

ADEGUAMENTO FUNZIONALE DI PONTI STORICI

Enzo Siviero

Rettore Università Telematica eCampus
Via Isimbardi, 10, 22060, Novedrate (Co), Italy

Michele Culatti

Professore Università Telematica eCampus
Via Isimbardi, 10, 22060, Novedrate (Co), Italy

Sommario

La necessità di mettere a norma le strade italiane, la sensibilità da parte delle Amministrazioni locali nell'ammodernare il tessuto viario esistente cui consegue il miglioramento ed il potenziamento della funzione delle opere d'arte, implica una riflessione su un approccio metodologico capace di generare una qualità dell'opera che si riverbera sul territorio.

Rispetto alla necessità di "adeguare" un ponte, è possibile intervenire a seconda del tipo di opera e del suo valore storico culturale, con interventi che si configurano, sotto il profilo formale, attraverso operazioni che variano dal "mascheramento" dell'opera esistente ad aggiunte di estrema trasparenza e leggerezza.

In particolare, l'azione sul ponte storico implica il rispetto dell'integrità della sua immagine in quanto "documento" testimoniale.

L'adeguamento funzionale di ponti e viadotti, viene, quindi, visto attraverso un iter metodologico che prende spunto dall'esperienza fondata sulla triade operativa ricerca-didattica-professione sviluppata dal Prof. Siviero¹.

¹ Progettista di ponti, già direttore del DCA – Dipartimento di Costruzione dell'Architettura dell'Università I.U.A.V. di Venezia (dal 1994 al 2008), oggi Rettore dell'Università Telematica eCampus.

1 APPROCCIO METODOLOGICO AL PROGETTO DI ADEGUAMENTO

Adeguare un ponte dal punto di vista funzionale significa, nella maggior parte dei casi, accostare qualcosa di nuovo, come una corsia carrabile o una passerella pedonale, a un ponte già esistente. Sebbene i criteri di scelta delle differenti soluzioni di adeguamento funzionale riguardino principalmente i costi, i tempi di consegna, la minimizzazione degli impatti, nell'iter progettuale, va considerato anche lo studio architettonico-paesaggistico. Lo studio architettonico-paesaggistico è spesso necessario poiché si può essere chiamati ad intervenire su ponti storici e vincolati oppure perché sono opere che, per ubicazione, superano un corso d'acqua e quindi sono su aree tutelate per legge (art. 142, D.Lgs. 42/2004 e successive modifiche).

Tuttavia anche quando il vincolo monumentale o paesaggistico non sussistono, è importante il controllo dell'accostamento tra esistente e nuovo poiché spesso l'esistente è caratterizzato da opere d'arte in calcestruzzo con appoggio semplice, tipologia sostanzialmente standardizzata ma che per la sua diffusione geografica e massificazione tende a standardizzare i luoghi.

1.2 IL RAPPORTO CON IL MANUFATTO STORICO

Di particolare importanza è il rapporto tra l'opera storica e la sua nuova immagine dopo l'intervento. In generale quella nuova si deve aggiungere a quella vecchia senza soffocarla per accostarsi armonicamente all'immagine antica, riconoscendo un diritto di primogenitura al vecchio ponte. Si tratta quindi di stabilire delle gerarchie formali tra storico e nuovo. È certamente un fatto che ha presupposti culturali e di non sempre semplice soluzione: è più facile sostituire un ponte nella sua interezza con un altro ponte piuttosto che accostare ad un ponte esistente di cui si vuole mantenere l'immagine, una nuova immagine che vada in armonia con l'esistente.

Un'altra condizione che riguarda l'adeguamento del ponte storico è che l'adeguamento sia reversibile. Agire in strutture come i ponti storici significa anche garantire che in futuro sia possibile realizzare ulteriori adeguamenti con sistemi (tecniche, tecnologie e materiali) più avanzati. Pertanto, l'intervento di adeguamento deve poter essere sostituito con un intervento successivo, sempre a garanzia della conservazione dell'immagine del ponte storico.

Di seguito alcuni esempi di adeguamenti di ponti storici.

