

**RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI  
MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA  
- TRATTO 02 -**

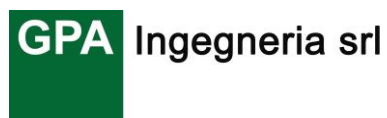
**Progetto:** Studio di Fattibilità  
**Commessa:** C15003  
**Cliente:** REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile  
**Oggetto:** Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.  
**N. Elaborato:** 02.RG.04.02

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>4</b>
<b>2</b>	<b>Scopo .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Quadro Conoscitivo Tratto 02 .....</b>	<b>4</b>
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali .....	4
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione .....	5
3.3	Osservazioni Preliminari .....	5
<b>4</b>	<b>Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali .....</b>	<b>7</b>
4.1	Quadro normativo di riferimento .....	7
4.2	Condizioni di carico .....	8
4.3	Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali .....	8
4.4	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 07-08 – sez.19-Y).....	9
4.4.1	Caratteristiche dei materiali .....	9
4.4.2	Ferri di armatura .....	10
4.4.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	10
4.5	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 07-08 – sez.19-Y) .....	11
4.5.1	Caratteristiche dei materiali .....	11
4.5.2	Verifiche del muro a gravità .....	12
4.6	Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 5V – sez.16).....	13
4.7	Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 3V – sez.17).....	15
4.8	Analisi Terra Armata sinistra idraulica (rif. scheda 11V – sez.17).....	18
4.9	Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 1V – sez.Z) .....	20
4.10	Analisi Terra Armata sinistra idraulica (rif. scheda 12V – sez.Z) .....	23
<b>5</b>	<b>Conclusioni.....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>All.A - Verifica Muro d'ala del ponte di via Covetta destra idraulica (rif. scheda 21 - sez.21).....</b>	<b>28</b>
6.1	Dati generali .....	28
6.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera .....	28
6.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 624/2003 .....	30

<b>6.4</b>	<b>Risultati delle indagini conoscitive in sito .....</b>	<b>32</b>
6.4.1	Geometria .....	33
6.4.2	Caratteristiche dei materiali .....	33
6.4.3	Ferri di armatura .....	34
<b>6.5</b>	<b>Verifiche del muro arginale .....</b>	<b>35</b>
6.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena .....	35
6.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno .....	36
6.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra).....	39
<b>6.6</b>	<b>Riepilogo .....</b>	<b>41</b>
6.6.1	Conformità .....	41
6.6.2	Criticità.....	41
6.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione .....	41
<b>6.7</b>	<b>Interventi .....</b>	<b>42</b>
<b>6.8</b>	<b>Stima degli interventi .....</b>	<b>42</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 02.

## **3 Quadro Conoscitivo Tratto 02**

TRATTO = 02

LOCALIZZAZIONE = dal Ponte dell'Autostrada al Ponte di via Covetta

LUNGHEZZA TRATTO = 561 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 02. L’elenco delle tipologie spondali viene fatto a partire da valle fino ad arrivare a monte del tratto in questione.

#### Destra Idraulica

- Sopraelevazione in Terre Armate su Paramenti in c.a.;
- Sopraelevazione in Terre Armate su scogliera sottostante;
- Palancolato provvisorio a protezione dell’argine di muro crollato e della porzione di muro non crollato ma lesionato e in condizioni di instabilità;
- Muro in c.a. costituito dal muro d’ala del ponte su via Covetta.

**Sinistra Idraulica**

- Terre Armate con rivestimento;
- Sopraelevazione in Terre Armate su scogliera sottostante;
- Muro d'argine in c.a. con sopraelevazione in c.a.;
- Muro d'argine in c.a. con doppia sopraelevazione in c.a. di epoche diverse;
- Muro d'argine in c.a. con sopraelevazione in c.a..

**3.2 Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione**

Di seguito viene riportata una descrizione sintetica degli interventi eseguiti e/o in esecuzione in riferimento alle opere spondali presenti in destra e sinistra idraulica del Tratto 02.

**PRATICHE SISIMICHE**

Assenti.

Sono presenti solo le Omologazioni Idrauliche n.11 e n.12.

**3.3 Osservazioni Preliminari****Destra Idraulica**

- Crollo argine immediatamente a valle del ponte di Via Covetta. Intervento di Somma Urgenza Aperto **S.U.A. N. 01** - Zona: Valle Ponte di via Covetta, via Argine destro - Tipo Intervento: Ricostruzione di rilevato arginale provvisorio con blocchi da scogliera, terre e teli impermeabili; posa in opera di palancolato provvisorio a protezione del nuovo argine ricostruito e della porzione di muro non crollato ma lesionato e in condizioni di instabilità strutturale. - Ente: Provincia MS
- Criticità statica per il tratto di argine immediatamente a valle del tratto crollato realizzato con la medesima tipologia costruttiva. Il tratto di argine in questione non è crollato ma è lesionato e in condizioni di grave instabilità strutturale. Assenza di progetto per il muro d'argine in c.a. crollato e per la restante parte rimasta in piedi.
- Assenza di progetto per la tipologia d'argine costituita dalla sopraelevazione in terre armate realizzata su argine esistente parte in cls e parte in scogliera.

**Sinistra Idraulica**

- Criticità di tipo statico per la scogliera di rialzo su muro in c.a. in sinistra idraulica.
- Assenza di progetto per la realizzazione dell'argine in terre armate per tutto il tratto in sinistra idraulica dalla sezione n.8 fino alla termine del tratto in oggetto.

- Sopraelevazione in c.a. di muro d'argine esistente sul tratto verso il Ponte di via Covetta di cui non è presente il progetto depositato.

Criticità riscontrate dalle indagini eseguite in sito dal Laboratorio Sigma:

1. La presenza dei ferri di armatura è stata evidenziata soltanto nei muri in c.a. di recente costruzione (sopralzi). Infatti in questi ultimi non solo sono presenti i ferri ma sono presenti secondo una disposizione geometrica tipica delle armature con interdistanze regolari sia dei ferri disposti verticalmente che di quelli disposti orizzontalmente.

2. Per quanto riguarda i ferri di "inghisatura" (i ferri cioè di collegamento tra i vecchi muri ed i nuovi) i risultati delle indagini hanno fornito le seguenti indicazioni:

- non sono stati rilevati ferri di connessione tra il muro di sopralzo e il vecchio muro a gravità;
- sono stati rilevati ferri di connessione disposti secondo una geometria non regolare e infissi nel vecchio muro per non più di 3,5 cm.

3. All'interno dei vecchi muri, o non sono stati trovati ferri oppure sono stati trovati ferri isolati e con una geometria non riconducibile ad una armatura nel senso moderno del termine.

## 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 02.

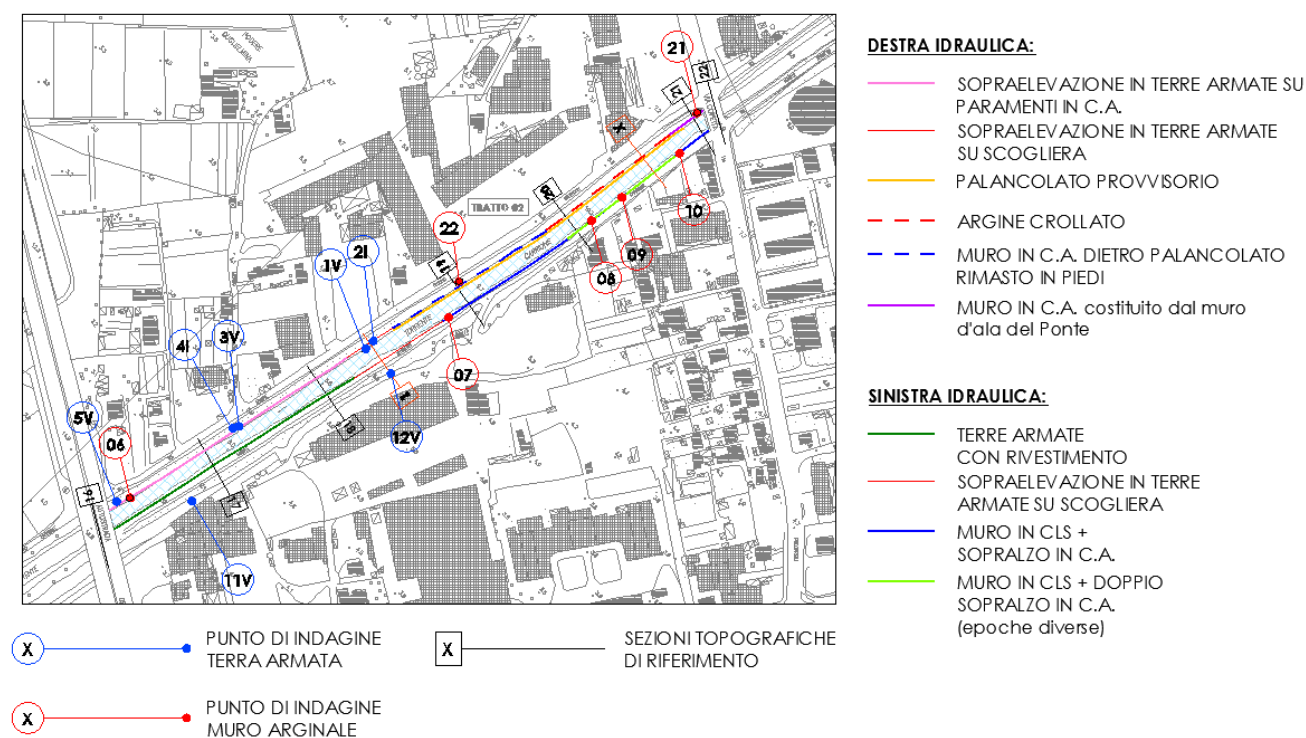


Fig. 1 – Inquadramento tratto 02

### 4.1 Quadro normativo di riferimento

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

## 4.2 Condizioni di carico

Si considerano le strutture arginali soggette ai seguenti carichi:

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

<b>Condizioni di carico statiche</b>	{	1) Stato di magra: Azioni agenti del terrapieno e dell'eventuale sovraccarico
		2) Stato di piena: Azioni idrauliche + eventuale contropinta del terrapieno
<b>Condizioni di carico sismiche</b>	{	1) Stato di magra

