Regione Lombardia
Provincia di Milano

Comune di
MAGENTA

ADEGUAMENTO SISMICO PONTE STRADALE IN MURATURA IN FRAZIONE PONTEVECCHIO

STUDIO DI FATTIBILITA TECNICA ED ECONOMICA

01_RELAZIONE GENERALE E TECNICA

Data: 25/03/2022

Rev. 01

Responsabile Unico del Procedimento

Arch. Fabrizio Batacchi

Tecnico incaricato

Ing. Sabrina Freda

1 INTRODUZIONE

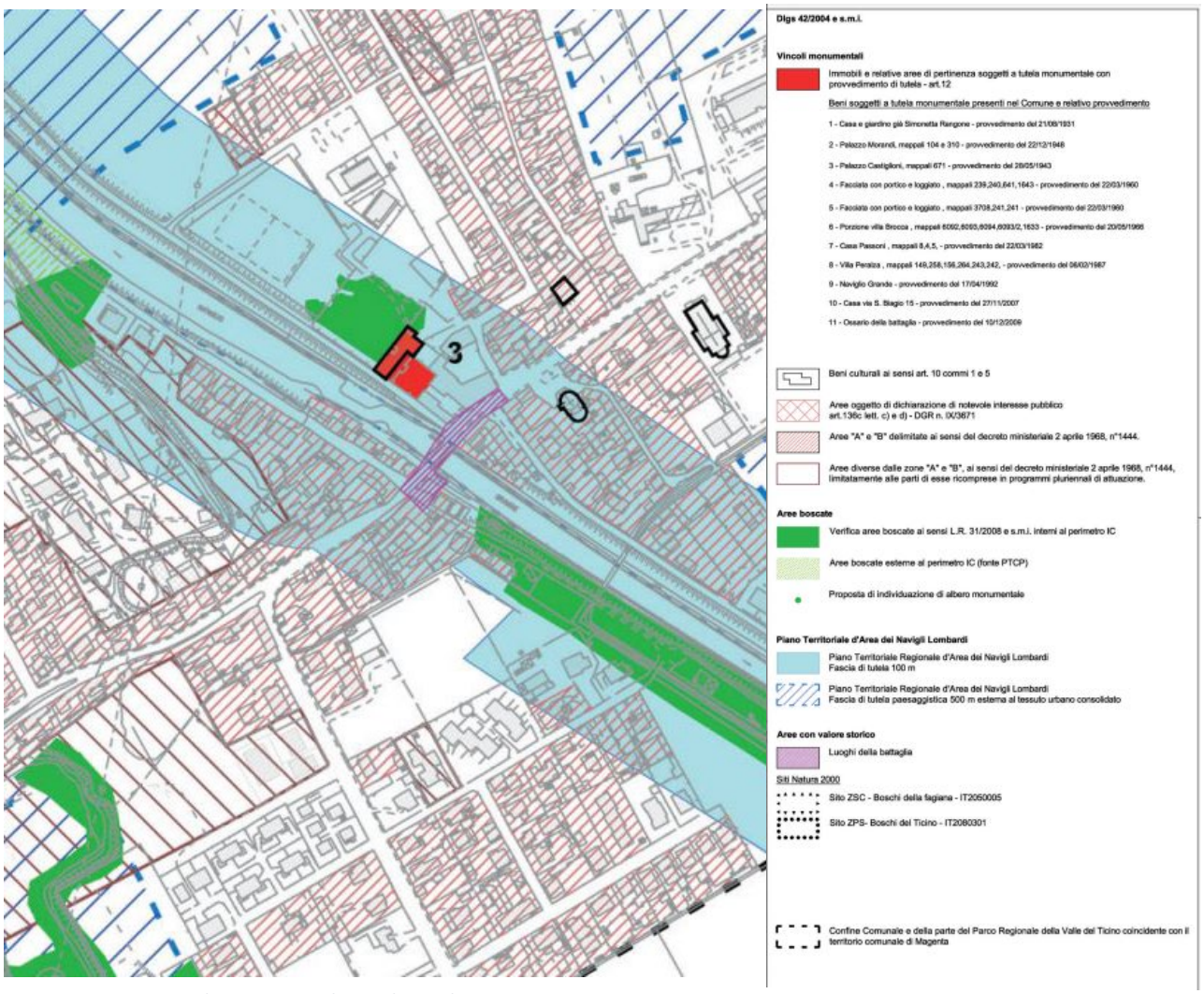
La presente relazione riguarda lo Studio di Fattibilità Tecnica ed Economica dell'intervento per l'**adeguamento sismico** del ponte in muratura in frazione Pontevecchio nel Comune di Magenta (MI) e descrive, sia allo stato di fatto che allo stato di progetto, le caratteristiche delle strutture, i criteri di analisi e di verifica adottati e gli esiti delle elaborazioni di calcolo.

