

**RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI
MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA
- TRATTO 06 -**

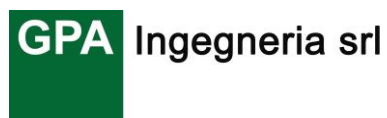
Progetto: Studio di Fattibilità
Commessa: C15003
Cliente: REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Oggetto: Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.
N. Elaborato: 02.RG.04.06

PROGETTISTA RESPONSABILE

Dott. Ing. Giovanni Cardinale

GRUPPO DI LAVORO

Strutture: Ing. Maria Letizia Pecora



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

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

Sommario

1	Premessa	4
2	Scopo	4
3	Quadro Conoscitivo Tratto 06	4
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali	4
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione	5
3.3	Osservazioni Preliminari	5
4	Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali	7
4.1	Quadro normativo di riferimento	7
4.2	Condizioni di carico	7
4.3	Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali	7
4.4	Verifica Muro in pietra + Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 33 – sez.Y).....	8
4.4.1	Caratteristiche dei materiali muro in cls	8
4.4.2	Caratteristiche dei materiali muro in pietra	9
4.4.3	Verifiche del muro in cls	11
4.4.4	Verifiche del muro in pietrame.....	12
4.5	Verifica Muro in c.a. + Berlese di micropali destra idraulica (rif. scheda 34 – sez.40) ..	13
4.5.1	Micropali	13
4.6	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 35 – sez.X)	14
4.6.1	Caratteristiche dei materiali	14
4.6.2	Ferri di armatura	15
4.6.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	15
4.7	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 35 – sez.X).....	16
4.7.1	Caratteristiche dei materiali	16
4.7.2	Verifiche del muro a gravità	17
4.8	Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 40 – sez.41).....	18
4.8.1	Caratteristiche dei materiali	19
4.8.2	Ferri di armatura	19
4.8.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	19
4.9	Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 40 – sez.41)	21
4.9.1	Caratteristiche dei materiali	21

4.9.2	Caratteristiche geometriche.....	21
4.10	Verifica Berlinese di micropali destra idraulica (rif. scheda 40 – sez.41).....	22
4.10.1	Caratteristiche dei materiali	22
4.10.2	Ferri di armatura	23
5	Conclusioni.....	24
6	All.A - Berlinese sinistra idraulica (rif. scheda 31-32 – sez.Z)	29
6.1	Dati generali	29
6.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera	29
6.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 656/2011	32
6.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	34
6.4.1	Geometria	34
6.4.2	Caratteristiche dei materiali	35
6.4.3	Ferri di armatura del sopralzo.....	37
6.4.4	Ferri di armatura della trave di cordolo berlinese	37
6.4.5	Micropali	38
6.5	Riepilogo	39
6.5.1	Conformità	39
6.5.2	Criticità	39
6.6	Interventi	39

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 06.

3 Quadro Conoscitivo Tratto 06

TRATTO = 06

LOCALIZZAZIONE = dal Ponte della SS.1 Aurelia alla Segheria Fiorino

LUNGHEZZA TRATTO = 315 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 06. L’elenco delle tipologie spondali viene fatto a partire da valle fino ad arrivare a monte del tratto in questione.

Destra Idraulica

- Muro in c.a. costituito dal muro d’ala del ponte di viale Turigliano;
- Muro d’argine esistente in pietrame;
- Rialzo del Muro d’argine in c.a. in costruzione;
- Berlinese di micropali con sovrastante muro in c.a. (Riferimento Pratica Sismica N. 656/2011);
- Varchi chiusi con geoblocchi.

Sinistra Idraulica

- Muro in c.a. costituito dal muro d’ala del ponte di viale Turigliano;
- Berlinese di micropali con sovrastante muro in c.a. (Riferimento Pratica Sismica N. 656/2011);
- Scogliera cementata a protezione della berlinese;
- Muro a gravità con sopralzo in c.a.;
- Rialzi di gabbionate poggiate parzialmente su muri in pietrame e terrapieno retrostante;
- Muro in pietra con edifici soprastanti.

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 06.

PRATICHE SISIMICHE

N. 656/2011 – Sequestrata dalla Procura della Repubblica

Messa in Sicurezza Bacino torrente Carrione mediante:

- ricalibratura del fondo;
- allargamento di alcune sezioni realizzato attraverso una berlinese posizionata per un tratto di circa 106 m in destra e per un tratto di circa 136 m in sinistra.

Verificare possibili difformità tra esecuzione e progettazione in destra.

CARATTERISTICHE STRUTTURALI INTERVENTO: La berlinese prevede micropali in acciaio con diametro esterno 158 mm e spessore 10 mm, posti ad interasse di 50 cm l'uno dall'altro collegati in sommità attraverso una trave in c.a. delle dimensioni di 60x60 cm. La berlinese verrà poi rifinita dal lato del fiume attraverso l'inserimento di una rete a maglia quadrata ed uno strato di spriz-beton dello spessore di 5 cm.

Nel progetto viene poi precisato che al fine di garantire il franco in cui viene mantenuto il muro esistente, verrà realizzato un rialzo di tale muro in modo da garantire il franco di 50 cm, tale rialzo verrà realizzato in c.a. attraverso degli ancoraggi effettuati con malta espansiva ancorati alla testa del muro esistente. Le misure massime di tale muro saranno 133 cm per l'altezza e 30 cm per lo spessore.

Pratica Sismica	Descrizione	Committente	FL	Collaudo	N.Omologazione
P.S. 656/2011 (Sequestro V.V. F.)	Messa in Sicurezza Bacino T. Carrione	Provincia MS	<i>in corso</i>	<i>in corso</i>	Omol.9 (Sequestro V.V.F.)

3.3 Osservazioni Preliminari

Destra Idraulica

- Muro d'argine esistente in pietrame.

Criticità: In alcune zone sul muro d'argine in pietrame poggia la parete di un edificio esistente.

- Rialzo del Muro d'argine in c.a. in costruzione.

Criticità: A monte del Ponte sull'Aurelia il torrente è tracimato in un tratto nel quale il muro d'argine, da poco realizzato, non risulta ancora alla quota definitiva (sono visibili i ferri di armatura uscenti dal getto in attesa del nuovo getto).

Intervento di Provvedimento Attivato e successivo intervento - **N. 12dx - P.A.** - Zona: Via Aurelia,12 - Segneria Logica srl - Tipo Intervento: Destra idraulica segnalato muro d'argine in costruzione a protezione terrapieno Logica srl. In caso di allerta metereologica elevata coprire con sacchi in sabbia fino alla quota del muro in costruzione. - Ente: Provincia MS.

- Berlinese di micropali con sovrastante muro in c.a. (Riferimento Pratica Sismica N. 656/2011).
Criticità: possibile difformità con il progetto della P.S. N. 656/2011.
- Varchi chiusi con geoblocchi. A seguito del danno causato dall'evento alluvionale del 2014. Tratto sotto sequestro e in attesa di essere ricostruito.

Sinistra Idraulica

- Berlinese di micropali con sovrastante muro in c.a. (Riferimento Pratica Sismica N. 656/2011).
Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 5** - Zona: sinistra idraulica monte statale aurelia - Tipo Intervento: Chiusura varchi parapetto esistente sponda sx con geoblocchi. - Ente: Provincia MS.
- Scogliera cementata a protezione della berlinese.
Criticità: Da valutare se dietro la scogliera è stata realizzata la berlinese come da progetto della P.S. n° 656/2011.
- Muro a gravità con sopralzo in c.a..
- Rialzi di gabbionate poggiate parzialmente su muri in pietrame e terrapieno retrostante.
Criticità: Il muro perimetrale dell'edificio esistente è direttamente confinante con l'argine, possibili problemi di instabilità.
- Muro in pietra con edifici soprastanti.
Criticità: Possibili problemi di instabilità dovuti al sovraccarico dell'edificio soprastante.

NOTE

Nel tratto è presente il cantiere per gli interventi di adeguamento post-alluvione 2003 e 2012. I lavori di adeguamento durante l'evento alluvionale del 4 novembre 2014 erano in corso sia in dx idraulica che in sx idraulica. La tipologia di argini presenti è analoga ai tratti precedenti con presenza di tratti costruiti ex-novo in cls armato su paratia in micropali, e porzioni di argini in cls armato costruiti su muratura in pietrame esistente, nonché rialzi con file di gabbionate poggiate parzialmente su muri in pietrame e terrapieno retrostante (criticità rilevata in sx idraulica). Nel tratto si è intervenuti in somma urgenza in sx idraulica per la chiusura di varchi lasciati aperti sul muro d'argine in costruzione per consentire le lavorazioni in alveo. La somma urgenza ha riguardato la chiusura dei varchi con geoblocchi e interposizione di telo impermeabile al fine di mantenere un grado di rischio non superiore a quanto previsto con le verifiche idrauliche per il contenimento della portata duecentennale. Indagini sulla stabilità di un muro in cls posto subito a monte del Ponte della SS1 (Via di Turigliano) fondato su paratia in micropali (berlinese) per sospetta instabilità dello stesso. Necessità di regimare le acque superficiali a tergo del terrapieno retrostante il muro d'argine, nonché accertamenti sulla qualità costruttiva del muro in costruzione e sulla geometria della paratia posta in opera.

