

**RELAZIONE SULL'ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE DEI
MANUFATTI ESISTENTI DEL TORRENTE CARRIONE A CARRARA
- TRATTO 07 -**

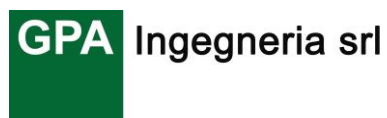
Progetto: Studio di Fattibilità
Commessa: C15003
Cliente: REGIONE TOSCANA - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile
Oggetto: Analisi Strutturale dei Manufatti di Contenimento Laterali e Trasversali del torrente "Carrione". Valutazione dello Stato Attuale e Proposte di Intervento.
N. Elaborato: 02.RG.04.07

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	6
2	Scopo	6
3	Quadro Conoscitivo Tratto 07	6
3.1	Descrizione Sintetica Opere Spondali	6
3.2	Nota sugli Interventi eseguiti e/o in esecuzione	7
3.3	Osservazioni Preliminari	8
4	Analisi e Verifica Strutturale preliminare delle opere arginali	10
4.1	Quadro normativo di riferimento	10
4.2	Condizioni di carico	11
4.3	Caratteristiche dei materiali e Geometria delle opere strutturali	11
4.4	Verifica Muro in pietra sinistra idraulica (rif. scheda 37 – sez.41A).....	12
4.4.1	Caratteristiche dei materiali	13
4.4.2	Verifiche del muro in pietrame.....	14
4.5	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 37 – sez.41A)	15
4.5.1	Caratteristiche dei materiali	16
4.5.2	Ferri di armatura	17
4.5.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	17
4.6	Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 38 – sez.Z).....	19
4.6.1	Caratteristiche dei materiali	20
4.6.2	Ferri di armatura	20
4.6.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	20
4.7	Verifica Muro in pietra destra idraulica (rif. scheda 41 – sez.42)	22
4.7.1	Caratteristiche dei materiali	22
4.8	Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 42 – sez.43)	24
4.8.1	Caratteristiche dei materiali	26
4.8.2	Verifiche del muro a gravità	26
4.9	Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 43-45 – sez.X-Y)	27
4.9.1	Caratteristiche dei materiali	28
4.9.2	Ferri di armatura	29
4.9.3	Verifiche del sopralzo in c.a.....	29

4.10	Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 46 – sez.X-45)	30
4.10.1	Caratteristiche dei materiali	31
4.10.2	Ferri di armatura	31
4.10.3	Verifiche del sopralzo in c.a.	31
4.11	Verifica Muro in pietra destra idraulica (rif. scheda 46 – sez.X-45)	33
4.11.1	Caratteristiche dei materiali	33
4.11.2	Verifiche del muro in pietrame	34
5	Conclusioni	36
6	All. A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 36 – sez.41A)	42
6.1	Dati generali	42
6.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera	42
6.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009	44
6.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	46
6.4.1	Geometria	47
6.4.2	Caratteristiche dei materiali	48
6.4.3	Ferri di armatura	49
6.5	Verifiche del muro arginale	50
6.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena	50
6.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno	52
6.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra)	57
6.6	Riepilogo	61
6.6.1	Conformità	61
6.6.2	Criticità	61
6.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione	62
6.7	Interventi	62
6.8	Stima degli interventi	62
7	All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 38 – sez.Z)	63
7.1	Dati generali	63
7.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera	63
7.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009	65
7.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	67
7.4.1	Geometria	68

7.4.2	Caratteristiche dei materiali	69
7.4.3	Ferri di armatura	70
7.5	Verifiche del muro arginale	71
7.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena	71
7.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno	73
7.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra).....	76
7.6	Riepilogo	79
7.6.1	Conformità	79
7.6.2	Criticità	79
7.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione	79
7.7	Interventi	80
7.8	Stima degli interventi	80
8	All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 39 – sez.42)	81
8.1	Dati generali	81
8.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell’opera	81
8.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009	83
8.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	85
8.4.1	Geometria	86
8.4.2	Caratteristiche dei materiali	87
8.4.3	Ferri di armatura	88
8.5	Verifiche del muro arginale	89
8.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena	89
8.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno	91
8.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra).....	97
8.6	Riepilogo	101
8.6.1	Conformità	101
8.6.2	Criticità	101
8.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione	101
8.7	Interventi	101
9	All. D - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 44-47 – sez. 44)	102
9.1	Dati generali	102
9.2	Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell’opera	102

9.3	Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009	104
9.4	Risultati delle indagini conoscitive in sito	106
9.4.1	Geometria	107
9.4.2	Caratteristiche dei materiali	108
9.4.3	Ferri di armatura	109
9.5	Verifiche del muro arginale	109
9.5.1	Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena	109
9.5.2	Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno	111
9.5.3	Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra).....	114
9.6	Riepilogo	118
9.6.1	Conformità	118
9.6.2	Criticità.....	118
9.6.3	Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione	118
9.7	Interventi	118
9.8	Stima degli interventi	119

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 07.

3 Quadro Conoscitivo Tratto 07

TRATTO = 07

LOCALIZZAZIONE = dalla Segheria Fiorino al Ponte di via Brigate Partigiane

LUNGHEZZA TRATTO = 385 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 07. 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. di nuova costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 373/2009);
- Muro d’argine in c.a. in sopralzo di muro d’argine a gravità esistente;
- Fabbricato Argine;
- Muro in c.a. di nuova costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 373/2009);
- Muro d’argine in c.a. in sopralzo di muro d’argine esistente in pietra.

Sinistra Idraulica

- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente in pietra;
- Muro in c.a. di nuova costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 373/2009);
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine a gravità esistente con scogliera cementata a protezione delle fondazioni del muro;
- Muro in c.a. costituito dal muro d'ala del ponte di via Brigate Partigiane.

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 07.

PRATICHE SISIMICHE**N. 373/2009**

Sistemazione alveo Torrente Carrione da sezione 41 a sezione 45 mediante la realizzazione di nuovi argini in c.a. e il rialzamento di muri d'argine esistenti.

Opere previste Destra idraulica:

- Costruzione di un nuovo muro in c.a. dotato di sperone al fine di evitare il sifonamento, con ciabatta di fondazione esterna all'alveo e altezza variabile da 6.8 m a 5.3 m (sez. 45-44); nel tratto terminale sono previste fondazioni profonde su micropali $\varnothing 200$ profondi 6 m.
- Rialzo muro esistente (sez.43-42).
- Costruzione di un nuovo muro in c.a. dotato di sperone al fine di evitare il sifonamento, con ciabatta di fondazione esterna all'alveo e altezza pari a 4.5 m (sez. 42-41); nel primo tratto di raccordo con il muro esistente è stata realizzata fondazione su micropali come sopra descritta.

Opere previste Sinistra idraulica:

- Rialzo muro esistente (sez.44-43).
- Costruzione di un nuovo muro in c.a. avente altezza variabile da 4.5 m a 4.9 m con le stesse caratteristiche dei muri sopra descritti (sez. 43-42).
- Rialzo muro esistente (sez.42-41).

Pratica Sismica	Descrizione	Committente	FL	Collaudo	N.Omologazione
P.S. 373/2009	Costruzione argini in c.a.	Provincia MS	16/06/10	06/07/10	Omol.17

3.3 Osservazioni Preliminari

Destra Idraulica

- Muro in c.a. di nuova costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 373/2009).

Criticità: In dx idraulica subito a monte della briglia di loc. Fiorino, è stata rilevata una vistosa e ampia lesione nel muro in c.a. di nuova costruzione delle dimensioni di circa 10-15 cm in corrispondenza di una ripresa di getto, con conseguente cedimento della porzione di muro a valle dello stesso. Della criticità evidenziata è stato attivato intervento di riparazione in somma urgenza con scogliera atta ad evitare cedimenti fondali e posizionamento di geoblocchi a chiusura del varco creatosi nel muro d'argine. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 9** - Zona: via Carriona Loc. Fiorino - Ente: Provincia MS.

Verificare presenza di fondazioni profonde su micropali come da progetto depositato.

- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine a gravità esistente.
- Fabbricato Argine.

Alternanza di muri in pietrame con sopralzi in c.a. e fabbricati usati come argine.

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

- Muro in c.a. di nuova costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 373/2009).
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine esistente in pietra (subito a valle del ponte).

Criticità: L'intervento risulta eseguito in difformità al progetto depositato n° 373/09 in cui era previsto un intero nuovo muro in c.a. in prosecuzione del tratto precedente.

Sinistra Idraulica

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

Presenza di un muro d'argine in c.a. in sinistra idrografica, realizzato in sopralzo di un muro d'argine esistente in pietrame di circa 1.00m (come previsto da progetto depositato n° 373/09).

- Muro in c.a. di nuova costruzione (Riferimento Pratica Sismica N. 373/2009).
- Muro d'argine in c.a. in sopralzo di muro d'argine a gravità esistente con scogliera cementata a protezione delle fondazioni del muro.

Presenza di scogliera cementata, eseguita in somma urgenza, a difesa delle fondazioni del muro d'argine in sinistra idrografica a valle del ponte di via Brigate Partigiane. Intervento di Somma Urgenza Aperto **S.U.A. N. 13** - Zona: valle Ponte Brigate Partigiane - Tipo Intervento: Scogliera in massi sponda sx: esteso tratto di sottofondazione muri arginali in erosione. - Ente: Provincia MS.

In alternanza al muro d'argine a gravità ci sono i fabbricati-argine sui quali non viene eseguita alcuna prova per non comprometterne la stabilità.

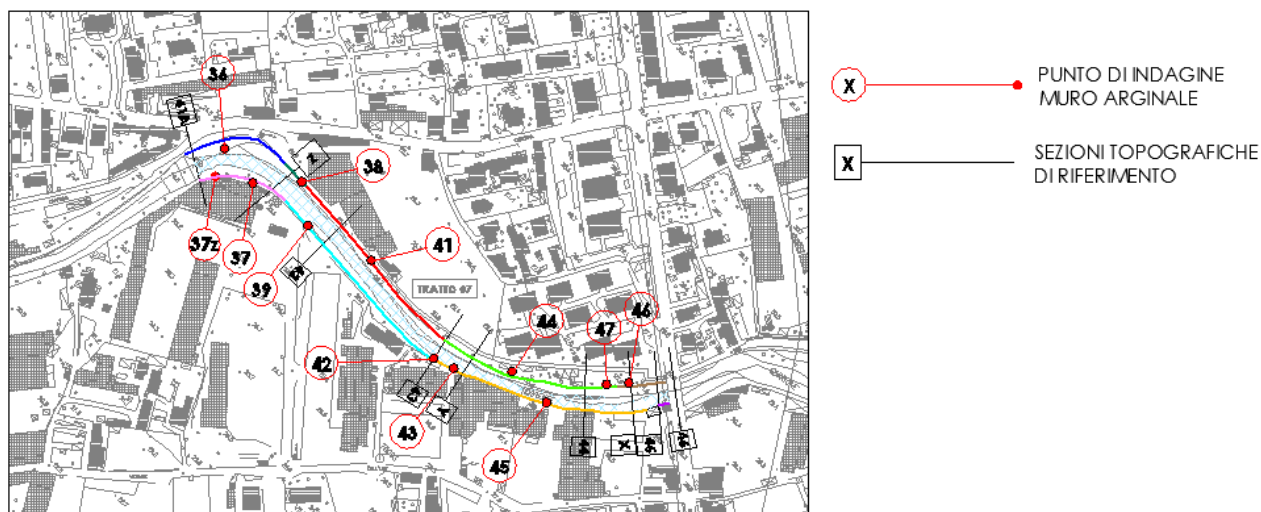


NOTE

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende muri d'argine solo in parte ricostruiti a seguito degli eventi del 2003 e del 2012. Buona parte dei muri d'argine del tratto sono i vecchi muri preesistenti a gravità costruiti in pietra o in cls debolmente armato, alcuni di essi sono stati sopraelevati con muri in cls inghisati alla struttura sottostante esistente.

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 07.



DESTRA IDRAULICA:

- MURO D'ARGINE IN C.A. DI NUOVA COSTRUZIONE
- MURO D'ARGINE IN C.A. IN SOPRALZO DI MURO D'ARGINE A GRAVITA' ESISTENTE
- FABBRICATO ARGINE
- MURO D'ARGINE IN C.A. DI NUOVA COSTRUZIONE
- MURO D'ARGINE IN C.A. IN SOPRALZO DI MURO D'ARGINE ESISTENTE IN PIETRA

SINISTRA IDRAULICA:

- MURO D'ARGINE IN C.A. IN SOPRALZO DI MURO D'ARGINE ESISTENTE IN PIETrame
- MURO D'ARGINE IN C.A. DI NUOVA COSTRUZIONE
- MURO A GRAVITA' ESISTENTE + SOPRALZO IN C.A. + SCOGLIERA CEMENTATA COSTRUITA A DIFESA DELLE FONDAZIONI DEL MURO
- MURO D'ALA DEL PONTE

Fig. 1 – Inquadramento tratto 07

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.

Condizioni di carico statiche {
1) Stato di magra: Azioni agenti del terrapieno e dell'eventuale sovraccarico
2) Stato di piena: Azioni idrauliche + eventuale controspinta del terrapieno

Condizioni di carico sismiche {
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 Muro in pietra sinistra idraulica (rif. scheda 37 – sez.41A)

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

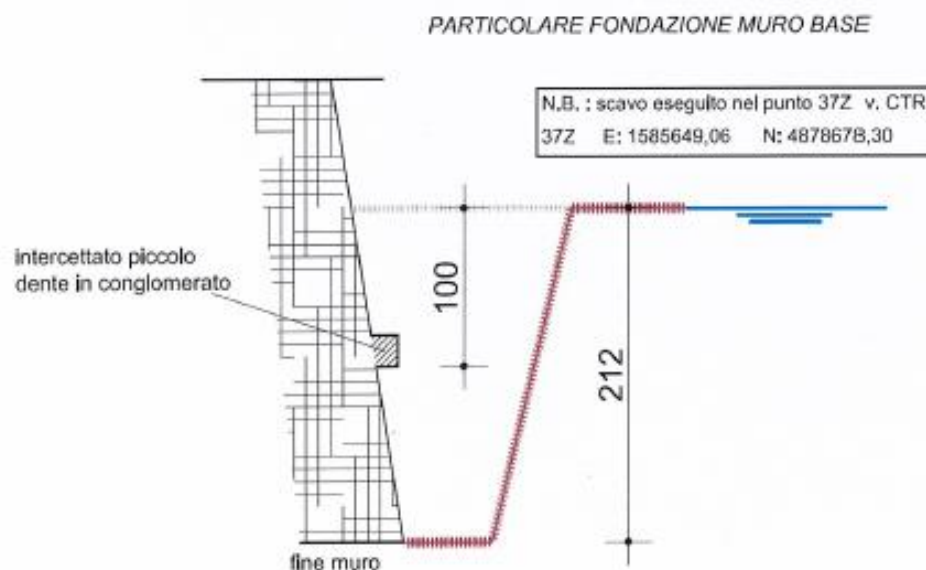
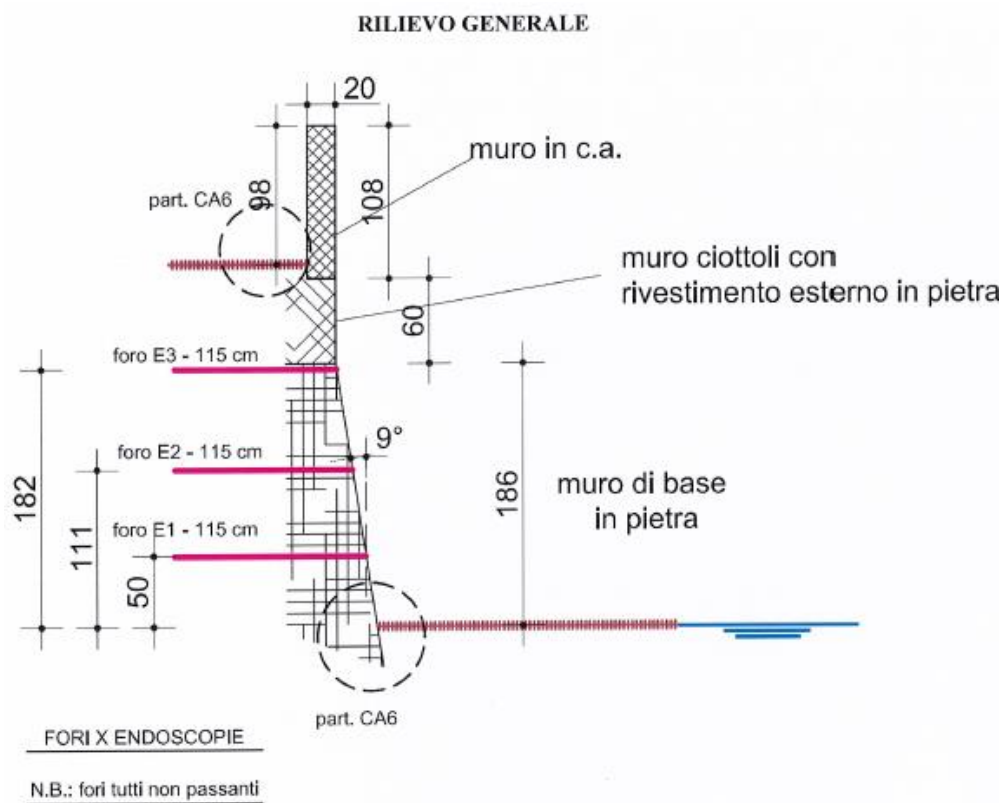


Fig. 2 – Sezione tipologica strutturale

4.4.1 Caratteristiche dei materiali

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

PROVE PENETROMETRICHE SULLA MALTA PNT-G - MURO IN PIETRA

PUNTO	PN1	PN2	PN3	PN4	media
Res. Compr. Malta [N/mm ²]	0,30	0,38			0,34

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

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

ENDOSCOPIE	E1		E2		E3	
Profondità [cm]	0-115	> 115	0-115	> 115	0-115	> 115
Materiale	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra	muro pietra

4.4.2 Verifiche del muro in pietrame

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

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso è stata indagata fino a 115 cm rilevando la presenza del muro in pietra per l'intera lunghezza. Per tale motivo si ipotizza a vantaggio di sicurezza una larghezza del muro pari alla profondità indagata. Un'eventuale 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)	7,49
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	9,19
Qw - Spinta H2O	160,18
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	151,89
Ws - Peso proprio sopralzo	5,4
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	295,68
Spinta passiva del terreno strada (M2)	240,90

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	460,45
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	470,05
	FS [-]	1,02 > 1

OK

Verifica a slittamento

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

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 Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 37 – sez.41A)

Si tratta di un muro di sopralzo in c.a. su muro a gravità in pietra. Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 373/2009. Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.

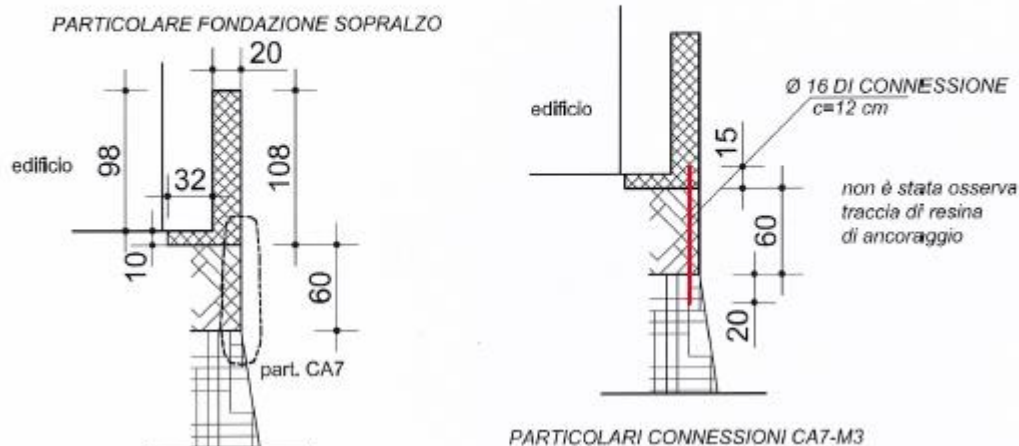
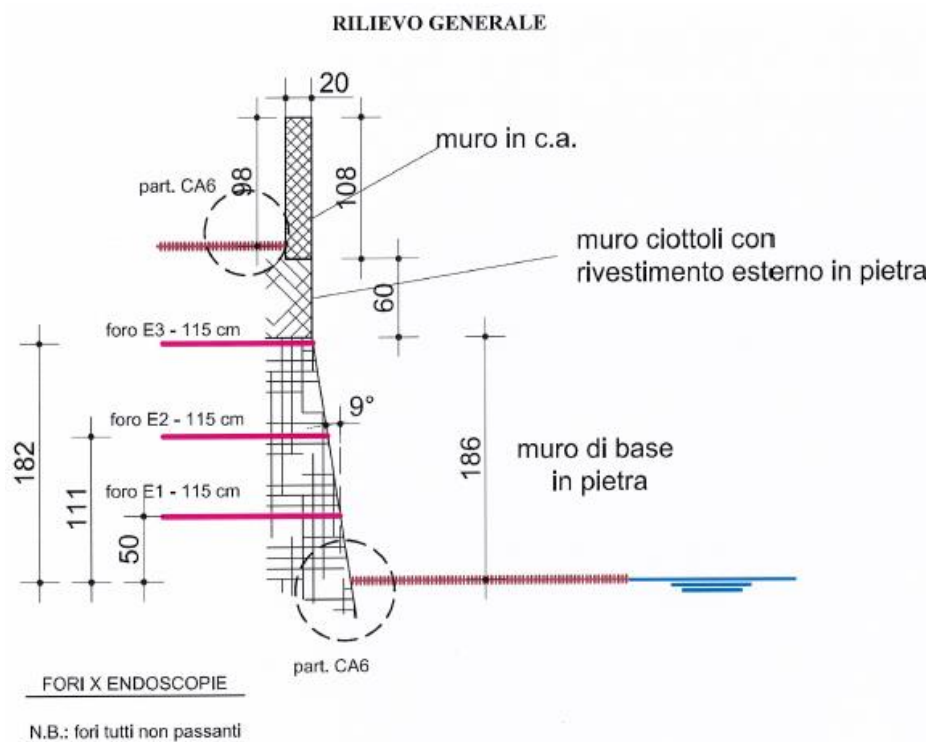


Fig. 3 – Sezione tipologica strutturale

La pratica sismica n. 373/2009 prevede un sopralzo in c.a. con le seguenti caratteristiche. La geometria dello stato rilevato risulta coerente con il progetto; l'armatura risulta difforme.

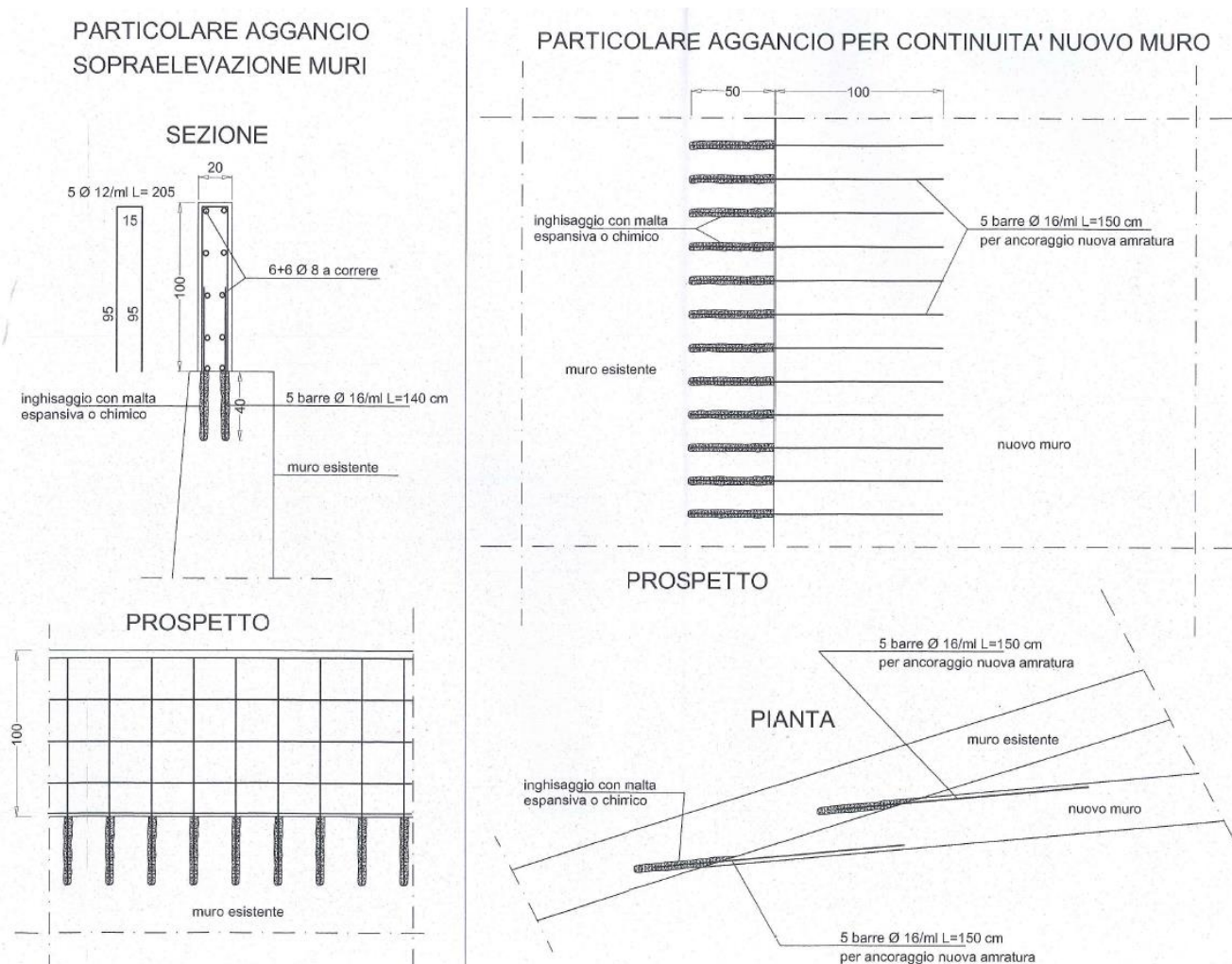


Fig. 4 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 373/2009

4.5.1 Caratteristiche dei materiali

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fcm	34,07

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	28,39

4.5.2 Ferri di armatura

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

Rilevato un solo strato di armatura nel sopralzo consistente in una rete maglia 10x10 $\Phi 6$ ad una profondità di 12 cm. → Sopralzo debolmente armato.

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 16$ Lancoraggio = 80 cm. Assenza di resina.

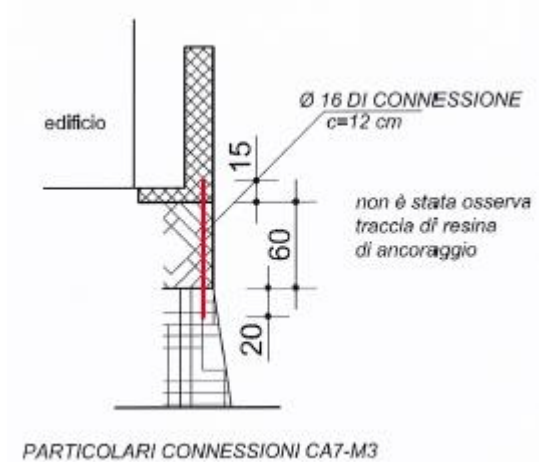
4.5.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

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

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H ₂ O	5,83
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	4,90
W2 - Peso proprio ciabatta	1,30
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

Momento ribaltante (STR): $M_{soll} = 3,15 \text{ kNm/m}$

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale → $FS < 1$ → NO → Muro debolmente armato.

Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = Ø16 Lancoraggio = 80 cm. Assenza di resina.

M_r (SLU) = 3,15 kNm

N_{traz} (SLU) = 6,1 kN

$$\sigma_s = \frac{N}{A} = \frac{6100}{201} = 30,3 \text{ N/mm}^2 < f_d = 273,9 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK} \text{ (ipotizzando ferri di acciaio FeB32K =$$

classe minima per armature ad aderenza migliorata come rilevato).

Verifica ferri inghisaggio – sezione c.a.

M_{soll} (SLU) = 3,15 kNm

M_{res} = 9,1 kN

$$M_{res}/M_{soll} = 9,1 / 3,15 = 2,9 > 1 \rightarrow \text{OK}$$

$L_{ancoraggio}$ = 80 cm → OK

Criticità: assenza di resina → NO.

4.6 Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 38 – sez.Z)

Si tratta di un muro di sopralzo in c.a. in parte poggianti su un muro in c.a., e in parte poggianti su un muro a gravità in pietra.

