

Sicurezza

Ponte “Passatempo”

Ispezione, definizione classe d'attenzione, valutazione di sicurezza e progettazione degli interventi per la messa in sicurezza del ponte in località Passatempo, nel comune di Osimo (AN)

Nel contesto italiano, le reti stradali primarie e secondarie sono strettamente legate all'efficienza e alla solidità delle strutture dei ponti, che assicurano la continuità di queste reti nonostante gli ostacoli naturali e antropici. Alla luce dei recenti tragici avvenimenti, risulta sempre più importante conoscere e monitorare lo stato di salute di queste strutture su tutto il territorio nazionale.

Con il D.M. 578 del 17/12/2020 “Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti” e successivamente aggiornato con il D.M. 204 del 01/07/2022 si impone a tutte le amministrazioni o enti gestori di censire, ispezionare e definire una classe d'attenzione per tutte le opere di competenza entro il 2026.

In questo articolo, esploreremo il processo che ci ha guidato dal censimento, alla progettazione esecutiva degli interventi di ripristino e messa in sicurezza, passando dall'ispezione visiva, dalla definizione della classe d'attenzione e dalla valutazione di sicurezza di un ponte sito in località Passatempo all'interno del Comune di Osimo (AN).

Stato attuale dell'opera

Il ponte in esame risulta essere composto da due differenti strutture affiancate con unica sede stradale: in particolare, a valle è presente un impalcato a graticcio in calcestruzzo armato affiancato al pre-esistente ponte ad arco in muratura (lato monte). I segni del tempo e gli evidenti difetti sono sintomi di un pessimo stato di conser-

**Ing. Alberto Diotallevi
e Ing. Filippo Fagnocchi**
- IDS Ingegneria delle
Strutture Associato
Sostenitore ISI
Ingegneria Sismica
Italiana



Foto 1.1: Stato dei luoghi 1.



Foto 1.2: Stato dei luoghi 2.

vazione della struttura in esame. Risulta evidente il degrado, sia sulla parte realizzata in calcestruzzo armato che su quella realizzata in muratura. La prima presenta notevoli segni di dilavamento, tracce di scolo ed espulsione del copriferro, tipici difetti dei ponti stradali realizzati con questa tipologia costruttiva, mentre la seconda presenta un numero elevato di laterizi mancanti all'intradosso delle volte, fessure longitudinali e una evidente scarsa regimazione delle acque meteoriche. Tutti difetti che inducono il degrado dei materiali, con conseguente riduzione delle proprietà meccaniche, e mettono quindi in discussione la stabilità della struttura.

Foto 2.1: Stato di degrado 1.

Foto 2.2: Stato di degrado 2.



Pertanto, è fondamentale affrontare tempestivamente la situazione, al fine di garantire la sicurezza e la funzionalità di questa importante infrastruttura. A questo scopo, visti gli obblighi imposti dal D.M. 204 del 01/07/2022, l'ente gestore ha commissionato lo svolgimento dei Livelli 0, 1, 2, 3, 4 e successivi interventi di ripristino e messa in sicurezza della struttura.

Definizione Classe d'Attenzione

Un ruolo di fondamentale importanza per la definizione della classe d'attenzione (Livello 2) è rivestito dall'ispezione visiva della struttura che rientra all'interno del Livello 1 del sistema multilivello delle LLG2020.