Il progetto scaturisce dall'individuazione del manufatto quale infrastruttura strategica ed è teso a scongiurare fenomeni di collasso fuori piano delle murature che sovrastano le due arcate. Sotto il profilo strutturale, risulta sinergico con il consolidamento eseguito nel 2004 in quanto prevede la realizzazione di un rinforzo delle murature sovrastanti le arcate dall'interno dell'impalcato, senza interessare la struttura muraria esterna in caratteristici mattoni faccia a vista.

1. VISTA AEREA AREA DI INTERVENTO

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ALLO STATO DI FATTO

2.1 Inquadramento ambientale e paesaggistico



2. PGT -TAV. 09-Vincoli monumentali e ambientali

Il Ponte oggetto di intervento attraversa il Naviglio Grande in località Pontevecchio in Comune di Magenta, tra le vie Isonzo e della Valle.

Il manufatto è inserito all'interno della fascia di tutela di 100m dei Navigli Lombardi ed è individuato come area con valore storico in quanto appartenente ai luoghi della battaglia di Magenta; non è assoggettato a vincolo diretto, ma **risulta tutelato de iure ex art. 10, comma 5, del d.lgs. n. 42 del 2004.**

L'intervento in progetto ricalca sostanzialmente il consolidamento eseguito nel 2004 tramite rinforzo il cls armato all'estradosso delle arcate (ora applicato alle murature sovrastanti le arcate): non altera pertanto minimamente la consistenza del bene, il suo aspetto, la geometria, né l'inserimento ambientale o la visuale. Si ritiene pertanto compatibile con i vincoli di cui sopra e sarà comunque sottoposto al parere della competente Soprintendenza.

2.2 Inquadramento storico

L'indagine storica non ha permesso di individuare, in questa fase, documenti relativi all'edificazione del manufatto. Tuttavia le caratteristiche morfologiche, costruttive e materiche della struttura

consentono di confermare quanto desunto da una prima ricognizione condotta, vale a dire che il Ponte sia stato realizzato alla fine dell'800, in sostituzione dell'antico ponte seicentesco sempre a due arcate distrutto nel 1859 dall' esercito imperiale austriaco nel corso della Battaglia di Magenta allo scopo di rallentare il nemico (nell'immagine sotto riportata i francesi oltrepassano comunque il corso d'acqua dopo aver ricostruito avventurosamente un impalcato di fortuna)

PONTE DI MAGENTA DETRUIT PAR LES AUTRICHIENS ET RÉPARÉ PAR LES FRANÇAIS SOUS LE FEU DE L'ENNEMI.—Croquis de M. A. Meyret, off. d'ord. du gén. Goze.

"La frazione di Ponte Vecchio del Comune di Magenta deve la sua toponomastica alla presenza dell'importante ponte sul Naviglio che fino all'Ottocento, al momento della costruzione più a nord del "Ponte Nuovo", costituiva un passaggio obbligato per chi viaggiava in direzione di Novara. Il piccolo centro abitato è ricordato sui libri di storia per essere stato la sede della celebre Battaglia di Magenta, combattuta il 4 giugno 1859 tra gli austriaci e le truppe franco-piemontesi. Proprio durante questo evento fu distrutto il ponte in pietra risalente al 1612, che venne ricostruito ed ampliato al termine del conflitto. (da "Il germoglio del Ticino")". Il nuovo ponte in muratura presenta 2 arcate di dimensioni differenti, una di attraversamento del Naviglio Grande e l'altra a scavalco della roggia laterale.