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 06.

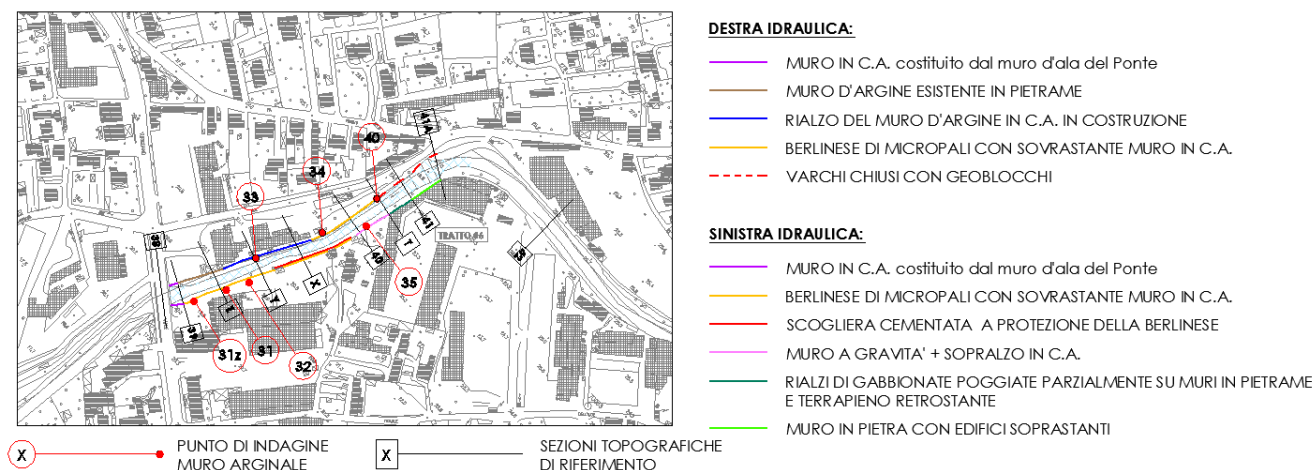


Fig. 1 – Inquadramento tratto 06

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 + Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 33 – sez.Y)

Si tratta di un muro d'argine esistente in pietra affiancato a un muro in cls con rialzo in c.a. in costruzione.

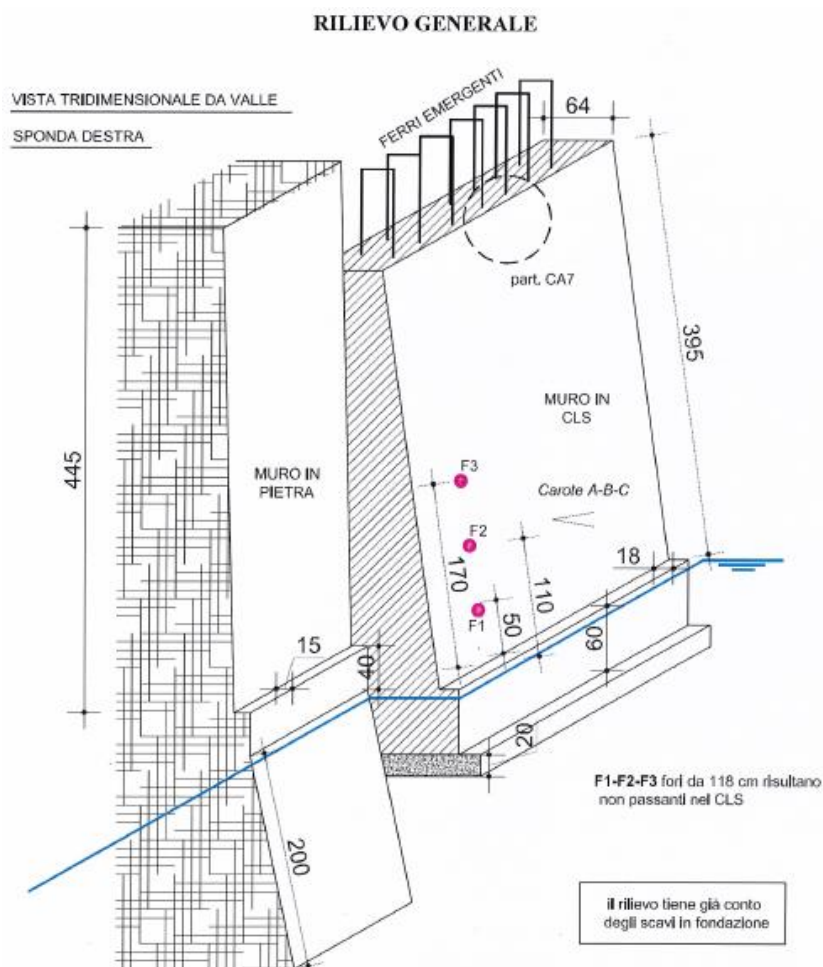


Fig. 2 – Sezione tipologica strutturale

4.4.1 Caratteristiche dei materiali muro in cls

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche 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 scadenti (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito allegate a questo documento).

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fcm	7,37

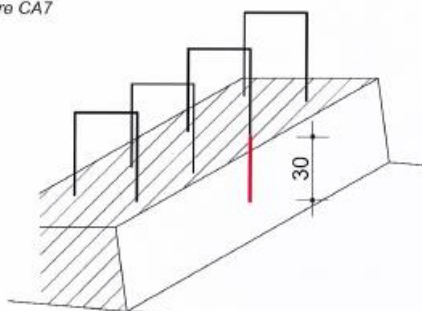
Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	6,14

4.4.2 Caratteristiche dei materiali muro in pietra

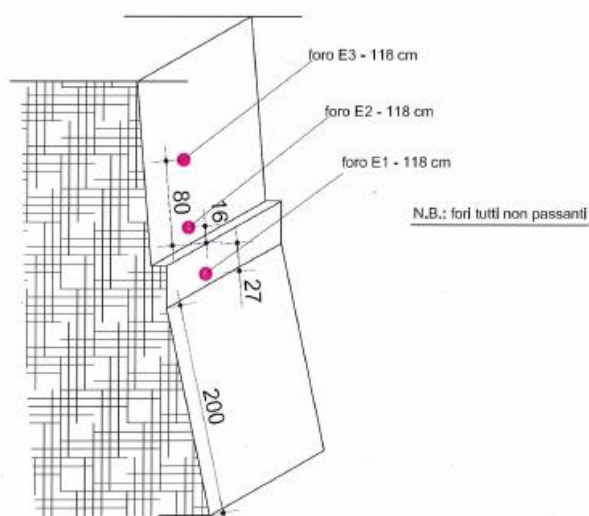
Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove pnt-g sulla malta + endoscopie), la malta non è stata rilevata e la tipologia di muratura in oggetto può essere classificata come “Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)”. Pertanto le caratteristiche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

PARTICOLARE CONNESSIONI E PERFORAZIONI – CA7, M1

Particolare CA7



Particolare Perforazioni - M1



PROVE PENETROMETRICHE SULLA MALTA PNT-G - MURO IN PIETRA (Sez. Z)

PUNTO	PN1	PN2	PN3	PN4	media
Res. Compr. Malta [N/mm ²]	0,18	0,23	0,22	0,24	0,22

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

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

Tipologia di muratura	f_m (N/cm ²)	τ_0 (N/cm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, 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

4.4.3 Verifiche del muro in cls

Per le verifiche del muro in cls 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 cls per l'intera lunghezza (Fori F1, F2, F3). Per tale motivo si ipotizza a vantaggio di sicurezza una larghezza del muro pari alla profondità indagata. Un'eventuale maggiore profondità dello stesso sarà da approfondire in sito e potrebbe determinare il soddisfacimento delle verifiche di equilibrio laddove la profondità ipotizzata risulta insufficiente.

Le verifiche vengono eseguite con riferimento al muro in cls ed escludendo la presenza del sopralzo attualmente in costruzione e di cui non si conosce la geometria.