2. IL PONTE “PRINCIPE UMBERTO” (Legnago – Verona)

L'intervento ha avuto come obiettivo primario il collegamento del centro urbano del capoluogo con il centro storico del quartiere Porto, dove sono dislocate numerose attività commerciali, artigianali e di servizio. La finalità del progetto era quella di migliorare l'accessibilità per pedoni e ciclisti al ponte Principe Umberto, molto problematica per l'esigua larghezza delle carreggiate e per il notevole dislivello (di circa 9 m) superabile soltanto con disagiati rampe di scale, mediante la costruzione di una passerella in struttura reticolare leggera in fregio allo stesso, collegata al piano stradale da due ascensori panoramici.

Nel corso delle indagini conoscitive propedeutiche al percorso progettuale è stata esaminata la struttura originaria del ponte successivamente sostituito dall'attuale struttura in c.a. In origine le membrature strutturali portanti non prevedevano il c.l.s. come materiale costitutivo delle strutture, ma una composizione di elementi reticolari in acciaio costituiva il vecchio impalcato e soltanto gli elementi verticali (pile), erano costituiti da mattoni e pietra. E così, dalle prime bozze progettuali è emersa la soluzione strutturale definitiva: l'utilizzo dell'acciaio è stato applicato con la massima flessibilità funzionale per poter pervenire ad un buon risultato compositivo, ed inoltre il traliccio spaziale rappresenta una delle composizioni che più aderivano alla struttura originaria distrutta durante l'ultimo conflitto bellico e in parte ancora giacente sul fondo alveo.

Il progetto si è presto orientato verso una soluzione che sfrutta la struttura esistente senza comprometterne le resistenze strutturali. Il ponte esistente ha cinque campate delle quali quella centrale ha una luce di circa 40 metri, mentre quelle laterali si riducono rispettivamente a 33 metri e a 27 metri per quella di riva. In base a questa situazione esistente e in seguito alla scelta di sfruttare le pile del ponte per gli ancoraggi della nuova struttura, il progetto si è evoluto traendo ispirazione dalla forma caratteristica degli arbusti. La leggerezza e la trasparenza della composizione cercano quindi un aggancio tra due mondi per tradizione scarsamente comunicanti: la tecnologia e la natura.



Figura 1: Stato del ponte prima dell'intervento

L'impalcato della nuova struttura è costituito da una trave reticolare spaziale, composta da triangoli posti ad interasse di 1.2 m secondo tutti e tre gli assi spaziali. L'altezza della struttura principale dell'impalcato è di 1.2 m da asse superiore a quello inferiore, però anche i parapetti laterali intervengono strutturalmente a completamento della sezione principale, aumentando la rigidità della sezione. La travatura reticolare spaziale è composta da tubi, saldati in stabilimento in conci di lunghezza massima di 12 m. I vari conci verranno di seguito assemblati in cantiere tramite giunzioni bullonate e preparati per il montaggio. La passerella si

sviluppa su cinque campate per una lunghezza totale di circa 160 m.