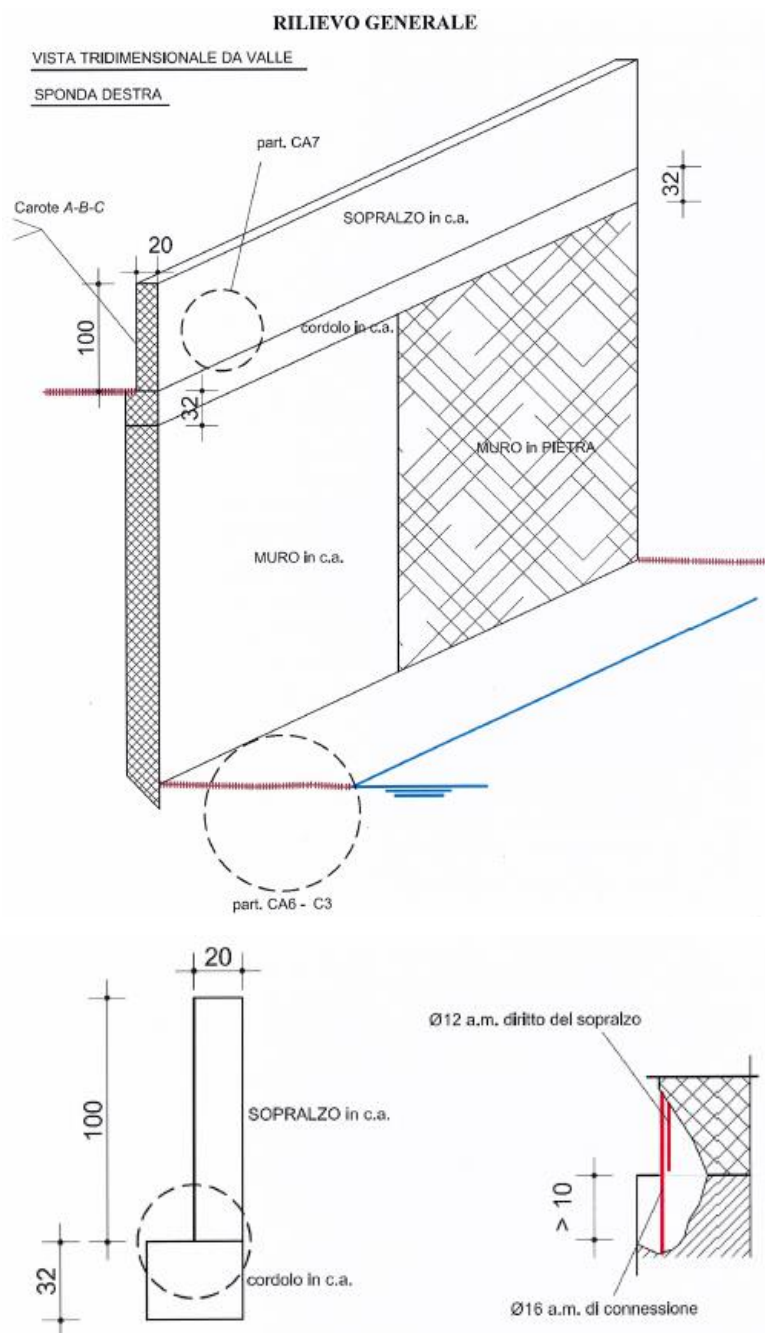


Fig. 5 – Sezione tipologica strutturale

4.6.1 Caratteristiche dei materiali

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
f _{cm}	36,50

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	30,42

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 20 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 35 cm.

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 16$ Lancoraggio > 10 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 H ₂ O	8,71
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	5,00
W2 - Peso proprio ciabatta	2,4
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 35,1 / 2,5 = 14,0 > 1$

\rightarrow OK

Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 16$ Lancoraggio > 10 cm.

M_{soll} (SLU) = 5,75 kNm

$M_{res} = 11,81$ kN

$M_{res}/M_{soll} = 11,81 / 5,75 = 2,0 > 1 \rightarrow \text{OK}$

$L \text{ ancoraggio} > 10 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$

Verifica a taglio Ferri di connessione (tranciamento):

$T/A = 13,1 \text{ kN} / 2,01 \text{ cmq} = 65 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} / \sqrt{3} = 215,8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

4.7 Verifica Muro in pietra destra idraulica (rif. scheda 41 – sez.42)

Si tratta di un muro in pietra misto a muro a mattoni alternato a fabbricati argine (fabbricati che poggiano sui muri arginali le cui pareti sono in continuità con le pareti del fabbricato).

RILIEVO GENERALE E PARTICOLARI – M1, M2

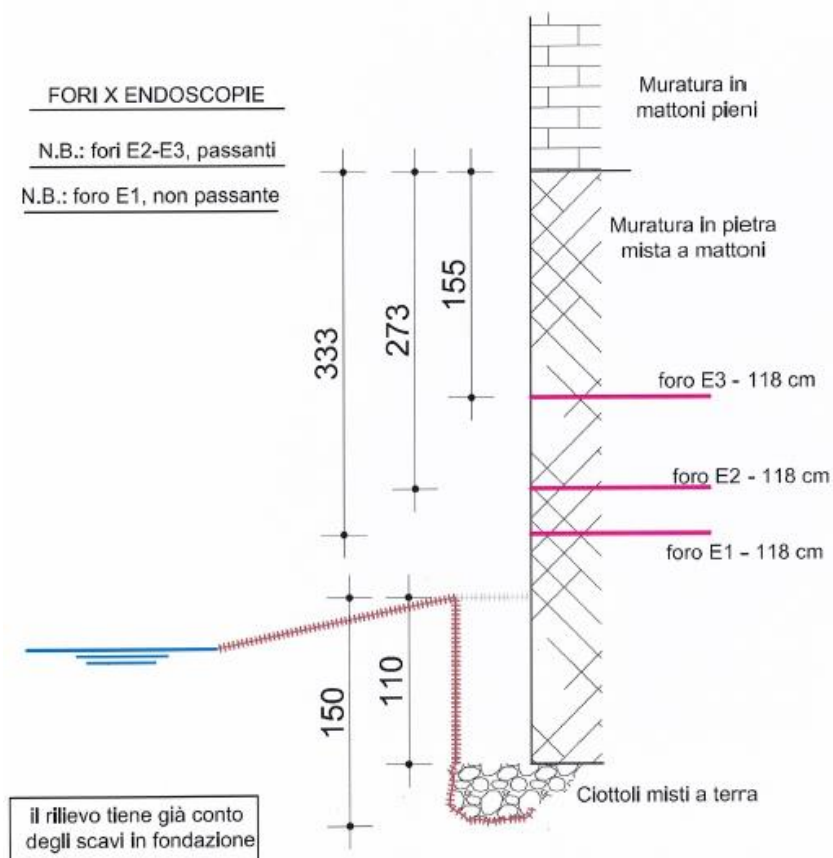


Fig. 6 – Sezione tipologica strutturale

4.7.1 Caratteristiche dei materiali

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

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

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

ENDOSCOPIE	E1		E2		E3	
Profondità [cm]	0-118	> 118	0-94	> 94	0-105	> 105
Materiale	muro pietra	muro pietra	muro pietra	terreno	muro pietra	terreno

Criticità: Particolare attenzione va prestata ai muri dei fabbricati che hanno anche funzione di argine: possibili problemi possono essere riscontrati in termini di stabilità, resistenza, infiltrazione e tenuta alle portate del torrente. In mancanza di informazioni sulle caratteristiche tipologiche e strutturali del fabbricato si rimanda a valutazioni di dettaglio più avanzate.

4.8 Verifica Muro in cls sinistra idraulica (rif. scheda 42 – sez.43)

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

Non è stata perfettamente rilevata la geometria del muro, in quanto la profondità dello stesso non è stata indagata. Per tale motivo si ipotizza a vantaggio di sicurezza una larghezza del muro pari alla profondità indagata. 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.

Presenza di scogliera cementata, eseguita in somma urgenza, a difesa delle fondazioni del muro d'argine in sinistra idrografica a valle del ponte di via Brigate Partigiane. Intervento di Somma Urgenza Aperto **S.U.A. N.**

13 - Zona: valle Ponte Brigate Partigiane - Tipo Intervento: Scogliera in massi sponda sx: esteso tratto di sottofondazione muri arginali in erosione. - Ente: Provincia MS.

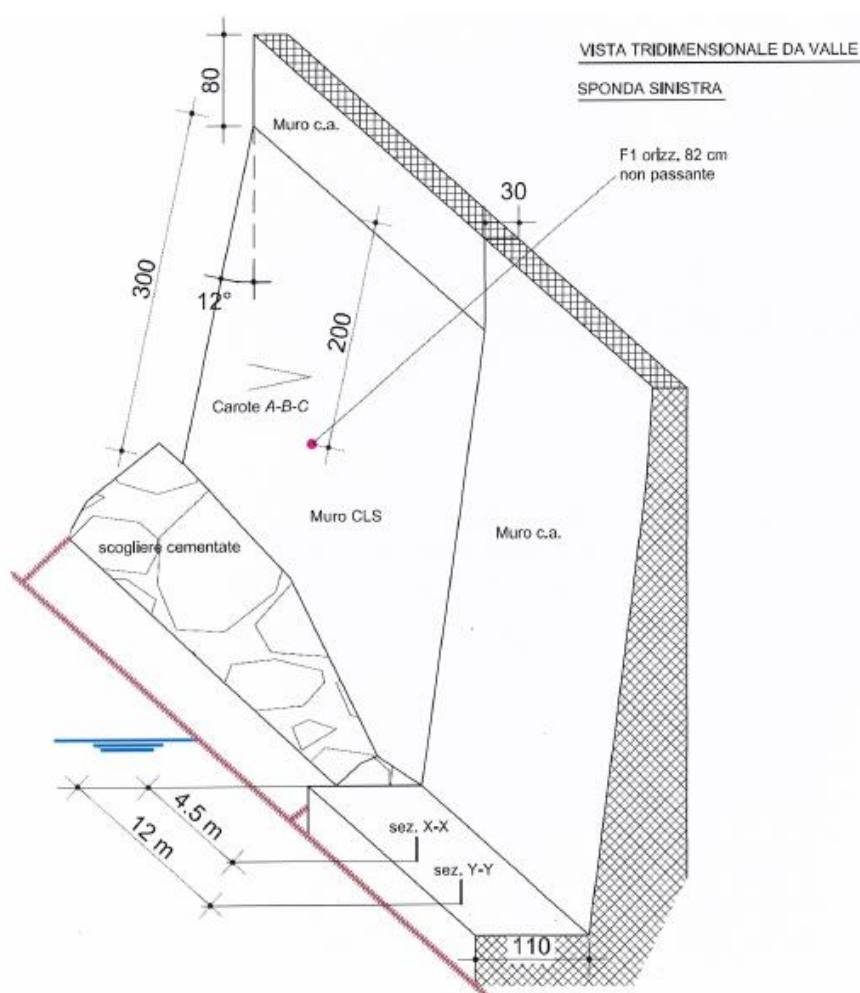


Fig. 7 – Sezione tipologica strutturale

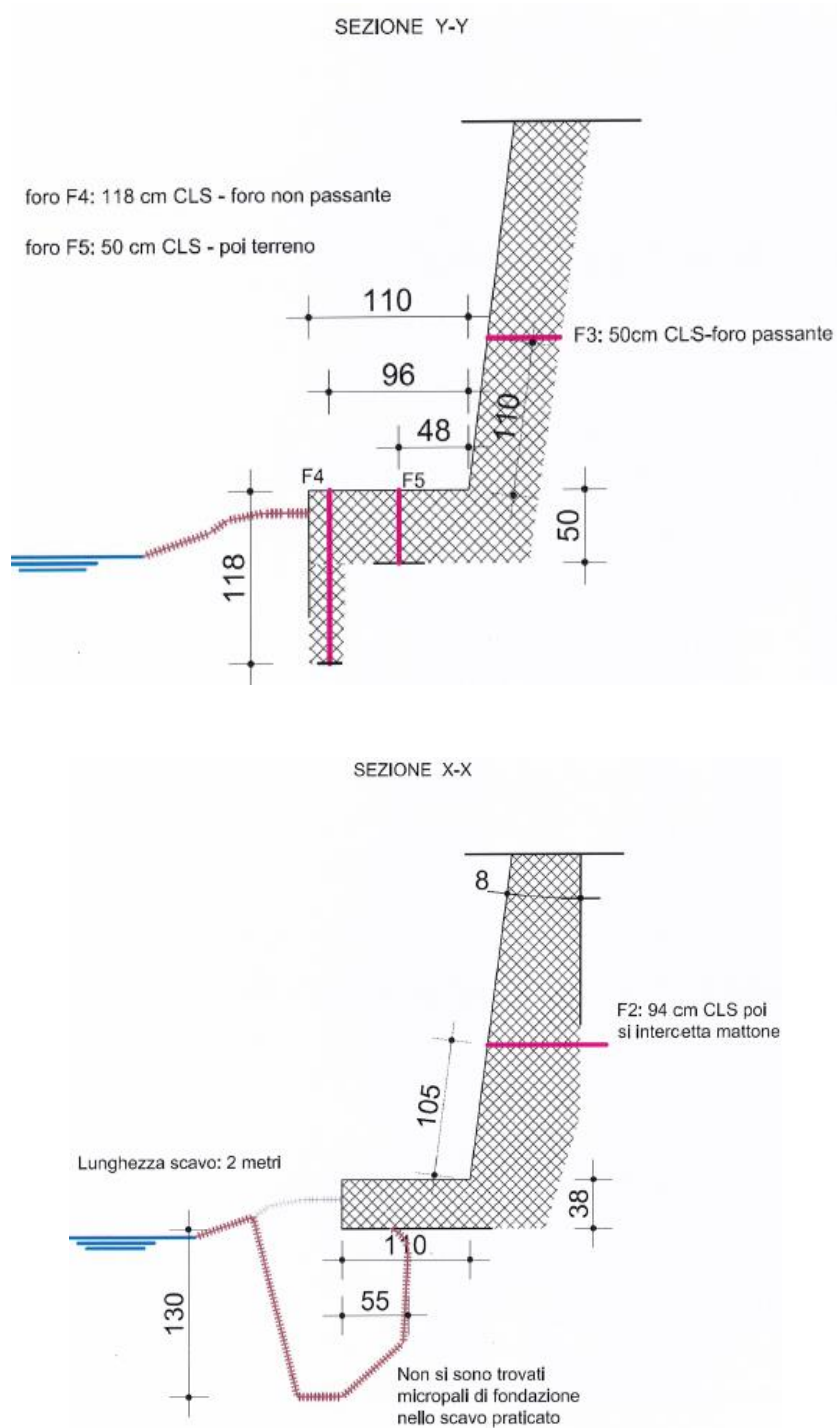


Fig. 8 – Sezione tipologica strutturale - fondazione

4.8.1 Caratteristiche dei materiali

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm²]	
fcm	16,73

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	13,95

4.8.2 Verifiche del muro a gravità

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

	γ=1.0
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	0,29
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	0,35
Qw - Spinta H2O	101,25
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	97,39
Ws - Peso proprio sopraelevato	6,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	170,64
Spinta passiva del terreno strada (M2)	140,85

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	227,86	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	215,89	
	FS [-]	0,95 < 1	NO

Verifica a slittamento

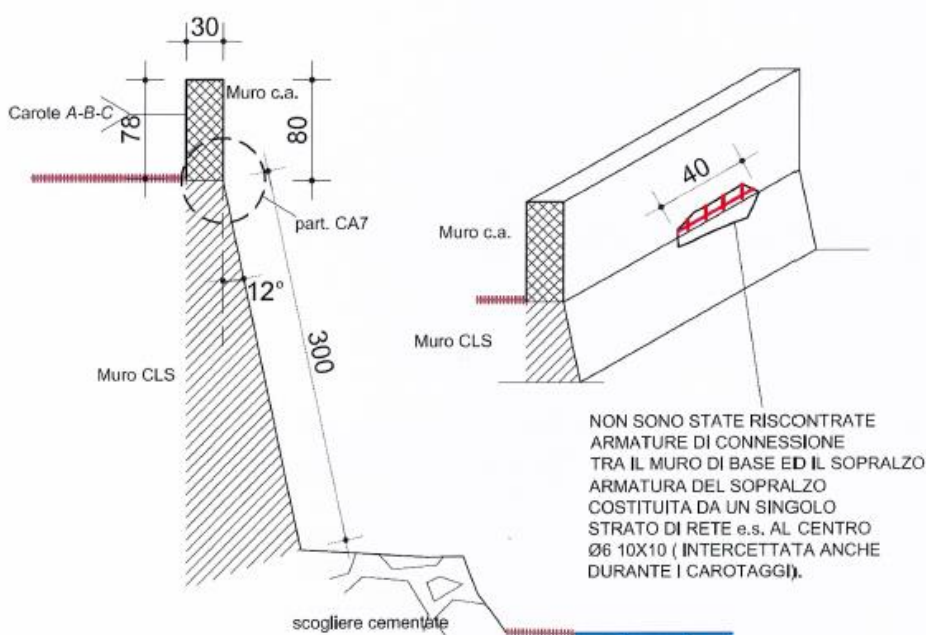
Spinta passiva > Spinta idraulica → Possibili criticità in condizioni di magra per la spinta del terrapieno in condizioni statiche e sismiche. L'opera in oggetto però, con le caratteristiche e le proprietà del materiale rilevato, risulta non essere adeguata a sopportare le azioni sismiche in accordo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

4.9 Verifica Sopralzo in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 43-45 – sez.X-Y)

Si tratta di un muro di sopralzo in c.a. su muro a gravità in cls realizzato in epoca diversa (rif. 4.8).

Il progetto di tale struttura fa parte della pratica sismica n. 373/2009. Dalle indagini in sito effettuate dal laboratorio Sigma la geometria rilevata è la seguente.

Scheda 43



Scheda 45

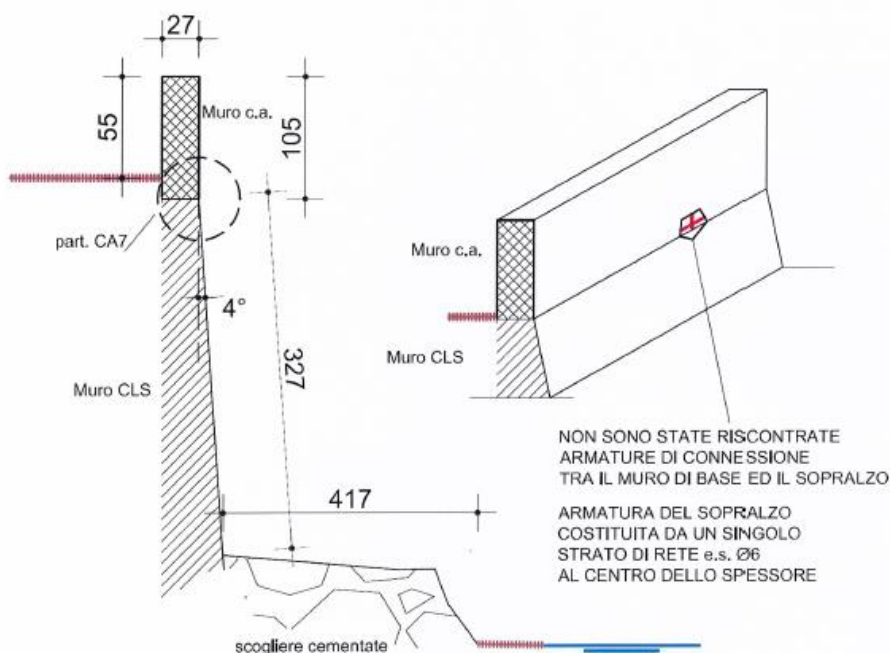


Fig. 9 – Sezione tipologica strutturale

La pratica sismica n. 373/2009 prevede un sopralzo in c.a. con le seguenti caratteristiche. La geometria dello stato rilevato risulta coerente con il progetto; l'armatura risulta difforme.

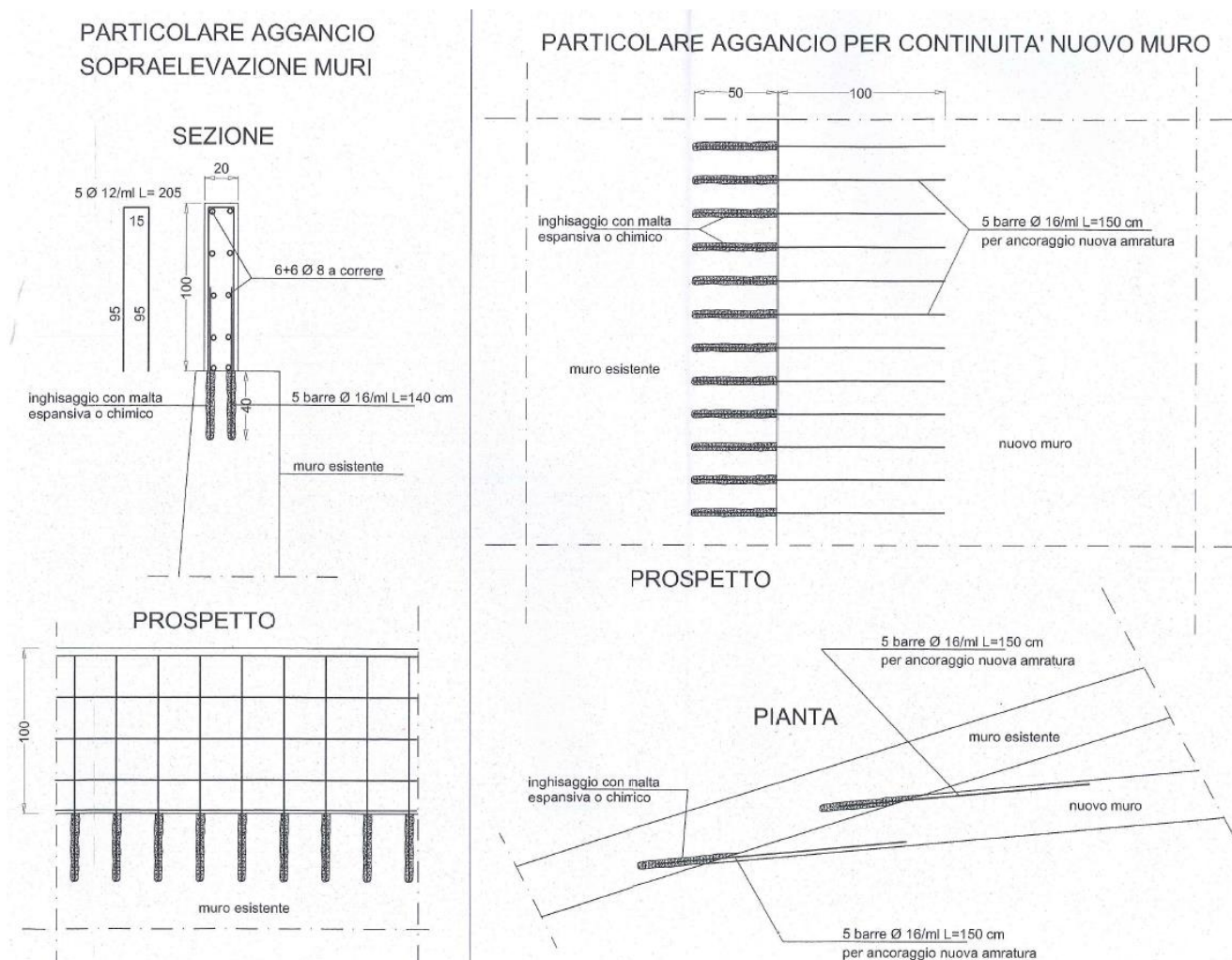


Fig. 10 – Sezione – Estratto Pratica Sismica N. 373/2009

4.9.1 Caratteristiche dei materiali

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

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fcm	33,13

Resistenza di calcolo

FC = 1,2
 fcm/FC = 27,61

4.9.2 Ferri di armatura

Rilevato un solo strato di armatura nel sopralzo consistente in una rete maglia 10x10 $\Phi 6$ ad una profondità di 12 cm. → Sopralzo debolmente armato.

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

4.9.3 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	3,20
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	6,00
W2 - Peso proprio ciabatta	0,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	0,00

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			NO
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	1,28	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	0,81	
	FS [-]	0,63 < 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	NO
$\delta k = \Phi' (M1)$		24,00	
$\tan \delta k / \gamma r$		0,40	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	4,80	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	2,43	
	FS [-]	0,51 < 1	

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale → FS < 1 → **NO → Muro debolmente armato.**

4.10 Verifica Sopralzo in c.a. destra idraulica (rif. scheda 46 – sez.X-45)

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

Criticità: L'intervento risulta eseguito in difformità al progetto depositato n° 373/09 in cui era previsto un intero nuovo muro in c.a. in prosecuzione del tratto precedente.

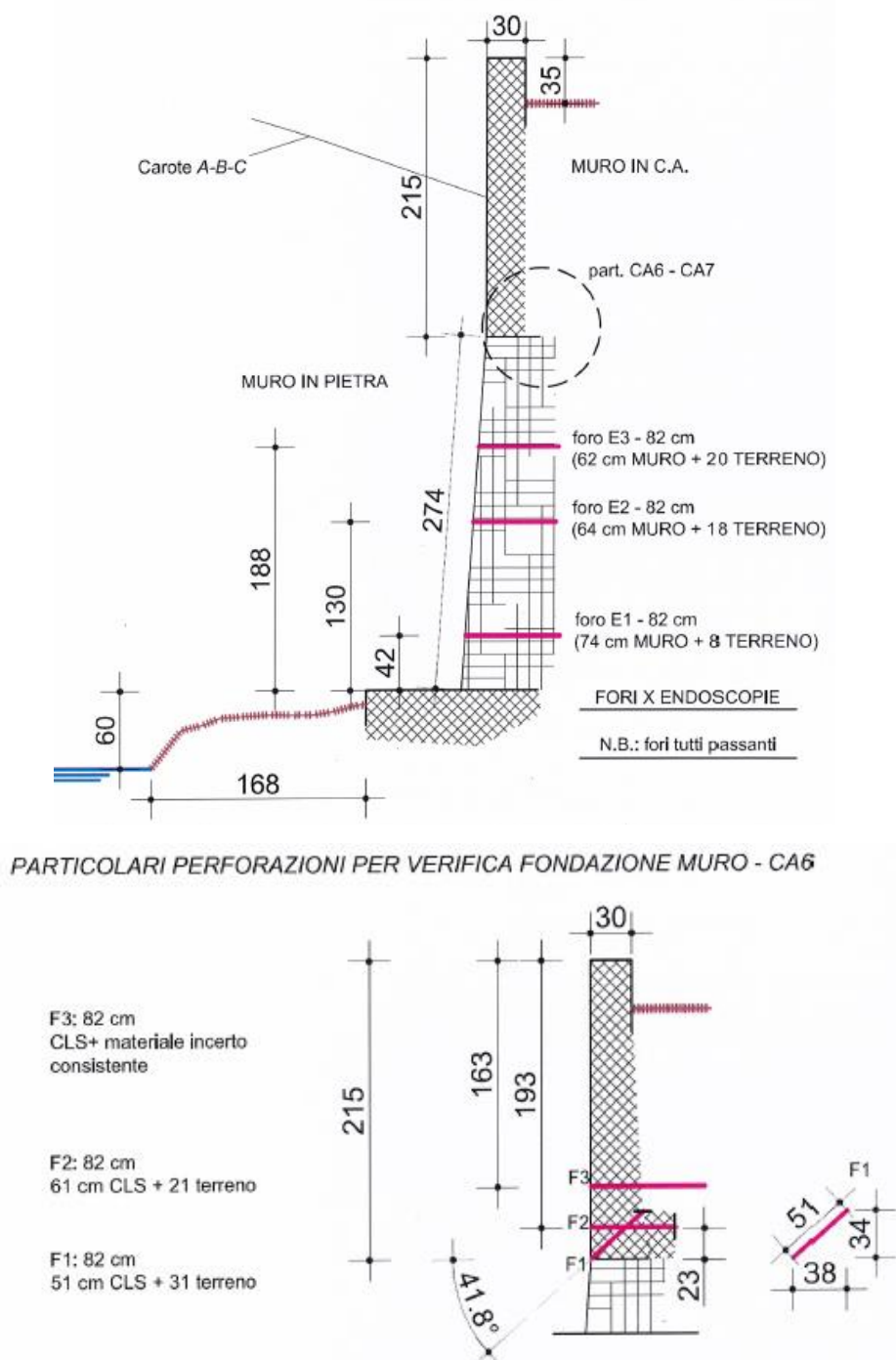


Fig. 11 – Sezione tipologica strutturale

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 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/mm²]	
f_{cm}	28,97

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	24,14

4.10.2 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 27 cm.

Dai saggi distruttivi, l'armatura rilevata è la seguente:

Armatura verticale: Ferri $\Phi 16$.

Armatura orizzontale: Ferri $\Phi 8$.

Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 16$ passo 30 cm Lancoraggio = 10 cm nel muro di base in pietra.

4.10.3 Verifiche del sopralzo in c.a.

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

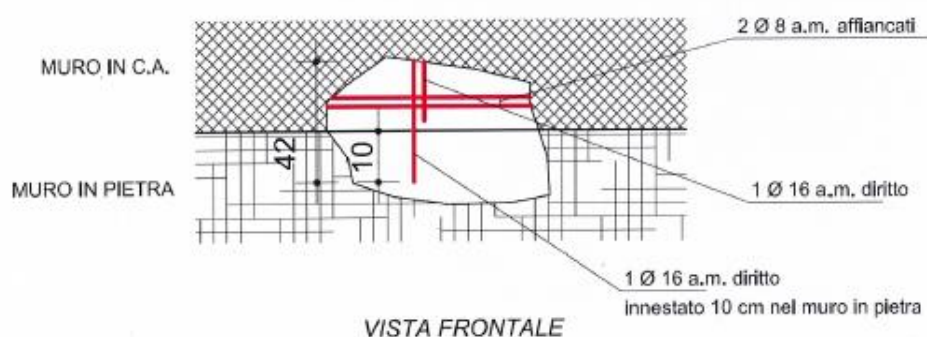
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H ₂ O	23,11
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	11,63
W2 - Peso proprio ciabatta	9,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta	6,12

AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	14,51
Spinta passiva del terreno strada (M2)	12,30

Verifica della sezione in c.a. – Stato Limite Ultimo Strutturale (Ferri $\Phi 16$) $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 66,46 / 24,85 = 2,7 > 1 \rightarrow$ **OK**

Verifica Ferri di connessione al muro sottostante in cls

PARTICOLARE CONNESSIONE MURO PIETRA- SOPRALZO C.A. - CA7



Ferri di inghisaggio tra il vecchio muro e il sopralzo = $\Phi 16$ Lancoraggio = 10 cm.