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	1,08
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	1,27
Qw - Spinta H2O	125,18
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	186,86
Ws - Peso proprio sopralzo	0,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	178,06
Spinta passiva del terreno strada (M2)	150,94

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	313,53
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	333,86
	FS [-]	1,06 > 1
		OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)		24,00	
$\tan \delta k / \gamma r$		0,40	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	11,10	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	75,63	
	FS [-]	6,81 > 1	OK

Criticità: il sopralzo in c.a. è attualmente in costruzione pertanto l'argine in oggetto non raggiunge la quota definitiva.

4.4.4 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 (Fori E1, E2, E3). Per tale motivo si ipotizza a vantaggio di sicurezza una larghezza del muro pari alla profondità indagata. Un'eventuale maggiore profondità dello stesso sarà da approfondire in sito e potrebbe determinare il soddisfacimento delle verifiche di equilibrio laddove la profondità ipotizzata risulta insufficiente.

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	6,54
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	7,72
Qw - Spinta H2O	232,54
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	155,49
Ws - Peso proprio sopralzo	6,50
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	468,68
Spinta passiva del terreno strada (M2)	397,27

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	798,48	OK
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	904,44	
	FS [-]	1,13 > 1	

Criticità: su una porzione del muro in pietra poggia la parete di un edificio, quindi i carichi in gioco determinano condizioni di stabilità statica diverse.

4.5 Verifica Muro in c.a. + Berlinese di micropali destra idraulica (rif. scheda 34 – sez.40)

Si tratta di un muro con berlinese di facente parte della pratica sismica n. 656/2011. La geometria rilevata in sito non corrisponde perfettamente al progetto in oggetto, per quello che concerne il muro in c.a., (per lo meno per quanto riguarda la parte del progetto che è stata potuta reperire presso gli Uffici del Genio Civile di Massa). La scheda 34 si riferisce alle indagini CA6 per la valutazione della geometria di fondazione. Dal rilievo non è sufficientemente chiaro il funzionamento dell'opera.

PARTICOLARE FONDAZIONE E RILIEVO BERLINESE – CA6-C3

Particolare CA6 - C3

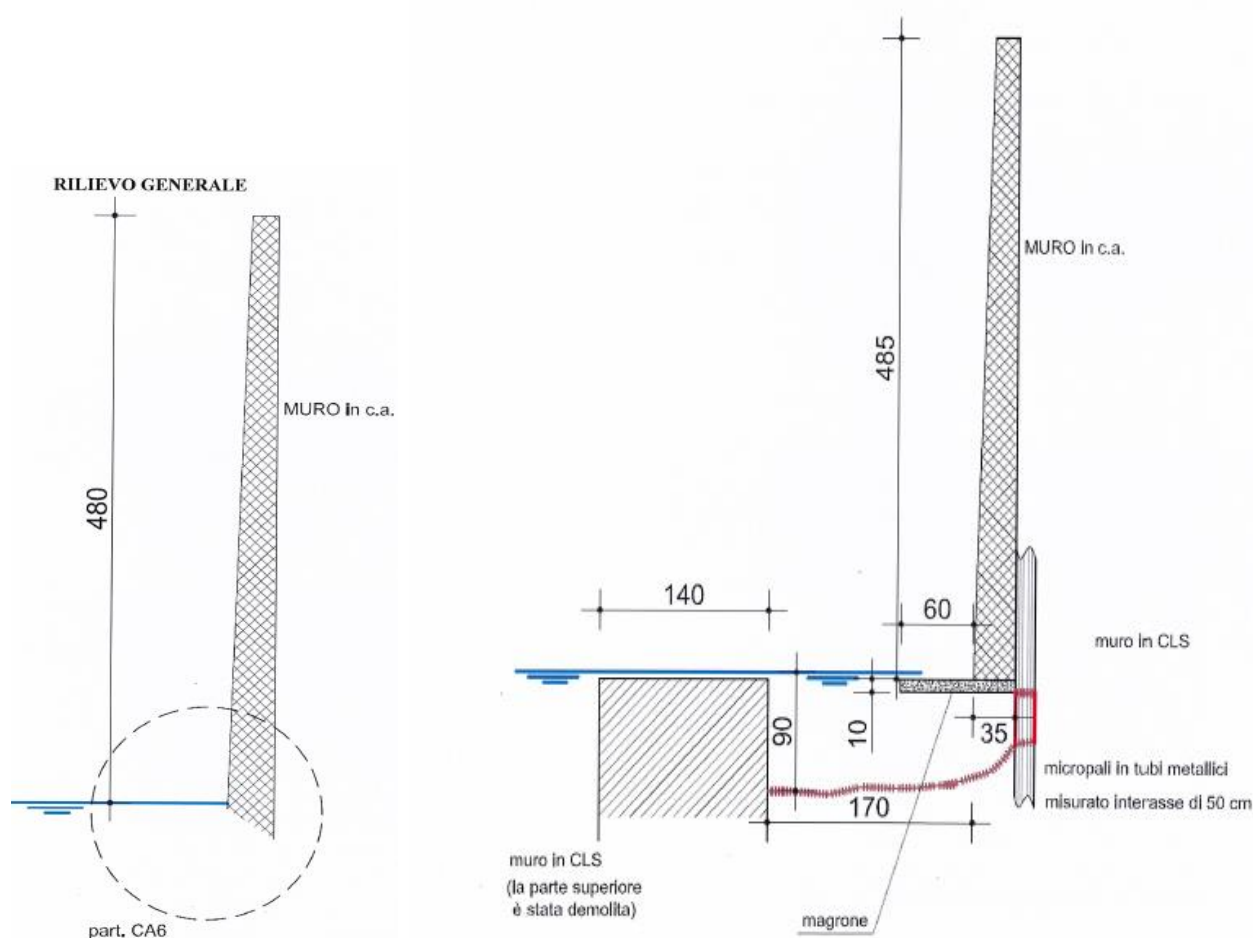


Fig. 3 – Sezione tipologica strutturale

4.5.1 Micropali

La presenza dei micropali è stata rilevata da saggi in sito.

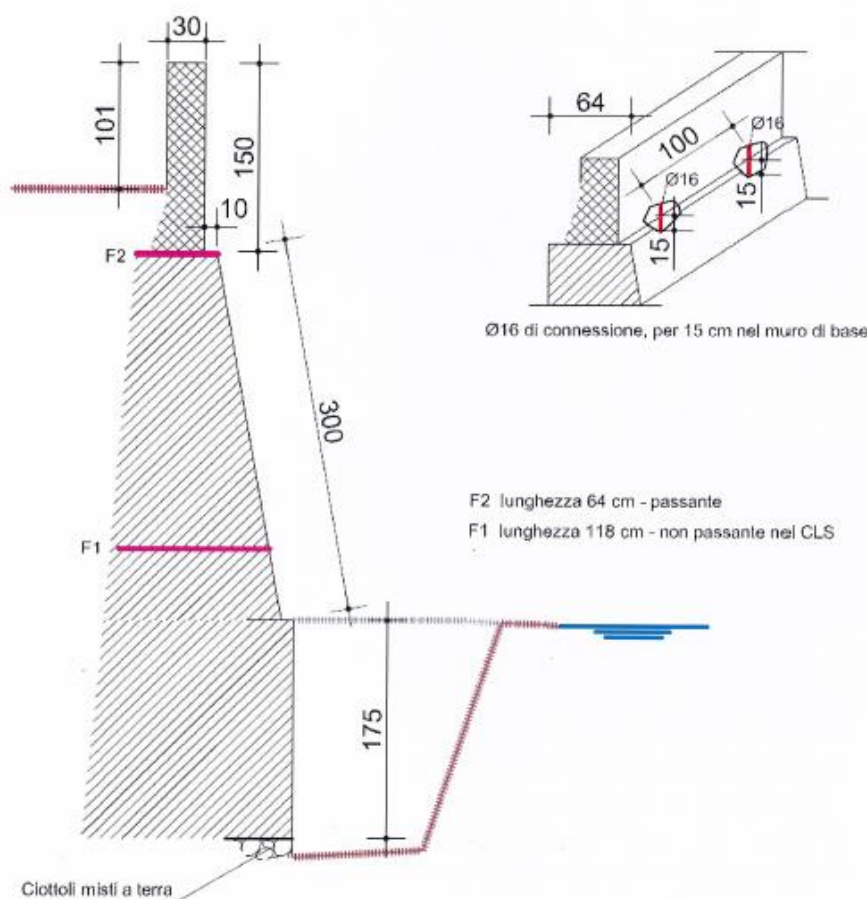
Tubi metallici interasse = 50 cm (a conferma dei dati reperibili dal progetto depositato).

