

PER UNA NUOVA NORMATIVA DELLE PROVE DI CARICO SU PONTI E VIADOTTI

Agostino Messana *

Il R. Decreto-Legge 16 novembre 1939, n. 2229, « *Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato* », al Capo V - Norme di collaudo - art. 51, prescrive fra l'altro:

« *Nelle prove la costruzione deve essere possibilmente caricata nei modi previsti nella progettazione ed in generale in modo tale da determinare le massime tensioni o le massime deformazioni.*

La lettura degli apparecchi di misura (flessimetri od estensimetri) sotto carico dev'essere ripetuta fino a che non si verificano ulteriori aumenti nelle indicazioni ».

Nella Circolare N. 494, in data 7-3-1960, del Ministero dei Lavori Pubblici - Consiglio Superiore - riguardante le « *Norme per l'impiego delle strutture in cemento armato precompresso e note esplicative* », all'Allegato N. 1 - Collaudo - si legge:

« *Le operazioni di collaudo, da praticarsi in conformità delle norme generali vigenti su opere similari e sulla base dei dati di progetto e delle prescrizioni di capitolato, devono essere condotte con il massimo rigore ed adeguata attrezzatura di apparecchi di misura (flessimetri centesimali sottratti all'influenza termoigroscopica, estensimetri adeguati alle condizioni particolari, livellazioni di precisione, ecc.) ».*

Dello stesso tenore, sempre per quanto attiene alle operazioni di collaudo, sono le altre circolari emanate in proposito dal Ministero dei Lavori Pubblici.

Nella Circolare citata rispetto a quanto contenuto nel R.D.-Legge 16-11-1939, per quanto riguarda gli apparecchi di misura, si nota la tendenza a stabilire una maggiore pretesa di precisione.

D'altra parte il progresso nella tecnica costruttiva dei viadotti rappresentato dall'impiego sempre più generalizzato del precompresso e la tendenza a sfruttarne al massimo le proprietà di resistenza dovevano essere seguiti da una altrettanto accurata tecnica di controllo nelle prove di collaudo.

Quanto detto per le strutture in cemento armato precompresso vale per la grande maggioranza dei viadotti e ponti costruiti recentemente o da realizzare dato l'orientamento attuale di impiegare, nella costruzione di ponti e viadotti stradali ed autostradali, il cemento armato precompresso.

Dalla lettura della parte della Circolare ministeriale su richiamata si evince comunque che per le prove di carico sui viadotti non esiste, da parte

* Istituto di Topografia della Facoltà di Ingegneria di Palermo.

delle autorità competenti, una preferenza per un metodo rispetto agli altri.

In effetti il problema della scelta degli apparecchi di misura e, conseguentemente, del metodo operativo più idoneo per la determinazione delle deformazioni, elastiche e permanenti, delle strutture sottoposte a prova di carico è molto delicato, principalmente nei casi di ponti e viadotti autostradali o stradali di notevole importanza. A questi casi ci si riferirà nel prosieguo.

E' noto che la prova di carico su un viadotto, in genere eseguita in sede di collaudo, dovrà servire a determinare le deformazioni elastiche e permanenti (frecce) dell'impalcato e delle sottostanti travi (per i viadotti a travate rettilinee)(1) sotto l'azione di opportuni carichi esterni, deformazioni che confrontate successivamente con le corrispondenti frecce teoriche forniranno al collaudatore un criterio di giudizio sulla stabilità dell'opera permettendo, in ultima analisi, di rilasciare il certificato di collaudo (2).

Rileggendo la parte della Circolare ministeriale sopra citata si nota che le uniche indicazioni circa la precisione da conseguire nelle prove di carico sono contenute nell'espressione: « *devono essere condotte con il massimo rigore ed adeguata attrezzatura di apparecchi di misura (flessimetri ecc.)* ». Troppo poco!