## 4.3 Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali

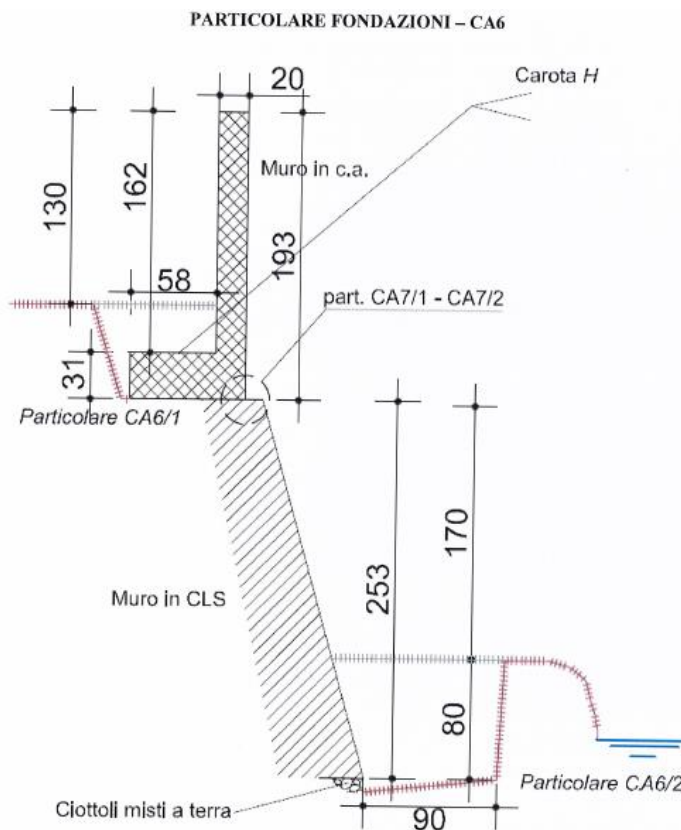
I materiali e la geometria delle opere strutturali vengono caratterizzati sulla base dell'elaborazione dei risultati ottenuti dalle indagini conoscitive eseguite dal Laboratorio Sigma Etruria s.r.l. incaricato dalla Regione Toscana (prove diagnostiche in sito e in laboratorio + rilievi topografici).



#### 4.4 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 07-08 – sez.19-Y)

Si tratta di un muro di sopralzo in c.a. su muro a gravità realizzato in epoca diversa.

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



**Fig. 2 – Sezione tipologica strutturale**

##### 4.4.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sonreb) e in laboratorio (prove a rottura sui provini ottenuti dalle carote), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il sopralzo in c.a. di 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>	36,03

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f <sub>cm</sub> /FC =	30,02

#### 4.4.2 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri  $\Phi 8$  passo 23 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri  $\Phi 8$  passo 21 cm.

Ferri di inghisaggio assenti tra il vecchio muro e il sopralzo → criticità

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

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

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	18,62
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	8,15
W2 - Peso proprio ciabatta	6,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	3,06
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	5,80
Spinta passiva del terreno strada (M2)	4,29

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	17,97	<b>NO</b>
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	8,89	
	FS [-]	0,49 < 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi' (M1)$	24,00		<b>NO</b>
$\tan \delta k / yr$	0,40		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	22,13	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	6,97	
	FS [-]	0,31 < 1	

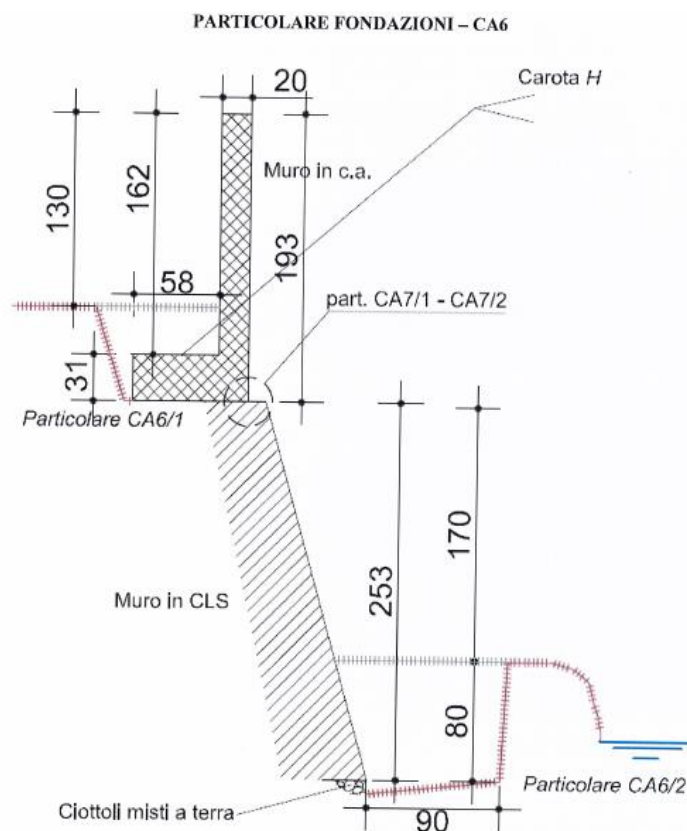
**Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale** →  $FS = M_{res} / M_{soll} = 20,92 / 10,83 = 1,9 > 1$  → **OK**

**Franco limite = 70 cm** (Se il franco della piena rispetto alla quota di estradosso del muro è minore di 70 cm: condizione di emergenza).

#### 4.5 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 07-08 – sez.19-Y)

Si tratta di un muro in cls a gravità.

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 e quindi alla larghezza della ciabatta di fondazione del sopralzo in c.a.. Un'eventuale maggiore profondità dello stesso sarà da approfondire in sito e potrebbe determinare il soddisfacimento delle verifiche di equilibrio laddove la profondità ipotizzata risulta insufficiente.



**Fig. 3 – Sezione tipologica strutturale**

##### 4.5.1 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sonreb) e in laboratorio (prove a rottura sui provini ottenuti dalle carote), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il muro in cls 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>	18,32

**Resistenza di calcolo**

FC = 1,2  
 fcm/FC = 15,26

**4.5.2 Verifiche del muro a gravità**

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

	<b><math>\gamma=1.0</math></b>
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	1,08
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	1,27
Qw - Spinta H2O	98,12
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
W1 - Peso proprio muro	54,00
W2 - Peso proprio muro	15,94
Ws - Peso proprio sopralzo	14,15
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	96,85
Spinta passiva del terreno strada (M2)	82,09

<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2</b>			
<b>MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)</b>	Mr [kNm/m]	217,72	
<b>MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)</b>	Ms [kNm/m]	123,86	
	<b>FS [-]</b>	<b>0,57 &lt; 1</b>	<b>NO</b>


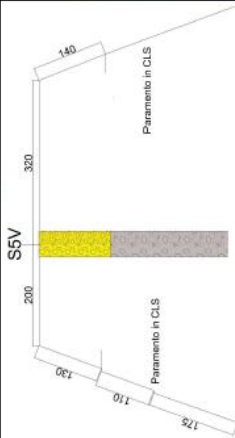

<b>VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2</b>			
	<b>A1+M1+R3</b>		
$\delta k = \Phi' (M1)$	24,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,40		
<b>AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)</b>	Td [kN/m]	51,75	
<b>RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)</b>	Tr [kN/m]	34,04	
	<b>FS [-]</b>	<b>0,66 &lt; 1</b>	<b>NO</b>










**Franco limite = 70 cm** (Se il franco della piena rispetto alla quota di estradosso del muro è minore di 70 cm: condizione di emergenza – è lo stesso franco limite che si ha sul sopralzo).

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

#### 4.6 Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 5V – sez.16)

Si tratta di un muro di una terra armata la cui geometria è stata rilevata in sito.

SIGMA ETRURIA Srl D.M. 6398 del 24.05.2012									
Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. 16 del tratto 2 sulla Sponda Destra del Torrente Cartione									
Colonna stratigrafica del sondaggio 5V – Inclinazione: 0°									
Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento	Campioni	Analisi granulometrica	Limiti di Alterberg, Classificazione, Peso di Volume, Densità del secco	Opuntum Proctor secondo AASHTO Modificato e grado di compattamento relativo	Permeabilità	
1.40		Ghiaia sabbiosa limosa, debolmente argillosa, eterogenea ed eterometrica; diametro massimo 70mm, diametro medio 20-30mm. Non sono stati rinvenuti geogriglia e ferri di armatura.			Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1335/G del 11/09/2015 Campione S5VC1	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1336/G del 11/09/2015 Campione S5VC1	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1343/G del 11/09/2015 Campione 16PDX	Rif. Rapporto di Prova SIGMA Etruria Srl n. 0092 del 15/09/2015 Prova S5VK	
3.70		Sabbia medio grossa ghiaiosa limosa di colore marrone chiaro. A tratti prevalenza di ghiaia.			Ghiaia: 33.05% Sabbia: 42.66% Limo: 20.65% Argilla: 3.64%	Limite Liquido: Non Determinabile Limite Plastico: Non Plastico Indice Plastico: Non Plastico Classe di Appartenenza: A2-4 Peso di Volume: --- Densità del secco: ---	Densità massima del secco: 1.988 Mg/m³ Umidità ottima di compattamento: 7.1%	Permeabilità: 2.9x10⁻⁹ ml/s	
					Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1341/G del 11/09/2015 Campione 16PDX	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1343/G del 11/09/2015 Campione 16PDX	Prova di Trazione per barre di acciaio	Rif. Rapporto di prova Laboratorio SIGMA Srl 00804 del 11/09/2015	
					Ghiaia: 72.65% Sabbia: 20.99% Limo: 5.89% Argilla: 0.47%	Limite Liquido: Non Determinabile Limite Plastico: Non Plastico Indice Plastico: Non Plastico Classe di Appartenenza: A1-a Peso di Volume: --- Densità del secco: ---	φ Nominale: 8 mm Sez. Effettiva: 47.9 mm² Massa: 0.376 kg/m Svuotamento f: 529 N/mm² Rottura f: 611 N/mm² All. A5: 18%		
FOTOGRAFIA DELLA CASSETTA CATALOGATRICE					SEZIONE TIPO		POSIZIONE		
									
Ipotesi sulla profondità di innesto della Terra Armata sul terreno: 1.40m					Nota: Sezione Esterno-interno		44°02.4880Nord		
Firma dello Sperimentatore					Coordinate:		Firma del Direttore del Laboratorio		
Geol. Gianni Gambetta Vienna					Pag. 1/1		Ing. Antonio Tenore		

