

## L'estensione della vita utile dei ponti ad alto valore culturale

Verlängerung der Nutzungsdauer von Brücken von hohem kulturellem Wert  
Eugen Brühwiler

12.3.2012

**Riflessioni sull'estensione della vita utile dei ponti per continuare ad utilizzare le strutture esistenti, invece che dismetterle e sostituirle.**



**Il ponte Schwandbach (foto E. Brühwiler)**

### Valenza culturale dei ponti

I ponti devono ancora trovare un'adeguata considerazione come oggetti di alto valore culturale, ad eccezione di alcuni esempi di importanza storica e tecnica riconosciute. Fino ad oggi, gli interventi di conservazione si sono limitati soprattutto ai ponti metallici rivettati o a quelli in muratura costruiti prima del XX secolo. Solo in via del tutto eccezionale alcuni ponti del secolo scorso sono stati riconosciuti come opere di grande valore. In Svizzera alcuni esempi riguardano strutture realizzate da ingegneri noti in campo internazionale come Robert Maillart e Christian Menn. Una ragione di tale preconetto può risiedere nel fatto che «gli ingegneri dei ponti» non sono educati a riconoscere il valore culturale e le qualità estetiche dei ponti e in particolare non li riconoscono come monumenti dei nostri tempi. Così molti ponti notevoli soggetti a interventi condotti sulla base di meri criteri tecnici, ignorandone altre caratteristiche qualitative, sono stati deturpati. Il loro aspetto è stato alterato tramite l'imposizione di nuovi elementi strutturali, o tramite la rimozione o la modifica di dettagli strutturali o ancora cancellando gli indicatori dell'età della struttura e danneggiandone complessivamente l'identità e il carattere.

### Interventi sui ponti esistenti

I ponti sono costruiti per servire molte generazioni di utenti. Come parte di un'infrastruttura viaria, rappresentano un valore aggiunto per l'economia di un Paese.

C'è un ampio interesse sull'efficienza delle prestazioni economiche di un ponte, che deve al tempo stesso assicurare l'utilizzo previsto, senza alcuna restrizione (per esempio, limiti del carico mobile). Inoltre, la sicurezza degli individui e della società e il ruolo del ponte all'interno di un dato sistema di trasporti devono essere considerati in maniera bilanciata.

Un ponte è spesso progettato per un particolare tipo di traffico e la sua conversione per un utilizzo differente è discutibile. Un utilizzo continuo e contemporaneo del ponte deve essere garantito ed è fondamentale. Ciò può tuttavia creare conflitto con la conservazione del manufatto esistente. Mentre gli elementi strutturali principali dovrebbero di norma conservarsi più a lungo, le apparecchiature sono soggette a logorio e necessitano di essere periodicamente rinnovate.

L'innovazione per l'ingegnere strutturista sta nel dimostrare che la reale capacità portante del ponte è sufficiente a sopportare i carichi dovuti alle nuove necessità del traffico e nell'intervenire in modo essenziale e minimale per ristabilire o incrementarne la durabilità. L'approccio contemporaneo per le strutture esistenti è quello di basarsi su un metodo che include le informazioni raccolte dettagliatamente in situ sulla struttura. I parametri di controllo sono determinati in maniera più precisa. Per esempio, la sicurezza strutturale di una struttura esistente è provata con valori aggiornati per le azioni (carichi) e la resistenza. In questo modo, si può dimostrare che gli interventi possono spesso essere evitati e che un ponte può essere soggetto a sollecitazioni più elevate, rispettando comunque i requisiti di sicurezza.

Il metodo descritto si è sviluppato ed è stato applicato con successo nel corso degli ultimi 20 anni, tuttavia non è stato adottato da molti ingegneri strutturisti. Ciò può essere spiegato per il fatto che non esistevano codici applicabili alle strutture esistenti su cui un ingegnere potesse fare affidamento. Applicare i codici validi per il progetto di strutture nuove è in effetti fondamentalmente errato, ed ha sovente portato ad interventi non necessari. Per questo motivo, la Società svizzera degli Ingegneri e degli architetti (sia) ha di recente emesso una serie di norme per le strutture esistenti, nominate sia 269 e da sia 269/1 a 269/7 (Brühwiler et al., 2010).

