

AUTOSTRADA A16 - Napoli-Canosa - Tronco VII

Ponticello sul canale PAOLILLO - A16 Km 171+406

*Nota sulle armature di precompressione delle travi*

Rev.	Emissione
0	05.03.2019

**Studio Tecnico Prof. Ing. Salvatore Giacomo Morano**

Via Ivo Lazzeri, 2 - 50012, Bagno a Ripoli (FI)

T. +39 055 470467 - email [info@studiomorano.eu](mailto:info@studiomorano.eu)

PEC [salvatoregiacomo.morano@ingpec.eu](mailto:salvatoregiacomo.morano@ingpec.eu)

## **Introduzione**

Il presente documento illustra le considerazioni condotte dallo scrivente in merito alle armature di precompressione dell'impalcato del "Ponticello sul canale PAOLILLO" ubicato al Km 171+406 della A16 Napoli-Canosa.

Per tale opera la documentazione di archivio relativa alla costruzione originale, fornita da ASPI al sottoscritto, è apparsa non completamente in linea con le evidenze rilevabili sull'opera.

L'opera sostiene due piattaforme affiancate di larghezza rispettivamente 10,80 m e 11,27 m ospitate da impalcati distinti. Ciascun impalcato ha schema statico di semplice appoggio con luce di calcolo di 10,7 m ed è costituito da 12 travi prefabbricate in c.a.p. a fili aderenti poste ad interasse di 0,92 m e collegate da 4 traversi, 2 intermedi e 2 di testata, con sovrastante soletta in c.a. di spessore pari a 20 cm.

## **Documentazione utilizzata**

ASPI ha fornito allo scrivente la seguente documentazione relativa al primo impianto:

- relazione di calcolo originale dell'impalcato prodotta dalla ditta SCAC, fornitore delle travi prefabbricate tipo TAS 65/30D;
- i verbali di collaudo del 1977 con allegati i certificati di prova sui materiali del 1976;
- documenti finalizzati alla liquidazione degli importi dovuti all'impresa, allegati alla contabilità finale, costituiti dalle tavole "Allegato 7.1" e "Allegato 7.2" al Libretto delle misure del 1977;

Inoltre ASPI ha fornito allo scrivente la seguente documentazione relativa a recenti controlli sull'opera:

- Relazione "SVE CND\510008\SORV\IT11\002 - Indagini diagnostiche sulle strutture d'impalcato carr. dx trave di bordo in C.A.P." del 25/09/2018 (nel seguito, per brevità, Rel-1-Spea);
- Relazione "SVE CND\510008\SORV\IT11\006 - Indagini diagnostiche e rilievo delle travi dell'impalcato in C.A.P." del 21/11/2018 (nel seguito, per brevità, Rel-2-Spea)

### Esame della documentazione relativa al primo impianto

Sono disponibili la relazione di calcolo dell'impalcato, i certificati di collaudo con allegate prove sui materiali e elaborati di contabilità che riportano i disegni degli elementi e i quantitativi contabilizzati.

La relazione di calcolo, predisposta dal prefabbricatore, è redatta, come avveniva di solito all'epoca, a partire da una base dattiloscritta abbastanza generale particolarizzata al caso in esame riportando a mano valori specifici di geometria, carichi e risultati di verifica.


CALCOLO N. <u>1570/T</u>	
DISEGNO N. <u>1570/T</u>	
DATA <u>Settembre 76</u>	
<b>CALCOLO STATICO DI IMPALCATO CON TRAVI SCAC</b> <b>TRAVI TIPO: TAS <u>65/30-D</u></b>	
RICHIEDENTE _____	
ENTE APPALTANTE <u>S.P.E.A</u>	
IMPRESA <u>Antonino Gaetano - Bitonto (BA)</u>	
L'impalcato, oggetto del calcolo seguente, fa parte dell'opera:	
<p style="text-align: center;"> <i>Ponte ad una luce alle prop. 171+406              Autostrada NAPOLI - CANOSA</i> </p>	

Fig. 1 Estratto da copertina relazione di calcolo impalcato

La relazione di calcolo indica che le travi prefabbricate impiegate sono Travi SCAC tipo TAS 65/30D.

Al foglio 1 della relazione di calcolo si legge che la verifica dell'impalcato era stata "eseguita con l'impiego dell'elaboratore elettronico". Considerato il periodo, è presumibile che le principali verifiche fossero impostate con un calcolatore e i risultati più significativi venissero ricopiati a mano all'interno del documento base dattiloscritto.

