



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI FIRENZE

GENOVA: RIFLESSIONI PER UN PONTE

Firenze, 19 ottobre 2018

GIOVANNI CARDINALE

Vice Presidente CNI



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI **INGEGNERI**

- 1. QUESTIONI GENERALI SUL DEGRADO DELLE STRUTTURE**
2. LA MANUTENZIONE DEL PONTE SUL POLCEVERA:
RIFLESSIONI
3. LE NOVITA' DELLA CIRCOLARE ILLUSTRATIVA DELLE NTC
2018 IN TEMA DI PONTI ESISTENTI

Circolare 19/07/ 1967 n. 6736/61A1

Ministero lavori pubblici - Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d'arte stradali.

[...] La vigilanza sullo stato di consistenza e sulla statica delle opere d'arte e dei manufatti stradali deve essere permanente. La vetustà di alcune opere, l'effetto di riparazioni successive, l'influenza della crescente intensità della circolazione, l'aumento dei carichi trasferiti alle strutture da questa circolazione, lo "stress" provocato dall'intensificarsi delle azioni dinamiche (velocità , vibrazioni, ecc.) esigono oramai una maggiore e più continua attenzione da parte dei tecnici preposti agli organismi interessati all'esercizio sicuro della viabilità di ogni importanza ed a qualsiasi livello.

La vigilanza deve essere esplicata ai vari livelli dei dipendenti e dei funzionari addetti, con periodicità opportunamente rapportata al grado tecnico dell'accertamento. In altri termini se un controllo tecnico approfondito può avere una periodicità dell'ordine di un anno, le ispezioni minori dovranno essere programmate con frequenza almeno trimestrale.

[...] La vigile ed intelligente sorveglianza consentirà , così , di prevenire danni, o maggiori dissesti, mediante la tempestiva adozione di provvedimenti adeguati. In ogni caso consentirà di scoprire in tempo segni premonitori di eventuali cedimenti, o lesioni, crolli incipienti e quindi permetterà mediante pronti interventi, allarmi, sbarramenti, provvedimenti limitativi e cautelativi, ecc. di scongiurare eventi drammatici e vere e proprie catastrofi. La vigilanza ed il controllo delle opere d'arte sono fatti squisitamente tecnici, tuttavia la loro organizzazione deve essere programmata anche a livello amministrativo, per gli importanti riflessi di natura giuridica che la sicurezza delle infrastrutture stradali implica nel quadro della gestione delle pubbliche strade.

.... si tratta di una Circolare del 1967!

Circolare 19/07/ 1967 n. 6736/61A1

Ministero lavori pubblici - Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d'arte stradali.

[...] Indipendentemente, però, dalle segnalazioni e dalle informazioni (eventuali) del personale addetto alla manutenzione, i capireparto, i geometri addetti alla zona, i tecnici di tronco o capizona, effettuano una volta almeno ogni trimestre un'ispezione a tutti i manufatti di loro pertinenza, per accertare lo stato di consistenza e di conservazione delle strutture, nonché eventuali dissesti che dovessero apparire alle parti visibili dei manufatti.

[...] Tutti i rapporti redatti per ciascuna operazione di controllo sono inseriti nel citato apposito fascicolo, intitolato "Controllo periodico stabilità opere d'arte" che è tenuto a disposizione degli Ispettori del Ministero dei lavori pubblici e dell'ANAS incaricati.

Tutti i rapporti e le relazioni citati nel precedente capitolo sono conservati presso ogni Amministrazione, Società od Ente proprietario, gestore o concessionario di strade ed autostrade. Per ogni strada, tronco stradale od itinerario è istituito uno speciale fascicolo intitolato "Controllo periodico stabilità opere d'arte - strada ...".

Ogni cartella comprende la documentazione disponibile: disegni, grafici, fotografie, rapporti e relazioni relativi ai controlli periodici ordinari ed a quelli eventuali straordinari. Una apposita scheda, riprodotta anche sul verso della copertina della cartella, riepiloga i dati salienti riferentisi alla vita del manufatto: epoca della costruzione, impresa, caratteristiche principali, date delle riparazioni, delle eventuali ricostruzioni a seguito vicende belliche o eventi naturali, funzionari incaricati, collaudi effettuati, ecc. ed ogni altra notizia o fatto suscettibile di facilitare, in ogni evenienza, l'opera di manutenzione, di riparazione o di ricostruzione. Nella scheda devono essere anche annotate sinteticamente le date delle ispezioni di controllo alle condizioni statiche, come dalle presenti direttive, i funzionari accertanti e l'esito dell'accertamento.