Colonna Stratigrafica sondaggio 5V - Inclinazione 0°								
Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione				T.A.	Geogriglia	
1,4	S1	Ghiaia sabbiosa limosa, debolmente argillosa, eterogenea ed eterometrica; Dmax 70 mm, D medio 20-30 mm.				X (campione 16PDX)	NO 	
		Non sono stati rinvenuti geogriglia e ferri di armatura.						
3,7	S2	Sabbia medio grossa ghiaiosa limosa di colore marrone chiaro. A tratti prevalenza di ghiaia.				- (campione S5VC1)		
	Analisi Granulometrica		Plasticità	Classe	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	Grado di costipamento	Densità max del secco	Permeabilità
campione <b>16PDX</b> prof. = 0,0-0,2m	Ghiaia	72,65%					19,88 kN/m <sup>3</sup>	
	Sabbia	20,99%						
	Limo	5,89%						
	Argilla	0,47%						
campione <b>S5VC1</b> prof. = 1,6-2,1m	Ghiaia	33,05%						
	Sabbia	42,66%						
	Limo	20,65%						
	Argilla	3,64%						

**LIMITI**

Materiale non plastico o con bassa blasticità --&gt; OK

Classe di appartenenza terreno: A1 - A3 - A2-4 - A2-5 --&gt; OK

Grado di costipamento &gt;= 95% Proctor

 D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 15 per A1 - A2

 D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 7 per A3

 Limite permeabilità K < 10<sup>-7</sup> --> OK


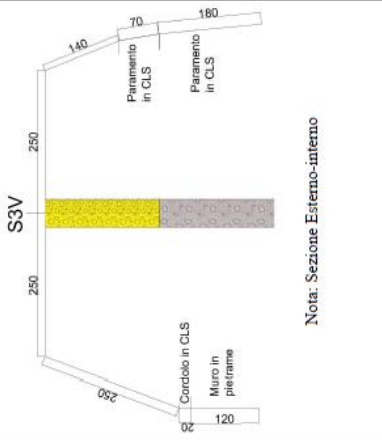

**Prova a trazione per barre di acciaio**










Φ nominale	8	mm
Sez. effettiva	47,9	mmq
Massa	0,376	kg/m
f <sub>y</sub>	529	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t</sub>	611	N/mm <sup>2</sup>
Allungamento	18,00%	
Rete	15x15	



4.7 Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 3V – sez.17)

Si tratta di un muro di una terra armata la cui geometria è stata rilevata in sito.

SIGMA ETRURIA Srl D.M. 6398 del 24.05.2012 Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. 17 del tratto 2 sulla Sponda Destra del Torrente Carrione									
Colonna stratigrafica del sondaggio 3V – Inclinazione: 0°		Analisi granulometrica		Limiti di Atterberg, AASHTO Modificato e grado di compattamento relativo		Opimum Proctor secondo Laboratorio SIGMA Srl		Permeabilità	
Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento	Campioni	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl	Rif. Rapporto di Prova SIGMA Etruria Srl n. 0091 del 15/09/2015 Prova 3VK	
2.00		Ghiaia eterogenea ed eterogenea in matrice limoso-sabbiosa. Non sono stati rinvenuti geogriglia e ferri di armatura.	1.500	Ghiaia: 57.36% Sabbia: 29.83% Limo: 11.60% Argilla: 1.22%	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1328/G del 11/09/2015 Campione S3VC1	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1334/G del 11/09/2015 Campione 17PDX	Rif. Rapporto di prova SIGMA Srl 00803 del 11/09/2015		
4.00		Limo con ghiaia passante a ghiaia 30/70mm eterometrica ed eterogenea subarrottonda a media sfericità.		Ghiaia: 67.21% Sabbia: 28.17% Limo: 4.20% Argilla: 0.42%	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1332/G del 11/09/2015 Campione 17PDX	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1335/G del 11/09/2015 Campione 17PDX	Prova di Trazione per barre di acciaio	Permeabilità: 4.4x10 <sup>-7</sup> m/s	
FOTOGRAFIA DELLA CASSETTA CATALOGATRICE					SEZIONE TIPO				
									
					Nota: Sezione Esterno-interno				
									
Ipotesi sulla profondità di innesto della Terra Armata sul terreno: 2.00m					Coordinate: 44°02.4854N Nord				
Firma dello Spedimentatore					Pag. 1/2				
Geol. Gianni Gambetta Vianna					Firma del Direttore del Laboratorio				
					Ing. Antonio Tenore				

Colonna Stratigrafica sondaggio 3V - Inclinazione 0°								
Profondità [m]	Stratigrafia		Descrizione			T.A.	Geogriglia	
2,0	S1	Ghiaia eterometrica ed eterogenea in matrice limoso-sabbiosa.			X (campione 17PDX)	NO 		
		Non sono stati rinvenuti geogriglia e ferri di armatura.						
4,0	S2	Limo con ghiaia passante a ghiaia 30/70 mm eterometrica ed eterogenea subarrotondata a media sfericità.			- (campione S3VC1)			
	Analisi Granulometrica		Plasticità	Classe	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	Grado di costipamento	Densità max del secco	Permeabilità
campione 17PDX prof. = 0,0-0,2m	Ghiaia	72,65%	Non plastico	A1-a	9,5/0,098 = 97 > 15	- 	20,98 kN/m³	
	Sabbia	20,99%						
	Limo	5,89%						
	Argilla	0,47%						
campione S3VC1 prof. = 2,0-2,5m	Ghiaia	33,05%	Non plastico	A1-a	5,5/0,02 = 275 > 15			
	Sabbia	42,66%						
	Limo	20,65%						
	Argilla	3,64%						

**LIMITI**

Materiale non plastico o con bassa plasticità --&gt; OK

Classe di appartenenza terreno: A1 - A3 - A2-4 - A2-5 --&gt; OK

Grado di costipamento &gt;= 95% Proctor

D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 15 per A1 - A2


D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 7 per A3

Limite permeabilità K < 10<sup>-7</sup> --> OK

**Prova a trazione per barre di acciaio**

Φ nominale	8	mm
Sez. effettiva	50,5	mmq
Massa	0,396	kg/m
f <sub>y</sub>	525	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t</sub>	632	N/mm <sup>2</sup>
Allungamento	23,00%	
Rete	15x15	



















Colonna Stratigrafica sondaggio 4I - Inclinazione 10°				
Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	T.A.	Geogriglia
1,8	S1	Ghiaia eterogenea ed eterometrica in matrice limoso-sabbiosa.	X	NO 
		Non sono stati rinvenuti geogriglia e ferri di armatura.		
		Non riscontrata scogliera.		

SIGMA ETRURIA Srl										D.M. 6398 del 24.05.2012									
Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. 17 del tratto 2 sulla Sponda Destra del Torrente Carrione																			
Colonna stratigrafica del sondaggio 4I - Inclinazione: 10°										Limiti di Atterberg, AASHTO Modificato e grado di compattamento relativo									
Analisi granulometrica										Permeabilità									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-										-									
-																			

4.8 Analisi Terra Armata sinistra idraulica (rif. scheda 11V – sez.17)

Si tratta di un muro di una terra armata la cui geometria è stata rilevata in sito.

SIGMA ETRURIA Srl D.M. 6398 del 24.05.2012									
Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. 17 del tratto 2 sulla Sponda Sinistra del Torrente Carrione									
Limiti di Atterberg, Classificazione, Peso di Volume, Densità del secco									
Colonna stratigrafica del sondaggio 11V – Inclinazione: 0°									
Analisi granulometrica									
Rif. Certificato									
Laboratorio SIGMA Srl									
1358/G del 11/09/2015									
Campione S11VC1									
Ghiaia: 25.85%									
Sabbia: 41.02%									
Limo: 38.88%									
Argilla: 4.25%									
Rif. Certificato									
Laboratorio SIGMA Srl									
1360/G del 11/09/2015									
Campione S11VC2									
Ghiaia: 33.18%									
Sabbia: 37.02%									
Limo: 23.58%									
Argilla: 6.21%									
Rif. Certificato									
Laboratorio SIGMA Srl									
1374/G del 11/09/2015									
Campione S11VC3									
Ghiaia: 39.09%									
Sabbia: 42.58%									
Limo: 18.07%									
Argilla: 0.26%									
Rif. Certificato									
Laboratorio SIGMA Srl									
1375/G del 11/09/2015									
Campione 17PSX									
L.L.: N.D.									
L.P.: N.P.									
I.P.: N.P.									
Classe App.: A2-4									
Rif. Rapporto di prova									
Laboratorio SIGMA Srl									
00809 del 11/09/2015									
Prova di Trazione per barre di acciaio									
φ Nominale: 8 mm									
Sez. Effettiva: 51.3 mm²									
Massa: 0.403 kg/m									
Snervamento f: 513 N/mm²									
Rottura f: 614 N/mm²									
All. A5: 23%									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									
SIGMA Etruria Srl									
n. 0097 del 15/09/2015									
Prova 11VK									
Rif. Rapporto di Prova									

Colonna Stratigrafica sondaggio 11V - Inclinazione 0°											
Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione				T.A.	Geogriglia				
1,6	S1	Ghiaia limosa sabbiosa beige, eterometrica ed eterogenea.				I° livello (campione 17PSX + S11VC1)	NO 				
2,1	S2	Ghiaia limosa marrone scuro, probabilmente ascrivibile ad un secondo livello di terra armata (come rinvenuta su paramento esterno).				II° livello (campione S11VC2)	NO 				
3,4	S3	Limo ghiaioso di colore beige.				-					
5,0	S4	Sabbia limosa marone scuro.				- (campione S11VC3)					
	Analisi Granulometrica		Plasticità	Classe	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	Grado di costipamento	Densità max del secco	Permeabilità			
campione 17PSX prof. = 0,0-0,2m	Ghiaia	39,09%	-	A2-4	0,98/0,02 = 49 > 15	relativo S11VC1 96,5% > 95%	20,62 kN/m <sup>3</sup>				
	Sabbia	42,58%									
	Limo	18,07%									
	Argilla	0,26%									
campione S11VC1 prof. = 0,5-1,0m	Ghiaia	25,85%	Non plastico	A4	0,15/0,005 = 30 > 15		20,69 kN/m <sup>3</sup>				
	Sabbia	41,02%									
	Limo	28,88%									
	Argilla	4,25%									
campione S11VC2 prof. = 1,6-2,1m	Ghiaia	33,18%	Non plastico	A2-4	0,6/0,004 = 150 > 15	relativo S11VC2 100,3% > 95%	21,87 kN/m <sup>3</sup>				
	Sabbia	37,02%									
	Limo	23,58%									
	Argilla	6,21%									
campione S11VC3 prof. = 4,5-5,0m	Ghiaia	7,39%	-	A4	0,095/0,008 = 12 < 15						
	Sabbia	61,04%									
	Limo	26,13%									
	Argilla	5,45%									