2.3 Inquadramento geologico

Nel corso del 2003 sono state eseguite indagini geognostiche e sulle fondazioni esistenti, volte a definire caratteristiche del terreno e dei materiali in essere. Su tali indagini si è basata la valutazione geotecnica di cui alla Relazione dell'Aprile 2004 a firma degli Ingg. Ermenegildo Bardelli e Riccardo Perucchetti, fornita in copia alla scrivente dall'Amministrazione Comunale.

Inoltre in data 10/05/2021 è stata eseguita una prova con metodologia M.A.S.W. , ad integrazione delle indagini precedentemente eseguite, che ha consentito di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, in categoria B. La relazione, a firma Ing. E. Ravarino e Dott. Geol. A. Daniele, conclude: *"In osservanza alle NTC18, ai fini dell'azione sismica di progetto, la stima del valore del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri) misurati al piano di campagna (p.c.), risulta essere di 393,00 m/s, quindi ai sensi del D.M. 17/01/18* ***la categoria del suolo di fondazione dell'opera in progetto è la "B"*** *e cioè: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti*

Il presente progetto si fonda sotto il profilo geotecnico e strutturale sui risultati emersi dalle indagini di cui sopra e già presenti presso l'Ufficio tecnico Comunale, a cui si rimanda.

2.4 Descrizione del manufatto

L'unità strutturale US1 è un ponte stradale situato nel Comune di Magenta ed attraversa il Naviglio Grande. Il ponte è costituito da una struttura in muratura di mattoni pieni e malta di calce costituita da due campate di cui la principale ha una luce pari a 16 m ad arco ribassato di forma ellittica e la secondaria di luce pari a 3,40 m ad arco a tutto sesto. La larghezza del ponte è di circa 5 m. La campata principale del ponte attraversa il Naviglio Grande e quella secondaria attraversa l'imbocco di una roggia laterale. Fra le due campate è posta una pila centrale in muratura in mattoni pieni e malta di calce. In adiacenza alla pila sono poste, sui due lati del ponte e in direzione parallela al corso d'acqua, due rampe di scale con struttura massiccia in muratura in mattoni pieni. La struttura è composta da due archi in muratura in mattoni pieni e da murature verticali in muratura di mattoni pieni realizzate al di sopra degli archi fra l'estradosso degli archi e il piano stradale.

2.5 Interventi pregressi e problematiche emerse dall'analisi del manufatto

Nel 2004 la struttura è stata oggetto di un intervento di restauro e di consolidamento statico ad opera degli Ingg. Ermenegildo Bardelli e Riccardo Perucchetti che ha interessato le murature alla base dell'arco principale con realizzazione di rinforzo in calcestruzzo armato all'estradosso dell'arco principale e protezione delle murature delle imposte e delle reni con malta di calce pozzolanica. Nel 2018 la struttura è stata oggetto di verifica di idoneità statica da parte dell'Ing. Andrea Barocci che ha dato esito positivo con durata limitata al 15 febbraio 2020.

4. VISTA DEL PONTE LATO SUD

Nel 2021 la struttura è stata oggetto di verifica di idoneità statica e valutazione della vulnerabilità sismica da parte dell'Ing. Ennio Ravarino (ERRE Studio srl).

La valutazione di idoneità statica ha dato esito positivo confermando la portata massima di 40 t. ("*è possibile certificare l'idoneità statica del Ponte Vecchio con la limitazione della portata massima di*

40 t.“) La valutazione di vulnerabilità sismica ha dato esito negativo principalmente a causa dell’instaurarsi di fenomeni di collasso fuori piano delle murature che sovrastano le due arcate.

Il manufatto non presenta sintomi di dissesto o quadri fessurativi significativi.

Sulla base delle indagini effettuate e dai risultati delle prove condotte sui materiali, è stato possibile individuare un’unica tipologia di muratura, ossia la muratura in mattoni pieni e malta di calce, e un’unica tipologia di calcestruzzo armato, con calcestruzzo di classe C28/35 e acciaio FeB44k, impiegati nella US1 allo stato di fatto. Non è possibile individuare lo sviluppo di eventuali dissesti a causa della mancanza di documentazione che attesti le condizioni della struttura nel tempo. Lo stato attuale della struttura non è tale da fare supporre la presenza di dissesti in atto o in procinto di verificarsi.