.... si tratta di una Circolare del 1967!

1. QUESTIONI GENERALI SUL DEGRADO DELLE STRUTTURE
- 2. LA MANUTENZIONE DEL PONTE SUL POLCEVERA:
RIFLESSIONI**
3. LE NOVITA' DELLA CIRCOLARE ILLUSTRATIVA DELLE NTC
2018 IN TEMA DI PONTI ESISTENTI



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Commissione Ispettiva Ministeriale

D.M. n. 386 del 14/08/2018 – D.M. n. 387 del 27/08/2018 – D.M. 392 del 05/08/2018

Comune di Genova
Autostrada A10 - crollo del Viadotto Polcevera
Evento accaduto il 14 agosto 2018

Coordinatore

Ing. Alfredo Principio Mortellaro
Consigliere Consiglio Superiore dei LL.PP.

Membri

Ing. Gianluca Ievoliella
Consigliere Consiglio Superiore dei LL.PP.

Dott. Francesco Lombardo
Consigliere della Corte dei Conti

Prof. Ing. Camillo Nuti

Professore ordinario in Tecnica delle Costruzioni dell'Università degli studi "Roma Tre"

Prof. Ing. Ivo Vanzi

Professore ordinario in "Tecnica delle Costruzioni" Università degli studi "G. d'Annunzio" Chieti - Pescara

Roma, 14 settembre 2018

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

I sistemi bilanciati riprendono la stessa tipologia strutturale utilizzata pochi anni prima per la costruzione del Ponte General Rafael Urdaneta nella baia di Maracaibo in Venezuela. Il sistema costruttivo è successivamente ripreso anche nel ponte sul Wadi al-Kuf in Libia, seppur con qualche differenza costruttiva.

L'idea strutturale di base nel progetto è quella di equilibrare le componenti orizzontali dei tiri negli stralli attraverso l'impalcato, ottenendo come ulteriore effetto benefico la compressione dello stesso. L'impalcato è costituito da un cassone con cinque camere, di lunghezza pari a circa 171 o 145 m, altezza variabile, da un massimo di 4.50 m ad un minimo di 1.82 m, rastremato in corrispondenza degli estremi a sbalzo, modellabile in prima approssimazione come elemento monodimensionale su quattro appoggi (puntoni dei cavalletti + stralli).

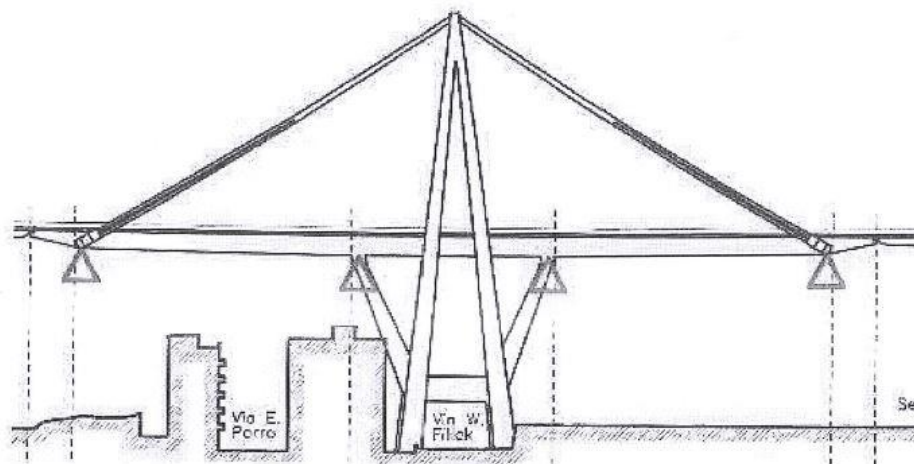


Figura 4 - Schema appoggi

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

Gli stralli sono costituiti da trefoli in acciaio armonico, passanti sopra l'antenna per mezzo di una speciale sella, costituita da lamiere e profilati annegati nel getto di calcestruzzo. L'armatura dei tiranti è costituita da due sistemi di cavi:

- Cavi principali: 16 cavi, ciascuno da 16 trefoli, + 8 cavi, ciascuno da 12 trefoli, per un totale di 352 trefoli; ciascun trefolo ha diametro nominale di mezzo pollice (12.7 mm);
- Cavi secondari: 28 cavi, ciascuno da 4 trefoli, per un totale di 112 trefoli; ciascun trefolo ha diametro nominale di mezzo pollice (12.7 mm);

La particolarità del sistema bilanciato risiede nella presenza di soli 4 stralli e nella loro particolare realizzazione. Relativamente a quest'ultima, ai cavi principali è affidato, in massima parte, il peso proprio dell'impalcato. Una volta realizzato lo stesso, i cavi principali sono tesi in modo tale da equilibrare le forze verticali derivanti dal peso del cassone. Solo successivamente,

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

2.2 1981 – 2007: INTERVENTI ESEGUITI SUL VIADOTTO

Il documento utilizzato per la ricostruzione storica dei principali interventi di manutenzione eseguiti sull'opera è la relazione nominata "*nota cronologia lavori Polcevera 26 08 18*" (vedi allegato) trasmessa da Aspi il giorno 28/08/2018. A questa relazione si aggiungono le informazioni contenute nella relazione generale del progetto esecutivo di retrofitting strutturale del 2017 (elaborati GEN001 e GEN001A).

A partire dagli anni ottanta, anche a seguito di relazione redatta, su richiesta di Aspi, dall'ing. Morandi del 1981, (relazione Morandi 1981) il ponte è stato oggetto di una serie di interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria. Qui di seguito si elencano quelli di maggiore rilevanza:

- Anni 1981-1996: risanamento corticale delle strutture, rifacimento del sistema di smaltimento delle acque, posa in opera di elementi di carpenteria metallica e formazione di botole per l'ispezione all'interno dell'impalcato;

- Anni 1986-1993: rinforzo del bulbo inferiore delle travi degli impalcati di tamponamento, risanamento e ripristino dell'intradosso dell'impalcato a cassone, posa in opera di barriere New Jersey spartitraffico e bordo ponte, posa in opera di apparecchi di appoggio mobili (unidirezionali e multidirezionali), sistemazione degli appoggi fissi e formazione di passi d'uomo per ispezioni, demolizione e rifacimento degli sbalzi dell'impalcato per il posizionamento delle nuove barriere New Jersey, esecuzione del rinforzo del nodo tra la soletta e la parete verticale del cassone più esterno per alcuni tratti di impalcato, posa in opera di dispositivi per lo scarico delle acque di impalcato, posa in opera di cavi Dyform per il rinforzo della soletta inferiore del cassone della pila 9;

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

- Anni 1992-1996: questi interventi furono particolarmente significativi ed interessarono gli stralli della pila 11 (la più vicina al centro urbano di Genova). Analogamente a quanto già era stato realizzato sul resto della struttura, infatti, anche nella pila 11 era stato programmato un intervento di parziale integrazione e di protezione del calcestruzzo, ma alcune verifiche preliminari, condotte per meglio calibrare gli interventi, avevano messo in luce una situazione ben più preoccupante, che si manifestava con la presenza di cavità e degradi concentrati, soprattutto all'attacco degli stralli con il traverso in sommità dell'antenna, e con corrosione dei cavi. (Doc foto stralli pila 11, anni 90)

È stata dunque avviata una campagna di monitoraggio, attraverso indagini distruttive e non, localizzate ed estese, per definire con precisione lo stato di conservazione dei materiali e della struttura ed i necessari interventi di consolidamento.

Sono stati effettuati diversi tipi di indagini diagnostiche per determinare la resistenza dei materiali, per verificarne lo stato di degrado, per valutare la precompressione della sezione in

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

2.3 2007 – 2018: INTERVENTI ESEGUITI SUL VIADOTTO (DOPO STIPULA CONVENZIONE)