**LIMITI**

Materiale non plastico o con bassa plasticità --&gt; OK

Classe di appartenenza terreno: A1 - A3 - A2-4 - A2-5 --&gt; OK

Grado di costipamento &gt;= 95% Proctor

 D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 15 per A1 - A2

 D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 7 per A3

 Limite permeabilità K < 10<sup>-7</sup> --> OK


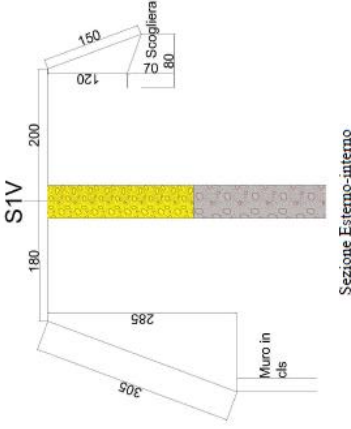

**Prova a trazione per barre di acciaio**















Φ nominale	8	mm
Sez. effettiva	51,3	mmq
Massa	0,403	kg/m
f <sub>y</sub>	513	N/mmq
f <sub>t</sub>	614	N/mmq
Allungamento	23,00%	
Rete	15x15	



4.9 Analisi Terra Armata destra idraulica (rif. scheda 1V – sez.Z)

Si tratta di un muro di una terra armata la cui geometria è stata rilevata in sito.

SIGMA ETRURIA Srl D.M. 6398 del 24.05.2012									
Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. Z del tratto 2 sulla Sponda Destra del Torrente Carrione									
Colonna stratigrafica del sondaggio 1V – Inclinazione: 0°				Analisi granulometrica			Limiti di Aterberg, Classificazione, Peso di Volume, Densità del secco		
Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento	Campioni	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1323/G del 11/09/2015 Campioni S1VC1	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1324/G del 11/09/2015 Campioni S1VC1 Limite Liquido: 22% Limite Plastico: 18% Indice Plasticità: 4% Classe di Appartenenza: A4 Peso di Volume: 21.28kN/m³ Densità del secco: 2.127Mg/m³	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1326/G del 11/09/2015 Campioni S1VC2 Limite Liquido: 20% Limite Plastico: 17% Indice Plasticità: 3% Classe di Appartenenza: A4 Peso di Volume: 20.30kN/m³ Densità del secco: 1.988Mg/m³	Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1330/G del 11/09/2015 Campioni ZPDXX Limite Liquido: Non Determinabile Limite Plastico: Non Plastic Indice Plasticità: Non Plastic Classe di Appartenenza: A3-4 Peso di Volume: -- Densità del secco: --	Opinioni Proctor secondo AASHTO Modificato e grado di compattamento relativo
2.20		Ghiaia con limo, talora argillosa. Gli elementi plastici presentano dimensioni 4/20mm, risultano perlopiù arrotondati e a medio bassa sfericità. È stata rinvenuta geogrigia a maglia quadrata di 2.5cm di lato alla profondità di circa 10cm. Non rinvenuti ferti di armatura.	1.000	0.40 S1VC1 0.75					Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1331/G del 11/09/2015 Campioni ZPDXX
4.20		Ghiaia elerometrica ed eterogenea in matrice più o meno limosa marrone scura. Il diametro medio degli elementi plastici è di 4/10mm, mentre il diametro massimo è di circa 40/60mm.		2.60 S1VC2 2.90					Densità massima del secco: 2.064Mg/m³ Umidità ottima di compattamento: 8.9% Grado di Compattamento relativo S1VC1: 103.1% S1VC2: 96.8%
							Prova di Trazione per barre di acciaio		
							Rif. Rapporto di prova Laboratorio SIGMA Srl 00814 del 14/09/2015		
							φ Nominale: 8 mm Sez. Effettiva: 50.0 mm² Massa: 0.392 kg/m Snervamento f <sub>y</sub> : 526 N/mm² Rottura f <sub>t</sub> : 632 N/mm² All. A5: 23%		
FOTOGRAFIA DELLA CASSETTA CATALOGATRICE				SEZIONE TIPO			POSIZIONE		
									
Ipotesi sulla profondità di innesto della Terra Armata sul terreno: 2.20m				Coordinate:			44°02.5447Nord		
Firma dello Sperimentatore				Pag.			10°03.5580Est		
Geol. Gianni Gambetta Vianna				1/2			Firma del Direttore del Laboratorio		
							Ing. Antonio Tenore		


Colonna Stratigrafica sondaggio 1V - Inclinazione 0°								
Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione				T.A.	Geogriglia	
2,2	S1	Ghiaia con limo, talora argillosa. Gli elementi clastici presentano dimensioni 4/30 mm, risultano per lo più arrotondati e a medio bassa sfericità.				X (campione ZPDX + S1VC1)	SI 	
		E' stata rinvenuta geogriglia a maglia quadrata di 2,5 cm di lato alla profondità di circa 10 cm. Non rinvenuti ferri di armatura.						
4,2	S2	Ghiaia eterometrica ed eterogenea in matrice più o meno limosa marrone scura. Il diametro medio degli elementi clastici è di 4/10 mm, mentre il diametro massimo è di circa 40/60 mm.				- (campione S1VC2)		
	Analisi Granulometrica		Plasticità	Classe	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	Grado di costipamento	Densità max del secco	Permeabilità
campione <b>ZPDX</b> prof. = 0,0-0,2m	Ghiaia	44,04%	Non plastico 	A2-4 	4/0,01 = 400 > 15 	relativo S1VC1 103,1% > 95% 	20,64 kN/m <sup>3</sup>	non richiesta
	Sabbia	35,99%						
	Limo	16,82%						
	Argilla	3,16%						
campione <b>S1VC1</b> prof. = 0,4-0,75m	Ghiaia	28,29%	limite pl.=18% Indice pl.=4% 	A4 	0,45/0,0015 = 300 > 15 		21,27 kN/m <sup>3</sup>	
	Sabbia	37,92%						
	Limo	24,83%						
	Argilla	8,95%						
campione <b>S1VC2</b> prof. = 2,6-2,9m	Ghiaia	30,75%	limite pl.=17% Indice pl.=3% 	A4 	0,6/0,0015 = 400 > 15 	relativo S1VC2 96,8% > 95% 	19,98 kN/m <sup>3</sup>	
	Sabbia	36,77%						
	Limo	24,69%						
	Argilla	8,78%						

**LIMITI**

Materiale non plastico o con bassa plasticità --> OK  
 Classe di appartenenza terreno: A1 - A3 - A2-4 - A2-5 --> OK  
 Grado di costipamento >= 95% Proctor  
 D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 15 per A1 - A2  
 D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 7 per A3  
 Limite permeabilità K < 10<sup>-7</sup> --> OK

**Prova a trazione per barre di acciaio**

Φ nominale	8	mm
Sez. effettiva	50	mmq
Massa	0,392	kg/m
f <sub>y</sub>	526	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t</sub>	632	N/mm <sup>2</sup>
Allungamento	23,00%	
Rete	15x15	


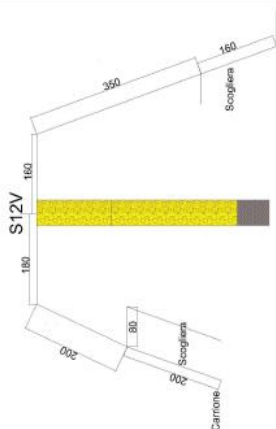

Colonna Stratigrafica sondaggio 2I - Inclinazione 12°				
Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione	T.A.	Geogriglia
1,2	S1	Ghiaia con limo, talora argillosa. Gli elementi clastici presentano dimensioni 4/30 mm, risultano perlopiù arrotondati e a medio bassa sfericità.	X	SI 
		Rinvenuta geogriglia a 10 cm di profondità.		
		Rinvenuto il "tetto" della sottostante scogliera a profondità di circa 1,3 m.		
















SIGMA ETRURIA Srl D.M. 6398 del 24.05.2012				
Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. Z del tratto 2 sulla Sponda Destra del Torrente Carrione				
Colonna stratigrafica del sondaggio 2I - Inclinazione: 12°		Limiti di Aterberg Classificazione: Peso di Volume, Densità del secco		Opimium Proctor secondo AASHTO Modificato e grado di compattamento relativo
Stratigrafia		Analisi granulometrica	-	-
R vestimento		-		
Campioni				
Descrizione				
Profondità	Ghiaia con limo, talora argillosa. Gli elementi clastici presentano dimensioni 4/30mm, risultano perlopiù arrotondati e a medio bassa sfericità. Rinvenuta geogriglia a 10cm di profondità. Rinvenuto il "tetto" della sottostante scogliera alla profondità di circa 1.3m.			
1,20				
		</		



4.10 Analisi Terra Armata sinistra idraulica (rif. scheda 12V – sez.Z)

Si tratta di un muro di una terra armata la cui geometria è stata rilevata in sito.