Il livello di conoscenza acquisito in base ai rilievi, alle indagini sui dettagli strutturali e alle prove sui materiali, risulta LC2 ed il valore dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali, risulta FC=1,20. La valutazione della vulnerabilità sismica ha individuato il valore del parametro ζ_E, definito come il rapporto tra l’azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l’azione simica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento) pari a 0 (zero).

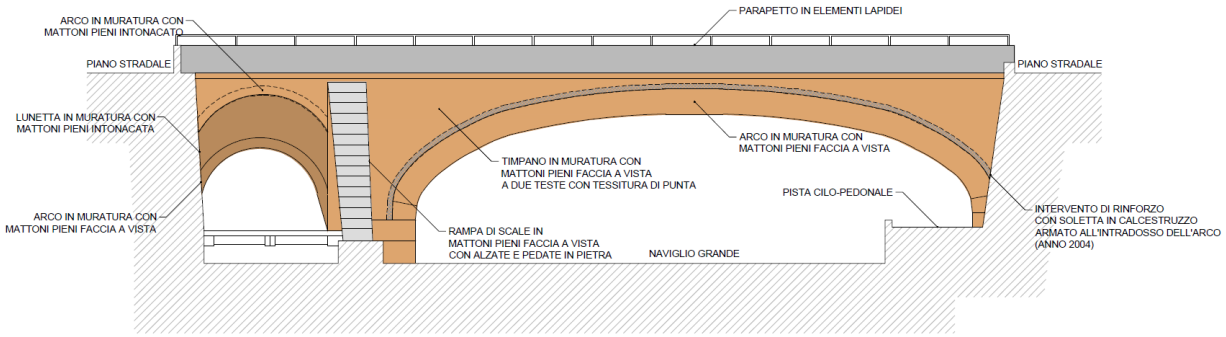


Figura 5 Prospetto nord del ponte (STATO DI FATTO)

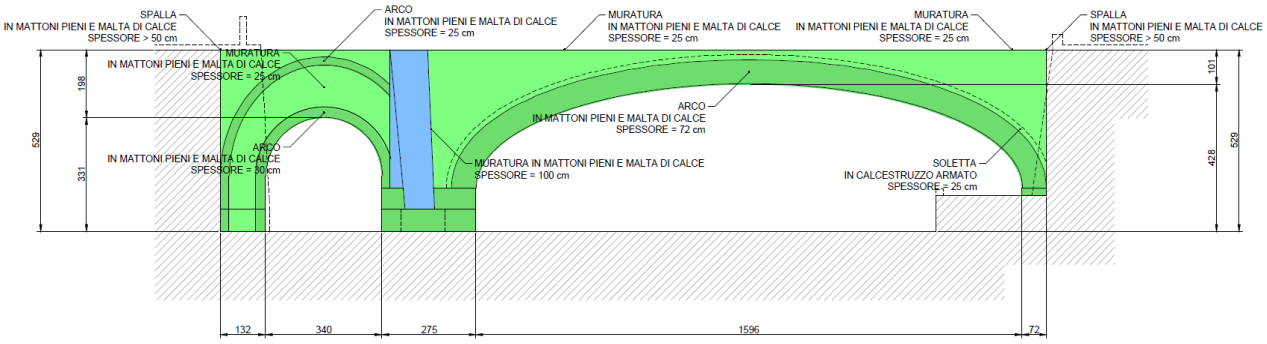


Figura 6 Modello geometrico semplificato della struttura (STATO DI FATTO)

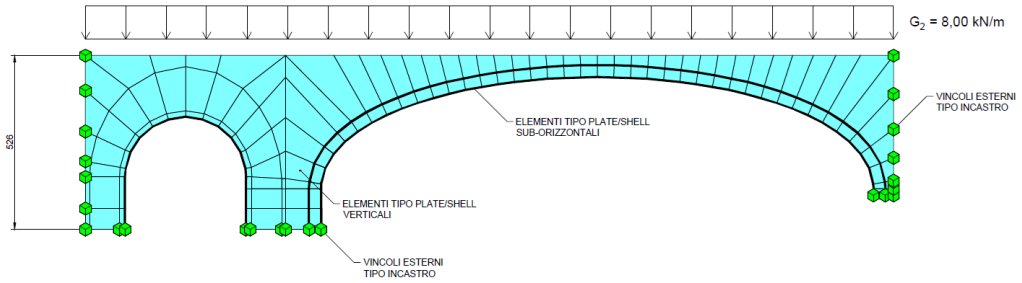


Figura 7 Modello ad elementi finiti della struttura (STATO DI FATTO)