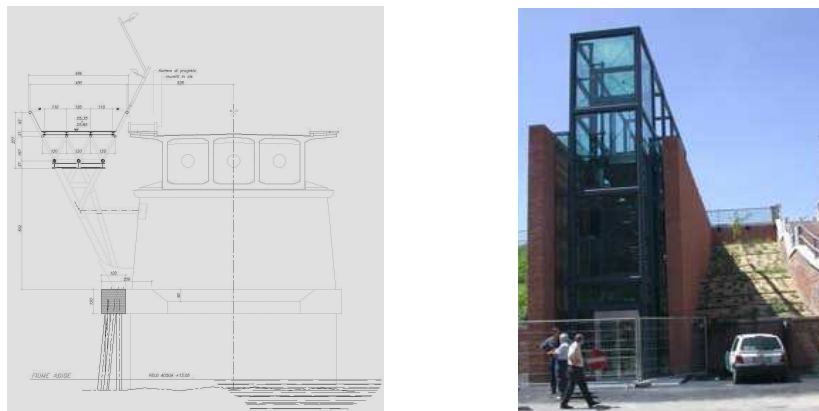


Figura 2: Sezione del ponte e ascensore per superare il dislivello ponte-strada



Figura 3: Accostamento ponte esistente – nuova passerella

3. PONTE PEDONALE IN ADIACENZA AD UN PONTE MEDIEVALE BORGHO TOSSIGNANO (BOLOGNA)

Il ponte sul Santerno si pone a servizio della Strada Provinciale n. 610 “Selice – Montanara” che attraversa da nord a sud-ovest tre province (Ferrara Bologna e Firenze) e lambisce il territorio provinciale di Cesena. Il Comune di Borgo Tossignano è facilmente raggiungibile dall’Autostrada A14 (uscita Imola) percorrendo in direzione sud-ovest la Provinciale 610 attraversando le località Ponticelli, Fabbrica e Casal Fiumanese, prima di raggiungere il ponte sul Santerno, che si pone a servizio di un ristretto insediamento urbano a preminente vocazione residenziale e commerciale, che rientra in un ampio assetto territoriale caratterizzato da una moltitudine di piccoli comuni disseminati in un territorio pianeggiante e collinare.

Il ponte rappresenta un punto nodale a servizio della provinciale 610, che assume una connotazione determinante sia per i collegamenti interprovinciali e regionali, che per quelli locali degli abitanti del Comune.

L’inadeguatezza funzionale del ponte esistente rappresenta il limite fisico da superare a favore delle attuali esigenze veicolari, al fine di garantire l’incolumità dell’utenza. Per risolvere questo problema si è giunti alla definizione di una passerella ciclopedonale affiancata alla struttura esistente, che sia in grado di ricevere quella quota di traffico ciclabile e pedonale che risulterebbe altrimenti pericolosamente esposta alle eventuali intersezioni con il traffico veicolare.



Figura 4: Il ponte storico come accesso a Borgo Tossignano



Figura 5: Il ponte storico

L'intervento è susseguito ad un primo progetto di rifunzionalizzazione del ponte esistente, che prevedeva l'allargamento mediante una struttura in legno lamellare, proposto su iniziativa dell'Amministrazione Comunale. La Soprintendenza per i beni architettonici e per il paesaggio dell'Emilia, ha espresso un parere di annullamento del progetto stesso con la seguente motivazione: "E' annullato il provvedimento n. 2939 del 19.06.2003 del Comune di Borgo Tossignano (BO) con cui si autorizza, ai sensi dell'art.51 del D.Lgs. 490.99 (già 7 della Legge 1497/1939) a realizzare la costruzione di una passerella pedonale in adiacenza al ponte sul fiume Santerno per insussistenza delle esigenze di tutela e conservazione dei valori paesistici riconosciuti dal D.Lgs del 29.10.99 n.490, art.146, lett.C, per il sito di progetto, esigenze che rappresentano, come è noto la ragione costitutiva del vincolo stesso". Il parere di annullamento conclude: "La passerella ciclo pedonale si sovrappone e occulta la visuale del manufatto e delle sue caratteristiche

architettoniche, inserendosi come elemento di contrasto, alterando e modificando anche il valore paesistico-ambientale del ponte e gli sfondi panoramici che lo riguardano”.

Il progetto di allargamento del ponte di Borgo Tossignano è sorto, quindi, grazie all’interazione di più soggetti che hanno saputo orientare la mano del progettista verso una soluzione stilisticamente e geometricamente più plausibile che ha trovato il favore dell’Amministrazione Comunale di Borgo Tossignano, della Provincia di Bologna e degli Enti di Salvaguardia.

L’intervento di adeguamento che comunque modifica le geometrie trasversali dell’opera preesistenti rendendole compatibili agli attuali traffici veicolali e ciclo-pedonali, deve caratterizzarsi come momento che valorizzi l’opera esistente nel suo contesto mediante una sensibilità statica e una delicatezza di intervento che garantisca un adeguamento senza degradare l’originale immagine del ponte (l’immagine impressa nella memoria storica degli abitanti di questi luoghi).

La struttura di allargamento è costituita da un impalcato con funzione di pista ciclo-pedonale, affiancato alla sede viaria pre-esistente. I carichi verticali vengono ripartiti dall’assito in legno disposto ad interasse 70 cm su traversi in acciaio di sezione composta a T. Tali traversi sono incernierati al paramento del ponte pre-esistente da un lato, e dall’altro insistenti su profili tubolari in acciaio di diametro 300 mm e sp 7.1 mm, montanti dall’arco sottostante.