SIGMA E TRURIA Srl D.M. 6398 del 24.05.2012									
Rapporto riassuntivo delle indagini eseguite in corrispondenza della Sez. Z del tratto 2 sulla Sponda Sinistra del Torrente Carrione									
Colonna stratigrafica del sondaggio 12V – Inclinazione: 0°									
Analisi granulometrica			Limiti di Atterberg. Classificazione, Peso di Volume, Densità del secco			Optimum Proctor secondo AASTHO Modificato e grado di compattamento relativo			Permeabilità
Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1364/G del 11/09/2015 Campione S12VC1 Ghiaia: 31.47% Sabbia: 45.90% Limo: 17.25% Argilla: 5.38%			Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1365/G del 11/09/2015 Campione S12VC1 Limite Liquido: Non Determinabile Limite Plastico: Non Plastico Indice Plastico: Non Plastico Classe di Appartenenza: A2-4 Peso di Volume: -- Densità del secco: --			Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1379/G del 11/09/2015 Campione ZF5SX			Rif. Rapporto di Prova SIGMA Etruria Srl n. 0098 del 15/09/2015 Prova 12VK
Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1366/G del 11/09/2015 Campione S12VC2 Ghiaia: 32.00% Sabbia: 44.23% Limo: 22.53% Argilla: 1.23%			Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1367/G del 11/09/2015 Campione S12VC2 Limite Liquido: Non Determinabile Limite Plastico: Non Plastico Indice Plastico: Non Plastico Classe di Appartenenza: A2-4 Peso di Volume: -- Densità del secco: --			Densità massima del secco: 2016 Mg/m <sup>3</sup> Umidità ottima di compattamento: 8.4%			Permeabilità: 1.1x10 <sup>-7</sup> m/s
Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1377/G del 11/09/2015 Campione ZF5SX Ghiaia: 46.51% Sabbia: 39.77% Limo: 12.69% Argilla: 1.03%			Rif. Certificato Laboratorio SIGMA Srl 1378/G del 11/09/2015 Campione ZF5SX Limite Liquido: Non Determinabile Limite Plastico: Non Plastico Indice Plastico: Non Plastico Classe di Appartenenza: A1-b Peso di Volume: -- Densità del secco: --			Prova di Trazione per barre di acciaio			Rif. Rapporto di prova Laboratorio SIGMA Srl 00810 del 11/09/2015
FOTOGRAFIA DELLA CASSETTA CATALOGATRICE			SEZIONE TIPO			POSIZIONE			
									
Ipotesi sulla profondità di innesto della Terra Armata sul terreno: 4.00m Firma dello Sperimentatore Geol. Gianni Gambetta Vianna			Nota: Sezione Esterno-interno			44°02.5447Nord			
			Coordinate: Pag. 1/1			10°03.5782Est			
						Firma del Direttore del Laboratorio Ing. Antonio Tenore			

Colonna Stratigrafica sondaggio 12V - Inclinazione 0°								
Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione				T.A.	Geogriglia	
1,5	S1	Ghiaia con limo beige ed biancastra, eterometrica e eterogenea (4/70 mm).				I° livello (campione ZPSX + S12VC1)	NO 	
4,0	S2	Ghiaia con limo argillosa marrone. Percentuale di ghiaia minore rispetto ad altre zone ma a pezzatura media maggiore. Rinvenute 2 geogriglie a maglia chiusa nera alla profondità di circa 3,0 m.				II° livello (campione S12VC2)	SI 	
4,65	S3	Limo beige giallastro.				-		
	Analisi Granulometrica		Plasticità	Classe	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	Grado di costipamento	Densità max del secco	Permeabilità
campione <b>ZPSX</b> prof. = 0,0-0,2m	Ghiaia	46,51%	Non plastico 	A1-b 	4,5/0,04 = 112,5 > 15 	- 	20,16 kN/m <sup>3</sup>	1.1*10 <sup>-7</sup> m/s
	Sabbia	39,77%						
	Limo	12,69%						
	Argilla	1,03%						
campione <b>S12VC1</b> prof. = 0,0-0,5m	Ghiaia	31,47%	Non plastico 	A2-4 	0,5/0,008 = 62,5 > 15 	- 	-	
	Sabbia	45,90%						
	Limo	17,25%						
	Argilla	5,38%						
campione <b>S12VC2</b> prof. = 2,0-2,5m	Ghiaia	32,00%	Non plastico 	A2-4 	0,6/0,0097 = 62 > 15 	- 	-	
	Sabbia	44,23%						
	Limo	22,53%						
	Argilla	1,23%						

**LIMITI**

Materiale non plastico o con bassa blasticità --&gt; OK

Classe di appartenenza terreno: A1 - A3 - A2-4 - A2-5 --&gt; OK

Grado di costipamento &gt;= 95% Proctor

D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 15 per A1 - A2

D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub> >= 7 per A3

Limite permeabilità K < 10<sup>-7</sup> --> OK

**Prova a trazione per barre di acciaio**

Φ nominale	8	mm
Sez. effettiva	49,6	mmq
Massa	0,39	kg/m
f <sub>y</sub>	542	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t</sub>	651	N/mm <sup>2</sup>
Allungamento	22,00%	
Rete	15x15	



## 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	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 07-08	MURO IN CLS Sx - Scheda 07-08	MURO IN C.A. SU PALI Dx - Scheda 21
Qualità Materiale			
Posizione e $\Phi$ ferri armatura		-	
Caratt. ferri di inghisaggio		-	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 0,49 < 1 	FS = 0,57 < 1 	Portanza del micropalo: FS > 1  -
Verifica a Slittamento	FS = 0,31 < 1 	FS = 0,66 < 1 	
Verifica sezione in c.a.	FS = 1,9 > 1 	-	FS > 1 
Franco limite	70 cm	70 cm dal sopraleso	-
Note	No ferri di inghisaggio con il muro di base in cls	Da approfondire la profondità del muro. Info mancante.	<b>Criticità:</b> 1) Verificare presenza di ferri $\Phi 16$ alla base del muro (come da progetto). 2) La parte superiore del muro (sopraleso) non è armato → rischio in caso di piena.

La **sponda d'argine in riva sinistra** a valle del ponte di via Covetta costituita da un muro a gravità + sopralzo in c.a. non risulta avere i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma in relazione alle verifiche dello stato limite ultimo di equilibrio (ribaltamento) e geotecnico (slittamento) sotto l'azione del massimo livello di piena. Per tali strutture non è stata rilevata la presenza di ferri di inghisaggio all'opera sottostante, pertanto sono stati verificati come elementi a sé stanti.

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

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

Il **muro d'ala del ponte in destra idraulica** a valle del Ponte di via Covetta è un muro in c.a. fondato su pali che fa riferimento alla pratica sismica 624/2003. Esso andrà a raccordarsi con la nuova opera spondale in destra idraulica crollata a seguito degli eventi alluvionali del 5 novembre 2014. Tale struttura presenta le seguenti criticità:

- 1) I ferri  $\Phi 16$  alla base del muro di rinforzo rispetto all'armatura andante  $\Phi 12/20$  non sono stati rilevati dalle indagini in sito. Verificare con saggi più approfonditi la presenza di tali ferri come da progetto, per scongiurare il pericolo di rottura della sezione di incastro del muro in caso di piena.
- 2) La parte superiore del muro (sopralzo) non ha ferri di armatura → in caso di piena, tale opera non ha funzione strutturale → si prevede l'intervento di demolizione e ricostruzione del sopralzo (rif. All.A).

## Terre armate

VERIFICA	TERRA ARMATA Dx – Scheda 5V	TERRA ARMATA Dx – Scheda 3V	TERRA ARMATA Sx – Scheda 11V	TERRA ARMATA Dx – Scheda 1V	TERRA ARMATA Sx – Scheda 12V
Qualita' Materiale					
Geogriglia					
Rete metallica					
Plasticità					
Grado di costipamento					
Permeabilità					

Le terre armate analizzate sono caratterizzate da terreni che risultano idonei per la stabilità, ma meno idonei per assolvere alla funzione arginale da un punto di vista idraulico e di permeabilità. E' stata rilevata la presenza della geogriglia il cui risvolto però è spesso insufficiente (il sondaggio effettuato nella parte centrale della terra armata spesso non rileva la geogriglia per mancanza di risvolto approfondito).

Si prevede quindi come intervento di protezione, l'applicazione di geostuoie + idrosemina con funzione antierosiva e allo stesso tempo di rinforzo per solidarizzare la geogriglia esistente che presenta delle criticità negli ancoraggi che possono comprometterne la tenuta.

## 6 All.A - Verifica Muro d'ala del ponte di via Covetta destra idraulica (rif. scheda 21 - sez.21)

### 6.1 Dati generali

**Oggetto:** Muro in c.a. fondato su pali

**Anno di costruzione dell'opera:** 2004

**Localizzazione:** Tratto 02 – destra idraulica (rif. sez. topografica n.21 – in prossimità del ponte di via Covetta – via Pucciarelli)

**Lunghezza muro:** ~ 30 m

**Pratica sismica di riferimento:** N. 624/2003: "Rifacimento ponte di via Pucciarelli sul Torrente Carrione"

**Collaudo Statico:** Si → 30.08.2004.

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

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



Fig. 4 – Immagine dell'area scaricata da google map



Il muro in oggetto rappresenta il muro d'ala del ponte di via Covetta - Pucciarelli, verso valle andrà a raccordarsi con la nuova opera spondale in destra idraulica crollata a seguito degli eventi alluvionali del 5 novembre 2014. Attualmente il muro d'ala del ponte si raccorda alla porzione del vecchio muro d'argine rimasta integra a seguito del crollo causato dagli eventi alluvionali del 5 novembre 2014, protetta dal palancoleto metallico provvisorio eretto a protezione del muro crollato.