Quando si interviene su un ponte, si pongono le seguenti due questioni sul suo aspetto :

- Il carattere originale ovvero la forma, i dettagli, il colore e la tessitura della superficie della struttura devono essere conservati e, se si, fino a che punto si può arrivare?
- Può l'aspetto del ponte essere modificato intenzionalmente dall'intervento? O, in altre parole, è auspicabile che l'intervento sia leggibile?

In linea di principio, il concetto basilare di un intervento di adeguamento e ristrutturazione dovrebbe essere visibile e comprensibile. Il carattere originale dovrebbe essere conservato negli interventi di ristrutturazione. Negli interventi di smantellamento e ricostruzione, tuttavia, l'aspetto della struttura può essere modificato in accordo con le necessità richieste.

## Esempi

I concetti espressi sono illustrati da esempi di interventi di adeguamento, risanamento, restauro funzionale e conservazione di ponti svizzeri importanti, ai quali l'autore del testo ha preso parte.

### **Il ponte ferroviario sul Reno a Koblenz, AG**

È stato progettato dall'ingegnere ferroviario tedesco Robert Gerwig (1820-1885) e costruito nel 1858.

Si tratta del più vecchio ponte ferroviario rivettato ancora in servizio nell'Europa continentale. La trave in ferro pudellato e rivettato è tipica delle strutture ferroviarie del XIX secolo in Europa centrale e il suo valore storico e culturale sono unanimemente riconosciuti (Brühwiler & Hirt, 2010). Nel 1999, il traffico ferroviario sul ponte è stato incrementato per accogliere quello dei treni metropolitani dell'area zurighese: ad un primo esame, infatti, la struttura del ponte era sicura e il suo esercizio estendibile al traffico passeggeri previsto (Keller et al., 1995). Di recente il ponte è stato nuovamente soggetto ad analisi in vista di un'estensione della sua vita utile ad altri 100 anni e considerando un ulteriore incremento di traffico passeggeri.

Sono state ulteriormente sottoposte a verifica la sicurezza strutturale e la fatica dell'oggetto. Ai fini di garantire la durabilità del ponte nel corso dei prossimi 100 anni, sono previste opere di riabilitazione che comprendono la sostituzione della via ferrata (entro il 2015), soluzione ben più efficace e economica della sostituzione integrale della struttura (opzione quest'ultima spesso scelta in tali situazioni).

### **Il ponte stradale di Javroz a Charmey, FR**

Nel 1950, Henri Gicot (1897-1982) ha progettato il ponte di Javroz per sostituire un ponte ad arco rivettato.

Il disegno di questa struttura più snella della precedente è influenzato dai ponti ad arco di Sarrasin. Il suo valore culturale ed estetico è attribuito alla trasparenza e all'integrazione nel paesaggio. In seguito alla domanda del traffico in aumento, il ponte è stato allargato di più di 3 m. L'intervento, visibile, è stato realizzato tra il 1999 e il 2000. L'impalcato del ponte è stato allargato simmetricamente tramite piastre in aggetto e rinforzato tramite post-tensione esterna. Per incrementarne la durabilità, i giunti di dilatazione Gerber sono stati rimossi con conseguente modifica del sistema statico della struttura.

Inoltre, sono stati ripristinati i danni da corrosione delle barre d'armatura e l'intera piastra d'impalcato è stata

protetta tramite membrana impermeabile. Tutte le operazioni si sono svolte mantenendo sempre una corsia di marcia agibile. (Brühwiler, 2002). Il dimensionamento e i dettagli del cordolo dell'impalcato così allargato sono stati scelti in maniera tale da ottenere un equilibrio ottico tra la forza dell'arco e i cordoli, che rappresentano le linee di profilo caratteristiche del ponte. L'estetica della struttura è stata lievemente affinata.