- Anni 2008-2009: sostituzione del new jersey spartitraffico;
- Anno 2009: sostituzione dei giunti di impalcato;
- Anni 2009-2010: ripristino delle solette della spalla lato Savona per sfondamenti;
- Anni 2014-2015: rimozione della struttura del carro ponte esistente e delle relative slitte di sospensione;
- Anni 2015-2016: interventi di rinforzo della trave di bordo lato mare degli impalcati E11 E29 e della trave interna lato mare dell'impalcato E33, con precompressione esterna;
- Anni 2014-2018: sostituzione delle barriere new jersey bordo ponte. L'intervento è consistito in: rimozione della vecchia barriera New Jersey installata con l'appalto degli anni 1986/1993, rifacimento dei "cordoli del viadotto" per le sezioni correnti, integrazione dell'armatura per la parte estradossale della soletta in corrispondenza dei punti singolari costituiti dall'attacco degli stralli e di alcuni altri elementi, realizzazione di un elemento rigido a protezione di detti punti e installazione di nuove barriere New jersey con mancorrente e soprastante rete di contenimento;
- Anni 2015-2018: installazione di un nuovo carro ponte. Si è proceduto a: rimozione del vecchio carro ponte, installazione di due binari lungo l'intero sviluppo dell'opera, anche in corrispondenza dei punti di attacco degli stralli all'impalcato, installazione di due apposte piattaforme – una per ogni carreggiata – semoventi e con possibilità di rotazione del piano di calpestio per renderlo da parallelo a ortogonale all'asse della struttura, installazione di due altre piattaforme denominate navette a supporto delle piattaforme primarie per la movimentazione di uomini e materiali;
- Anni fino al 2018: presidi gravitativi per evitare la caduta di moduli di Barriera NJ sulle costruzioni sottostanti in caso di urti rilevanti, realizzati con elementi di carpenteria metallica;

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

2.4 1991 – 2017: INDAGINI DIAGNOSTICHE ESEGUITE NEL TEMPO SUL VIADOTTO

Stante la sua specificità strutturale e le numerose deficienze presentatesi sin dai primi anni di esercizio, il viadotto Morandi è stata oggetto di numerose indagini e monitoraggi, al fine di prevenire l'insorgenza di stati degenerativi e risolvere eventuali deficit di resistenza.

Le modalità d'indagine sono variate nel tempo per tener conto della evoluzione tecnologica e delle procedure.

2.4.1 PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INDAGINI

▪ RIFLETTOMETRIE

Il metodo riflettometrico RIMT (*Reflectometric Impulse Measurement Technology*), consiste nella misura delle variazioni di impedenza elettrica presenti lungo l'elemento esaminato, a loro volta associate a variazioni fisiche e geometriche dell'elemento stesso.

Le misure vengono effettuate emettendo impulsi di tensione di brevissima durata (da 10 ns ad 1 ms) ad un'estremità del cavo e rilevando, nello stesso punto, i segnali di impedenza riflessi; questi ultimi sono segnali di tipo complesso, costituiti cioè da 2 componenti, una di tipo induttivo (pendenza complessivamente negativa, e connessa a fenomeni di corrosione dei trefoli) e l'altra di tipo capacitivo (pendenza complessivamente positiva, e connessa a fenomeni di carenza di iniezione). L'analisi dei segnali di impedenza consente di valutare il tipo, l'importanza e l'ubicazione delle anomalie presenti lungo il cavo.

Date le caratteristiche proprie del sistema diagnostico, che si presenta come un metodo indiretto di misura, i valori ricavati hanno un valore puramente qualitativo, e consentono di tracciare solo un quadro generale dello stato di degrado della struttura, senza tuttavia fornire una stima quantitativa dei vari fenomeni (corrosione dei ferri, continuità delle iniezioni dei cavi di precompressione).

Non può non essere qui evidenziato che l'accertamento dello stato di corrosione non può che basarsi su ispezioni e misure (vedasi relazione GLN001A).

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

- **PROVE SCLEROMETRICHE**

La prova sclerometrica è un metodo indiretto per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito. Il principio si basa sulla misura del rimbalzo di un corpo (con energia nota) sulla superficie del calcestruzzo. Il valore di rimbalzo, opportunamente parametrizzato in funzione anche dell'angolo di battuta, fornisce un'indicazione orientativa della resistenza del calcestruzzo (vedasi relazione GEN001A).

- **PROVE DI PULL-OUT**

I metodi di estrazione consistono nel misurare la forza necessaria per estrarre dal calcestruzzo degli inserti pre o post inseriti. L'estrazione viene effettuata utilizzando un anello di contrasto il cui diametro, in rapporto alla lunghezza dell'inserto, determina la rottura del conglomerato secondo una superficie troncoconica, con un determinato angolo di apertura. La forza di estrazione viene correlata alle resistenze a compressione e trazione sulla base degli angoli di rottura (vedasi relazione GEN001A).

