

Sostituzione degli impalcati ammalorati dei ponti esistenti in Italia con nuovi impalcati in carpenteria metallica

Il crollo del ponte Morandi a Genova e la sua recente ricostruzione sono due accadimenti che hanno rafforzato un dibattito profondo e serio sulle **condizioni delle infrastrutture in Italia**, mobilitando le autorità ed i relativi Ministeri, i professionisti e l'opinione pubblica in generale.

In primis si è **preso atto dello stato di degrado** in cui versano numerosi ponti e viadotti sul territorio nazionale e della **vetusta età** di questi, così come della mancanza di un sistema di gestione del rischio delle infrastrutture uniforme sull'intero territorio nazionale.

Le prime azioni governative e dirigenziali hanno portato all'esecuzione immediata di una serie di visite ispettive straordinarie delle infrastrutture stradali e l'analisi dello stato manutentivo. Da sottolineare, che la competenza delle infrastrutture stradali ricade in diversi soggetti (Comuni, Province, Regioni, ANAS e Società Concessionarie): diviene pertanto fondamentale trovare adeguati ed unificati criteri di monitoraggio manutentivo.

A questo proposito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nel 2019, istituì una commissione con il compito di unificare le modalità di classificazione, valutazione della sicurezza e monitoraggio dei ponti esistenti. La commissione ha prodotto le *"Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti"*, recentemente approvate dall'Assemblea generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Sull'età delle opere infrastrutturali risulta interessante riportare i risultati di un'analisi eseguita nel 2007, a livello europeo "Sustainable Bridges -Load and Resistance Assessments of Railway Bridges"[1], sui ponti ferroviari esistenti, realizzata da un gruppo di ricerca formato da 32 partners, tra cui gestori di ponti, consulenti, appaltatori, istituti di ricerca e università, in 16 paesi dell'UE ed in Svizzera, dove vengono evidenziati i materiali utilizzati in funzione dell'età dei ponti analizzati. È notevole rilevare che quasi il **75% dei ponti europei esistenti hanno più di 50 anni e circa il 35%** di questi hanno più di 100 anni.

Queste cifre sono il risultato dell'indagine su circa 220.000 campioni corrispondenti a vari tipi di ponti costruiti con materiali diversi, tra cui ponti in calcestruzzo armato e c.a.p. (Concrete), in struttura mista con materiali diversi (Composite nel grafico), ponti in carpenteria metallica (Metal) e ponti in muratura ad arco (Masonry). Nella figura si riportano i risultati dell'indagine.

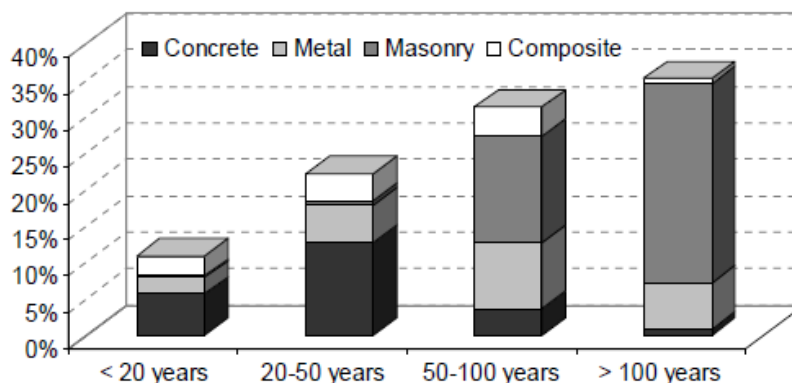


Figura 1 - Distribuzione dei tipi di ponte in base al materiale da costruzione per intervalli di età.

Dallo studio emerge che deve essere prestata particolare attenzione alle vecchie tipologie di ponti, dal momento che costituiscono un numero significativo della popolazione dei ponti esistenti. Inoltre, si evince che i ponti con campate minori di 40 m sono più numerosi in confronto ai ponti più lunghi. Tuttavia, i ponti con campate più lunghe non possono essere trascurati perché il loro costo di manutenzione o sostituzione può essere notevolmente superiore rispetto a quello dei ponti con campate più corte.

