

Due casi di adeguamento sismico strutturale
per la Società Alga SpA

I VIADOTTI RIO GOZZO E SAN LORENZO SULL'AUTOSTRADA DEI FIORI

Pietro Marioni*

Per i lavori di ripristino strutturale dei due viadotti è stata scelta la Società Alga SpA di Milano, Azienda nota in Italia e nel mondo per la progettazione, la fornitura e l'installazione di apparecchi di appoggio, giunti di dilatazione, dispositivi antisismici e sistemi di postensione, e operante da oltre 50 anni nel mercato dei ripristini, dei rinforzi strutturali e degli adeguamenti sismici sia su edifici sia su strutture civili.

Il viadotto Rio Gozzo

Lo stato di fatto e il progetto di adeguamento sismico

Il viadotto Rio Gozzo è un'opera in c.a.p. progettata dalla Società Alpina SpA e realizzato nei primi anni Settanta. Sorge lungo l'Autostrada dei Fiori al km 137+600 ed è costituito da due viadotti distinti, la Via Francia, e la Via Italia, entrambe di nove campate anch'esse da 41 m ciascuna, più una campata d'accesso di 20,5 m per la Via Italia. Tutte le campate sono isostatiche e ciascun impalcato è stato realizzato con tre travi in c.a.p. prefabbricate poste a un interasse di 3 m mentre i traversi, così come la soletta, sono stati gettati in opera.



Figura 1 - L'intervento di adeguamento sismico sul viadotto Rio Gozzo

La recente Normativa NTC 2008 ha classificato la zona di San Remo (provincia di Imperia), dove sorge il viadotto, sismica di categoria 2, e conseguenti analisi dinamiche hanno dimostrato l'esigenza di un adeguamento strutturale dell'opera stessa. In particolare, gli impalcati erano appoggiati, secondo il progetto originario, sopra le pile attraverso normali appoggi in neoprene posti fra i baggioli e le testate delle travi e sprovvisti di qualsiasi elemento di ancoraggio meccanico, essen-

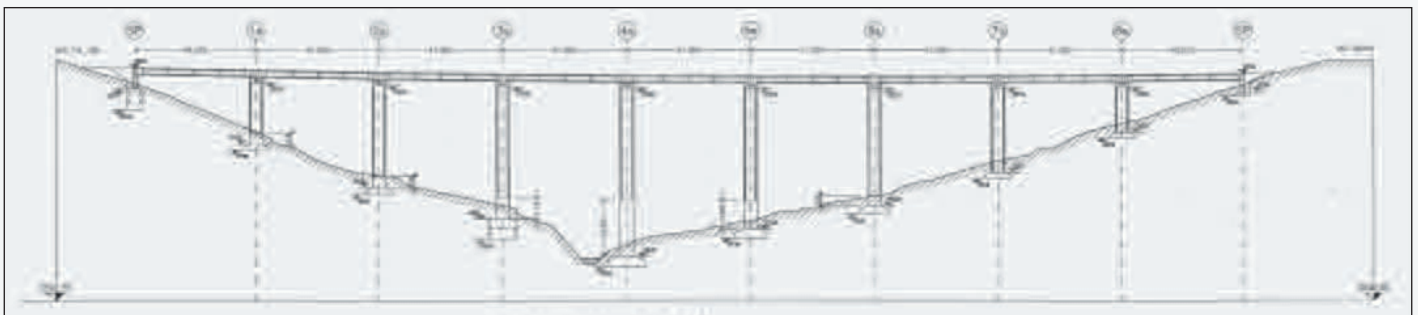


Figura 2 - La sezione longitudinale del viadotto Rio Gozzo



do di conseguenza affidato il trasferimento delle azioni orizzontali fra impalcato e sottostruttura esclusivamente all'attrito fra i cuscini in gomma e gli elementi in calcestruzzo.

Tale stato di fatto, incompatibile sia con la nuova Normativa sulle costruzioni in zona sismica NTC2008 sia con la stessa Normativa sugli appoggi strutturali EN1337-1 che vieta di tenere conto dell'attrito appoggio-struttura in zona sismica, ha reso necessario un intervento di adeguamento per conferire alla struttura le necessarie riserve in caso di terremoto. L'adeguamento sismico ha permesso altresì, come spiegato anche in seguito, di ridurre sensibilmente le sollecitazioni nelle pile e fondazioni che altrimenti non sarebbero più state adeguate ai criteri di verifica della NTC2008.

