



REGIONE LAZIO



***Ordinanza del Commissario Straordinario per la Ricostruzione
n. 37 del 08/09/2017***

*Approvazione del primo programma degli interventi di ricostruzione, riparazione e ripristino
delle opere pubbliche nei territori delle Regioni interessati dagli eventi sismici verificatisi a
far data dal 24 agosto 2016*

PROGETTO ESECUTIVO

**LAVORI DI RIPARAZIONE E RAFFORZAMENTO
LOCALE DELL'INGRESSO AL CIMITERO
MONUMENTALE DI ANTRODOCO
OOPP_000081_2017**

ALL.02

RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA

Sindaco e Legale Rappresentante
Ing. Alberto Guerrieri

Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Cristian Roscetti

Prima emissione:

Data: luglio 2019

Tecnico Incaricato
Ing. Giovanni De Angelis

Tecnico Incaricato
Ing. Giovanni De Angelis
via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma
mail: giode01@hotmail.com

COMUNE DI ANTRODOCO

**COMUNE DI ANTRODOCO
PROVINCIA DI RIETI**

**RIPRISTINO DI AGIBILITA' E SICUREZZA
DEL CIMITERO MONUMENTALE
SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI)
VIA SALARIA**

ESITO DI AGIBILITA' DI TIPO "B"

COMMITTENTE: COMUNE DI ANTRODOCO

PROGETTISTA: ING. GIOVANNI DE ANGELIS

INTERVENTI DI PRONTO INTERVENTO PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI AGIBILITA' E SICUREZZA DEL CIMITERO COMUNALE SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI), STRADA STATALE 4	DOC. 02_Relazione di calcolo
--	------------------------------

INDICE

1	Premessa	3
2	Descrizione del corpo di fabbrica	6
3	Analisi del quadro fessurativo	8
4	Indagini visive e livello di conoscenza	11
5	Descrizione degli interventi previsti	12
6	Verifica paramento murario a ribaltamento	17
	Calcolo del tiro della catena	17
	Verifica a ribaltamento del paramento murario	18
	Determinazione dell'entità del miglioramento sismico della parete	20

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	2 di 20

INTERVENTI DI PRONTO INTERVENTO PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI AGIBILITA' E SICUREZZA DEL CIMITERO COMUNALE SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI), STRADA STATALE 4	DOC. 02_Relazione di calcolo
--	------------------------------

1 Premessa

Il sottoscritto Ing. Giovanni DE ANGELIS iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Roma con il n. 11748, codice fiscale DNGGNN53L17H501C, è stato incaricato per la redazione di una perizia tecnica dei lavori necessari a ripristinare le condizioni di agibilità e sicurezza relative al Cimitero Monumentale sito in Via Salaria nel Comune di Antrodoco, classificata con esito di agibilità di tipo "B", il cui richiedente è il Comune di Antrodoco.

Il fabbricato in oggetto è ubicato nel Comune di Antrodoco, in Via Salaria ed è censito al catasto al foglio n. 13 B particella n. C.

Nella presente perizia si descrivono gli interventi necessari a ripristinare le condizioni di agibilità e sicurezza.

A seguito del sopralluogo effettuato dai Tecnici della Protezione Civile (Squadra n. P980) in data 03/11/2016, è stato assegnato un esito di agibilità di tipo "B" ovvero 'temporaneamente inagibile'.

RESOCONTO AGIBILITÀ EDIFICI PUBBLICI, PRIVATI E CHIESE (da compilare in duplice copia: una per il Comune e una per il Centro di coordinamento)									
RIFERIMENTO SCHEDA	DENOMINAZIONE DELL'EDIFICIO (1)	INDIRIZZO	PROPRIETÀ (2)	GIUDIZIO AGIBILITÀ (3)					
0101	CIMITERO COMUNALE	VIA SALARIA	PUBBLICA ☒ PRIVATA ☐	☐ A	☒ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*
0102	SCUOLA MATERNA	VIA Salaria	PUBBLICA ☒ PRIVATA ☐	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*
0103	SCUOLA MATERNA	VIA Salaria	PUBBLICA ☒ PRIVATA ☐	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*
0104	SCUOLA MATERNA	VIA Salaria	PUBBLICA ☒ PRIVATA ☐	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*
0105	SCUOLA MATERNA	VIA Salaria	PUBBLICA ☒ PRIVATA ☐	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*
0106	SCUOLA PRIMARIA	VIA Salaria	PUBBLICA ☒ PRIVATA ☐	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*
0107	SEDE MUNICIPIO	VIA Salaria	PUBBLICA ☒ PRIVATA ☐	☒ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*
			PUBBLICA ☐ PRIVATA ☐	☐ A	☐ B	☐ C	☐ D	☐ E	☐ F*