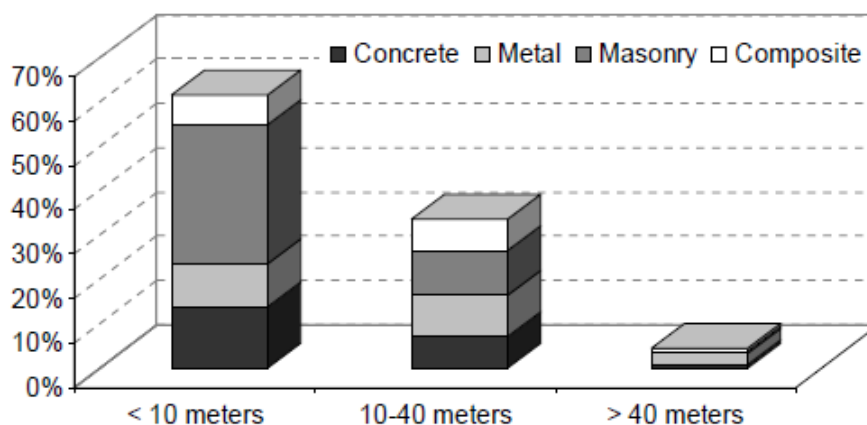


Figura 2 - Distribuzione dei ponti esistenti considerando la lunghezza della campata e il materiale da costruzione.

Dalla ricerca scaturisce, inoltre, che la richiesta di trasporti capillari sui paesi sarà sempre in aumento e denota come in un futuro breve sarà fondamentale intervenire in modo corretto e consapevole sui ponti esistenti analizzando profondamente i fenomeni che producono il loro degrado attuando valide misure di monitoraggio nonché conseguente manutenzione.

A conforto di questi numeri e la sua rispondenza con le infrastrutture italiane, si riportano due studi, il primo eseguito dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa [2] che seguendo l'approccio multilivello delle nuove linee guida, per 261 ponti appartenenti a strade provinciali, ha rilevato che il 44% sono in muratura, il 43 % in c.a. il 5% in acciaio o soluzioni composte e l'8% in altri materiali. Con il 54% dei ponti realizzati prima del 1945 (> 75 anni), 38% tra il 1945 e il 1980 (75 a 40 anni) e 8% costruiti dopo il 1980 (< 40 anni).

Il secondo studio, di Marco Petrangeli e altri, [3] quantifica il numero di ponti in Italia in circa 250.000 unità, confermando che l'80% dei ponti sono stati costruiti entro il secondo dopo guerra, convalidando così, i dati riportati in precedenza riguardo l'età dei ponti esistenti in Italia, in linea con quelli europei. Lo studio rileva che i lavori di manutenzione e sostituzione realizzati sono inferiori a quelli necessari, con risultati di deterioramento precoce e più veloce delle strutture e la conseguente riduzione dello stock dei ponti (chiusure temporanee e permanenti, limitazioni della piattaforma, limite di carico e velocità) con il rischio di una significativa contrazione della rete stradale. Conferma, inoltre, che non si dispone di un quadro aggiornato dello stato di conservazione complessivo dello stock dei ponti in Italia.

Dai dati a disposizione si evince che la tipologia di ponti esistenti, più diffusa in Italia, è quella di viadotti a travi appoggiate precomprese semplicemente appoggiate ed in misura minore, i ponti in calcestruzzo armato realizzati da una successione di telai e travi tampone in semplice appoggio (seggiole Gerber). Infine, da uno studio presente nel database del Bridge Information System (I.Br.I.D) scaturisce che meno del 6% dei ponti italiani sono in carpenteria metallica ed in strutture miste acciaio-calcestruzzo, pertanto vi è ben un 94% di ponti esistenti in materiali diversi dall'acciaio.

Si può riassumere che il 92% dello stock dei ponti ha più di 40 anni, con il 38% realizzati nel secondo dopo guerra e che almeno il 50% dei ponti italiani sono in calcestruzzo con uno stato di ammaloramento della rete piuttosto consistente dovuto a cause che possono essere di natura ambientale, di non idonea esecuzione e di insufficiente manutenzione.

Il calcestruzzo può essere interessato da un processo di ammaloramento più o meno diffuso, con presenza di fessure, lesioni e distacchi accentuati dall'eventuale presenza di infiltrazioni di acque ad alto contenuto di cloruri a causa dell'utilizzo di sali disgelanti sulla pavimentazione stradale, con fenomeni di degrado tale da innescare la corrosione nelle armature.



Figura 3 - Viadotto Stupino - Carpanzano (CS), Calabria – Anno di inaugurazione 1974.

Il viadotto in c.a.p. è oggetto di Bando di gara ANAS del 14/05/2020 per lavori di manutenzione.



Figura 4 - Ponte Fiumarella Pellaro (RC), Calabria - Impalcato ammalorato.