Fig. 5 – Vista del muro d'ala del ponte

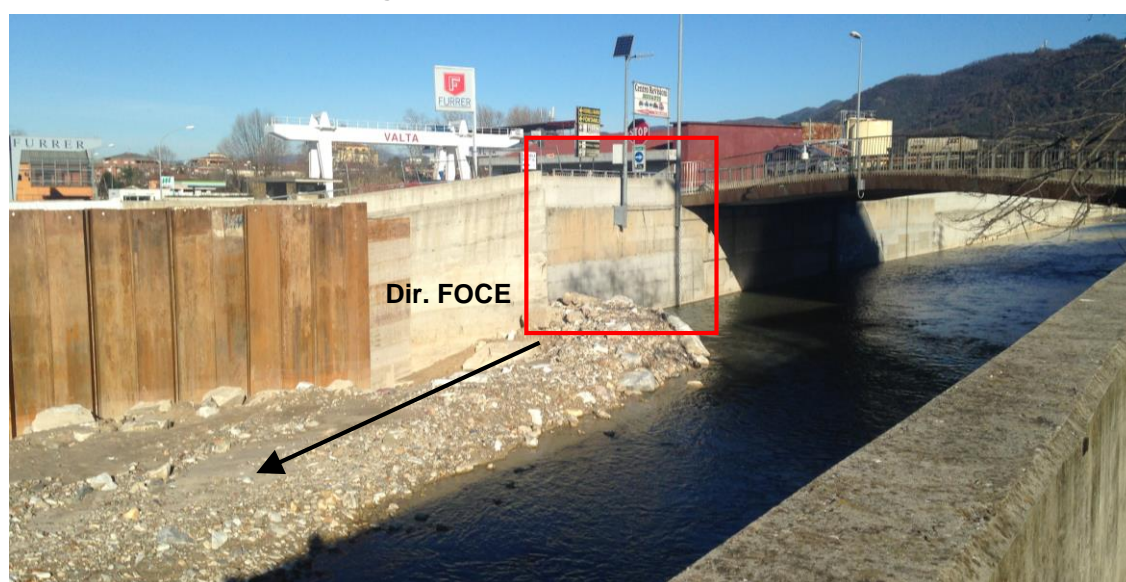


Fig. 6 – Localizzazione muro

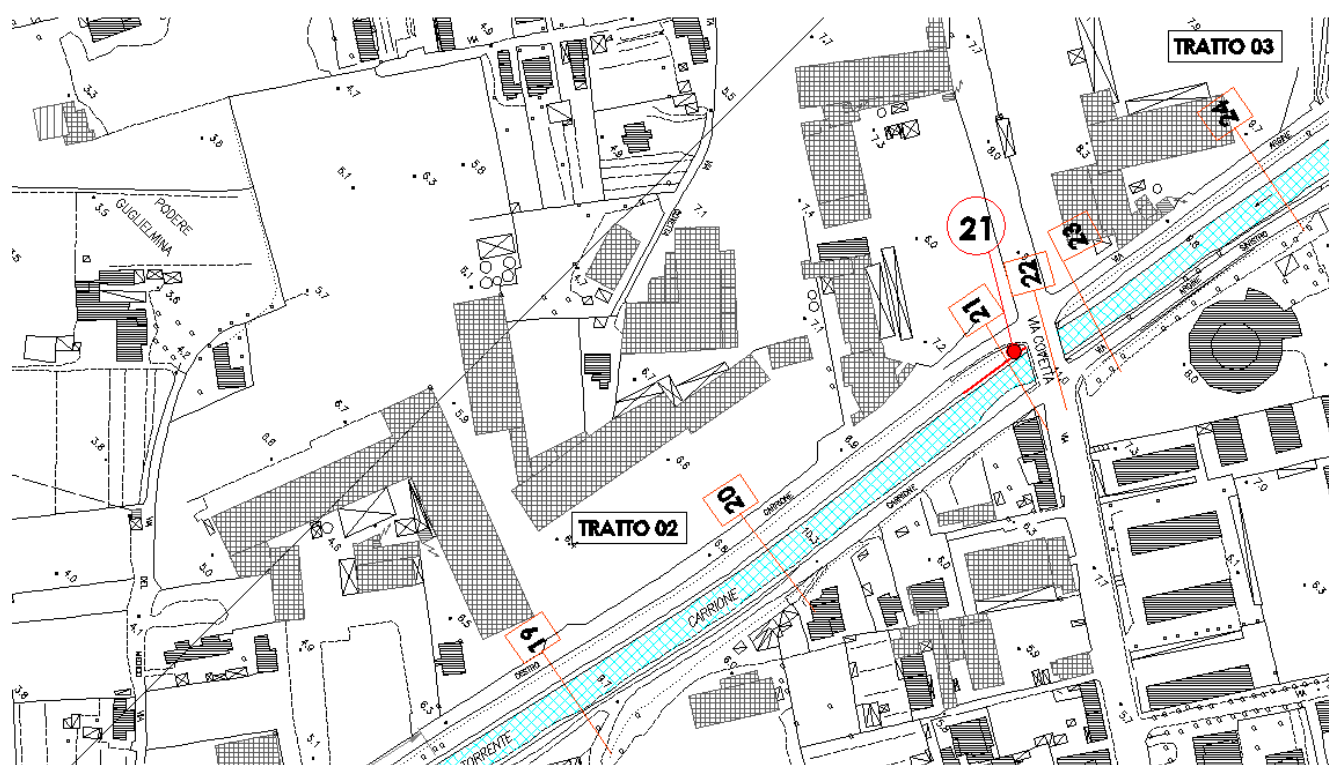


Fig. 7 – Inquadramento planimetrico – Tratto 02 – Sponda destra

### 6.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 624/2003

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

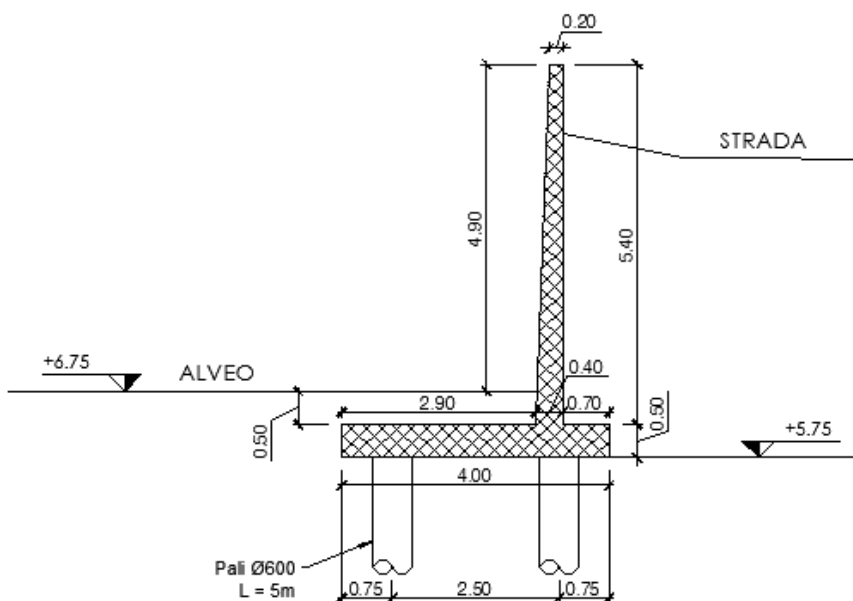
- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione Generale e Tecnica del maggio 2002
- 3) Relazione Generale e Tecnica del marzo 2003 relativa alla variante

La pratica sismica fa riferimento all'allargamento della luce netta dell'alveo del torrente Carrione con la demolizione del ponte esistente e la realizzazione di un nuovo attraversamento. Contemporaneamente alla realizzazione del nuovo ponte di via Covetta è previsto l'allargamento dell'alveo in destra idraulica sia a monte che a valle del ponte realizzando un muro in cemento armato fondato su pali. La fondazione del muro di sostegno, impostata a quota -1,00 rispetto al fondo alveo finale, è costituita da una soletta continua in c.a. di spessore 50 cm e larghezza 400 cm, fondata su pali trivellati in cemento armato disposti a quinconce ad interasse longitudinale costante di 500 cm su due file parallele distanti 250 cm. Il muro di sostegno, il cui spessore in sommità è 20 cm e pari a 40 cm a livello dell'estradosso di fondazione, ha paramento interno verticale e paramento esterno inclinato. I pali trivellati, di diametro 60 cm, hanno lunghezza 500 cm.

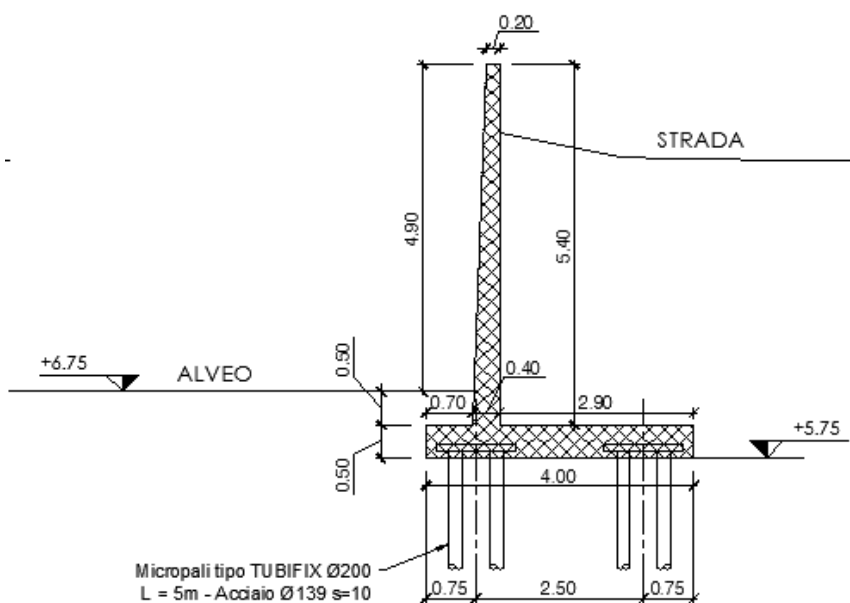
Con la variante del marzo 2003, il muro in oggetto è previsto realizzato in variante su micropali tipo Tubfix di diametro 200 mm armati con anima tubolare  $\Phi 139 \times 10$  mm.

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

**MURO ALA PONTE VIA COVETTA - Progetto (2002) - Scala 1:100**



**MURO ALA PONTE VIA COVETTA - Variante (2003) - Scala 1:100**



**Fig. 8 – Schema del progetto del muro d'ala del Ponte di via Covetta – P.S. n. 624/2003**

Il muro arginale in oggetto è stato costruito a cavallo del 2003 e del 2004 (data fine lavori: 04 agosto 2004) in merito agli interventi di rifacimento del ponte di via Covetta – Pucciarelli in seguito all'allargamento dell'alveo del Torrente Carrione.