(1) Edificio pubblico: indicare denominazione; edificio privato: indicare "privato" - (2) Edificio pubblico: Comune, Regione, Provincia, Curia, etc.; edificio privato: nome e cognome proprietario
(3) A: agibile; B: agibile con provvedimenti; C: parzialmente agibile; D: da rivedere; E: inagibile; F: inagibile per rischio esterno. - (*) Nel caso di inagibilità dichiarata per pericolo esterno indotto, utilizzare la multi-scelta.

Squadra N. 1980
Componenti squadra di ispezione (nome / cognome)
MARCIELLO MARCIELLO
MARCIELLO MARCIELLO
MARCIELLO MARCIELLO
MARCIELLO MARCIELLO

Firme componenti squadra di ispezione
MARCIELLO MARCIELLO
MARCIELLO MARCIELLO
MARCIELLO MARCIELLO
MARCIELLO MARCIELLO

Stampa: COMUNE DI ANTRODOCO
Firma: (Firma del Responsabile del Comune)

DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Figura 01 – Resoconto agibilità redatto dai Tecnici della Protezione Civile

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma	ELABORATO	REV	PAG
	16.056-P-01	A	3 di 20

ID MODELLO GPT: _____

AL COMUNE DI ANTRODOCO _____ COM. _____

PROVVEDIMENTI URGENTI E/O AGIBILITÀ PARZIALI PER EDIFICI PUBBLICI, PRIVATI E CHIESE
(da compilare in due copie: una per il Comune e una per il Centro di coordinamento)

SCHEDA GPT n. _____

EDIFICIO		EDIFICIO	EDIFICIO
☒ Pubblico	☐ Privato	CIMITERO COMUNALE	Si consiglia il ripristino della canalizzazione alla base della muratura. La muratura è in cemento e l'insediamento di rifiuti organici nella valle di rifinitura del cimitero.
Indirizzo		Via <u>SALEMA</u>	
Destinazione d'Uso		Rit. Stato Edificio N. <u>01010</u>	
☐ Pubblico	☐ Privato		
Indirizzo			
Destinazione d'Uso		Rit. Stato Edificio N. _____	
☐ Pubblico	☐ Privato		
Indirizzo			
Destinazione d'Uso		Rit. Stato Edificio N. _____	
☐ Pubblico	☐ Privato		
Indirizzo			
Destinazione d'Uso		Rit. Stato Edificio N. _____	

Squadra N. 19980

Roberto Sacchi

Roberto Sacchi

(Firma del Componente della squadra di ispezione)

DATA 03/11/16

(Firma dell'Amministratore del Comune)

DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Figura 02 – Provvedimenti urgenti redatti dai Tecnici della Protezione Civile

Si riportano di seguito gli inquadramenti cartografici:



Figura 03 – Stralcio ortofoto

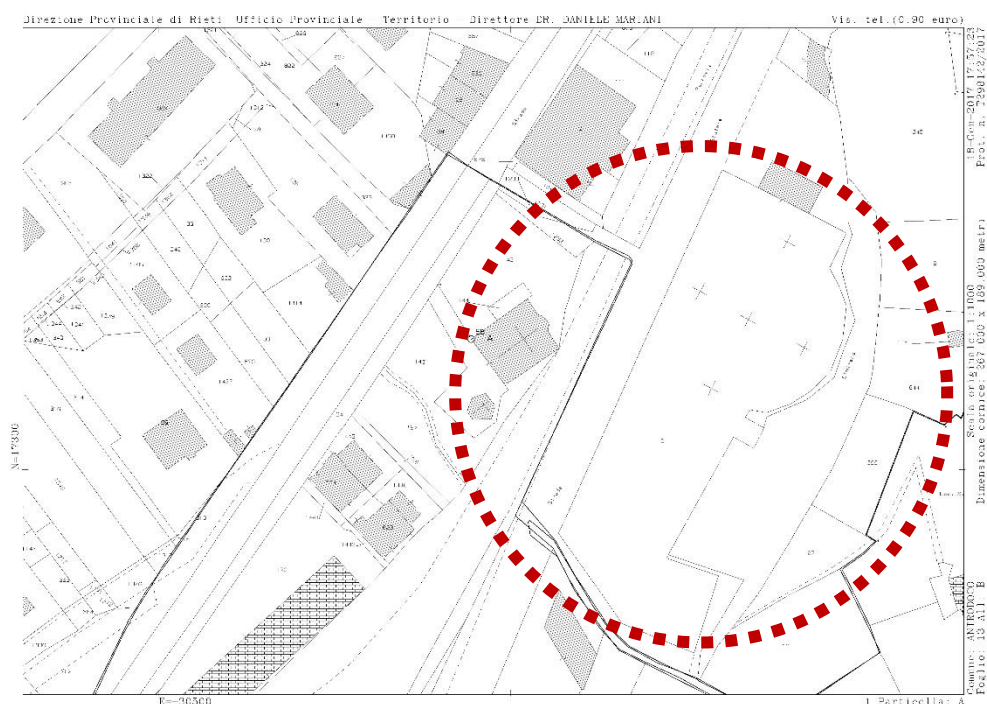


Figura 04 – Stralcio estratto di mappa foglio 13B

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	5 di 20

2 Descrizione del corpo di fabbrica

Il fabbricato in oggetto è costituito da un unico piano terra. In pianta si presenta perfettamente simmetrico rispetto all'asse centrale localizzato in corrispondenza dell'ingresso principale. La parte centrale, che costituisce l'ingresso principale, presenta tre archi, di cui due a filo fabbricato e uno, quello in corrispondenza del prospetto principale, in linea con le colonne della porzione coperta destinata a portico. Tra le restanti due arcate sono presenti le aperture di accesso ai locali di cui uno di questi costituisce la camera mortuaria.

La copertura, piuttosto articolata, ha una configurazione in pianta di tipo padiglione per le parti laterali e a due falde per la porzione centrale; quest'ultima presenta due parti di copertura, in corrispondenza degli archi, svettanti rispetto alla porzione a due falde.

Di seguito si riportano le foto dell'immobile oggetto della presente perizia:



Figura 05 – Esterno dell'edificio

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	6 di 20



Figura 06 – Esterno dell'edificio



Figura 07 – Esterno dell'edificio

3 Analisi del quadro fessurativo

Dall'analisi del quadro fessurativo si evince che le lesioni si sono formate in maniera diffusa su tutto il fabbricato, concentrandosi però, prevalentemente in corrispondenza degli elementi costituenti l'ingresso al cimitero e in corrispondenza delle pareti della camera mortuaria. Sono infatti presenti importanti lesioni in corrispondenza della chiave degli archi di ingresso (Fig. 8) e in corrispondenza delle pareti della camera mortuaria soprattutto in corrispondenza di quella prospiciente alla parte centrale del cimitero (Fig. 10). Quest'ultime, si sono generate prevalentemente in seguito ad una concentrazione degli sforzi di taglio vista la presenza di tombe funebri in aderenza, che, anche se non risultano essere elementi strutturali, portano ad un sostanziale cambio di rigidezza e resistenza tra la porzione di muratura più in basso e la restante parte. Risultano inoltre presenti importanti lesioni poste in corrispondenza dell'attacco delle parti svettanti dell'ingresso principale e della parte contrapposta in corrispondenza del cimitero (Fig. 9). Queste risultano generate da importanti sforzi di taglio a loro volta generati dalla presenza, in aderenza, dello sporto di gronda della porzione più bassa.

Si riporta di seguito una documentazione fotografica attestante il quadro fessurativo sopra descritto.