Attraverso una ispezione visiva svolta da perso-

nale qualificato è possibile individuare le criticità principali della struttura, capirne il suo funzionamento dal punto di vista statico e dinamico, valutare e stimare le possibili cause dei difetti riscontrabili in situ. Il nostro personale, qualificato ispettore visivo delle opere civili ed infrastrutture di livello 2 e 3, si è recato in loco ed ha constatato lo stato di degrado della struttura, rilevando i difetti principali e precompilando le schede di difettosità per l'intera struttura. Vista la composizione della struttura, aspetto fondamentale nella fase ispettiva è stato capire come le due parti della stessa struttura lavorano o eventualmente collaborano fra loro, ricercando fessure, deformazioni o qualsiasi segno di possibile interazione. Nonostante il contatto tra il pulvino delle pile in c.a. e le pile in muratura, la presenza di una fessura longitudinale al centro della carreggiata lungo tutta la lunghezza del ponte, ha lasciato presupporre che ci si trovasse davanti a due strutture separate semplicemente posizionate molto vicine tra loro e collegate solo dagli strati superficiali della pavimentazione stradale. Valutato quanto descritto anche in fase di elaborazione delle immagini rilevate in fase di ispezione, si è proceduto alla definizione della classe d'attenzione per le due strutture agenti separatamente, come se fossero due ponti distinti. La classe d'attenzione finale è stata definita come la peggiore tra le due ottenute. Avendo ottenuto una Classe d'attenzione "Alta", secondo l'approccio multilivello delle LLG2020, è risultata necessaria una valutazione più accurata della struttura (Livello 4) mediante la redazione della Valutazione di Sicurezza.

Valutazione di sicurezza

La valutazione accurata in questo particolare caso, ha non solo lo scopo di definire lo stato di degrado, sollecitazione e resistenza delle strutture nei confronti dei carichi attualmente definiti dalle normative tecniche, ma anche di confermare o smentire le prime impressioni relative alle due strutture riscontrate durante la fase ispettiva. Per quest'ultimo motivo, di particolare importanza è stata la definizione del piano di indagine e la modellazione numerica della struttura. Il piano di indagine e diagnostica è stato redatto, come comunemente viene fatto, con lo scopo di definire le caratteristiche meccaniche dei materiali strutturali e non, le proprietà geometriche delle armature per la parte in calcestruzzo e di eventuali rinfianchi per la parte in muratura, ma anche di valutare la collaborazione delle due strutture nel caso in cui fosse presente. Per cui, oltre ai prelievi di materiale quali: calcestruzzo, barre d'armatura, elementi in laterizio, malta e materiale di riempimento



Foto 3.1: Fessurazione pavimentazione.



Foto 3.2: Stato di degrado 3.



Foto 3.3: Stato di degrado 4.

comportamento globale del manufatto. La prova dinamica è stata eseguita posizionando n. 6 assi accelerometrici sul piano stradale, in n. 3 differenti configurazioni. Gli strumenti sono stati disposti in corrispondenza della mezzeria e dei quarti di luce della campata centrale, nelle n. 2 diverse carreggiate (arco in muratura e impalcato in cemento armato). Sono state eseguite acquisizioni vibrazionali con i seguenti tipi di forzante: rumore ambientale (impalcato in c.a.), rumore ambientale (archi in muratura) e automezzo che da fermo scavalca un risalto in acciaio posto in mezzeria. In contemporanea è stata portata avanti la modellazione numerica delle due strutture analizzate separatamente, in particolare la parte in calcestruzzo armato è stata modellata mediante elementi di tipo beam assemblati ad impalcato a graticcio equivalente, mentre la parte in muratura è stata modellata attraverso l'utilizzo di macro-elementi discreti (DMEM). Il primo è