L’arco, anch’esso in profilo tubolare metallico di diametro 508 mm e sp 12.5 mm, trasferisce dunque i carichi verticali attraverso i montanti verso le imposte; essendo poi tracciato su una giacitura inclinata rispetto alla verticale - in modo da convergere alle imposte verso gli aggetti delle pile pre-esistenti - si avvale della connessione con i traversi per garantirsi dal ribaltamento. I traversi sono infine stabilizzati fuori dal loro piano da un corrente longitudinale posto in mezzera impalcato e costituito da 2 profili HEB accoppiati.

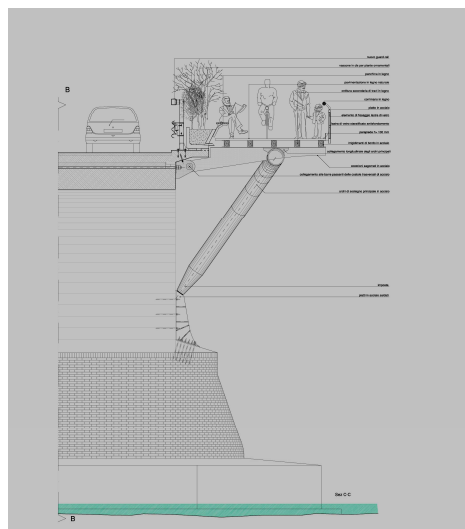


Figura 6: Sezione trasversale

Dal punto di vista del rapporto con l’esistente, l’intervento soggiace alle regole del ponte antico: gli archi tubolari seguono l’andamento curvo degli archi in muratura e viene poi garantita la trasparenza lasciando in mostra gli occhielli in corrispondenza delle pile. Il messaggio principale è il rispetto del ponte stesso che offre all’uomo la sosta e l’affaccio sul corso d’acqua

Le regole del luogo hanno imposto che il “moderno” dovesse essere reversibile, quindi potesse prevedere il ripristino della condizione precedente con l’eventuale sostituzione del nuovo intervento seguendo soluzioni più adeguate o magari con l’impiego di materiali e tecnologie più avanzati. L’antico, dunque, mantiene la propria identità e autonomia rispetto al moderno.



Figura 7: L’andamento degli archi in acciaio in corrispondenza degli archi in muratura



Figura 8: Funzionalità finale: separazione delle categorie di traffico

4. PONTE DELLA PRIULA (TREVISO)

Il Ponte della Priula, su cui la S.S. 13 “Pontebbana” attraversa il fiume Piave, è tra i più bei ponti storici in cemento armato del Nord Est d’Italia, ed uno dei più importanti tra i pochi superstiti di tale tipologia in tutto il Paese.

La necessità di adeguare funzionalmente i ponti storici non comporta esclusivamente miglioramenti della portanza, ma investe anche interventi sulla geometria degli impalcati per

selezionare, ai fini della sicurezza, le varie modalità di fruizione.



Figura 9: Ponte della Priula sul fiume Piave

L'adeguamento funzionale del Ponte della Priula, caratterizzato da una certa valenza storica e architettonica, diventa possibile nel momento in cui viene formulata una soluzione progettuale che rispetta la struttura preesistente e ne valorizza i caratteri costitutivi, sia sotto l'aspetto architettonico che ambientale e paesaggistico.

Inoltre, per salvaguardare le caratteristiche storico-architettoniche di questo ponte è certamente preferibile adottare forme e materiali distinguibili dal contesto architettonico precostituito. L'intervento dovrà quindi cercare di conservare il più possibile il ruolo della fabbrica storica, in un'opera di stratificazione nella quale l'antico si integra funzionalmente con il nuovo.