M_{soll} (SLU) = 24,85 kNm

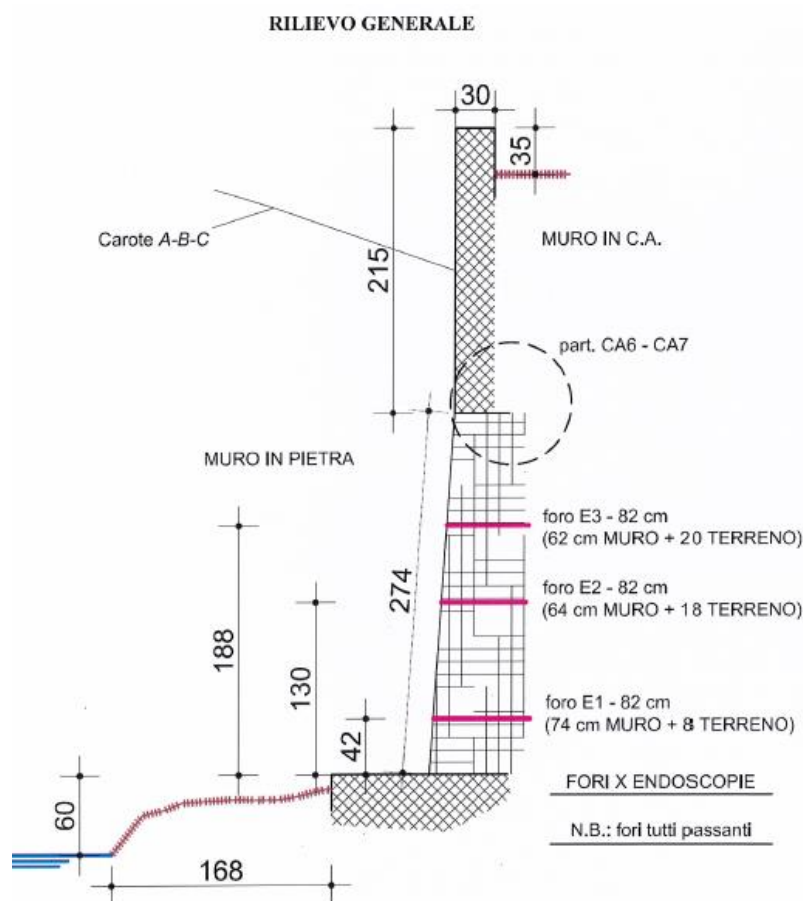
$M_{res} = 59,82$ kN

$M_{res}/M_{soll} = 59,82 / 24,85 = 2,4 > 1 \rightarrow$ **OK**

L ancoraggio = 10 cm \rightarrow **Insufficiente**. Verificare presenza di resina.

4.11 Verifica Muro in pietra destra idraulica (rif. scheda 46 – sez.X-45)

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



4.11.1 Caratteristiche dei materiali

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

PROVE PENETROMETRICHE SULLA MALTA PNT-G - MURO IN PIETRA				
PUNTO	PN1	PN2	PN3	media
Res. Compr. Malta [N/mm ²]	0,23	0,18	0,31	0,24

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

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

ENDOSCOPIE	E1		E2		E3	
Profondità [cm]	0-74	75-82	0-65	66-82	0-62	63-82
Materiale	muro pietra	terreno	muro pietra	terreno	muro pietra	terreno

4.11.2 Verifiche del muro in pietrame

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

Non è stata rilevata la geometria della fondazione del muro, mentre la profondità del muro risulta chiaramente indagata.

	$\gamma=1.0$
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Spinta attiva del terreno alveo (M1)	0,00
Spinta attiva del terreno alveo (M2)	0,00
Qw - Spinta H2O	120,07
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio muro	37,64
Ws - Peso proprio sopralzo	20,63
Peso proprio terreno sopra ciabatta sopralzo	6,12
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	208,67
Spinta passiva del terreno strada (M2)	176,88

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	294,21	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	262,96	
	FS [-]	0,89 < 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]	28,56
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	26,06
	FS [-]	0,91 < 1
		NO

5 Conclusioni














Legenda dei risultati ottenuti dalle Verifiche Preliminari










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

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










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








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

VERIFICA	MURO IN PIETRA Sx – Scheda 37	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 37	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 38
Qualità Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura	-	 debolmente armato	
Caratt. ferri di inghisaggio	-	 Assenza di resina	
Verifica a Ribaltamento	FS = 1,02 > 1 	FS > 1 	FS = 2,0 > 1 
Verifica a Slittamento	-	-	-
Verifica sezione in c.a.	-	FS < 1 	FS > 1 
Note	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Profondità max del muro non rilevata. FS < 1 in condiz. sismiche  Edificio poggianti su porzione di muro.	La geometria del soprazzo è conforme al progetto, l'armatura difforme (Rif. P.S. N. 373/2009). Criticità: il soprazzo risulta debolmente armato.	

VERIFICA	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 41	MURO IN CLS * Sx – Scheda 42	SOPRALZO IN C.A. Sx – Scheda 43-45
Qualita' Materiale			
Posizione e Φ ferri armatura	-	-	 debolmente armato
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	 assenti
Verifica a Ribaltamento	-	FS = 0,83 < 1 	FS = 0,63 < 1 
Verifica a Slittamento	-	-	FS = 0,51 < 1 
Verifica sezione in c.a.	-	-	-
Note	Criticità: Fabbicato argine. Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. FS < 1 in condiz. sismiche 	Criticità: intervento in somma urgenza con scogliera cementata per il problema dell'erosione. Profondità massima del muro non rilevata.	La geometria del sopralzo è conforme al progetto, l'armatura difforme (Rif. P.S. N. 373/2009). Criticità: il sopralzo risulta debolmente armato.

* Presenza di scogliera cementata, eseguita in somma urgenza, a difesa delle fondazioni del muro d'argine in sinistra idrografica a valle del ponte di via Brigate Partigiane. Intervento di Somma Urgenza Aperto **S.U.A. N. 13** - Zona: valle Ponte Brigate Partigiane - Tipo Intervento: Scogliera in massi sponda sx: esteso tratto di sottofondazione muri arginali in erosione. - Ente: Provincia MS.

VERIFICA	SOPRALZO IN C.A. Dx – Scheda 46	MURO IN PIETRA Dx – Scheda 46
Qualità Materiale		
Posizione e Φ ferri armatura		-
Caratt. ferri di inghisaggio	 L ancoraggio insuff.	-
Verifica a Ribaltamento	FS = 2,4 > 1 	FS = 0,89 < 1 
Verifica a Slittamento	-	FS = 0,91 < 1 
Verifica sezione in c.a.	FS = 2,7 > 1 	-
Note	La geometria del sopralzo è difforme dal progetto che prevedeva un nuovo muro in c.a. (Rif. P.S. N. 373/2009). L ancoraggio ferri di inghisaggio insuff.	Criticità: Malta di qualità scadente. Muratura in pietrame scadente. Da verificare in sito geometria fondazione. FS < 1 in condiz. sismiche 

VERIFICA	MURO IN C.A. Dx – Scheda 36 Rif. All. A	MURO IN C.A. Dx – Scheda 38 Rif. All. B	MURO IN C.A. Dx – Scheda 39 Rif. All. C	MURO IN C.A. ** Dx – Scheda 44-47 Rif. All. D
Qualità Materiale				
Posizione e Φ ferri armatura		Conformità del diametro, difformità del passo	Conformità del diametro, difformità del passo	 difforme dal progetto. Si richiedono saggi approfonditi.
Caratt. ferri di inghisaggio	-	-	-	-
Micropali	-	 (come progetto)	-	-
Verifica a Ribaltamento	Condiz. carico più gravosa → statiche di magra. Verifiche → FS > 1 in condiz. di prog. FS < 1 in condiz. attuali (Quso > Qprog).	Condiz. carico più gravosa → statiche e sismiche di magra. FS > 1 in condizioni idrauliche FS < 1 in condizioni statiche e sismiche di magra in rif. allo stato rilevato (difforme dallo stato di progetto).	Condiz. carico più gravosa → statiche di magra. Verifiche → FS > 1 in condiz. di prog. FS < 1 in condiz. attuali (Quso > Qprog).	Verifiche → FS > 1 con armatura di prog. FS < 1 con armatura rilevata.
Verifica a Slittamento				
Verifica sezione in c.a.				
Note	Da verificare presenza di sperone ciabatta di fondazione come da progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Criticità: Rilevata lesione. Limitare sovraccarico d'uso sul terrapieno.	Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Limitare sovraccarico d'uso sul terrapieno. Rinforzo strutturale sez. di base muro con contrafforte (sisma).	Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Limitare sovraccarico d'uso sul terrapieno.	Geometria della ciabatta di fondazione e disposizione armatura difforme dal progetto (Rif. P.S. N. 373/2009). Verificare armatura con saggi distruttivi, e se insuff. rinforzo strutturale sez. base muro.

Il tratto nel suo complesso sia in sponda sx che in sponda dx comprende muri d'argine solo in parte ricostruiti a seguito degli eventi del 2003 e del 2012. Buona parte dei muri d'argine del tratto sono i vecchi muri preesistenti a gravità costruiti in pietra o in cls debolmente armato, alcuni di essi sono stati sopraelevati con muri in c.a. inghisati alla struttura sottostante esistente. I muri ricostruiti hanno previsto la realizzazione di nuovi argini in c.a. alcuni fondati su micropali, altri fondati su una ciabatta con sperone. Tutti gli interventi (rialzamento dei muri esistenti e rifacimento di nuovi muri) fanno riferimento alla P.S. N. 373/2009.

Nessuno dei sopralzi in destra idraulica e sinistra rispetta le caratteristiche riportate nel progetto della P.S. N. 373/2009 per ciò che concerne l'armatura.

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

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

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

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

Interventi previsti:

- *In sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in pietra + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali;*
- *In sinistra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in cls + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali;*
- *In destra idraulica si prevede il rinforzo strutturale del muro in pietra + sopralzo in c.a. mediante paratia di micropali.*

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



Alcuni dei muri in c.a. di nuova costruzione presentano difformità rispetto allo stato di progetto per quanto riguarda le caratteristiche e la geometria della ciabatta di fondazione e il diametro e passo dell'armatura. Per tali strutture si prevedono maggiori approfondimenti in sito per verificarne la reale conformazione.

6 All. A - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 36 – sez.41A)

6.1 Dati generali

Oggetto: Muro in c.a.

Anno di costruzione dell'opera: 2010

Localizzazione: Tratto 07 – destra idraulica (rif. sez. topografica n.41A)

Lunghezza muro: ~ 80 m

Pratica sismica di riferimento: N. 373/2009: "Sistemazione alveo Torrente Carrione da sezione 41 a sezione 45 mediante la realizzazione di nuovi argini in c.a. e il rialzamento di muri d'argine esistenti".

Collaudo Statico: Si → 16.07.2010.

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. Una parte del terrapieno è interessata anche dalla strada via Carriona.



Fig. 13 – Immagine dell'area scaricata da google map



Fig. 14 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

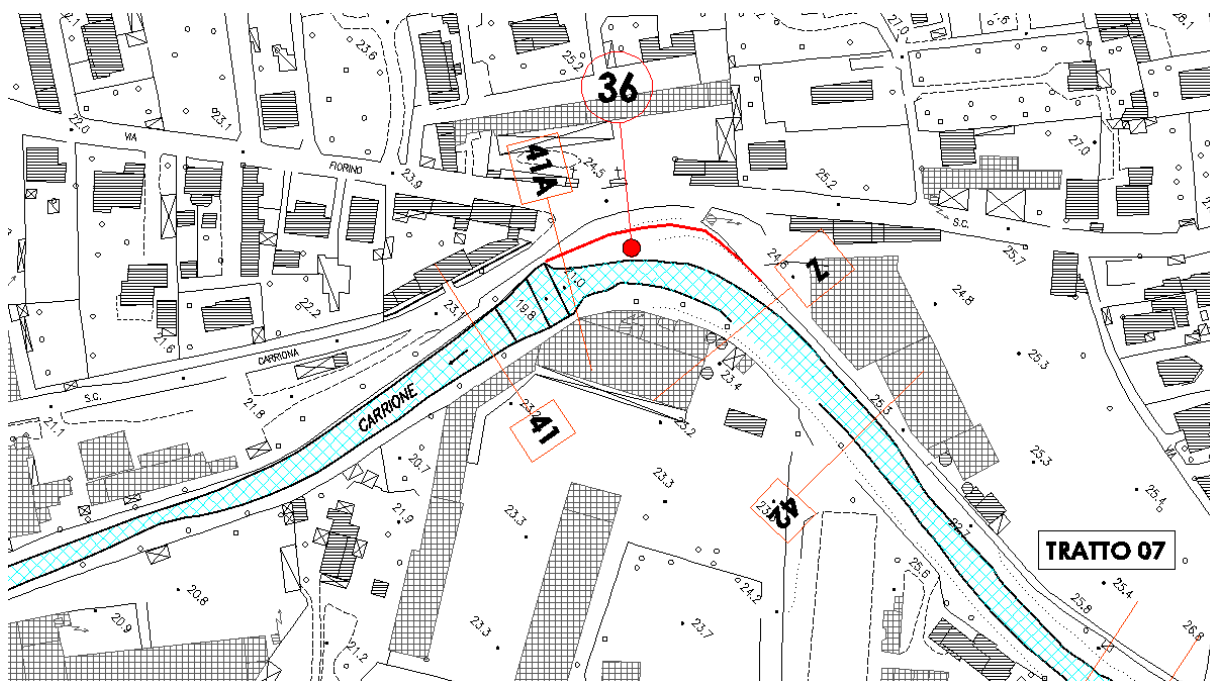


Fig. 15 – Inquadramento planimetrico – Tratto 07 – Sponda destra



Fig. 16 – Foto Muro

6.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009

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

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione Tecnica Generale
- 3) Relazione sull'indagine sismica
- 4) Relazione di calcolo
- 5) Relazione di fine lavori
- 6) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 373/2009 prevede un nuovo muro in c.a. dotato di sperone al fine di evitare il sifonamento, con ciabatta di fondazione esterna all'alveo e altezza pari a 4.5 m (sez. 42-41); nel primo tratto di raccordo con il muro esistente è stata realizzata una fondazione su micropali.

Occorre fare un'osservazione sulla disposizione della armature così come rilevata dalle tavole progettuali:

- 1) i ferri inferiori (4 $\Phi 16$ lato alveo e 4 $\Phi 16$ lato terrapieno) non possono essere considerati ferri di rinforzo poiché i ferri verticali superiori si interrompono in corrispondenza dell'attacco paramento – ciabatta di fondazione pertanto la sovrapposizione che si crea tra i due ordini di armatura è una sovrapposizione necessaria all'ancoraggio ma non alla collaborazione strutturale;

- 2) i ferri inferiori lato alveo (4 $\Phi 16$) sono minori dell'armatura superiore (5 $\Phi 16$): in realtà l'andamento del momento prevede un massimo alla base del paramento e un minimo in testa.

In ogni caso, coerentemente con quanto rappresentato nelle tavole, ai fini del calcolo, il muro viene verificato nel progetto originale, considerando 4 $\Phi 16$ alla base.

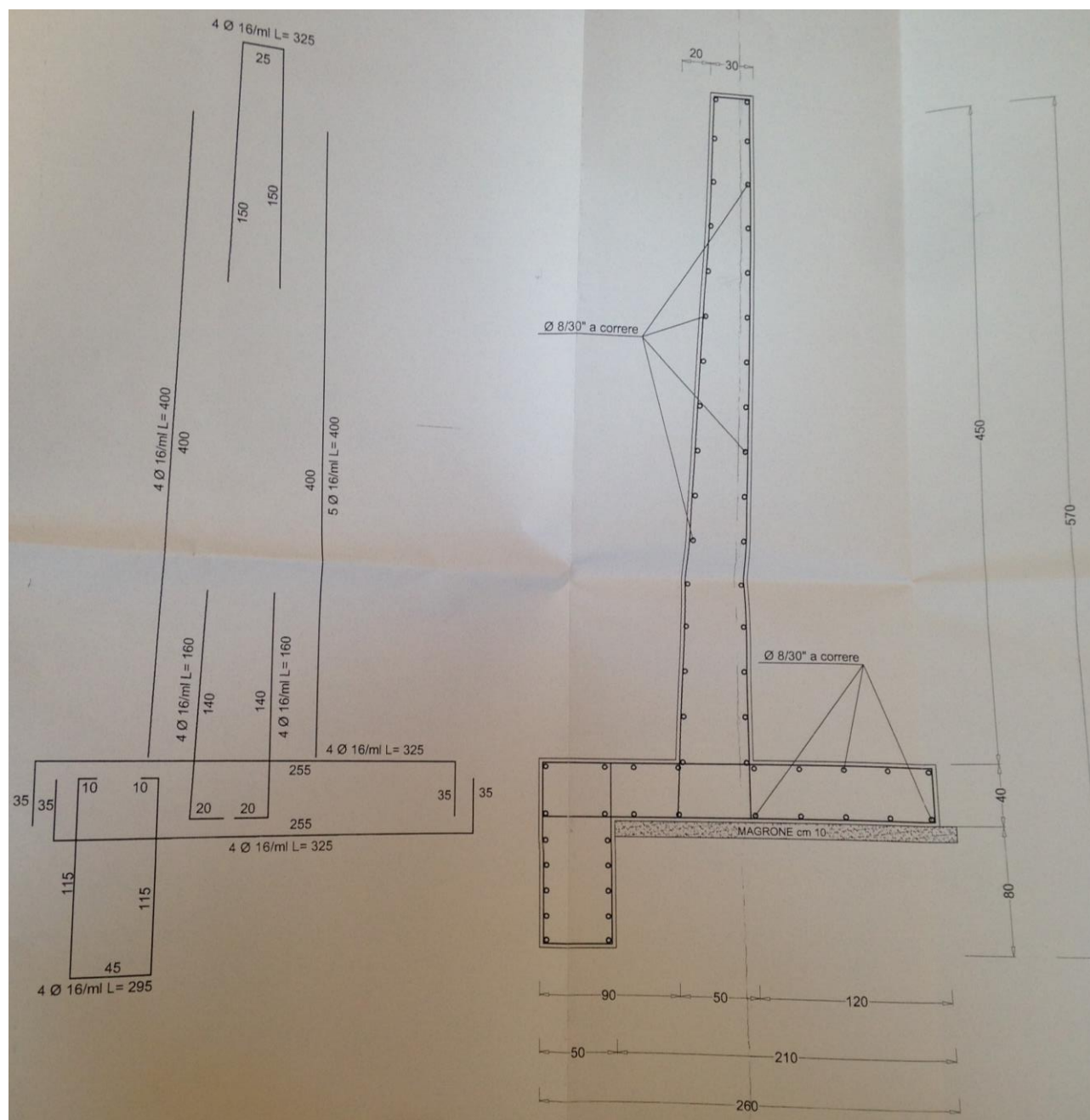


Fig. 17 – Sezione muro in c.a. – Estratto Pratica Sismica N. 373/2009

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

Il muro arginale in oggetto è stato costruito a cavallo del 2009 e del 2010 (data fine lavori: 16 giugno 2010).

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).

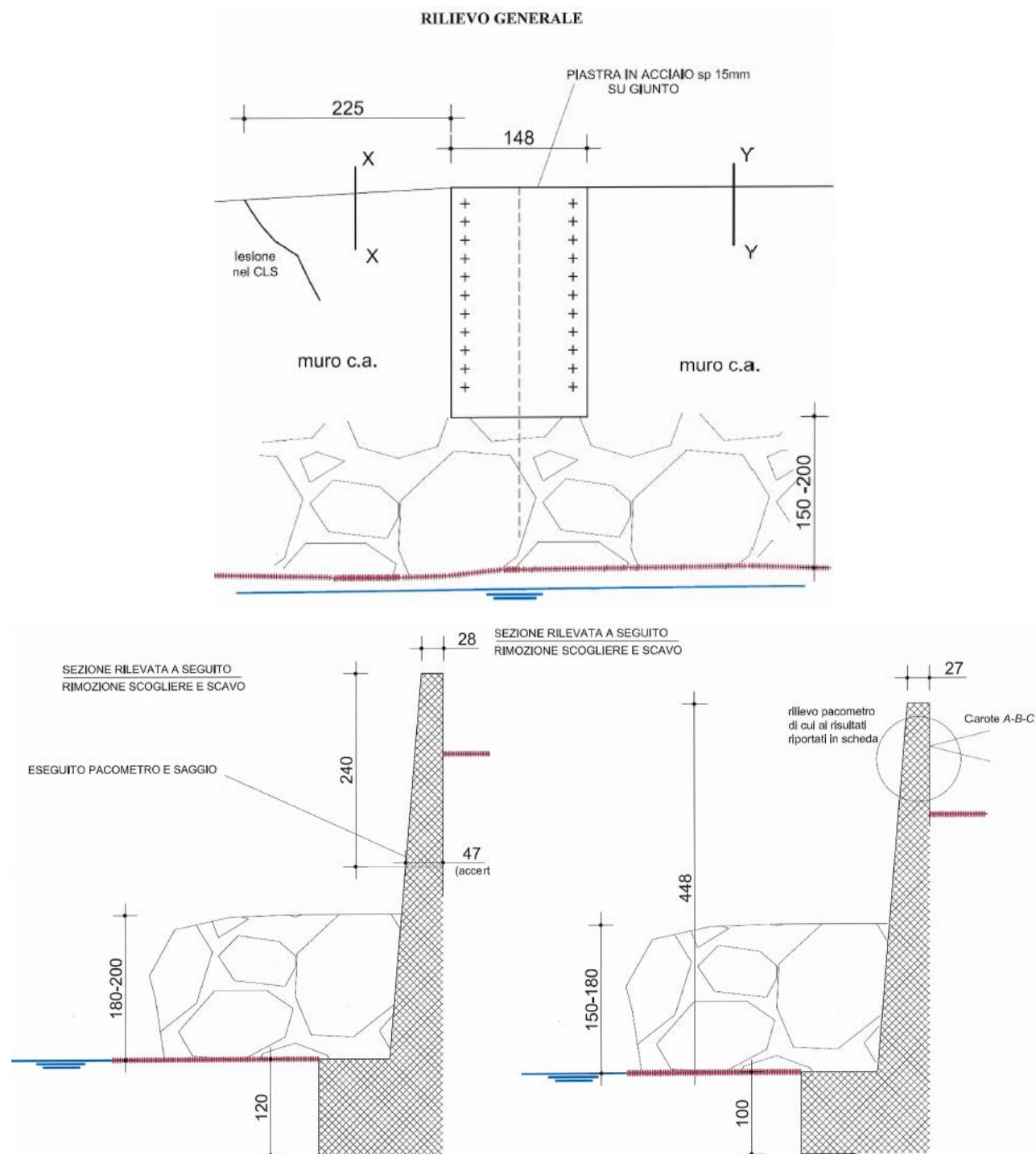


Fig. 18 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

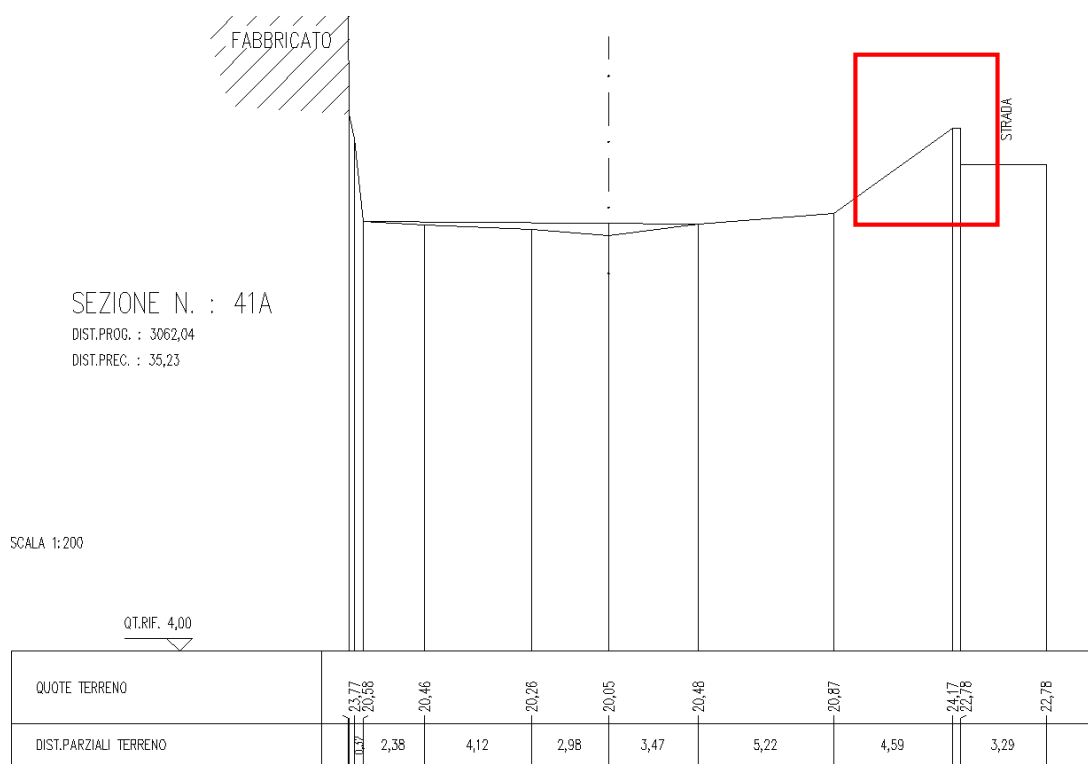


Fig. 19 – Sezione n.41A – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale

6.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 41A)
- 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. 373/2009); le dimensioni dello spessore della ciabatta di fondazione sembrano confermare la presenza dello sperone come da progetto, ma non è stato rilevato lo spessore e la geometria della ciabatta nella porzione retrostante il muro per la presenza del rilevato.

In mancanza di informazioni reperite in sito, si assume la geometria di progetto a completamento della geometria rilevata.

Di fronte al muro è stata realizzata una scogliera presumibilmente per contrastare i possibili problemi di erosione.

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).

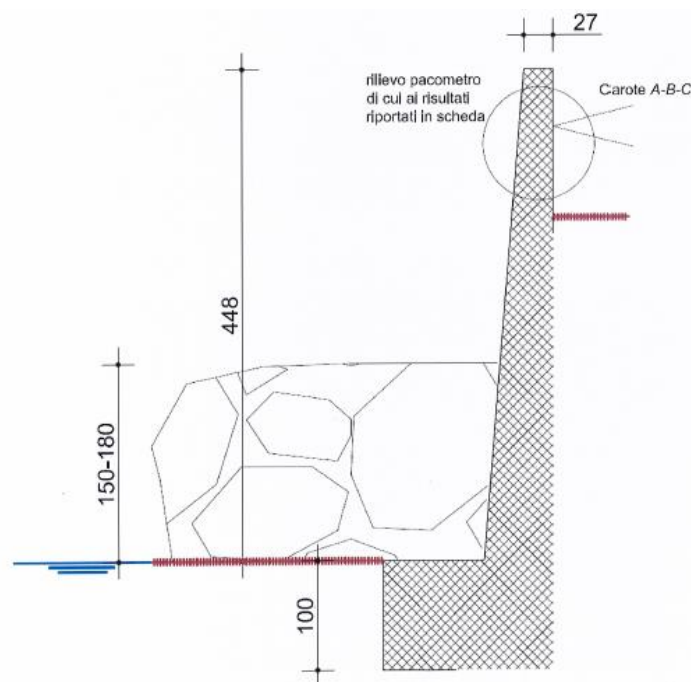


Fig. 20 – Punti di indagine

PROVE SONREB							
PUNTO	A	B	C	A'	B'	C'	
Ir	37,7	38,5	38,7	36,4	35,5	36,1	
Vp [m/s]	4287,0	4362,0	4320,0	4287,0	4362,0	4320,0	T
Rs0	41,5	44,7	43,9	39,5	39,9	39,8	
Rs1	42,8	45,6	44,8	41,2	41,9	41,6	
Rs2	38,9	41,2	40,8	37,2	37,3	37,4	
Rs3	36,2	38,1	37,7	34,8	34,8	34,9	
Rs (medio)	39,8	42,4	41,8	38,2	38,5	38,4	39,8
fc (0,83 Rs)	33,1	35,2	34,7	31,7	31,9	31,9	33,1

CAROTE (Masi, 2005)							
PROVINO	f _{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C _{h/D}	f _{cis} [Mpa]	Rc [Mpa]
36A	37,9	104	204	0,51	1,00	37,6	45,30
36B	37,6	104	202	0,51	0,99	37,3	44,94
36C	35,0	104	204	0,51	1,00	34,7	41,81
media						36,53	44,02

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
f _{cm}	35,38

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
f _{cm} /FC =	29,48

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

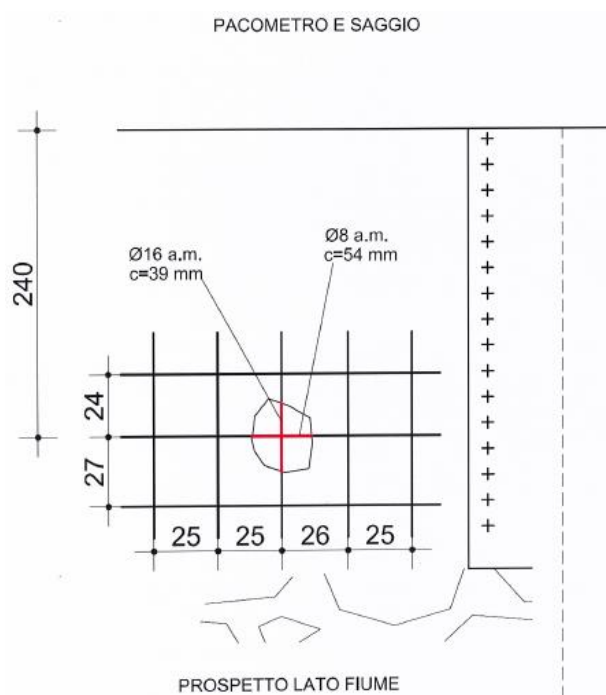
Cls C25/30 e armatura FeB44K.

6.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri Ø16 passo 25 cm. → OK coerente con l'armatura corrente del progetto.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri Ø8 passo 24-27 cm → OK coerente con il progetto.



6.5 Verifiche del muro arginale

Per le verifiche del muro in c.a. si fa riferimento alla geometria rilevata in sito e per mancanza di informazioni sulla ciabatta di fondazione nella porzione retrostante il muro si fa riferimento alla geometria di progetto. In accordo al progetto, e per quanto rilevato in sito, si considera la presenza dello sperone.

Per i parametri geotecnici si assume quanto riportato nel progetto depositato: $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$ e $\phi' = 30^\circ$.

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.

Dalla relazione di calcolo del progetto non è chiaramente esplicitata la quota dell'acqua considerata ai fini delle verifiche, nella relazione tecnica generale viene fatto riferimento a un franco minimo di 50 cm per garantire il deflusso della piena duecentennale, ma non è chiara la quota dell'acqua assunta nei calcoli (se con o senza franco). In questa sede, si assume l'altezza dell'acqua fino all'estradosso superiore del paramento murario (che in base ai nuovi studi idraulici rappresenta la piena trentennale).

