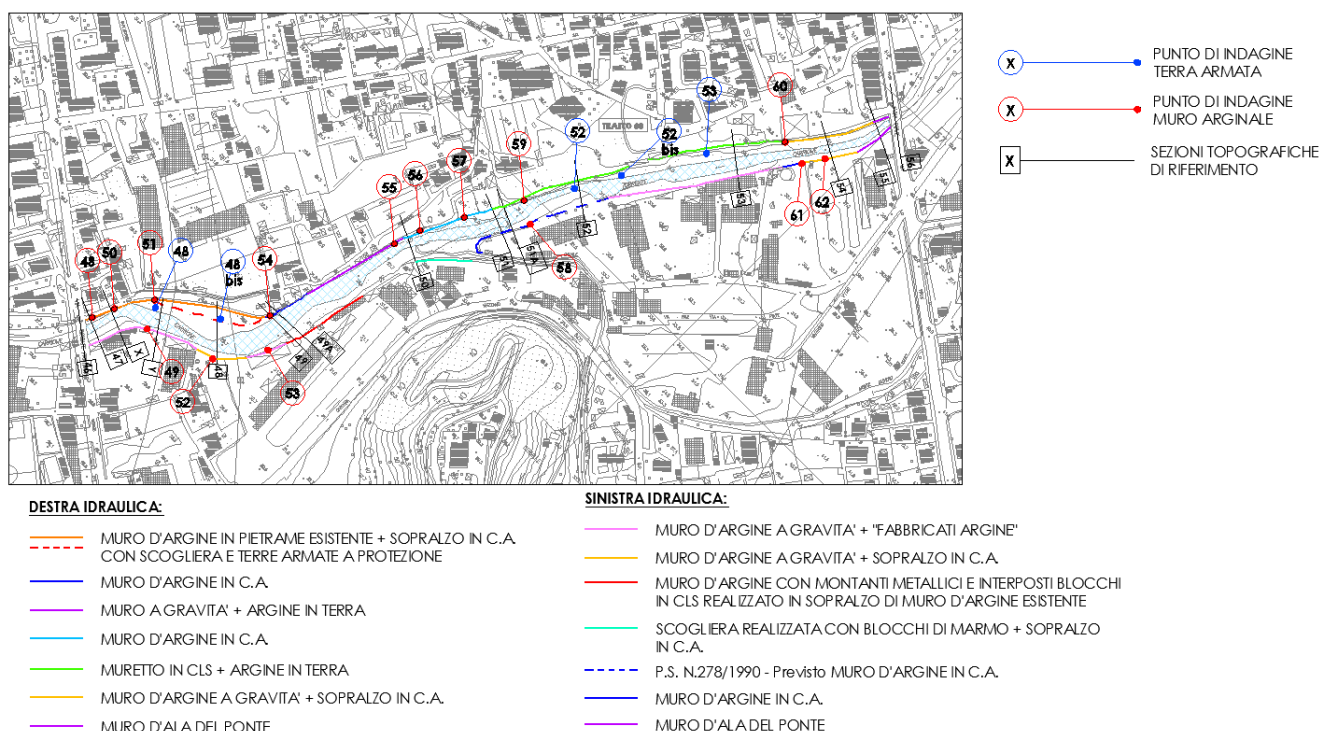


Fig. 1 – Inquadramento tratto 08

### 4.1 Quadro normativo di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 14.01.2008
- 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.

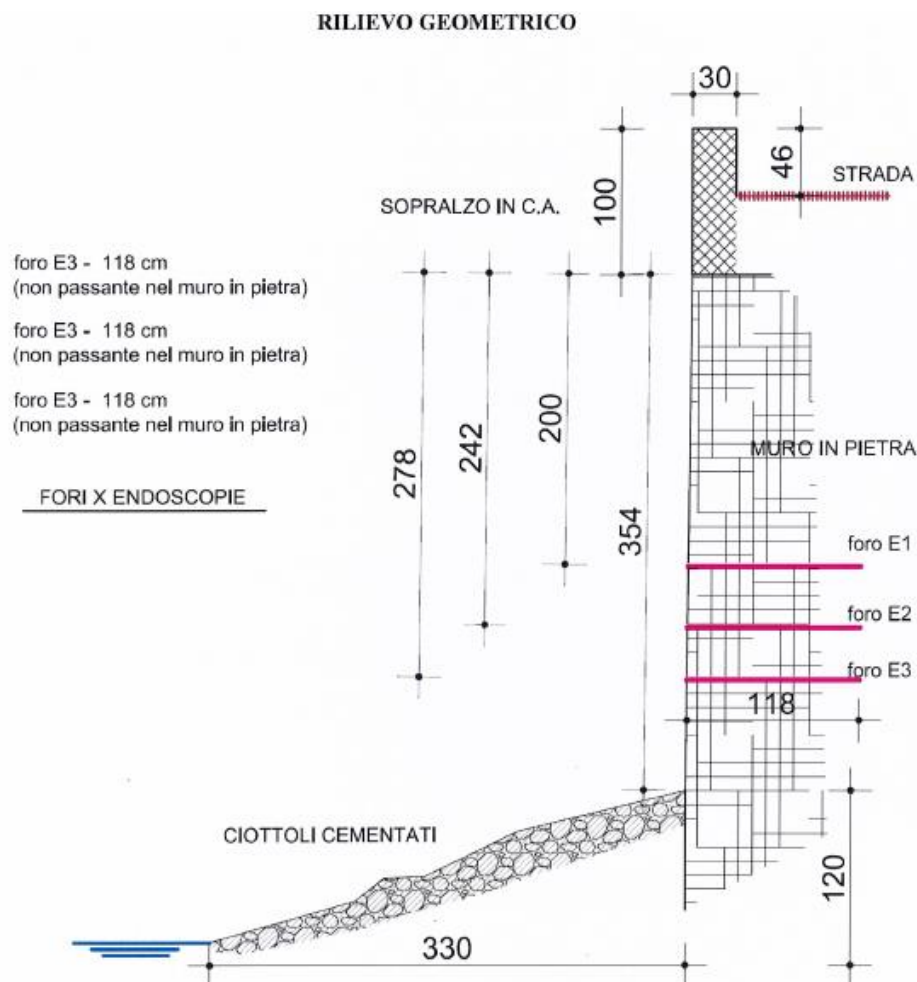


#### **4.3 Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali**

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 pietra destra idraulica (rif. scheda 48 – sez.47)

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



**Fig. 2 – Sezione tipologica strutturale**

##### 4.4.1 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,  $\tau_0$  = 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 <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	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]	0-118	> 118	0-118	> 118	0-118	> 118
Materiale	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra

#### 4.4.2 Verifiche del muro in pietrame

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

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso è stata indagata fino a 118 cm rilevando la presenza del muro in pietra per l'intera lunghezza. Per tale motivo si ipotizza a vantaggio di sicurezza una larghezza del muro pari alla profondità indagata. Un'eventuale

maggior profondità dello stesso sarà da approfondire in sito e potrebbe determinare il soddisfacimento delle verifiche di equilibrio laddove la profondità ipotizzata risulta insufficiente. Nel caso in esame si osserva che la verifica risulta soddisfatta assumendo, a vantaggio di sicurezza, uno spessore del muro in pietra pari a 120 cm.

	<b><math>\gamma=1.0</math></b>
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	-
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	-
Qw - Spinta H <sub>2</sub> O	164,74
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
W1 - Peso proprio muro	108,07
Ws - Peso proprio sopralzo	7,50
W4 - Peso proprio terreno su muro in pietra	9,72
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	376,36
Spinta passiva del terreno strada (M2)	306,63

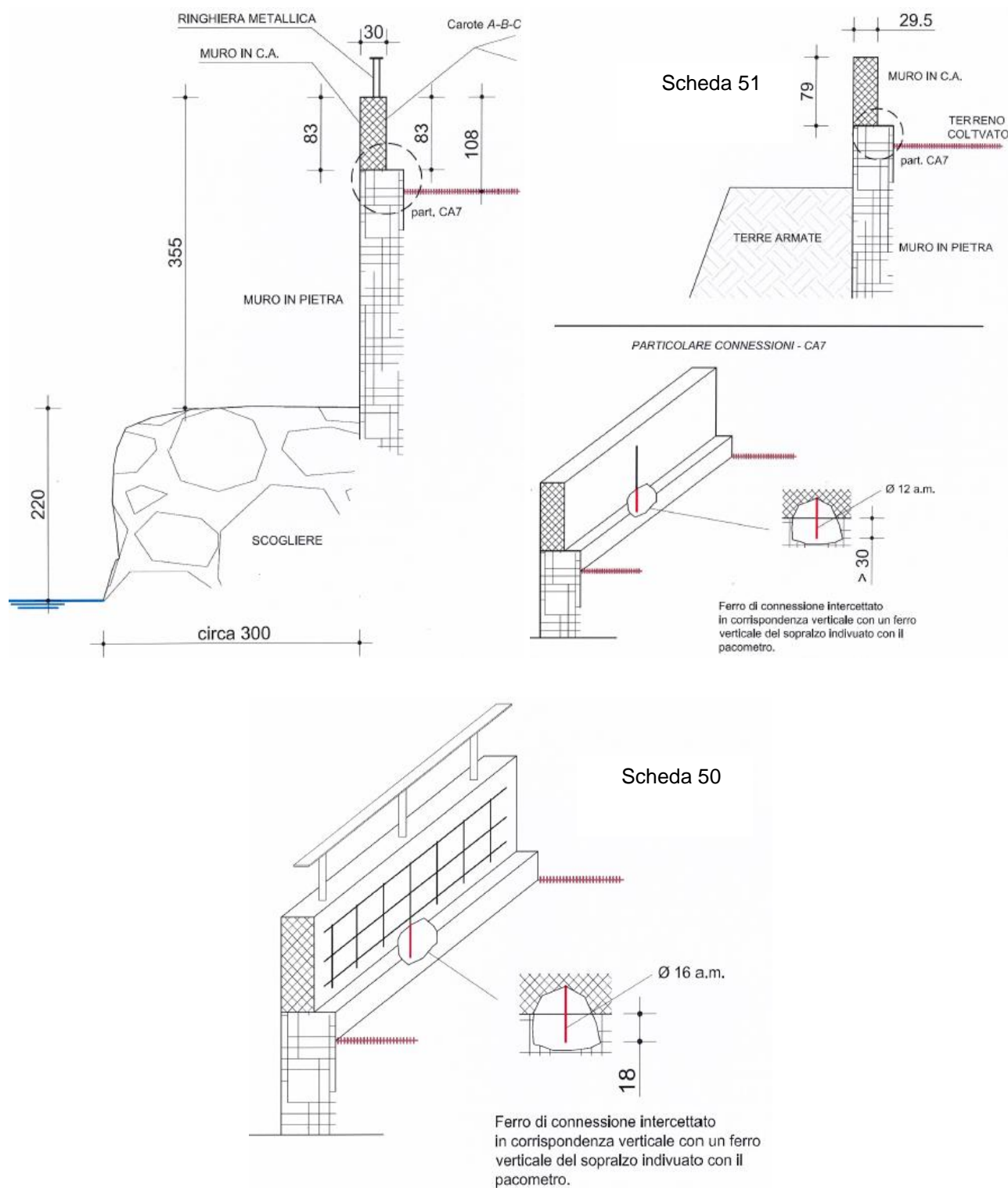
<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2</b>			
<b>MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)</b>	Mr [kNm/m]	472,80	
<b>MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)</b>	Ms [kNm/m]	555,09	
	<b>FS [-]</b>	<b>1,17 &gt; 1</b>	<b>OK</b>

### **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.

#### 4.5 Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 50-51 – sez.48-X)

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



**Fig. 3 – Sezione tipologica strutturale**



#### 4.5.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sonreb) e in laboratorio (prove a rottura sui provini ottenuti dalle carote), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il 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 <sup>2</sup> ]	
fcm	26,70

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	22,25

#### 4.5.2 Ferri di armatura

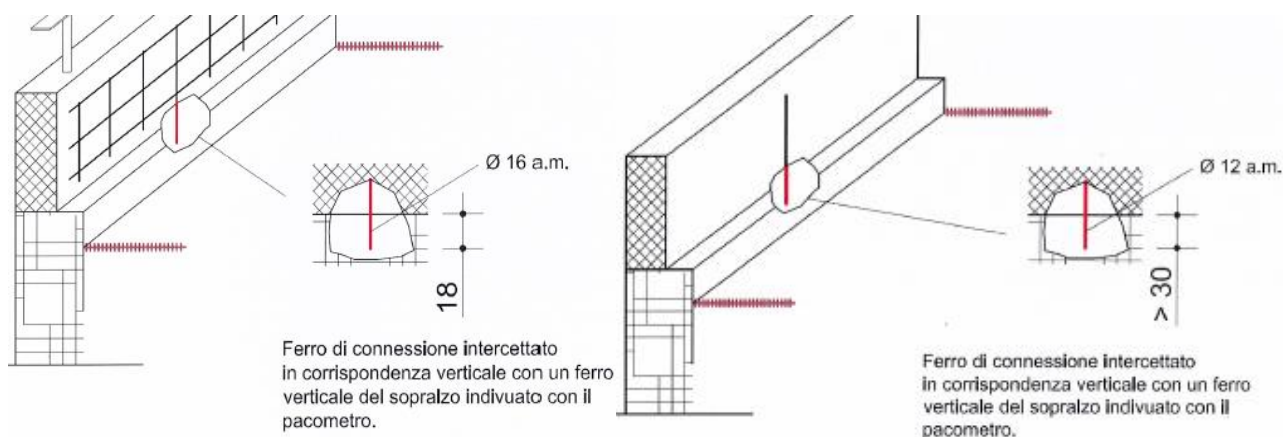
La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica.

Armatura verticale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 23 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 22 cm.

Scheda 50: Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo =  $\Phi 16$  Lancoraggio = 18 cm.

Scheda 51: Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo =  $\Phi 12$  Lancoraggio > 30 cm.





#### 4.5.3 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	3,20
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	6,00
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

Momento ribaltante (STR):  $M_{soll} = 1,28 \text{ kNm/m}$

**Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale  $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 46 / 1,28 = 36,0 > 1$**

**$\rightarrow$  OK**

#### **Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls**

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo =  $\Phi 12$  Lancoraggio = 30 cm.

$M_{soll} \text{ (SLU)} = 1,28 \text{ kNm}$

$M_{res} = 11,77 \text{ kN}$

**$M_{res}/M_{soll} = 11,77 / 1,28 = 9,2 > 1 \rightarrow$  OK**

**$L \text{ ancoraggio} = 30 \text{ cm} \rightarrow$  OK**

#### **Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):**

$T/A = 4,8 \text{ kN} / 2,01 \text{ cmq} = 23,88 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$  OK

#### 4.6 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 49 – sez.Y)

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

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

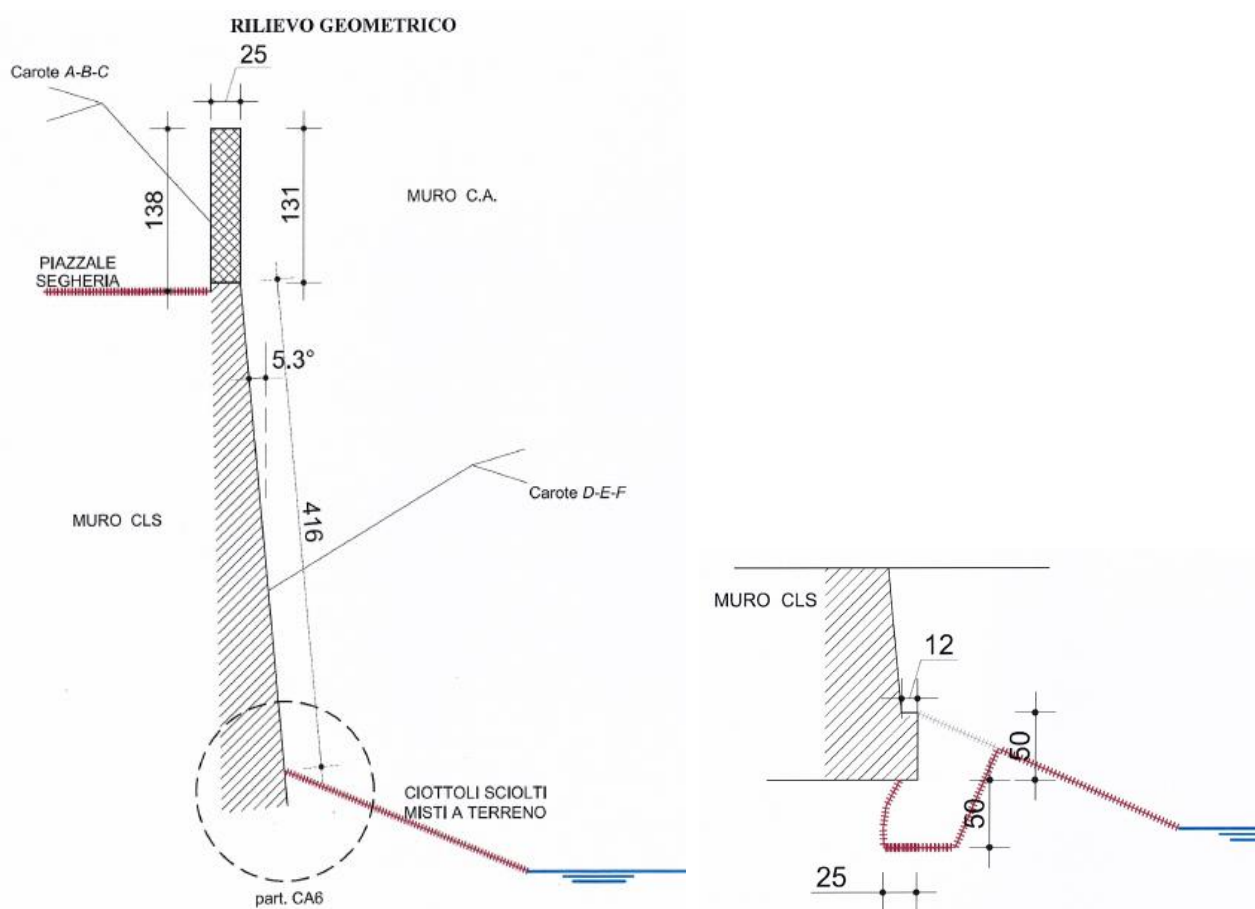


Fig. 4 – Sezione tipologica strutturale

##### 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 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 <sup>2</sup> ]	
fc <sub>m</sub>	19,68

<b>Resistenza di calcolo</b>	
FC =	1,2
fc <sub>m</sub> /FC =	16,40

#### 4.6.2 Verifiche del muro a gravità

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

	<b>γ=1.0</b>
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	0,42
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	0,50
Q <sub>w</sub> - Spinta H <sub>2</sub> O	179,27
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
W1 - Peso proprio muro	53,59
W <sub>s</sub> - Peso proprio sopralzo	8,19
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	220,52
Spinta passiva del terreno strada (M2)	186,92

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
<b>MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)</b>	Mr [kNm/m]	536,82
<b>MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)</b>	Ms [kNm/m]	275,79
	<b>FS [-]</b>	<b>0,51 &lt; 1</b>
		<b>NO</b>

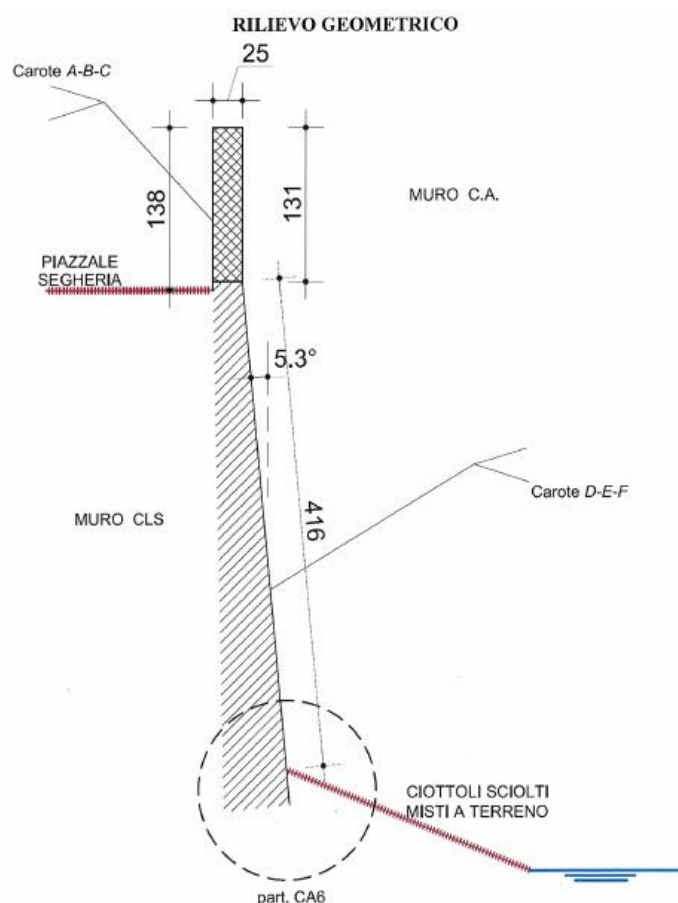
VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		<b>A1+M1+R3</b>	
δ <sub>k</sub> = Φ' (M1)		24,00	
tan δ <sub>k</sub> /γ <sub>r</sub>		0,40	
<b>AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)</b>	T <sub>d</sub> [kN/m]	48,94	
<b>RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)</b>	T <sub>r</sub> [kN/m]	25,00	
	<b>FS [-]</b>	<b>0,51 &lt; 1</b>	<b>NO</b>

Con la profondità del muro così come ipotizzata in mancanza di informazioni dettagliate, le verifiche non risultano soddisfatte. Si prevede di approfondire la geometria con indagini mirate.