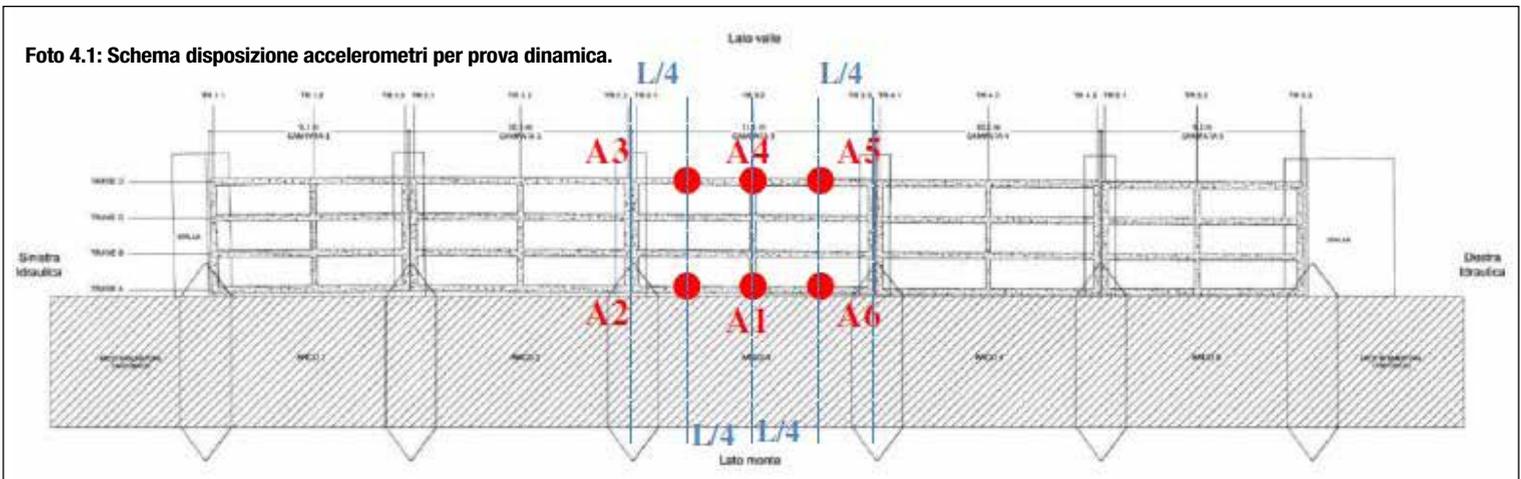


Foto 4.1: Schema disposizione accelerometri per prova dinamica.

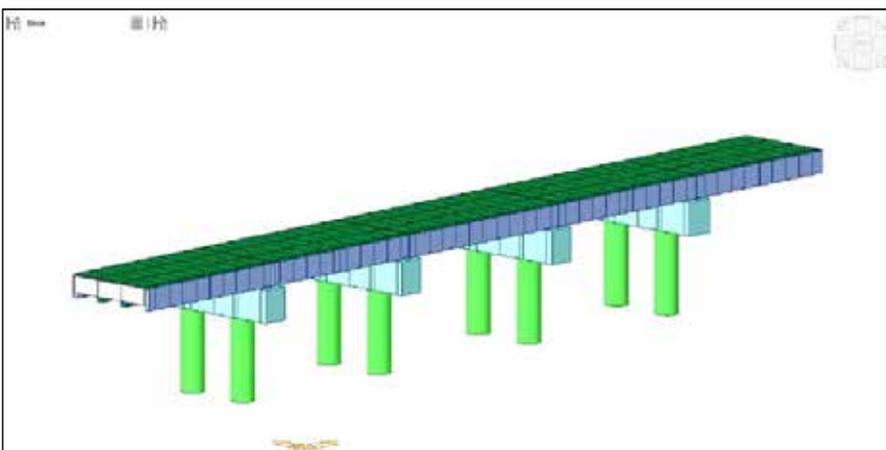


Foto 4.2: Modellazione parte in calcestruzzo armato.

delle arcate da testare a trazione, compressione e analizzare chimicamente, è stata prevista la caratterizzazione dinamica della struttura. Quest'ultima è finalizzata all'individuazione delle frequenze proprie di oscillazione e del

stata analizzato mediante analisi statica in condizioni statiche e mediante analisi dinamica lineare in condizioni sismiche. Il secondo, invece, è stato analizzato utilizzando analisi statica non lineare di tipo Push-down per le azioni statiche (verticali) e di tipo Push-over per le azioni sismiche (orizzontali). L'utilizzo di analisi modali su entrambi i modelli ha permesso di confrontare le frequenze proprie delle due strutture con i risultati della prova dinamica eseguita in situ. La prova ha confermato il disaccoppiamento delle due strutture e la correttezza sia della modellazione eseguita, che dell'ipotesi iniziali di considerare le due strutture separate. È importante sottolineare che, nonostante le due strutture non collaborino nella ripartizione dei carichi verticali al suolo, la distanza tra le due strutture è estremamente ridotta. Pertanto, durante questa fase è stato considerato l'effetto di martellamento

tra le due strutture, applicando delle forze orizzontali equivalenti alla spinta sismica che una struttura esercita su quella adiacente.