La tipologia di intervento deciso ha previsto in particolare la sostituzione degli apparecchi di appoggio con altrettanti appoggi antisismici, dotati di ancoraggi meccanici che li rendessero solidali ai pulvini e agli impalcato. Gli appoggi antisismici scelti, grazie alla loro bassa rigidità in direzione orizzontale, conferiscono alla sovrastruttura (impalcato) un'elevata flessibilità longitudinale e trasversale, aumentando in questo modo il periodo proprio di vibrazione della struttura stessa. In questo modo, noto lo spettro di risposta, permettono di abbattere l'azione sismica (Figura 3) e quindi di ridurre le forze orizzontali che si originano in caso di terremoto e che vengono trasferite dal movimento dell'impalcato a pile e fondazioni.

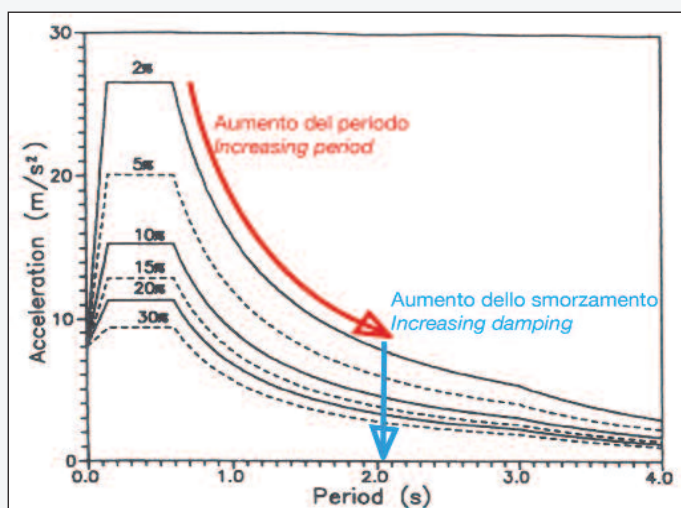


Figura 3 - spettro di risposta

Un ulteriore contributo all'abbattimento dell'azione sismica è dato dalle particolari proprietà dissipative del materiale elastomerico che compone gli appoggi antisismici stessi.

L'adeguamento dell'opera ha previsto inoltre la sostituzione dei giunti di dilatazione in carreggiata presenti su tutti gli allineamenti dei viadotti, con giunti di dilatazione antisismici.

Questa operazione si è resa necessaria per il fatto di aver introdotto al di sotto dell'impalcato un sistema di appoggi antisismici che per loro proprietà permettono importanti movimenti orizzontali, maggiori, in particolare, dei movimenti relativi precedentemente calcolati.

Aggiudicataria dei lavori di ripristino strutturale è stata la Società Alga SpA di Milano, Azienda nota in Italia e nel mondo per la progettazione, fornitura ed installazione di apparecchi di appoggio, giunti di dilatazione, dispositivi antisismici e sistemi di postensione, ed operante da oltre 50 anni nel mercato dei ripristini e rinforzi strutturali e degli adeguamenti sismici sia su edifici sia su strutture civili.

L'intervento

L'intervento è stato eseguito, in presenza di traffico, dalla Società Alga per quanto riguarda tutte le operazioni di sostituzione degli appoggi. La sostituzione dell'obsoleto sistema di appoggi ha comportato il sollevamento in successione di tutti gli assi dell'impalcato di entrambe le vie di corsa. La delicata operazione di sollevamento delle travi di impalcato è stata pianificata dal basso, e cioè agendo dai pulvini sui traversi di testata. L'accesso delle squadre di lavoro sui pulvini del viadotto è stato garantito tramite l'utilizzo di by-bridge (Figura 4).



Figura 4 - Le squadre della Alga in azione sul viadotto Rio Gozzo

Al fine di garantire la percorribilità del viadotto al traffico durante le operazioni, è stato necessario procedere al sollevamento simultaneo di entrambi i traversi di testata adiacenti sulla stessa testa pila, in modo da non introdurre "scalini" e differenze di quota fra le travi adiacenti in carreggiata.

Tale operazione, interamente eseguita dalla Alga SpA, è stata svolta, per ciascuno dei due traversi, tramite l'utilizzo di otto martinetti oleodinamici da 100 t di portata ciascuno, per ciascun asse di appoggio, collegati fra loro tramite un opportuno circuito idraulico e agenti simultaneamente in modo da non introdurre distorsioni nel traverso di testata (Figura 5).