#### 4.7 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 49 – sez.Y)

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

Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 696/2013. Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.



**Fig. 5 – Sezione tipologica strutturale**

Rispetto a quanto riportato nel progetto della pratica sismica n. 696/2013 riferito al sopralzo di sinistra idraulica in oggetto, la geometria è rispettata, le armature rilevate da indagine pacometrica, risultano invece difformi.

A seguire un'immagine dell'estratto della pratica sismica n. 696/2013.

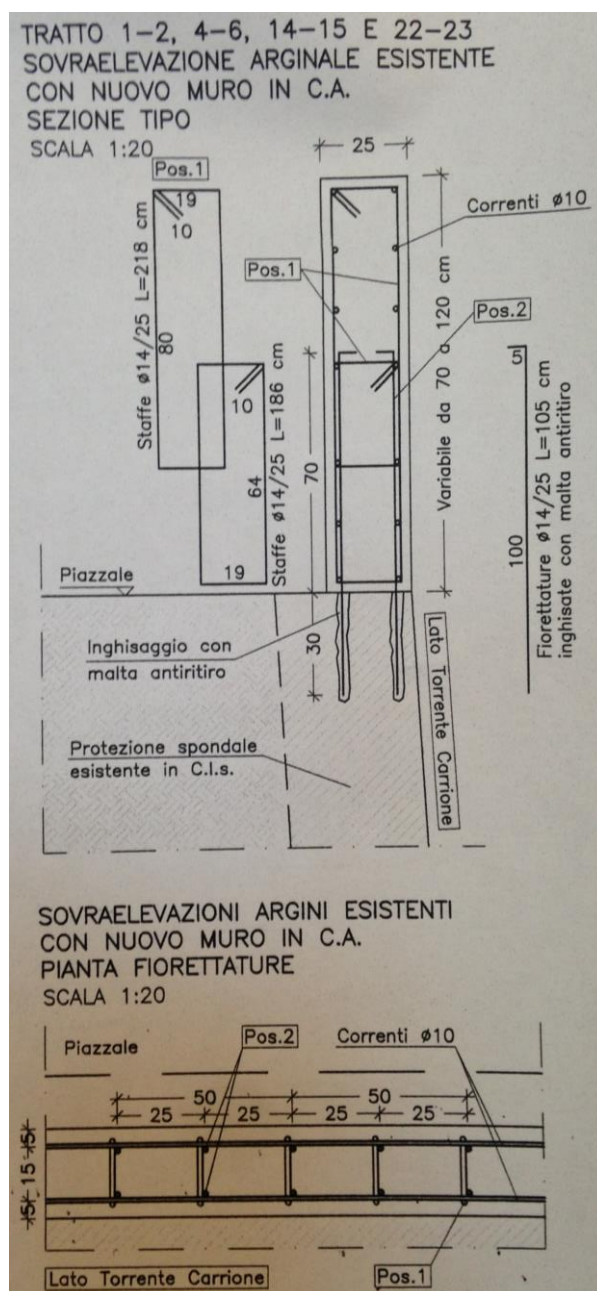


Fig. 6 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 696/2013

#### 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 <sup>2</sup> ]	
fcm	32,84

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	27,37

#### 4.7.2 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 24 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 23 cm.

Ferri di inghisaggio: No informazioni.

#### 4.7.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

Per le verifiche del sopralzo in c.a. si ottengono i seguenti risultati. Non essendo state rilevate informazioni sui ferri di inghisaggio, si eseguono le verifiche tenuto conto delle caratteristiche progettuali.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H <sub>2</sub> O	8,58
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	8,19
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

**Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale**  $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 37,72 / 5,62 = 6,6 > 1 \rightarrow \text{OK}$

#### **Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls**

I ferri di inghisaggio non sono stati rilevati. Si esegue la verifica con i ferri di inghisaggio previsti da progetto:  $\Phi 14$  passo 25 cm Lancoraggio = 30 cm.

$M_{soll}$  (SLU) = 5,62 kNm

$M_{res} = 41,8$  kN

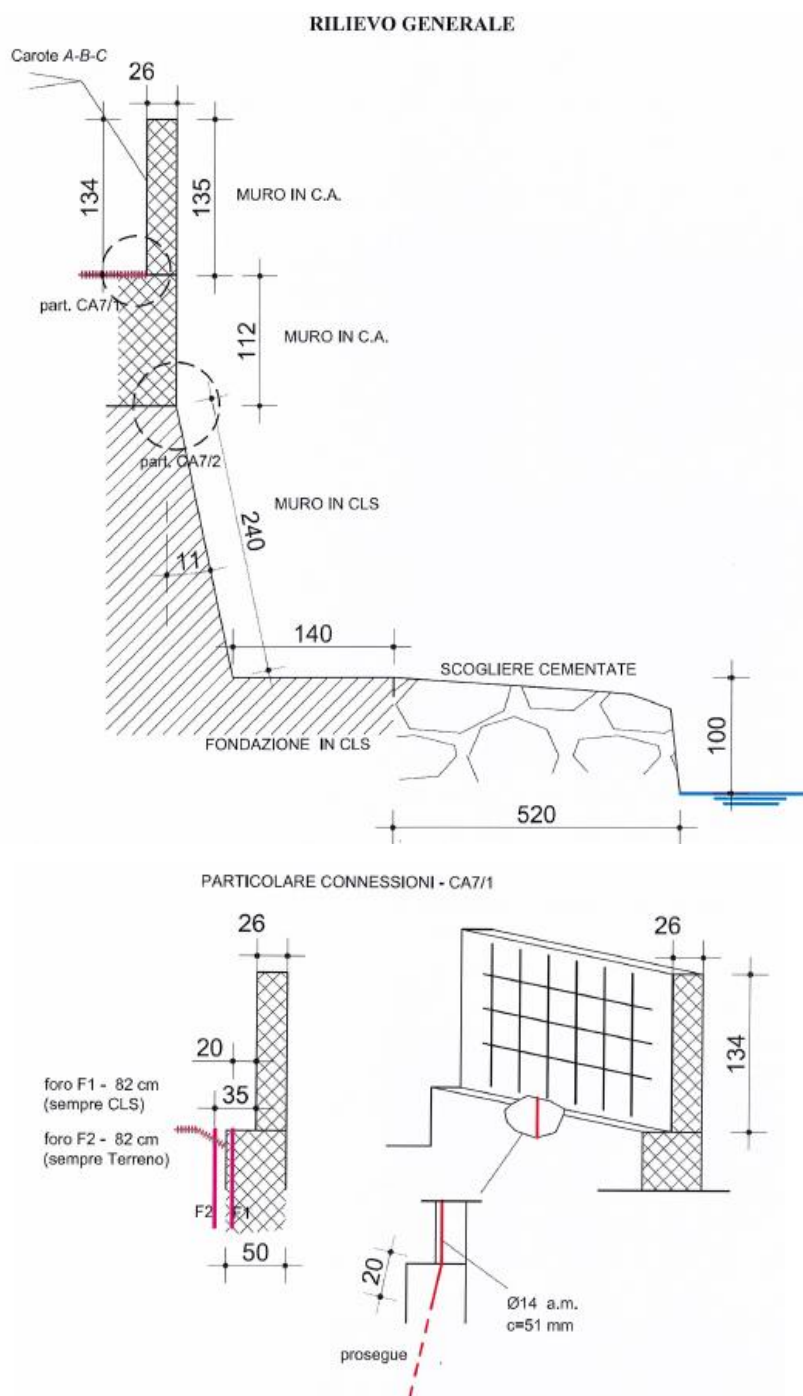
**$FS = M_{res}/M_{soll} = 41,8 / 5,62 = 7,4 > 1 \rightarrow \text{OK}$**

**$L$  ancoraggio = 30 cm  $\rightarrow \text{OK}$**

#### 4.8 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 52 – sez.48)

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

Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 696/2013. Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.

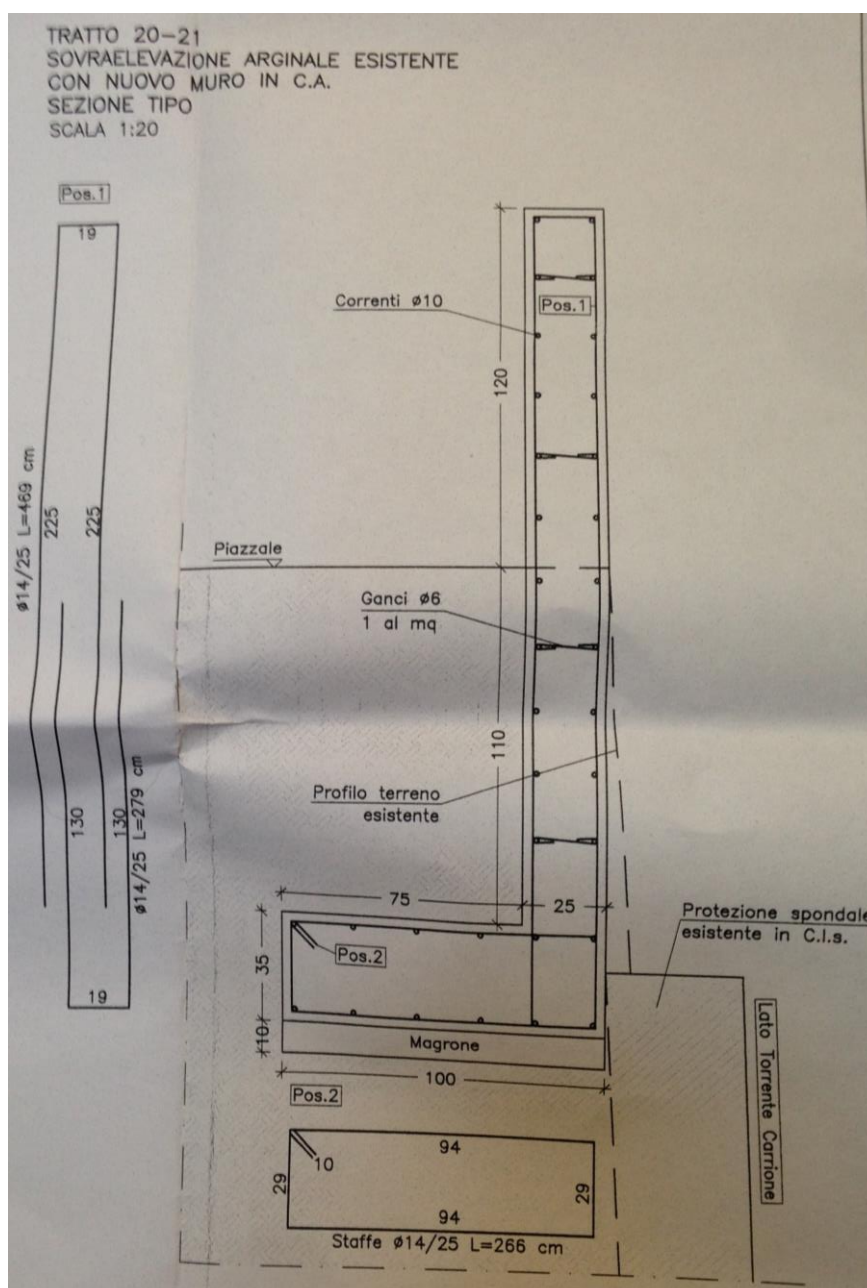


**Fig. 7 – Sezione tipologica strutturale**



Rispetto a quanto riportato nel progetto della pratica sismica n. 696/2013 riferito al sopralzo di sinistra idraulica in oggetto, la geometria e le armature rilevate risultano difformi. Infatti, contrariamente a quanto rilevato (sopralzo a sezione rettangolare con ferri di inghisaggio nel muro sottostante), il progetto prevede un sopralzo con sezione a L non inghisato con il muro in cls sottostante.

A seguire un'immagine dell'estratto della pratica sismica n. 696/2013.



**Fig. 8 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 696/2013**



#### 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 <sup>2</sup> ]	
fcm	33,00

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	27,50

#### 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 24 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 25 cm.

Ferri di inghisaggio: Ferri  $\Phi 14$  passo 25 cm - Lancoraggio > 20 cm.

#### 4.8.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

Per le verifiche del sopralzo in c.a. si ottengono i seguenti risultati. Si fa riferimento alla geometria rilevata e non alla geometria di progetto.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H <sub>2</sub> O	9,11
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	8,78
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

Momento ribaltante (STR): Msoll = 6,15 kNm/m

**Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale**  $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 37,72 / 6,15 = 6,1 > 1 \rightarrow \text{OK}$

**Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls**

Si esegue la verifica con i ferri di inghisaggio rilevati:  $\Phi 14$  passo 25 cm Lancoraggio = 30 cm.

$M_{soll}$  (SLU) = 6,15 kNm

$M_{res} = 25,7$  kN

$$FS = M_{res}/M_{soll} = 25,7 / 6,15 = 4,2 > 1 \rightarrow \text{OK}$$

$L$  ancoraggio > 20 cm  $\rightarrow$  OK

**Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):**

$$T/A = 13,7 \text{ kN} / 2,01 \text{ cmq} = 68,15 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

#### 4.9 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 53 – sez.49)

Si tratta di un muro in cls a gravità con sopralzo realizzato con montanti metallici e interposti blocchi in cls..  
Non è stata rilevata la geometria del muro: manca lo spessore. Pertanto la verifica perde di significato tenuto conto anche del fatto che nel complesso l'opera arginale così fatta risulta non idonea per la presenza della parete del fabbricato nell'altezza della massima piena.

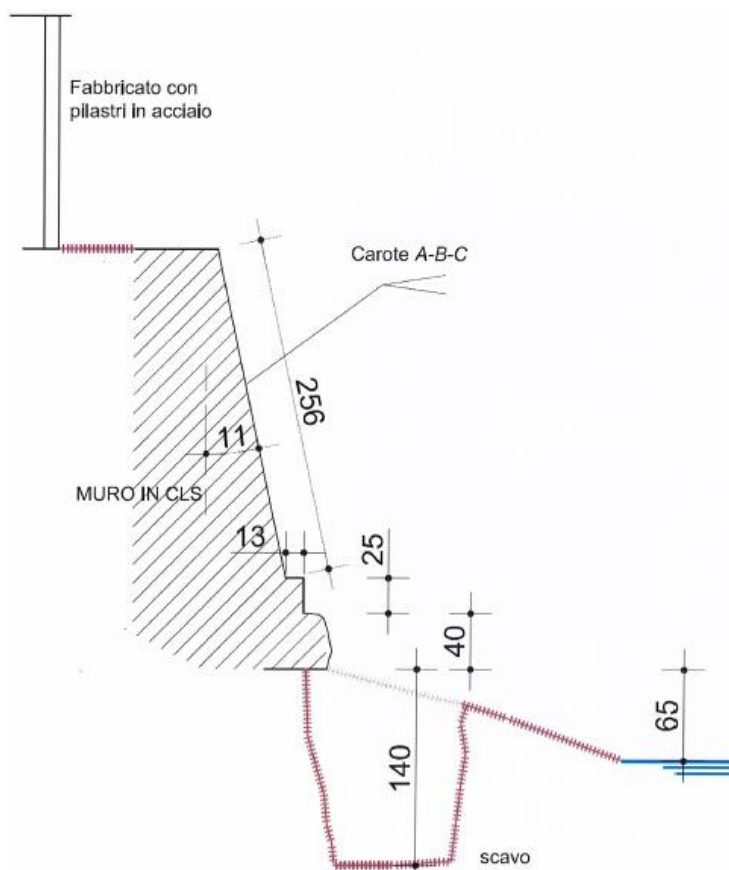


Fig. 9 – Sezione tipologica strutturale

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm <sup>2</sup> ]	
fc <sub>m</sub>	15,47

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc <sub>m</sub> /FC =	12,89

Criticità: L'opera è da valutarsi non idonea.



RESISTENZA MEDIA [N/mm <sup>2</sup> ]	
fc <sub>m</sub>	11,69

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc <sub>m</sub> /FC =	9,74

#### 4.10.2 Verifiche del muro a gravità

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

	<b>γ=1.0</b>
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	0,61
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	0,72
Q <sub>w</sub> - Spinta H <sub>2</sub> O	133,84
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
W1 - Peso proprio muro	129,56
W <sub>s</sub> - Peso proprio argine in terra	24,00
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	159,13
Spinta passiva del terreno strada (M2)	134,89

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
<b>MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)</b>	Mr [kNm/m]	346,38	
<b>MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)</b>	Ms [kNm/m]	252,65	
	<b>FS [-]</b>	<b>0,73 &lt; 1</b>	<b>NO</b>

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		<b>A1+M1+R3</b>		
δ <sub>k</sub> = Φ' (M1)		24,00		
tan δ <sub>k</sub> /γ <sub>r</sub>		0,40		
<b>AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)</b>	T <sub>d</sub> [kN/m]	42,42		
<b>RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)</b>	T <sub>r</sub> [kN/m]	62,16		
	<b>FS [-]</b>	<b>1,47 &gt; 1</b>		<b>OK</b>

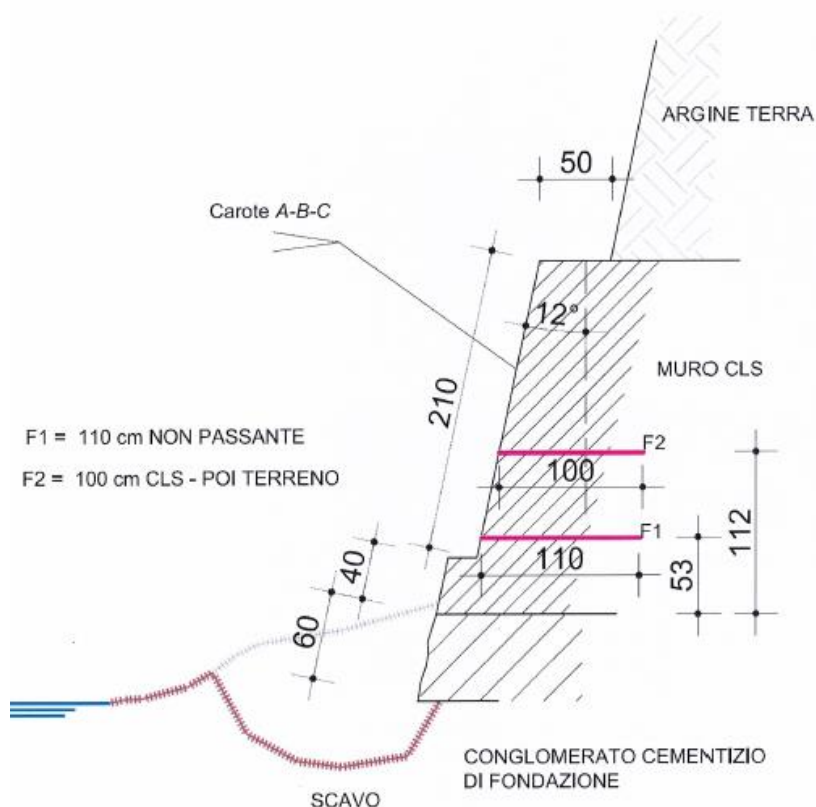
Nel suo complesso l'opera arginale risulta non idonea ad assorbire il massimo livello di piena a causa della presenza di un argine in terra non armata al di sopra del muro in cls.

#### 4.11 Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 56 – sez.51A)

Si tratta di un muro in cls a gravità con argine in terra.

Dai rilievi in sito l'argine in terre armate è risultato un semplice argine in terra contrariamente a quanto definito nel progetto relativo alla pratica sismica n. 696/2013.

Per l'analisi e le verifiche si faccia riferimento al capitolo 4.10.



**Fig. 11 – 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 cls di caratteristiche discrete (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito allegate a questo documento).

RESISTENZA MEDIA [N/mm <sup>2</sup> ]	
fcm	19,33

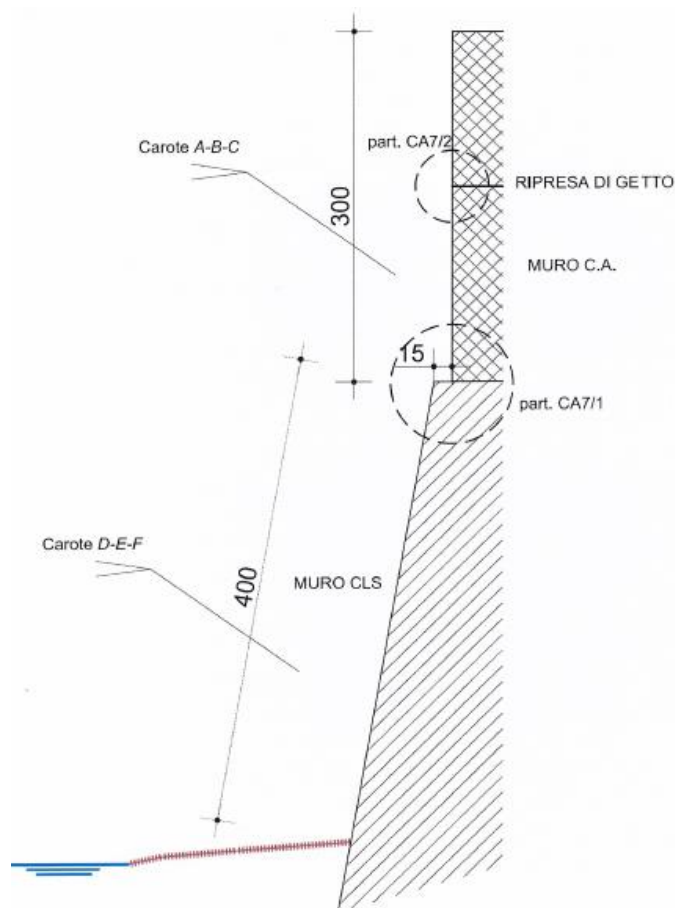
Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	16,11



#### 4.13 Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 60 – sez.54)

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

Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 696/2013. Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.