Ai fogli 1 e 2 si contempla, per l'armatura di precompressione, la possibilità (dattiloscritta) di usare trecce o trefoli. La doppia possibilità compariva sul documento certamente perché questo potesse essere di uso più generale. Nella parte relativa alle caratteristiche dei materiali non è indicata una scelta tra trecce e trefoli. Le tipologie di armature attive compaiono entrambe senza che, da qui, sia possibile capire quale armatura si pensasse di impiegare per la trave.

<u>MATERIALI DI IMPIEGO</u>	
<u>Per le travi precomprese:</u>	
— calcestruzzo	$R'_{bkj} \cdot 500 \dots \text{Kg/cm}^2$ $R'_{bk} \cdot 550 \dots \text{Kg/cm}^2$
— acciaio di precompressione:	treccia: $R_{sk} \ 18000 \ \text{Kg/cm}^2$ ; trefolo: $R_{sk} \ 18000 \ \text{Kg/cm}^2$ ;
— acciaio inerte:	F. B 38 <sub>k</sub>
 <u>Per il getto eseguito in opera:</u>	
— calcestruzzo:	$R'_{bk} \cdot 350 \dots \text{Kg/cm}^2$ 300 ✓
— acciaio:	F. B 38 <sub>k</sub> 32 <sub>k</sub> ✓

Fig. 2 Estratto da relazione di calcolo impalcato – foglio 2

E' presumibile che dovesse essere riportato un segno di spunta sull'armatura attiva scelta, come fatto per i materiali dei getti in opera, e che per dimenticanza ciò non sia stato fatto.

Anche se non è esplicitamente riportato il tipo di armatura attiva e il numero di elementi, il valore assunto per l'area di acciaio di precompressione è di grande rilievo ai fini delle verifiche riportate in relazione. Tale dato non appare riportato in modo esplicito ma può essere facilmente ricavato dai dati di verifica delle sezioni presenti in relazione. Infatti nelle tre sezioni verificate vengono riportati lo sforzo di tiro nel cavo e la relativa tensione, il cui rapporto ci restituisce l'area totale dei cavi,  $A_p$

*Sezione di mezzeria (foglio 11)*

Tiro finale netto = 90454 kg, tensione finale = 9271 kg →  $A_p = 90454/9271 = 9,76 \text{ cmq}$

*Sezione di appoggio (foglio 14)*

Tiro finale netto = 89451 kg, tensione finale = 9169 kg →  $A_p = 89451/9169 = 9,76 \text{ cmq}$

*Sezione a z/2 dalla mezzeria (foglio 16)*

Tiro finale netto = 90203 kg, tensione finale = 9245 kg →  $A_p = 90203/9245 = 9,76 \text{ cmq}$

Risulta evidente che l'area totale di armatura attiva assunta in verifica sia pari a 976 mmq, anche se non è possibile sapere se costituita da trecce o da trefoli.

— Tiro finale netto

$$N_{apo} = \frac{N_{api} \times (\sigma_{apio} - \Delta\sigma_{ap})}{\sigma_{api}} = 90454 \quad \text{Kg}$$

— Tensione finale nell'acciaio

$$\sigma_{ap} = \sigma_{apio} - \Delta\sigma_{ap} = 9271 \quad \text{Kg/cm}^2$$

Fig. 3 Estratto da relazione di calcolo impalcato – foglio 11

I certificati di collaudo degli impalcati delle due corsie forniscono indicazioni certe e risolutive. Infatti, su entrambi i documenti, nella prima pagina si legge che la travi utilizzate sono Travi SCAC tipo TAS 65/30D, come nella relazione di calcolo, e che *“dall’esame dei certificati delle prove eseguite sui materiali impiegati durante la costruzione risulta che essi sono conformi alle norme regolamentari e alle prescrizioni di progetto”*. Il certificato di prova relativo all’armatura attiva, allegato al collaudo, è molto dettagliato e evidenzia l’impiego di acciaio armonico in trefoli da 3/8” costituiti da 7 fili da 3mm. Per ciascuno spezzone provato vengono riportati, tra l’altro, i diametri misurati in centesimi di millimetro per i singoli fili costituenti e l’area complessiva del trefolo, che risulta poco dispersa e mediamente pari a 51,4 mmq.

Incrociando i dati della relazione di calcolo e dei certificati di collaudo si individua con chiarezza che l’armatura portata in conto nelle verifiche della trave fosse costituita da 19 trefoli da 3/8” (  $19 \times 51,4 \text{ mmq} = 976 \text{ mmq}$ , pari all’area inserita in relazione di calcolo).