Figura 08 – Lesione in chiave dell'arco

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	8 di 20



Figura 09 – Lesione in corrispondenza dell'attacco della porzione svettante

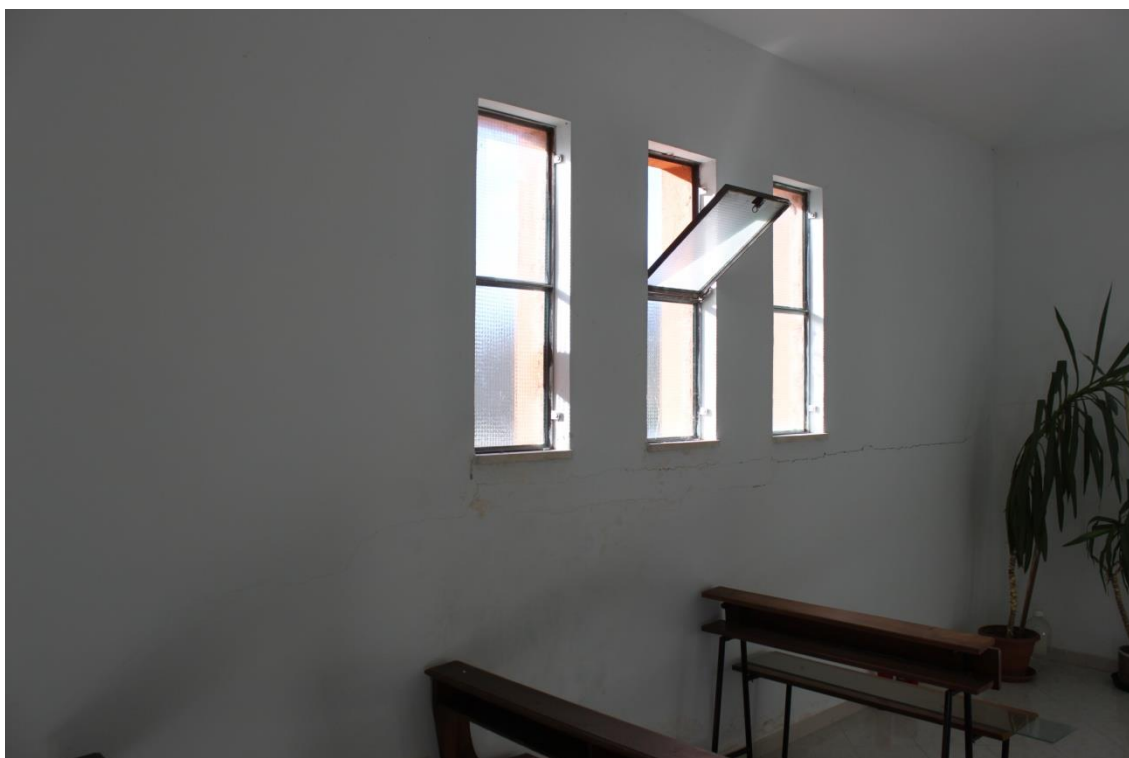


Figura 10 – Lesione generata dalla concentrazione degli sforzi di taglio dovuti alla presenca delle tombe funebri esterne

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	9 di 20



**Figura 11 – Lesione all'interno della camera mortuaria generata da due elementi realizzati in
aderenza ma non strutturalmente connessi**



Figura 12 – Lesione all'interno della camera mortuaria

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	10 di 20

INTERVENTI DI PRONTO INTERVENTO PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI AGIBILITA' E SICUREZZA DEL CIMITERO COMUNALE SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI), STRADA STATALE 4	DOC. 02_Relazione di calcolo
--	------------------------------

4 Indagini visive e livello di conoscenza

Sul fabbricato in oggetto sono stati effettuati rilievi sia metrici che visivi sulle strutture oggetto di intervento finalizzati allo studio degli interventi necessari per il ripristino dell'agibilità della struttura.

Come riportato nelle NTC 2018 e circolare esplicativa 21/01/2019 n°7 C.S.L.L.P.P. si distinguono tre livelli di conoscenza:

- LC1 - Conoscenza Limitata;
- LC2 - Conoscenza Adeguata;
- LC3 - Conoscenza Accurata;

In tal caso si è raggiunto un livello di conoscenza pari a LC1 attraverso:

Geometria: la geometria della struttura è nota in base a un rilievo metrico non essendo disponibili i disegni originali. E' stato effettuato un rilievo metrico e visivo del fabbricato finalizzato alla rappresentazione grafica dello stesso oltre che alla definizione del quadro fessurativo.

Dettagli costruttivi: i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e sono ricavati sulla base di dettagli usuali della pratica costruttiva dell'epoca.