**Fig. 13 – Sezione tipologica strutturale**

Rispetto a quanto riportato nel progetto della pratica sismica n. 696/2013 riferito al sopralzo di destra idraulica in oggetto, la geometria è rispettata, le armature rilevate da indagine pacometrica, risultano invece difformi.

A seguire un'immagine dell'estratto della pratica sismica n. 696/2013.



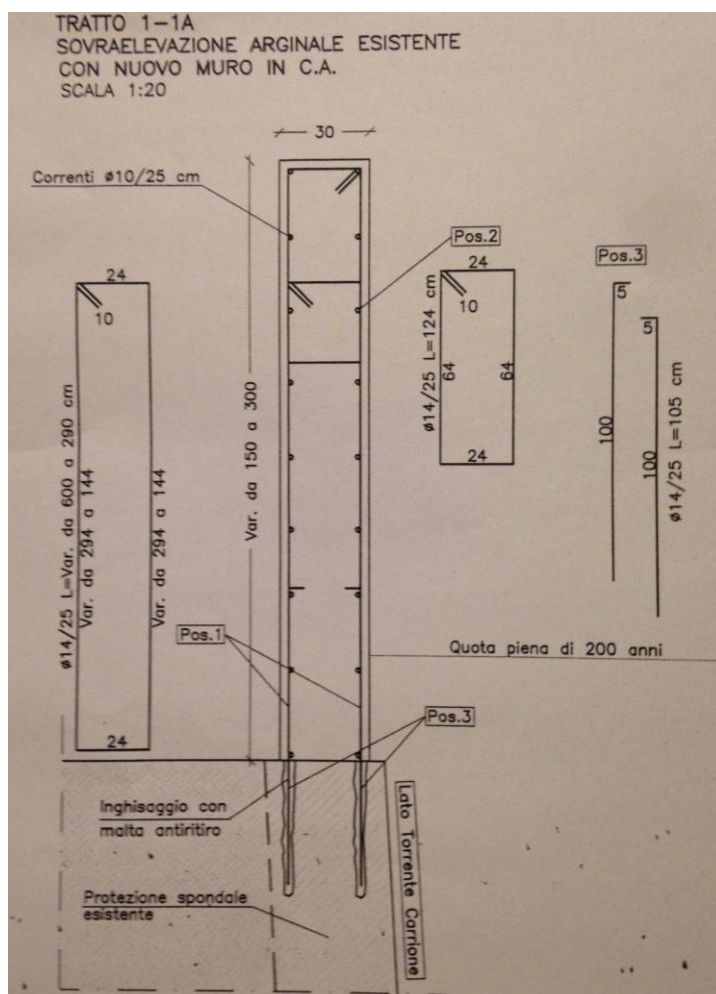


Fig. 14 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 696/2013

#### 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 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 <sup>2</sup> ]	
fc <sub>m</sub>	39,49

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc <sub>m</sub> /FC =	32,91

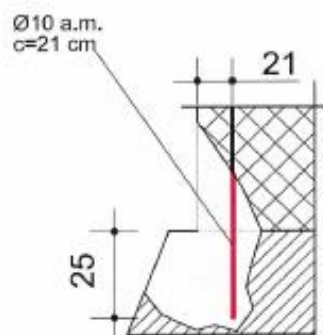
#### 4.13.2 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 35 cm  $\rightarrow$  NON coerente con il progetto (che prevede  $\Phi 14$  passo 25 cm).

Armatura orizzontale NON rilevata. (Da progetto:  $\Phi 10$  passo 25 cm).

Ferri di inghisaggio rilevati:  $\Phi 10$  L ancoraggio = 25 cm  $\rightarrow$  NON coerente con il progetto (che prevede  $\Phi 14$  passo 25 cm L ancoraggio = 30 cm).



#### 4.13.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

Per le verifiche del sopralzo in c.a. si ottengono i seguenti risultati. Le verifiche vengono condotte considerando la controsinta del terreno a tergo del sopralzo (dato reperibile dalle sezioni topografiche).

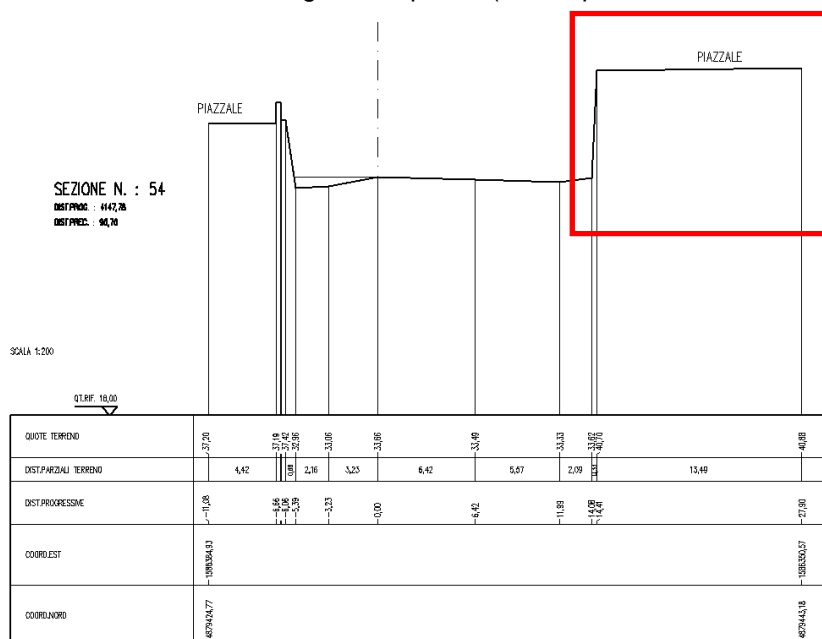


Fig. 15 – Sezione topografica – Sez. 54

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	45
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	22,50
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	90,70
Spinta passiva del terreno strada (M2)	76,88

Momento ribaltante (STR):  $M_{soll} = 23,20 \text{ kNm/m}$

**Verifica della sezione in c.a. considerando l'armatura rilevata – Stato Limite Ultimo Strutturale → FS**  
 $= M_{res}/M_{soll} = 37,07 / 23,2 = 1,6 > 1 \rightarrow \text{OK}$

**Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls**

1) Si esegue la verifica con i ferri di inghisaggio rilevati:  $\Phi 10$  passo 35 cm Lancoraggio = 25 cm.

$M_{soll} \text{ (SLU)} = 23,2 \text{ kNm}$

$M_{res} = 21,62 \text{ kN}$

$FS = M_{res}/M_{soll} = 21,62 / 23,2 = 0,93 < 1 \rightarrow \text{NO}$

$L \text{ ancoraggio} = 25 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$

**Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):**

$T/A = 67,5 \text{ kN} / 0,78 \cdot 3 \text{ cmq} = 287 \text{ N/mm}^2 > f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{NO}$

2) Si esegue la verifica con i ferri di inghisaggio da progetto:  $\Phi 14$  passo 25 cm Lancoraggio = 30 cm.

$M_{soll} \text{ (SLU)} = 23,2 \text{ kNm}$

$M_{res} = 48 \text{ kN}$

$FS = M_{res}/M_{soll} = 48 / 23,2 = 2,1 > 1 \rightarrow \text{OK}$

$L \text{ ancoraggio} = 30 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$

**Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):**

$T/A = 67,5 \text{ kN} / 1,54 \cdot 4 \text{ cmq} = 110 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

#### 4.14 Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 60 – sez.54)

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

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

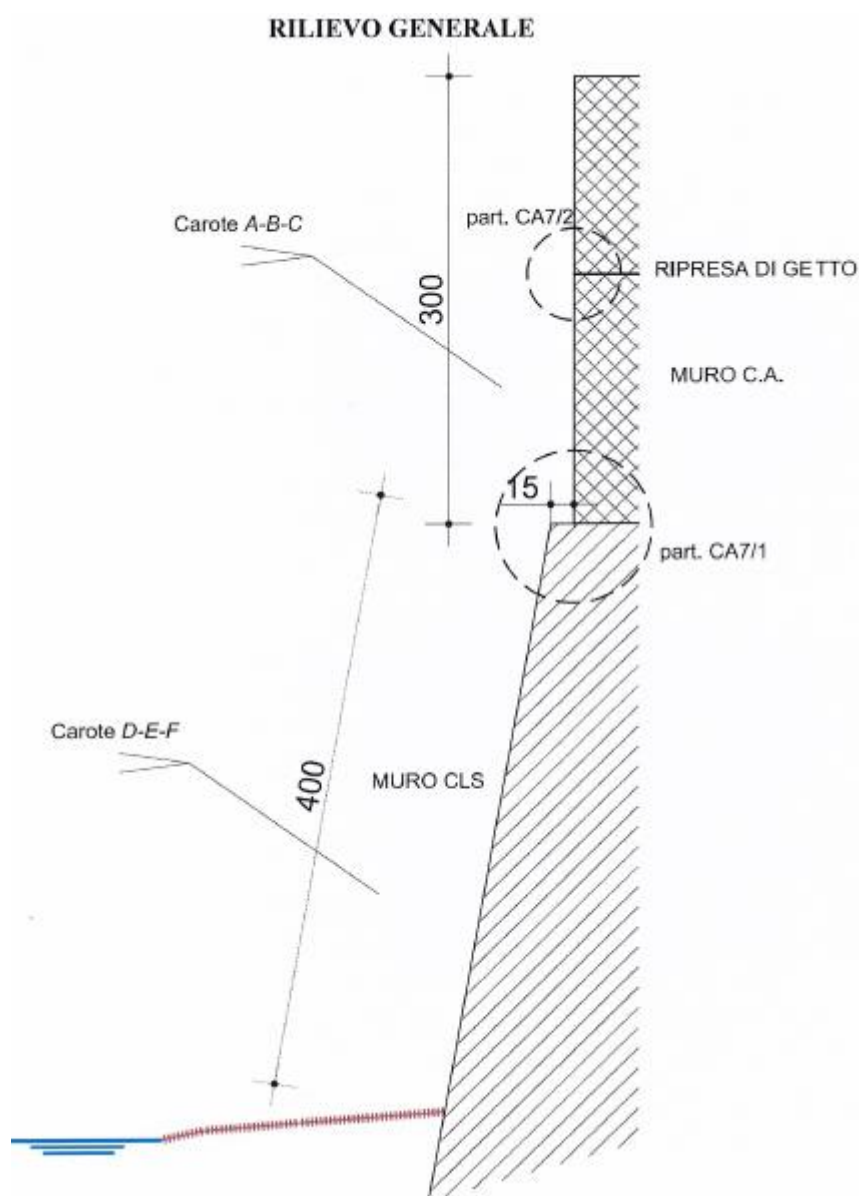


Fig. 16 – Sezione tipologica strutturale

#### 4.14.1 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).

<b>RESISTENZA MEDIA [N/mm<sup>2</sup>]</b>	
<b>fcm</b>	<b>22,99</b>

<b>Resistenza di calcolo</b>	
FC =	1,2
fcm/FC =	19,16

#### 4.14.2 Verifiche del muro a gravità

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

	<b>γ=1.0</b>
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	0,00
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	0,00
Qw - Spinta H2O	251,3
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
W1 - Peso proprio muro	140,80
Ws - Peso proprio sopralzo	8,19
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	220,52
Spinta passiva del terreno strada (M2)	186,92

<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2</b>			
<b>MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)</b>	Mr [kNm/m]	890,76	<b>OK</b>
<b>MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)</b>	Ms [kNm/m]	1018,92	
	<b>FS [-]</b>	<b>1,14 &gt; 1</b>	

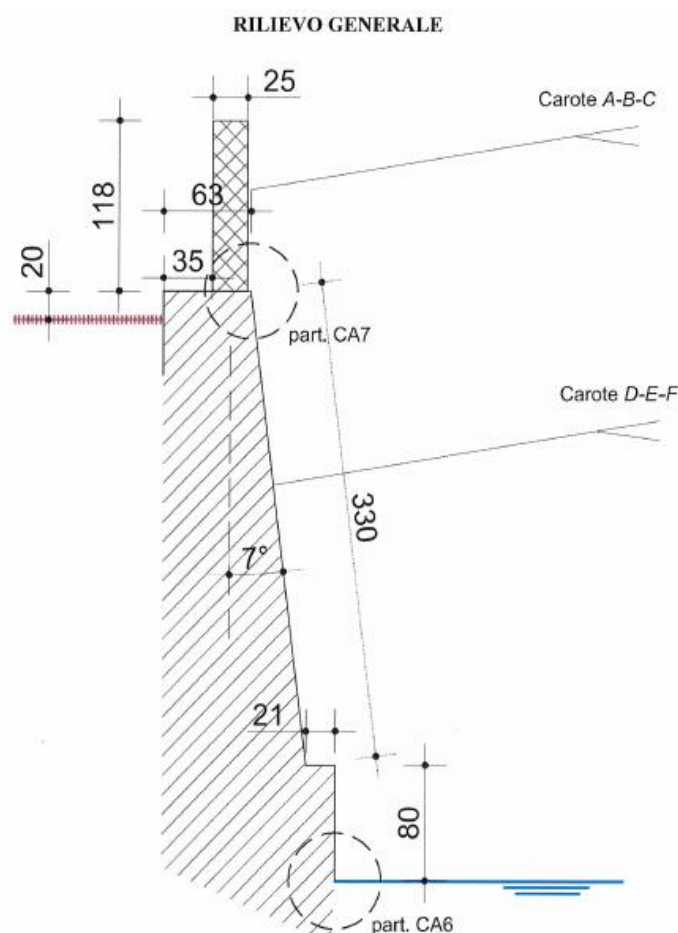
#### **Verifica a slittamento**

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.

#### 4.15 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 62 – sez.54)

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

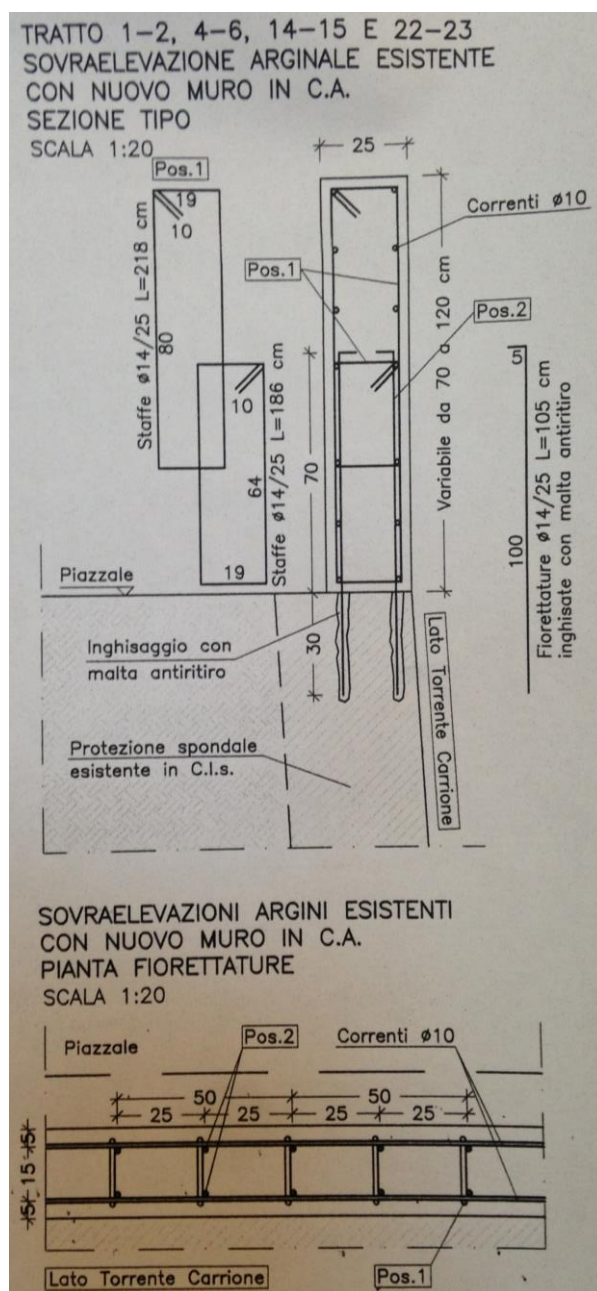
Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 696/2013. Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.



**Fig. 17 – Sezione tipologica strutturale**

Rispetto a quanto riportato nel progetto della pratica sismica n. 696/2013 riferito al sopralzo di sinistra idraulica in oggetto, la geometria è rispettata, così come le armature rilevate da indagine pacometrica.

A seguire un'immagine dell'estratto della pratica sismica n. 696/2013.



**Fig. 18 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 696/2013**

#### 4.15.1 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 <sup>2</sup> ]	
f <sub>cm</sub>	40,11

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f <sub>cm</sub> /FC =	33,42

#### 4.15.2 Ferri di armatura

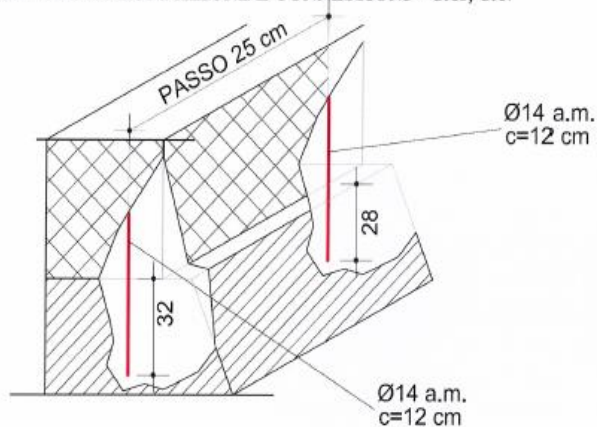
La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica.

Armatura verticale rilevata: Ferri Ø12 passo 25 cm. → NON coerente con il progetto (che prevede Ø14 passo 25 cm).

Armatura orizzontale rilevata: Ferri Ø12 passo 25 cm.

Ferri di inchisaggio rilevati: Ø 14 passo 25 cm L ancoraggio = 30 cm → OK coerente con il progetto.

PARTICOLARI FONDAZIONE E CONNESSIONI – CA6, CA7



PARTICOLARE CONNESSIONI CA7



#### 4.15.3 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	6,96
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	7,38
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

Momento ribaltante (STR):  $M_{soll} = 4,11 \text{ kNm/m}$

**Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale**  $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 38,4 / 4,11 = 9,3 > 1$   
 $\rightarrow$  **OK**

#### Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Si esegue la verifica con i ferri di inghisaggio rilevati e in accordo a quelli previsti da progetto:  $\Phi 14$   
passo 25 cm L ancoraggio = 30 cm c = 12 cm.