#### 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).

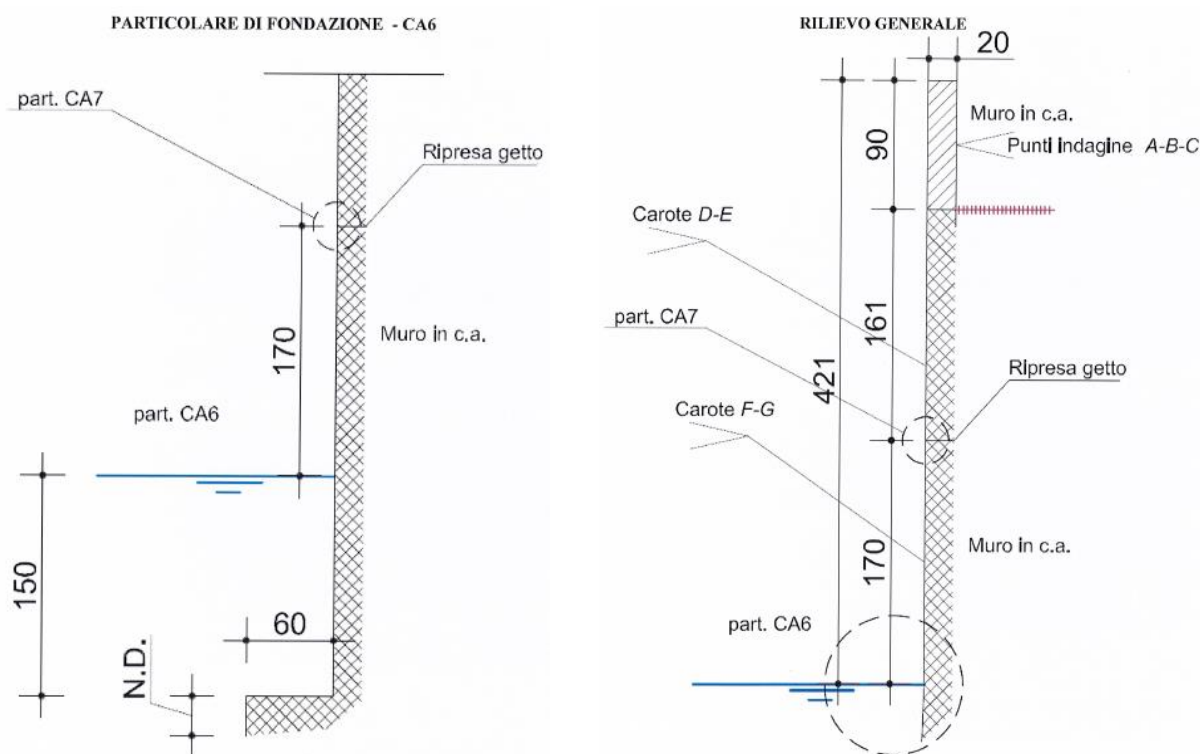


Fig. 9 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

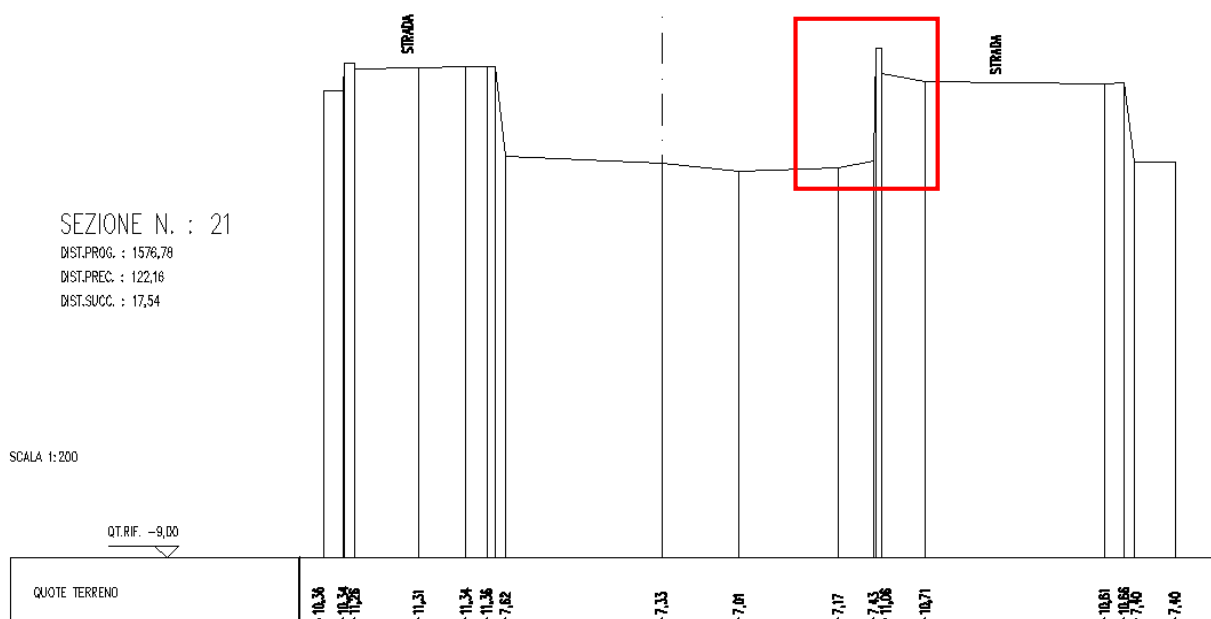


Fig. 10 – Sezione n.21 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale



#### 6.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 21)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 3) la geometria del muro è conforme a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 624/2003) ad esclusione dell'altezza rilevata che risulta 30 cm maggiore di quella di progetto;
- 4) a causa delle condizioni ambientali, le indagini in sito non si sono potute spingere a profondità tali da poter rilevare l'effettiva presenza dei pali di fondazione e l'effettiva rispondenza alla tipologia definita in variante (micropali al posto di pali di grande diametro).

#### 6.4.2 Caratteristiche dei materiali

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove diagnostiche in sito (prove sonreb) e in laboratorio (prove a rottura sui provini ottenuti dalle carote), si può preliminarmente considerare il calcestruzzo con cui è stato realizzato il muro in c.a. di buone caratteristiche (si faccia riferimento a tal proposito alle schede di elaborazione dei risultati delle indagini in sito riportate nel book relativo al quadro conoscitivo).

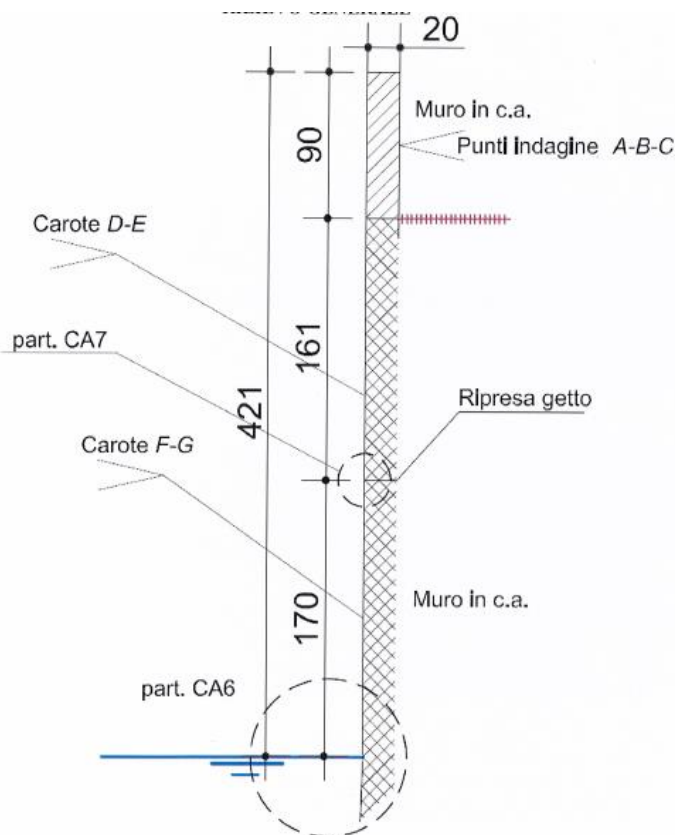


Fig. 11 – Punti di indagine

PROVE SONREB - MURO BASE					
PUNTO	F	F'	G	G'	
Ir	49,7	47,9	48,3	50,3	
Vp [m/s]	4826,0	4826,0	4776,0	4776,0	
Rs0	83,0	78,9	77,7	82,2	
Rs1	76,6	73,6	72,4	75,6	
Rs2	68,3	65,3	64,7	68,0	
Rs3	60,3	57,9	57,4	60,1	
<b>Rs (medio)</b>	72,1	68,9	68,0	71,5	<b>70,1</b>
<b>fc (0.83 Rs)</b>	59,8	57,2	56,5	59,3	<b>58,2</b>

<b>CAROTE</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]
21F	58,6	104	184	0,57	0,97	56,3	<b>67,83</b>
21G	50,5	104	186	0,56	0,97	48,7	<b>58,67</b>
				<b>media</b>		<b>52,50</b>	<b>63,25</b>

## Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mmq]	
fcm	54,40

<b>Resistenza di calcolo</b>	
FC =	1,2
fcm/FC =	45,33

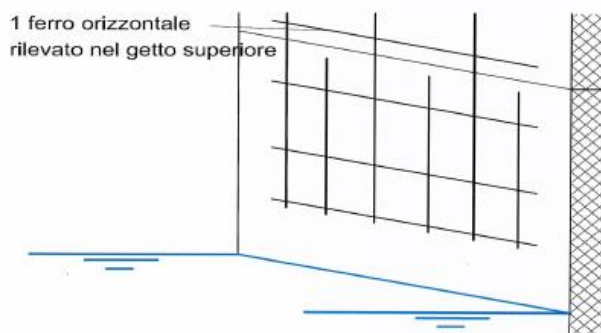
### 6.4.3 Ferri di armatura

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

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

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

Ok verificato il passo dell'armatura  
corrente di progetto ma NON quella  
di rinforzo alla base.



Da progetto è prevista un'armatura corrente pari a  $5 \Phi 10 / m$  e un'armatura di rinforzo alla base del muro pari a  $12 \Phi 16 / m$ . Tale armatura non è stata rilevata in sito.

## 6.5 Verifiche del muro arginale

Per la verifica dell'opera arginale in oggetto si considera il muro a mensola e si verifica la sezione di incastro del paramento verticale, dopodichè, affinché sia garantito l'equilibrio si determinano le azioni sui micropali di fondazione e si esegue la verifica degli stessi.

### 6.5.1 Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena

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

<b>DATI CARATTERISTICI MURO</b>	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	5,7
h ciabatta [m]	0,5
h tot muro [m]	6,2
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	4,8
spessore nervatura [m]	0,3
Larghezza totale ciabatta [m]	4
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	0,7
L mensola ciabatta di STRADA [m]	2,9

	<b><math>\gamma_{G1} / \gamma_Q=1.0</math></b>	<b>A1</b>
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>		
Qw - Spinta H <sub>2</sub> O a valle	192,20	249,86
<b>AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m</b>		
Sp - Spinta passiva orizzontale del terreno lato strada (M1)	577,47	577,47

Poiché  $Sp > Qw \rightarrow$  la condizione peggiore per il muro è quella dell'alveo in magra con il terrapieno e il sovraccarico spingenti a tergo dello stesso.