- **MISURA DELLA VELOCITA' ULTRASONICA**

La prova consiste nella determinazione della velocità di propagazione degli impulsi delle onde longitudinali ultrasoniche nel calcestruzzo. Il principio di misura si basa sul fatto che la velocità con cui gli impulsi delle onde meccaniche (vibrazioni) si propagano in un mezzo continuo sia funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo stesso (modulo di elasticità e modulo di Poisson dinamici) e della sua densità. I parametri elastici del materiale (modulo di Young e di Poisson) vengono quindi correlati alla sua resistenza, poiché i calcestruzzi con meno vuoti, e quindi più resistenti, sono più pesanti e di conseguenza presentano una maggior velocità ultrasonica (vedasi relazione GEN001A).

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

- MISURE ESTENSIMETRICHE

L'estensimetro è utilizzato per la misura di deformazione. L'analisi delle sollecitazioni utilizza i valori di deformazione misurati sperimentalmente sulla superficie di una parte strutturale soggetta a sollecitazione.

L'indagine nel caso in esame è consistita in una prova di liberazione delle tensioni mediante applicazione di un estensimetro resistivo e la sua lettura prima e dopo un carotaggio (vedasi relazione GEN001A).

- INDAGINE DINAMICA

L'indagine dinamica è stata realizzata mediante la registrazione delle vibrazioni ambientali in vari punti di misura appartenenti sia all'impalcato che agli stralli, determinando la risposta dinamica di ciascun sistema bilanciato. Durante tali indagini la forzante dinamica era costituita dall'eccitazione ambientale (traffico viario, limitate attività di cantiere sull'impalcato, vento, micro-tremori).

L'acquisizione dei dati rilevati dagli accelerometri, successivamente elaborata, è stata utilizzata per la ricostruzione delle forme proprie di vibrazione (forme modali) della struttura allo stato di fatto (vedasi relazione GEN001A).

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

2.4.2 ELEMENTI STRUTTURALI OGGETTO DELLE INDAGINI

I documenti utilizzati per la ricostruzione delle campagne di indagine eseguite sull'opera sono i seguenti:

- la relazione generale del progetto esecutivo di retrofitting strutturale del 2017 (elaborato GLN001A)
- le relazioni strutturali del progetto esecutivo di retrofitting strutturale del 2017 (elaborati STR001 e STR002)
- le relazioni trasmesse da ASPI il giorno 29/08/2018 contenute nella cartella "INDAGINI DIAGNOSTICHE 1991 1992"

Le varie campagne di indagine hanno interessato unicamente gli stralli dei sistemi bilanciati 9, 10 e 11, e gli impalcati tampone a travi affiancate. Non risultano indagini eseguite sugli impalcati a cassone, sia dei sistemi bilanciati che delle pile a cavalletto costituenti il collegamento lato Savona del viadotto. Non risulta inoltre alcuna indagine sulle pile e sulle antenne dei sistemi bilanciati.

STRALLI

Le prime prove estensimetriche sono state eseguite nell'anno 1991 sugli stralli della pila n. 9 e 11, e nell'anno 1992 su quelli della pila n.10, ed hanno portato ad una valutazione di massima delle tensioni di precompressione generate dai cavi secondari. Da tale indagini gli sperimentatori hanno concluso (pag.7/10 del documento "002-1991 – PnD Indagini diagnostiche sugli stralli n.9 06.91 rel. N°119):

"(...) che entrambi i rami dello strallo sono sollecitati in modo paragonabile."

In tali occasioni sono state anche effettuate delle prove di pull-out, prove sclerometriche e prove ultrasoniche. Tutte le prove sul conglomerato hanno restituito risultati coerenti con le resistenze attese, anche se di dubbia attendibilità, mancando un riscontro dei valori ottenuti attraverso il confronto con prove di schiacciamento su carote opportunamente prelevate.

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

Dall'analisi visiva dello stato degli stralli delle pile 9 e 10, è apparso che la maggior parte delle guaine indagate non erano iniettate, i trefoli mostravano estese corrosioni, e alcuni cavi presentavano trefoli laschi. Per quanto riguarda gli stralli della la pila 11, in corrispondenza della testa dell'antenna, erano stati individuati rilevanti deterioramenti dei trefoli, con fortissime corrosioni, la rottura di molti elementi, e una generale assenza di iniezione delle guaine.