$M_{soll} \text{ (SLU)} = 4,11 \text{ kNm}$

$M_{res} = 26,5 \text{ kN}$

$FS = M_{res}/M_{soll} = 26,5 / 4,11 = 6,4 > 1 \rightarrow$  **OK**

$L \text{ ancoraggio} = 30 \text{ cm} \rightarrow$  **OK**

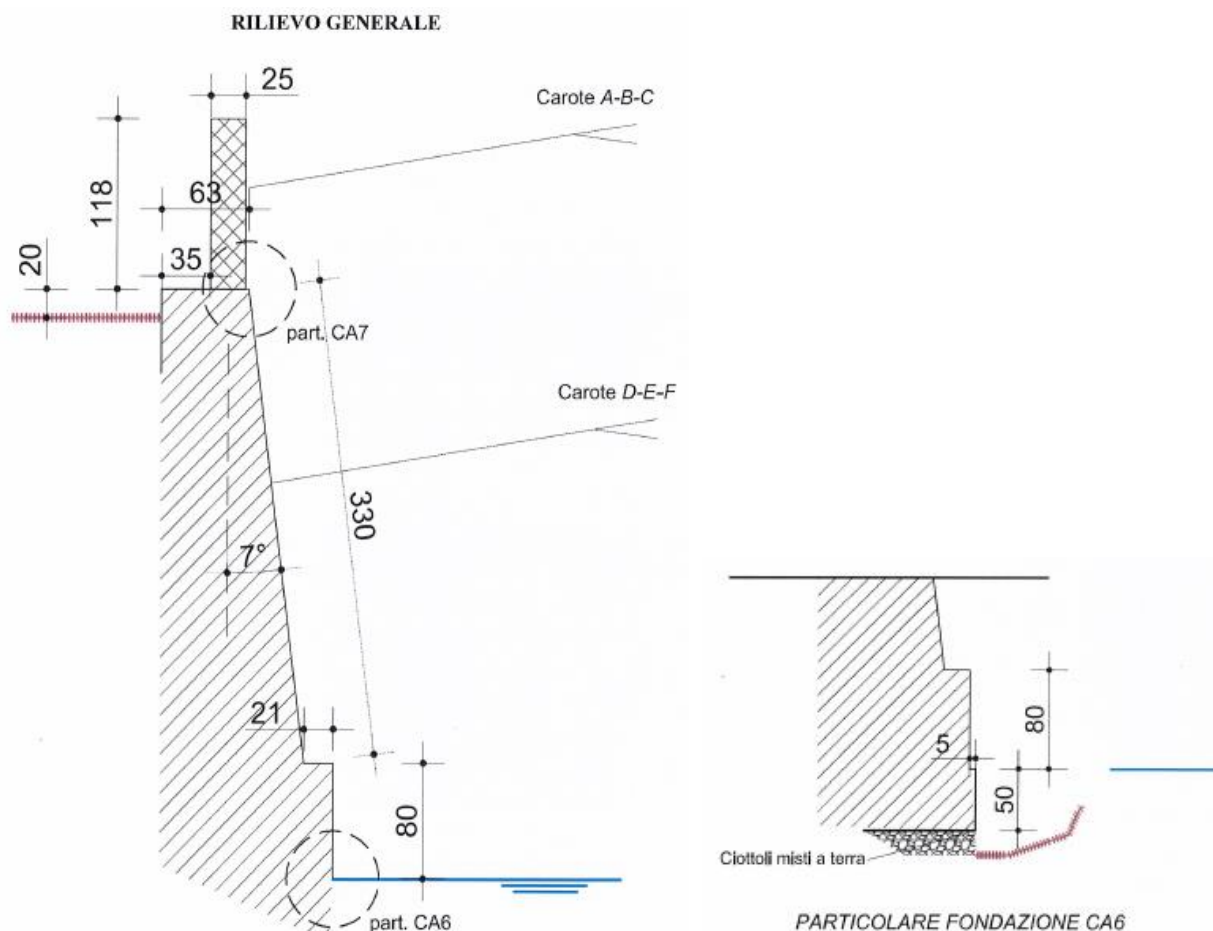
#### Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):

$T/A = 10,44 \text{ kN} / 1,54 \text{ cmq} = 68,00 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$  **OK**

#### 4.16 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 62 – sez.54)

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

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



**Fig. 19 – Sezione tipologica strutturale**

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm <sup>2</sup> ]	
fc <sub>m</sub>	<b>9,90</b>

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fc <sub>m</sub> /FC =	8,25

#### 4.16.2 Verifiche del muro a gravità

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

	<b>γ=1.0</b>
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	2,25
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	2,77
Q <sub>w</sub> - Spinta H <sub>2</sub> O	165,62
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
W1 - Peso proprio muro	104,09
W <sub>s</sub> - Peso proprio sopralzo	7,38
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	258,45
Spinta passiva del terreno strada (M2)	210,56

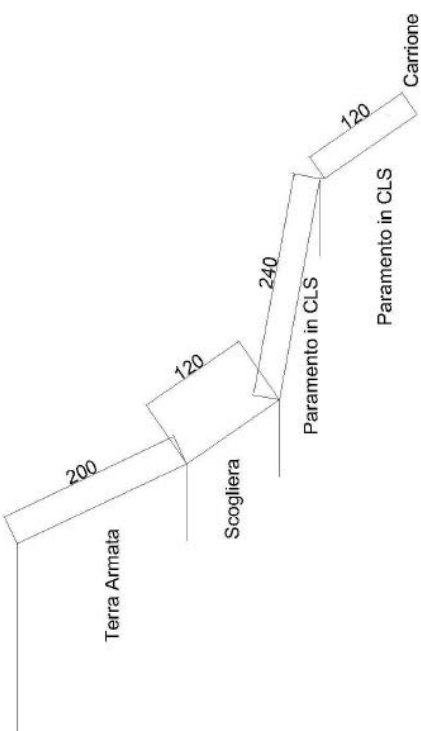

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
<b>MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)</b>	Mr [kNm/m]	477,93	
<b>MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)</b>	Ms [kNm/m]	326,12	
	<b>FS [-]</b>	<b>0,68 &lt; 1</b>	<b>NO</b>






#### **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.

#### 4.17 Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 48 e 48bis – sez.48 e 48bis)

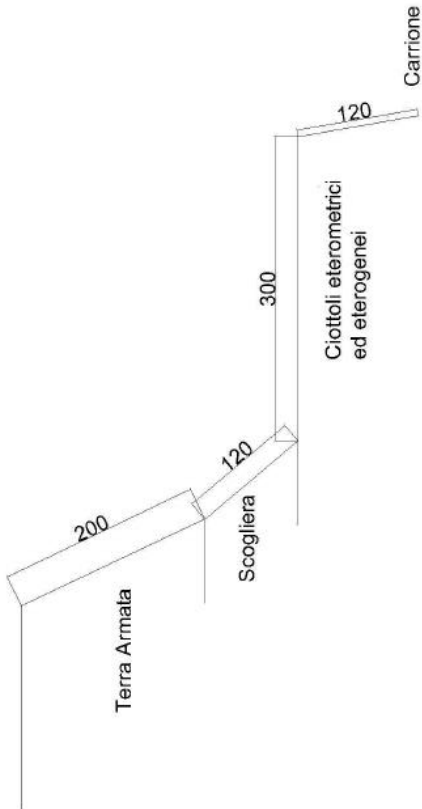

Si tratta di una scogliera + terra armata a protezione di un muro d'argine in pietrame esistente + sopralzo in c.a.. La geometria dell'opera è stata rilevata in sito.

<b>SIG-MA ETRURIA Srl</b> D.M. 6398 del 24.05.2012 Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. 48 del tratto 8 sulla Sponda Destra del Torrente Carrione				
Analisi granulometrica	Limiti di Aterberg, Classificazione, Peso di Volume, Densità del secco	Optimum Proctor secondo AASHTO Modificato e grado di compattamento relativo	Prova di Trazione per barre di acciaio	Permeabilità
Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1380/G del 11/09/2015 Campione 48PDX	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1381/G del 11/09/2015 Campione 48PDX	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1382/G del 11/09/2015 Campione 48PDX	Rif. Rapporto di prova Laboratorio SIGMA Srl 00815 del 14/09/2015	
Ghiaia: 55.07% Sabbia: 35.60% Limo: 9.18% Argilla: 0.15%	Limite Liquido: Non Determinabile Limite Plastico: Non Plastico Indice Plastico: Non Plastico Classe di Appartenenza: A1-b Peso di Volume: - - Densità del secco: - -	Densità massima del secco: 2072 Mg/m <sup>3</sup> Umidità ottima di compattamento: 7.7%	$\phi$ Nominale: 8 mm Sez. Effettiva: 50.6 mm <sup>2</sup> Massa: 0.397 kg/m Svuotamento f: 522 N/mm <sup>2</sup> Rottura f: 632 N/mm <sup>2</sup> All. A5: 25%	
SEZIONE TIPO			POSIZIONE	
 <p>Nota: Sezione Esterno-interno</p>				
Ipotesi sulla profondità di innesto della Terra Armata sulla Scogliera: 1.80m Firma dello Spedimentatore Geol. Gianni Gambetta Vianna		Coordinate: Pag. 1/1	44°03.4672Nord Firma del Direttore del Laboratorio Ing. Antonio Tenore	

Terra Armata - Sezione 48 - Dx								
	Analisi Granulometrica		Plasticità	Classe	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	Grado di costipamento	Densità max del secco	Permeabilità
campione <b>48PDX</b> prof. = 0,0-0,2m	Ghiaia	55,07%	Non plastico	A1-b	6,5/0,05 = 130	-	20,72 kN/m³	-
	Sabbia	35,60%						
	Limo	9,18%						
	Argilla	0,15%						
					> 15			

<b>LIMITI</b>		
Materiale non plastico o con bassa plasticità --> OK		
Classe di appartenenza terreno: A1 - A3 - A2-4 - A2-5 --> OK		
Grado di costipamento $\geq 95\%$ Proctor		
$D_{60}/D_{10} \geq 15$ per A1 - A2		
$D_{60}/D_{10} \geq 7$ per A3		
Limite permeabilità $K < 10^{-7}$ --> OK		

Prova a trazione per barre di acciaio		
$\Phi$ nominale	8	mm
Sez. effettiva	50,6	mmq
Massa	0,397	kg/m
$f_y$	522	N/mm <sup>2</sup>
$f_t$	632	N/mm <sup>2</sup>
Allungamento	25,00%	
Rete	15x15	

<b>SIGMA ETRURIA Srl</b> D.M. 6398 del 24.05.2012 Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. 48BIS del tratto 8 sulla Sponda Destra del Torrente Carrione				
Analisi granulometrica	Limiti di Atterberg. Classificazione. Peso di Volume. Densità del secco	Optimum Proctor secondo AASHTO Modificato e grado di compattamento relativo	Prova di Trazione per barre di acciaio	Permeabilità
SEZIONE TIPO			POSIZIONE	
 <p>Nota: Sezione Esterno-interno</p>				
Ipotesi sulla profondità di innesto della Terra Armata sulla Scogliera: 1.80m Firma dello Sperimentatore Geol. Gianni Gambetta Vianna		Coordinate: Pag. 1/1	44°03.4864Nord Firma del Direttore del Laboratorio Ing. Antonio Tenore	

## 5 Conclusioni












### Legenda dei risultati ottenuti dalle Verifiche Preliminari

Adeguate		Assente		Insufficiente	
----------	---	---------	---	---------------	---

“**Adeguate**” = 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 PIETRA* Dx – Scheda 48	SOPRALZO IN C.A.* Dx – Scheda 50-51	MURO IN CLS Sx – Scheda 49
Qualità Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-		-
Caratt. ferri di inghisaggio	-		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,17 > 1 	FS > 1 	FS = 0,51 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS = 0,51 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	FS > 1 	-
Note	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Profondità max del muro non rilevata. FS < 1 in condiz. sismiche 	-	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate.

\* Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente in pietra.
















L'argine in sx idraulica è costituito da un muro d'argine esistente in pietra con rialzo in c.a.. A protezione è stata realizzata una scogliera con terre armate per un tratto che va dalla sezione X alla sezione 49 (Rif. Book di inquadramento conoscitivo).








Criticità: Intervento non previsto nel progetto depositato n°696/2013.







VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 49	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 52	MURO IN CLS Sx – Scheda 53
<b>Qualita' Materiale</b>			
<b>Posizione e <math>\Phi</math> ferri armatura</b>	 difforme dal progetto	 difforme dal progetto	-
<b>Caratt. ferri di inghisaggio</b>	 No informazioni in sito. (FS > 1 con i ferri da progetto)		-
<b>Verifica a Ribaltamento</b>	-	FS > 1 	
<b>Verifica a Slittamento</b>	-	-	
<b>Verifica sezione in c.a.</b>	FS > 1 	FS > 1 	-
<b>Note</b>	L'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto. La geometria è conforme. (Rif. P.S. N. 696/2013). Non è stata rilevata l'armatura di inghisaggio che, se conforme al progetto, risulta verificata.	La geometria e l'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 696/2013). Le verifiche dello stato rilevato sono soddisfatte.	Criticità: Fabbriato argine. Muro in cls con sopralzo in montanti metallici. Informazioni insufficienti. Pb. di stabilità in caso di piena. Nel complesso l'opera è da valutarsi potenzialmente critica.








VERIFICA	MURO IN CLS Dx – Scheda 55	MURO IN CLS Dx – Scheda 56	MURO IN CLS Dx – Scheda 59
Qualita' Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	-	-	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,73 < 1 	Rif. Scheda 55	Rif. Scheda 55
Verifica a Slittamento	FS = 1,47 > 1 	Rif. Scheda 55	Rif. Scheda 55
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Note	La profondità del muro non è stata indagata completamente. Criticità: Al di sopra del muro è presente un argine in terra contrariamente al progetto (Rif. P.S. N. 696/2013) che prevedeva un argine in terre armate. Nel complesso l'opera è da valutarsi potenzialmente critica.	Rif. Scheda 55	Rif. Scheda 55

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 60	MURO IN CLS Dx – Scheda 60
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 difforme dal progetto	-
Caratt. ferri di inghisaggio	FS < 1  difforme dal progetto	-
Verifica a Ribaltamento	Ferri ingh. da rilievo:  FS = 0,93 < 1  Ferri ingh. da progetto:  FS = 2,1 > 1	FS = 1,14 > 1  
Verifica a Slittamento	-	-
Verifica sezione in c.a.	FS = 1,6 > 1 	-
Note	La geometria rilevata in sito è conforme al progetto, l'armatura è difforme (Rif. P.S. N. 696/2013). Criticità sulla presenza dei ferri di inghisaggio: insufficienti rispetto al progetto.	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate. Info insufficienti.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 62	MURO IN CLS Sx – Scheda 62
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	 conforme al progetto	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 6,4 > 1 	FS = 0,68 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-
Verifica sezione in c.a.	FS = 9,3 > 1 	-
Note	La geometria e l'armatura rilevata in sito è conforme al progetto (Rif. P.S. N. 696/2013).	La profondità del muro non è stata indagata. Si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate. Info insufficienti.

VERIFICA	MURO IN C.A. Dx – Scheda 54	MURO IN C.A. Dx – Scheda 57
Qualita' Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 difforme dal progetto	 difforme dal progetto
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Micropali		
Verifica a Ribaltamento	Verifica localizzata della sezione di attacco della parte superiore del muro al terrapieno (FS > 1).	Verifica con la geometria ricostruita da rilievo + progetto: FS > 1 in presenza dei micropali di fondazione (come da progetto).
Verifica a Slittamento		
Verifica sezione in c.a.		
Note	Informazioni insufficienti per la verifica del muro nella sua globalità.	La geometria rilevata in sito non fornisce informazioni sulla ciabatta di fondazione e sulla presenza dei pali. L'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto. (Rif. P.S. N. 696/2013). Criticità: necessitano approfondimenti in sito poiché FS < 1 se l'opera non è fondata su pali.

VERIFICA	MURO IN C.A. Sx – Scheda 58	MURO IN C.A. Sx – Scheda 61
Qualità Materiale		
Posizione e $\Phi$ ferri armatura	 Ferri vert. Conformi al progetto  Ferri orizz. difforni dal progetto	 difforme dal progetto
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	Informazioni insufficienti per la verifica del muro.	Informazioni insufficienti sul muro di base.
Verifica a Slittamento		Verifica del sopralzo in c.a. (FS > 1) in conformità a quanto previsto nel progetto.
Verifica sezione in c.a.		
Note	La geometria e l'armatura rilevata in sito è difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 278/1990). Non ci sono informazioni sufficienti.	La geometria rilevata in sito è difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 696/2013) che prevedeva un sopralzo in c.a. su muro esistente in cls.

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. 696/2013.

Alcune delle strutture arginali esistenti (muri in cls e muri in pietra) non risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. Laddove non è stato possibile rilevare l'effettiva profondità del muro, si prevede di approfondire la geometria con indagini in sito mirate.

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.

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.

#### *Interventi previsti:*




- *In destra e sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale dei muri di base + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali.*

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.

Alcuni dei muri in c.a. di nuova costruzione presentano difformità rispetto allo stato di progetto per quanto riguarda le caratteristiche e la geometria della ciabatta di fondazione e il diametro e passo dell'armatura. Per tali strutture si prevedono maggiori approfondimenti in sito per verificarne la reale conformazione. In particolare per quanto riguarda i nuovi muri in c.a. che nel progetto sono previsti con fondazioni su pali, in sito la fondazione e la presenza dei pali non è stata sufficientemente indagata.

I muri in c.a. la cui geometria rilevata in sito conferma la geometria di progetto, risultano avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena.

**Terre armate**

VERIFICA	TERRA ARMATA Dx – Scheda 48
Qualita' Materiale	
Geogriglia	
Rete metallica	
Plasticità	
Grado di costipamento	
Permeabilità	

Le verifiche effettuate sulle terre armate sono verifiche preliminari basate sull'analisi della qualità dell'opera realizzata. Per quanto riguarda gli argini in destra idraulica relativi alle sezioni 52 e 53 e inizialmente ipotizzati terre armate, sono poi risultati, in seguito alle indagini in sito, degli argine in terra poggianti su muri di base in cls. Criticità riscontrata in destra idraulica: l'argine in terre armate su muro in cls esistente risulta, contrariamente a quanto previsto nella pratica sismica N. 696/2013, un semplice argine in terra. Nel complesso l'opera è da valutarsi potenzialmente critica e si prevede un maggior approfondimento di dettaglio e la successiva valutazione di rifacimento di nuovo muro arginale in c.a. o mediante paratia di micropali.



## 6 All. A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 54 – sez.49)

### 6.1 Dati generali

**Oggetto:** Muro in c.a. fondato su micropali (da progetto)

**Anno di costruzione dell'opera:** 2014

**Localizzazione:** Tratto 08 – destra idraulica (rif. sez. topografica n.49 - circa 200 m a monte del ponte di via Brigate Partigiane)

**Lunghezza muro:** ~ 50 m

**Pratica sismica di riferimento: N. 696/2013:** “Progetto Sistemazione Torrente Carrione tra Ponte Via Brigate Partigiane e Ponte Via Piave mediante:

- l'ampliamento delle sezioni idrauliche,
- il consolidamento delle opere idrauliche di difesa spondale esistenti,
- la realizzazione di nuovi rilevati arginali come sopralzi in c.a. e muri in c.a. (alcuni fondati su micropali) privilegiando, dove possibile, interventi di basso impatto ambientale quali terre armate,
- l'asportazione di parte del materiale detritico depositato in alveo”.

**Collaudo Statico:** Si → 15.12.2014.

### 6.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata. La parte immediatamente retrostante il muro è caratterizzata da una minore urbanizzazione e dalla presenza di terreni non edificati.



Fig. 20 – Immagine dell'area scaricata da google map





Fig. 21 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

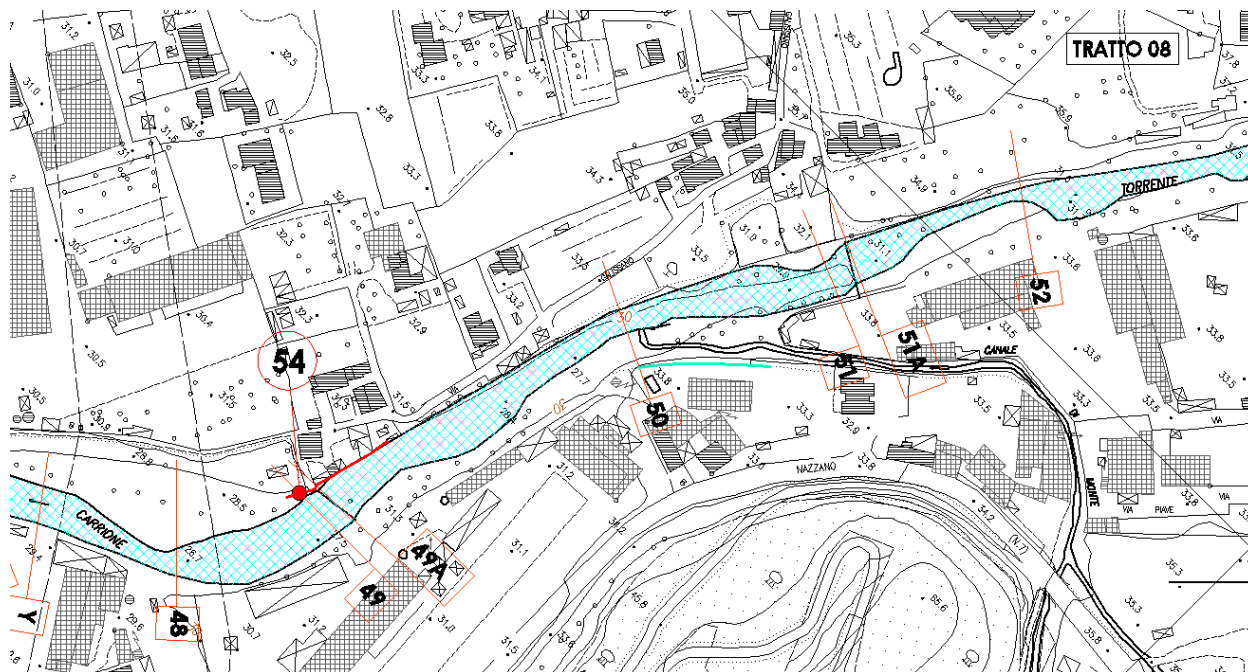


Fig. 22 – Inquadramento planimetrico – Tratto 08 – Sponda destra



Fig. 23 – Foto Muro

### 6.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 696/2013

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

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione di calcolo
- 3) Relazione di fine lavori
- 4) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 696/2013 prevede un nuovo muro in c.a. con ciabatta di fondazione esterna all'alveo e altezza pari a 4.5 m. La fondazione è impostata su due file di micropali (non rilevata in sito) a interasse trasversale di 1,60 m e interasse longitudinale di 1,20 m.