3 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ALLO STATO DI PROGETTO

3.1 Tipo di analisi svolta

La sicurezza e le prestazioni della struttura in oggetto sono state valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto. In particolare, in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), le strutture sono state progettate in modo tale da garantire i seguenti requisiti:

1) sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi
2) sicurezza nei confronti degli stati limite di esercizio
3) durabilità

La progettazione della struttura è stata effettuata attraverso l'impiego di un modello ad elementi finiti (FEM) tridimensionale della struttura. Il modello FEM consente di rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza delle strutture reali. In particolare, nella valutazione della risposta sismica, si adotta un comportamento strutturale non dissipativo con fattore di comportamento unitario (q=1). I legami costitutivi dei materiali considerati nella modellazione sono lineari.

Le azioni conseguenti al moto sismico della struttura sono modellate attraverso l'analisi dinamica modale. In particolare, l'azione sismica del materiale sciolto presente all'interno del ponte è stato modellato come un carico distribuito per unità di superficie nelle condizioni sismiche (teoria di Mononobe-Okabe).

3.2 Descrizione dell'intervento

L'intervento prevede:

A. Rinforzo dell'ARCO EST mediante esecuzione di getto in opera di calcestruzzo ad alte prestazioni fibrorinforzato (HPFRC) con classe di resistenza C70/85 e classe di tenacità 6b di spessore 10 cm rinforzato con barre in acciaio B450C e suo collegamento all'arco in muratura esistente tramite spinotti in acciaio B450C posati con ancoraggio chimico
B. Rinforzo delle murature laterali del timpano e delle lunette dell'ARCO EST mediante esecuzione di getto in opera di calcestruzzo ad alte prestazioni fibrorinforzato (HPFRC) con classe di resistenza C70/85 e classe di tenacità 6b di spessore 5 cm e suo collegamento alle murature esistenti tramite spinotti in acciaio B450C posati con ancoraggio chimico
C. Rinforzo delle murature laterali del timpano dell'ARCO OVEST mediante esecuzione di getto in opera di calcestruzzo ad alte prestazioni fibrorinforzato (HPFRC) con classe di resistenza C70/85 e

classe di tenacità 6b di spessore 5 cm e suo collegamento alle murature esistenti e alla soletta di rinforzo in calcestruzzo armato esistente tramite spinotti in acciaio B450C posati con ancoraggio

3.3 Classificazione dell'intervento

L'intervento interessa il manufatto nel suo insieme e non cambia significativamente la risposta globale della costruzione, specialmente nei confronti delle azioni sismiche, ma ne adegua il comportamento considerando la classe d'uso più alta (classe IV) nella quale rientrano le costruzioni strategiche. Per queste ragioni, l'intervento può essere considerato come **intervento di adeguamento** ai sensi del §8.4.1 dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del 17 gennaio 2018 e del §C8.4.1 delle "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»" di cui alla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 del C.S.LL.PP

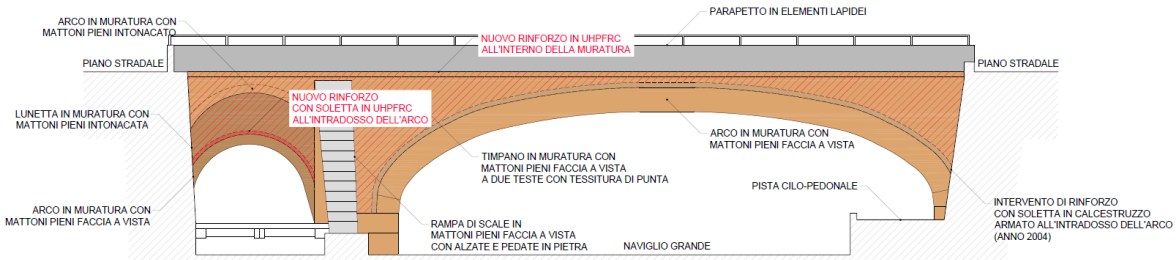


Figura 8 Progetto dell'intervento di adeguamento del ponte (STATO DI PROGETTO)