Si può disporre di un « flessimetro centesimale sottratto all'influenza termogroscopica » senza che per questo i risultati di una operazione di misura siano precisi al 1/100 di millimetro; basta vedere in seguito da quali errori possono risultare affetti i risultati di una prova di carico a causa del metodo operativo, indipendentemente quindi dalla precisione consentita dallo strumento.

Lo stesso può dirsi per gli « *estensimetri adeguati alle condizioni particolari* ».

L'ultima indicazione, « *livellazioni di precisione* », consente invece di stabilire l'ordine di grandezza della precisione da conseguire. Infatti nelle livellazioni di precisione, con riferimento in particolare alla livellazione geometrica, sia con linea di livellazione chiusa sia con stazione fissa e battute successive alla stadia posta sui vari punti da osservare e sui caposaldi di riferimento, si può determinare a priori la precisione conseguibile nella determinazione degli spostamenti dei punti della struttura, stabiliti la strumentazione ed il metodo operativo (3).

In occasione del XVI Convegno Nazionale della S.I.F.E.T., svoltosi a Fiuggi, da parte di più di un intervenuto è stato espresso l'auspicio che i metodi operativi facenti capo all'uso di flessimetri siano definitivamente accantonati, per l'esecuzione delle prove di carico su ponti e viadotti, a favore di una generalizzazione d'adozione dei metodi topografici che prevedono, principalmente, l'impiego dei livelli di precisione.

I motivi che si possono portare a sostegno di questa proposta sono essenzialmente i seguenti:

a) - L'uso dei livelli è sempre agevole e garantisce sempre lo stesso grado di precisione qualunque sia l'altezza del viadotto sottoposto a prova

(1) Eventuali altre prove potranno essere eseguite sulle spalle e sulle pile.

(2) E' da dire che le operazioni di collaudo vengono iniziate, in genere, all'inizio dell'opera e nel corso di esse si tiene conto dei dati ottenuti nel corso dell'esecuzione dell'opera stessa; la prova di carico viene a costituire pertanto l'atto finale e, forse, più delicato.

(3) R. GALETTO, *Le tecniche topografiche nei collaudi e controlli di grandi strutture*. Bollettino SIFET, N. 1, 1971.

di carico. Nel caso di impiego dei flessimetri ha importanza, invece, l'altezza del viadotto, o per l'onerosità derivante dall'impiego di fili tanto più lunghi quanto più alto è il viadotto, se si impiegano, come dovrebbe sempre avvenire, fili in invar in modo da sottrarre lo strumento all'influenza termica, o per la minore garanzia di precisione se si ricorre, invece che a fili in invar, a fili in acciaio armonico, come generalmente avviene nella pratica.

In casi particolari rappresentati dalle prove di carico sui cavalcaferrovia e sui cavalcavia stradali ed autostradali le difficoltà obbiettive che si frappongono all'uso dei flessimetri (basti pensare all'interruzione del traffico sulla strada o ferrovia sottostante), non sussistono se si adotta il metodo topografico.

b) - Con i metodi operativi topografici con un solo strumento e con l'ausilio di opportune scale di lettura è possibile esaminare il comportamento di un viadotto — s'intende avuto riguardo ai massimi valori ammissibili delle lunghezze di battuta — in quanti punti si voglia. Impiegando i flessimetri occorre sistemarne uno per ogni punto della struttura di cui si vogliono determinare i movimenti.

Conseguenza pratica di quanto ora detto è che tutte le volte che si impiegano i flessimetri ci si limita a tenere sotto controllo la struttura soltanto in corrispondenza di pochi punti: in genere, mezzeria ed appoggi. Così facendo potrà sfuggire un eventuale anomalo comportamento della struttura (per es. di una delle travi trasversali di irrigidimento, nel caso di viadotti a travate rettilinee, specialmente quando si impiegano travi prefabbricate, pre-tese o pre-comprese)(4).

c) - Ultimo punto, forse il più rilevante.