Proprietà dei materiali: non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, nè da disegni costruttivi nè da certificati di prova. Si adottano valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	11 di 20

INTERVENTI DI PRONTO INTERVENTO PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI AGIBILITA' E SICUREZZA DEL CIMITERO COMUNALE SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI), STRADA STATALE 4	DOC. 02_Relazione di calcolo
--	------------------------------

5 Descrizione degli interventi previsti

Si riporta di seguito una descrizione più dettagliata dell'intervento previsto:

Cuciture di lesioni esistenti tramite "nastri" in CFRP (Carbon fiber reinforced polimer)

Le fasciature da eseguirsi risultano necessarie per la "cucitura" delle lesioni esistenti formatesi a seguito dell'evento sismico. Si prevede infatti l'applicazione di nastri in CFRP, che opportunamente ancorati alla muratura esistente, tramite adesione e inghisaggio di fiocchi in CFRP, conferiscono al sistema resistenza a trazione con conseguente effetto cucitura della lesione. Tale intervento è previsto in corrispondenza dell'intradosso delle tre arcate di accesso oltre che sulle facciate esterne del primo e terzo arco, dove la presenza dello sporto di gronda più basso, ha generato degli sforzi di taglio con conseguenti lesioni suborizzontali. L'intervento è previsto anche in corrispondenza della camera mortuaria, in particolare su entrambe le facce della tamponatura perimetrale della camera mortuaria e sulla parete centrale, interna alla stessa, dove è presente un arco con uno stato fessurativo generato dalla disomogeneità dei materiali (c.a., tamponatura).

Caratteristiche del sistema

Si tratta di un sistema di rinforzo strutturale costituito da un tessuto bidirezionale bilanciato (con pari quantità di fibre di carbonio in trama ed ordito e da una matrice polimerica costituita da più strati: un primo di primer per regolarizzare la superficie e successivi in resina adesiva bicomponente).

Il nuovo sistema di rinforzo strutturale FRCM, a differenza degli FRP (tessuti in fibra di carbonio e resine epossidiche), impiega una matrice inorganica che miscelata con acqua risulta perfettamente compatibile sotto il profilo chimico, fisico e meccanico con il supporto, con particolare riferimento alle murature.

Elementi costitutivi

Il sistema di rinforzo prevederà l'applicazione di fasce di tessuto verticali e orizzontali a cavallo delle lesioni presenti. Le proprietà meccaniche di tali materiali sono sinteticamente riportate di seguito:

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	12 di 20

Confronto tra le proprietà delle fibre di rinforzo e delle matrici più comuni e dell'acciaio da costruzione (valori indicativi).					
	Modulo elastico E	Resistenza σ_r	Deformazione a rottura ϵ_r	Coefficiente di dilatazione termica α	Densità ρ
	[GPa]	[MPa]	[%]	[$10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$]	[g/cm ³]
fibre di vetro E	72 – 80	3445	4.8	5 – 5.4	2.5 – 2.6
fibre di vetro S	85	4585	5.4	1.6 – 2.9	2.46 – 2.49
fibre di carbonio (alto modulo)	390 – 760	2400 – 3400	0.5 – 0.8	-1.45	1.85 – 1.9
fibre di carbonio (alta resistenza)	240 – 280	4100 – 5100	1.6 – 1.73	-0.6 – -0.9	1.75
fibre aramidiche	62 – 180	3600 – 3800	1.9 – 5.5	-2	1.44 – 1.47
matrice polimerica	2.7 – 3.6	40 – 82	1.4 – 5.2	30 – 54	1.10 – 1.25
acciaio da costruzione	200	250 – 400 (snervamento) 350 – 600 (rottura)	20 – 30	10.4	7.8

Il cosiddetto aggrappante delle fasce sarà costituito da una resina termoindurente studiata appositamente per il rinforzo strutturale con reti in fibra di carbonio. Individuate le superfici da trattare si applicherà un primo strato di malta sul quale verrà annegata la fascia e successivamente si ricoprirà la rete stessa con un secondo strato.