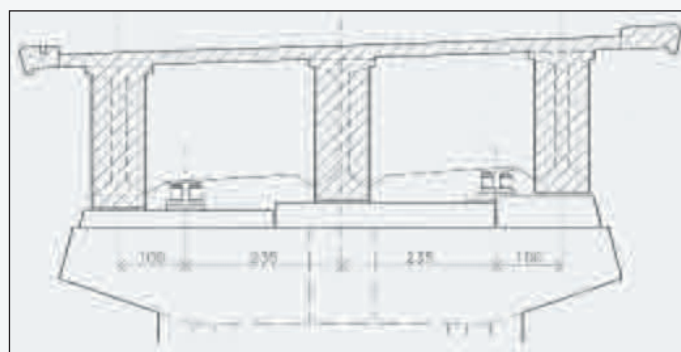


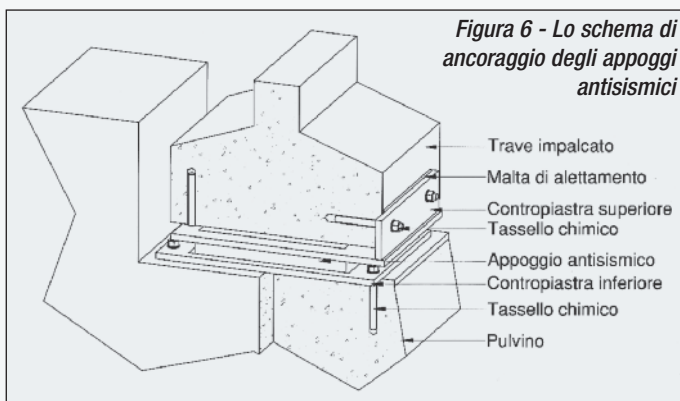
Figura 5 - Il posizionamento dei martinetti sul traverso di testata

L'operazione descritta ha messo in luce un ulteriore aspetto particolarmente interessante occorso durante le operazioni di sollevamento. Il viadotto Rio Gozzo ha un andamento planimetrico curvo con pendenza trasversale della sezione del 3,3%. Si è quindi reso necessario l'utilizzo di speciali martinetti dotati di testina oscillante a cerniera sferica da 3° a 5° al fine di assorbire la pendenza esistente.

Tutti i traversi di testata si sono rivelati sufficientemente resistenti per sopportare la concentrazione di forze data dai martinetti di sollevamento. Non si è quindi reso necessario, in questo caso, il rinforzo tem-

poraneo della sezione in c.a. dei traversi stessi. Tale rinforzo strutturale viene normalmente eseguito dalla stessa Alga, quando necessario, tramite l'aggiunta di barre in acciaio tipo Algabar Y1050 da 32 mm di diametro, tesate esternamente alla sezione del traverso tramite un'apposita carpenteria metallica temporanea.

Una volta sollevato l'impalcato (il sollevamento complessivo è stato di 10 mm per ciascun asse), si è proceduto alla rimozione degli appoggi in neoprene esistenti e alla realizzazione delle operazioni necessarie all'ancoraggio dei nuovi appoggi antisismici. In particolare (Figura 6), gli appoggi antisismici sono solidarizzati, mediante vulcanizzazione dell'elastomero di cui sono costituiti, ad apposite contropiastre in acciaio dotate a loro volta di profili di aggancio ai pulvini e alla sezione della testata delle travi. In corrispondenza delle asole delle contropiastre si è quindi proceduto alla foratura delle sezioni in c.a. della struttura e quindi all'ancoraggio degli appoggi tramite tasselli chimici.



La continuità del conglomerato è stata quindi ripristinata tramite colatura di una speciale resina.

In seguito alla sostituzione e al fissaggio degli appoggi come sopra descritto, si è quindi proceduto allo scarico dei martinetti trasferendo così nuovamente il carico verticale dell'impalcato agli appoggi antisismici.



Figura 7 - La testa della pila e gli appoggi antisismici dopo l'adeguamento

Sono stati forniti, su entrambe le opere, complessivamente 108 appoggi antisismici da 1.850 kN, di portata, corrispondenti alle campate da 41 m, e sei da 1.200 kN corrispondenti all'unica campata da 20,50 m. Gli appoggi antisismici sono stati progettati e forniti dalla stessa Alga.

L'intera operazione è stata quindi ripetuta per 19 cicli successivi, al fine di completare la sostituzione degli appoggi sulle 19 campate dei due viadotti, è stata portata a termine complessivamente in tre mesi.

In seguito alla sostituzione degli appoggi su ciascuna pila, Alga ha infine effettuato superiormente all'impalcato anche la sostituzione dei giunti di dilatazione esistenti. In particolare, l'introduzione di appoggi antisismici ha comportato un maggiore spostamento relativo fra gli impalcato e quindi la necessità di adeguare i varchi fra le travi adiacenti. Il varco originario di 60 mm è stato portato a 100 mm.