L'analisi ha definito la struttura, secondo la classificazione descritta dalle LLG2020, "Transitabile ai mezzi pesanti", limitando i carichi transitabili sulla struttura ad un massimo di 44 t. La valutazione di sicurezza ha evidenziato le carenze strutturali principali su cui agire, per cui sono stati previsti interventi specifici per il ripristino delle capacità resistenti delle due strutture.

Progettazione degli interventi

Sul lato in c.a. sono stati previsti interventi di ripristino delle funzionalità iniziali della struttura e interventi di rinforzo strutturale. I primi comprendono l'inserimento di dispositivi di appoggio (assenti sulla struttura originale), la sostituzione di giunti di impalcato e il ripristino corticale delle zone ammalorate. L'inserimento di dispositivi di appoggio evita lo schiacciamento delle travi nelle zone di appoggio e insieme ai giunti d'impalcato garantisce una migliore gestione delle dilatazioni d'impalcato limitando sollecitazioni parassite e la fessurazione trasversale favorendone la durabilità.

Gli interventi di rinforzo strutturale comprendono sulle travi longitudinali, l'inserimento di un elemento metallico all'intradosso ancorato al calcestruzzo, mentre sulla soletta, l'inserimento di profili angolari metallici posti all'intradosso e ancorati chimicamente alle travi. Inoltre, in prossimità dei giunti d'impalcato, la normativa impone di utilizzare un coefficiente amplificativo delle azioni per tenere in considerazione degli effetti dinamici dati dal veicolo che transita al di sopra di una discontinuità, quale potrebbe essere il giunto in condizioni di pavimentazione stradale non ottimali. Per ovviare a queste sovrasollecitazioni taglianti, è stato previsto l'inserimento di staffe aggiuntive ancorate nello strato inferiore della soletta mediante ancoraggi chimici.

Sul lato in muratura sono stati previsti interventi di ripristino del tessuto murario, localmente mediante il metodo "scuci e cucì" e globalmente con il metodo della ristilatura armata sia all'intradosso delle volte che sui timpani, e interventi di contenimento per il ribaltamento dei timpani, realizzando una nuova soletta in c.a. appoggiata sul riempimento delle volte e ancorata in testa ai timpani.

L'intervento su cui si vuole porre l'attenzione, riguarda la realizzazione di un nuovo giunto longitudinale di impalcato.

Questo intervento permette alle due strutture di lavorare separatamente, favorendo mo-

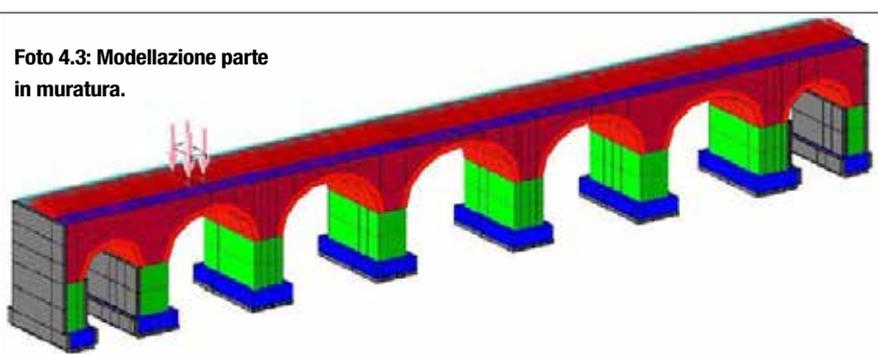


Foto 4.3: Modellazione parte in muratura.