Esaminando gli elaborati allegati alla contabilità finale si rileva la presenza di disegni di contabilità e tabelle di riepilogo di quantitativi. I disegni riportano le informazioni geometriche delle cassature degli elementi e gli schemi di armatura. Relativamente alle armature di precompressione è presente uno schema con 46 trecce da 3 fili Ø3mm.

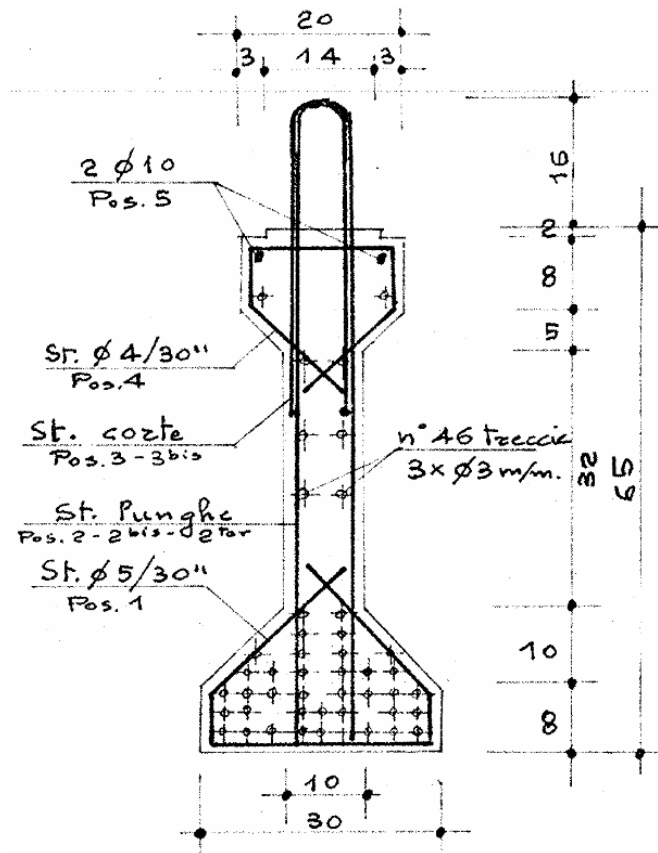


Fig. 4 Schema armatura di precompressione estratto da documenti contabilità

Diversamente da quanto indicato nello schema grafico, la tabella di riepilogo indica 36 trecce da 3 fili  $\varnothing 3\text{mm}$ . La contraddizione, interna al documento, ne evidenzia una compilazione non precisa ma, nella tabella, sembrano presenti anche altre sviste. Infatti le trecce vengono indicate con un peso unitario di  $0,074\text{ kg/m}$  mentre il valore reale è di  $0,166\text{ kg/m}$ . Ciò comporta che il peso totale di acciaio armonico contabilizzato per singola trave è di soli  $30,6\text{ kg}$  che costituisce un quantitativo totale non realistico per una trave del tipo di quelle usate. Per confronto, si osservi che il quantitativo totale di acciaio armonico determinato sulla base delle informazioni presenti nella relazione di calcolo è pari a  $89,1\text{ kg}$  ( $11,5\text{ m} \times 19 \times 0,408\text{ kg/m}$ ), cioè quasi il triplo di quello contabilizzato.

Art. 344-a - Trefolo per				
strutture in c.a.p. ecc.				
Armatura di precompressione				
n° 36 trecce da 3 Ø 3 mm in acciaio armonico, a trave				
n° 36 x ml. 11.50 = ml. 414, =/				
Travi n° 12 x Kg. 30.636 =				

		0.074	Kg.	
				30.636 ✓
			Kg. =	367.632 ✓

Fig. 5 Tabella di sintesi armatura di precompressione estratta da documenti contabilità

Ai fini della resistenza della trave, tenuto conto che una treccia a 3 fili Ø3mm ha un'area di 21,2 mmq, si evidenzia che 46 trecce corrispondono a 975 mmq, cioè un'area sostanzialmente coincidente con quella assunta in verifica, mentre 36 trecce corrispondono a 763 mmq, cioè circa il 20% in meno dell'area di verifica.

Dall'esame della documentazione del primo impianto, relativamente alle armature di precompressione, si può concludere che la relazione di calcolo e i certificati collaudo con allegati certificati di prova dei materiali non mostrano alcuna discrepanza tra loro. I documenti contabili, nel disegno di contabilità, riportano un'armatura di tipologia differente rispetto a quella del certificato di collaudo ma con una sezione totale e resistenza



complessiva coerente con quella assunta in verifica. Al contrario, la tabella di sintesi riportata nei documenti contabili risulta affetta da errori sul peso unitario e indica un quantitativo di armatura inferiore rispetto a quella assunta in verifica.