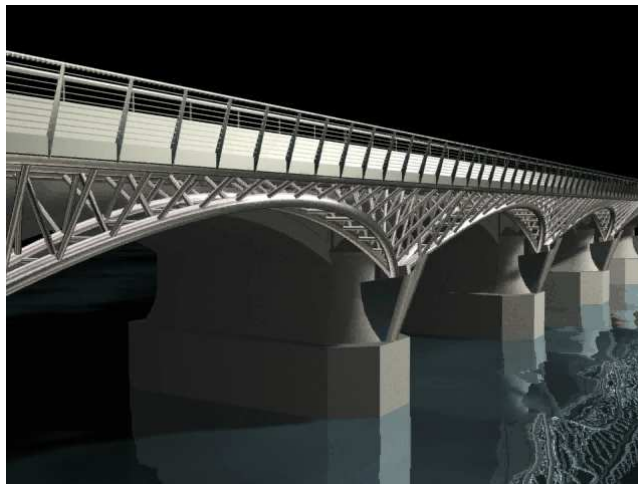


Figura 10: Rendering della soluzione

La struttura di adeguamento in oggetto, posta in fregio al preesistente ponte sul fiume Piave, si compone di una serie di doppi archi reticolari a sezione trilatera, con corrente inferiore in acciaio e superiore in c.a., la cui geometria ricalca fedelmente la traccia delle 20 campate del manufatto esistente, di luce media 21.50 m, per una lunghezza totale di 430 m ca.

L'impalcato in affiancamento è largo circa 5.00 m ed ha doppia destinazione d'uso: il lato verso la carreggiata pre-esistente è utilizzato come sede stradale (ciò che rende la struttura di adeguamento un ponte di 1a categoria), mentre il lato e-sterno costituisce sede riservata al

transito di pedoni e ciclisti.

I correnti inferiori delle strutture reticolari si compongono di 2 profili tubolari in acciaio: l'arco a sostegno diretto dei carichi stradali è disposto su un piano verticale, mentre quello sull'area di influenza della passerella pedonale presenta un angolo di inclinazione sulla verticale di ca. 30°, così da far convergere all'imposta i carichi verso gli aggetti delle pile preesistenti.

I montanti sono realizzati con tubolari di diametro minore, e le diagonali tese con tubi di sezione minima – a richiamare le caratteristiche della fune, oppure con elementi cavo effettivi.

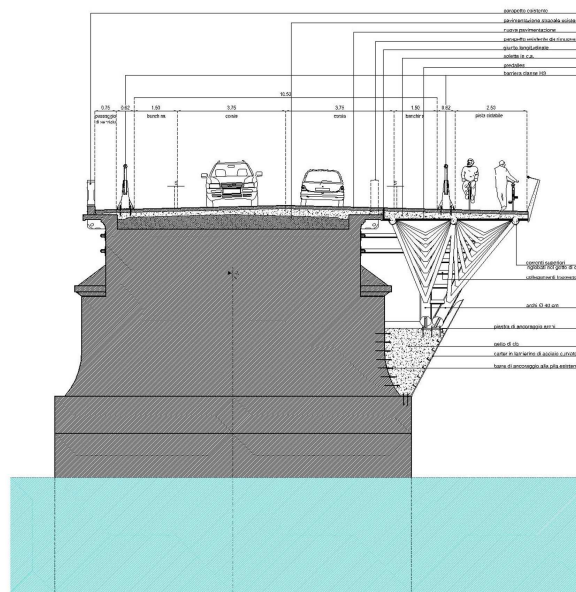


Figura 11: Sezione trasversale e accostamento ponte storico con il nuovo intervento

5. PONTE SUL RIO CORACE A GIMIGLIANO (CATANZARO)

Spesso il tema dell'adeguamento funzionale dei ponti esistenti porta alla creazione di appositi percorsi pedonali che evitino la commistione con il traffico veicolare. Questo è anche il caso del Ponte sul rio Corace del professore Adriano Galli a Gimigliano, primo ponte tipo Maillart presente a Gimigliano, un piccolo paesino del sud Italia, in provincia di Catanzaro.