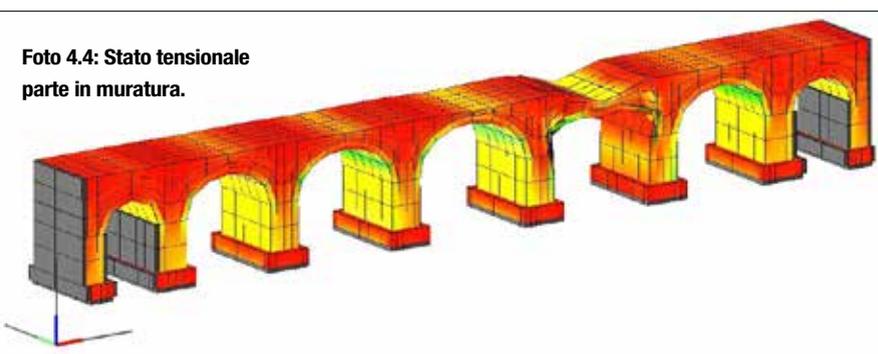


Foto 4.4: Stato tensionale parte in muratura.



Foto 4.5: Contatto tra le strutture 1.



Foto 4.6: Contatto tra le strutture 2.

vimenti relativi trasversali e longitudinali come già avviene, ma senza creare danni alla sovrastruttura stradale, riducendo le probabilità di incidenti causati da fratture longitudinali.

Il progetto esecutivo, così come descritto, è stato messo a base di gara ed è già stata definita l'impresa vincitrice dell'appalto, si attende solo l'inizio dei lavori (previsto per la fine del 2023) per riportare la struttura alla piena operatività rimuovendo così le limitazioni imposte. ■■