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4,5
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	4,9
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,6
L mensola ciabatta di monte [m]	1,2
L mensola ciabatta di valle [m]	0,9
H sperone [m]	0,8
sp. sperone [m]	0,5

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	162,45
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	45,00
W2 - Peso proprio ciabatta	26,00
W2 - Peso proprio sperone	10,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	69,12
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	261,36
Spinta passiva del terreno strada (M2)	212,94

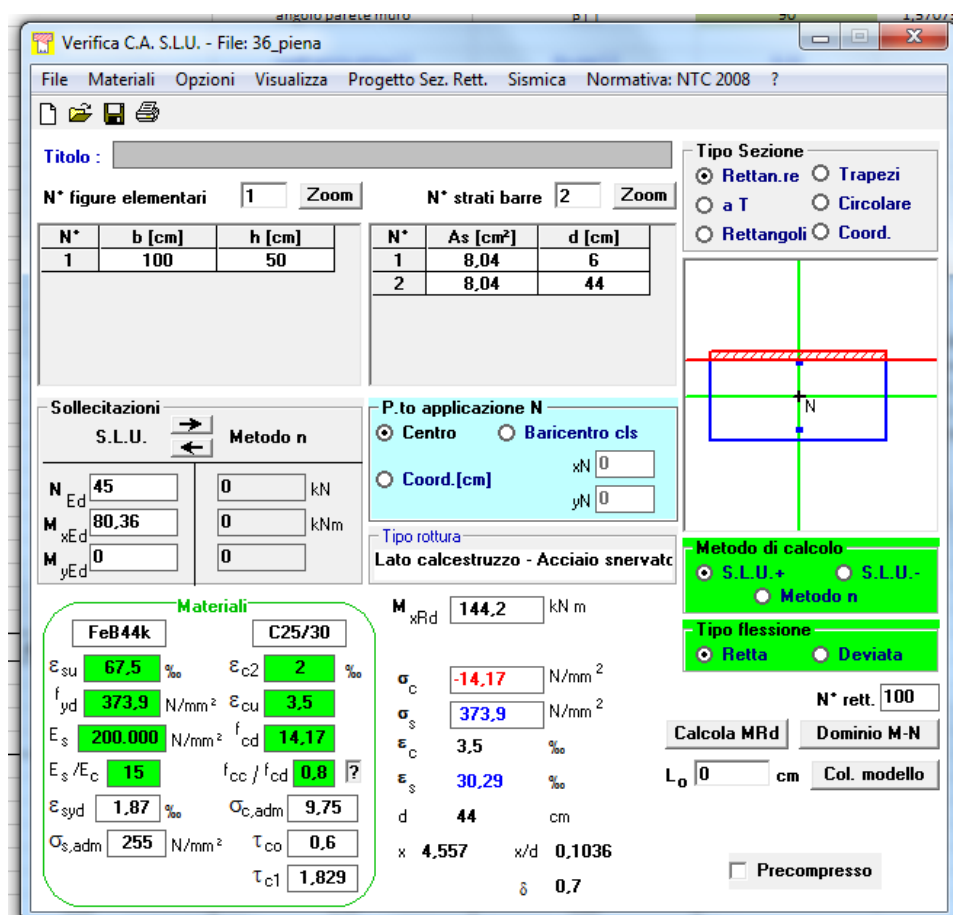
VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	398,00	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	426,67	
	FS [-]	1,07 > 1	OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3		
$\delta k = \Phi' (M1)$	30,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	17,69	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	78,79	
	FS [-]	4,46 > 1	OK

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura corrente superiore: 4 Φ 16/ m.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 144,2 / 86,34 = 1.7 > 1 \rightarrow OK$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 36_piena

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

Titolo :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	6
2	8,04	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed: 45 kN
M Ed: 80,36 kNm
M yEd: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

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

Tipologia flessione

Retta Deviata

Materiali

FeB44k C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,87 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

Calcoli

M xRd 144,2 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 373,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 30,29 ‰
d 44 cm
x 4,557 x/d 0,1036
 δ 0,7

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

6.5.2 Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno

La verifica del muro in condizioni di magra prevede l'azione spingente del terrapieno e del sovraccarico d'uso. Dalla relazione di calcolo del progetto non è chiaramente espresso il valore del sovraccarico d'uso considerato ai fini delle verifiche, da un'interpretazione dei dati però appare che il sovraccarico considerato sia pari a 400 kg/m su una striscia di 5 m considerando il reinterro del muro fino alla quota di estradosso del muro.

Considerando lo stato dei luoghi, il rilievo topografico e il rilievo geometrico, appare evidente che il terrapieno a tergo del muro non arriva alla quota di estradosso del paramento (ma è circa 1,3 m più basso). Oltretutto è da considerarsi insufficiente il sovraccarico d'uso assunto nel progetto pari a 400 kg/mq poichè a tergo del muro è presente il piazzale di una segheria, sul quale possono transitare e sostare mezzi pesanti per il trasporto dei materiali e dei blocchi di marmo (pertanto si ritiene più congruo assumere un sovraccarico pari a 2000 kg/mq).

Di seguito vengono riportate le verifiche seguendo 2 diversi approcci:

- 1) Con le condizioni di progetto: terreno fino alla quota di estradosso del paramento + sovraccarico 400 kg/mq.
- 2) Con le condizioni dello stato dei luoghi: terreno a 1,3 m dalla quota di estradosso del paramento + sovraccarico stradale 2000 kg/mq.

VERIFICHE CONDIZIONE 1

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4,5
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	4,9
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	4,5
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,6
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	0,9
L mensola ciabatta di STRADA [m]	1,2
H sperone [m]	0,8
sp. sperone [m]	0,5

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	81,69
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	102,23
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	6,37
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	7,97
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	

Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	29,73
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	29,77
W1 - Peso proprio nervatura	45,00
W2 - Peso proprio ciabatta	26,00
W2 - Peso proprio sperone	10,00
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	97,20
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle	40,50
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	2,32
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	2,32

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			OK
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	247,73	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	338,23	
	FS [-]	1,37 > 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	OK
$\delta k = \Phi'$ (M1)		30,00	
$\tan \delta k / \gamma r$		0,52	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	115,76	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	130,39	
	FS [-]	1,13 > 1	

Sollecitazioni alla sezione di incastro del paramento con la ciabatta di fondazione

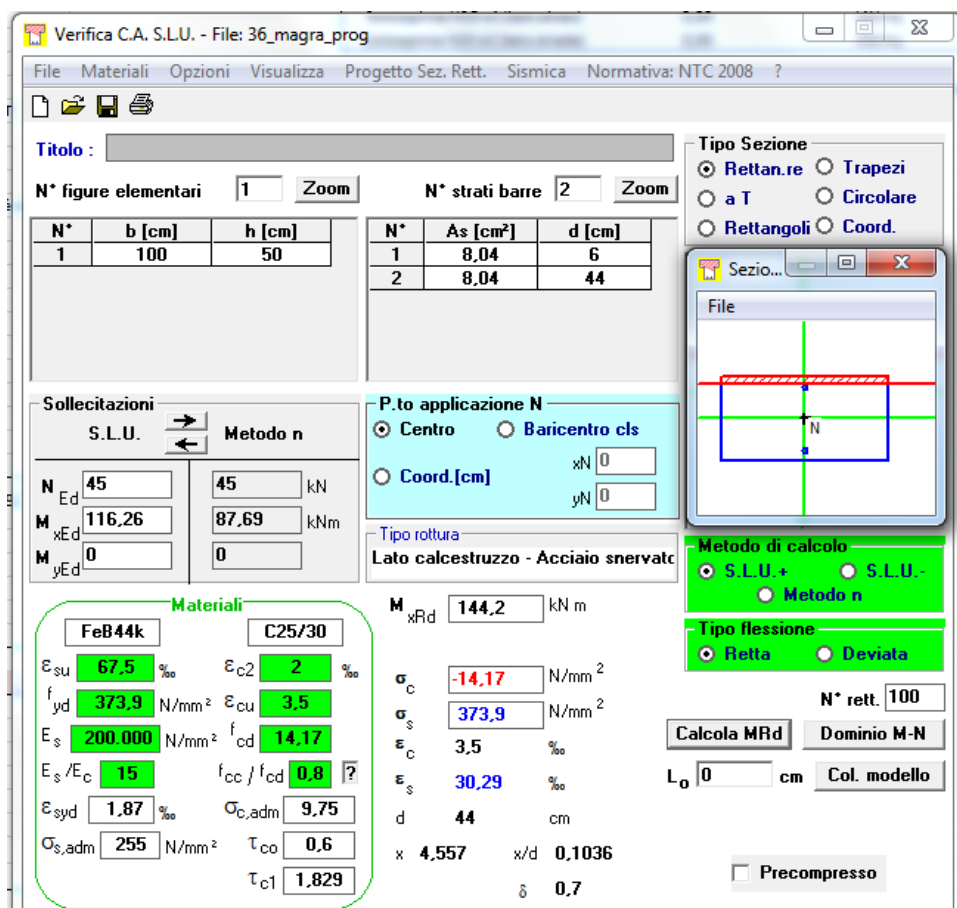
SLE		
T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
55,95	87,69	45
SLU		
T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
73,74	116,26	45

Si osserva che tali sollecitazioni confermano i risultati progettuali calcolati agli SLE (N = 44.8 kN - M = 85,84 kNm - T = 51,9 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. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura corrente superiore: 4 Φ 16/ m (come da rilievo e da progetto).

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 144,2 / 116,26 = 1,2 > 1 \rightarrow \text{OK}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 36_magra_prog

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

TITOLO :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	6
2	8,04	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 45 45 kN
M_{xEd} 116,26 87,69 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

FeB44k C25/30

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 9,75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 144,2 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 373,9 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 30,29 ‰
d 44 cm
x 4,557 x/d 0,1036
δ 0,7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Sezio...

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

$SLE \rightarrow \sigma_c = 4,5 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

$\rightarrow \sigma_s = 239,3 \text{ N/mm}^2 < 0,8f_{yk} = 344 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: 36_magra_prog

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

Titolo :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	6
2	8,04	44

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

Sezio...

File

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

Sollecitazioni
 S.L.U. ☒ Metodo n

N_{Ed} 45 kN
 M_{xEd} 116,26 kNm
 M_{yEd} 0

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

Materiali
 FeB44k C25/30
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 9,75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

σ_c -4,489 N/mm²
 σ_s 239,3 N/mm²
 ε_s 1,197 ‰
 d 44 cm
 x 9,662 x/d 0,2196
 δ 0,7145

Verifica

N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

VERIFICHE CONDIZIONE 2

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4,5
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	4,9
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	3,2
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,6
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	0,9
L mensola ciabatta di STRADA [m]	1,2
H sperone [m]	0,8
sp. sperone [m]	0,5

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	48,68
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	60,91
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	24,59
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	30,76
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	17,72
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	17,74
W1 - Peso proprio nervatura	45,00
W2 - Peso proprio ciabatta	26,00
W2 - Peso proprio sperone	10,00
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	69,12
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle	0,00
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	8,95
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	8,96

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	199,80
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	243,14
	FS [-]	1,22 > 1
		OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)		30,00	
$\tan \delta k / \gamma r$		0,52	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	100,16	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	88,09	
	FS [-]	0,88 < 1	NO

Sollecitazioni alla sezione di incastro del paramento con la ciabatta di fondazione

SLE		
T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
43,63	56,07	45
SLU		
T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
60,29	78,62	45

6.5.3 Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra)

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

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

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

Per muri liberi di ruotare e traslare si considera che l'incremento di azione dovuto al sisma agisca nello stesso punto dell'azione statica ed il coefficiente β_m è tabellato in normativa in funzione della categoria di sottosuolo e dell'accelerazione massima attesa.

VERIFICHE CONDIZIONE 1

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte,st+din (M1)	89,30
Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle,st+din (M2)	110,68
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte Statica (M1)	81,69
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle Statica (M2)	102,23
ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte Dinamica (M1)	7,60
ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle Dinamica (M2)	8,45
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M1)	6,96
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M2)	8,63
W1 - Peso proprio nervatura*kh	2,48
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*kh	1,98
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh	5,35
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle*kh	2,23

AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M1)	32,50
Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M2)	32,23
Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Statica (M1)	29,73
Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Statica (M2)	29,77
Δ Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Dinamica (M1)	2,77
Δ Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Dinamica (M2)	2,46
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)	43,76
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*(1-kv)	35,01
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)	94,52
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle*(1-kv)	39,38

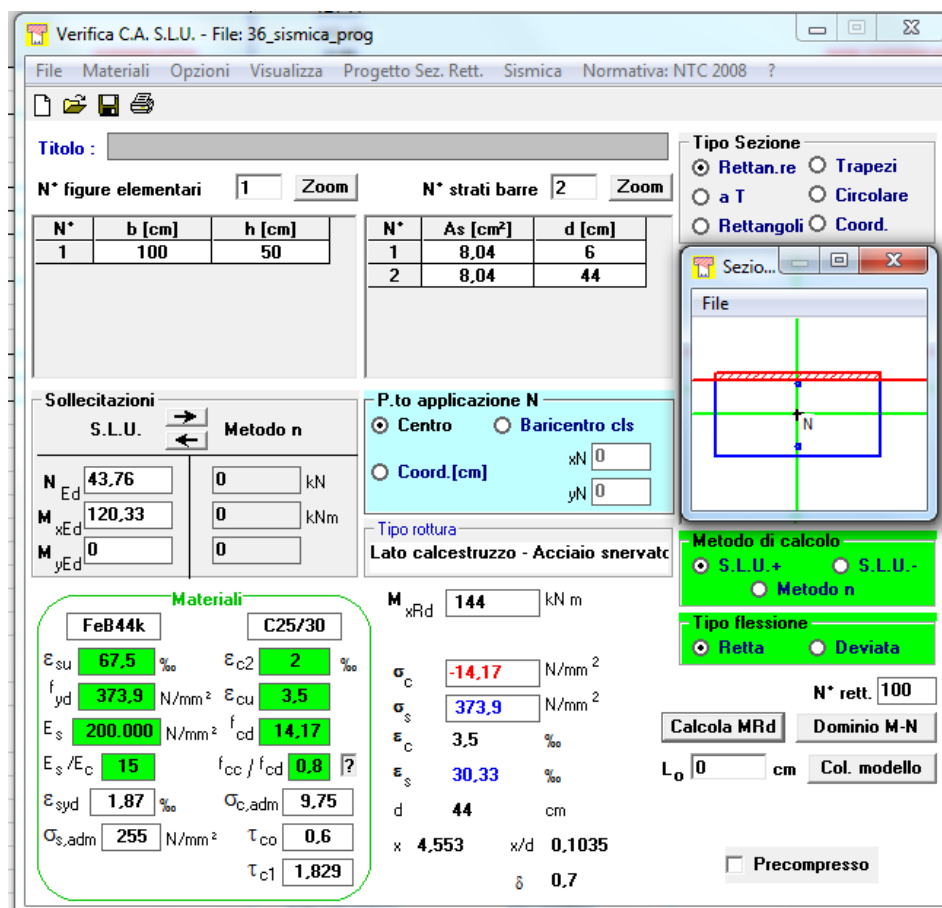
VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	269,80
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	385,24
	FS [-]	1,43 > 1 OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)		30,00	
$\tan \delta k / \gamma r$		0,52	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	108,31	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	128,90	
	FS [-]	1,19 > 1	OK

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura corrente superiore: 4 Φ 16/ m (come da rilievo e da progetto).

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 144 / 120,33 = 1,2 > 1 \rightarrow \text{OK}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 36_sismica_prog

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

TITOLO :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	6
2	8,04	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN

M_{xEd} 0 kNm

M_{yEd} 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

FeB44k C25/30

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} N/mm²

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ N/mm²

$\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} N/mm²

τ_{c1} N/mm²

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x x/d

δ

Tipo Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo

☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -

☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

☐ Precompresso

VERIFICHE CONDIZIONE 2

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte,st+din (M1)	53,21
Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle,st+din (M2)	65,95
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte Statica (M1)	48,68
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle Statica (M2)	60,91
ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte Dinamica (M1)	4,53
ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle Dinamica (M2)	5,04
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M1)	0,00
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M2)	0,00
W1 - Peso proprio nervatura*kh	2,48
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*kh	1,98
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh	3,81
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle*kh	0,00
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M1)	19,37
Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M2)	19,20
Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Statica (M1)	17,72
Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Statica (M2)	17,74
ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Dinamica (M1)	1,65
ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Dinamica (M2)	1,47
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)	43,76
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*(1-kv)	35,01
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)	67,22
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle*(1-kv)	0,00

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	118,05
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	278,01
	FS [-]	2,36 > 1 OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3		
$\delta k = \Phi'$ (M1)	30,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	61,48	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	86,79	
	FS [-]	1,41 > 1	OK

6.6 Riepilogo

6.6.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → Conforme per la parte rilevata in sito lato alveo (paramento muro + ciabatta fondazione lato alveo). Nessuna informazione sulla ciabatta di fondazione lato terrapieno.

Armature → Conforme al progetto.

Rischi → Erosione, scalzamento al piede, sicurezza strutturale se si assume il sovraccarico stradale sul terrapieno.

Condizione di carico più gravosa → Condizioni statiche di magra.

Verifiche → $FS > 1$ nelle condizioni di progetto.

$FS < 1$ nelle condizioni attuali con sovraccarico d'uso maggiore che da progetto.

6.6.2 Criticità

- 1) Geometria ciabatta di fondazione lato terrapieno non rilevata in sito per inaccessibilità.
- 2) In dx idraulica subito a monte della briglia di loc. Fiorino, è stata rilevata una vistosa e ampia lesione nel muro in c.a. di nuova costruzione delle dimensioni di circa 10-15 cm in corrispondenza di una ripresa di getto, con conseguente cedimento della porzione di muro a valle dello stesso. Della criticità evidenziata è stato attivato intervento di riparazione in somma urgenza con scogliera atta ad evitare cedimenti fondali e posizionamento di geoblocchi a chiusura del varco creatosi nel muro d'argine. Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 9** - Zona: via Carriona Loc. Fiorino - Ente: Provincia MS.

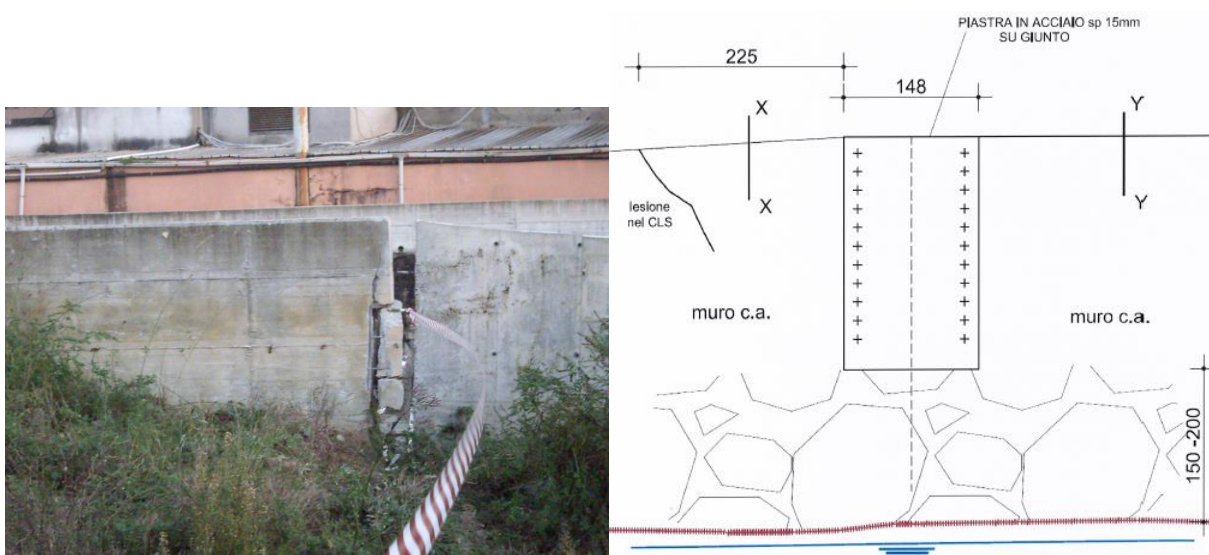


Fig. 21 – Lesione creatasi nel muro

- 3) Possibile rischio di scalzamento al piede della fondazione poiché la scogliera non risulta appoggiata alla ciabatta di fondazione e non frontale ad essa.
- 4) Sovraccarico d'uso elevato sul terrapieno del muro per la presenza del piazzale accessibile dei fabbricati industriali (in caso di stoccaggio materiale e accessibilità mezzi pesanti, al muro vengono trasferite sollecitazioni importanti).

6.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) La geometria del muro è conforme a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 373/2009); le dimensioni dello spessore della ciabatta di fondazione sembrano confermare la presenza dello sperone come da progetto, ma non è stata rilevata l'effettiva presenza dello sperone e lo spessore e la geometria della ciabatta nella porzione retrostante il muro per la presenza del rilevato → Approfondire la geometria della ciabatta di fondazione.
- 2) Monitorare la zona interessata dalla lesione e su cui è già stato effettuato un intervento di ripristino attraverso l'Intervento di Somma Urgenza Chiuso **S.U.C. N. 9** per conto della Provincia MS.

6.7 Interventi

Sull'opera in oggetto si prevedono i seguenti interventi (non strutturali).

1) **Impedire:**

- il deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,
- il transito di mezzi pesanti in prossimità del muro,
- assumendo un carico massimo ammissibile pari a 500 kg/mq.

2) ***Approfondire la scogliera fino alla quota di intradosso della ciabatta di fondazione contro i possibili problemi di scalzamento al piede.***

Laddove, in seguito a saggi approfonditi, si riscontrassero difformità tra la geometria di fondazione rilevata e la geometria di progetto, sarà necessario riverificare la struttura nella configurazione rilevata prevedendo opportuni interventi di rinforzo se necessari.

6.8 Stima degli interventi

Approfondimento scogliera di protezione

Volume stimato = 150 m³

Costo stimato = 35.000 €.

7 All. B - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 38 – sez.Z)

7.1 Dati generali

Oggetto: Muro in c.a. fondato su micropali

Anno di costruzione dell'opera: 2010

Localizzazione: Tratto 07 – destra idraulica (rif. sez. topografica n.Z - 42)

Lunghezza muro: ~ 80 m

Pratica sismica di riferimento: N. 373/2009: “Sistemazione alveo Torrente Carrione da sezione 41 a sezione 45 mediante la realizzazione di nuovi argini in c.a. e il rialzamento di muri d'argine esistenti”.

Collaudo Statico: Si → 16.07.2010.

7.2 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. 22 – Immagine dell'area scaricata da google map



Fig. 23 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

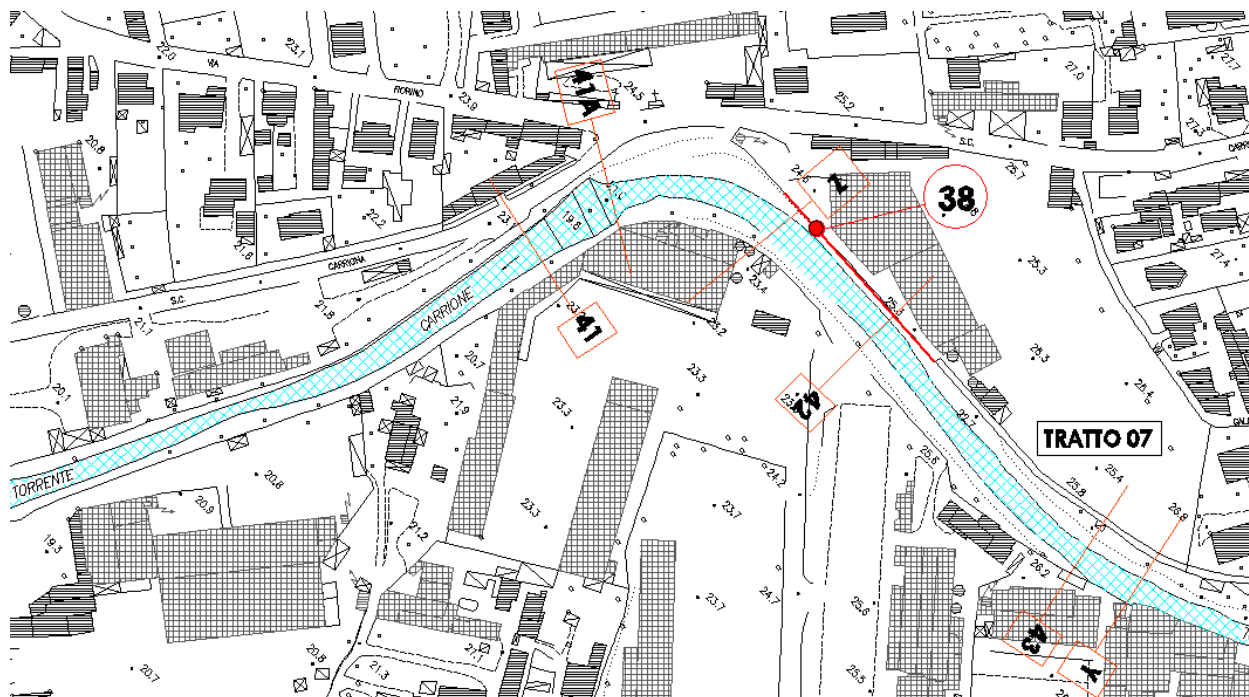


Fig. 24 – Inquadramento planimetrico – Tratto 07 – Sponda destra



Fig. 25 – Foto Muro

7.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009

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

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione Tecnica Generale
- 3) Relazione sull'indagine sismica
- 4) Relazione di calcolo
- 5) Relazione di fine lavori
- 6) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 373/2009 prevede un nuovo muro in c.a. con fondazione su micropali $\varnothing 200$ profondi 6 m. Tale tratto raccorda il muro esistente con il nuovo muro in c.a. dotato di sperone in fondazione (scheda di rif. 36).

Occorre fare un'osservazione sulla disposizione della armature così come rilevata dalle tavole progettuali:

- 1) i ferri inferiori (5 $\Phi 16$ lato alveo e 4 $\Phi 16$ lato terrapieno) non possono essere considerati ferri di rinforzo poiché i ferri verticali superiori si interrompono in corrispondenza dell'attacco paramento – ciabatta di fondazione pertanto la sovrapposizione che si crea tra i due ordini di armatura è una sovrapposizione necessaria all'ancoraggio ma non alla collaborazione strutturale;

In ogni caso, coerentemente con quanto rappresentato nelle tavole, ai fini del calcolo, il muro viene verificato nel progetto originale, considerando 4 o 5 $\Phi 16$ alla base.

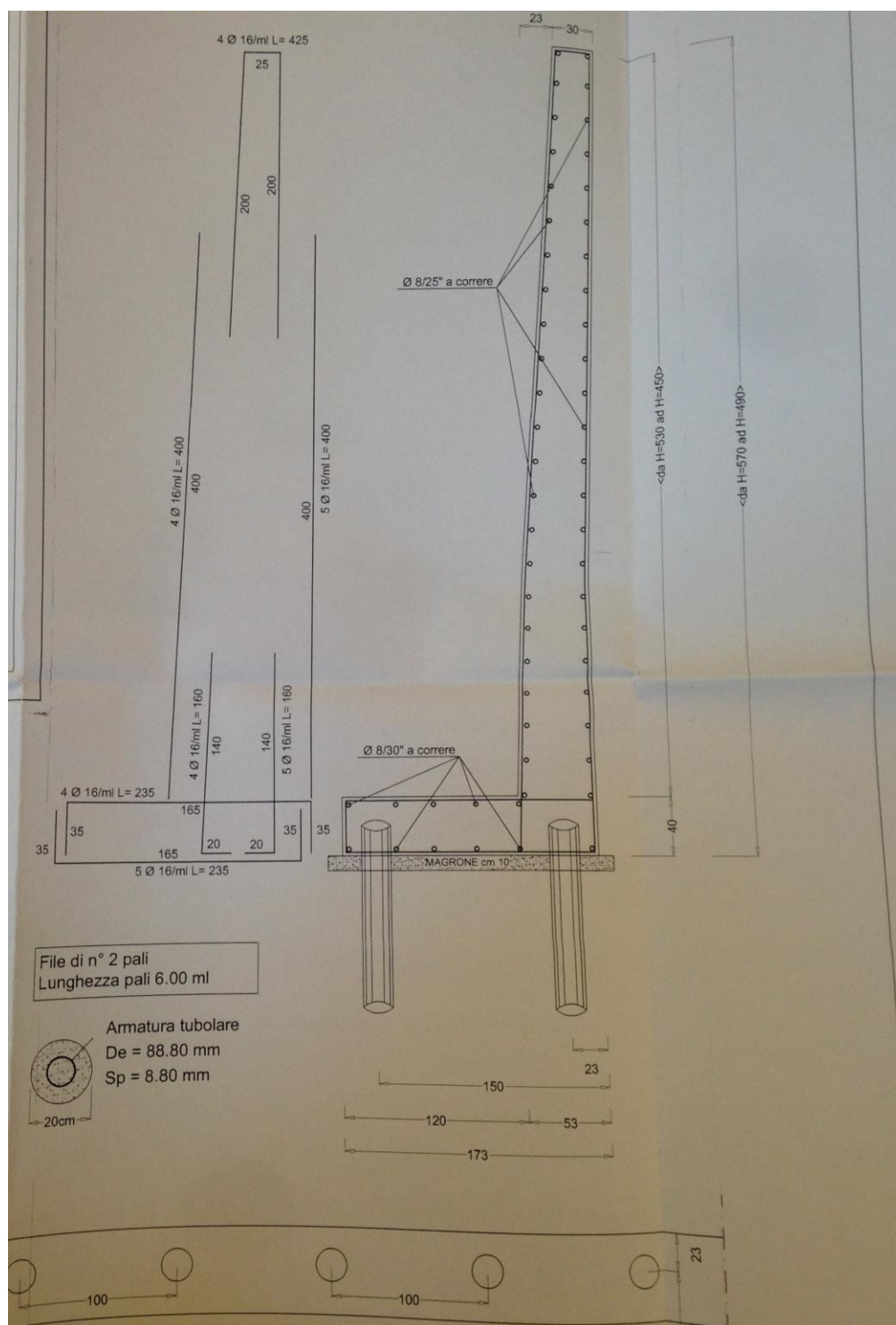


Fig. 26 – Sezione muro in c.a. – Estratto Pratica Sismica N. 373/2009

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

Il muro arginale in oggetto è stato costruito a cavallo del 2009 e del 2010 (data fine lavori: 16 giugno 2010).

7.4 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).