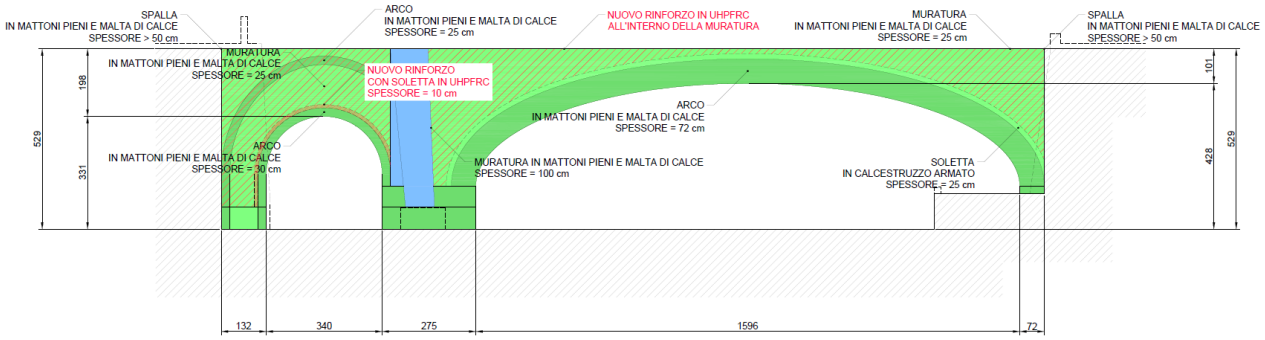


Figura 9 Modello geometrico semplificato della struttura (STATO DI PROGETTO)

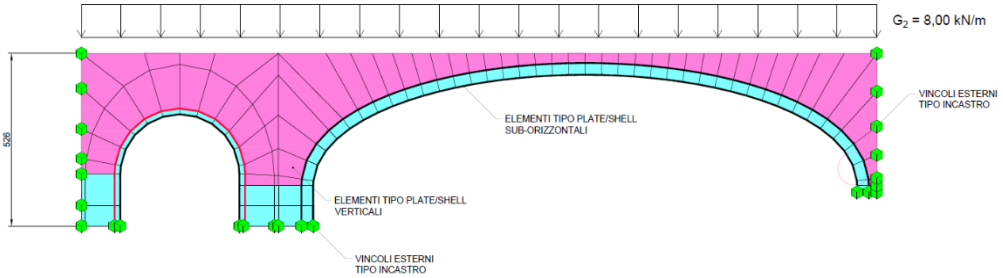


Figura 10 Modello ad elementi finiti della struttura (STATO DI PROGETTO)

4 ILLUSTRAZIONE DELLE RAGIONI DELLA SOLUZIONE PRESCELTA

In coerenza con l'individuazione del Ponte quale infrastruttura strategica da parte dell'Amministrazione Comunale, è necessario adeguarne la risposta alle azioni sismiche considerando la classe d'uso più alta (classe IV). Stante la valenza storica del luogo e dello stesso manufatto (**tutelato de iure ex art. 10, comma 5, del d.lgs. n. 42 del 2004)**, si è optato per un intervento che non ne compromette in alcun modo l'immagine e la consistenza.

Il metodo di rinforzo prescelto per contrastare fenomeni di collasso fuori piano delle murature che sovrastano le due arcate è analogo a quanto già condiviso dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio di Milano in occasione dell'intervento di consolidamento del 2004, con entità del rinforzo ridotto in quanto le caratteristiche del cls fibrorinforzato consentono spessori di 5 – 10 cm . Tale proposta sarà comunque sottoposta alle opportune valutazioni da parte della competente Soprintendenza.