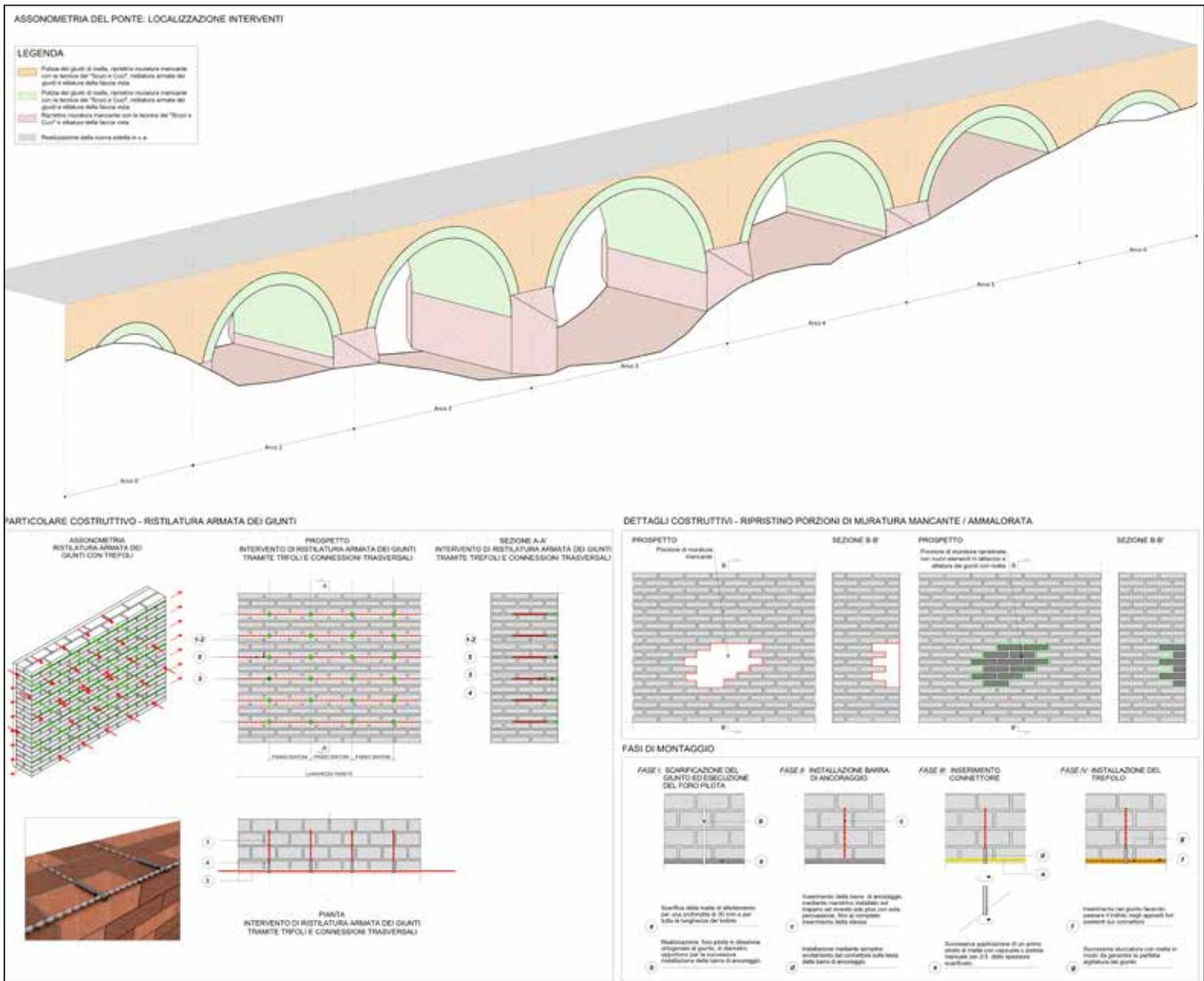


Foto 5.1: Ripristino tessuti murari.

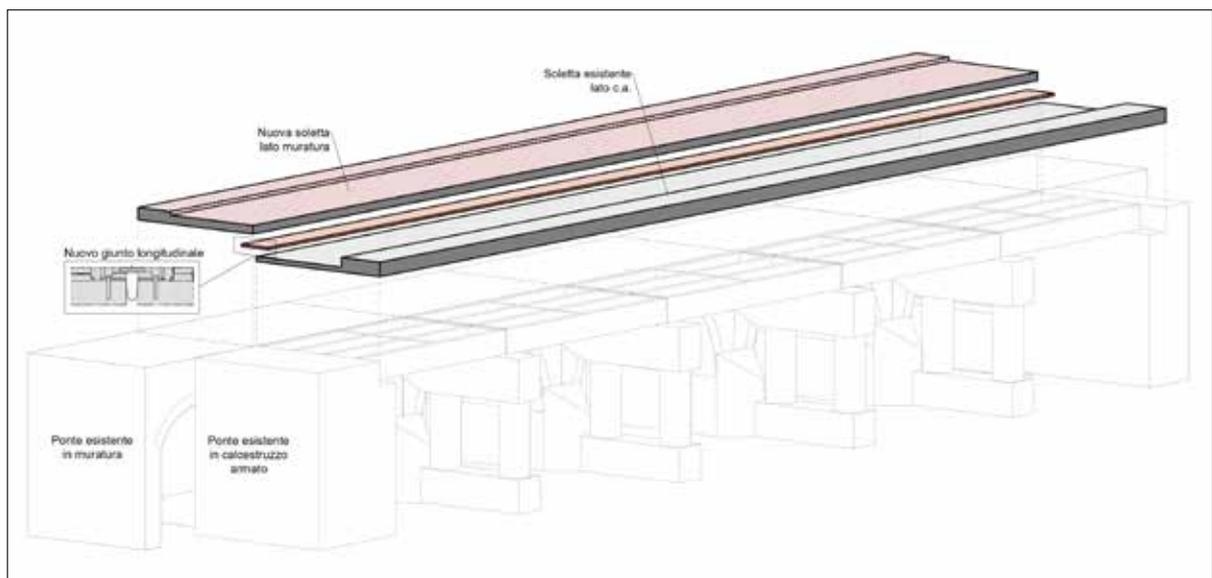


Foto 5.2: Realizzazione nuovo giunto longitudinale di impalcato