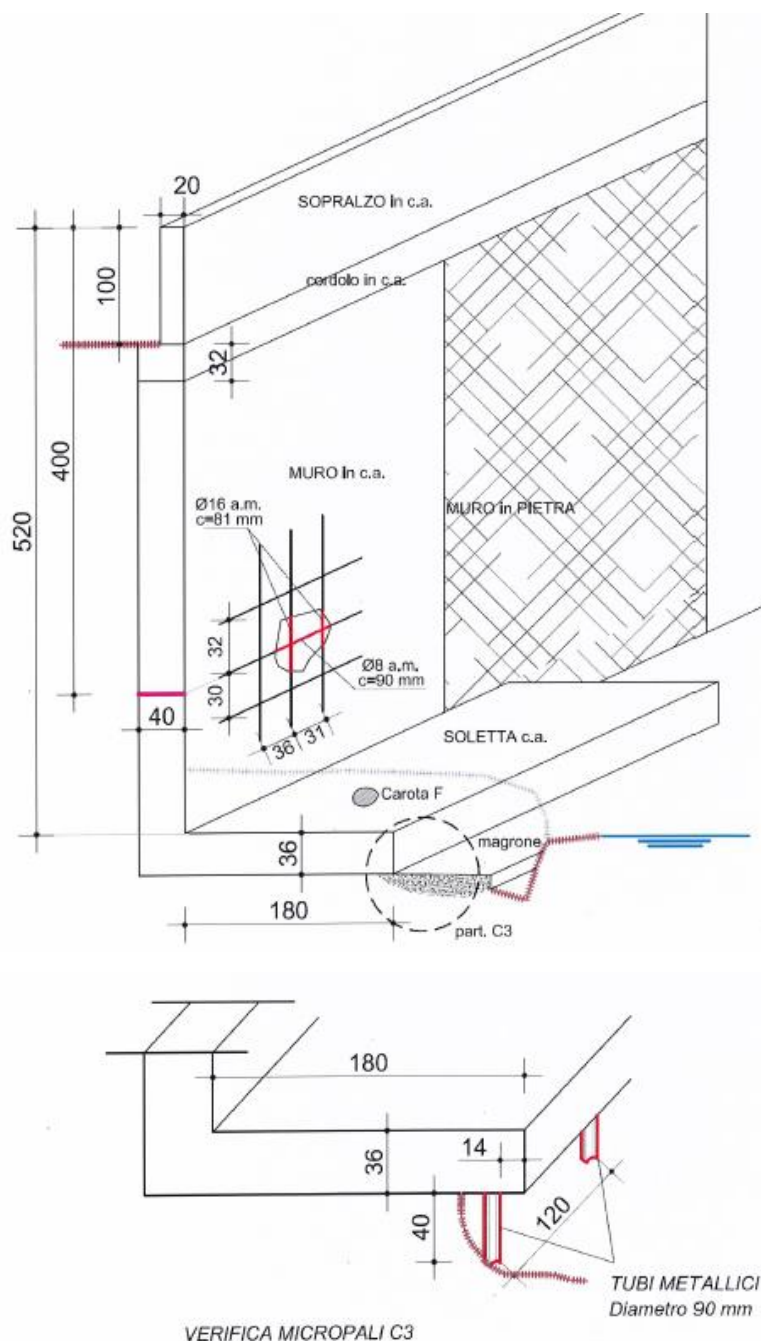


Fig. 27 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

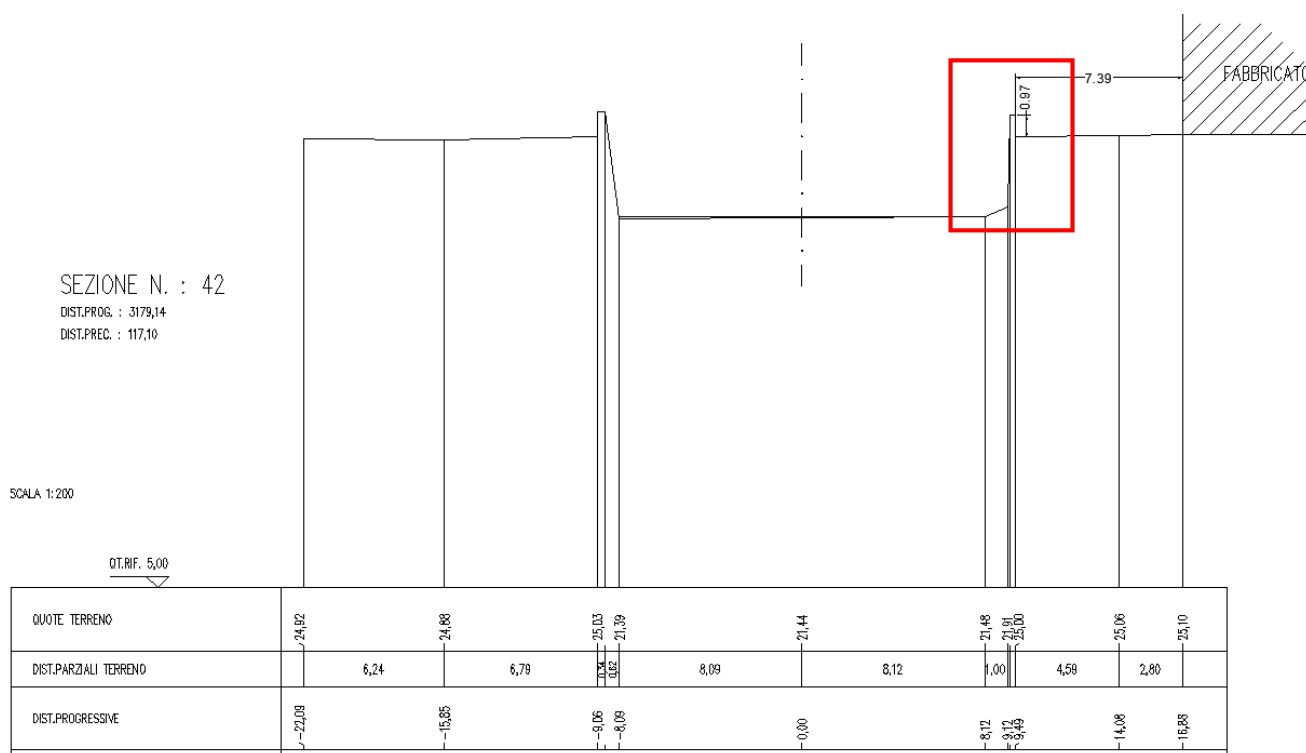


Fig. 28 – Sezione n.42 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale

7.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 42)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la sezione tipologica è confermata (muro a L su micropali di fondazione $\varnothing 200$ De (tubo) = 90 mm), le dimensioni invece differiscono per la lunghezza della ciabatta di fondazione, lo spessore del paramento murario e la presenza, rilevata in sito, di un sopralzo di spessore minore (20 cm < 30 cm). Nel complesso l'altezza totale dell'opera è conforme al progetto.
- 2) Per motivi di inaccessibilità, non è stata rilevata la presenza della fila interna dei micropali di fondazione (che da progetto risultano in prossimità del paramento verticale).
- 3) L'interasse longitudinale dei micropali di fondazione da progetto risulta 1 m, da rilievo risulta 1.20 m (difformità).

7.4.2 Caratteristiche dei materiali

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

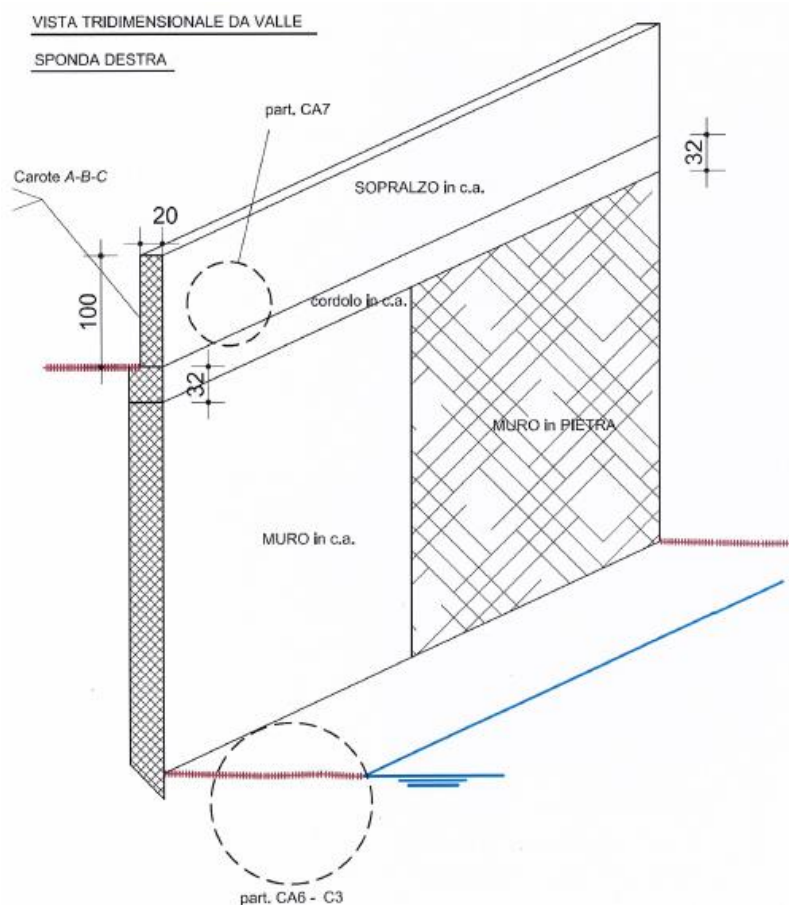


Fig. 29 – Punti di indagine

PROVE SONREB - SOPRALZO						
PUNTO	A	B	C	A'	B'	C'
Ir	37,2	38,2	37,5	39,1	39,0	38,6
Vp [m/s]	4430,0	4369,0	4595,0	4430,0	4369,0	4595,0
						T
Rs0	44,3	44,4	49,3	47,5	45,7	51,3
Rs1	45,7	45,4	50,4	48,2	46,4	52,0
Rs2	40,7	41,0	43,9	43,3	42,0	45,5
Rs3	37,7	37,9	40,4	39,8	38,8	41,8
Rs (medio)	42,1	42,2	46,0	44,7	43,2	47,6
fc (0,83 Rs)	34,9	35,0	38,2	37,1	35,9	39,5

CAROTE (Masi, 2005)							
PROVINO	f_{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	$C_{th/D}$	f_{cis} [Mpa]	Rc [Mpa]
38A	40,7	104	194	0,54	0,98	39,8	47,95
38B	35,7	104	196	0,53	0,98	35,0	42,17
38C	35,2	104	193	0,54	0,98	34,3	41,33
				media		36,37	43,82

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mm²]	
f_{cm}	36,50

Resistenza di calcolo

$$FC = 1,2$$

$$f_{cm}/FC = 30,42$$

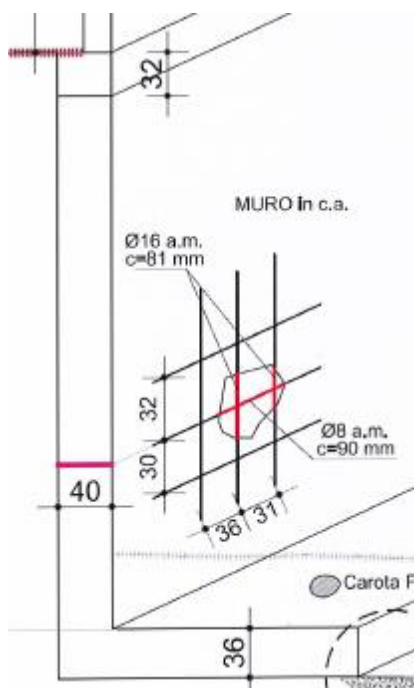
Poiché le proprietà rilevate in sito risultano superiori a quelle di progetto, le verifiche vengono condotte con i materiali definiti nel progetto: Cls C25/30 e armatura FeB44K.

7.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri $\Phi 16$ passo 30 cm. → NO nel progetto il passo dei ferri è minore (25 cm).

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 8$ passo 30 cm → NO nel progetto il passo dei ferri è minore (25 cm).



7.5 Verifiche del muro arginale

Per le verifiche del muro in c.a. si fa riferimento alla geometria rilevata in sito tenuto conto della presenza dei micropali anche sul lato interno del muro (dove non rilevati).

Per i parametri geotecnici si assume quanto riportato nel progetto depositato: $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$ e $\varphi' = 30^\circ$.

7.5.1 Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena

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

Dalla relazione di calcolo del progetto non è chiaramente esplicitata la quota dell'acqua considerata ai fini delle verifiche, nella relazione tecnica generale viene fatto riferimento a un franco minimo di 50 cm per garantire il deflusso della piena duecentennale, ma non è chiara la quota dell'acqua assunta nei calcoli (se con o senza franco). In questa sede, si assume l'altezza dell'acqua fino all'estradosso superiore del paramento murario (che in base ai nuovi studi idraulici rappresenta la piena trentennale).

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	5,2
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	5,6
h terreno su ciabatta di valle [m]	0
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,2
L mensola ciabatta di monte [m]	0
L mensola ciabatta di valle [m]	1,8

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	156,80
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	52,00
W2 - Peso proprio ciabatta	22,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	0,00
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	285,66
Spinta passiva del terreno strada (M2)	232,74

SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro		
	439,04	-
	391,21	=
Mc ($\gamma=1.3/1.5$) [kNm/m]	47,83	

SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro

braccio pali [m]	1,20
Ncompr. [kN/m]	88
Ntraz. [kN/m]	-3

interasse long. pali [m]	1,20
Ncompr. [kN/m]	106
Ntraz. [kN/m]	-3

RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO

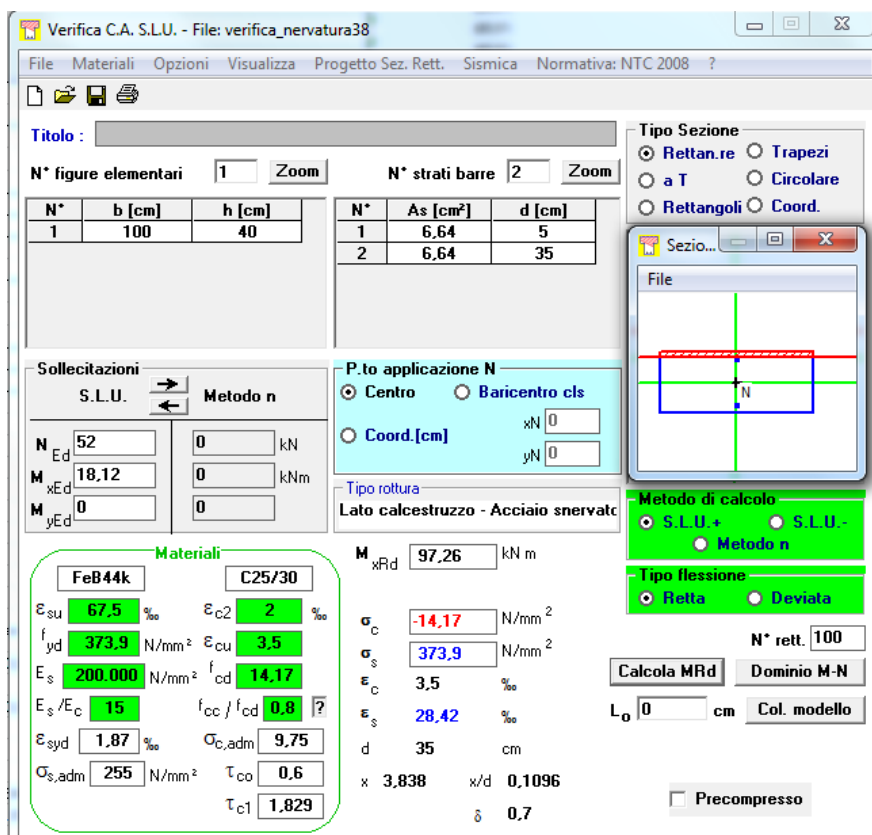
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3

Rc,d 395,86 kN

Rt,d 321,81 kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 3,7 > 1 \rightarrow OK$
Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito: $\Phi 16$ passo 30 cm.

SLU $\rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 97,96 / 18,12 = 5,4 > 1 \rightarrow OK$


Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura38

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	6,64	5
2	6,64	35

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 52 kN
M_{xEd} 18,12 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Materiali
FeB44k C25/30
ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,07 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 97,26 kNm
σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 373,9 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 28,42 ‰
d 35 cm
x 3,838 x/d 0,1096
δ 0,7

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

Tipo flessione
Retta Deviata

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

7.5.2 Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno

La verifica del muro in condizioni di magra prevede l'azione spingente del terrapieno e del sovraccarico d'uso. Nella relazione di calcolo del progetto, facendo riferimento ai listati di output del programma con cui è stato verificato il muro, non è esplicitato, per questa tipologia di muro, il valore del sovraccarico d'uso considerato ai fini delle verifiche. Per il muro relativo alla scheda 36 (confinante al muro in oggetto) è stato considerato un sovraccarico pari a 400 kg/m su una striscia di 5 m considerando il reinterro del muro fino alla quota di estradosso del muro.

Considerando lo stato dei luoghi, il rilievo topografico e il rilievo geometrico, appare evidente che il terrapieno a tergo del muro non arriva alla quota di estradosso del paramento (ma è 1,0 m più basso). Oltretutto è da considerarsi insufficiente il sovraccarico d'uso assunto nel progetto pari a 400 kg/mq poichè a tergo del muro è presente il piazzale di una segheria, sul quale possono transitare e sostare mezzi pesanti per il trasporto dei materiali e dei blocchi di marmo (pertanto si ritiene più congruo assumere un sovraccarico pari a 2000 kg/mq).

Di seguito vengono riportate le verifiche assumendo le condizioni dello stato dei luoghi: terreno a 1,0 m dalla quota di estradosso del paramento + sovraccarico stradale 2000 kg/mq. Laddove le verifiche non fossero soddisfatte si prevede di limitare il sovraccarico sul terrapieno non avendo indicazioni progettuali dettagliate.

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	5,2
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	5,6
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	4,2
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,2
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	0
L mensola ciabatta di STRADA [m]	1,8

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	53,21
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	66,58
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	25,70
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	32,16
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	19,37
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	19,39
W1 - Peso proprio nervatura	52,00
W2 - Peso proprio ciabatta	22,00

Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	136,08
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	9,36
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	9,37

SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro		
	194,73	-
	1,72	=
Mc ($\gamma=1.3/1.5$) [kNm/m]	193,02	

SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro	
braccio pali [m]	1,20
Ncompr. [kN/m]	310
Ntraz. [kN/m]	-46

interasse long. pali [m]	1,20
Ncompr. [kN/m]	372
Ntraz. [kN/m]	-55

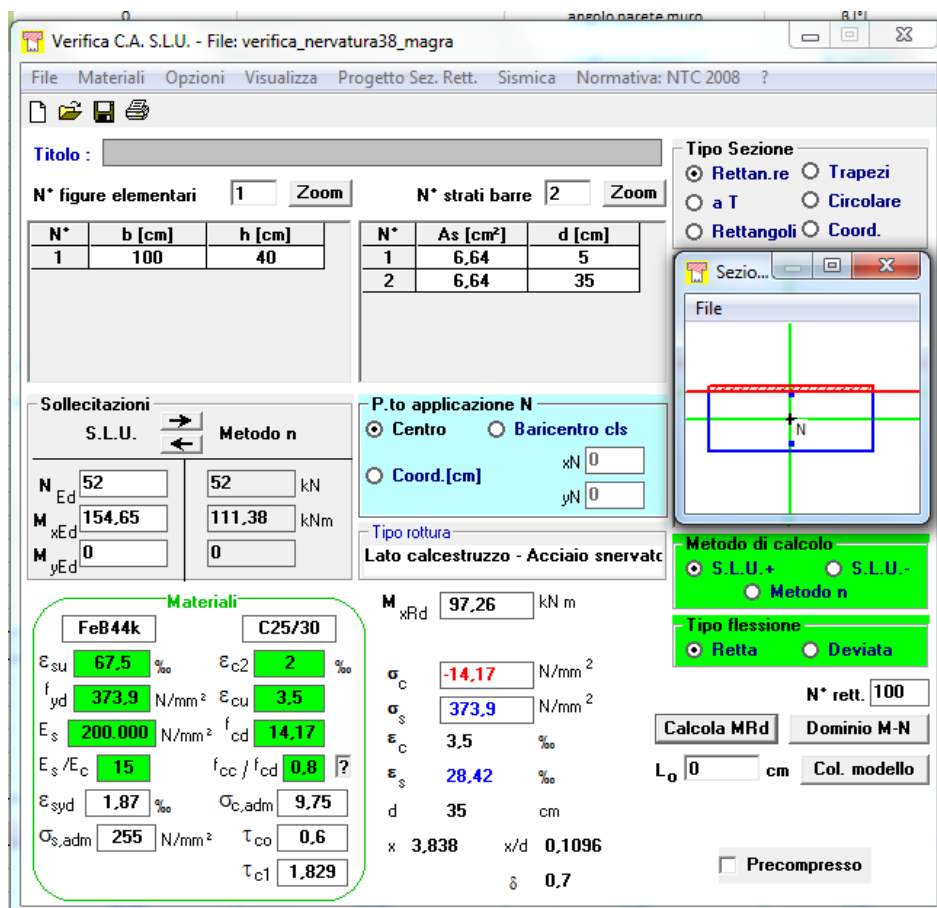
RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
Rc,d	395,86	kN
Rt,d	321,81	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 1,06 > 1 \rightarrow$ OK

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito: $\Phi 16$ passo 30 cm.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 97,26 / 154,65 = 0,63 < 1 \rightarrow \text{NO}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura38_magra

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	6,64	5
2	6,64	35

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 52 52 kN
M_{xEd} 154,65 111,38 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali

FeB44k C25/30

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 9,75 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6 ‰
τ_{c1} 1,829 ‰

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

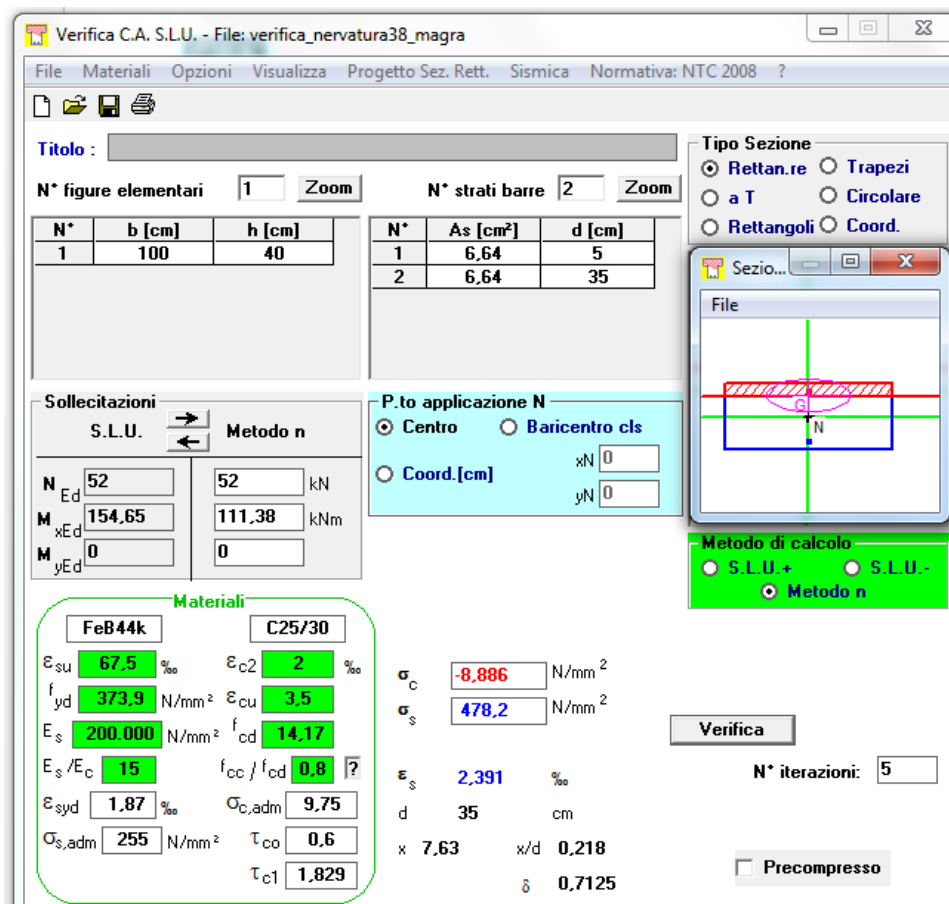
Precompresso

Calcoli:

M_{xRd} 97,26 kN m
σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 373,9 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 28,42 ‰
d 35 cm
x 3,838 x/d 0,1096
δ 0,7

SLE $\rightarrow \sigma_c = 8,85 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

$\rightarrow \sigma_s = 474,2 \text{ N/mm}^2 > 0,8f_{yk} = 344 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{NO}$



Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura38_magra

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	6,64	5
2	6,64	35

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

Sezio...

File

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

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

FeB44k C25/30

E_{su} 67,5 % E_{c2} 2 %
 f_{yd} 373,9 N/mm² E_{cu} 3,5
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 E_{syd} 1,87 % $\sigma_{c,adm}$ 9,75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

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

σ_c -8,886 N/mm²
 σ_s 478,2 N/mm²
 ϵ_s 2,391 %
 d 35 cm
 x 7,63 x/d 0,218
 δ 0,7125

7.5.3 Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra)

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

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

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

Per muri liberi di ruotare e traslare si considera che l'incremento di azione dovuto al sisma agisca nello stesso punto dell'azione statica ed il coefficiente β_m è tabellato in normativa in funzione della categoria di sottosuolo e dell'accelerazione massima attesa. Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al

terreno, come nel caso in esame, il coefficiente β_m assume valore unitario. In quest'ultimo caso, si assume che l'incremento di spinta dovuta al sisma sia applicato a metà altezza del muro.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m		
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte, st+din (M1)</i>		82,24
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle, st+din (M2)</i>		219,31
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Statica</u> (M1)</i>		53,21
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>		66,58
$\Delta S_{a,h}$ - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Dinamica</u> (M1)		29,03
$\Delta S_{a,h}$ - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)		152,73
W1 - Peso proprio nervatura*kh		11,93
W2 - Peso proprio ciabatta*kh		5,05
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh		31,23
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m		
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M1)</i>		29,93
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M2)</i>		63,86
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M1)</i>		19,37
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>		19,39
$\Delta S_{a,v}$ - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M1)		10,57
$\Delta S_{a,v}$ - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)		44,47
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)		46,03
W2 - Peso proprio ciabatta*(1-kv)		19,48
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)		120,46
SOLLECITAZIONI A1+M1 alla base del muro		
	263,24	-
	15,59	=
Mc [kNm/m]	247,66	

SOLLECITAZIONI A1+M1 sui pali a metro	
braccio pali [m]	1,20
Ncompr. [kN/m]	314
Ntraz. [kN/m]	-98

braccio pali [m]	1,20
Ncompr. [kN/m]	377
Ntraz. [kN/m]	-118

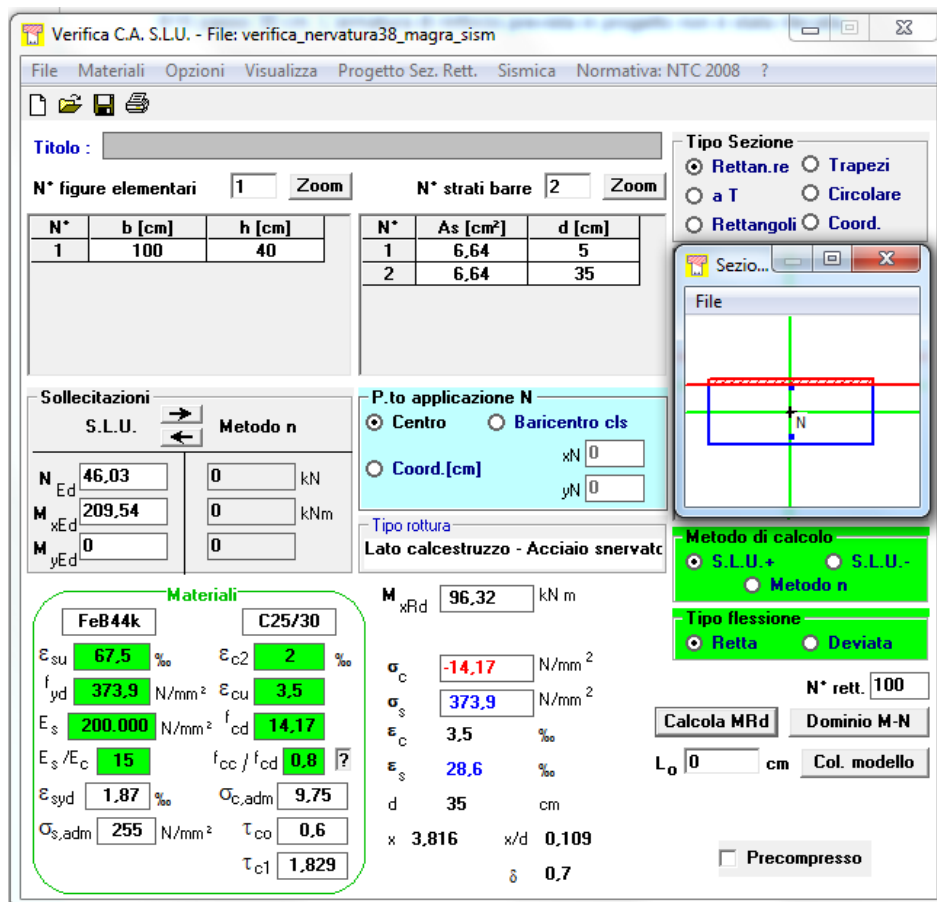
RESISTENZA DEL SINGOLO MICROPALO		
Approccio 2 - Combinazione 1 A1+M1+R3		
Rc,d	395,86	kN
Rt,d	321,81	kN

Verifica di Portanza del micropalo: $FS = 1,05 > 1 \rightarrow OK$

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito: $\Phi 16$ passo 30 cm. L'armatura di rinforzo prevista in progetto non è stata rilevata.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 96,32 / 209,54 = 0,5 < 1 \rightarrow \text{NO}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura38_magra_sism

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	6,64	5
2	6,64	35

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 46,03 0 kN
M_{xEd} 209,54 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
FeB44k C25/30
ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 9,75 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6 ‰
τ_{c1} 1,829 ‰

M_{xRd} 96,32 kN m
σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 373,9 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 28,6 ‰
d 35 cm
x 3,816 x/d 0,109
δ 0,7

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

Tipo flessione
Retta Deviata

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

7.6 Riepilogo

7.6.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → Conformità della tipologia – difformità nelle dimensioni geometriche (lunghezza della ciabatta di fondazione, spessore del paramento murario e presenza, rilevata in sito, di un sopralzo di spessore minore ($20\text{ cm} < 30\text{ cm}$)). Caratteristiche micropali conformi al progetto ad esclusione dell'interasse longitudinale che è stato rilevato maggiore ($1,2\text{ m} > 1\text{ m}$). Per motivi di inaccessibilità, non è stata rilevata la presenza della fila interna dei micropali.