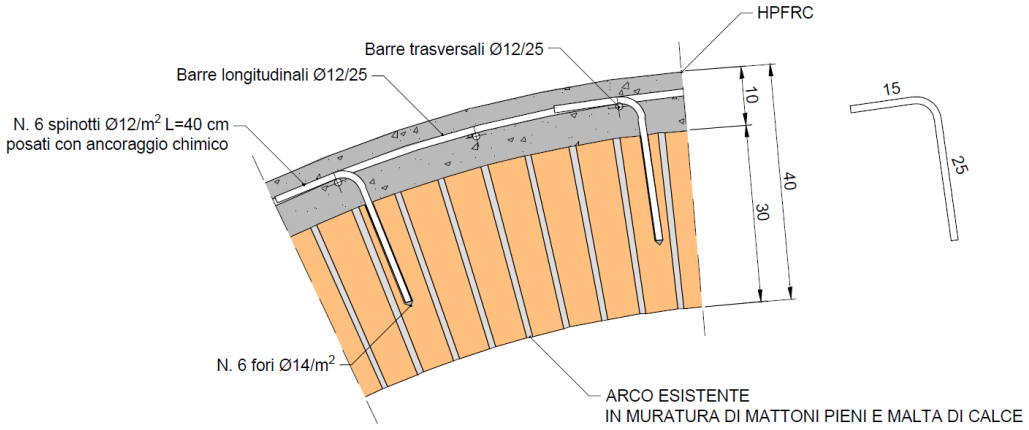


Figura 11 Particolare rinforzo volta (STATO DI PROGETTO)

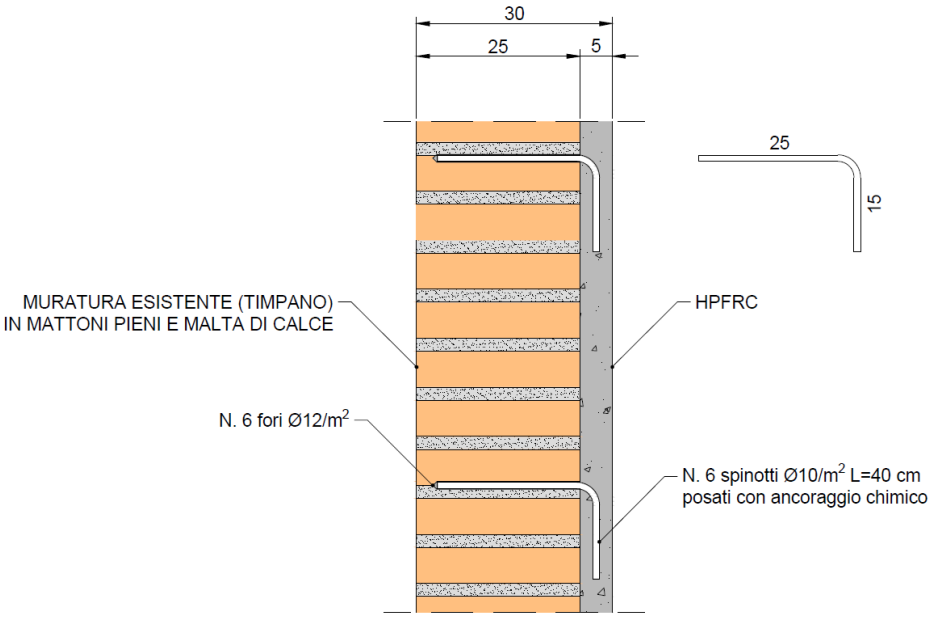


Figura 22 Particolare rinforzo muratura timpano (STATO DI PROGETTO)

5 FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

5.1 Fattibilità amministrativa

Il manufatto oggetto di intervento è nella disponibilità del Comune, non sono necessari espropri o acquisizione di aree o immobili. Si segnala tuttavia la necessità di un coordinamento con il gestore del Sistema Navigli in quanto alcune lavorazioni dovranno essere eseguite nel periodo di chiusura del deflusso. Per quanto l'esistenza di vincoli di carattere paesaggistico e artistico, si rimanda a quanto definito al paragrafo 2.1.

5.2 Fattibilità tecnica

Per quanto riguarda le indagini geognostiche si rimanda a quanto definito al paragrafo 2.3. Per lo sviluppo delle fasi progettuali successive non si ritengono necessarie ulteriori indagini. Inoltre, la natura dell'intervento non richiede approfondimenti idraulici o idrogeologici.

5.2.1 Interferenze

Per quanto riguarda le interferenze si rimanda all'elaborato fornito dall'Amministrazione Comunale (TAV 03 -Tracciamento Servizi) che potrà eventualmente essere aggiornato nello sviluppo dei successivi livellii di progettazione. In ogni caso la fasistica esecutiva di intervento dovrà prevedere a carico dell'Appaltatore la ricognizione e risoluzione delle interferenze effettivamente presenti, inserendo i relativi costi nel quadro economico.