Localmente, in corrispondenza della sella (pag.6/16 del documento “003-1991 – PnD Indagini diagnostiche sugli stralli n.11 – 06.91 rel. N°126”):

“le guaine sono completamente distrutte, quindi non è possibile distinguere tra cavi primari e cavi secondari, essendo presente un unico fascio di trefoli (...)”.

Le prove estensimetriche successive sono state eseguite nell'anno 2015 sugli stralli della pila 9 lato mare direzione Savona e Genova, e sugli stralli della pila 10 lato mare direzione Savona, e lato monte direzione Savona e Genova.

Dai risultati acquisiti in queste ultime prove, e come evidenziato nel documento allegato al progetto esecutivo di retrofitting del 2017 GEN001A, a pag.299/546:

“Come si nota dai diagrammi il comportamento rilevato dagli estensimetri è stato discorde: infatti il valore in $\mu\epsilon$ è passato dallo 0 iniziale a circa +15 $\mu\epsilon$ in un estensimetro ed a circa -80 $\mu\epsilon$ nell'altro. Come precedentemente descritto si ribadisce che una condizione necessaria per il corretto svolgimento di questa prova sarebbe non staccare i fili dal sistema.”

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

Tali conclusioni, di insufficiente affidabilità delle misure effettuate, sono simili per tutte le indagini di misura delle tensioni fatte. Risulta quindi, per affermazioni degli stessi sperimentatori precedenti, che il comportamento rilevato dal sistema di misura estensimetrico è generalmente anomalo e non interpretabile imputando la causa di ciò alle particolari condizioni atmosferiche durante le quali sono state eseguite le indagini e ai vari inconvenienti riscontrati durante le prove per effettuare la liberazione delle tensioni.

Anche durante le indagini del 2015 sono state effettuate delle prove di pull-out ed estratte alcune carote, successivamente sottoposte a schiacciamento, restituendo risultati coerenti con le resistenze attese. Dall'analisi visiva dello stato degli stralli e in particolare dei soli cavi secondari, a pag.306/546 del documento GEN001A, si è rilevato che:

- “- la guaina è apparsa ossidata;*
- l'iniezione è assente;*
- sono stati visti 3 dei 4 trefoli che si muovono con facilità facendo leva con uno scalpello;*
- i fili dei trefoli sono ossidati.”*

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

DATA ISPEZIONE	ELEMENTI ANALIZZATI					
	ANTENNE-STRAILLI - n.6 elementi					
	DIFETTO	VOTO	UBICAZIONE	ESTENSIONE	NOTE SPEC	NOTE COMMISSIONE
28/11/1986	1 - c/s ammalorato, lesioni in corrispondenza dei ferri ed alcune zone con ferri scoperti - in varie zone	0	0	0	DA SEGNALARE	
15/02/1987	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
09/04/1987	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
16/06/1987	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
16/09/1987	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
16/12/1987	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
01/06/1988	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
29/08/1988	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
29/11/1988	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
07/03/1989	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
05/06/1989	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
04/09/1989	28/11/1986	0	0	0	DA SEGNALARE	
04/12/1989	1 - c/s ammalorato, lesioni in corrispondenza dei ferri ed alcune zone con ferri scoperti - in varie zone	0	0	0	DA SEGNALARE	
19/02/1990	04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	
16/04/1990	04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	
23/07/1990	04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	
01/10/1990	04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	
26/02/1991	04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	
03/04/1991	04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	
15/07/1991	04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	
	1 - 04/12/1989	0	0	0	DA SEGNALARE	

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

10/10/1991	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - Cavi ossidati, trefoli ossidati e tranciati, lesioni capillari trasversali alla sezione - strallo pila 11-lato monte, lato SV - estensione 2m	70	0	0	DA SEGNALARE	SI SAREBBE DOVUTO INTERVENIRE IMMEDIATAMENTE " (...) sono previsti dei provvedimenti immediati: quale limitazioni di traffico, fino alla chiusura della carreggiata (...) " - SEGNALATO PER LA PRIMA VOLTA NEL 1991 E SANATO NEL 1994
	3 - cavi in vista, trefoli ossidati - localmente in alcuni stralli - 15%	50	0	0	DA SEGNALARE	
17/02/1992	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
04/05/1992	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
03/08/1992	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
02/11/1992	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
22/02/1993	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
01/04/1993	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	