4.6 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 35 – sez.X)

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

PARTICOLARI FONDAZIONI E CONNESSIONI TRA MURI SOVRAPPosti – CA6,CA7

Particolari CA6 - CA7



4.6.1 Caratteristiche dei materiali

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fcm	33,33

Resistenza di calcolo

$$\begin{aligned} FC &= 1,2 \\ f_{cm}/FC &= 27,77 \end{aligned}$$

4.6.2 Ferri di armatura

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

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

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 28 cm.

Ferri di inghisaggio $\Phi 16$ L ancoraggio = 15 cm.

4.6.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

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

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	11,25
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	11,25

Momento ribaltante (STR): $M_{soll} = 8,44 \text{ kNm/m}$

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 36,92 / 8,44 = 4,4 > 1 \rightarrow OK$

Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 16$

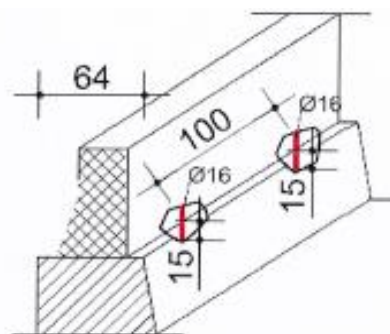
L = 15 cm (a metro).

$M_{soll} (SLU) = 8,44 \text{ kNm}$

$M_{res} = 21,72 \text{ kN}$

$M_{res}/M_{soll} = 21,72 / 8,44 = 2,6 > 1 \rightarrow OK$

L ancoraggio = 15 cm $\rightarrow OK$



Ø16 di connessione, per 15 cm nel muro di base

Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):

$T/A = 16,9 \text{ kN}/2,01 = 84,1 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow OK$

4.7 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 35 – sez.X)

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

PARTICOLARI FONDAZIONI E CONNESSIONI TRA MURI SOVRAPPOSTI – CA6,CA7

Particolari CA6 - CA7

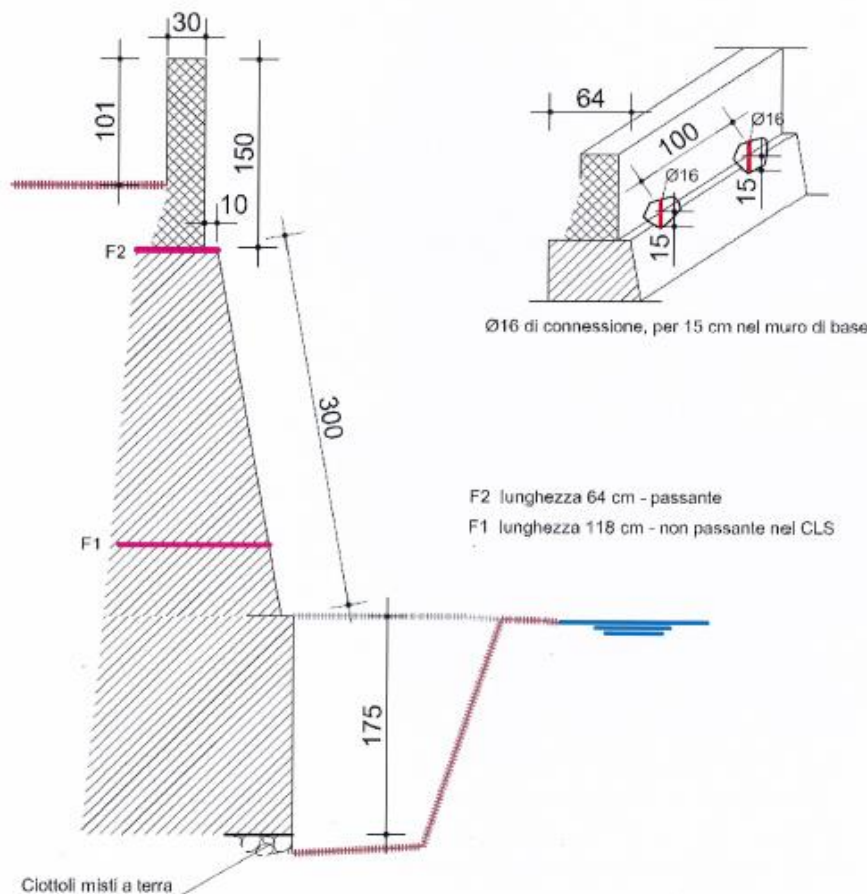


Fig. 5 – Sezione tipologica strutturale

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fcm	6,16

Resistenza di calcolo

FC = 1,2
 fcm/FC = 5,13

4.7.2 Verifiche del muro a gravità

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

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	5,17
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	6,09
Qw - Spinta H2O	191,24
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	127,67
Ws - Peso proprio sopralzo	11,25
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	269,82
Spinta passiva del terreno strada (M2)	228,72

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	595,26
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	422,97
	FS [-]	0,71 < 1
		NO

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)	24,00	
$\tan \delta k / \gamma r$	0,40	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	23,75
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	56,23
	FS [-]	2,37 > 1
		OK

Franco limite = 80 cm (Se il franco della piena rispetto alla quota di estradosso del muro è minore di 80 cm: condizione di emergenza).

4.8 Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 40 – sez.41)

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

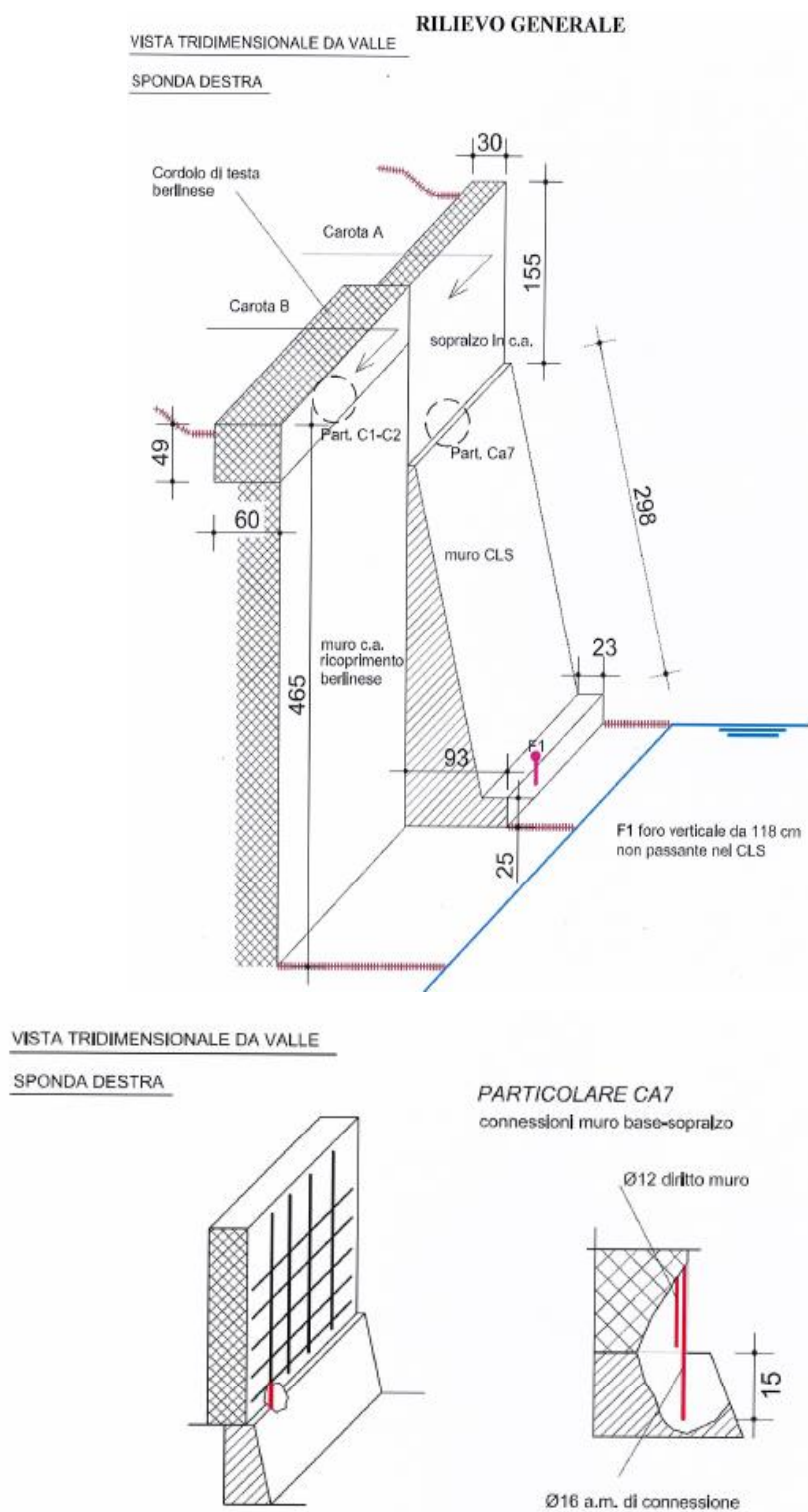


Fig. 6 – Sezione tipologica strutturale

4.8.1 Caratteristiche dei materiali

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
f _{cm}	24,30

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	20,25

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 28 cm.