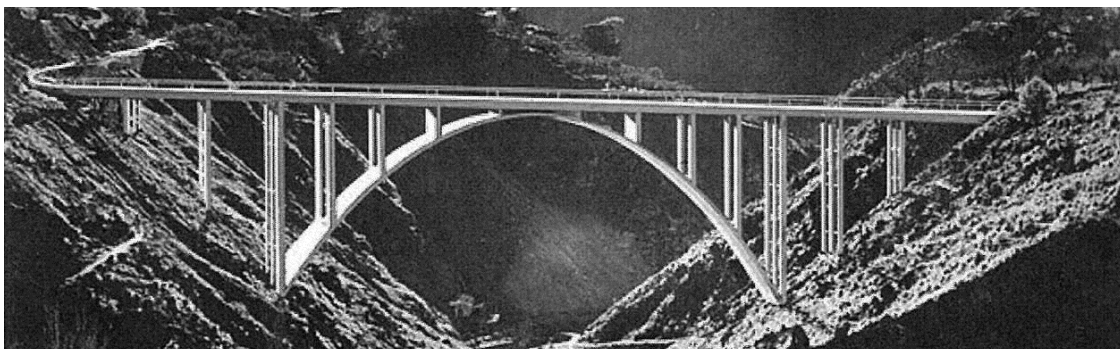


Figura 12: Ponte sul rio Corace

Questo magnifico ponte in calcestruzzo armato del tipo a volta sottile e impalcato irrigidente, ha subito nel 2010 gravi danni. A seguito di un evento alluvionale, una frana ha interessato la sponda ovest lato Tiriolo addossando un'ingente quantità di terreno alle pile di sostegno del viadotto d'accesso, provocandone vistose deformazioni e cedimento dell'impalcato in calcestruzzo dello stesso viadotto. Fortunatamente, la parte costituita dall'arco centrale non ha subito conseguenze dirette.



Figura 13: Frana del 2010 e cedimento dell'impalcato

Date le importanti dimensioni del ponte e la storia che esso rappresenta, si è deciso di intervenire al fine di mantenere in vita questo “gigante ferito”. Si è deciso di optare per un'operazione urgente di messa in sicurezza, con l'asporto del materiale franato ed il ripristino della funzionalità delle pile di sostegno del viadotto.

Allo stesso tempo è stato sviluppato un progetto molto più complesso che prevede l'allargamento, con la creazione di 2 corsie ciclopedonali, ed il contestuale adeguamento funzionale e sismico dell'intera struttura. E' stato dunque proposto a livello preliminare un intervento che prevede la realizzazione di due megastrutture reticolari metalliche a forma di portale (a monte ed a valle del ponte esistente), con piedritti a forma affusolata in opposizione alla spinta del terreno, che a lavori ultimati saranno destinate a passerelle pedonali, ma che attraverso il collegamento reciproco svolgono altresì un'azione di sostegno degli impalcati dei viadotti d'accesso esistenti, andando a sgravare le pile danneggiate consentendone l'eliminazione. Al contempo l'intera nuova struttura a telaio costituisce un efficace sistema resistente alle azioni sismiche, lavorando parallelamente al ponte esistente.



Fig. 14: Rendering dell'intervento proposto

La concezione architettonica e strutturale mira a mantenere quei caratteri di chiarezza e leggibilità formale che hanno caratterizzato l'opera del prof. Galli. La pulizia formale e concettuale di questo ponte deve essere preservata e tramandata. Le due strutture metalliche affiancate hanno una funzione temporalmente duplice: in un primo momento, durante i lavori di consolidamento del ponte esistente, consentono il transito dei mezzi leggeri mantenendo così la continuità veicolare, mentre a lavori ultimati, fungeranno da ampi percorsi ciclopedonali. In questa soluzione si è voluto diradare al massimo l'insieme delle aste diagonali di parete ricalcando i punti di attacco della struttura in calcestruzzo, a tutto vantaggio di una lettura formale del ponte storico solo parzialmente filtrata dalla nuova opera.



Fig. 15: Rendering con foto inserimento della proposta

La struttura così definita è stata concepita al fine di perseguire i vari obiettivi funzionali e statici richiesti. Le travi reticolari rappresentano il canale statico dei carichi gravitazionali delle nuove passerelle, e pertanto consentono di non incrementare ulteriormente i carichi agenti sull'impalcato nella parte sorretta dall'arco, mentre allo stesso tempo vanno a raccogliere i carichi verticali dell'impalcato d'accesso nelle zone in cui è prevista l'eliminazione delle pile esistenti. L'altezza della sezione di queste travi reticolari segue pertanto la distribuzione dei carichi agenti, e va quindi ad incrementarsi nelle zone laterali dove sorregge oltre alla passerella anche l'impalcato esistente.

Le travi reticolari possono dunque essere schematizzate come travi continue su più appoggi, rappresentati dalle spalle e dai fusti reticolari, ad inerzia variabile e carichi agenti variabili, più alti nelle campate laterali, e più bassi in quella centrale soprastante l'arco.