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

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

	$\gamma_{G1} / \gamma_Q=1.0$	A1
<b>AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m</b>		
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	89,07	115,79
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	34,83	52,24
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>		
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	28,03	28,03
W1 - Peso proprio nervatura	42,75	42,75
W2 - Peso proprio ciabatta	50,00	50,00
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	268,66	268,66
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	10,96	0,00

<b>SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro</b>		
	343,00	-
	158,92	=
<b>Mc (<math>\gamma=1.3/1.5</math>) [kNm/m]</b>	<b>184,08</b>	
<b>T [kN/m]</b>	<b>168,03</b>	
<b>N (<math>\gamma=1</math>) [kN/m]</b>	<b>389,43</b>	

<b>SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro</b>	
braccio pali [m]	2,50
<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>327</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>121</b>

Considerando la coppia di pali a interasse di 1m, sul singolo micropalo agiscono i seguenti sforzi:

<b>Ncompr. [kN/m]</b>	<b>163</b>
<b>Ntraz. [kN/m]</b>	<b>61</b>

I micropali non vanno in trazione, ma sono sollecitati solo a compressione.

**Verifica di Portanza del micropalo:  $FS = 2.4 > 1 \rightarrow$  OK**

<b>RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO</b>		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
<b>Rc,d</b>	<b>391,70</b>	<b>kN</b>
<b>Rt,d</b>	<b>318,31</b>	<b>kN</b>

### 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 è soddisfatta se si tiene conto dell'armatura di progetto pari a  $5 \Phi 10 + 12 \Phi 16 / m$ .

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 345 / 266 = 1.3 > 1 \rightarrow \text{OK}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File: NERVATURA\_muro\_ponte

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	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,93	6
2	28,05	34

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 42,75 42,75 kN  
M<sub>xEd</sub> 266 192,59 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> 345 kN m

Materiali

B450C C32/40

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> 18,13 ‰  
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> 12,25 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333 ‰  
τ<sub>c1</sub> 2,114 ‰

σ<sub>c</sub> -18,13 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 12,56 ‰  
d 34 cm  
x 7,409 x/d 0,2179  
δ 0,7124

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. 100

Calcola MRd Dominio M-N

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

Precompresso

SLE  $\rightarrow \sigma_c = 9,65 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck} = 19,2 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$   
 $\rightarrow \sigma_s = 224,8 \text{ N/mm}^2 < 0,8f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: NERVATURA\_muro\_ponte

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	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,93	6
2	28,05	34

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 42,75 42,75 kN  
M<sub>xEd</sub> 266 192,59 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

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

Sezio...

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

Materiali

B450C C32/40

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,13  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{c1}$  2,114

$\sigma_c$  -9,646 N/mm²  
 $\sigma_s$  224,8 N/mm²

Verifica

N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

$\epsilon_s$  1,124 ‰  
d 34 cm  
x 13,31 x/d 0,3916  
 $\delta$  0,9295

### 6.5.3 Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra)

La verifica del muro in condizioni sismiche di magra prevede l'azione spingente del terrapieno. A vantaggio di sicurezza si trascura la spinta passiva del terreno lato alveo (essendo lo spessore del terreno lato alveo molto inferiore rispetto allo spessore del terrapieno).

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

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

Per muri liberi di ruotare e traslare si considera che l'incremento di azione dovuto al sisma agisca nello stesso punto dell'azione statica ed il coefficiente  $\beta_m$  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>	121,96
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Statica</u> (M1)</i>	89,07
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Dinamica</u> (M1)</i>	32,90
W1 - Peso proprio nervatura*kh	7,85
W2 - Peso proprio ciabatta*kh	9,18
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh	49,33
<b>AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m</b>	
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a monte, st+din (M1)</i>	38,38
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a monte <u>Statica</u> (M1)</i>	28,03
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a monte <u>Dinamica</u> (M1)</i>	10,35
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)	38,83
W2 - Peso proprio ciabatta*(1-kv)	45,41
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)	243,99

<b>SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro</b>		
	416,16	-
	170,18	=
<b>Mc [kNm/m]</b>	<b>245,97</b>	
<b>T [kN/m]</b>	<b>188,32</b>	
<b>N [kN/m]</b>	<b>366,61</b>	

SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro	
braccio pali [m]	2,50
Ncompr. [kN/m]	282
Ntraz. [kN/m]	85

Considerando la coppia di pali a interasse di 1m, sul singolo micropalo agiscono i seguenti sforzi:

Ncompr. [kN/m]	141
Ntraz. [kN/m]	42

I micropali non vanno in trazione, ma sono sollecitati solo a compressione.

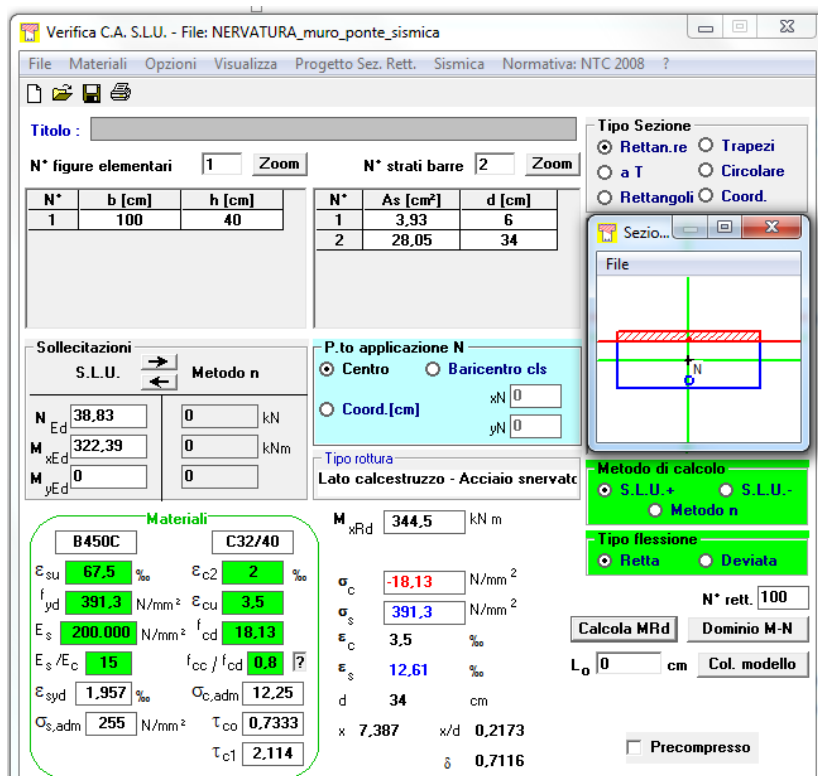
**Verifica di Portanza del micropalo:**  $FS = 2.8 > 1 \rightarrow$  OK

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
Rc,d	391,70	kN
Rt,d	318,31	kN

**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. Si considera l'armatura di progetto pari a 5  $\Phi 10$  + 12  $\Phi 16$  / m.

**SLU  $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 344,5 / 322,39 = 1.1 > 1 \rightarrow$  OK**



**Verifica C.A. S.L.U. - File: NERVATURA\_muro\_ponte\_sismica**

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	40	1	3,93	6
			2	28,05	34

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

N<sub>Ed</sub> 38,83 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 322,39 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 C32/40  
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> 18,13  
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> 12,25  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
τ<sub>c1</sub> 2,114

M<sub>xRd</sub> 344,5 kNm  
σ<sub>c</sub> -18,13 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 12,61 ‰  
d 34 cm  
x 7,387 x/d 0,2173  
δ 0,7116

**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. 100

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

Precompresso



## 6.6 Riepilogo

### 6.6.1 Conformità

**Materiali** → Ok

**Geometria** → Conforme per la parte di muro in c.a. ad esclusione dell'altezza rilevata che risulta 30 cm maggiore di quella di progetto. Non indagata per la parte delle fondazioni profonde.

**Armature** → Conforme il passo dell'armatura corrente. Non rilevata l'armatura di rinforzo alla base del muro.

**Rischi** → Sifonamento.

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

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

$FS > 1$  per la sezione di incastro del muro in c.a. allo SLU e allo SLE considerando l'armatura di progetto.

### 6.6.2 Criticità

- 1) Altezza del muro rilevata superiore di 30 cm rispetto ai dati progettuali.
- 2) A causa delle condizioni ambientali, le indagini in sito non si sono potute spingere a profondità tali da poter rilevare l'effettiva presenza dei pali di fondazione e l'effettiva rispondenza alla tipologia definita in variante (micropali al posto di pali di grande diametro). La portanza dei micropali è soddisfatta con le caratteristiche definite nel progetto.
- 3) Le verifiche del muro in c.a. sono soddisfatte considerando l'armatura di rinforzo alla base del muro come da progetto.
- 4) La parte superiore del muro (sopralzo) non presenta ferri di armatura: da un'indagine distruttiva sono stati rilevati solo i montanti principali della ringhiera ogni 100 cm.

### 6.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire la geometria dell'opera prevedendo indagini e saggi mirati in profondità da effettuarsi in condizioni ambientali di magra in modo poter rilevare l'effettiva presenza delle fondazioni profonde e le caratteristiche tipologiche definite in variante (micropali al posto di pali di grande diametro).
- 2) Verificare con indagini approfondite la presenza dell'armatura di rinforzo alla base del muro.

## 6.7 Interventi

Le verifiche vengono condotte:

- 1) Lato muro: in corrispondenza della sezione di incastro del paramento verticale con la soletta di fondazione (che è la sezione maggiormente sollecitata),
- 2) Lato fondazione: considerando la portanza dei micropali tale da garantire l'equilibrio alle azioni trasmesse dal muro.

In assenza di informazioni dettagliate reperite in sito, le verifiche sono soddisfatte ( $FS > 1$ ) se si tiene conto dei dati reperiti dal progetto in merito all'armatura di rinforzo alla base del muro e alle caratteristiche dei micropali.

A tal proposito, si prevedono, in via preliminare, approfondimenti conoscitivi mediante saggi mirati.

- 1) ***Demolizione e ricostruzione del sopralzo che è risultato non armato (getto in cls su ringhiera parapetto).***

## 6.8 Stima degli interventi

Demolizione e ricostruzione del sopralzo non armato

Volume stimato = 6.5 m<sup>3</sup>

Costo stimato = 20.000 €.