L'operazione, in parziale riduzione di carreggiata, si è svolta mediante rimozione dei giunti esistenti stessi, taglio della porzione di soletta

e dell'asfalto corrispondente all'inserimento dei nuovi giunti mediante disco diamantato (Figura 8), foratura del manto stradale e della soletta in c.a. in corrispondenza dei fori asolati di ancoraggio dei giunti, posizionamento dei giunti e inserimento degli ancoraggi chimici, colatura e sigillatura dei giunti.

I giunti montati sono stati forniti dalla stessa Alga; si tratta dei tappeti in gomma armata della serie Algaflex TX, atti a sopportare movimenti fra parti relative di impalcato fino a 320 mm.



Figura 8 - Il taglio della soletta mediante disco diamantato

Il viadotto San Lorenzo

La descrizione dell'opera e la necessità di adeguamento strutturale

Il viadotto San Lorenzo, una struttura di notevole importanza, è costituito da 15 campate di cui 7 da 31 m di luce realizzate mediante pile e travi appoggiate, che servono da approccio alle ulteriori 8 campate, di tipo a sbalzo in calcestruzzo armato precompresso, posizionate nella zona centrale del viadotto. Le sette campate centrali sono costituite da due mensole simmetriche monolitiche con ciascuna pila (struttura a "stampella") e costituiscono la sezione dell'opera oggetto dell'intervento descritto nel presente articolo.

La luce delle campate centrali è di 82 m. L'impalcato è composto da una sezione a cassone pluricellulare in calcestruzzo armato precompresso, con un collegamento in mezzera della campata che avviene tramite chiavi di taglio metalliche (Figura 9). Tali chiavi di taglio (cerniere) (Figura 10) consentono gli spostamenti relativi della struttura in direzione longitudinale mentre impediscono quelli in direzione verticale. I movimenti in direzione verticale, in particolare, sono originati dai dissimmetrici carichi accidentali dovuti al traffico.

Le chiavi di taglio esistenti erano costituite da una composizione tipo maschio/femmina, interamente in acciaio, e in acciaio (tutti componenti erano in acciaio fuso) erano le sezioni di contatto fra l'elemento maschio e l'elemento femmina. A causa dei movimenti longitudinali relativi fra le campate del viadotto, si è originato nel corso degli anni uno sfregamento fra tali sezioni delle chiavi di taglio. Le forti pressioni di contatto all'interfaccia hanno quindi fatto sì che le superfici si usurassero nel tempo fino a che, in alcune campate, si sono consumate completamente.

Venendo meno il vincolo in direzione verticale, le due mensole adiacenti di ciascuna campata si sono così trovate libere di sollevarsi ed abbassarsi relativamente sotto i carichi accidentali, portando il valore della freccia dinamica in mezzera fino a 35 mm. L'effetto dinamico che si è venuto così a manifestare ha provocato un continuo martellamento sulle zone di contatto delle chiavi di taglio stesse, accelerandone notevolmente l'usura. Tale stato di fatto, palesemente in contra-



Figura 9 - Il viadotto San Lorenzo

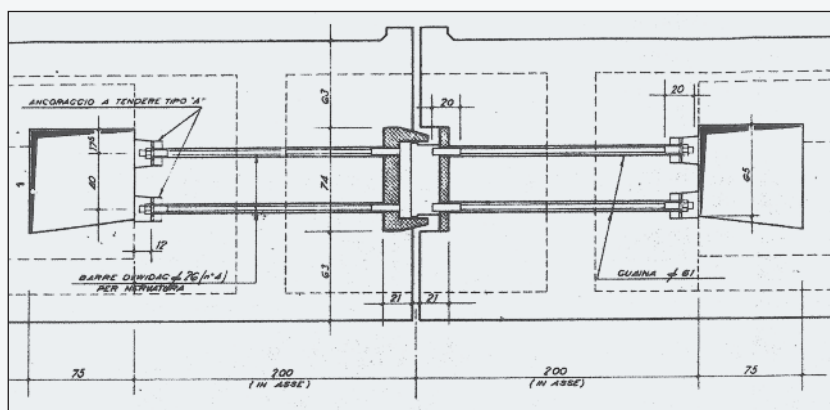


Figura 10 - Le chiavi di taglio esistenti

sto con la situazione di progetto, ha inoltre prodotto come effetto collaterale il malfunzionamento dei giunti di dilatazione posti sulla carreggiata. Tali giunti sono infatti normalmente progettati per assorbire movimenti longitudinali, trasversali e piccoli assestamenti verticali, cosicché i forti movimenti in direzione verticale ne hanno provocato, in alcuni casi, la rottura.