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

Ferri di inghisaggio $\Phi 16$ L ancoraggio = 15 cm.

4.8.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

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

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H ₂ O	12,01
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	11,63

Momento ribaltante (STR): M_{soll} = 9,31 kNm/m

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 31,36 / 9,31 = 3,4 > 1 \rightarrow$ OK



Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 16$ L = 15 cm (a metro).

M_r (SLU) = 9,31 kNm

$M_{res} = 21,72$ kN

$M_{res}/M_{soll} = 21,72 / 9,31 = 2,3 > 1 \rightarrow$ OK

L ancoraggio = 15 cm \rightarrow OK

Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):

$T/A = 18,02 \text{ kN} / 2,01 \text{ cmq} = 90 \text{ N/mmq} < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mmq} \rightarrow$ OK

4.9 Verifica Muro in cls destra idraulica (rif. scheda 40 – sez.41)

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

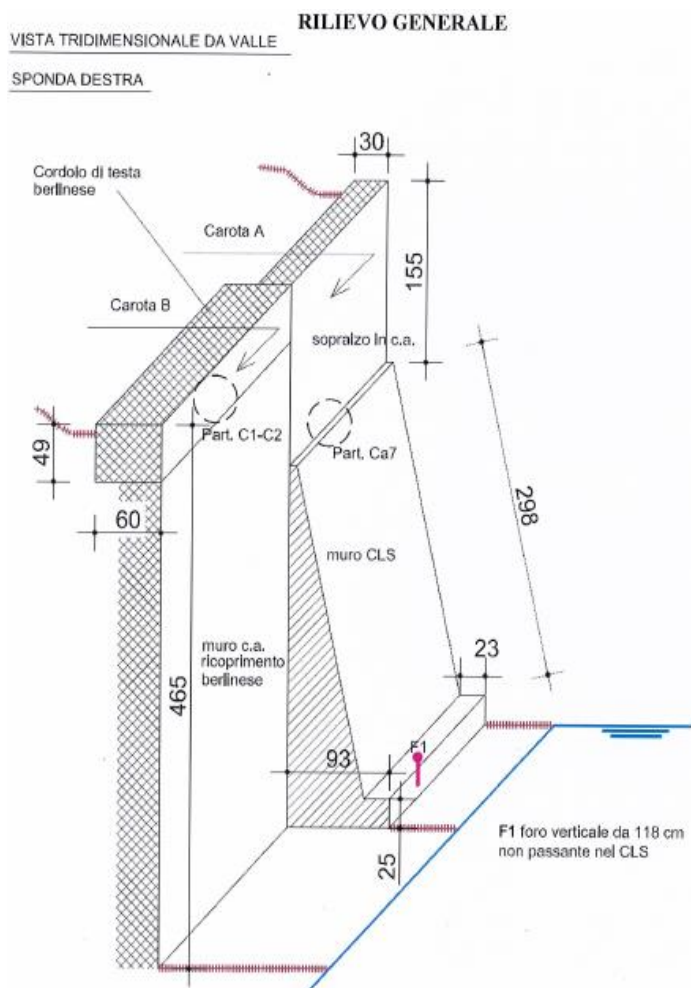


Fig. 7 – Sezione tipologica strutturale

4.9.1 Caratteristiche dei materiali

Non rilevate.

4.9.2 Caratteristiche geometriche

Spessore del muro non rilevato. → Verifiche irrilevanti.

4.10 Verifica Berlinese di micropali destra idraulica (rif. scheda 40 – sez.41)

Si tratta di una berlinese di micropali in acciaio con trave di cordolo superiore e muro in c.a. di ricoprimento.

Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 656/2011.

Dal rilievo effettuato in sito si evince che il sopralzo in c.a. non è presente.

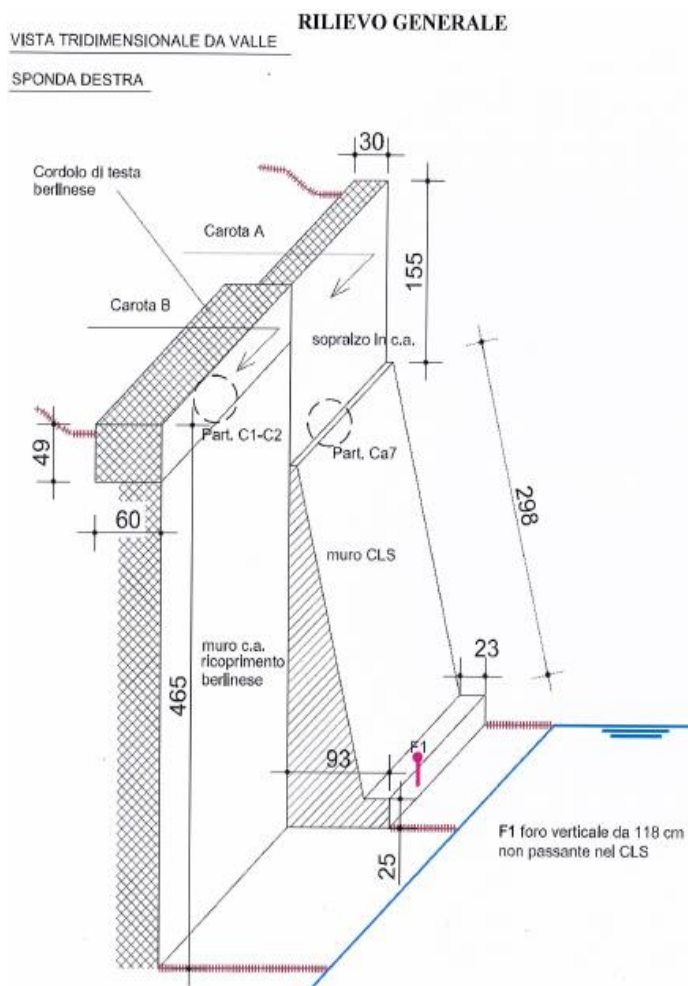


Fig. 8 – Sezione tipologica strutturale

4.10.1 Caratteristiche dei materiali

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fcm	38,81

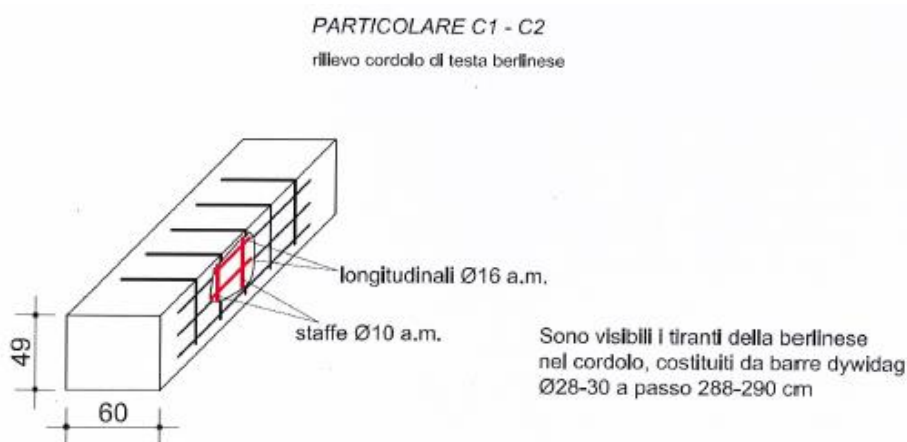
Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	32,34

4.10.2 Ferri di armatura

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

Armatura longitudinale rilevata: Ferri $\Phi 16$.

Armatura trasversale rilevata: Staffe $\Phi 10$.



Sono visibili tiranti della berlinese nel cordolo, costituiti da barre dywidag $\Phi 28-30$ passo 288-290 cm (informazioni non reperibili dal progetto).