### **Il ponte stradale sul Rodano a Dorénaz, VS**

Il ponte è a tre campate in calcestruzzo armato, costruito nel 1933 su progetto di Alexandre Sarrasin (1895-1976), noto ingegnere svizzero romando specializzato in opere in cemento armato (Habel & Brühwiler, 2009; Brühwiler & Frey, 2002). Le caratteristiche di questo ponte sono la semplicità e l'armonia delle forme e dei dettagli strutturali e l'economia nell'uso essenziale della materia. Il ponte di Dorénaz è stato rinnovato nel 1999 ai fini di un adeguamento della struttura alle necessità e alle restrizioni del traffico stradale crescente. In conformità a un esame dell'attuale resistenza della struttura e dell'azione del traffico veicolare, l'intervento è stato limitato al rinforzo, invisibile, della piastra dell'impalcato (Bailey et al., 1999). Inoltre sono stati ripristinati localmente i danni da corrosione delle barre di armatura che denunciavano l'invecchiamento della struttura e tutte le superfici in calcestruzzo sono state trattate con inibitori di corrosione. La ristrutturazione ha incrementato durabilità e capacità portante del ponte. Al tempo stesso è stato conservato il carattere originale del manufatto, per la restante vita utile del ponte, senza limitazioni di traffico.

### **I ponti Schwandbach e Rossgraben presso Schwarzenburg, BE**

Nel 1933, Robert Maillart (1872-1940) ha progettato e realizzato due ponti molto vicini l'uno all'altro. Il ponte di Schwandbach è un arco ad impalcato irrigidito che sostiene una carreggiata in curva.

Il ponte di Rossgraben, con il suo arco di 82 m di luce, è secondo, quale ponte ad arco a tre cerniere a cassone aperto, come ampiezza, solo al famoso ponte di Salginatobel, anch'esso opera di Maillart. Entrambe le strutture in cemento armato rispondono positivamente in termini di comportamento sotto carico e di durabilità. Tuttavia, dopo 70 anni di esercizio, si è resa necessaria una manutenzione ai fini di ripristinarne la durabilità. Un esame dettagliato della struttura ha dimostrato che la capacità portante era sufficiente anche in vista di aumento del carico dovuto a traffico nel futuro. I lavori di ripristino effettuati nel 2005 hanno previsto il miglioramento del sistema di drenaggio, tramite la posa di una membrana impermeabile sulla piastra d'impalcato, mentre sono state ripristinate localmente le armature metalliche affette da corrosione e protette le superfici in calcestruzzo più esposte con un trattamento idrofugo (con impregnazione del calcestruzzo fino a 20 mm di spessore). Tale intervento conservativo a basso impatto e vantaggioso in termini di costi non ha comportato modifiche leggibili per la struttura.

### **Il ponte della Bessières a Lausanne, VD**

Il ponte stradale della Bessière si colloca nella parte storica della città di Losanna ed è stato progettato dal noto ingegnere ferroviario Jules Gaudard (1833-1917) e, per quanto riguarda il disegno dei dettagli, dall'architetto Eugène Jost (1865-1946). È stato costruito nel 1910 dall'«Atelier de construction mécanique» sito a Vevey. La struttura consta di 5 archi metallici di 81 m. di luce, posati su dei massicci piloni in blocchi di pietra. I lavori di restauro sono stati eseguiti nel 2003. Nel progetto di restauro sono stati ripristinati i danni da corrosione delle armature di rinforzo in acciaio della piastra d'impalcato in calcestruzzo, inoltre sono stati effettuati la sostituzione della membrana impermeabile dell'impalcato, il rinnovo dello strato protettivo anticorrosione delle strutture metalliche e il progetto e l'installazione di parapetti nuovi e più alti (Brühwiler & Guex, 2003). È stata attribuita un'attenzione particolare alla scelta dei colori e dei dettagli strutturali, con l'obiettivo di rispettare il carattere originale del ponte. Nel 2006 al ponte della Bessières è stato affiancato un nuovo ponte per la metropolitana. Quest'ultimo segue l'asse del ponte della Bessières e ne attraversa i piloni in pietra. In tal modo è stato realizzato un originale «bridge landscape» urbano.