Conseguentemente a questo fatto, ed in particolare alla compromissione dell'impermeabilità del giunto stesso, le solette di intersezione sottostanti sono rimaste esposte agli agenti atmosferici presentando, alle indagini svolte, una avanzata situazione di ammaloramento.

L'intervento

Per il ripristino strutturale dell'opera resosi necessario, è stata scelta la Società Alga, già forte delle esperienze fatte in interventi simili a quello descritto, in particolare sui viadotti Borghetto e Sasso, anch'essi sull'Autostrada dei Fiori.

Alga si è fatta carico della progettazione e della fornitura delle chiavi di taglio e di tutte le operazioni necessarie alla sostituzione delle cerniere usurate.

Le chiavi di taglio fornite, in particolare della Serie Algasism FSK, mantengono sostanzialmente invariato il principio delle precedenti cerniere (sistema maschio/femmina), ma con alcune sostanziali migliorie che ne aumentano notevolmente la durabilità. In particolare, la superficie di contatto tra gli elementi maschio e femmina non è acciaio su acciaio bensì provvista di superfici di scorrimento in acciaio teflon, che permettono i movimenti relativi (longitudinali) fra le parti, sopportando pressioni verticali fino a 20 MPa senza subire danni e usure.

La seconda miglioria del progetto Alga consiste nella facile sostituibilità delle stesse, che in caso di necessità può essere effettuata semplicemente disimpegnando la chiave di taglio rimuovendo i profili a cu-

neo in essa presenti e sostituendo gli elementi interni, senza quindi dover ricorrere a più invasivi interventi di demolizione e ripristino di interi elementi in calcestruzzo armato.

La sostituzione delle chiavi di taglio è avvenuta in più fasi, di seguito descritte, tutte effettuate da Alga:

- ◆ per ripristinare la continuità, specialmente in direzione verticale e longitudinale, ed eliminare i movimenti relativi fra le stampelle in mezzera che altrimenti avrebbero reso impossibile qualsiasi tipo di intervento, sono state progettate ed installate in opera delle carpenterie metalliche temporanee (Figura 11);
- ◆ le carpenterie, regolabili, sono state reimpiegate su tutte le campate nonostante i differenti giochi presenti a causa delle differenti situazioni di usura che si sono riscontrate;
 - ◆ una volta "congelata" la struttura in direzione verticale e longitudinale si è quindi proceduto alla demolizione degli ancoraggi delle chiavi di taglio esistenti e alla rimozione delle stesse;
 - ◆ successivamente si è installato, sfruttando parzialmente il sistema di barre postese già presente per l'ancoraggio delle chiavi di taglio sostituite, il nuovo gruppo di cerniere;
 - ◆ infine, si è potuto procedere al ripristino dei calcestruzzi in corrispondenza degli ancoraggi delle cerniere e quindi, una volta ripristinata la continuità, alla rimozione delle carpenterie temporanee.

L'operazione è stata ripetuta per le otto campate interessate (Figura 12).



Figura 11 - Le carpenterie metalliche temporanee

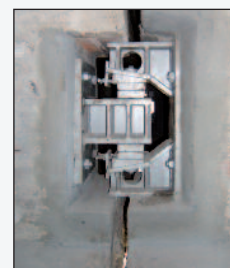


Figura 12 - Le chiavi di taglio Algasism FSK installate

Come risulta dai calcoli effettuati, la forza di taglio che le quattro chiavi di taglio di ciascun giunto devono trasmettere è di 2.500 kN, essendo quindi la forza massima agente su ciascuna chiave di taglio di quasi 650 kN. Sono state complessivamente sostituite 24 chiavi di taglio in un intervento che è stato eseguito in quattro mesi. Un intervento successivo, attualmente non ancora eseguito, completerà l'adeguamento strutturale mediante il ripristino dei calcestruzzi ammalorati delle solette e la sostituzione dei giunti di dilatazione in carreggiata. ■

* Amministratore Delegato di Alga SpA

Dati tecnici

Committente: Autostrada dei Fiori SpA
Progettista: Ing. Giuseppe Pasqualato di Sineco SpA
Direttore dei Lavori: Ing. Giacomo Massa della Direzione Tecnica d'Esercizio

Viadotto Rio Gozzo
Appaltatore: ABC Costruzioni
Subappaltatore: Alga SpA

Viadotto San Lorenzo
Appaltatore: Alga SpA