5 Conclusioni





Legenda dei risultati ottenuti dalle Verifiche Preliminari










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







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

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

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

VERIFICA	MURO IN CLS Sx – Scheda 33	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 33
Qualità Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura	-	-
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,06 > 1 	FS = 1,13 > 1 
Verifica a Slittamento	FS = 6,81 > 1 	-
Verifica sezione in c.a.	-	-
Note	Criticità: sopralzo in c.a. attualmente in costruzione . L'argine non risulta ancora alla quota definitiva.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Edificio poggianti su porzione di muro.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 35	MURO IN CLS Sx – Scheda 35
Qualita' Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 2,6 > 1 	FS = 0,71 < 1 
Verifica a Slittamento	-	FS = 2,37 > 1 
Verifica sezione in c.a.	FS > 1 	-
Verifica ferri di inghisaggio	FS > 1 	
Franco limite	-	80 cm a partire dall'estradosso del sopralzo
Note	-	Criticità: Cls di qualità scadente.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 40	MURO IN CLS Dx – Scheda 40
Qualita' Materiale		-
Posizione e Φ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio		-
Verifica a Ribaltamento	FS = 2,3 > 1 	-
Verifica a Slittamento	-	-
Verifica sezione in c.a.	FS > 1 	-
Verifica ferri di inghisaggio	FS > 1 	-
Franco limite	-	-
Note	-	Caratteristiche dei materiali e spessore del muro non rilevato.

VERIFICA	MURO IN C.A. + BERLINESE DI MICROPALI - Sx – Scheda 31 Rif. All. A	
	Sopralzo in c.a.	Cordolo Berlinese
Qualita' Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura		
Caratt. ferri di inghisaggio		
Micropali		
Verifica a Ribaltamento	-	
Verifica a Slittamento	-	
Verifica sezione in c.a.	-	
Note	Riferimento P.S. N.656/2011 (documenti acquisiti incompleti). Geometria rilevata potenzialmente difforme. Lavori in corso, collaudo non eseguito → verifiche preliminari inappropriate.	

Nel tratto è presente il cantiere per gli interventi di adeguamento post-alluvione 2003 e 2012. I lavori di adeguamento durante l'evento alluvionale del 4 novembre 2014 erano in corso sia in dx idraulica che in sx idraulica. In sinistra e destra idraulica rilevate difformità tra stato realizzato e stato di progetto del muro in c.a. su paratia di micropali previsto dalla P.S. n° 656/2011 sequestrata dalla Procura della Repubblica. I documenti della P.S. n° 656/2011 reperiti risultano incompleti.

Sull'opera in sinistra, attualmente in costruzione, sono state riscontrate difformità geometriche tra rilievo e informazioni progettuali (per quanto acquisito dai documenti).

Lavori in corso, collaudo non eseguito → verifiche preliminari inappropriate.

Criticità: sono presenti varchi aperti, richiusi in somma urgenza con geoblocchi a seguito dell'evento alluvionale del 2014. *Prevedere chiusura strutturale dei varchi aperti in sostituzione ai geoblocchi in concomitanza alla conclusione dei lavori dell'opera.*

Criticità in destra idraulica per la presenza di rialzo del muro d'argine in c.a. attualmente in costruzione: non è pertanto garantita la quota di massima piena (sono visibili i ferri di armatura uscenti dal getto in attesa del nuovo getto). Sempre in destra idraulica si segnala la criticità relativa al muro d'argine esistente in pietrame sul quale poggia la parete di un edificio esistente (in alcune zone).

La parte terminale del tratto 06 in destra idraulica presenta varchi chiusi con geoblocchi a seguito del danno causato dall'evento alluvionale del 2014: tratto sotto sequestro e in attesa di essere ricostruito.

Il muro in pietra in destra idraulica risulta avere una qualità del materiale scadente: malta e muratura in pietrame scadente. Criticità: Edificio poggiante su porzione di muro.

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.

Interventi previsti: Rinforzi strutturali sui vecchi muri in cls mediante paratia di micropali in altezza con o senza tirantatura a seguito di rilievo di dettaglio, indagini di dettaglio e verifiche approfondite per un livello di progettazione avanzato secondo le NTC 2008.

6 All.A - Berlinese sinistra idraulica (rif. scheda 31-32 – sez.Z)

6.1 Dati generali

Oggetto: Berlinese di micropali

Anno di costruzione dell'opera: in corso

Localizzazione: Tratto 06 – sinistra idraulica (rif. sez. topografica n.Z – a circa 10 m a monte del ponte di via Turigliano)

Lunghezza muro: ~ 150 m

Pratica sismica di riferimento: N. 656/2011: “Messa in Sicurezza del Torrente Carrione nel tratto compreso tra la Statale Aurelia ed il Fiorino.” La sistemazione prevede una ricalibratura del fondo ed un allargamento delle sezioni realizzato attraverso berlinesi.

Collaudo Statico: No → Lavori in corso.

6.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata: sono presenti fabbricati civili e industriali. Sul terrapieno retrostante il muro è presente il piazzale di una segheria dove transitano e sostano mezzi pesanti per il trasporto e lo scarico di blocchi di marmo.



Fig. 9 – Immagine dell'area scaricata da google map

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



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



Fig. 11 – Foto Muro arginale tipo berlinese – lavori in corso (chiusura dei varchi aperti con geoblocchi)



Fig. 12 – Foto Muro arginale tipo berlinese – lavori in corso (parete da richiudere)

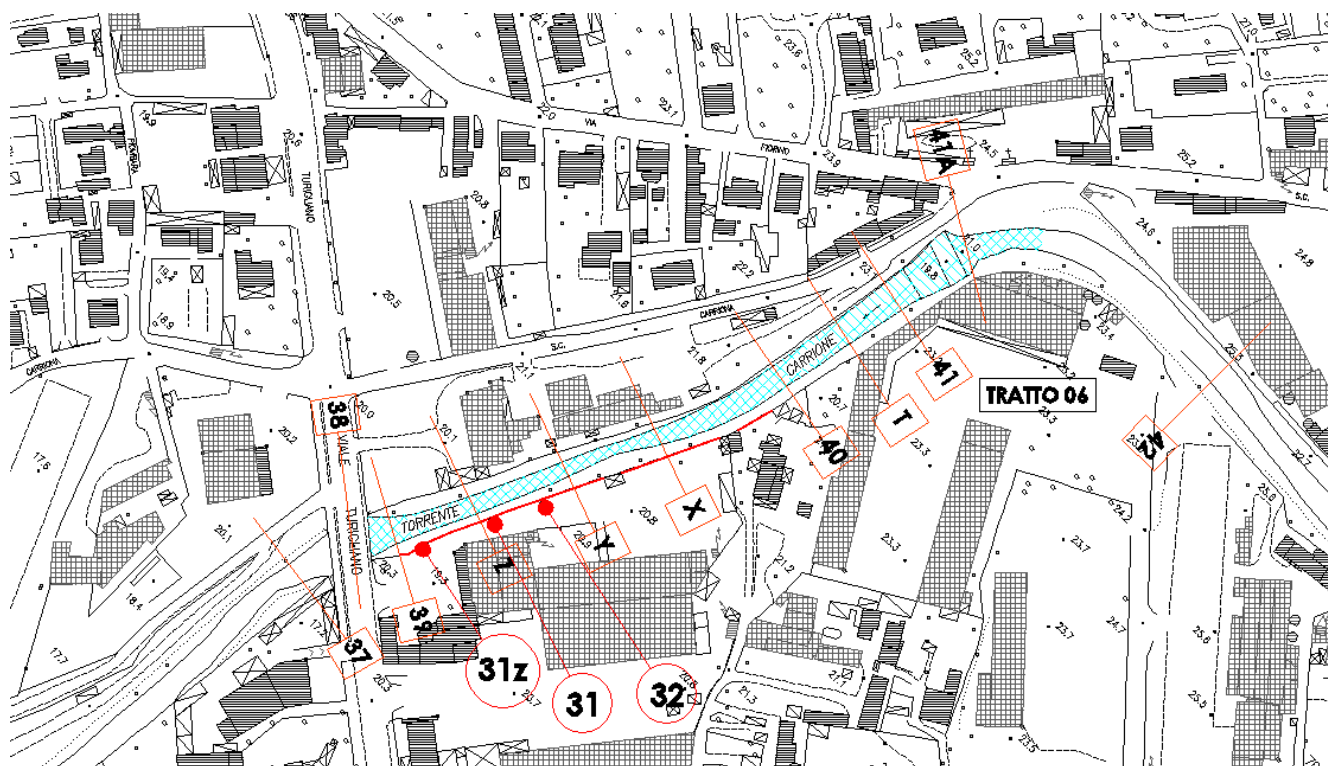


Fig. 13 – Inquadramento planimetrico – Tratto 06 – Sponda sinistra

6.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 656/2011

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

- 1) Elaborati progettuali e di calcolo
- 2) Relazione idraulica

Non è presente il collaudo statico poiché l'opera è ancora in corso di realizzazione.