Demolire interamente i viadotti esistenti e sostituirli con strutture nuove, come nel caso del Ponte di Genova, si tradurrebbe in operazioni onerose e di grande impatto ambientale, diviene pertanto fondamentale percorrere altre opzioni per la messa in sicurezza dei ponti esistenti con soluzioni che contemplino anche il miglioramento sismico dell'infrastruttura nel suo complesso.

Nonostante l'applicazione sia sperimentale e tratti soltanto i **ponti stradali** le linee guida emanata dal CSLP potranno fornire, all'esito di tale sperimentazione, uno strumento **avanzato, univoco ed uniforme** per tutti i gestori sul territorio nazionale che **mediante un approccio generale, multilivello, multicriterio e multiobiettivo**, consentirà la determinazione di una "classe di attenzione" per la gestione del rischio e la verifica di sicurezza delle infrastrutture.

Le Linee Guida sono costituite da tre parti fondamentali:

- Censimento e la classificazione del rischio
- Verifica della sicurezza
- Sorveglianza e monitoraggio

e costituiscono il riferimento per ANAS ed i concessionari autostradali, in ordine all'approfondimento e frequenza delle ispezioni, nonché per altri interventi e provvedimenti.

Le linee guida illustrano come la classificazione del rischio si inquadri in un approccio generale che dal semplice **censimento** delle opere d'arte da analizzare arriva alla determinazione di una **classe di attenzione** basata sulla valutazione dei rischi (rischi rilevanti, strutturale, statico e fondazionale, sismico e idro-geologico), dalla quale si perverrà alla loro **verifica di sicurezza**.

In quest'ottica, le linee guida forniscono gli strumenti per la conoscenza a livello territoriale dei ponti, nella più larga accezione del termine, e gli strumenti per definire **le priorità** per l'esecuzione delle eventuali operazioni di sorveglianza e monitoraggio, di verifica e di intervento in un'ottica di ottimizzazione delle risorse e degli interventi (investimenti).

L'approccio si sviluppa su 6 livelli differenti e prevede valutazioni speditive quali il censimento, le ispezioni e la classificazione, e valutazioni puntuali di complessità maggiore, concentrate su singoli manufatti.

Gli interventi di **manutenzione** scaturiscono sulla base della classificazione delle patologie, svolta a partire dalle ispezioni di livello 1 e dalla necessità di azioni correttive, sulle strutture, scaturite dai livelli successivi. Tali azioni potranno essere più o meno estese a seconda del tipo di danno, della sua localizzazione e del livello del degrado. Gli interventi vanno dal semplice monitoraggio continuo delle patologie, seguite da nuove ispezioni approfondite e dettagliate con lo svolgimento di test non distruttivi o distruttivi di laboratorio volti alla definizione dell'esatta entità del danno rilevato. Per danni poco estesi si eseguono interventi localizzati di riparo che non influiscono sul comportamento globale della struttura e sulla funzionalità dell'opera. Se il danno è molto esteso, tale da **ridurre sensibilmente la capacità**

portante e/o la durabilità di un intero elemento strutturale, si esegue un intervento di rinforzo o di **sostituzione dell'intero elemento**.

Su questo tipo di intervento è fondamentale sottolineare che la sostituzione di opere esistenti in calcestruzzo o c.a.p. con nuovi elementi in carpenteria metallica conferisce un **migliore comportamento del ponte o viadotto di fronte alle azioni sismiche**, trasferendo minori sollecitazioni alle sottostrutture, data la minore massa degli elementi in carpenteria metallica.

In questi casi è possibile procedere, molto più facilmente, all'adeguamento sismico o al miglioramento delle pile e delle spalle esistenti del ponte che saranno sottoposte ad azioni verticali e orizzontali molto più contenute delle precedenti. A completamento dell'intervento si deve valutare lo stato dei pulvini esistenti e l'adeguamento ai nuovi dispositivi di appoggio.

E' stato possibile constatare che in gran parte dei viadotti esistenti, le pile presentano un'importante robustezza perché nella progettazione venivano fatte lavorare a tensioni medie molto basse. Questa situazione di sovradimensionamento gioca a favore del suo ripristino nonostante possano trovarsi in una situazione di cattivo stato di conservazione.

Si trascrivono alcune considerazioni, tratte dal "Quaderno tecnico ANAS" (Volume VII) [4] nei casi di sostituzione di impalcati esistenti di travi in c.a.p. con travi in acciaio.