INTERVENTI DI PRONTO INTERVENTO PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI AGIBILITA' E SICUREZZA DEL CIMITERO COMUNALE SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI), STRADA STATALE 4	DOC. 02_Relazione di calcolo
---	-------------------------------------

Dati Tecnici	
Densità (comp.A + comp. B) EN ISO 2811-1	1,15 ± 0,05 kg/l
Consumi	42÷64 g/m per impregnare fiocchi (in fibra di vetro o carbonio) di diametro 10mm
Colore d'impasto	giallo miele
Rapporto di miscelazione in peso (A:B)	4:1
Pot-life (termometrico, da +20°C a +40°C) EN ISO 9514	28 ± 2 min
Tempo minimo di maturazione	7 giorni
Temperatura ideale di applicazione	da +10 a +30°C
Conforme alla norma EN 1504-4	

Dati tecnici in conformità a EN 1504-4

Caratteristiche Tecniche	Metodo di prova	Prestazioni del prodotto secondo EN 1504-4
Aderenza per trazione diretta	EN 1542	24 ± 2 MPa
Durabilità per resistenza a compressione calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito(MC 0,40 secondo EN 1766) dopo 50 cicli termici	EN 13733	2 ± 0,1 MPa (Rottura coesiva nel calcestruzzo)
Durabilità per resistenza a compressione calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito(MC 0,40 secondo EN 1766) dopo esposizione a clima caldo umido per 6 mesi		2 ± 0,1 MPa (Rottura coesiva nel calcestruzzo)
Durabilità per resistenza a compressione acciaio su acciaio dopo 50 cicli termici		3 ± 1 MPa (Rottura coesiva)
Durabilità per resistenza a compressione acciaio su acciaio dopo esposizione a clima caldo umido per 6 mesi		4 ± 1 MPa (Rottura coesiva)
Resistenza al taglio inclinato 50° in compressione, acciaio su acciaio	EN 12188	117 ± 4 MPa (Rottura dell'adesivo)
Resistenza al taglio inclinato 60° in compressione, acciaio su acciaio		126 ± 4 MPa (Rottura dell'adesivo)
Resistenza al taglio inclinato 70° in compressione, acciaio su acciaio		141 ± 6 MPa (Rottura dell'adesivo)
Resistenza a compressione	EN 12190	100 ± 8 MPa
Resistenza a flessione	EN 12190	80 ± 1 MPa
Modulo elastico in compressione (metodo 1)	EN 13412	5480 ± 100 MPa
Ritiro lineare	EN 12617-1	0,03 ± 0,01%
Coefficiente di dilatazione termica lineare	EN 1770	27 ± 1 1/K
Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	67 ± 0,3 °C
Reazione al fuoco	EN 13501-1	F (valore dichiarato)

Le fasce verranno collegate da un sistema di connessione trasversale, costituito da un connettore in fibre di carbonio unidirezionali da impregnare in situ, con diametro differenziato per rispondere alle diverse necessita di giunzione di elementi strutturali in calcestruzzo e muratura. Il sistema si completa con la specifica malta cementizia. La lunghezza del connettore deve essere maggiore di quella del foro almeno di 20 cm, in modo da realizzare una superficie di ancoraggio sfioccando le fibre a ventaglio e rendendole solidali al supporto con la resina.

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	14 di 20



CARATTERISTICHE DEL CONNETTORE RUREDIL X JOINT			
	Ruredil X Joint 6.0	Ruredil X Joint 10.0	Ruredil X Joint 12.0
Diametro (mm)	6	10	12
Peso (solo fibra di carbonio) (g/m ²)	4600	4600	4600
Densità (solo fibra di carbonio) (g/cc)	1,82	1,82	1,82
Tensione a rottura (MPa)	4000	1590	1100

Di seguito si riportano le fasi di lavorazione:

- 1) Rimozione dell'intonaco esistente per una porzione pari alla larghezza della fasciatura prevista incrementata di 5 cm per facilitare le operazioni di posa in opera. Depolverizzazione delle superfici di intaglio e lavaggio con acqua a bassa pressione in guisa di avere le superfici umide prima dell'esecuzione delle fasi successive.
- 2) Foratura del tompagno per l'intero spessore nella sezione, con utensile non battente (diametro foro non inferiore a 14 mm). Occlusione temporanea del foro realizzato, con apposito segnalino removibile, per impedire alla resina di penetrarvi e consentirne la successiva individuazione.
- 3) Applicazione di primo strato di primer per la regolarizzazione delle superfici e successiva posa di un primo strato di resina bicomponente sulla intera superficie d'intaglio per uno spessore di circa 6 mm. Al di sopra del suddetto strato sarà applicata, in sequenza continua il nastro in CFRP di cui alla successiva fase.
- 4) applicazione dei nastri in fibra di carbonio apprettati sull'intera area trattata avendo cura di far penetrare la resina già applicata all'interno. Posizionare il nastro in modo da

INTERVENTI DI PRONTO INTERVENTO PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI AGIBILITA' E SICUREZZA DEL CIMITERO COMUNALE SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI), STRADA STATALE 4	DOC. 02_Relazione di calcolo
--	------------------------------

consentire il passaggio dei segnalini all'interno delle maglie del nastro (senza intagliare la maglia).