### **Il ponte Schwarzwasser presso Schwarzenburg, BE**

L'impalcato del ponte stradale di Schwarzwasser, costruito nel 1882, è stato ricostruito e ampliato nel 2005 per rispondere alle necessità dell'aumento di traffico. Con una luce di 112 m e la struttura rivettata ad arco, il ponte appartiene ai maggiori esempi del XIX secolo rimasti in Svizzera. Fu progettato dall'ingegnere di ponti svizzero Beat Gubser (1836-1882) e costruito dall'officina di costruzioni metalliche G.Ott & Cie di Berna. L'eleganza della struttura e la sua importanza come costruzione metallica ne giustificano l'alto valore culturale. Per approntare una più ampia superficie al traffico l'impalcato in calcestruzzo è stato sostituito con un impalcato più ampio a elementi prefabbricati. Un'analisi dettagliata della struttura in ferro pudellato e rivettato ha dimostrato che la capacità portante era garantita anche in proporzione ai carichi crescenti dovuti al traffico. Ai fini di incrementarla è stato rinforzato l'arco. Il carattere originale del ponte è stato mantenuto, pur essendo stato adattato alle necessità delle previsioni di traffico e la sua vita d'esercizio è stata notevolmente prolungata. Gli elementi d'impalcato prefabbricati hanno permesso un processo costruttivo rapido e un'interruzione di traffico molto limitata. Inoltre,

l'intervento ha comportato dei costi molto più bassi di quelli stimati per l'integrale sostituzione del ponte.

### **Il ponte stradale di Gueuroz a Salvan, VS**

Si tratta di una struttura ad arco di 99 m di luce costruita nel 1933. È il ponte più noto costruito da A. Sarrasin. Il ponte è caratterizzato da una struttura in calcestruzzo snella e ardita assemblata tramite montanti lineari a formare un arco leggero e una trave a U che ne fornisce la rigidità. Nel 1994 alla struttura di Sarrasin è stato affiancato un ponte parallelo misto in acciaio/calcestruzzo per rispondere alle esigenze del traffico in aumento. La struttura in cls ha esibito un degrado simile a quello riscontrato per il ponte di Dorénaz. Il risanamento del 2005 ha seguito lo stesso concetto di base del manufatto precedente. Il ponte in calcestruzzo può essere utilizzato per servire una corsia di marcia durante i lavori di manutenzione del nuovo ponte. Si può infine constatare anche in questo caso che l'intervento è minimale, rispetto all'identità originale del monumento da conservare; che la costruzione di un nuovo manufatto è una scelta determinata per gravare meno drasticamente sulla prima; che è riuscito l'accostamento tra le due strutture di generazione diversa.

### **Restauro funzionale e consolidamento del Ponte di Dalvazza a Luzein, GR**

Il ponte di Dalvazza a Luzein nei Grigioni è stato progettato e costruito nel 1924-25 dall'impresa di costruzioni Hartmann & Co di St. Moritz. Tale ponte, ad arco a via inferiore, a prima vista insignificante, è invece di grande interesse per l'uso insolito della struttura in calcestruzzo armato di tipo Vierendeel, dal nome dell'ingegnere belga Arthur Vierendeel (1852-1940) che ne sviluppò il sistema strutturale nel XIX° secolo.

Il ponte versava in cattive condizioni, la piastra d'impalcato e i montanti dell'arco necessitavano di un restauro e di un consolidamento per accogliere il traffico futuro previsto per il paese montano di Luzein. Il restauro ha contemplato l'uso di uhpfrc (Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete calcestruzzo fibrorinforzato ad altissime prestazioni).

Questo materiale ha fornito al contempo il rinforzo meccanico della struttura e una bassa permeabilità del materiale, per prevenirne gli attacchi da parte di sostanze dannose come l'acqua e i cloridi. L'intervento di restauro è stato realizzato dallo studio di ingegneria Conzett, Bronzini, Gartmann ag di Chur (gr) ed eseguito nel 2008 in collaborazione con la ditta Holcim.

Questo è consistito nella stesura di uno strato di uhpfrc armato, ossia l'armatura ordinaria con barre d'acciaio è stata predisposta prima della stesura del uhpfrc con il preciso obiettivo di incrementare la durabilità della struttura e di ripristinarne la sicurezza.

L'uhpfrc fresco fabbricato secondo una composizione disponibile sul mercato edilizio svizzero è stato prodotto in un vicino impianto con calcestruzzo pronto all'impiego e trasportato in cantiere.

Sull'uhpfrc prima della presa è stato distribuito materiale inerte tale da fornire la ruvidezza del selciato per la normale aderenza durante lo scorrimento del traffico stradale.