A mero scopo illustrativo si prendono in esame i carichi trasmessi alle pile dovuti al **peso proprio** delle campate con le luci più rappresentative nella rete stradale esistente di 25 m e 35 m. Negli esempi è escluso il contributo della soletta superiore e delle finiture, il quale è pressoché identico per tutte le soluzioni.

Per travi isostatiche in c.a.p. con campate di 25 m di luce, il carico trasmesso agli appoggi dovuto al peso proprio delle travi risulta essere:

- nell'ordine delle **130t** per impalcati con travi a doppio "T" in c.a.p. esistenti tipicamente in uso qualche decennio fa;
- per impalcati realizzati con soluzioni in acciaio o acciaio/calcestruzzo è invece nell'ordine **dalle 20t alle 35t**, con soluzioni in travi laminate, con travi in lamiera saldate a doppio "T" o a cassone con acciaio o con trave reticolare con profili tubolari in qualità S355 e S460.

Da una prima analisi si evince un netto abbattimento dei carichi agenti dovuti al peso proprio delle travi. I nuovi carichi verticali, imposti da quest'ultime, trasmessi alle pile, vengono ridotti di circa il **75-85%** rispetto a quelli trasmessi dagli impalcati esistenti. Di conseguenza, essendo i carichi sismici strettamente legati alle masse, **l'azione sismica dei nuovi impalcati viene altamente ridotta** rispetto a quella trasmessa dalla struttura esistente.

Anche per travi isostatiche con campate di 35 m di luce è possibile fare analoghe considerazioni, il peso proprio degli impalcati esistenti con travi in c.a.p. risulta essere nell'ordine **220t / 250t**, per impalcati realizzati con soluzioni in acciaio o acciaio/calcestruzzo il peso si riduce di circa il **70 – 85%** rispetto a quello degli impalcati esistenti.

Questa importante riduzione dei carichi rafforza la soluzione progettuale di mantenere e ripristinare le pile e le spalle esistenti, e procedere con la sostituzione degli impalcati con quelli nuovi in carpenteria metallica.

Durante la sostituzione dei dispositivi di appoggio, nel caso di pile esistenti che non riuscissero a sopportare i nuovi carichi sismici, sarebbe possibile aumentare la capacità dissipativa dell'opera (retrofitting sismico), mediante l'installazione di "dissipatori sismici", atti alla dissipazione dell'energia sismica.

La varietà di sistemi strutturali in carpenteria metallica, per la sostituzione di campate semplicemente appoggiate, è molto ampia: bi-trave e multi-trave con profili laminati o saldati, travi a cassone o trave reticolare con profili aperti o chiusi e qualunque sia il sistema scelto, la struttura può sempre essere prefabbricata in officina.

L'altezza del nuovo sistema strutturale risulta sempre minore di quello esistente in c.a.p. o calcestruzzo, questo è reso più evidente nelle soluzioni di travi continue, sistemi ottimi per l'acciaio. Per ponti che superano i corsi d'acqua, questo è un risultato molto importante perché diviene possibile alzare il franco navigabile aprendo il tratto a imbarcazioni maggiori di quelle previste inizialmente per il ponte esistente.

Anche le gamme qualitative di prodotti in acciaio, per uso strutturale, sono ampie: acciai non legati, a grano fine allo stato normalizzato o laminazione termomeccanica, con resistenza migliorata alla corrosione, inox e duplex per citarne solo alcuni.