Il progetto prevede la messa in sicurezza del torrente Carrione nel tratto compreso tra la Statale Aurelia ed il Fiorino attraverso una ricalibratura del fondo ed un allargamento delle sezioni realizzato mediante berlinesi.

Si tratta di una berlinese di micropali in acciaio con diametro esterno 158 mm e spessore 10 mm, posti ad interasse di 50 cm collegati in sommità attraverso una trave in c.a. delle dimensioni di 60x60 cm.

Nel progetto viene precisato che al fine di garantire il franco in cui viene mantenuto il muro esistente, verrà realizzato un rialzo in c.a. attraverso degli ancoraggi effettuati con malta espansiva ancorati alla testa del muro esistente. Le misure massime di tale muro saranno 133 cm per l'altezza e 30 cm per lo spessore.

Gli elaborati grafici reperiti non sono esaustivi.

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

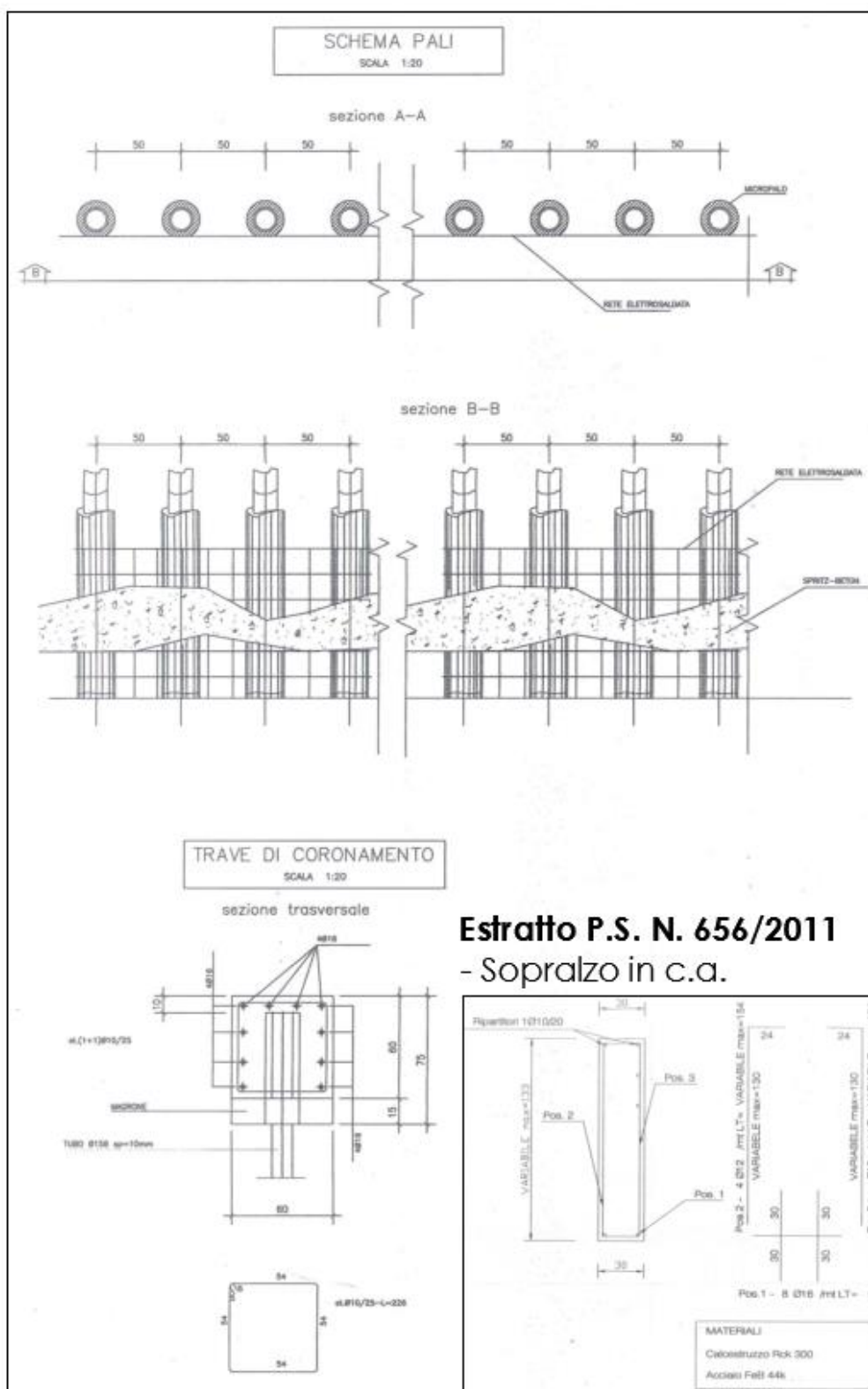


Fig. 14 – Estratto P.S. N. 656/2011 – Berlinese di micropali con sopralzo in c.a.

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).

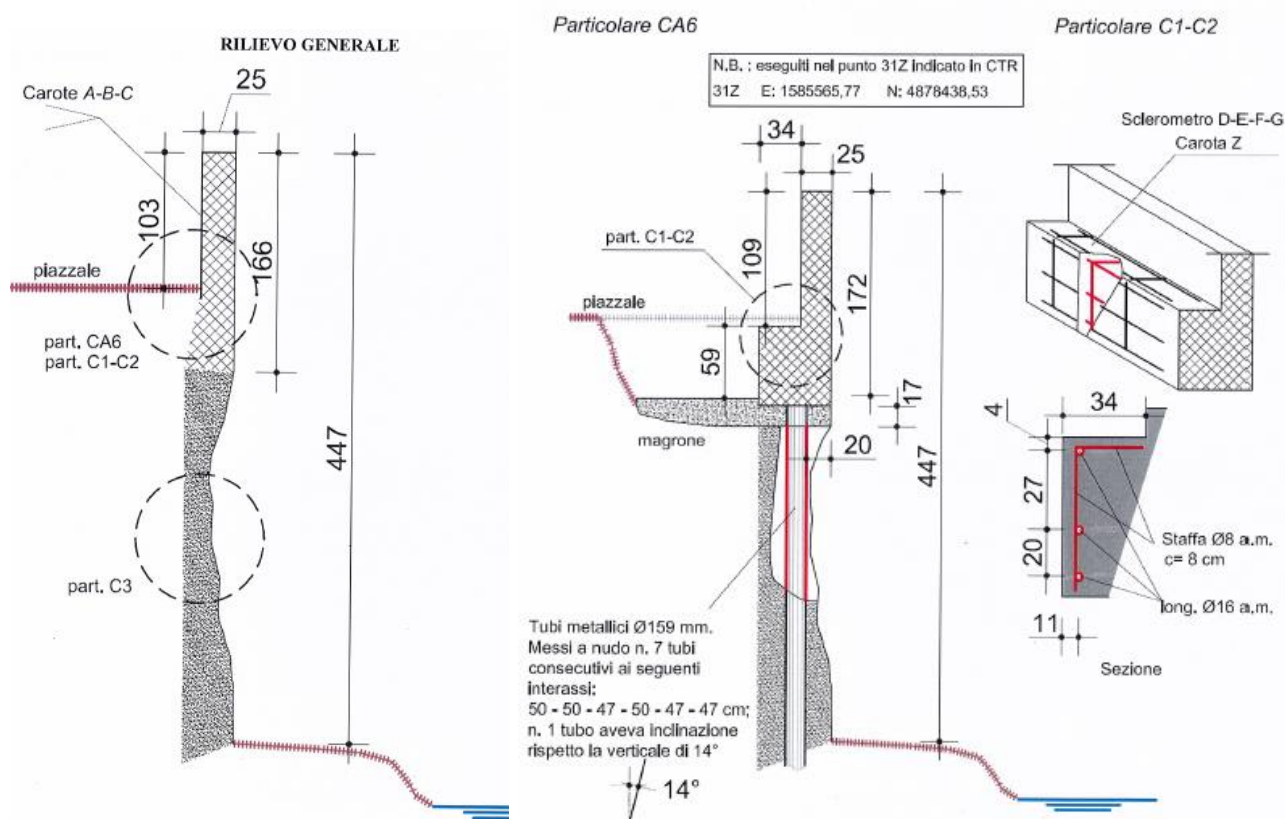


Fig. 15 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

6.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria rilevata non corrisponde per la parte degli spessori del terrapieno e dello sbalzo della paratia a quanto riportato nel progetto relativamente alla documentazione acquisita della P.S. N. 656/2011, che risulta incompleta. Non essendoci disegni esecutivi di dettaglio non è possibile risalire alla geometria di progetto; i dati reperibili dalla relazione di calcolo sono discordanti rispetto a quanto rilevato fuori terra dalle indagini in sito.