5) applicazione di un secondo strato di resina per uno spessore di circa 6 mm sulla intera superficie sulla quale è stata applicato il nastro in fibra di carbonio. Nell'applicare la resina;

6) ad asciugamento degli strati di resina precedentemente applicati, taglio a misura del fiocco-connettore e alla sua posa in opera tramite inghisaggio con resine epossidiche in pressione. Il fiocco avrà lunghezza pari a 20 cm + spessore tompagno + 20 cm.

7) applicazione di un secondo strato di resina per uno spessore di circa 6 mm in corrispondenza dei connettori.

Catene atte ad impedire il cinematismo fuori piano della parte svettante in corrispondenza degli archi di ingresso

Dai sopralluoghi effettuati sono stati evidenziati scarsi collegamenti tra le mutrature ortogonali con possibilità di innesco del cinematismo fuori piano consistente nel ribaltamento della porzione svettante in corrispondenza dell'ingresso principale. Considerazioni analoghe possono farsi per l'arco posto sul retro prospetto che si affaccia sull'interno del cimitero. Al fine di scongiurare l'innesco di tale cinematismo è prevista la realizzazione di due catene che collegano le due porzioni sopra dette. Tali catene dovranno essere realizzate in acciaio con diametro minimo $\phi 20$ e piastre di ancoraggio nervate 300x300 sp.5mm. La posa in opera avverrà tramite la perforazione delle pareti sia perimetrali che interne con trapano a rotazione in corrispondenza dell'intradosso del solaio di "sottotetto". Dopo la realizzazione di tasche nell'intonaco esistente per la posa in opera delle piastre verrà installato il sistema e pretensionata la catena.

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	16 di 20

6 Verifica paramento murario a ribaltamento

Calcolo del tiro della catena

La conoscenza del limite deformativo di un tirante assume un ruolo fondamentale nel calcolo dei meccanismi locali (analisi cinematica non lineare).

La rottura di un tirante avviene quando cede una delle sue parti, in particolare quando viene superata la resistenza limite di uno dei seguenti componenti:

- 1) Cavo del tirante (T1);
- 2) Muratura su cui grava il tirante (T2);
- 3) Chiave del tirante (T3).

In definitiva si ha

$$T = \min(T1, T2, T3)$$

Viene di seguito dimensionata la catena muraria

DETERMINAZIONE DEL TIRO DELLA CATENA		
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	Area della sezione trasversale del tirante A_S [mm ²]	314,0
	Altezza della piastra di ancoraggio del tirante a [cm]	30,0
	Larghezza della piastra di ancoraggio del tirante b [cm]	30,0
	Spessore della parete su cui è ancorato il tirante t [cm]	60,0
	Angolo di attrito della muratura β [°]	45,0
	Area della zona di contatto della muratura con la piastra di ancoraggio del tirante A_1 [cm ²]	900,0
	Distanza del bordo della piastra dal più prossimo lato libero della parete su cui è ancorata [m]	0,4
	Area di ripartizione delle azioni di compressione A_2 [cm ²]	948,6
	$\sqrt{A_2/A_1} \leq 2$	1,0
	Percentuale del contributo del taglio sulle facce laterali per il calcolo di T_2 [%]	90,0%
PARAMETRI MECCANICI	Fattore di confidenza F_C	1,35
	Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura γ_M	2,00
	Resistenza di calcolo dei tiranti $f_{d,S}$ [N/mm ²]	235,00
	Resistenza media a compressione della muratura f_m [N/cm ²]	100,00
	Resistenza media a taglio della muratura τ_0 [N/cm ²]	1,80
	Tensione di calcolo a compressione della muratura $f_{d,M}$ [N/cm ²]	37,04
TIRO DELLA CATENA	Resistenza di calcolo a taglio della muratura $f_{d,M}$ [N/cm ²]	0,67
	Resistenza dei tiranti allo sneravamento T_1 [kN]	73,8
	Resistenza al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio T_2 [kN]	13,7
	Resistenza alla pressione di contatto sulla muratura T_3 [kN]	34,2
Massimo tiro esplicabile dalla catena T [kN]		13,7