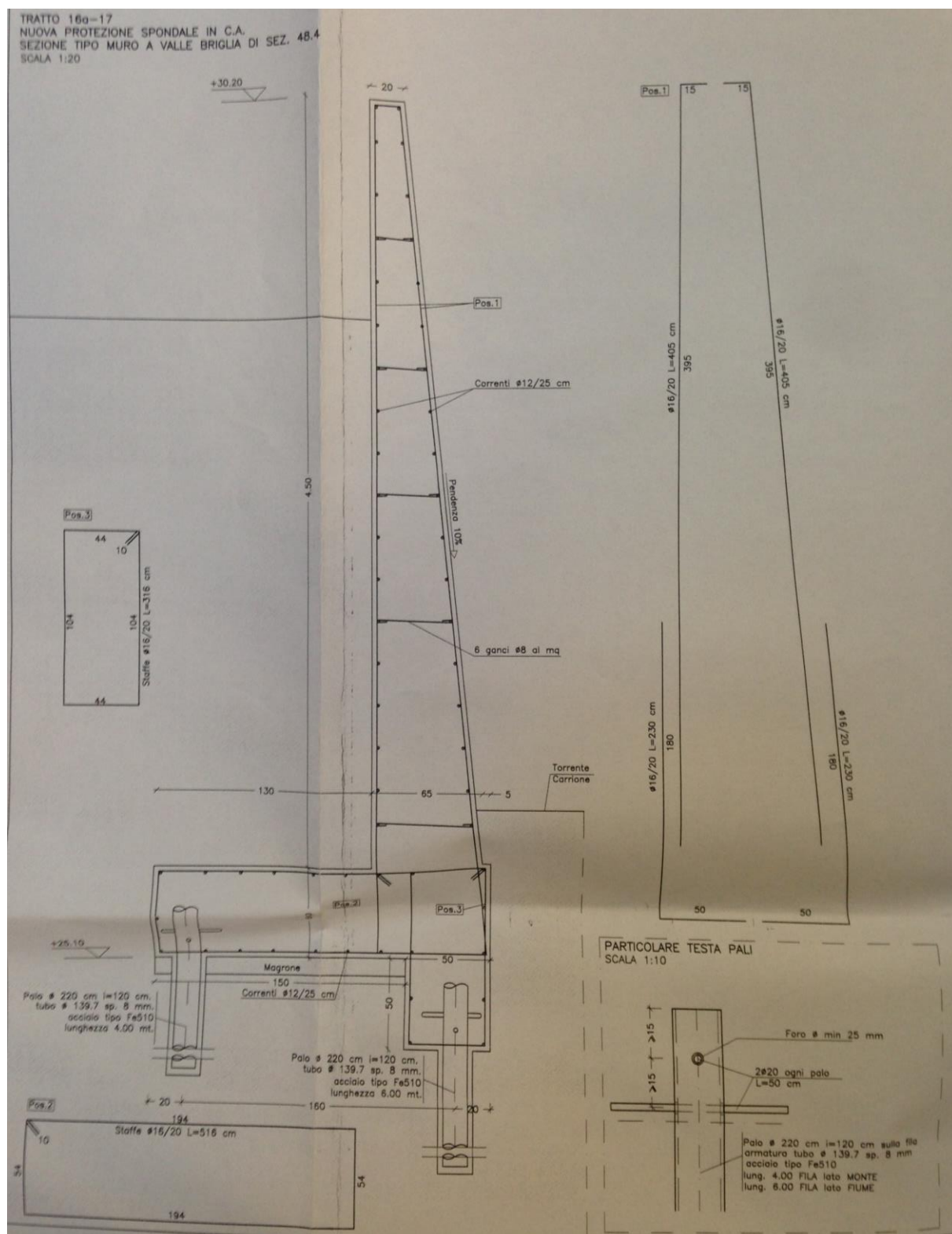
I pali hanno le seguenti caratteristiche di progetto:

- Micropali D = 220 mm con tubo D = 139.7 mm sp. 8 mm Lunghezza 4 m fila lato monte e 6 m fila lato fiume.

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

Data fine lavori: 26 novembre 2014.





#### 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).

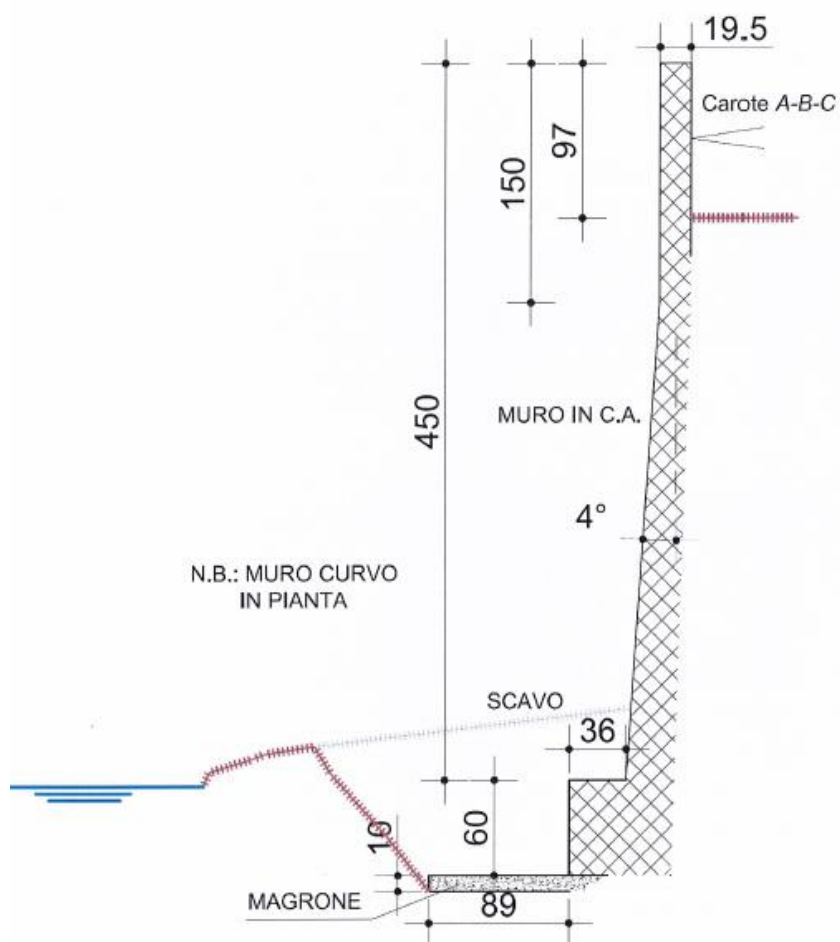


Fig. 25 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

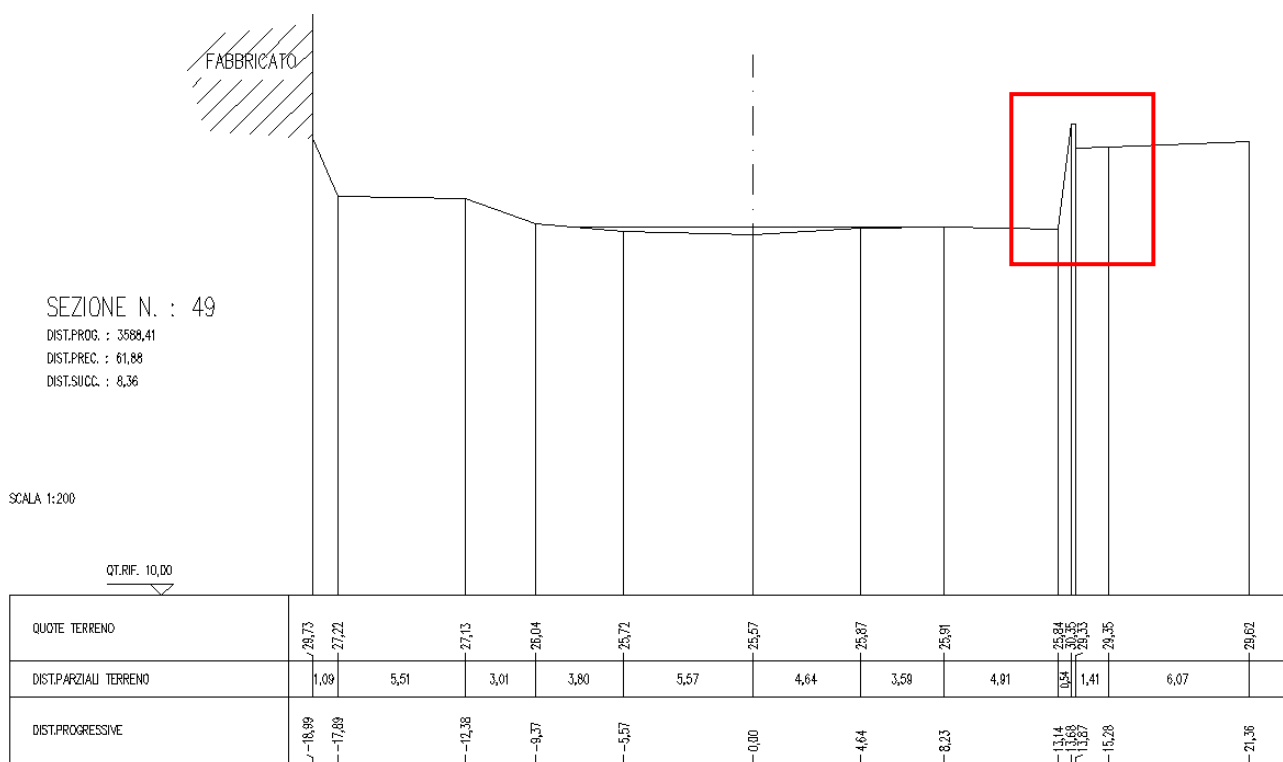


Fig. 26 – Sezione n.49 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale

#### 6.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 49)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria del paramento verticale del muro in c.a. è confermata per l'altezza ma non per l'inclinazione poiché il progetto prevede un paramento inclinato con spessore in testa di 20 cm e spessore alla base di 65 cm, il rilievo invece denota la parte superiore del muro di altezza 150 cm verticale e di spessore costante 19,5 cm, la parte immediatamente inferiore risulta inclinata di 4°. Non avendo informazioni sulla geometria del muro lato terrapieno non è possibile risalire all'effettivo spessore, se infatti si suppone che il paramento lato terrapieno sia verticale, lo spessore alla base, calcolato a partire dall'inclinazione rilevata lato alveo, risulterebbe inferiore rispetto a quello di progetto.
- 2) la geometria della ciabatta di fondazione non è stata sufficientemente indagata dalle indagini in sito per poter confermare o meno le caratteristiche progettuali. In particolare non è stata rilevata la presenza dei micropali di fondazione (poiché non sono state eseguite indagini in profondità). Non è stata confermata la presenza dello sperone di fondazione, poiché il rilievo ha evidenziato il magrone

al di sotto della ciabatta misurata sp. 60 cm in spessore; ciò potrebbe presupporre l'assenza dello sperone. La ciabatta lato monte non è stata indagata per la presenza del terrapieno. Lato valle la ciabatta sporge dal paramento di 36 cm a differenza del progetto che prevede solo 5 cm di sporgenza.

Se ne conclude quindi una marcata difformità geometrica di quanto rilevato dalle caratteristiche progettuali.

#### 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).

Le indagini sui materiali sono state eseguite sulla parte superiore del muro verticale.

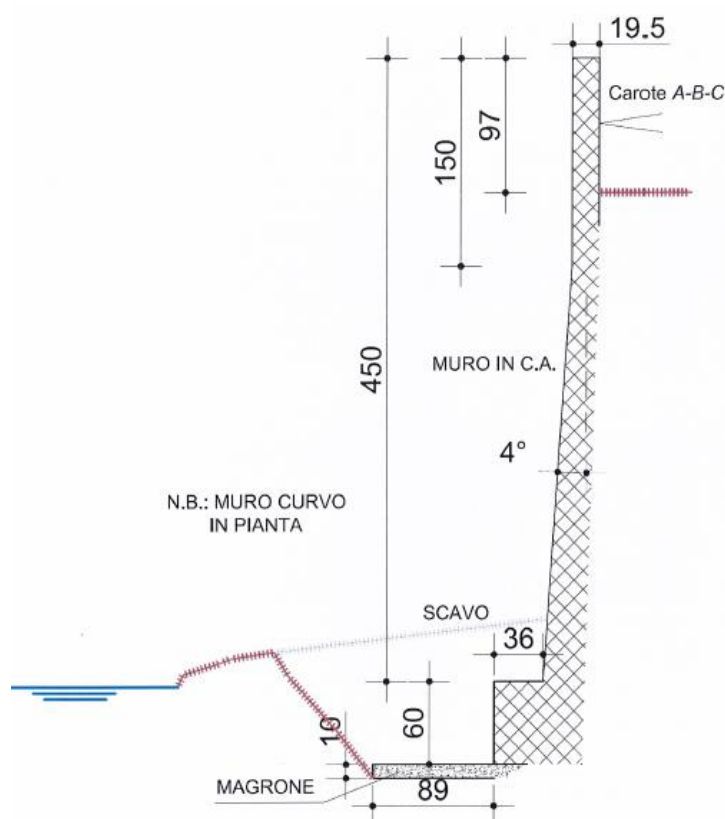


Fig. 27 – Punti di indagine

<b>PROVE SONREB</b>						
PUNTO	A	A'	B	B'	C	C'
Ir	39,0	40,6	41,4	42,6	43,2	40,8
Vp [m/s]	4694,0	4694,0	4400,0	4400,0	4408,0	4408,0
Rs0	55,0	58,2	50,6	52,6	53,9	49,8
Rs1	55,4	57,8	50,3	51,9	52,9	49,8
Rs2	48,0	50,5	45,9	47,5	48,5	45,2
Rs3	43,8	45,8	42,0	43,4	44,2	41,4
<b>Rs (medio)</b>	<b>50,5</b>	<b>53,1</b>	<b>47,2</b>	<b>48,9</b>	<b>49,9</b>	<b>46,5</b>
<b>fc (0,83 Rs)</b>	<b>42,0</b>	<b>44,0</b>	<b>39,2</b>	<b>40,5</b>	<b>41,4</b>	<b>38,6</b>

<b>CAROTE (Masi, 2005)</b>							
PROVINO	f <sub>car</sub> [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C <sub>H/D</sub>	f <sub>cis</sub> [Mpa]	Rc [Mpa]
54A	44,2	104	187	0,56	0,97	42,7	<b>51,45</b>
54B	43,6	104	190	0,55	0,98	42,3	<b>50,96</b>
54C	47,6	104	196	0,53	0,98	46,7	<b>56,27</b>
<b>media</b>						<b>43,90</b>	<b>52,89</b>

#### Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

<b>RESISTENZA MEDIA [N/mm<sup>2</sup>]</b>	
<b>f<sub>cm</sub></b>	<b>42,92</b>

<b>Resistenza di calcolo</b>	
FC =	1,2
f <sub>cm</sub> /FC =	35,77

Poiché le proprietà rilevate in sito risultano superiori a quelle di progetto, le verifiche vengono condotte con i materiali definiti nel progetto: Cls C25/30 e armatura B450C.

#### 6.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri Φ12 passo 22 cm. → NON coerente con il progetto (che prevede Φ16 passo 20 cm).

Armatura orizzontale rilevata: Ferri Φ12 passo 31 cm → NON coerente con il progetto (che prevede Φ12 passo 25 cm).

## 6.5 Verifiche del muro arginale

Per mancanza di informazioni dettagliate sulla geometria rilevata in sito (in particolare spessore muro e geometria di fondazione) non è possibile verificare l'opera poiché le assunzioni fatte comporterebbero un grado di incertezza eccessivo cosicché la verifica perde di significato.

A tal proposito si procede con la verifica della sicurezza strutturale della parte di muro a sbalzo dal terrapieno, infatti essendo lo spessore minimo (19,5 cm), la sezione di attacco al terrapieno potrebbe essere critica. Tale verifica ha significato nella condizione di massima piena poiché in assenza di terreno a tergo non ci sono ulteriori spinte oltre a quella idraulica.

### 6.5.1 Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena

Nella condizione idraulica di massima piena si considera la spinta dell'acqua lato alveo agente sulla porzione di muro a sbalzo dal terrapieno per un'altezza di 1 m.

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	1
spessore nervatura [m]	0,195

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H <sub>2</sub> O	5,0

Si verifica la sezione di attacco al terrapieno maggiormente sollecitata.

SLE:  $M(H_2O) = 1,67 \text{ kNm} \rightarrow$  SLU:  $M(H_2O) = 2,5 \text{ kNm}$

La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito:  $\Phi 12$  passo 22 cm.



Verifica della sezione in c.a. – SLU →  $FS = M_{res}/M_{soll} = 32,69 / 2,5 = 13 > 1 \rightarrow \text{OK}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: sopralzo54\_piena

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

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	19,5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,09	5
2	5,09	14,5

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

Materiali

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm²	$f_{cd}$	14,17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0,6
		$\tau_{c1}$	1,829

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sezio... File

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

## 6.6 Riepilogo

### 6.6.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità delle caratteristiche geometriche del paramento verticale (spessore e inclinazione) e della ciabatta di fondazione (geometria, dimensioni, non rilevato lo sperone di fondazione, non rilevata la porzione lato terrapieno). Assenza di indagini sulla presenza dei micropali.

**Armature** → Difformità del diametro e del passo dei ferri rilevato da indagine pacometrica.

**Rischi** → Erosione, scalzamento in assenza di sperone.

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

**Verifiche** → Informazioni insufficienti per la verifica del muro nella sua globalità. Verifica localizzata della sezione di attacco della parte superiore del muro al terrapieno ( $FS > 1$ ).

### 6.6.2 Criticità

- 1) Indagini in sito limitate sul muro (assenza di informazioni sullo spessore) e in fondazione (insufficienza di informazioni sulla ciabatta di fondazione, assenza di informazioni sulla presenza dei micropali di fondazione).
- 2) Non sono stati eseguiti saggi atti a rilevare il diametro dei ferri. Dall'indagine pacometrica, l'armatura rilevata è risultata difforme dal progetto → necessari approfondimenti.
- 3) Necessità della presenza dei micropali di fondazione come da progetto per garantire la sicurezza strutturale all'equilibrio dell'opera arginale.

### 6.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire le indagini in fondazione: rilievo geometria, dimensioni + saggi profondi per indagare la presenza dei micropali.
- 2) Approfondire le indagini sul muro: saggi puntuali per rilevare lo spessore del muro e le caratteristiche dell'armatura effettivamente presente: diametro e passo ferri.

## 6.7 Interventi

Non ci sono informazioni sufficienti per poter valutare la sicurezza strutturale dell'opera e gli interventi necessari a garantirne l'efficacia.

## 7 All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 57)

### 7.1 Dati generali

**Oggetto:** Muro in c.a. fondato su micropali (da progetto)

**Anno di costruzione dell'opera:** 2014

**Localizzazione:** Tratto 08 – destra idraulica (nelle vicinanze della sez. topografica n.51)

**Lunghezza muro:** ~ 50 m

**Pratica sismica di riferimento: N. 696/2013:** “Progetto Sistemazione Torrente Carrione tra Ponte Via Brigate Partigiane e Ponte Via Piave mediante:

- l'ampliamento delle sezioni idrauliche,
- il consolidamento delle opere idrauliche di difesa spondale esistenti,
- la realizzazione di nuovi rilevati arginali come sopralzi in c.a. e muri in c.a. (alcuni fondati su micropali) privilegiando, dove possibile, interventi di basso impatto ambientale quali terre armate,
- l'asportazione di parte del materiale detritico depositato in alveo”.

**Collaudo Statico:** Si → 15.12.2014.

### 7.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata. La parte immediatamente retrostante il muro è caratterizzata da una minore urbanizzazione e dalla presenza di terreni non edificati.



Fig. 28 – Immagine dell'area scaricata da google map





Fig. 29 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

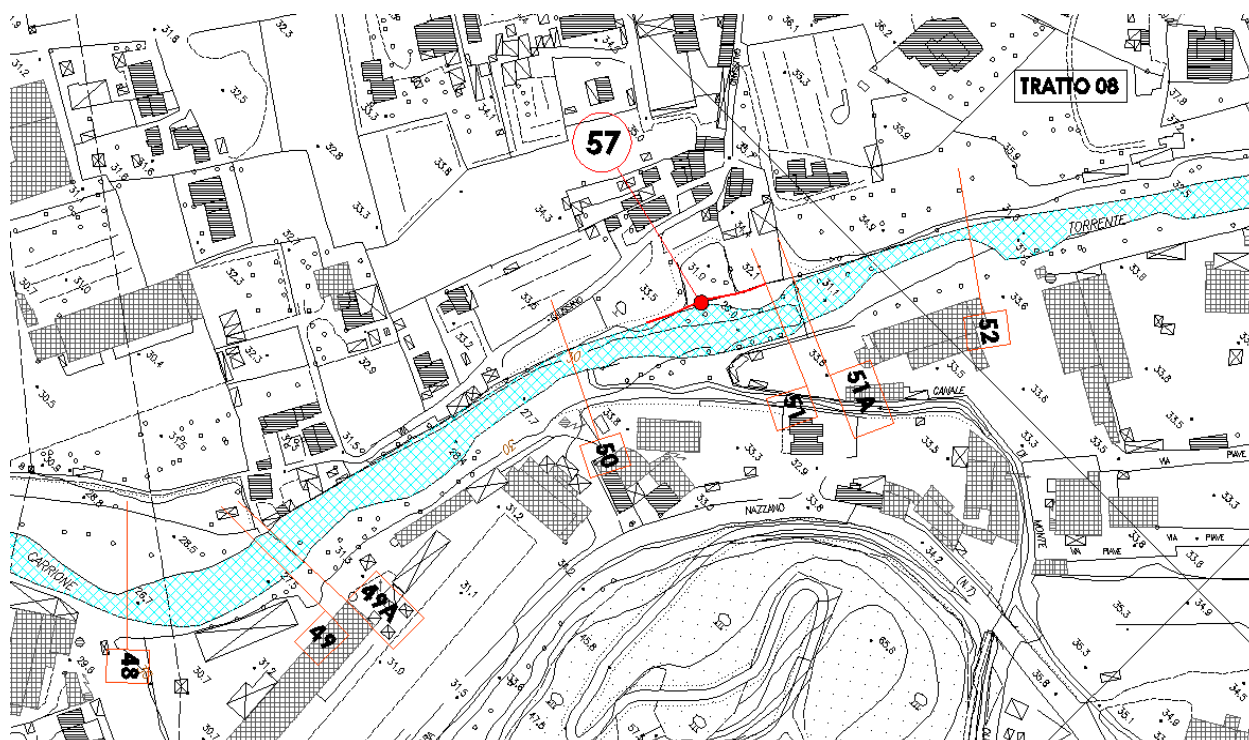


Fig. 30 – Inquadramento planimetrico – Tratto 08 – Sponda destra



Fig. 31 – Foto Muro

### 7.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 696/2013

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

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione di calcolo
- 3) Relazione di fine lavori
- 4) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 696/2013 prevede un nuovo muro in c.a. con ciabatta di fondazione esterna all'alveo e altezza pari a 5,70 m ( $H_{tot} = 6,3$  m comprensiva della ciabatta di fondazione). La fondazione è impostata su due file di micropali a interasse trasversale di 1,55 m e interasse longitudinale di 1,20 m. E' presente anche uno sperone.