Relazione della Commissione Ispettiva Ministeriale crollo Viadotto Polcevera; 14 settembre 2018

17/08/1993	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
29/10/1993	1 - 04/12/1989	50	0	0	DA SEGNALARE	
	2 - 10/10/1991	70	0	0	DA SEGNALARE	
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
11/01/1994	1 Parte ristrutturata - Nulla da segnalare	0	0	0		
	2 Parte ristrutturata - Nulla da segnalare	0	0	0		
	3 - 10/10/1991	50	0	0	DA SEGNALARE	
11/04/1994	3 Parte ristrutturata - Nulla da segnalare	0	0	0		
18/07/1994	x	x	x	x		NON RISULTANO ISPEZIONI FATTE
11/10/1994	x	x	x	x		NON RISULTANO ISPEZIONI FATTE
09/01/1995	x	x	x	x		NON RISULTANO ISPEZIONI FATTE
13/04/1995	x	x	x	x		NON RISULTANO ISPEZIONI FATTE
03/07/1995	x	x	x	x		NON RISULTANO ISPEZIONI FATTE
02/10/1995	x	x	x	x		NON RISULTANO ISPEZIONI FATTE
08/01/1996	x	x	x	x		NON RISULTANO ISPEZIONI FATTE

1. QUESTIONI GENERALI SUL DEGRADO DELLE STRUTTURE
2. LA MANUTENZIONE DEL PONTE SUL POLCEVERA:
RIFLESSIONI
3. **LE NOVITA' DELLA CIRCOLARE ILLUSTRATIVA DELLE NTC
2018 IN TEMA DI PONTI ESISTENTI**

C8 COSTRUZIONI ESISTENTI

C8.8 INDICAZIONI AGGIUNTIVE RELATIVE AI PONTI ESISTENTI

I paragrafi che seguono non hanno corrispondenza nelle NTC, essi comunque forniscono utili indicazioni per la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sui ponti esistenti.

C8.8.1 AZIONE SISMICA

Si fa riferimento a quanto previsto nel § 3 delle NTC.

C8.8.2 CRITERI GENERALI

Le disposizioni di carattere generale richiamate nel § 8.2 delle NTC nel caso dei ponti sono contenute nei: § 7.2; § 7.9.2; § 7.10.2. Qualor non sia possibile rispettare le indicazioni inerenti la "distanza tra costruzioni contigue" e gli "spostamenti relativi in appoggi mobili" occorre porre in essere idonei accorgimenti finalizzati a minimizzarne le conseguenze.

Con riferimento ai ponti, la frase "gli esiti delle verifiche dovranno permettere di stabilire quali provvedimenti adottare affinché l'uso della struttura possa essere conforme ai criteri di sicurezza delle Norme Tecniche" riportata nel § C8.3 è da intendersi sostituita con la frase "gli esiti delle verifiche devono permettere di stabilire quali provvedimenti adottare affinché l'uso della struttura possa essere conforme ai criteri di sicurezza delle NTC e alle norme funzionali e di sicurezza dell'esercizio".

C8.8.3 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Occorre disporre dei valori di tutte le grandezze geometriche e meccaniche che consentono una verifica del tipo indicato al § C8.8.5.

C8 COSTRUZIONI ESISTENTI

C8.8 INDICAZIONI AGGIUNTIVE RELATIVE AI PONTI ESISTENTI

C8.8.4 MODELLO STRUTTURALE

Valgono le indicazioni al capitolo 7 delle NTC, con particolare riferimento alla corretta rappresentazione della rigidezza.

I valori delle caratteristiche dei materiali da utilizzare nel modello sono i valori medi derivanti dalla documentazione disponibile e dalle ulteriori indagini effettuate.

C8.8.5 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza comportano l'esecuzione di un'analisi strutturale, di tipo lineare oppure non lineare, e di successive verifiche di resistenza e/o di deformabilità di tutti gli elementi critici dell'opera.

La valutazione della sicurezza può essere limitata alle sole strutture di elevazione solo nel caso in cui non sussistano le condizioni di cui al sesto capoverso del §8.3 delle NTC.