Si è d'accordo nell'affermare che la precisione con la quale debbono determinarsi le deformazioni di un viadotto sottoposto a prova di carico deve essere all'incirca di 0,1 mm, qualunque sia il metodo operativo adottato: a questo proposito nella Circolare ministeriale sopra citata si parla di flessimetri *centesimali* (espressione non certo felice per indicare che si tratta di strumenti con i quali le letture al quadrante possono eseguirsi con la *stima* del centesimo di millimetro) e di livellazioni di precisione (5).

Si supponga ora di volere determinare la freccia di deformazione in un punto ben determinato di una campata del viadotto in esame, in una data condizione di carico. Si sa che la freccia di deformazione in un punto qualsiasi della struttura si ottiene, in sede di collaudo, determinando lo spostamento accusato dalla struttura, in quel punto e in quella determinata condizione di carico, e sottraendo ad esso l'eventuale spostamento riscontrato in corrispondenza dei vincoli, spostamento che può essere dovuto a cedimento della spalla (o pila intermedia, per viadotti a più campate) o a schiacciamento dei cuscinetti d'appoggio o alle due cause concomitanti, e la deformazione permanente.

Ora, mentre con l'impiego dei livelli è possibile in ogni caso misurare gli spostamenti della struttura in corrispondenza dei vincoli e determinare quindi la freccia netta in corrispondenza di ogni punto della struttura, non così può affermarsi che avvenga con l'impiego dei flessimetri per l'im-

(4) Si vedano i « diagrammi delle frecce » ricavati nelle prove di carico sui viadotti Landro e Allume: figg. 1 e 2.

(5) In Germania, ad es., secondo le norme DIN 1045 le deformazioni di costruzioni in cemento armato è prescritto chiaramente che debbono essere misurate con la precisione di 0,1 mm.

possibilità pratica di sistemarli in corrispondenza dei vincoli. Infatti all'appoggio delle travi longitudinali sulle spalle e sulle pile intermedie vi è sempre una mensola di lunghezza variabile: l'appoggio avviene attraverso piastre, di piombo o neoprene, lunghi anche più di 50 cm.

Si vede chiaramente che con i flessimetri non è possibile determinare le frecce nette in quanto quelli che si danno come spostamenti dei vincoli in effetti sono spostamenti riscontrati in corrispondenza di punti della campata libera, distanti dagli effettivi punti di appoggio anche più di 1 m.

Di che entità sono gli errori che così vengono a commettersi?

Un'idea può ricavarsi utilizzando alcuni risultati ottenuti in una delle prove di carico eseguite dal nostro Istituto sui viadotti dell'autostrada Messina-Catania.

Nella figura 1 è riportato il diagramma delle frecce ottenuto nella prova di carico sul ponte sul torrente Itala (6). In detto diagramma si notano innalzamenti nei punti di appoggio (7), dei quali è da tenere conto per il calcolo delle frecce nette in qualsiasi punto della campata; inoltre, nella terza condizione di carico (carico massimo), a distanza di 1,00 m dal punto di appoggio (distanza al di sotto della quale non è ragionevole pensare di potere disporre il flessimetro) si è misurata una freccia di deformazione di 0,7 mm e a distanza di 1,5 m addirittura di 1,4 mm. Questi valori rappresentano gli errori che si commetterebbero con l'uso dei flessimetri.

Indicazioni qualitativamente analoghe si possono trarre dall'esame della figura 2 nella quale è riportato il diagramma delle frecce relativo alla prova di carico sul viadotto Allume della stessa autostrada.

Evidentemente si tratta di indicazioni numeriche ricavate da due particolari prove di carico ed è chiaro che l'entità dei valori numerici varierà caso per caso. Resta però valido, in ogni caso, il principio generale di non ritenere assolutamente idonei i flessimetri per la determinazione dei movimenti eventuali dei vincoli di una campata di un viadotto e, di conseguenza, per il calcolo delle frecce nette — cioè depurate dei cedimenti dei vincoli oltretutto delle deformazioni permanenti — di qualsiasi punto della campata sottoposta a prova di carico, *indipendentemente dalla precisione intrinseca dello strumento e dalla cura posta nel metterlo in opera.*

Quali le conseguenze di quanto sopra scritto?