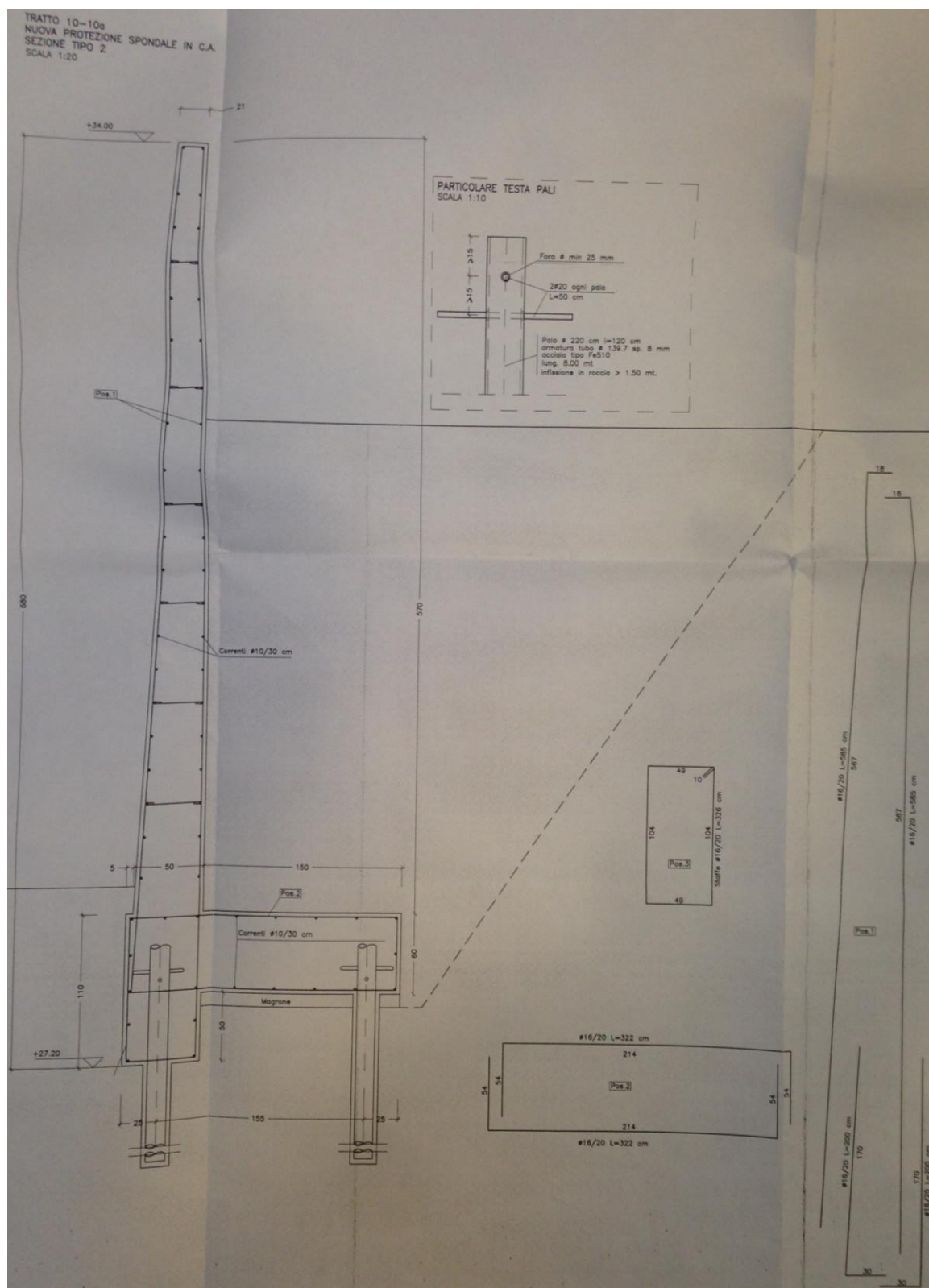
I pali hanno le seguenti caratteristiche di progetto:

- Micropali  $D = 220$  mm con tubo  $D = 139.7$  mm sp. 8 mm Lunghezza 8 m.

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



Data fine lavori: 26 novembre 2014.



**Fig. 32 – Sezione muro in c.a. – Estratto Pratica Sismica N. 696/2013**



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

sperone di fondazione; lo spessore della ciabatta di fondazione pari a 60 cm è confermato. La ciabatta lato monte non è stata indagata per la presenza del terrapieno.

#### 7.4.2 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).

<b>PROVE SONREB</b>							
<b>PUNTO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A'</b>	<b>B'</b>	<b>C'</b>	
Ir	34,1	35,3	35,6	34,8	36,1	35,6	
Vp [m/s]	4608,0	4354,0	4388,0	4608,0	4354,0	4388,0	
Rs0	43,5	39,4	40,6	44,7	40,6	40,6	
Rs1	45,9	41,4	42,6	46,9	42,4	42,6	
Rs2	39,2	36,9	37,8	40,2	37,9	37,8	
Rs3	36,5	34,5	35,3	37,3	35,4	35,3	
<b>Rs (medio)</b>	41,3	38,0	39,1	42,3	39,1	39,1	<b>39,8</b>
<b>fc (0.83 Rs)</b>	34,3	31,6	32,4	35,1	32,4	32,4	<b>33,0</b>

<b>CAROTE</b>	<b>(Masi, 2005)</b>						
PROVINO	f <sub>car</sub> [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C <sub>th</sub> /D	f <sub>cis</sub> [Mpa]	Rc [Mpa]
57A	28,9	104	210	0,50	1,00	28,9	<b>34,82</b>
57B							
57C	28,2	104	208	0,50	1,00	28,2	<b>33,98</b>
				<b>media</b>		<b>28,55</b>	<b>34,40</b>

## Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mmq]	
fcm	30,05

<b>Resistenza di calcolo</b>	
FC =	1,2
fcm/FC =	25,04

Poiché le proprietà rilevate in sito risultano superiori a quelle di progetto, le verifiche vengono condotte con i materiali definiti nel progetto: CIs C25/30 e armatura B450C.



#### 7.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 18 cm. → NON coerente con il progetto (che prevede  $\Phi 16$  passo 20 cm).

Armatura orizzontale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 25 cm → NON coerente con il progetto (che prevede  $\Phi 10$  passo 30 cm).

### 7.5 Verifiche del muro arginale

Per mancanza di informazioni dettagliate sulla geometria rilevata in sito (in particolare spessore muro e geometria di fondazione) non è possibile verificare l'opera poiché le assunzioni fatte comporterebbero un grado di incertezza eccessivo cosicché la verifica perde di significato.

Nonostante ciò si riporta una verifica globale dell'opera facendo riferimento alla geometria rilevata in sito per quanto possibile e per le informazioni mancanti in fondazione (geometria ciabatta e micropali di fondazione), si fa riferimento alle caratteristiche progettuali.

Per i parametri geotecnici si assume quanto riportato nel progetto depositato:  $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$  e  $\varphi' = 28^\circ$ .

#### 7.5.1 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.

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4
h ciabatta [m]	0,6
h tot muro [m]	4,6
h terreno su ciabatta di valle [m]	0
spessore nervatura [m]	0,375
Larghezza totale ciabatta [m]	2,05
L mensola ciabatta di monte [m]	1,5
L mensola ciabatta di valle [m]	0,05

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	105,80
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	37,50
W2 - Peso proprio ciabatta	30,75

Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	81,00
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	112,18
Spinta passiva del terreno strada (M2)	92,60

#### Verifica in presenza dei micropali di fondazione

<b>SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro</b>		
	243,34	-
	143,58	=
<b>Mc (<math>\gamma=1.3/1.5</math>) [kNm/m]</b>	<b>99,76</b>	

<b>SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro</b>	
braccio pali [m]	1,55
<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>109</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>-30</b>

interasse long. pali [m]	1,20
<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>130</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>-36</b>

<b>RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO</b>
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3
<b>Rc,d 452,72 kN</b>
<b>Rt,d 367,96 kN</b>

**Verifica di Portanza del micropalo:  $FS = 3,5 > 1 \rightarrow$  OK**

#### **Verifica della sezione in c.a. del muro**

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito:  $\Phi 12$  passo 18 cm.

**SLU  $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 119,9 / 47,82 = 2,5 > 1 \rightarrow$  OK**

Verifica C.A. S.L.U. - File: 57\_piena

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	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,22	6
2	6,22	44

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 37,5 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 47,82 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali B450C C25/30

E<sub>su</sub> 67,5 ‰ E<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² E<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14,17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 ?  
E<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 119,9 kN m

σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 33,68 ‰  
d 44 cm  
x 4,142 x/d 0,09413  
δ 0,7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Sezio...

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

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

### 7.5.2 Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno

La verifica del muro in condizioni di magra prevede l'azione spingente del terrapieno e del sovraccarico agente su di esso considerato arbitrariamente pari a 250 kg/mq (carico assunto per rimessi e parcheggi secondo il DM 2008). Infatti a tergo del muro sono presenti piazzali e giardini di fabbricati residenziali.

Il progetto originale assume un sovraccarico pari a 200 kg/mq.

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4
h ciabatta [m]	0,6
h tot muro [m]	4,6
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	3
spessore nervatura [m]	0,375
Larghezza totale ciabatta [m]	2,05
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	0,05
L mensola ciabatta di STRADA [m]	1,5

<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	35,50
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	43,86
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	2,74
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	3,38
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	11,99
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	11,86
W1 - Peso proprio nervatura	37,50
W2 - Peso proprio ciabatta	30,75
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	81,00
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	0,93
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	0,91

<b>SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro</b>		
	62,78	-
	9,73	=
<b>Mc (<math>\gamma=1.3/1.5</math>) [kNm/m]</b>	<b>53,06</b>	

<b>SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro</b>	
braccio pali [m]	1,55
<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>139</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>46</b>

interasse long. pali [m]	1,20
<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>167</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>56</b>

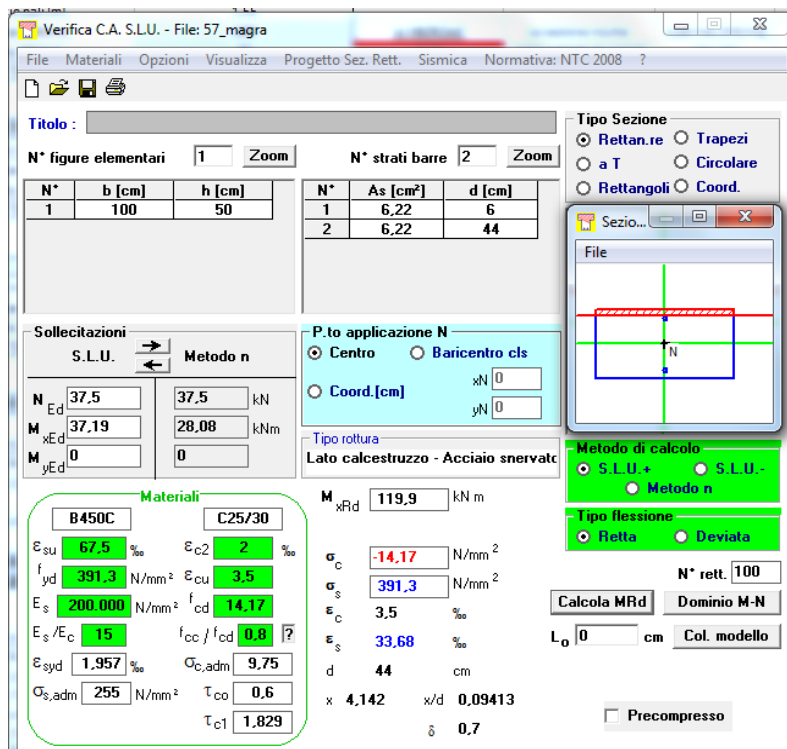
<b>RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO</b>		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
<b>Rc,d</b>	<b>452,72</b>	<b>kN</b>
<b>Rt,d</b>	<b>367,96</b>	<b>kN</b>

**Verifica di Portanza del micropalo:  $FS = 2,7 > 1 \rightarrow$  OK**

#### **Verifica della sezione in c.a. del muro**

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito:  $\Phi 12$  passo 18 cm.

**SLU** →  $FS = M_{res}/M_{soll} = 119,9 / 37,19 = 3,2 > 1 \rightarrow \text{OK}$



**Verifica C.A. S.L.U. - File: 57\_magra**

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

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	6,22	6
			2	6,22	44

**Sollecitazioni** S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 37,5 37,5 kN  
M<sub>xEd</sub> 37,19 28,08 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 119,9 kN m

**Materiali**

B450C		C25/30	
ε <sub>su</sub>	67,5 ‰	ε <sub>c2</sub>	2 ‰
f <sub>yd</sub>	391,3 N/mm²	ε <sub>cu</sub>	3,5 ‰
E <sub>s</sub>	200.000 N/mm²	f <sub>cd</sub>	14,17 N/mm²
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0,8
ε <sub>syd</sub>	1,957 ‰	σ <sub>c,adm</sub>	9,75 N/mm²
σ <sub>s,adm</sub>	255 N/mm²	τ <sub>co</sub>	0,6
		τ <sub>c1</sub>	1,829

σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 33,68 ‰  
d 44 cm  
x 4,142 x/d 0,09413  
δ 0,7

**Tipo Sezione**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sezio...** File

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

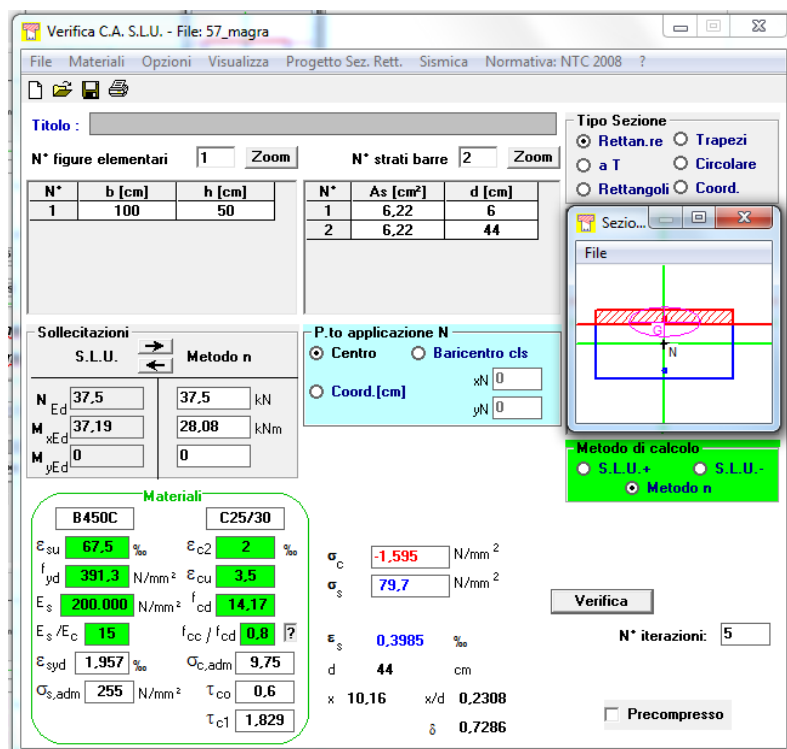
**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Devia

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

**SLE** →  $\sigma_c = 1,60 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

→  $\sigma_s = 79,7 \text{ N/mm}^2 < 0,8f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$



**Verifica C.A. S.L.U. - File: 57\_magra**

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

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	6,22	6
			2	6,22	44

**Sollecitazioni** S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 37,5 37,5 kN  
M<sub>xEd</sub> 37,19 28,08 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 119,9 kN m

**Materiali**

B450C		C25/30	
ε <sub>su</sub>	67,5 ‰	ε <sub>c2</sub>	2 ‰
f <sub>yd</sub>	391,3 N/mm²	ε <sub>cu</sub>	3,5 ‰
E <sub>s</sub>	200.000 N/mm²	f <sub>cd</sub>	14,17 N/mm²
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0,8
ε <sub>syd</sub>	1,957 ‰	σ <sub>c,adm</sub>	9,75 N/mm²
σ <sub>s,adm</sub>	255 N/mm²	τ <sub>co</sub>	0,6
		τ <sub>c1</sub>	1,829

σ<sub>c</sub> -1,595 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 79,7 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 0,3985 ‰  
ε<sub>s</sub> 0,3985 ‰  
d 44 cm  
x 10,16 x/d 0,2308  
δ 0,7286

**Tipo Sezione**  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sezio...** File

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Devia

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

**Verifica** N° iterazioni: 5

### 7.5.3 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  $\beta_m$  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  $\beta_m$  assume valore unitario. In quest'ultimo caso, si assume che l'incremento di spinta dovuta al sisma sia applicato a metà altezza del muro.

<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte, st+din (M1)</i>	54,33
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle, st+din (M2)</i>	133,38
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Statica</u> (M1)</i>	35,50
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	43,86
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Dinamica</u> (M1)</i>	18,83
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	89,51
W1 - Peso proprio nervatura*kh	8,61
W2 - Peso proprio ciabatta*kh	7,06
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh	18,59
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M1)</i>	18,36
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M2)</i>	36,05
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M1)</i>	11,99
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	11,86
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M1)</i>	6,36
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	24,19
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)	33,20
W2 - Peso proprio ciabatta*(1-kv)	27,22
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)	71,71

SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro		
	140,03	-
	16,54	=
<b>Mc [kNm/m]</b>	<b>123,49</b>	

SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro	
braccio pali [m]	1,55
<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>155</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>-4</b>

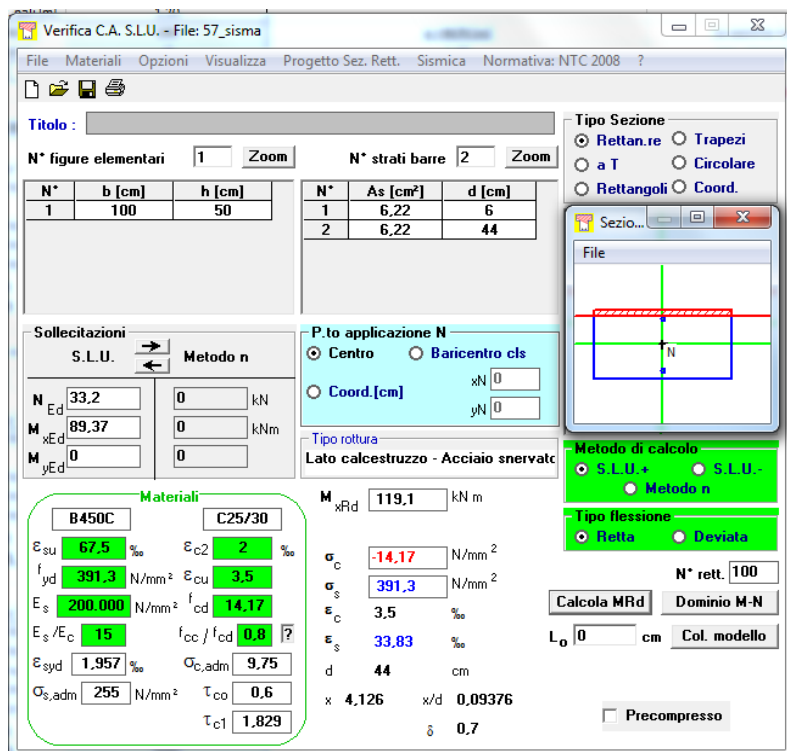
interasse long. pali [m]	1,20
<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>186</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>-5</b>

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
<b>Rc,d</b>	<b>452,72</b>	<b>kN</b>
<b>Rt,d</b>	<b>367,96</b>	<b>kN</b>

Verifica di Portanza del micropalo:  $FS = 2,4 > 1 \rightarrow$  **OK**

Verifica della sezione in c.a. del muro

SLU  $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 119,1 / 89,37 = 1,3 > 1 \rightarrow$  **OK**



Verifica C.A. S.L.U. - File: 57\_sisma

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]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	6,22	6
			2	6,22	44

Tipo Sezione  
☒ Rettang. ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sezio...

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 33,2 0 kN  
 M<sub>Ed</sub> 89,37 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 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

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C25/30	
E <sub>su</sub>	67,5	E <sub>c2</sub>	2
f <sub>yd</sub>	391,3	E <sub>cu</sub>	3,5
E <sub>s</sub>	200.000	f <sub>cd</sub>	14,17
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0,8
E <sub>syd</sub>	1,957	σ <sub>c,adm</sub>	9,75
σ <sub>s,adm</sub>	255	τ <sub>co</sub>	0,6
		τ <sub>c1</sub>	1,829

M<sub>xRd</sub> 119,1 kN m

σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 33,83 ‰  
 d 44 cm  
 x 4,126 x/d 0,09376  
 δ 0,7



## 7.6 Riepilogo

### 7.6.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conformità delle dimensioni geometriche del paramento verticale ad esclusione dell'altezza rilevata inferiore rispetto a quella di progetto. Informazioni insufficienti sullo spessore del muro e sulla ciabatta di fondazione. Assenza di indagini sulla presenza dei micropali.

**Armature** → Difficoltà del diametro e del passo dei ferri rilevato da indagine pacometrica.

**Rischi** → Erosione, scalzamento in assenza di sperone.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra per la presenza del terrapieno a tergo del muro.

**Verifiche** → Informazioni insufficienti per la verifica del muro nella sua globalità. Verifica preliminare con la geometria ricostruita da rilievo + progetto:  $FS > 1$  in presenza dei micropali di fondazione (come da progetto).