Per quanto riguarda i metodi di analisi, con riferimento alle raccomandazioni del capitolo 7 delle NTC valgono per i ponti esistenti le seguenti precisazioni:

C8.8.5.1 ANALISI LINEARE STATICA

Si adottano le regole introdotte con riferimento agli edifici esistenti, di cui al § C8.7.2.2.1, per l'analisi con spettro elastico ($q=1$) e l'analisi con spettro di progetto ($q>1$).

C8 COSTRUZIONI ESISTENTI

C8.8 INDICAZIONI AGGIUNTIVE RELATIVE AI PONTI ESISTENTI

C8.8.6 FONDAZIONI E SPALLE

Per quanto riguarda la verifica delle fondazioni e delle spalle valgono le indicazioni di cui al §7 delle NTC.

C8.8.7 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Le tipologie di intervento sui ponti sono descritte nel § 8.4 delle NTC.

Interventi di riparazione o locali

Purché il numero delle corsie fisiche non sia incrementato, e ove non ricorrano gli estremi per l'esecuzione di interventi di miglioramento o adeguamento, possono rientrare in questa categoria i seguenti interventi:

- Sostituzione dei vincoli, a condizione che ciò non comporti una variazione di rigidezza del sistema "pile-vincoli" superiore al 10%.
- Allargamento della piattaforma dedicata all'esercizio principale dell'infrastruttura (al fine di aumentare la superficie carrabile, ovvero la superficie disponibile per il transito ciclo-pedonale). In tal caso le verifiche dell'impalcato devono essere effettuate, in generale, considerando i carichi variabili previsti dalle NTC. E' possibile, con adeguata motivazione e adottando apposite limitazioni d'uso, considerare i carichi variabili previsti nel progetto dell'impalcato originario.
- Sostituzione degli impalcati. Le verifiche dell'impalcato di nuova realizzazione, in generale, devono essere effettuate considerando i carichi da traffico previsti dalle NTC. Per i ponti ferroviari, considerando che tutte le linee ferroviarie esistenti sono classificate secondo i massimi carichi ammessi a circolare, le verifiche dell'impalcato di nuova realizzazione possono essere effettuate adottando i carichi da traffico previsti nel progetto dell'impalcato originario, ovvero utilizzando i carichi relativi alla categoria di linea cui l'opera appartiene.
- La combinazione degli interventi indicati nei punti precedenti, purché essa non determini la necessità di interventi di miglioramento o adeguamento

C8 COSTRUZIONI ESISTENTI

C8.8 INDICAZIONI AGGIUNTIVE RELATIVE AI PONTI ESISTENTI

Interventi di miglioramento

Possono ricadere in questa categoria i seguenti interventi:

- Interventi finalizzati ad accrescere la capacità dell'opera nel suo insieme.
- Interventi finalizzati a mitigare gli effetti dell'azione sismica. Possono rientrare in questa fattispecie anche gli interventi che modificano lo schema statico della travata (ad esempio mediante l'uso di nuovi impalcati a trave continua o mediante la creazione di una catena cinematica tra campate adiacenti) con o senza l'impiego di sistemi di isolamento e/o dissipazione, purché non determinino incremento delle sollecitazioni trasmesse alla sottostruttura.
- La combinazione degli interventi indicati nei punti precedenti, purché essa non determini la necessità di interventi di adeguamento.

Interventi di adeguamento

Per gli interventi di adeguamento conseguiti mediante idonei accorgimenti mirati a mitigare gli effetti dell'azione sismica sull'opera, la valutazione della sicurezza può essere limitata alle sole strutture di elevazione solo nel caso in cui, oltre a non sussistere le condizioni di cui al sesto capoverso del § 8.3 delle NTC, non siano previsti interventi di rinforzo delle strutture originarie in elevazione. Possono rientrare in questa fattispecie gli interventi che modificano lo schema statico della travata (ad esempio mediante l'uso di nuovi impalcati a trave continua o mediante la creazione di una catena cinematica tra campate adiacenti) con o senza l'impiego di sistemi di isolamento e/o dissipazione.

Ove non ricorrano condizioni diverse, gli interventi inerenti l'adeguamento sismico di infrastrutture esistenti progettate e realizzate antecedentemente alla classificazione sismica dell'area su cui insistono o nel rispetto di una normativa tecnica antecedente delle Norme Tecniche possono inquadrarsi nella lettera c) del § 8.4.3, per essi, pertanto, si può assumere $\zeta_E=0,80$.

Grazie per l'attenzione