Armature → Conformità del diametro dei ferri, difformità del passo (rilevato passo $30\text{ cm} > 25\text{ cm}$ da progetto).

Rischi → Erosione; Sicurezza strutturale.

Condizione di carico più gravosa → Condizioni statiche e sismiche di magra per la presenza del terrapieno con sovraccarico dovuto all'accessibilità del piazzale della segheria.

Verifiche → $FS > 1$ per le condizioni idrauliche

$FS < 1$ per le condizioni statiche e sismiche di magra in riferimento allo stato rilevato (difforme dallo stato di progetto).

7.6.2 Criticità

- 1) Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto.
- 2) Sovraccarico d'uso elevato sul terrapieno del muro per la presenza del piazzale accessibile della segheria (in caso di stoccaggio materiale e accessibilità mezzi pesanti, al muro vengono trasferite sollecitazioni importanti).

7.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Se le condizioni al contorno lo permettono, approfondire la presenza della fila interna di micropali di fondazione (fila lato terrapieno).

7.7 Interventi

Per garantire la sicurezza strutturale durante le condizioni statiche di magra, in riferimento alle verifiche effettuate sullo stato rilevato del muro (difforme dal progetto), si preve il seguente intervento (non strutturale):

1) Impedire:

- il deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,
- il transito di messi pesanti in prossimità del muro,
- assumendo un carico massimo ammissibile pari a 400 kg/mq.

Per garantire la sicurezza strutturale durante le condizioni sismiche di magra, in riferimento alle verifiche effettuate sullo stato rilevato del muro (difforme dal progetto), si prevede il seguente intervento di rinforzo per incrementare la resistenza della sezione strutturale di incastro del paramento verticale con la ciabatta di fondazione.

- 1) Si prevede il ringrosso della sezione in c.a. del muro mediante un contrafforte di altezza pari a 1,4 m e spessore 30 cm continuo lungo l'intero sviluppo del muro e il ringrosso della ciabatta di fondazione con un getto di spessore 30 cm. Il contrafforte è inghisato al muro esistente.**

7.8 Stima degli interventi

Ringrosso della sezione in c.a. del muro mediante un contrafforte

Volume stimato = 70 m³

Costo stimato = 120.000 €.

8 All. C - Verifica Muro in c.a. sinistra idraulica (rif. scheda 39 – sez.42)

8.1 Dati generali

Oggetto: Muro in c.a.

Anno di costruzione dell'opera: 2010

Localizzazione: Tratto 07 – sinistra idraulica (rif. sez. topografica n.42)

Lunghezza muro: ~ 150 m

Pratica sismica di riferimento: N. 373/2009: “Sistemazione alveo Torrente Carrione da sezione 41 a sezione 45 mediante la realizzazione di nuovi argini in c.a. e il rialzamento di muri d'argine esistenti”.

Collaudo Statico: Si → 16.07.2010.

8.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata: sono presenti fabbricati civili e industriali. Sul terrapieno retrostante il muro sono presenti piazzali di fabbricati industriali adibiti al deposito merci e al transito e sosta di mezzi pesanti.



Fig. 30 – Immagine dell'area scaricata da google map



Fig. 31 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

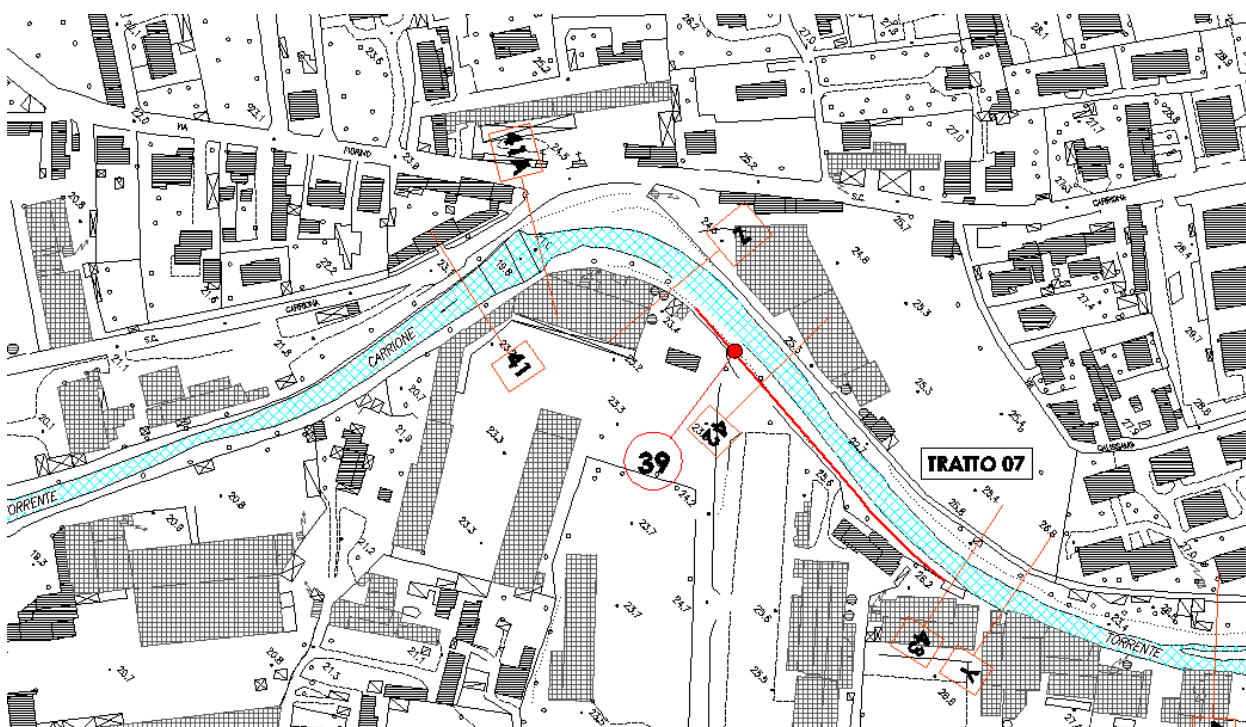


Fig. 32 – Inquadratura planimetrica – Tratto 07 – Sponda sinistra



Fig. 33 – Foto Muro

8.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009

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

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione Tecnica Generale
- 3) Relazione sull'indagine sismica
- 4) Relazione di calcolo
- 5) Relazione di fine lavori
- 6) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 373/2009 prevede la costruzione di un nuovo muro in c.a. avente altezza variabile da 4.5 m a 4.9 m con le stesse caratteristiche dei muri previsti in destra idraulica dallo stesso progetto (sez. 42).

Occorre fare un'osservazione sulla disposizione della armature così come rilevata dalle tavole progettuali:

- 1) i ferri inferiori (4 $\Phi 16$ lato alveo e 4 $\Phi 16$ lato terrapieno) non possono essere considerati ferri di rinforzo poiché i ferri verticali superiori si interrompono in corrispondenza dell'attacco paramento – ciabatta di fondazione pertanto la sovrapposizione che si crea tra i due ordini di armatura è una sovrapposizione necessaria all'ancoraggio ma non alla collaborazione strutturale;

- 2) i ferri inferiori lato alveo (4 $\Phi 16$) sono minori dell'armatura superiore (5 $\Phi 16$): in realtà l'andamento del momento prevede un massimo alla base del paramento e un minimo in testa.

In ogni caso, coerentemente con quanto rappresentato nelle tavole, ai fini del calcolo, il muro viene verificato nel progetto originale, considerando 4 $\Phi 16$ alla base.

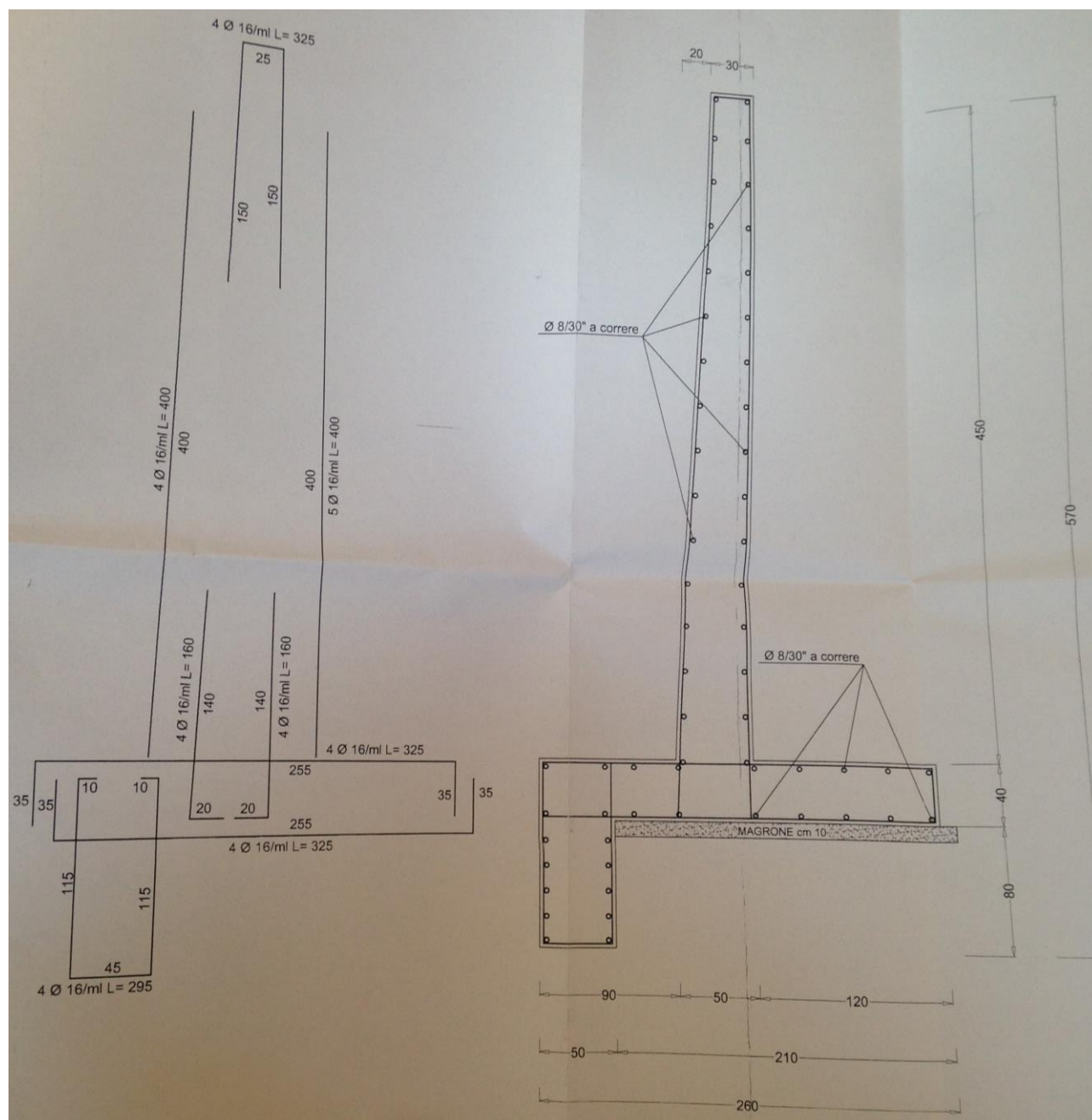


Fig. 34 – Sezione muro in c.a. – Estratto Pratica Sismica N. 373/2009

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

Il muro arginale in oggetto è stato costruito a cavallo del 2009 e del 2010 (data fine lavori: 16 giugno 2010).

8.4 Risultati delle indagini conoscitive in sito

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

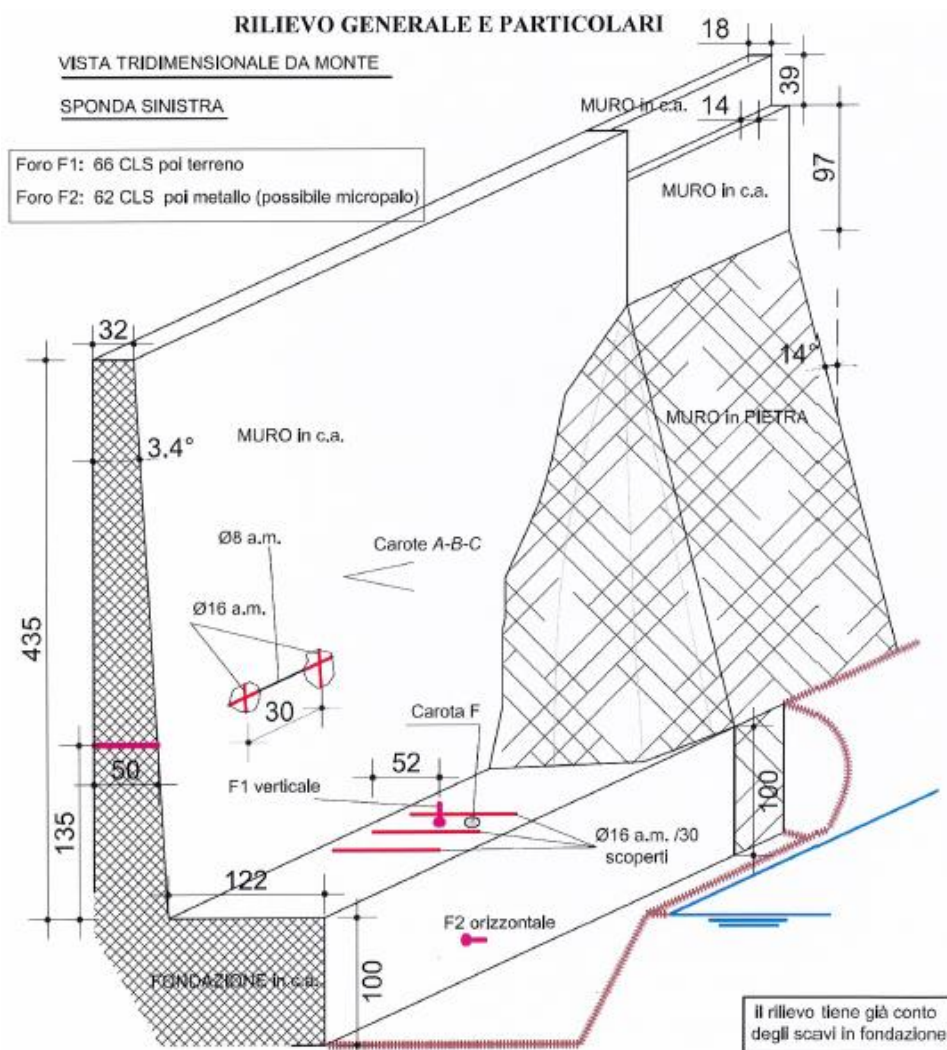


Fig. 35 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

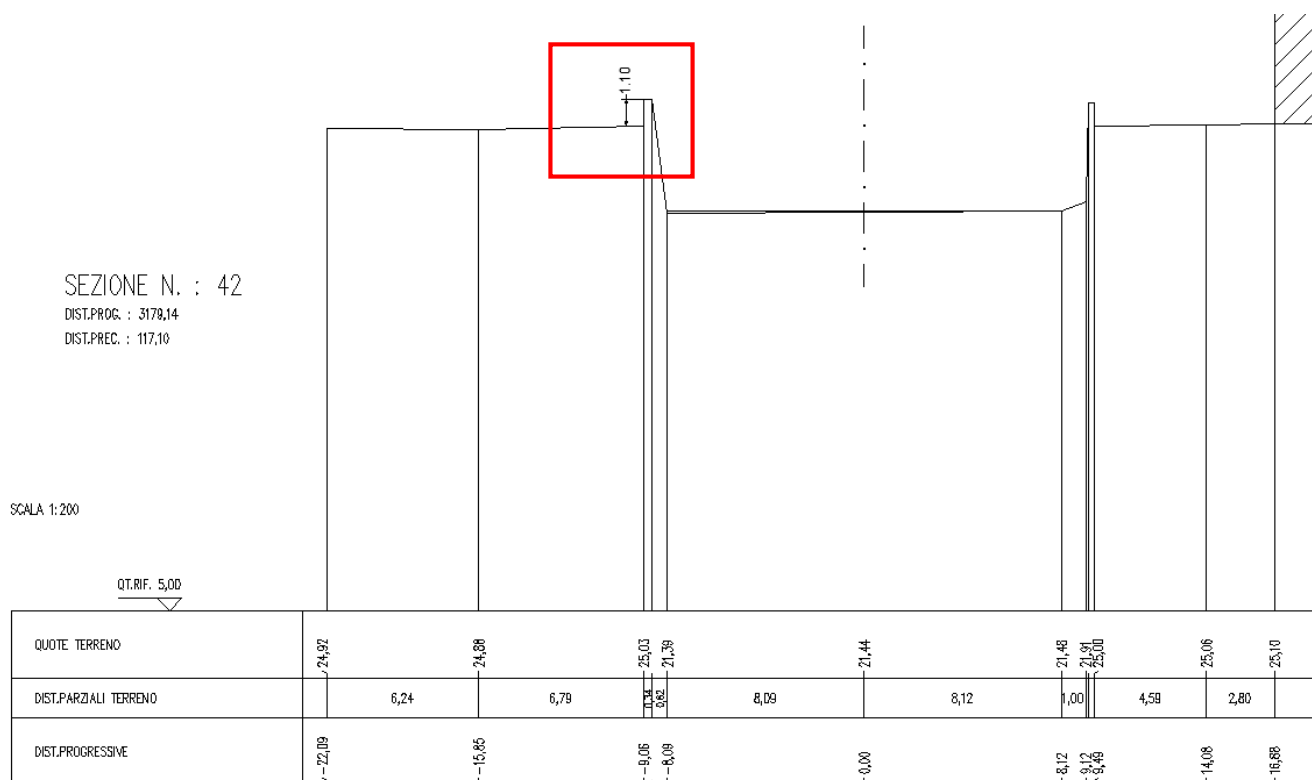


Fig. 36 – Sezione n.42 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale

8.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 42)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria del muro è difforme per dimensioni a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 373/2009): altezza del muro rilevata minore, larghezza ciabatta di fondazione rilevata lato alveo maggiore. La misura dello spessore della ciabatta di fondazione, che risulta maggiore del progetto (100 cm > 40 cm), potrebbe rappresentare l'effettiva presenza dello sperone, anche se non sufficientemente indagato.
- 2) la porzione della fondazione di muro lato terrapieno non è stata indagata.
- 3) dal foro orizzontale "F2" sulla ciabatta di fondazione è stato rilevato 62 cm di cls e poi metallo: "possibile micropalo" come si trova scritto nelle schede report delle indagini in sito. In realtà, non potendo contare su informazioni più dettagliate, non si può assumere ai fini delle verifiche in oggetto, la presenza dei micropali (visto che oltretutto nel progetto non sono previsti).

Ai fini del presente calcolo preliminare, si assume la geometria rilevata in sito e si considera la presenza dello sperone. Per la porzione di ciabatta di fondazione lato terrapieno, in assenza di indagini, si assume la geometria definita in progetto a completamento di quella rilevata.

8.4.2 Caratteristiche dei materiali

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

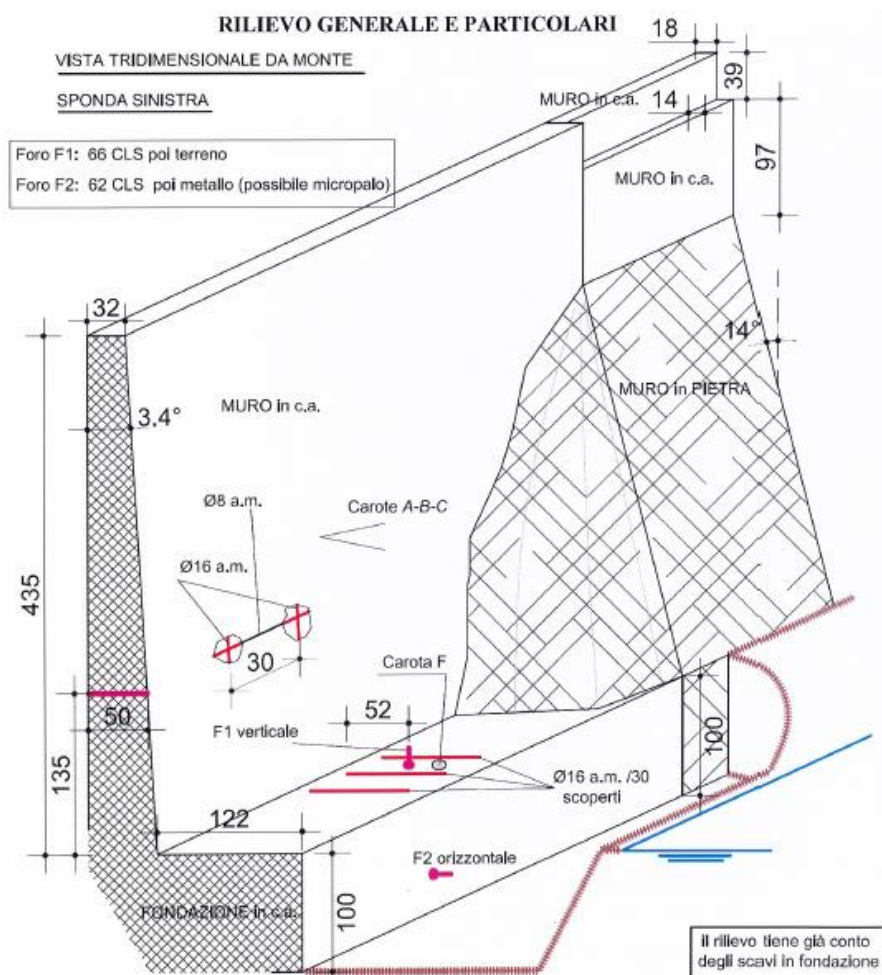


Fig. 37 – Punti di indagine

PROVE SONREB - MURO IN C.A.						
PUNTO	A	A'	B	B'	C	C'
Ir	39,9	40,6	37,9	37,8	39,9	39,0
Vp [m/s]	4421,0	4421,0	4580,0	4580,0	4584,0	4584,0
Rs0	48,6	49,8	49,6	49,4	53,4	51,7
Rs1	49,0	49,9	50,6	50,4	53,5	52,2
Rs2	44,2	45,2	44,3	44,1	47,3	45,9
Rs3	40,6	41,4	40,7	40,6	43,2	42,1
Rs (medio)	45,6	46,6	46,3	46,1	49,3	48,0
fc (0,83 Rs)	37,8	38,7	38,4	38,3	41,0	39,8

CAROTE - MURO IN C.A.				(Masi, 2005)			
PROVINO	f _{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C _{IV/D}	f _{cis} [Mpa]	Rc [Mpa]
39A	35,4	104	202	0,51	0,99	35,1	42,29
39B	32,8	104	203	0,51	0,99	32,5	39,16
39C	32,8	104	202	0,51	0,99	32,5	39,16
				media		33,37	40,20

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mm²]	
fcm	35,24

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	29,37

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

Cls C25/30 e armatura Feb44K.

8.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri $\Phi 16$ passo 30 cm. → NO: il progetto prevede un passo dei ferri pari a 20 cm lato terrapieno e 25 cm lato alveo.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 8$ passo non rilevato.

Sulla fondazione è stata rilevata un'armatura superiore pari a $\Phi 16$ passo 30 cm. → NO: il progetto prevede un passo dei ferri pari a 25.

8.5 Verifiche del muro arginale

Per le verifiche del muro in c.a. si fa riferimento alla geometria rilevata in sito e per mancanza di informazioni sulla ciabatta di fondazione nella porzione retrostante il muro si fa riferimento alla geometria di progetto. In accordo al progetto, e per quanto rilevato in sito, si considera la presenza dello sperone.

Per i parametri geotecnici si assume quanto riportato nel progetto depositato: $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$ e $\varphi' = 30^\circ$.

8.5.1 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.

Dalla relazione di calcolo del progetto non è chiaramente esplicitata la quota dell'acqua considerata ai fini delle verifiche, nella relazione tecnica generale viene fatto riferimento a un franco minimo di 50 cm per garantire il deflusso della piena duecentennale, ma non è chiara la quota dell'acqua assunta nei calcoli (se con o senza franco). In questa sede, si assume l'altezza dell'acqua fino all'estradosso superiore del paramento murario (che in base ai nuovi studi idraulici rappresenta la piena trentennale).

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4,35
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	4,75
h terreno su ciabatta di valle [m]	0
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,6
L mensola ciabatta di monte [m]	0,88
L mensola ciabatta di valle [m]	1,22
H sperone [m]	0,8
sp. sperone [m]	0,5

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	154,01
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	43,50
W2 - Peso proprio ciabatta	26,00
W2 - Peso proprio sperone	10,00
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	51,48
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	267,33
Spinta passiva del terreno strada (M2)	217,81

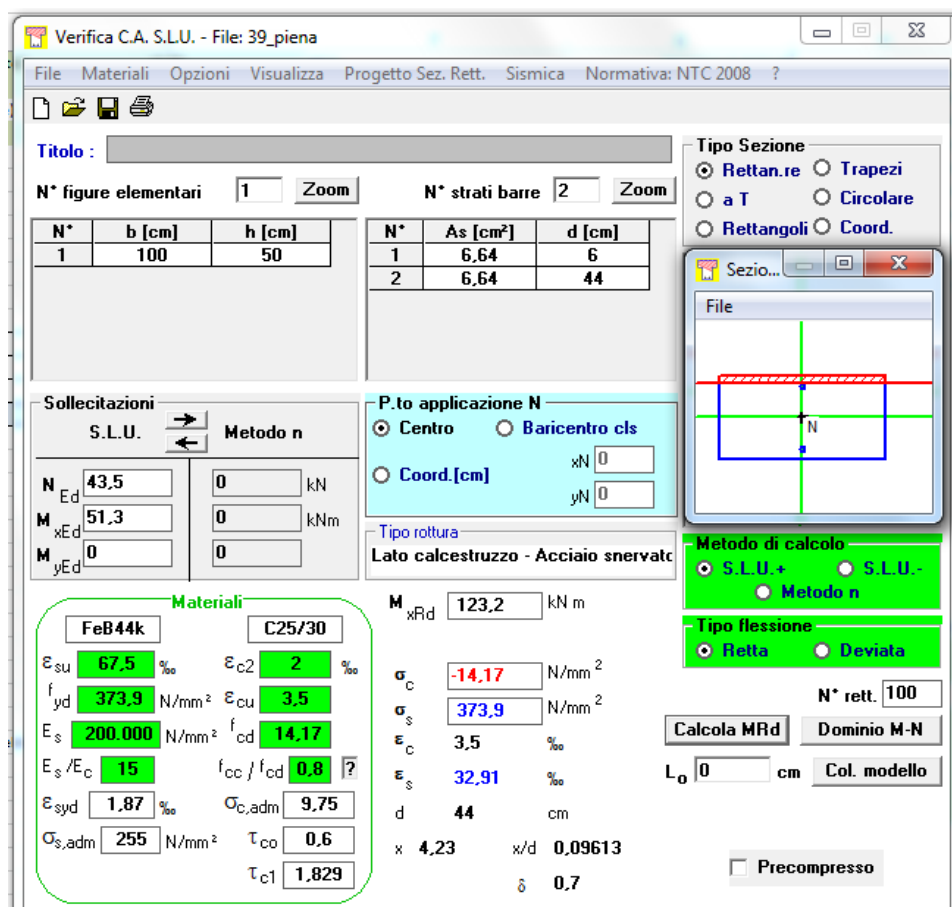
VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	365,78	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	405,01	
	FS [-]	1,11 > 1	OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3		
$\delta k = \Phi' (M1)$	30,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. di STR)	Td [kN/m]	36,32	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. di STR) (R3)	Tr [kN/m]	68,75	
	FS [-]	1,89 > 1	OK

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito: $\Phi 16$ passo 30 cm.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res} / M_{soll} = 123,2 / 51,3 = 2,4 > 1 \rightarrow OK$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 39_piena

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

Titolo: _____

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,64	6
2	6,64	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 43,5 0 kN
M_{Ed} 51,3 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

FeB44k C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s / E_c 15 f_{cc} / f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,87 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

Calcoli

M_{xRd} 123,2 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 373,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 32,91 ‰
d 44 cm
x 4,23 x/d 0,09613
 δ 0,7

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

8.5.2 Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno

La verifica del muro in condizioni di magra prevede l'azione spingente del terrapieno e del sovraccarico d'uso. Dalla relazione di calcolo del progetto non è chiaramente espresso il valore del sovraccarico d'uso considerato ai fini delle verifiche, da un'interpretazione dei dati però appare che il sovraccarico considerato sia pari a 400 kg/m su una striscia di 5 m considerando il reinterro del muro fino alla quota di estradosso del muro.

Considerando lo stato dei luoghi, il rilievo topografico e il rilievo geometrico, appare evidente che il terrapieno a tergo del muro non arriva alla quota di estradosso del paramento (ma è 1,1 m più basso). Oltretutto è da considerarsi insufficiente il sovraccarico d'uso assunto nel progetto pari a 400 kg/mq poiché a tergo del muro è presente il piazzale di una segheria, sul quale possono transitare e sostare mezzi pesanti per il trasporto dei materiali e dei blocchi di marmo (pertanto si ritiene più congruo assumere un sovraccarico pari a 2000 kg/mq).

Di seguito vengono riportate le verifiche seguendo 2 diversi approcci:

- 3) Con le condizioni di progetto: terreno fino alla quota di estradosso del paramento + sovraccarico 400 kg/mq.
- 4) Con le condizioni dello stato dei luoghi: terreno a 1,1 m dalla quota di estradosso del paramento + sovraccarico stradale 2000 kg/mq.