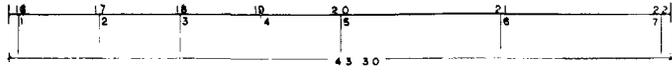
A parere dello scrivente occorrerebbe che la normativa riguardante il collaudo in generale e, in particolare, le prove di carico su ponti e viadotti autostradali o stradali di notevole importanza — in cemento armato semplice o precompresso e metallici (8) — prevedesse un metodo operativo ben determinato e che, coerentemente con le argomentazioni fin qui svolte, tale metodo fosse di tipo topografico; sarebbe opportuno poi che si fissasse il grado di precisione non già degli strumenti ma dei risultati delle operazioni di prove di carico rifacendosi eventualmente, ove fosse accolto il principio di adottare esclusivamente il metodo topografico, alle norme in uso per le livellazioni di precisione.

(6) Per maggiori dettagli sulla prova di carico si veda: A. MESSANA, *Prove di carico su viadotti con l'uso di livelli di precisione*. Bollettino SIFET, N. 4, 1971.

(7) Individuati nel baricentro di tutta la zona di appoggio considerando una distribuzione triangolare dei carichi sulla piastra, in questo particolare caso di piombo e lunga 60 cm. circa.

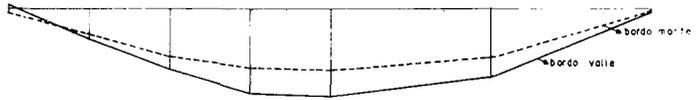
(8) Indispensabili nelle prove di carico su viadotti metallici gli estensimetri per lo studio delle tensioni indotte nelle varie parti costituenti la struttura portante dai carichi esterni.

LATO CT

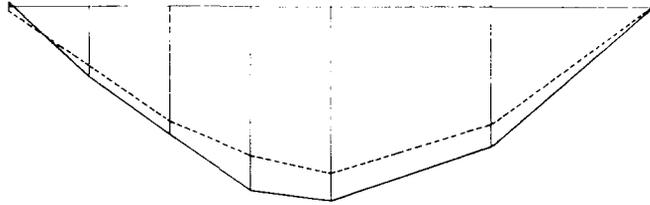


LATO ME

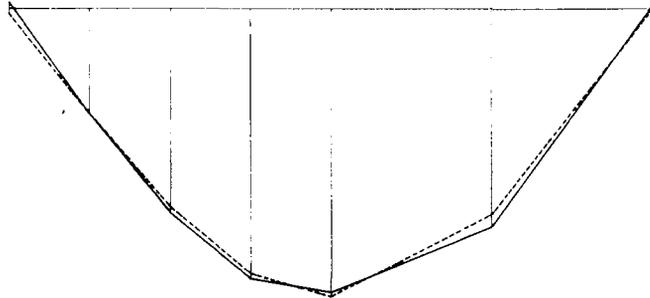
ora 9 20 I condizione



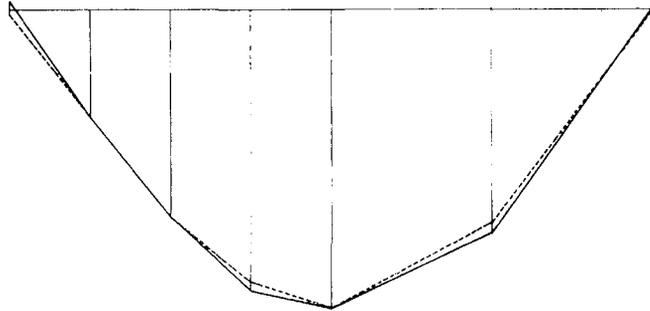
ora 9 40 II cond



ora 10 00 III cond



ora 11 30 V cond



ora 12 05 IV cond



ora 13 00 IV cond



ora 13 30 IV cond