In relazione a tale schema statico esemplificativo ma allo stesso tempo identificativo del comportamento statico globale della struttura, è stata studiata la posizione e l'inclinazione dei fusi metallici, i quali vanno in definitiva a configurare un punto di appoggio per le reticolari tali da ottimizzare il comportamento flessionale della campata centrale delle stesse, che si presenta con una luce di circa 80 metri. Il gioco di rigidità ottenuto facendo variare l'altezza della reticolare, mira ancora una volta a ottimizzare il comportamento flessionale della campata centrale, per il quale l'incremento di carico dovuto all'impalcato nelle campate laterali, gioca ancora un ruolo favorevole.

Il disegno della reticolare deriva da chiare esigenze formali, volte alla maggior trasparenza possibile dell'intervento, e le larghe maglie della stessa ricalcano i punti di appoggio dell'impalcato esistente non andando dunque ad alterare il disegno originario di chiara lettura statica dell'opera, del quale è necessario conservare l'eccellente e pulita concezione.

Il modello di calcolo sviluppato ha poi consentito di effettuare valutazioni non solo qualitative, ma anche quantitative, sull'effettiva capacità della struttura di resistere alle azioni sismiche previste dalle vigenti normative. Questo studio ha messo in evidenza l'effettiva debolezza intrinseca della struttura nel resistere ad azioni orizzontali agenti in direzione trasversale all'impalcato, ma allo stesso tempo ha confermato l'adeguatezza della nuova struttura concepita nel resistere alle azioni sismiche in direzione trasversale, longitudinale e verticale.

6. CONCLUSIONI

A fronte di quanto esposto, le esplorazioni condotte attraverso la progettazione di interventi di adeguamento funzionale di ponti e viadotti mostrano il tentativo di rendere sempre riconoscibile l'opera storica. Tale approccio ha come diretta conseguenza il rispetto dell'esistente, in particolar modo là dove esistono quei segni territoriali portatori di valenze documentali riconducibili alla necessità di mantenere una memoria.

Si evidenzia che sebbene negli interventi mostrati si sia cercato di mantenere sempre distinte e riconoscibili le forme storiche da quelle nuove, l'immagine complessiva, quindi l'opera con le sue aggiunte, determina una nuova offerta percettiva. Tuttavia proprio perché si tratta di aggiunte reversibili non compromettono modificano in modo permanente l'immagine e la composizione dei fronti originari.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Culatti, L. Siviero – *Il rapporto opera – contesto: la qualità del progetto* – Le Strade, La Fiaccola Editrice, n. 1-2/2008, pagg. 94-98.
- [2] L. Ceriolo, M. Culatti, T. Morbiato, L. Attolico, N. Danieli – *Adeguamento funzionale di ponti e viadotti* – Strade & Autostrade, n. 1/2006, pagg. 161- 176.
- [3] E. Siviero, S. Casucci, A. Cecchi (a cura di) – *Il ponte e l'architettura* – CittàStudiEdizioni, 1994.
- [4] E. Siviero – *Ponteggiando-Bridging* – Il Prato, 2009.

- [5] E. Siviero, A. Totaro – *Adeguamento funzionale e sismico del ponte di adriano galli sul rio corace a Gimigliano (Catanzaro)* – XIV Convegno ANDIS, 2011
- [6] Centro Studi C.N.I. – *Catalogo Secondo Congresso fib. Mostra itinerante del 2006: L'ingegneria dei ponti del Novecento* – Gangemi Editore, Roma, 2006, pag. 30.
- [7] E. Siviero, L. Attolico – *Re-establishing the functionality of older bridges by integrating them with new ones: the cases of Borgo Tossignano (Bologna, Italy) and San Pietro (Colognola ai Colli, Verona, Italy)* – IABSE 2008.
- [8] E. Siviero, T. Zordan, B. Briseghella – *Tecniche di adeguamento funzionale dei ponti* – Strade & Autostrade 1-2008.
- [9] E. Siviero, M. Culatti – *Adeguamento funzionale di ponti e viadotti. L'iter metodologico alla scelta della soluzione migliore* – INGENIO-WEB.it, testata periodica di IMREADY Srl, Galazzano RSM, 2018.