VERIFICHE CONDIZIONE 1

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4,5
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	4,9
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	4,5
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,6
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	0,9
L mensola ciabatta di STRADA [m]	1,2
H sperone [m]	0,8
sp. sperone [m]	0,5

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	81,69
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	102,23
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	6,37
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	7,97
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	29,73

Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	29,77
W1 - Peso proprio nervatura	45,00
W2 - Peso proprio ciabatta	26,00
W2 - Peso proprio sperone	10,00
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	97,20
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle	40,50
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	2,32
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	2,32

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2			OK
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	247,73	
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	338,23	
	FS [-]	1,37 > 1	

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	OK
$\bar{\sigma}_k = \Phi'$ (M1)	30,00		
$\tan \bar{\sigma}_k / \gamma$	0,52		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	115,76	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	130,39	
	FS [-]	1,13 > 1	

Sollecitazioni alla sezione di incastro del paramento con la ciabatta di fondazione

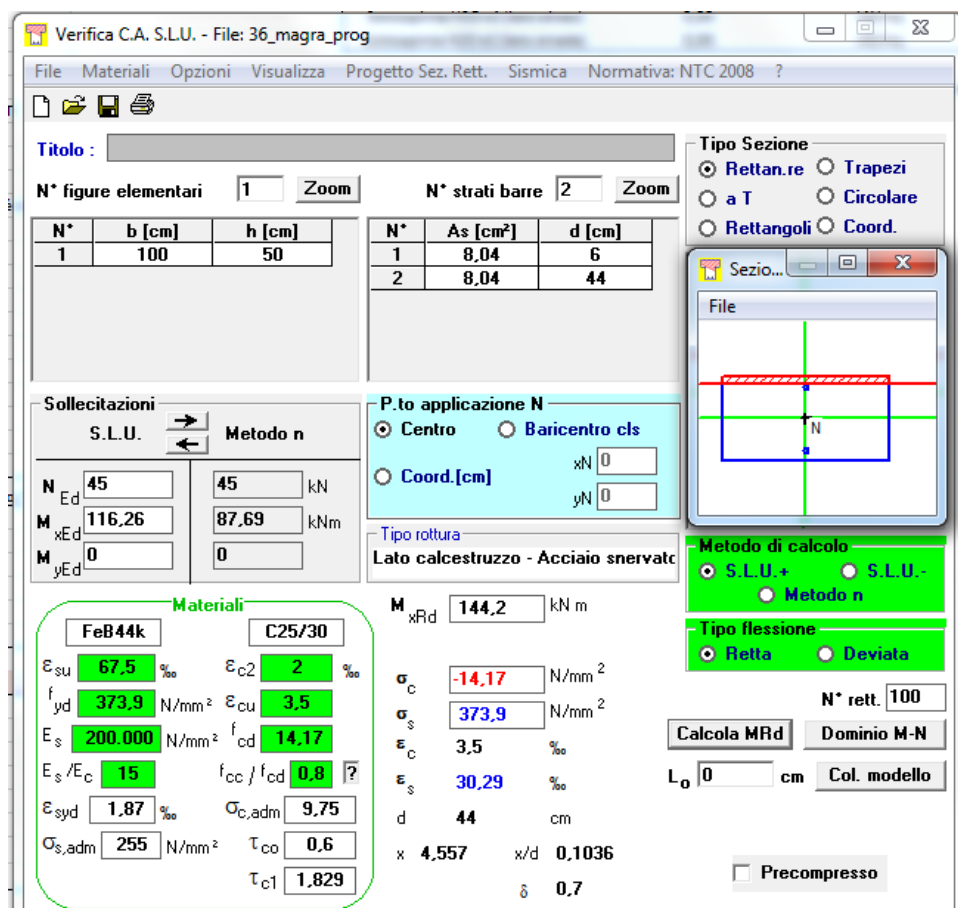
SLE		
T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
55,95	87,69	45
SLU		
T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
73,74	116,26	45

Si osserva che tali sollecitazioni confermano i risultati progettuali calcolati agli SLE (N = 44.8 kN - M = 85,84 kNm - T = 51,9 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. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura corrente superiore: 4 Φ 16/ m (come da rilievo e da progetto).

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 144,2 / 116,26 = 1,2 > 1 \rightarrow \text{OK}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 36_magra_prog

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

TITOLO :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	6
2	8,04	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 45 45 kN

M_{xEd} 116,26 87,69 kNm

M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

FeB44k C25/30

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰

E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?

ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 9,75

σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6

τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 144,2 kN m

σ_c -14,17 N/mm²

σ_s 373,9 N/mm²

ε_c 3,5 ‰

ε_s 30,29 ‰

d 44 cm

x 4,557 x/d 0,1036

δ 0,7

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

$SLE \rightarrow \sigma_c = 4,5 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

$\rightarrow \sigma_s = 239,3 \text{ N/mm}^2 < 0,8f_{yk} = 344 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: 36_magra_prog

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

Titolo :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	6
2	8,04	44

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

Sezio...

File

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

Sollecitazioni
 S.L.U. ☒ Metodo n

N_{Ed} 45 kN
 M_{xEd} 116,26 kNm
 M_{yEd} 0

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

Materiali
 FeB44k C25/30
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 9,75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

σ_c -4,489 N/mm²
 σ_s 239,3 N/mm²
 ε_s 1,197 ‰
 d 44 cm
 x 9,662 x/d 0,2196
 δ 0,7145

Verifica

N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

VERIFICHE CONDIZIONE 2

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	4,35
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	4,75
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	3,25
spessore nervatura [m]	0,4
Larghezza totale ciabatta [m]	2,6
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	1,22
L mensola ciabatta di STRADA [m]	0,88
H sperone [m]	0,8
sp. sperone [m]	0,5

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	49,79
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	62,31
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	24,87
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	31,11
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	18,12
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	18,14
W1 - Peso proprio nervatura	43,50
W2 - Peso proprio ciabatta	26,00
W2 - Peso proprio sperone	10,00
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	51,48
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	9,05
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	9,06

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	205,51
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	230,79
	FS [-]	1,12 > 1
VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)	30,00	
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	102,03
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	78,26
	FS [-]	0,77 < 1

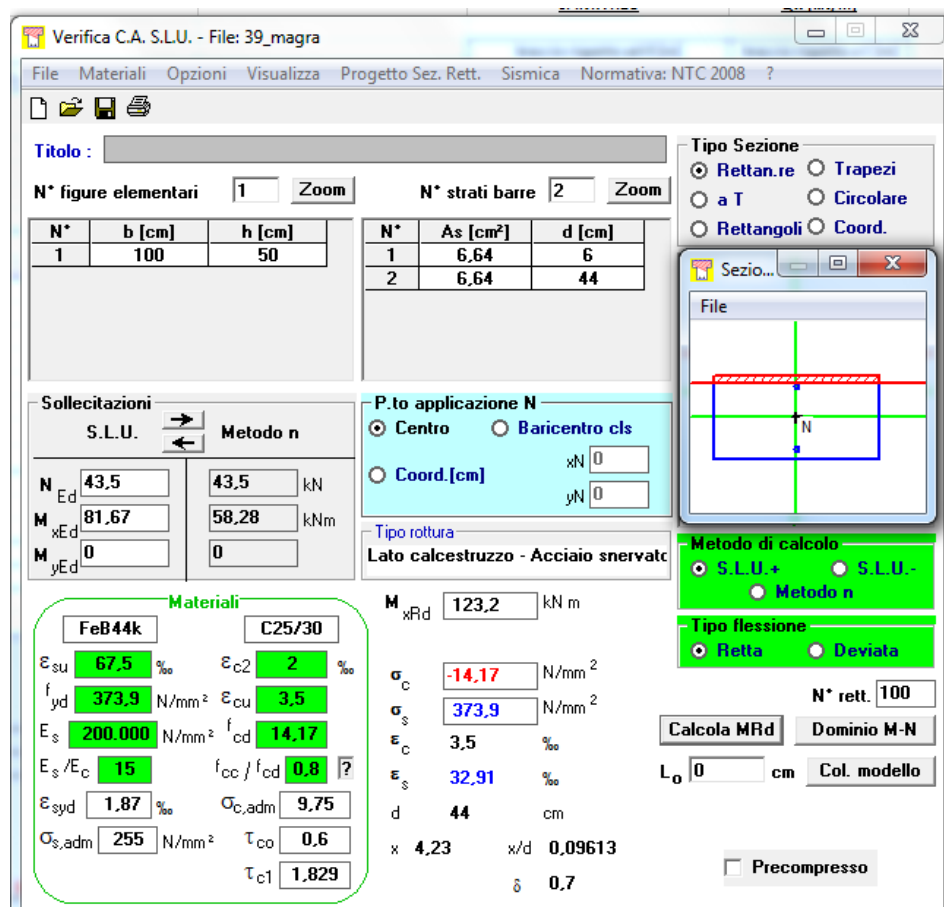
Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito: $\Phi 16$ passo 30 cm.

Sollecitazioni alla sezione di incastro del paramento con la ciabatta di fondazione

	SLE		
	T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
<u>26,56</u>	44,72	58,28	43,5
<u>18,16</u>			
	SLU		
	T(4.5)	M(4.5)	N (4.5)
<u>34,53</u>	61,77	81,67	43,5
<u>27,24</u>			

$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 123,2 / 81,67 = 1,5 > 1 \rightarrow \text{OK}$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 39_magra

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

Titolo: _____

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,64	6
2	6,64	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 43,5 43,5 kN
M_{xEd} 81,67 58,28 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

FeB44k C25/30

E_{su} 67,5 % E_{c2} 2 %
f_{yd} 373,9 N/mm² E_{cu} 3,5 %
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
E_{syd} 1,87 % σ_{c,adm} 9,75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 123,2 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 373,9 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 32,91 ‰
d 44 cm
x 4,23 x/d 0,09613
δ 0,7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

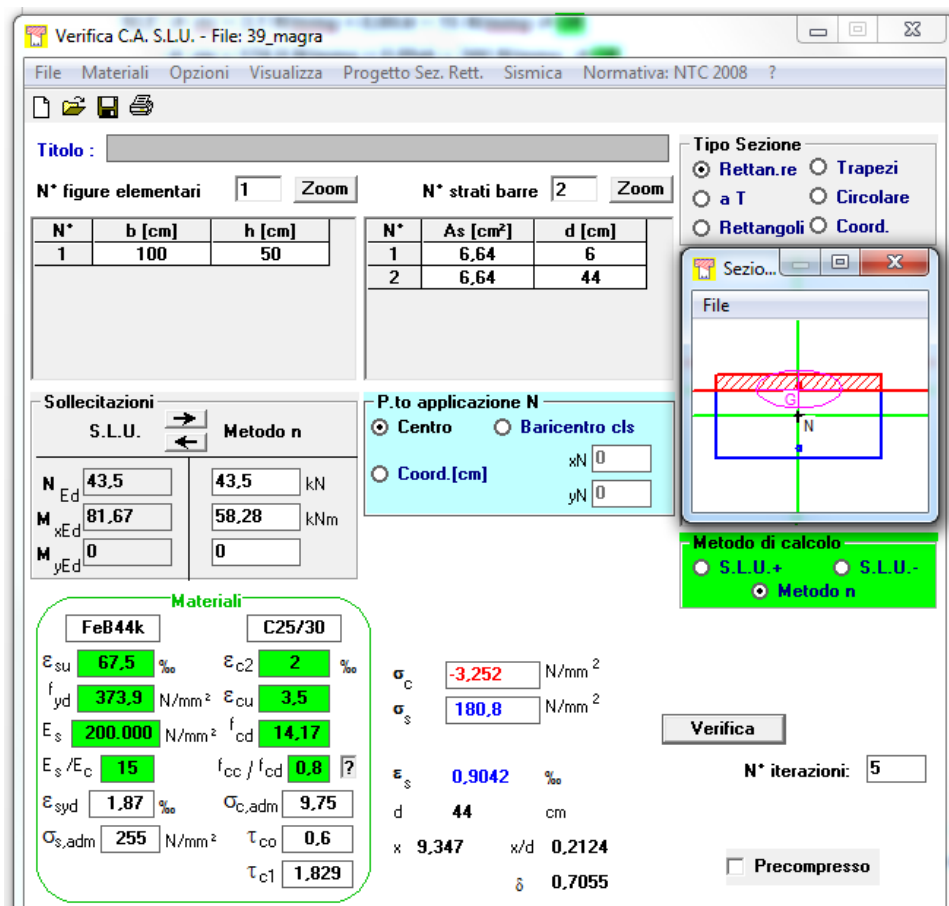
Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 cm Col. modello

Precompresso

SLE $\rightarrow \sigma_c = 3,2 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

$\rightarrow \sigma_s = 180,8 \text{ N/mm}^2 < 0,8f_{yk} = 344 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$



8.5.3 Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra)

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

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

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

Per muri liberi di ruotare e traslare si considera che l'incremento di azione dovuto al sisma agisca nello stesso punto dell'azione statica ed il coefficiente β_m è tabellato in normativa in funzione della categoria di sottosuolo e dell'accelerazione massima attesa.

VERIFICHE CONDIZIONE 1

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte,st+din (M1)	89,30
Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle,st+din (M2)	110,68
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte Statica (M1)	81,69
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle Statica (M2)	102,23
Δ Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte Dinamica (M1)	7,60
Δ Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle Dinamica (M2)	8,45
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M1)	6,96
Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M2)	8,63
W1 - Peso proprio nervatura*kh	2,48
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*kh	1,98
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh	5,35
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle*kh	2,23
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M1)	32,50
Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle,st+din (M2)	32,23
Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Statica (M1)	29,73
Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Statica (M2)	29,77
Δ Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Dinamica (M1)	2,77
Δ Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle Dinamica (M2)	2,46
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)	43,76
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*(1-kv)	35,01
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)	94,52
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a valle*(1-kv)	39,38

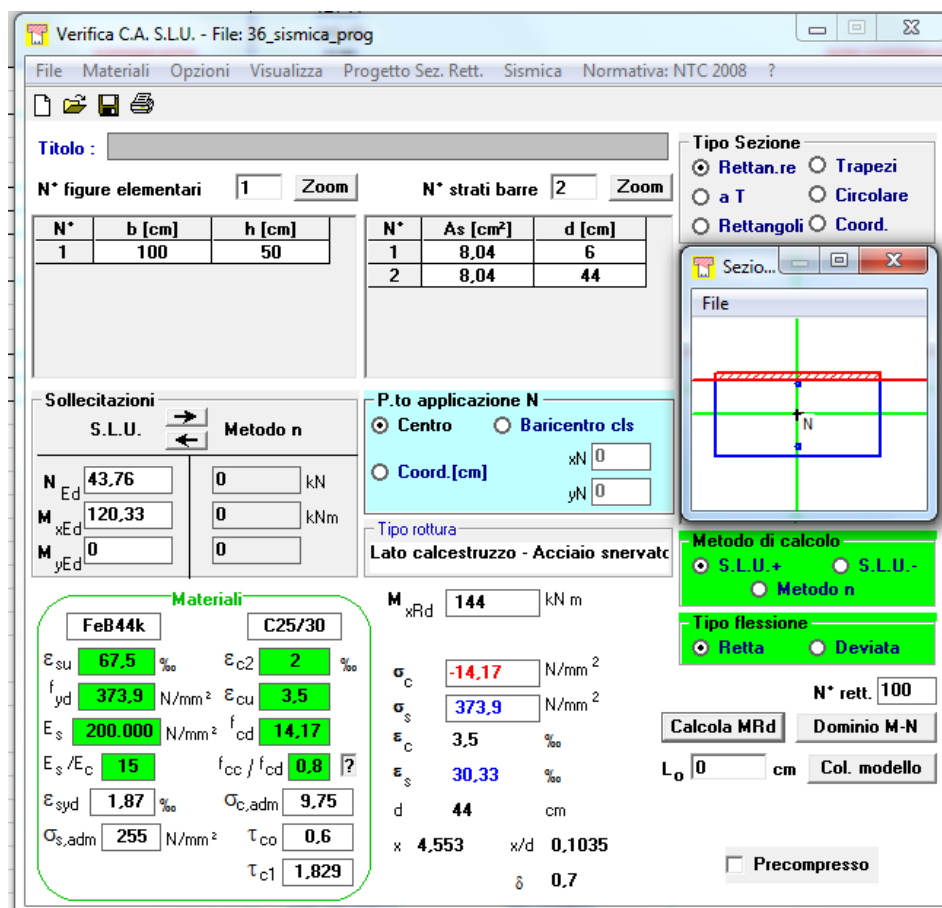
VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	269,80
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	385,24
	FS [-]	1,43 > 1
		OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)		30,00	
$\tan \delta k / \gamma r$		0,52	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	108,31	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	128,90	
	FS [-]	1,19 > 1	
			OK

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura corrente superiore: 4 Φ 16/ m (come da rilievo e da progetto).

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 144 / 120,33 = 1,2 > 1 \rightarrow \text{OK}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 36_sismica_prog

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

TITOLO :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	6
2	8,04	44

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 43,76 0 kN
M_{xEd} 120,33 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

FeB44k C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,87 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 144 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 373,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 30,33 ‰
d 44 cm
x 4,553 x/d 0,1035
 δ 0,7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

VERIFICHE CONDIZIONE 2

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte, st+din (M1)</i>	54,43
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle, st+din (M2)</i>	67,46
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Statica</u> (M1)</i>	49,79
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	62,31
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Dinamica</u> (M1)</i>	4,63
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	5,15
W1 - Peso proprio nervatura*kh	2,40
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*kh	1,98
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh	2,84
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M1)</i>	19,81
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M2)</i>	19,64
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M1)</i>	18,12
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	18,14
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M1)</i>	1,69
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	1,50
W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)	42,30
W2 - Peso proprio ciabatta+sperone *(1-kv)	35,01
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)	50,06

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	118,46
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	264,78
	FS [-]	2,24 > 1 OK

VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3		
$\delta k = \Phi'$ (M1)	30,00		
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52		
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	61,64	
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	77,25	
	FS [-]	1,25 > 1	OK

8.6 Riepilogo

8.6.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → Difficoltà nelle dimensioni geometriche (altezza del muro, larghezza ciabatta di fondazione lato alveo, dimensioni sperone di fondazione). Nessuna informazione sulla ciabatta di fondazione lato terrapieno.

Armature → Conformità del diametro dei ferri, difficoltà del passo (sia sul paramento che in fondazione).

Rischi → Erosione, sicurezza strutturale se si assume il sovraccarico stradale sul terrapieno.

Condizione di carico più gravosa → Condizioni statiche di magra.

Verifiche → $FS > 1$ nelle condizioni di progetto.

$FS < 1$ nelle condizioni attuali con sovraccarico d'uso maggiore che da progetto.

8.6.2 Criticità

- 1) Dimensioni geometriche del muro in disaccordo con quanto stabilito in progetto.
- 2) Sovraccarico d'uso elevato sul terrapieno del muro per la presenza del piazzale accessibile dei fabbricati industriali (in caso di stoccaggio materiale e accessibilità mezzi pesanti, al muro vengono trasferite sollecitazioni importanti).

8.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche della fondazione: geometria, dimensioni, dimensioni sperone.

8.7 Interventi

Sull'opera in oggetto si prevedono i seguenti interventi (non strutturali).

1) *Impedire:*

- il deposito dei blocchi di marmo e granito in prossimità del muro,
- il transito di mezzi pesanti in prossimità del muro,
- assumendo un carico massimo ammissibile pari a 500 kg/mq.

Laddove, in seguito a saggi approfonditi, si riscontrassero difficoltà tra la geometria di fondazione rilevata e la geometria di progetto, sarà necessario riverificare la struttura nella configurazione rilevata prevedendo opportuni interventi di rinforzo se necessari.

9 All. D - Verifica Muro in c.a. destra idraulica (rif. scheda 44-47 – sez. 44)

9.1 Dati generali

Oggetto: Muro in c.a.

Anno di costruzione dell'opera: 2010

Localizzazione: Tratto 07 – destra idraulica (rif. sez. topografica n.44)

Lunghezza muro: ~ 130 m

Pratica sismica di riferimento: N. 373/2009: “Sistemazione alveo Torrente Carrione da sezione 41 a sezione 45 mediante la realizzazione di nuovi argini in c.a. e il rialzamento di muri d'argine esistenti”.

Collaudo Statico: Si → 16.07.2010.

9.2 Descrizione dello stato dei luoghi e localizzazione dell'opera

L'area in cui sorge il muro è un'area urbanizzata: sono presenti fabbricati civili e industriali. Sul terrapieno retrostante il muro sono presenti piazzali e giardini di fabbricati residenziali.



Fig. 38 – Immagine dell'area scaricata da google map



Fig. 39 – Ingrandimento Immagine dell'area scaricata da google map

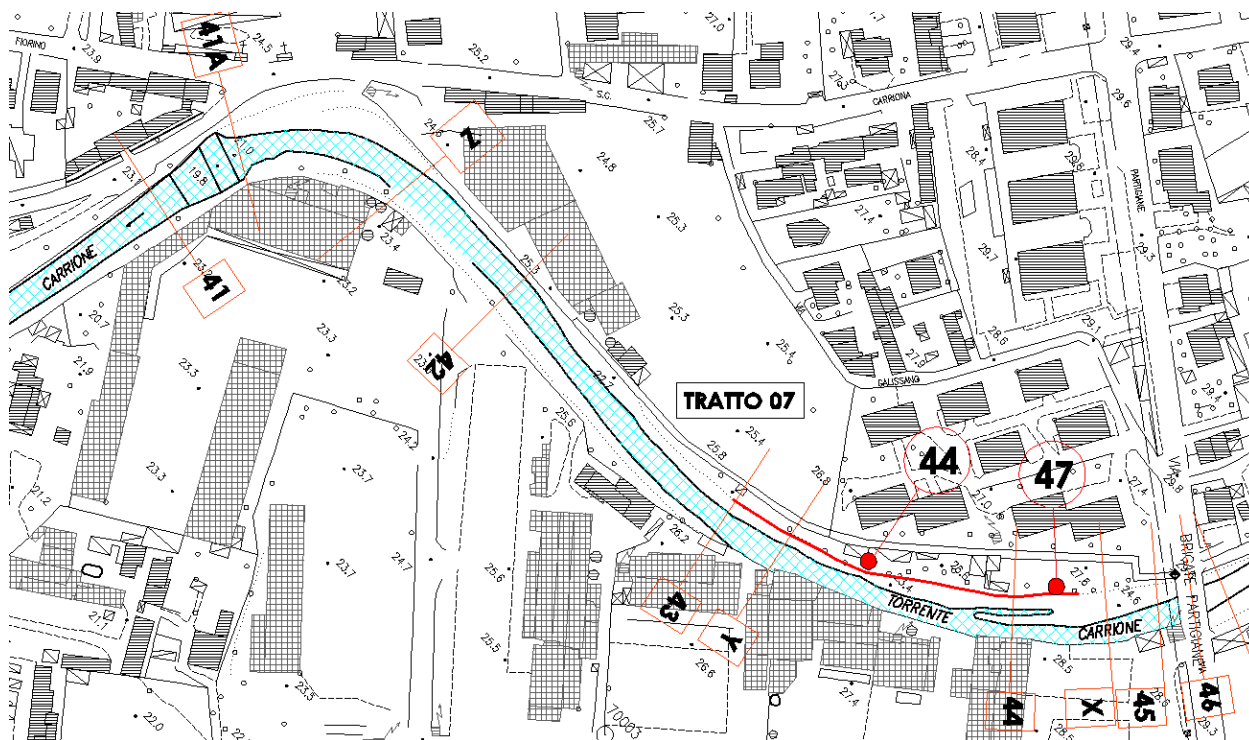


Fig. 40 – Inquadramento planimetrico – Tratto 07 – Sponda destra



Fig. 41 – Foto Muro

9.3 Scheda del progetto depositato con pratica sismica N. 373/2009

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

- 1) Tavole di progetto
- 2) Relazione Tecnica Generale
- 3) Relazione sull'indagine sismica
- 4) Relazione di calcolo
- 5) Relazione di fine lavori
- 6) Documento di collaudo

La pratica sismica n. 373/2009 prevede un nuovo muro in c.a. dotato di sperone al fine di evitare il sifonamento, con ciabatta di fondazione esterna all'alveo e altezza variabile da 6,8 m a 5,3 m (sez. 45-44).

Occorre fare un'osservazione sulla disposizione della armature così come rilevata dalle tavole progettuali:

- 1) i ferri inferiori (4 $\Phi 16$ lato alveo e 6 $\Phi 16$ lato terrapieno) non possono essere considerati ferri di rinforzo poiché i ferri verticali superiori si interrompono in corrispondenza dell'attacco paramento – ciabatta di fondazione pertanto la sovrapposizione che si crea tra i due ordini di armatura è una sovrapposizione necessaria all'ancoraggio ma non alla collaborazione strutturale;

In ogni caso, coerentemente con quanto rappresentato nelle tavole, ai fini del calcolo, il muro viene verificato nel progetto originale, considerando alla base 4 $\Phi 16$ lato alveo e 6 $\Phi 16$ lato terrapieno.

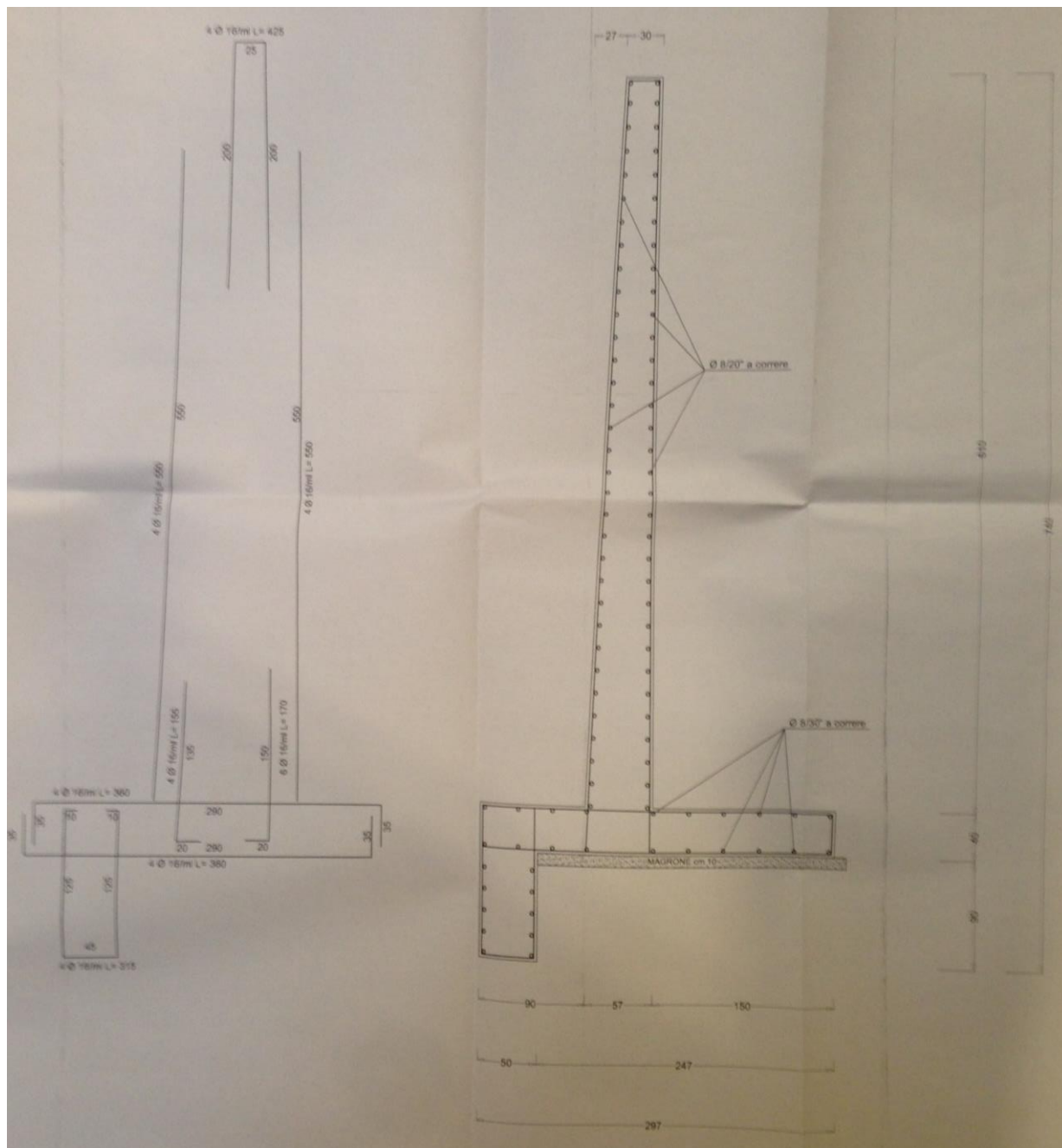


Fig. 42 – Sezione muro in c.a. – Estratto Pratica Sismica N. 373/2009

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

Il muro arginale in oggetto è stato costruito a cavallo del 2009 e del 2010 (data fine lavori: 16 giugno 2010).