### 7.6.2 Criticità

- 1) Indagini in sito limitate sul muro (non è stato rilevato lo spessore) e in fondazione (insufficienza di informazioni sulla ciabatta di fondazione, assenza di informazioni sulla presenza dei micropali di fondazione).
- 2) Non sono stati eseguiti saggi atti a rilevare il diametro dei ferri. Dall'indagine pacometrica, l'armatura rilevata è risultata difforme dal progetto → necessari approfondimenti.
- 3) Necessità della presenza dei micropali di fondazione come da progetto per garantire la sicurezza strutturale all'equilibrio dell'opera arginale.

### 7.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire le indagini in fondazione: rilievo geometria, dimensioni + saggi profondi per indagare la presenza dei micropali.
- 2) Approfondire le indagini sul muro: saggi puntuali per rilevare lo spessore del muro e le caratteristiche dell'armatura effettivamente presente: diametro e passo ferri.

## 7.7 Interventi

Non ci sono informazioni sufficienti per poter valutare la sicurezza strutturale dell'opera e gli interventi necessari a garantirne l'efficacia. Le verifiche di sicurezza sono soddisfatte in presenza dei micropali di fondazione (come da progetto).

## 8 All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 58 – sez. 51A)

### 8.1 Dati generali

**Oggetto:** Muro in c.a.

**Anno di costruzione dell'opera:** 1990

**Localizzazione:** Tratto 08 – sinistra idraulica (rif. sez. topografica n.52)

**Lunghezza muro:** ~ 85 m

**Pratica sismica di riferimento: N. 278/1990:** “Costruzione muro d'argine in c.a. con struttura reggisplinta autoportante ancorata a fondazioni continue di lunghezza complessiva pari a 85 m e altezza max fuori terra pari a 3.50 m - Proprietà ESSEMARMÌ”.

**Collaudo Statico:** Si → 24.09.1990.

### 8.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata: sono presenti fabbricati per lo più industriali. Sul terrapieno retrostante il muro è presente il piazzale e i fabbricati della segheria Essemarmi.



Fig. 34 – Immagine dell'area scaricata da google map





Fig. 35 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

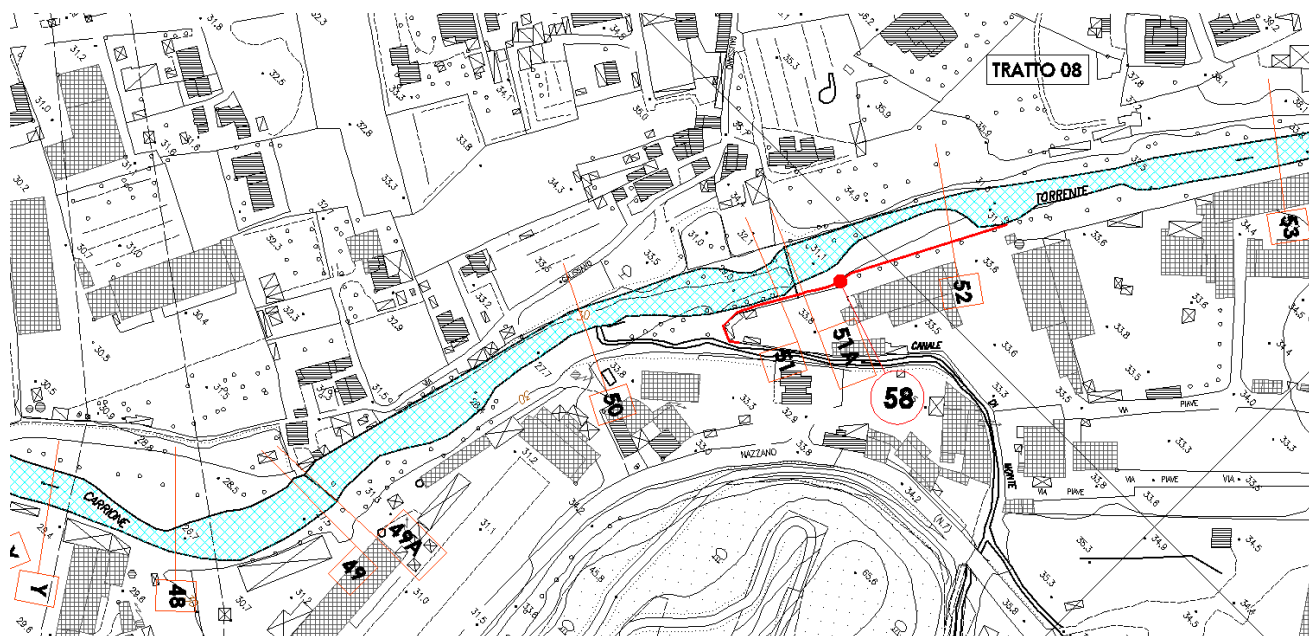


Fig. 36 – Inquadrimento planimetrico – Tratto 08 – Sponda sinistra



Fig. 37 – Foto Muro

### 8.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 278/1990

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

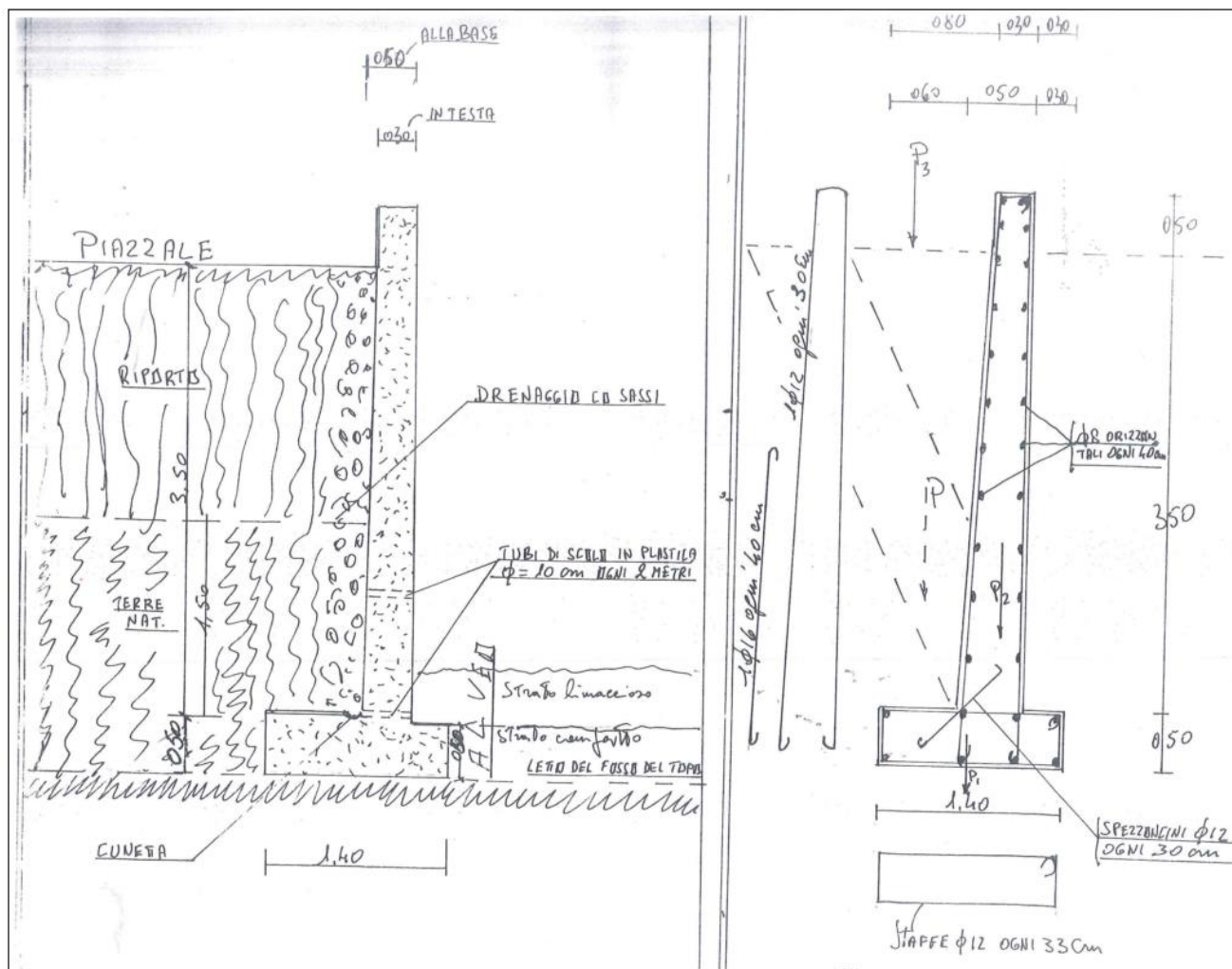
- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione Tecnica illustrativa
- 3) Relazione di calcolo
- 4) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 278/1990 prevede la costruzione di un muro d'argine in c.a. con struttura reggispinta autoportante ancorata a fondazioni continue di lunghezza complessiva pari a 85 m e altezza max fuori terra pari a 3.50 m - Proprietà ESSEMARMI.

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

- 1) Legge 2.2.1974 n°64
- 2) Legge 5.11.1971 n°1086
- 3) L.R. 6.12.1982 n°88.



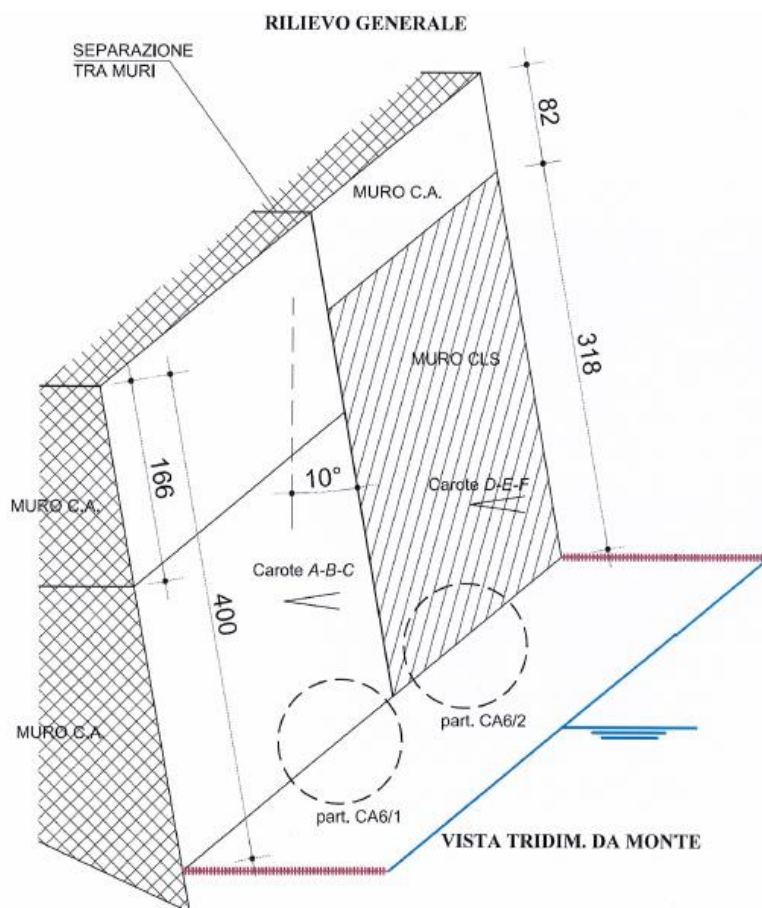


**Fig. 38 – Sezione muro in c.a. – Estratto Pratica Sismica N. 278/1990**

Il muro arginale in oggetto è stato costruito nel 1990 (data fine lavori: 6 settembre 1990).

#### 8.4 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. 39 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito**

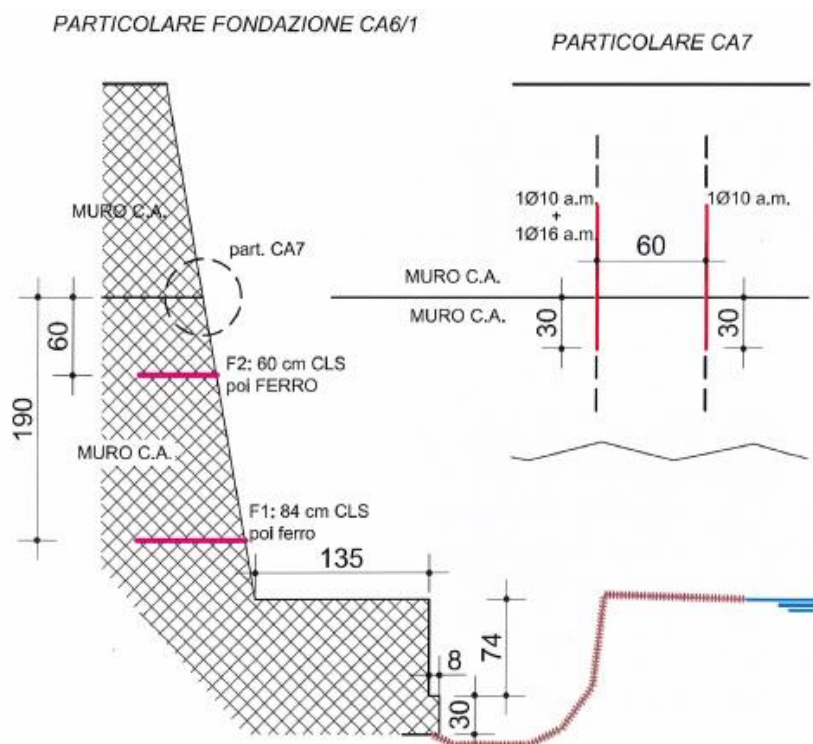


Fig. 40 – Sezione tipologica strutturale - dettagli

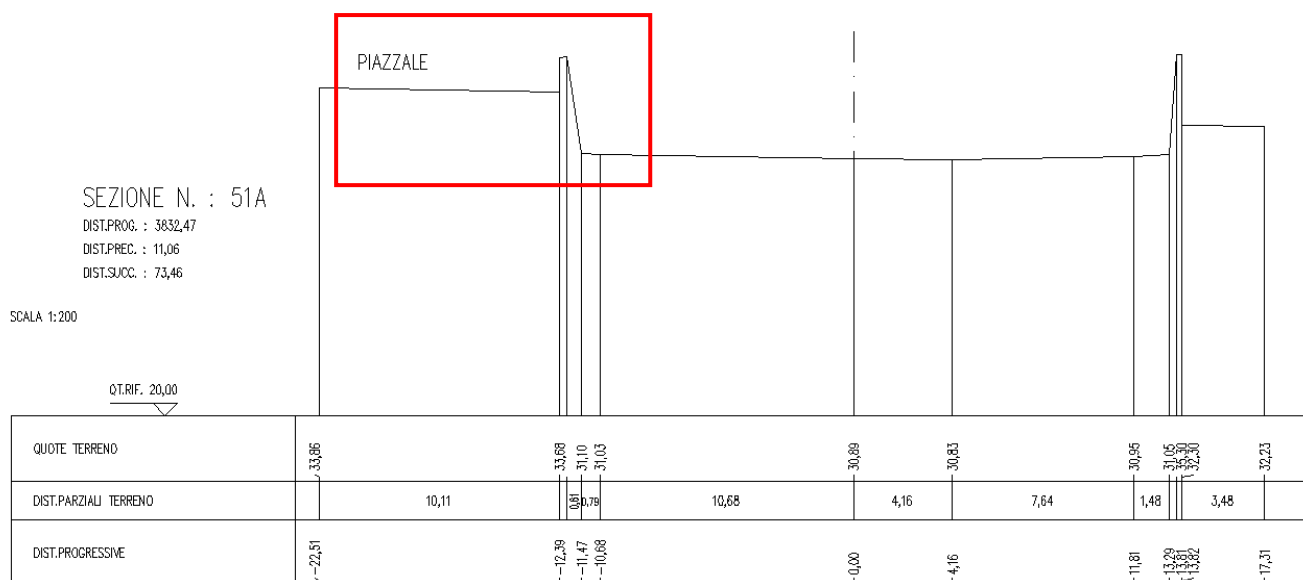


Fig. 41 – Sezione n.52 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale



#### 8.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 52)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria del muro è difforme per dimensioni a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 278/1990) e non ci sono informazioni circa la parte di ciabatta a tergo del muro per la presenza del terrapieno.
- 2) La geometria rilevata del muro si avvicina per tipologia a quella di un muro a gravità mentre il progetto prevede un muro a T → difformità tipologica e dimensionale.

#### 8.4.2 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).

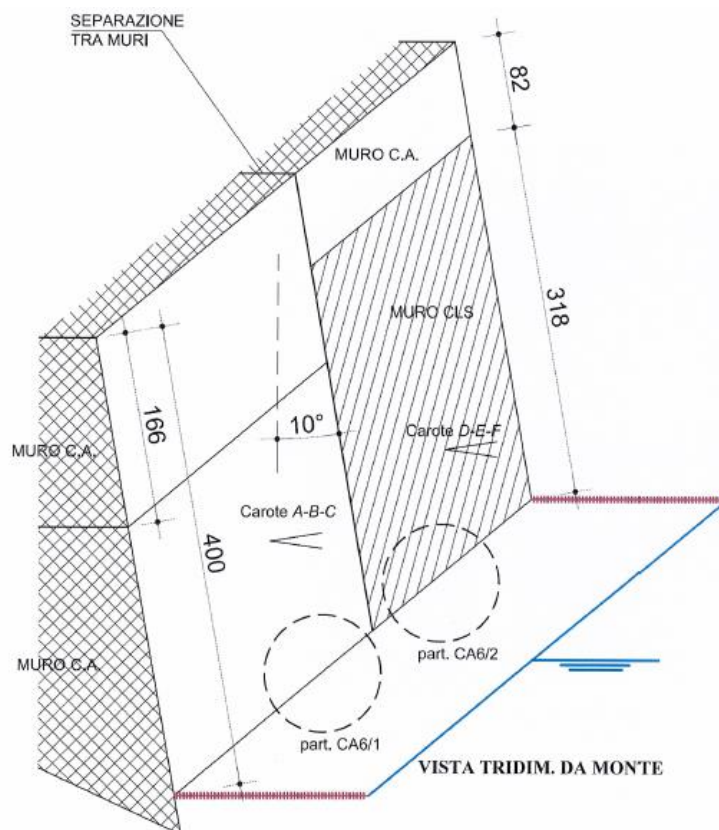


Fig. 42 – Punti di indagine

<b>PROVE SONREB - MURO IN C.A.</b>						
PUNTO	A	A'	B	B'	C	C'
Ir	37,0	37,3	39,1	38,5	36,2	36,2
Vp [m/s]	4499,0	4499,0	4574,0	4574,0	4438,0	4438,0
Rs0	45,8	46,3	51,6	50,5	42,9	42,9
Rs1	47,2	47,6	52,1	51,2	44,6	44,6
Rs2	41,6	42,0	45,9	45,0	39,4	39,4
Rs3	38,4	38,8	42,0	41,3	36,6	36,6
<b>Rs (medio)</b>	<b>43,2</b>	<b>43,7</b>	<b>47,9</b>	<b>47,0</b>	<b>40,9</b>	<b>40,9</b>
<b>fc (0,83 Rs)</b>	<b>35,9</b>	<b>36,2</b>	<b>39,8</b>	<b>39,0</b>	<b>33,9</b>	<b>33,9</b>

<b>CAROTE (Masi, 2005)</b>							
PROVINO	f <sub>car</sub> [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C <sub>H/D</sub>	f <sub>cis</sub> [Mpa]	Rc [Mpa]
58A	39,4	104	208	0,50	1,00	39,4	<b>47,47</b>
58B	36,0	104	167	0,62	0,94	33,5	<b>40,36</b>
58C	39,1	104	208	0,50	1,00	39,1	<b>47,11</b>
<b>media</b>						<b>37,33</b>	<b>44,98</b>

#### Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

<b>RESISTENZA MEDIA [N/mm<sup>2</sup>]</b>	
<b>f<sub>cm</sub></b>	<b>37,04</b>

<b>Resistenza di calcolo</b>	
FC =	1,2
f <sub>cm</sub> /FC =	30,87

Le proprietà rilevate in sito risultano superiori a quelle di progetto:

Cls C25/30 e armatura Feb44K.

#### 8.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 33 cm. → OK coerente con il progetto (che prevede  $\Phi 12$  passo 30 cm).

Armatura orizzontale rilevata: Ferri  $\Phi 12$  passo 94 cm → NON coerente con il progetto (che prevede  $\Phi 8$  passo 40 cm).

## 8.5 Verifiche del muro arginale

Per mancanza di informazioni dettagliate sulla geometria rilevata in sito (in particolare spessore muro e geometria di fondazione) e per le difformità riscontrate con il progetto, non è possibile verificare l'opera poiché le assunzioni fatte comporterebbero un grado di incertezza eccessivo cosicché la verifica perde di significato.

Da una valutazione preliminare del muro così come rilevato, si riscontra una criticità della resistenza della sezione in c.a. per insufficienza di armatura e una possibile instabilità al ribaltamento nelle condizioni statiche e sismiche di magra per la presenza del terrapieno a tergo su cui insiste il piazzale di una segheria adibito al trasporto e stoccaggio di blocchi di marmo e granito attraverso mezzi pesanti.

## 8.6 Riepilogo

### 8.6.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità nelle caratteristiche tipologiche e dimensionali del paramento e della ciabatta di fondazione. Rispetto a quanto rilevato in sito, la conformazione del muro è simile a quella di un muro a gravità piuttosto che a un muro a T come da progetto.

**Armature** → Armatura verticale coerente, armatura orizzontale non coerente.

**Rischi** → Erosione, sicurezza strutturale della sezione in c.a. e del ribaltamento.

**Condizione di carico più gravosa** → Condizioni statiche e sismiche di magra per la presenza del terrapieno su cui insiste un sovraccarico d'uso elevato.