## **Conclusioni**

Gli interventi di costruzione su ponti di alto valore culturale devono coniugare i severi requisiti funzionali con le qualità estetiche e culturali della struttura. Gli esempi illustrati ci ricordano che molti ponti di questo tipo sono ancora in attesa di essere riconosciuti come tali e rispettati. Esistono ancora molti ponti sconosciuti e ignorati costruiti negli anni '60 che meritano lo stesso approccio di quello descritto. Gli ingegneri strutturisti e i committenti devono essere più attenti agli aspetti qui descritti durante gli interventi di restauro e ristrutturazione.

L'estensione della vita utile dei ponti secondo il criterio presentato permette di continuare a utilizzare le strutture esistenti anziché di dismetterle e sostituirle. Non esistono ponti «vecchi», ma solo ponti che forniscono prestazioni adeguate al loro stato. Tale criterio è evidentemente in sintonia coi principi dello sviluppo sostenibile.

Estendere la vita utile di una struttura in fin dei conti significa attribuire il giusto valore ai ponti, apprezzare l'arte delle strutture e riconoscere l'identità degli ingegneri strutturisti.

### **Bibliografia**

- (Bailey et al., 1999) Bailey S.F., Radojicic A., Brühwiler E.: Structural Safety Assessment of the Dorénaz Bridge. in «Case Studies in Optimal Design and Maintenance Planning of Civil Infrastructure Systems», asce
- American Society of Civil Engineers, 1999, pp. 1-12.
- (Brühwiler et al., 2010) Brühwiler, E., Vogel, T., Lang, T., Lüchinger, P., Swiss Code for existing structures – Principles and challenges, Proceedings, Joint iabse – fib Symposium, Dubrovnik, May 2010.

- (Brühwiler & Frey, 2002) Brühwiler, E., Frey, P. (editors): Alexandre Sarrasin – Structures en béton armé : audace & invention. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (epfl), Presse polytechnique et universitaire romandes (ppur), 2002.
- (Brühwiler & Guex, 2003) Brühwiler, E., Guex, P.: Remise en état du pont Bessières à Lausanne. Tracés no 21, 5 Novembre 2003, pp. 7-13.
- (Brühwiler & Hirt, 2010) Brühwiler, E., Hirt, M.A., Umgang mit genieteten Bahnbrücken, Stahlbau, März 2010.
- (Habel & Brühwiler, 2009) Habel, K., Brühwiler, E., Alexandre Sarrasin – Boldness and innovation in concrete design, aci Concrete International, May 2009, pp. 47-52.
- (Keller et al., 1995) Keller, A., Brühwiler, E., Hirt, M.A., Assessment of a 135 year old riveted railway bridge. Proceedings, iabse Symposium in San Francisco, August 1995, iabse Report Vol. 73/2, pp. 1029-1034.

Brücken von hohemkulturellem Wert verdienen einen respektvollen Umgang. Entsprechend müssen bei baulichen Erhaltungsmaßnahmen die strengen Nutzungsanforderungen im Gleichgewicht stehen mit den kulturellen Werten und der ästhetischen Qualität der Brücke. Dieser Aufsatz zeigt anhand von acht Beispielen von Schweizer Brücken mit hohenkulturellen Werten, wie Eingriffe in die bauliche Substanz mit angemessenem Respekt ausgeführt werden können. Es wird aufgezeigt wie dabei in der Regel die Bewahrung der kulturellen Werte Hand-in-Hand geht mit technischen, volkswirtschaftlichen und umweltverträglichen Anforderungen, umso den Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung dieser Bauwerke zu genügen. Diese Anforderungen werden insbesondere erfüllt durch die Anwendung moderner Ingenieurmethoden im Bereich bestehender Tragwerke. Bauingenieure und Eigentümer von Brücken sollten ein stärkeres Bewusstsein für kulturelle Werte entwickeln, wenn Eingriffe zur Instandsetzung und Restaurierung notwendig werden, denn die Verlängerung der Nutzungsdauer führt zu einer Wertsteigerung der Brücken sowie zu einer Wertschätzung der Ingenieurbaukunst und Identität der Bauingenieure.

<https://www.espaZium.ch/archi/article/lestensione-della-vita-utile-dei-ponti-ad-alto-valore-culturale-0>