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 sopralzo in c.a e la trave di cordolo della berlinese 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).

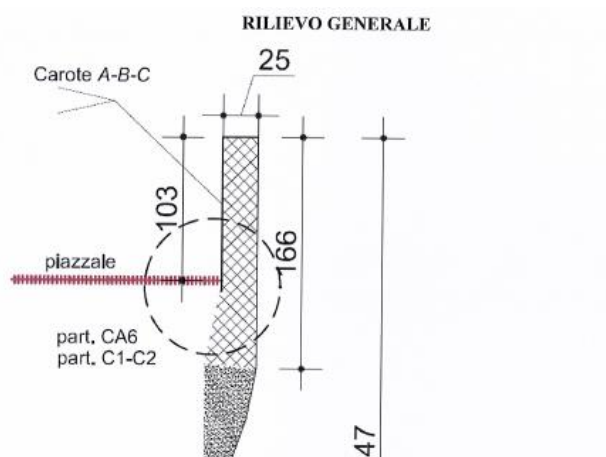


Fig. 16 – Punti di indagine

PROVE SONREB - SOPRALZO (muro)						
PUNTO	A	B	C	A'	B'	C'
Ir	41,7	39,9	36,9	41,9	42,2	41,1
Vp [m/s]	4771,0	4845,0	4856,0	4771,0	4845,0	4856,0
Rs0	63,0	61,7	55,6	63,5	66,7	64,7
Rs1	61,8	61,3	56,7	62,1	65,0	63,6
Rs2	53,8	52,4	47,7	54,1	56,1	54,6
Rs3	48,6	47,4	43,6	48,8	50,5	49,2
Rs (medio)	56,8	55,7	50,9	57,1	59,6	58,0
fc (0,83 Rs)	47,1	46,2	42,3	47,4	49,5	48,1

CAROTE (Masi, 2005)							
PROVINO	f _{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C _{h/D}	f _{cis} [Mpa]	Rc [Mpa]
31A	46,3	104,0	203	0,51	0,99	46,0	55,42
31B	45,0	104,0	203	0,51	0,99	44,6	53,73
31C	47,5	104,0	202	0,51	0,99	47,1	56,75
media						45,90	55,30

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mm²]	
f_{cm}	46,19

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	38,49

PROVE SONREB - CORDOLO TESTA BERLINESE					
PUNTO	D	E	F	G	
Ir	34,7	38,6	40,4	40,2	α = -90°
Rs	36,0	45,0	47,0	46,0	43,5
f_c (0,83 Rs)	29,9	37,4	39,0	38,2	36,1

CAROTE	(Masi, 2005)						
PROVINO	f _{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C _{H/D}	f _{cis} [Mpa]	R _c [Mpa]
31F	48,0	104	167	0,62	0,94	44,7	53,86
				media		44,70	53,86

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mm²]	
f_{cm}	41,84

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	34,86

6.4.3 Ferri di armatura del sopralzo

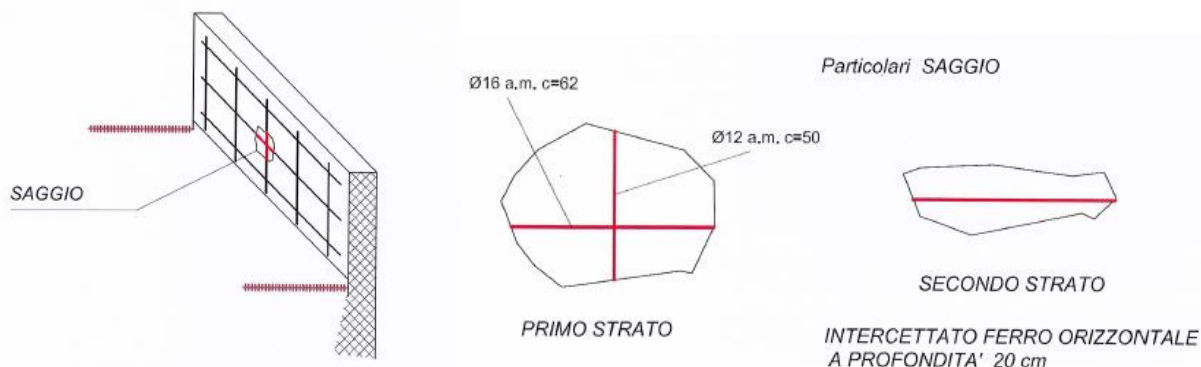
La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata da indagine pacometrica e da saggi in sito.

Armatura verticale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 23 cm (a conferma dei dati reperibili dal progetto depositato).

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 16$ passo 28 cm (a conferma dei dati reperibili dal progetto depositato).

PARTICOLARE PACOMETRO E SAGGIO – CA/1

Particolare PACOMETRO E SAGGIO

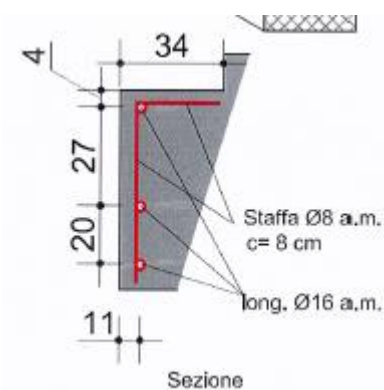


6.4.4 Ferri di armatura della trave di cordolo berlinese

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

Armatura longitudinale rilevata: Ferri $\Phi 16$ passo 20 cm (a conferma dei dati reperibili dal progetto depositato).

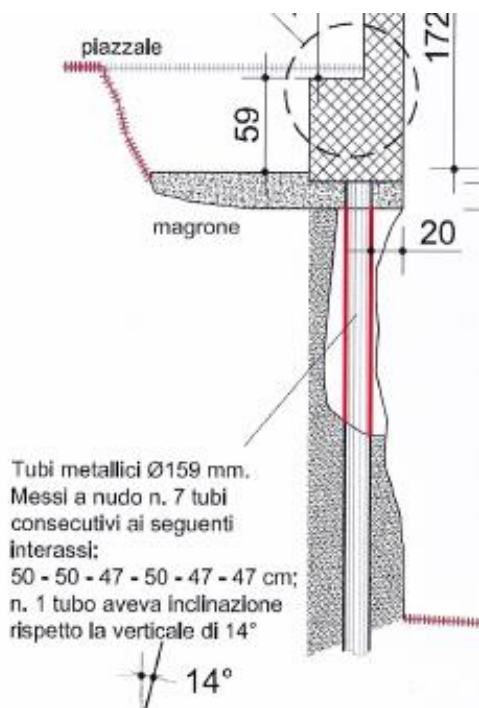
Armatura trasversale rilevata: Staffe $\Phi 8$ passo 30 cm (a conferma dei dati reperibili dal progetto depositato).



6.4.5 Micropali

La presenza dei micropali è stata rilevata da saggi in sito.

Tubi metallici $\varnothing 159$ mm - interasse medio = 50 cm (a conferma dei dati reperibili dal progetto depositato).



6.5 Riepilogo

6.5.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → Difforme. Rilevate le conformità delle caratteristiche dei micropali ma non la lunghezza di infissione.

Armature → Conformi.

Rischi → Erosione.

6.5.2 Criticità

- 1) Carenza di informazioni progettuali reperite. Non essendoci disegni esecutivi di dettaglio non è possibile risalire alla geometria di progetto. Diffomità geometriche tra rilievo e informazioni progettuali (per quanto acquisito): la geometria rilevata non corrisponde per la parte degli spessori del terrapieno e dello sbalzo della paratia a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 656/2011).
- 2) Lavori in corso, collaudo non eseguito → verifiche preliminari inappropriate.
- 3) Sono presenti varchi aperti, richiusi in somma urgenza con geoblocchi a seguito dell'evento alluvionale del 2014.

6.6 Interventi

Nessuno per la presenza di lavori in corso.

Prevedere chiusura strutturale dei varchi aperti in sostituzione ai geoblocchi in concomitanza alla conclusione dei lavori dell'opera.