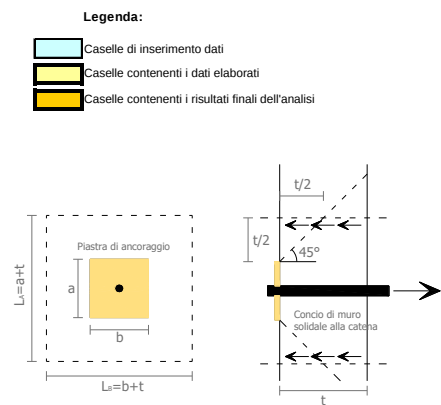


Fig. 1 - Schema di riferimento per il meccanismo di punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio del tirante

Verifica a ribaltamento del paramento murario

La conoscenza del limite deformativo di un tirante assume un ruolo fondamentale nel calcolo dei meccanismi locali (analisi cinematica non lineare).

DATI INIZIALI	Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA (*)					Peso specifico della muratura γ_i [kN/m ³]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al lembo esterno della parete [m]	
		Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie					
		Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]			
		1	0,10	4,10	1,60	1,60			3,80
		2							
	3								
	4								
	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DEI MACROELEMENTI								
	Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{Vi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{Vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo Y_{Gi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (**) Y_{Gi} [m]	
	1	0,60	5,25	0,21			3,10		
2						0,00			
3						0,00			
4						0,00			
AZIONI SUI MACROELEMENTI									
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (**) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]		
1	124,6		3,8				13,7		
2	0,0								
3	0,0								
4	0,0								

(*) Nei casi in cui la parete (o la porzione di parete interessata dal ribaltamento) di geometria regolare risultasse priva di aperture è sufficiente specificarne l'altezza nella colonna "Quota del sottofinestra" e la larghezza nella colonna "Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture".

(**) Da riempire solo in caso di geometrie irregolari dei macroelementi in facciata, non descrivibili attraverso i dati immessi nella sezione "Geometria della facciata".

PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q				1,89
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T				1,00
	Categoria suolo di fondazione				B
	PGA di riferimento $a_g(P_{VR})$ [g]				0,281
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_O				2,373
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]				0,343
	Fattore di smorzamento η				0,050
	Altezza della struttura H [m]				5,25
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S				1,133
	Coefficiente C_C				1,362
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S				1,133
	Numero di piani dell'edificio N				1
	Coefficiente di partecipazione modale γ				1,000
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]				0,173
	Ribaltamento delle elevazioni:	Baricentro delle linee di vincolo Z [m]	$\psi(Z) = Z/H$	$a_g^{(SLV)}$ (C8A.4.9)	$S_e(T_1)$ (C8A.4.10)
1			0,339		
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	

PGA-SLV	Ribaltamento delle elevazioni:	$a_{g(SLV)}$ min(C8DA.4.9; C8A.4.10)
	1	0,339
	-	-
	-	-

INTERVENTI DI PRONTO INTERVENTO PER IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI DI AGIBILITA' E SICUREZZA DEL CIMITERO COMUNALE SITO NEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI), STRADA STATALE 4	DOC. 02_Relazione di calcolo
--	------------------------------

Determinazione dell'entità del miglioramento sismico della parete

La parete risulta migliorata quando il valore dell'indicatore di rischio allo stato dopo l'intervento risulta maggiore rispetto allo stato prima dell'intervento.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti confrontando gli indicatori di rischio sismico prima e dopo l'intervento;

Domanda: valori di riferimento delle accelerazioni e dei periodi di ritorno dell'azione sismica

Stato limite	Accelerazione (g)	T _{RD} (anni)
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)	PGA_{DOMANDA SLV} = 0.317	T _{RD} SLV = 712

Tipo di analisi strutturale:

Analisi sismica dinamica modale lineare con fattore $q = 1.89$

Capacità:

Stato limite	Accelerazione (g)	T _{RD} (anni)
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)	PGA_{CAPACITA' SLV} = 0.339	T _{RD} SLV = 761

Ing. Giovanni De Angelis via Nicola Coviello n.20 - 00165 Roma		ELABORATO	REV	PAG
		16.056-P-01	A	20 di 20