### Esame della documentazione relativa ai recenti controlli sull'opera

Nella Rel-1-Spea si dava evidenza che l'armatura di precompressione, laddove visibile in opera, risultava costituita da trefoli e non da trecce. Nel contempo si rilevava che i documenti contabili del primo impianto, oltre a riportare la presenza di trecce, contenevano la contraddizione su numero di elementi di cui si è già detto in precedenza.

Nella Rel-2-Spea, a seguito di un approfondito rilievo, si riporta la disposizione di tutta l'armatura di precompressione presente in una trave che risulta composta da 19 trefoli da 7 fili  $\text{Ø}3\text{mm}$ .

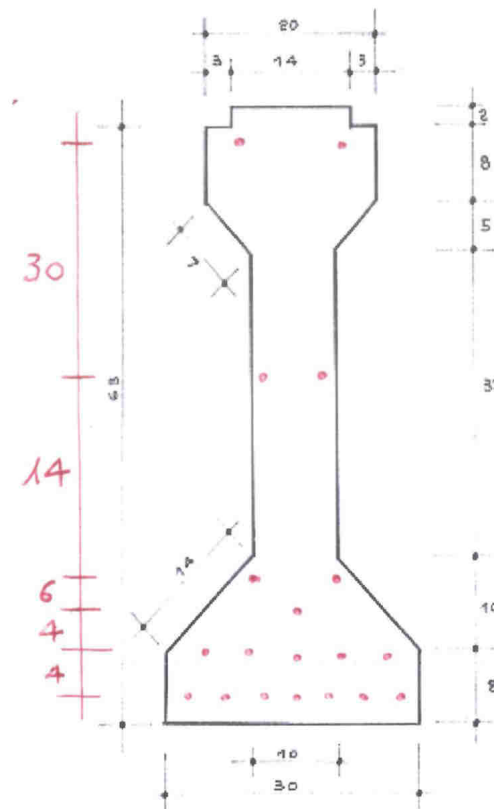


Fig. 6 Rilievo al vero delle armature di precompressione estratto da Rel-2-Spea

Il rilievo della Rel-2-Spea è in perfetto accordo con le risultanze emerse dall'analisi combinata della relazione di calcolo e del collaudo, da cui risulta chiaro che l'armatura portata in conto nelle verifiche è costituita da 19 trefoli a 7 fili Ø3mm. Il quantitativo totale di acciaio armonico è in accordo con lo schema riportato in contabilità mentre i dati inseriti nella tabella di sintesi inserita in contabilità non trovano alcun riscontro nella realtà.

### **Considerazioni conclusive**

Relativamente alle armature di precompressione i documenti del primo impianto che hanno rilevanza ai fini statici, ossia la relazione di calcolo dell'impalcato e il certificato di collaudo con relativi allegati, non mostrano alcuna incoerenza o discrepanza tra loro. Essi, inoltre, sono in perfetto accordo con quanto rilevato al vero sulla trave. Ne consegue che le verifiche di sicurezza condotte nel progetto del primo impianto sono correttamente basate alla luce sia delle informazioni del collaudo che delle evidenze rilevate al vero nelle recenti indagini in sito.

I documenti del primo impianto, finalizzati alla liquidazione degli importi dovuti all'impresa esecutrice, allegati alla contabilità finale riportano uno schema grafico che conduce all'individuazione di un quantitativo totale (e quindi di un valore economico) coerente con quello riportato nella relazione di calcolo dell'impalcato e in linea con quanto rilevato al vero. La tabella di sintesi allegata alla contabilità finale non sono non è in accordo con lo schema di armatura di precompressione inserito nello stesso documento ma, in conseguenza della presenza anche di altri errori, riporta un quantitativo totale di armatura di precompressione irrealisticamente basso, che non ha trovato alcun riscontro nella realtà e che dovrebbe far ritenere tale tabella, relativamente alle armature di precompressione, priva di significatività.

A parere dello scrivente non vi alcun elemento che possa indurre a pensare che le evidenze mostrate dalle indagini in sito, relativamente alle armature di precompressione della trave, contraddicano quanto presente nei documenti originali rilevanti ai fini della sicurezza statica dell'opera.

In fede,

Ing. Salvatore Giacomo Morano