9.4 Risultati delle indagini conoscitive in sito

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

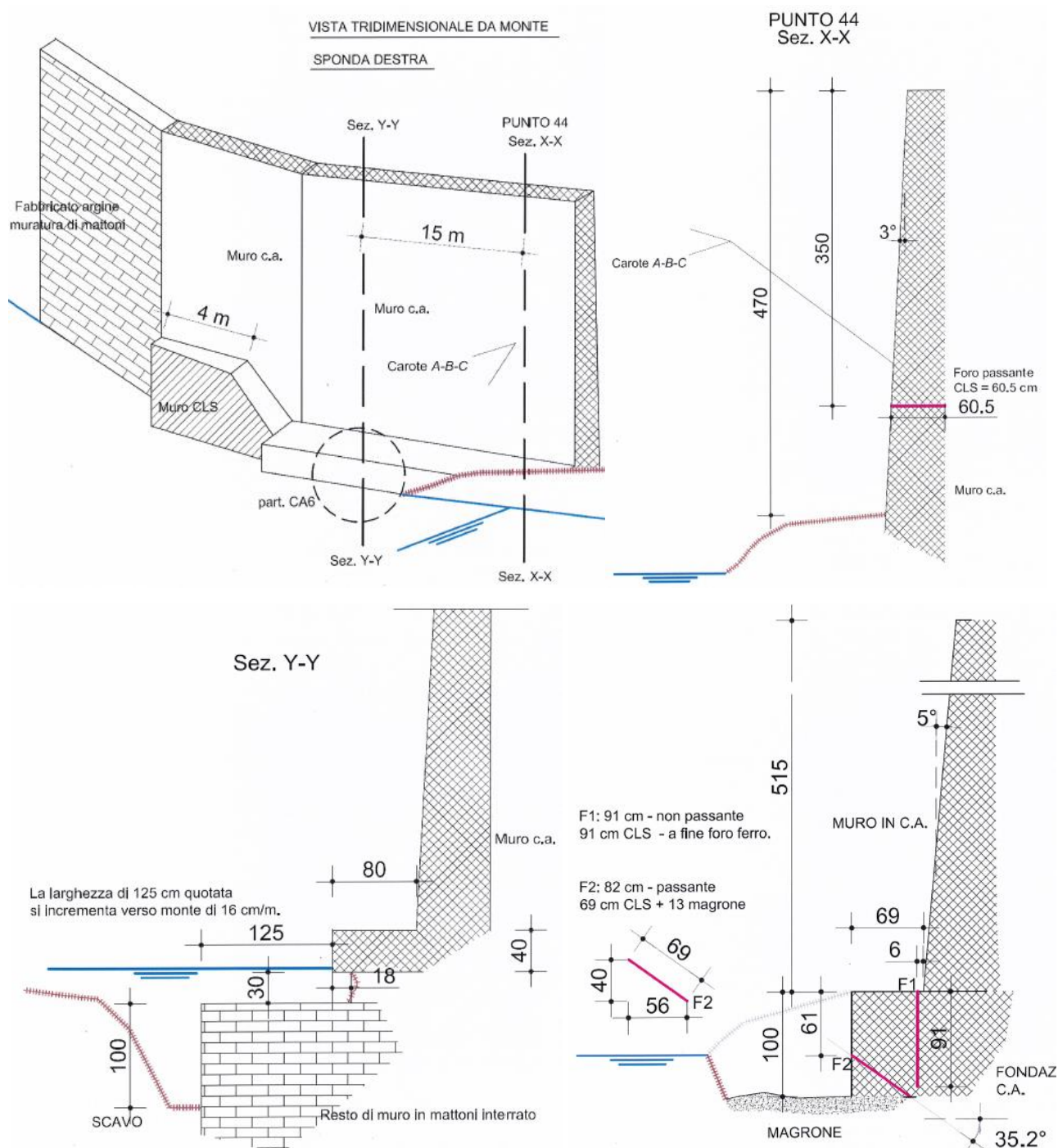


Fig. 43 – Sezione tipologica strutturale rilevata in sito

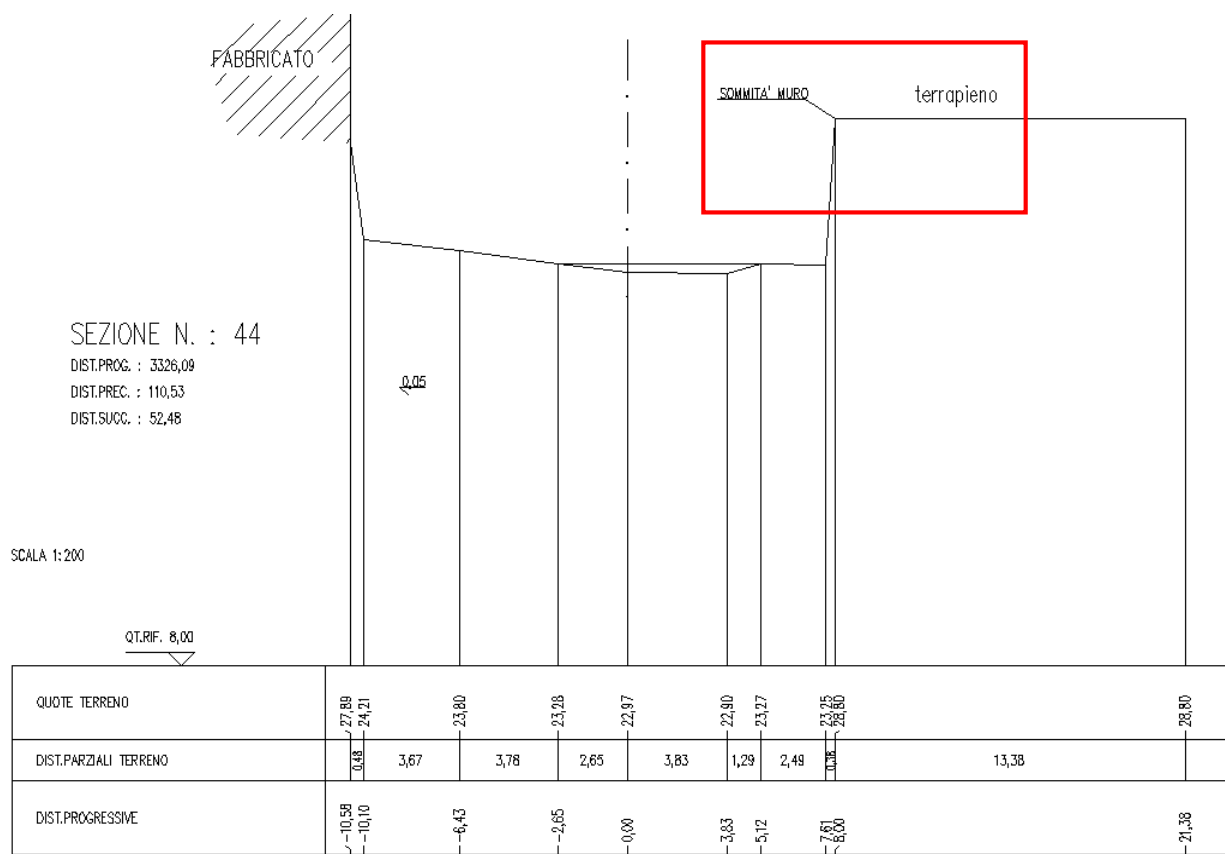


Fig. 44 – Sezione n.44 – Rilievo topografico effettuato sull'intera asta fluviale

9.4.1 Geometria

Sulla base delle informazioni geometriche ottenute da:

- 1) rilievo topografico (sez. 44)
- 2) rilievo geometrico effettuato durante le indagini in sito

si osserva che:

- 1) la geometria del muro è difforme per dimensioni a quanto riportato nel progetto (rif. P.S. N. 373/2009): le dimensioni della ciabatta di fondazione non corrispondono, lo sperone non è stato chiaramente rilevato e non ci sono informazioni circa la parte di ciabatta a tergo del muro (mensola lato monte).
- 2) dal foro verticale "F1" è stato rilevato uno spessore della ciabatta di fondazione pari a 91 cm prima di incontrare il ferro, tale misura (superiore allo spessore della ciabatta di fondazione pari a 40 cm), potrebbe rappresentare l'effettiva presenza dello sperone, anche se non sufficientemente indagato.

Ai fini del presente calcolo preliminare, si assume la geometria rilevata in sito e si considera la presenza dello sperone. Per la porzione di ciabatta di fondazione lato terrapieno, in assenza di indagini, si assume la geometria definita in progetto: larghezza ciabatta lato terrapieno = 150 cm.

9.4.2 Caratteristiche dei materiali

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

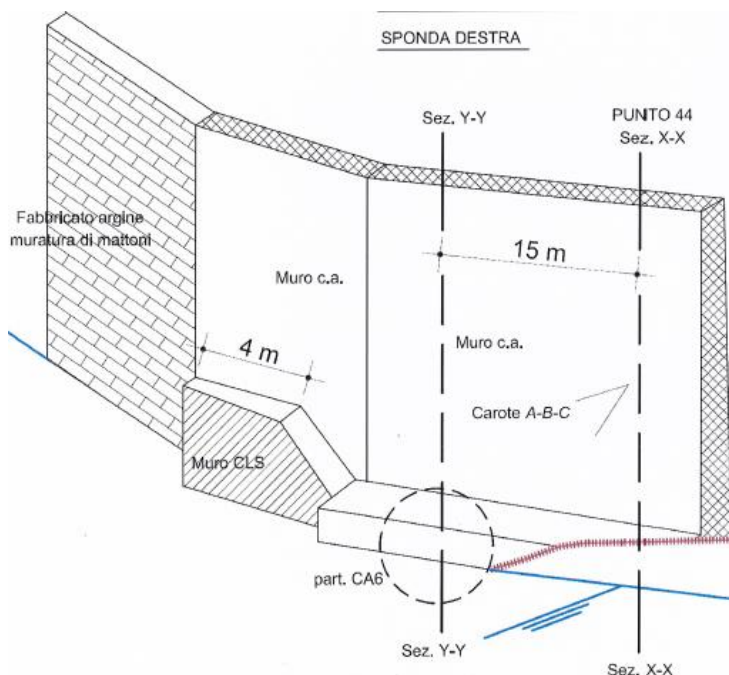


Fig. 45 – Punti di indagine

PROVE SONREB - MURO IN C.A.						
PUNTO	A	B	C	A'	B'	C'
Ir	41,2	40,4	42,0	41,6	39,0	42,6
Vp [m/s]	4343,0	4257,0	4433,0	4343,0	4257,0	4433,0
Rs0	48,6	44,8	52,6	49,2	42,7	53,7
Rs1	48,5	45,2	52,0	49,0	43,6	52,8
Rs2	44,5	41,9	47,3	45,0	40,1	48,2
Rs3	40,9	38,6	43,2	41,3	37,1	43,9
Rs (medio)	45,6	42,6	48,8	46,1	40,9	49,7
fc (0,83 Rs)	37,9	35,4	40,5	38,3	33,9	41,2

CAROTE - MURO IN C.A.			(Masi, 2005)				
PROVINO	f _{car} [Mpa]	D [mm]	H [mm]	D/H	C _{h/D}	f _{cis} [Mpa]	Rc [Mpa]
44A	35,2	104	209	0,50	1,00	35,2	42,41
44B	33,8	104	204	0,51	1,00	33,6	40,48
44C	39,1	104	202	0,51	0,99	38,7	46,63
			media			35,83	43,17

Correlazione Resistenza Sonreb – Laboratorio

RESISTENZA MEDIA [N/mm ²]	
fcm	36,51

Resistenza di calcolo	
FC =	1,2
fcm/FC =	30,43

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

Cls C25/30 e armatura Feb44K.

9.4.3 Ferri di armatura

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

Armatura verticale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 30 cm. → NO il progetto prevede un'armatura corrente di $\Phi 16$ passo 25 cm.

Armatura orizzontale rilevata: Ferri $\Phi 12$ passo 26 cm → NO il progetto prevede $\Phi 8$ passo 20 cm.

9.5 Verifiche del muro arginale

Per le verifiche del muro in c.a. si fa riferimento alla geometria rilevata in sito e per mancanza di informazioni sulla ciabatta di fondazione nella porzione retrostante il muro si fa riferimento alla geometria di progetto. In accordo al progetto, e per quanto rilevato in sito, si considera la presenza dello sperone.

Per i parametri geotecnici si assume quanto riportato nel progetto depositato: $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$ e $\varphi' = 30^\circ$.

9.5.1 Verifiche in condizioni idrauliche di massima piena

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

Dalla relazione di calcolo del progetto non è chiaramente esplicitata la quota dell'acqua considerata ai fini delle verifiche, nella relazione tecnica generale viene fatto riferimento a un franco minimo di 50 cm per garantire il deflusso della piena duecentennale, ma non è chiara la quota dell'acqua assunta nei calcoli (se con o senza franco). In questa sede, si assume l'altezza dell'acqua fino all'estradosso superiore del paramento murario (che in base ai nuovi studi idraulici rappresenta la piena trentennale).

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	5,15
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	5,55
h terreno su ciabatta di valle [m]	0
spessore nervatura [m]	0,45
Larghezza totale ciabatta [m]	2,9
L mensola ciabatta di monte [m]	1,5
L mensola ciabatta di valle [m]	0,8
H sperone [m]	0,6
sp. sperone [m]	0,5

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Qw - Spinta H2O	189,11
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
W1 - Peso proprio nervatura	57,94
W2 - Peso proprio ciabatta	29,00
W2 - Peso proprio sperone	7,50
Wt2 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	139,05
AZIONI ORIZZONTALI RESISTENTI kN/m	
Spinta passiva del terreno strada (M1)	510,60
Spinta passiva del terreno strada (M2)	416,01

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.

9.5.2 Verifiche in condizioni statiche di magra – terrapieno

La verifica del muro in condizioni di magra prevede l'azione spingente del terrapieno e del sovraccarico agente su di esso considerato arbitrariamente pari a 4 kN/mq, in accordo al progetto e allo stato dei luoghi: infatti a tergo del muro sono presenti piazzali e giardini di fabbricati residenziali.

DATI CARATTERISTICI MURO	
Peso di volume c.c.a. [kN/mc]	25
h nervatura [m]	5,15
h ciabatta [m]	0,4
h tot muro [m]	5,55
h terreno su ciabatta di STRADA [m]	5,15
spessore nervatura [m]	0,45
Larghezza totale ciabatta [m]	2,9
L mensola ciabatta di ALVEO [m]	0,8
L mensola ciabatta di STRADA [m]	1,5
H sperone [m]	0,6
sp. sperone [m]	0,5

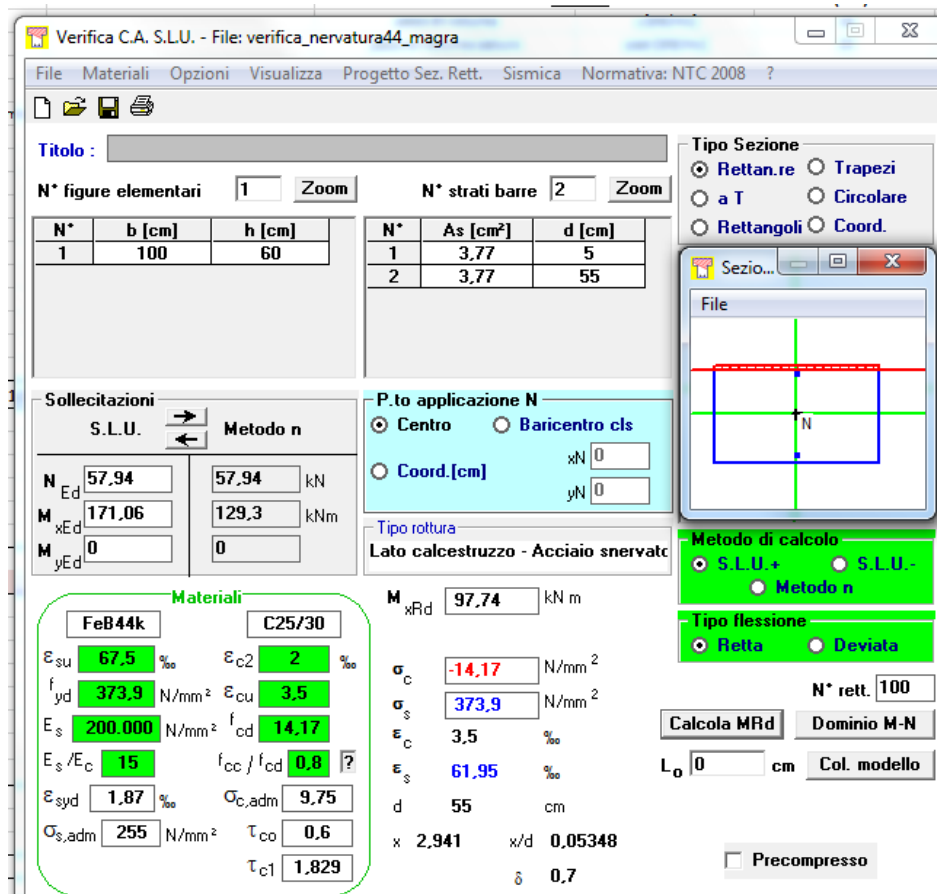
AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M1)	95,10
Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte (M2)	119,00
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	6,87
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	8,60
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M1)	34,61
Pa,v - Spinta attiva verticale del terreno a monte (M2)	34,65
W1 - Peso proprio nervatura	57,94
W2 - Peso proprio ciabatta	29,00
W2 - Peso proprio sperone	7,50
Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte	139,05
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M1)	2,50
Pa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte (M2)	2,50

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	308,02
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	452,48
	FS [-]	1,47 > 1
VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2	A1+M1+R3	
$\delta k = \Phi'$ (M1)	30,00	
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	133,94
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	140,72
	FS [-]	1,05 > 1

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito: $\Phi 12$ passo 30 cm.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 97,74 / 171,06 = 0,6 < 1 \rightarrow \text{NO}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura44_magra

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	60	1	3,77	5
			2	3,77	55

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 57,94 57,94 kN
M_{xEd} 171,06 129,3 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali FeB44k C25/30

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 9,75 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6 ‰
τ_{c1} 1,829 ‰

M_{Rd} 97,74 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
σ_s 373,9 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 61,95 ‰
d 55 cm
x 2,941 x/d 0,05348
δ 0,7

Metodo di calcolo S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n
Tipo flessione Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
Precompresso

SLE $\rightarrow \sigma_c = 6,54 \text{ N/mm}^2 < 0,6f_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$

$\rightarrow \sigma_s = 576,7 \text{ N/mm}^2 > 0,8f_{yk} = 344 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{NO}$

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura44_magra

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	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,77	5
2	3,77	55

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 57,94 57,94 kN

M_{xEd} 171,06 129,3 kNm

M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Materiali

FeB44k C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰

f_{yd} 373,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰

E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?

ϵ_{syd} 1,87 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75

$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6

τ_{c1} 1,829

σ_c -6,541 N/mm²

σ_s 576,7 N/mm²

Verifica

N° iterazioni: 5

ϵ_s 2,884 ‰

d 55 cm

x 7,996 x/d 0,1454

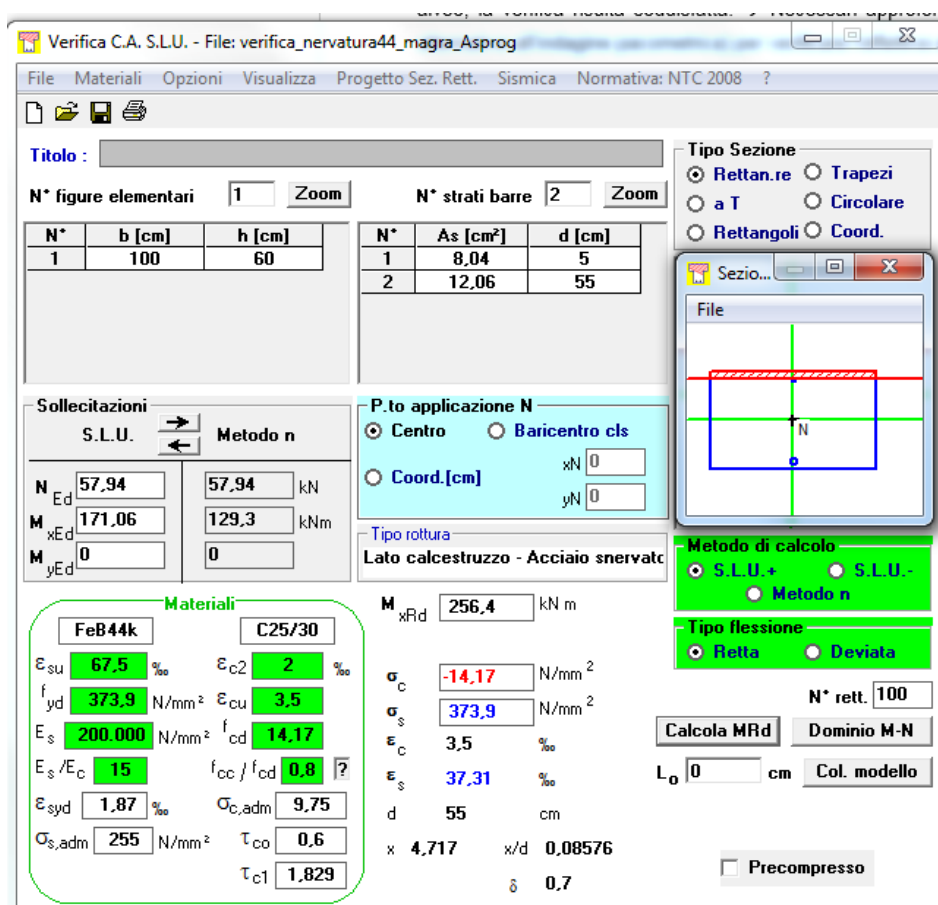
δ 0,7

Precompresso

Verifica della sezione in c.a. del muro con l'armatura corrente da progetto

Se si verifica la sezione del muro con l'armatura corrente di progetto: 6 $\Phi 16$ lato terrapieno e 4 $\Phi 16$ lato alveo, la verifica risulta soddisfatta. → Necessari approfondimenti in sito con saggi mirati e distruttivi (in alternativa all'indagine pacometrica) per verificare l'effettiva armatura presente.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 256,4 / 171,06 = 1,5 > 1 \rightarrow \text{OK}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura44_magra_Asprog

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	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	5
2	12,06	55

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

N Ed 57,94 57,94 kN
M xEd 171,06 129,3 kNm
M yEd 0 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
FeB44k **C25/30**
 ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,87 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

M xRd 256,4 kNm
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 373,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 37,31 ‰
d 55 cm
x 4,717 x/d 0,08576
 δ 0,7

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

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

9.5.3 Verifiche in condizioni sismiche – (alveo in magra)

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

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

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

Per muri liberi di ruotare e traslare si considera che l'incremento di azione dovuto al sisma agisca nello stesso punto dell'azione statica ed il coefficiente β_m è tabellato in normativa in funzione della categoria di sottosuolo e dell'accelerazione massima attesa.

AZIONI ORIZZONTALI SPINGENTI kN/m	
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte, st+din (M1)</i>	103,95
<i>Sa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle, st+din (M2)</i>	128,84
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Statica</u> (M1)</i>	95,10
<i>Pa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	119,00
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a monte <u>Dinamica</u> (M1)</i>	8,85
<i>ΔSa,h - Spinta attiva orizzontale del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	9,84
<i>Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M1)</i>	7,51
<i>Sa,q - Spinta dovuta al sovraccarico lato monte ,st+din (M2)</i>	9,31
<i>W1 - Peso proprio nervatura*kh</i>	3,19
<i>W2 - Peso proprio ciabatta+sperone*kh</i>	2,01
<i>Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*kh</i>	7,66
AZIONI VERTICALI RESISTENTI kN/m	
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M1)</i>	37,84
<i>Sa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle, st+din (M2)</i>	37,52
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M1)</i>	34,61
<i>Pa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Statica</u> (M2)</i>	34,65
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M1)</i>	3,22
<i>ΔSa,v - Spinta attiva vert. del terreno a valle <u>Dinamica</u> (M2)</i>	2,86
<i>W1 - Peso proprio nervatura*(1-kv)</i>	56,34
<i>W2 - Peso proprio ciabatta+sperone *(1-kv)</i>	35,49
<i>Wt1 - Peso proprio terreno sopra ciabatta a monte*(1-kv)</i>	135,22

VERIFICA AL RIBALTAMENTO - EQU+M2		
MOMENTI RIBALTANTI [kNm/m] (A sfav. di EQU)	Mr [kNm/m]	340,12
MOMENTI STABILIZZANTI [kNm/m] (A fav. di EQU)	Ms [kNm/m]	509,25
	FS [-]	1,50 > 1 OK
VERIFICA ALLO SLITTAMENTO - APPROCCIO 2		A1+M1+R3
$\delta k = \Phi' (M1)$	30,00	
$\tan \delta k / \gamma r$	0,52	
AZIONI DI PROGETTO [kN/m] (A1 sfav. Di STR)	Td [kN/m]	124,33
RESISTENZE DI PROGETTO [kN/m] (A1 fav. Di STR) (R3)	Tr [kN/m]	139,13
	FS [-]	1,12 > 1 OK

Verifica della sezione in c.a. del muro

Si considera lo schema di muro a mensola con l'incastro in corrispondenza dell'estradosso della ciabatta di fondazione. La verifica di resistenza della sezione di incastro viene eseguita con l'armatura rilevata in sito: $\Phi 12$ passo 30 cm.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 97,29 / 177,75 = 0,5 < 1 \rightarrow \text{NO}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura44_sisma

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

Titolo :

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,77	5
2	3,77	55

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

Sezio...

Sollecitazioni
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N_{Ed} 56,34 0 kN
 M_{xEd} 177,75 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso ☐

Materiali

FeB44k C25/30

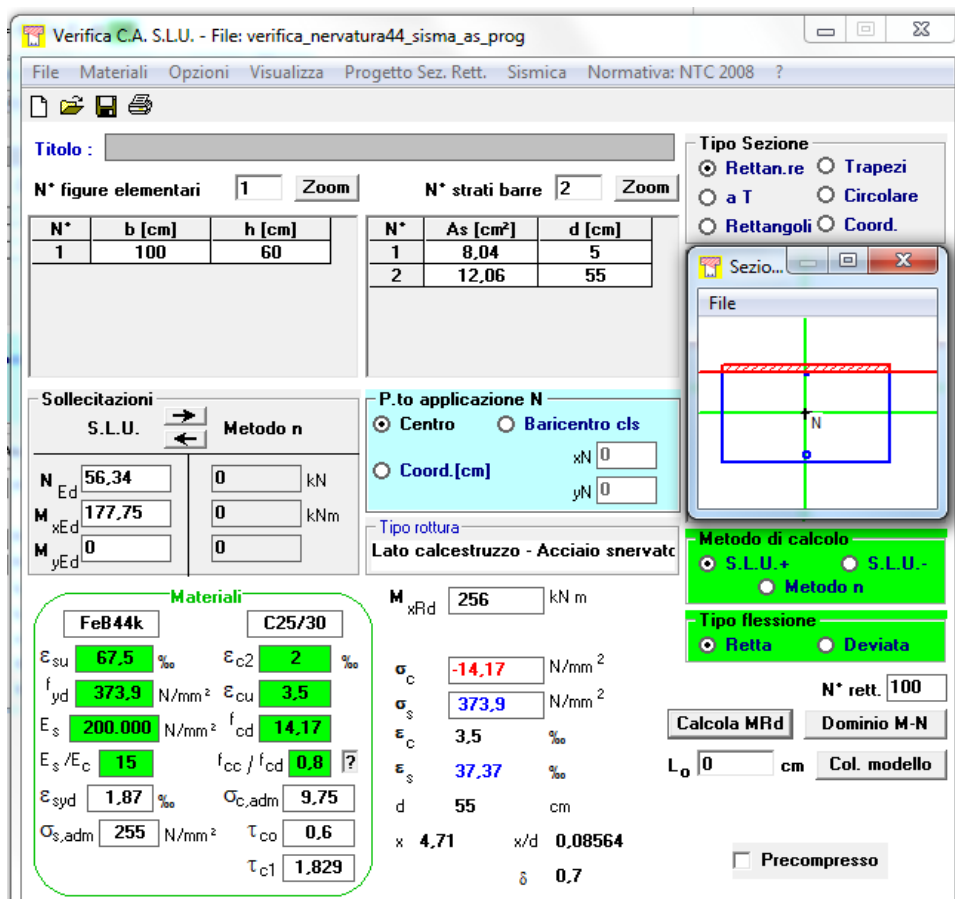
ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,87 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{ct} 1,829

M_{xRd} 97,29 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 373,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 62,25 ‰
 d 55 cm
 x 2,928 x/d 0,05323
 δ 0,7

Verifica della sezione in c.a. del muro con l'armatura corrente da progetto

Se si verifica la sezione del muro con l'armatura corrente di progetto: 6 $\Phi 16$ lato terrapieno e 4 $\Phi 16$ lato alveo, la verifica risulta soddisfatta. → Necessari approfondimenti in sito con saggi mirati e distruttivi (in alternativa all'indagine pacometrica) per verificare l'effettiva armatura presente.

$$SLU \rightarrow FS = M_{res}/M_{soll} = 256 / 177,75 = 1,4 > 1 \rightarrow \text{OK}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica_nervatura44_sisma_as_prog

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	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	5
2	12,06	55

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 56,34 0 kN
M_{xEd} 177,75 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

FeB44k C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,87 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

M_{xRd} 256 kN m

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 373,9 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 37,37 ‰
d 55 cm
x 4,71 x/d 0,08564
 δ 0,7

9.6 Riepilogo

9.6.1 Conformità

Materiali → Ok

Geometria → Difficoltà nelle dimensioni geometriche della ciabatta di fondazione (ciabatta e sperone).

Armature → Difficoltà del diametro e del passo dei ferri così come rilevato dalle indagini pacometriche. Necessitano approfondimenti con saggi.

Rischi → Erosione.

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

Verifiche → $FS < 1$ per la sezione di incastro del paramento murario alla ciabatta di fondazione (in condizioni statiche e sismiche di magra e di piena) per scarsa presenza di armature rilevata da indagine pacometrica in difficoltà all'armatura di progetto che invece risulta verificata → $FS > 1$ con armatura da progetto.

9.6.2 Criticità

- 1) Dimensioni geometriche della ciabatta di fondazione in disaccordo con quanto stabilito in progetto.
- 2) Non sono stati eseguiti saggi atti a rilevare il diametro dei ferri. Dall'indagine pacometrica, l'armatura rilevata è risultata scarsa e difforme dal progetto → necessari approfondimenti.

9.6.3 Aspetti propedeutici alle altre fasi di progettazione

- 1) Approfondire con indagini in sito mirate le caratteristiche della fondazione: geometria, dimensioni, dimensioni sperone.
- 2) Approfondire con saggi puntuali le caratteristiche dell'armatura effettivamente presente: diametro e passo ferri.

9.7 Interventi

Si prevedono i seguenti interventi di rinforzo per fronteggiare i problemi di insufficienza dell'armatura corrente e alla base del muro in seguito alle indagini approfondite in sito.

- 1) ***Si prevede il ringrosso della sezione in c.a. del muro mediante un contrafforte di altezza da stabilire e spessore 30 cm continuo lungo l'intero sviluppo del muro e il ringrosso della ciabatta di fondazione con un getto di spessore 30 cm. Il contrafforte è inghiassato al muro esistente. Tale intervento è da applicarsi qualora, in seguito ai saggi in sito, l'armatura rilevata continui a risultare insufficiente e inferiore a quella di progetto.***



9.8 Stima degli interventi

Ringrosso della sezione in c.a. del muro mediante un contrafforte

Volume stimato = 120 m³

Costo stimato = 200.000 €.