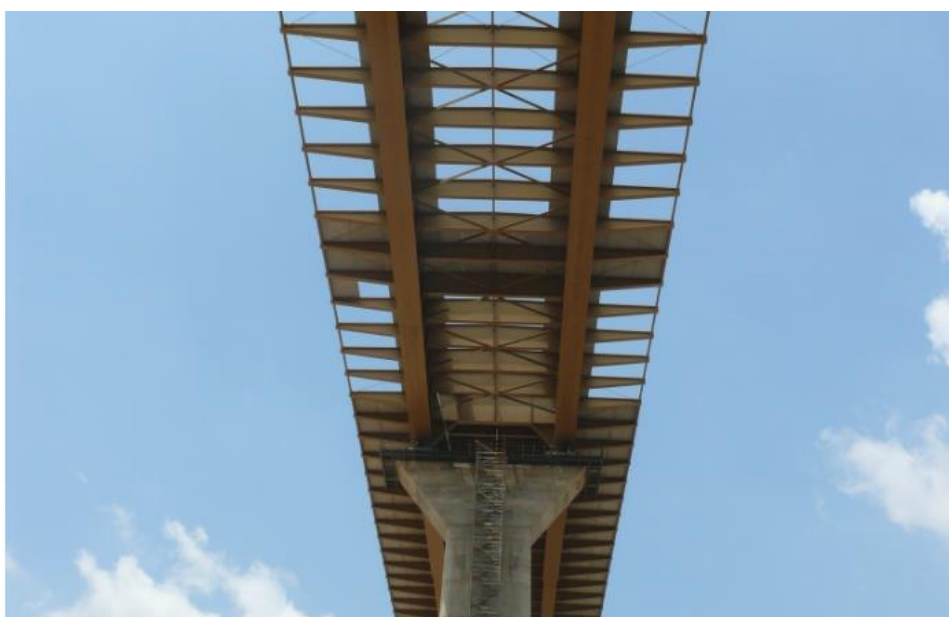


Figura 5 - Viadotto Serra-Cazzola (SS640), Canicatti (AG), Sicilia. Impalcato in carpenteria metallica.

Si può addurre che l'acciaio è un materiale che, per sua natura, è vulnerabile alla corrosione in particolare in ambienti molto aggressivi o inquinati. Per contrastarla, si interviene sulle cause, rendendo l'acciaio meno vulnerabile mediante trattamenti di protezione superficiale (zincatura a caldo o verniciatura) o usando materiali in grado di passivarsi che proteggono il manufatto per tutta la vita utile dello stesso. Pur senza reale supporto scientifico, in passato si temeva che la zincatura a caldo potesse interferire con le caratteristiche dell'acciaio e le sue prestazioni nel tempo; oggi sia per studi specifici che per l'esperienza derivante dall'utilizzo di tale trattamento in una vasta casistica in ambito internazionale, si può considerare che l'uso della zincatura a caldo consente una progettazione sicura dei ponti. In Italia solo recentemente si comincia ad utilizzarla anche per i ponti in acciaio mentre in altri Paesi, come USA e Giappone, viene impiegata già da decenni. In particolare, in Giappone dal **1960** sono stati messi in opera circa 1.000 ponti in acciaio zincato a caldo, sia stradali che ferroviari, **senza che sia stata necessaria alcuna manutenzione** o che siano emersi altri problemi ad essa riconducibile.

I manufatti in carpenteria metallica sono realizzati totalmente in officina e coperti di marcatura CE con ampia disponibilità di acciaio prodotto nel nostro Paese. Un'officina media processa circa 1.000 tonnellate al mese dall'approvvigionamento delle materie prime.

Per luci minori, i manufatti arrivati in cantiere vengono assemblati completamente a "terra" e poi posizionati sugli appoggi in calcestruzzo armato, ma per ponti con luci elevate e per schemi statici di travi su più appoggi la carpenteria metallica viene posizionata campata per campata in avanzamento, **con tempi di varo modesti**, caratteristica tipica di tutte i manufatti prefabbricati.

Le iniziative intraprese con l'emanazione delle linee guida per la gestione della sicurezza dei ponti esistenti e lo stanziamento di fondi per la loro messa in sicurezza, sono iniziative di grande aiuto allo sviluppo del nostro Paese. Sarebbe auspicabile infine, un **aggiornamento a breve dei capitoli dei prezzi delle Regioni e degli Enti, che tengano conto dei prodotti e delle tecnologie in acciaio che permettono un'ottimizzazione celere della messa in sicurezza dei ponti italiani.**

Milano, giugno 2020

Riferimenti:

[1] "Sustainable Bridges Workshops (2007), "Workshop - Load and Resistance Assessments of Railway Bridge.

[2] "Analisi delle Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza dei ponti" Ingegno 12/05/2020 (Walter Salvatore, Emanuele Renzi, Pietro Baraton, Simone Puggeli, Antonella Cosentino) e Gruppo di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università di Pisa (Giovanni Buratti, Antonella Cosentino, Isabella Mazzatura, Alice Mazzei, Francesco Morelli, Giacomo Usai) in collaborazione con l'Amministrazione Provinciale di Pisa (dirigente Cristiano Ristori).

[3] Petrangeli, Marco & Lardani, Ilaria & del Drago, Filippo. (2019). Conservazione e rinnovamento dei ponti stradali Italiani in calcestruzzo. 136. 46-56.

[4] Quaderno ANAS- Volume VII- "Norme Tecniche ANAS-Manutenzione dei ponti in acciaio, sostituzione di impalcati esistenti con nuovi manufatti in carpenteria metallica".