5.2.2 Modalità esecutive

L'intervento dovrà essere eseguito in regime di chiusura totale del Ponte. Le lavorazioni necessitano dell'occupazione del solo impalcato, ma si prevede di montare comunque un ponteggio (in periodo di chiusura deflusso) a sostegno delle murature laterali. Le fasi e la durata complessiva del cantiere dovranno essere puntualmente definite nello sviluppo successivo del progetto. Attualmente si prevede una durata dei lavori di circa 5 mesi.

Prima dell'avvio di qualunque attività, dovrà essere riaperta la passerella ciclopedonale che affianca il manufatto sul fronte sud.

5.3 Fattibilità economica

Gli importi necessari all'esecuzione dei lavori potranno essere reperiti nel bilancio Comunale e/o attraverso la concessione di contributi, anche legati a nuove disposizioni legislative.

Si riportano a seguire il Calcolo Sommario della Spesa e il Quadro Economico di Progetto:

	ADEGUAMENTO SISMICO PONTE STRADALE IN MURATURA IN FRAZIONE PONTEVECCHIO		
N	**CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA**		
	OPERE	quantità	COSTI
1	**Opere di preparazione**	736 mq	**15.000,00 €**
2	**Demolizioni-Rimozioni-Risoluzione interferenze**	76 mc	**25.000,00 €**
3	**Consolidamento e ripristino (compresa ricollocazione sottoservizi)**		
	Rinforzo arcata roggia	24 mq	
	Rinforzo timpani e lunette arcata roggia e arcata naviglio	55 mq	
	Ripristini (impermeabilizzazioni, riempimento, pavimentazioni, barriere etc)		**80.000,00 €**
4	Ritocchi - finiture - riprese saltuarie (muratura in mattoni)		**6.000,00 €**
5	Oneri sicurezza		**4.000,00 €**
	TOTALE OPERE		**130.000,00 €**

COMUNE DI MAGENTA (MI) ADEGUAMENTO SISMICO PONTE STRADALE IN MURATURA IN FRAZIONE DI PONTEVECCHIO STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA QUADRO TECNICO-ECONOMICO				
A	***LAVORI***			
A.1	**TOT LAVORAZIONI**	soggette a ribasso	**€**	**126.000,00**
A.2	**COSTI DELLA SICUREZZA**	non soggetti a ribasso	€	4.000,00
	IMPORTO COMPLESSIVO		**€**	**130.000,00**
B	***SOMME A DISPOSIZIONE***			
B.1	IVA sulle opere in appalto al 10%	10%	€	13.000,00
B.2	Accantonamento ex art. 113 Dlgs. 50/2016		€	2.600,00
B.3	Spese tecniche Det. N. 1186 del 23_12_2021		€	8.997,29
B.3.1	Adeguamento spese tecniche variazione importo		€	5.705,95
B.4	Contributo integrativo 4%su spese tecniche B.3		€	359,89
B.5	IVA 22% su spese tecniche (B.3+B.4)		€	3.313,89
B.6	Imprevisti ed arrotondamento		€	12.022,98
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE		**€**	**46.000,00**
	TOTALE QUADRO ECONOMICO			**176.000,00**

Sommario

1 INTRODUZIONE 1
2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ALLO STATO DI FATTO 2
2.1 Inquadramento ambientale e paesaggistico 2
2.2 Inquadramento storico 2
2.3 Inquadramento geologico 3
2.4 Descrizione del manufatto 4
2.5 Interventi pregressi e problematiche emerse dall'analisi del manufatto 4
3 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ALLO STATO DI PROGETTO 6
3.1 Tipo di analisi svolta 6
3.2 Descrizione dell'intervento 6
3.3 Classificazione dell'intervento 7
4 ILLUSTRAZIONE DELLE RAGIONI DELLA SOLUZIONE PRESCELTA 8
5 FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO 9
5.1 Fattibilità amministrativa 9
5.2 Fattibilità tecnica 9
5.2.1 Interferenze 9
5.3 Fattibilità economica 9