**Verifiche** → Informazioni insufficienti per la verifica del muro.

### 8.6.2 Criticità

- 1) Difformità delle caratteristiche tipologiche e geometriche del muro.
- 2) Scarsa presenza di armatura (disaccordo con le limitazioni costruttive stabilite dalla nuova normativa NTC 2008).

### 8.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche geometriche del muro.
- 2) Limitare il sovraccarico sul terrapieno a tergo del muro:
  - No deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,
  - No transito di mezzi pesanti in prossimità del muro.



## 8.7 Interventi

Si prevedono i seguenti interventi di rinforzo a seguito degli approfondimenti delle indagini in sito sulla geometria dell'opera.

### 1) *Paratia di micropali a tergo del muro.*

## 8.8 Stima degli interventi

Paratia di micropali

Costo stimato = 270.000 €.

## 9 All. D - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 61 – sez. 53)

### 9.1 Dati generali

**Oggetto:** Sopralzo in c.a. su muro in c.a. (da progetto)

**Anno di costruzione dell'opera:** 2014

**Localizzazione:** Tratto 08 – sinistra idraulica (tra le sezioni topografiche n.53 e n.54)

**Lunghezza muro:** ~ 25 m

**Pratica sismica di riferimento: N. 696/2013:** "Progetto Sistemazione Torrente Carrione tra Ponte Via Brigate Partigiane e Ponte Via Piave mediante:

- l'ampliamento delle sezioni idrauliche,
- il consolidamento delle opere idrauliche di difesa spondale esistenti,
- la realizzazione di nuovi rilevati arginali come sopralzi in c.a. e muri in c.a. (alcuni fondati su micropali) privilegiando, dove possibile, interventi di basso impatto ambientale quali terre armate,
- l'asportazione di parte del materiale detritico depositato in alveo".

**Collaudo Statico:** Si → 15.12.2014.

### 9.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata: sono presenti fabbricati per lo più industriali. Sul terrapieno retrostante il muro sono presenti piazzali e fabbricati industriali (per lo più segherie) con la presenza di silos.

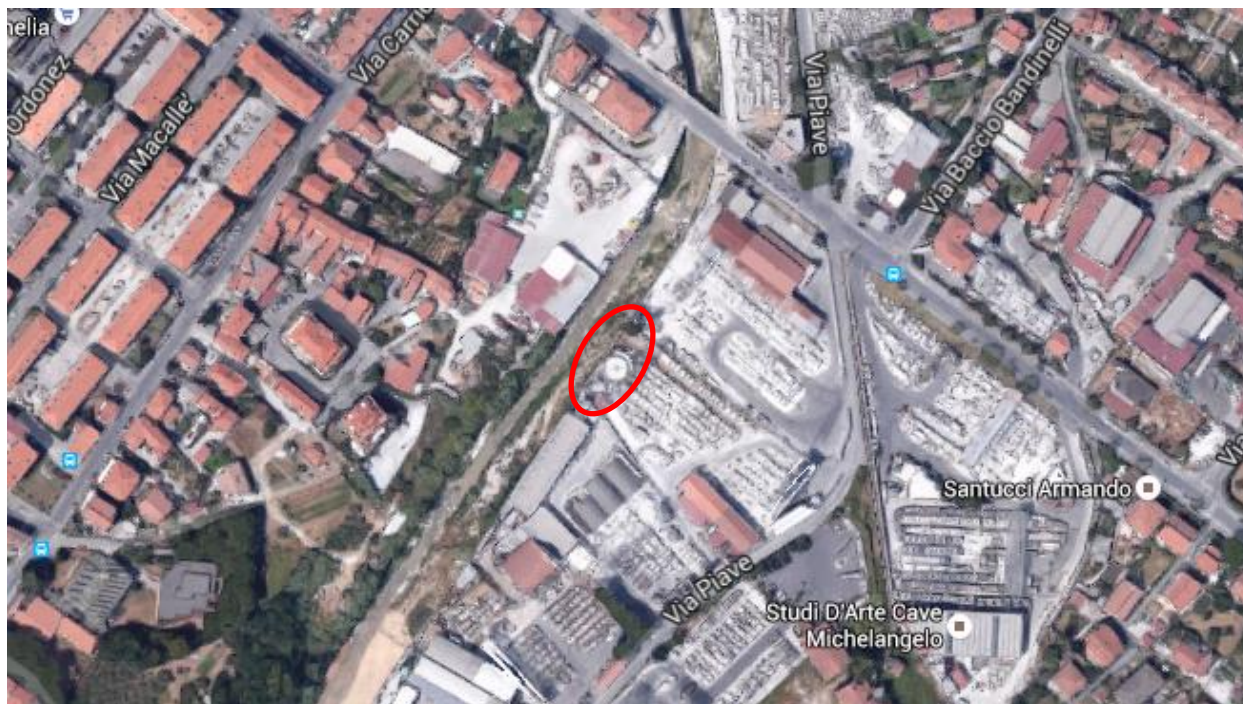


Fig. 43 – Immagine dell'area scaricata da google map





Fig. 44 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

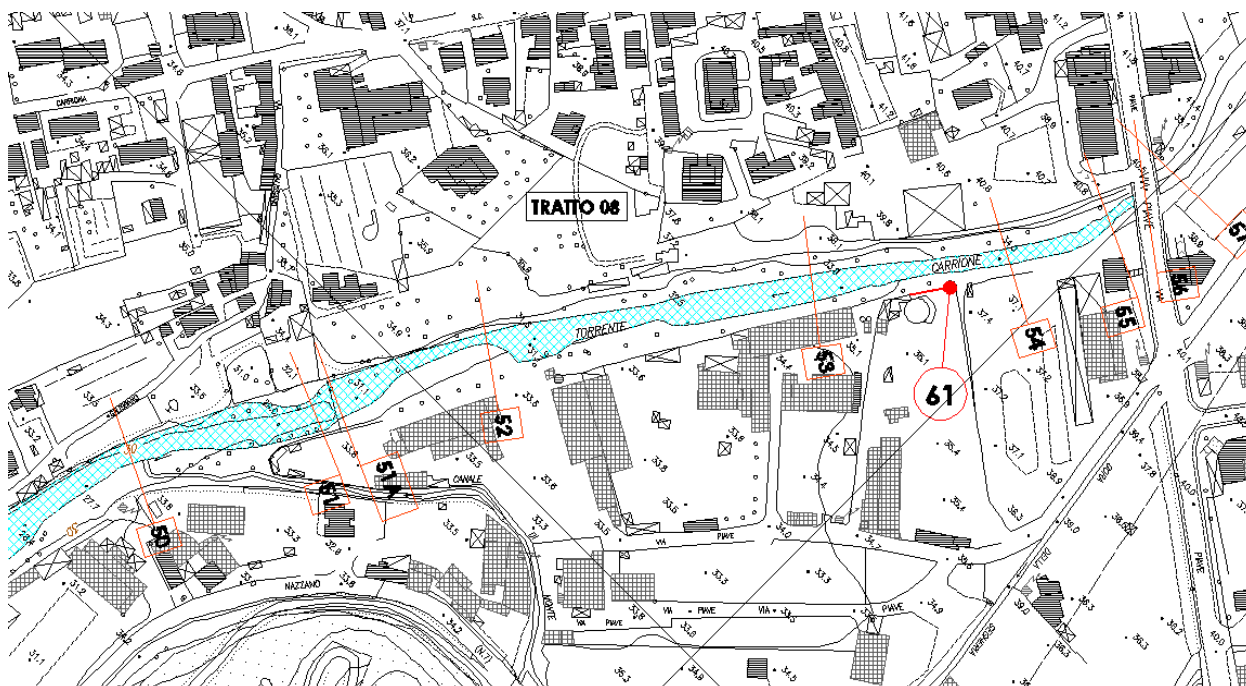


Fig. 45 – Inquadramento planimetrico – Tratto 08 – Sponda sinistra





Fig. 46 – Foto Muro

### 9.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 696/2013

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

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione di calcolo
- 3) Relazione di fine lavori
- 4) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 696/2013 prevede per tale tratto (tra le sezioni 54.1 e 53.2) in sinistra idraulica la realizzazione di una sopraelevazione arginale con nuovo muro in c.a. di altezza variabile da 70 cm a 120 cm.

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

Data fine lavori: 26 novembre 2014.

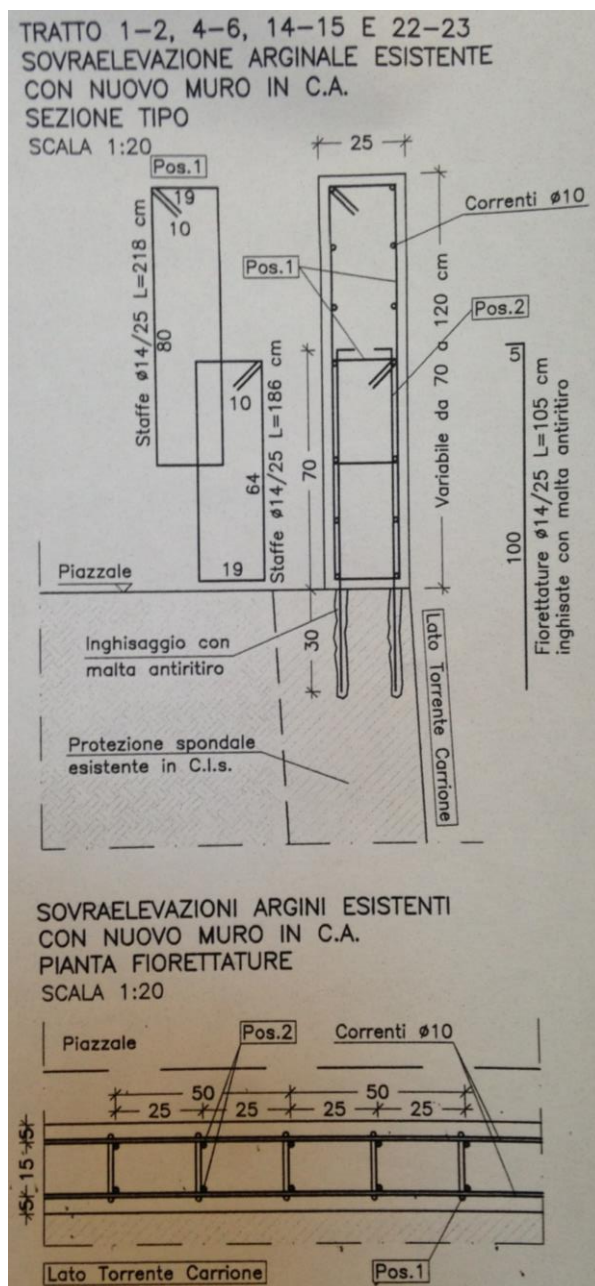
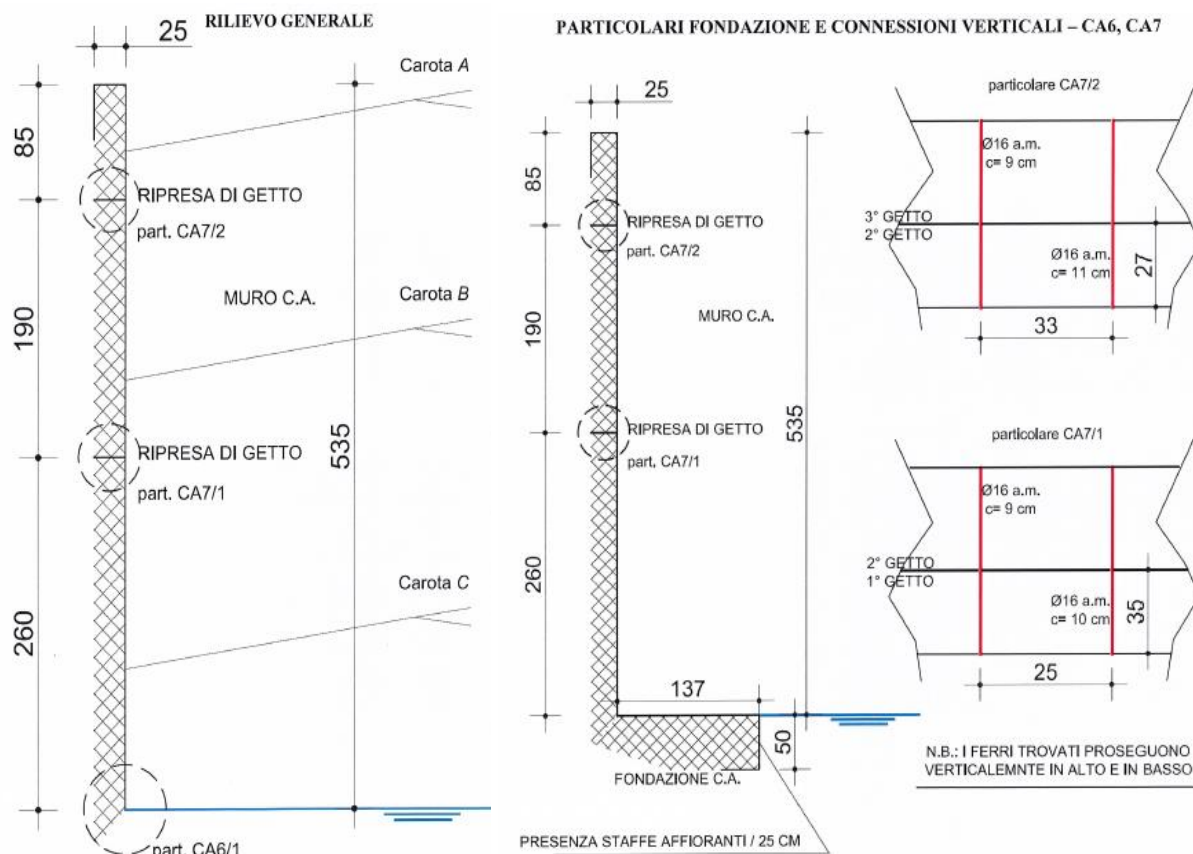


Fig. 47 – Sezione muro in c.a. – Estratto Pratica Sismica N. 696/2013

#### 9.4 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. 48 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito**

##### 9.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria rilevata in sito è difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 696/2013) che prevede un sopralzo in c.a. su muro esistente. In realtà la geometria rilevata in sito è rappresentata da un muro a L in c.a. con 2 riprese di getto. L'ultima ripresa di getto potrebbe far pensare al sopralzo in c.a. definito in progetto anche se le dimensioni non sono confermate.

#### 9.4.2 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).

<b>PROVE SONREB - I° GETTO</b>			
PUNTO	C	C'	
Ir	40,0	39,7	
Vp [m/s]	4869,0	4869,0	carote
Rs0	62,7	62,0	
Rs1	62,2	61,7	
Rs2	53,0	52,5	
Rs3	47,9	47,5	
<b>Rs (medio)</b>	<b>56,5</b>	<b>55,9</b>	<b>56,2</b>
<b>fc (0,83 Rs)</b>	<b>46,9</b>	<b>46,4</b>	<b>46,6</b>

<b>CAROTE (Masi, 2005)</b>								
	PROVINO	f <sub>car</sub> [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C <sub>h/D</sub>	f <sub>cis</sub> [Mpa]	Rc [Mpa]
III° GETTO	61A	44,9	104	209	0,50	1,00	44,9	<b>54,10</b>
II° GETTO	61B	40,5	104	209	0,50	1,00	40,5	<b>48,80</b>
I° GETTO	61C	33,8	104	117	0,89	0,84	28,8	<b>34,70</b>
						<b>media</b>	<b>38,07</b>	<b>45,86</b>

#### Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

<b>RESISTENZA MEDIA [N/mmq]</b>	
<b>fcm</b>	<b>40,93</b>

<b>Resistenza di calcolo</b>	
FC =	1,2
fcm/FC =	34,11

Poiché le proprietà rilevate in sito risultano superiori a quelle di progetto, le verifiche vengono condotte con i materiali definiti nel progetto:

Cls C25/30 e armatura B450C.

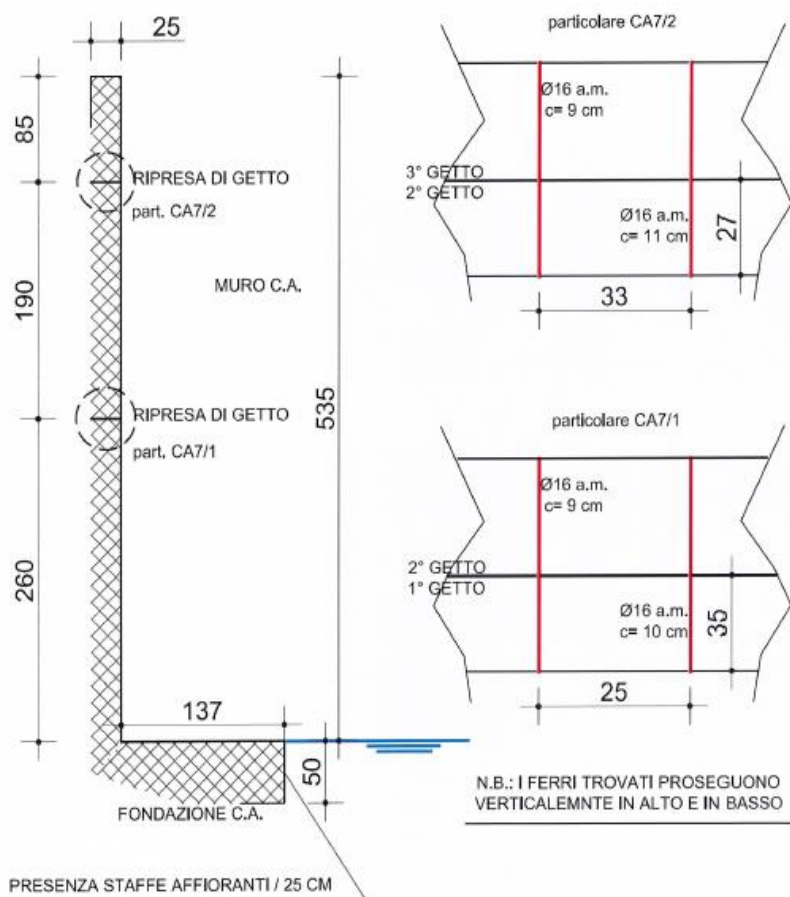
### 9.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri  $\Phi 16$  passo 25 / 33 cm

In corrispondenza della parte superiore del muro l'armatura non è stata rilevata. Il progetto che fa riferimento a un nuovo soprizzo prevede  $\Phi 14$  passo 25 cm.

Armatura orizzontale non rilevata.



## 9.5 Verifiche del muro arginale

Per mancanza di informazioni dettagliate sulla geometria del muro rilevata in sito (in particolare spessore muro e geometria di fondazione) non è possibile verificare l'opera poiché le assunzioni fatte comporterebbero un grado di incertezza eccessivo cosicché la verifica perde di significato.

A tal proposito si procede con la verifica della sicurezza strutturale della parte di muro a sbalzo dal terrapieno, che potrebbe rappresentare il nuovo sopralzo previsto in progetto per questo tratto di argine.

Tale verifica ha significato nella condizione di massima piena poiché in assenza di terreno a tergo non ci sono ulteriori spinte oltre a quella idraulica.

### 9.5.1 Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena

Nella condizione idraulica di massima piena si considera la spinta dell'acqua lato alveo agente sulla porzione di muro a sbalzo dal terrapieno per un'altezza di 1 m.

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	0,85
h tot muro [m]	0,85
spessore nervatura [m]	0,25

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H <sub>2</sub> O	3,61

Si verifica la sezione di attacco al terrapieno maggiormente sollecitata.

SLE:  $M(H_2O) = 1,02 \text{ kNm} \rightarrow$  SLU:  $M(H_2O) = 1,54 \text{ kNm}$

La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito:  $\Phi 16$  passo 33 cm.



Verifica della sezione in c.a. – SLU →  $FS = M_{res}/M_{soll} = 49,75 / 1,54 = 32 > 1 \rightarrow \text{OK}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: sopralzo61\_piena

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	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,03	5
2	6,03	20

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 1,54 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 49,75 kN m

Materiali  
B450C C25/30

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14,17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub> -14,17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 16,2 ‰  
d 20 cm  
x 3,553 x/d 0,1776  
δ 0,7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.

Sezio...

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

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

## 9.6 Riepilogo

### 9.6.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Difformità delle caratteristiche tipologiche dell'opera: rilievo di muro in c.a. a L contro il progetto che fa riferimento a un sopralzo in c.a..

**Armature** → Armatura non coerente.

**Rischi** → Sicurezza strutturale per mancanza di informazioni sufficienti sul muro di base.

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

**Verifiche** → Informazioni insufficienti sul muro. Verifica del sopralzo in c.a. ( $FS > 1$ ) in conformità a quanto previsto nel progetto.

### 9.6.2 Criticità

- 1) Difformità delle caratteristiche tipologiche del muro: il progetto prevede un nuovo sopralzo su muro esistente, dal rilievo sembra che il muro, anche se realizzato con 2 riprese di getto, sia un unico elemento.
- 2) Informazioni insufficienti sul muro di base (spessore paramento, caratteristiche fondazioni).
- 3) Informazioni insufficienti sul terrapieno retrostante il muro (no sezione topografica, no rilievo in sito).

### 9.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche tipologiche e geometriche del muro.

## 9.7 Interventi

Non ci sono informazioni sufficienti per poter valutare la sicurezza strutturale dell'opera e gli interventi necessari a garantirne l'efficacia.

Il sopralzo, considerato come elemento a sé stante, risulta idoneo ad assorbire le sollecitazioni di massima piena. Sulla porzione inferiore del muro non ci sono elementi sufficienti atti a valutarne l'effettiva efficienza strutturale.