

L'impatto delle Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sulle Travi PREM

The impact of the guidelines of the Superior Council of Public Works on the PREM Beams

L. Izzo¹, F. Minelli², G. Plizzari²

¹ Assoprem, Isola Vicentina, Vicenza, Italy

² Università degli Studi di Brescia, Brescia, Italy

ABSTRACT: On September 18, 2009, with “Prot. 116/09 of the General Assembly of the Superior Council of Public Works”, the Guidelines for the use of steel truss steel-beams incorporated in the concrete casting and the procedures for their acceptance for structural applications, according to the provisions of points 4.6 and 11.1 of DM 14/01/2008, were approved. This document distinguishes three categories of beams: a) mixed steel-concrete; b), reinforced concrete; c), any other type. The present paper aims to show how the great variety of morphologies before NTC 2008, all referable to category c), after the publication of the Guidelines have quickly returned to categories a) and b) with a single exception across the national scene. In particular, the paper illustrates the paths followed as well as the morphological, material, productive and calculation implications in addition to the efficiency of the resulting morphologies with a look at possible future developments.

KEYWORDS: PREM Beams; Prefabricated Beams; Composite Steel Concrete Beams; Composite Truss Beams
Travi PREM; Travi Prefabbricate; Travi Composte Acciaio Calcestruzzo; Travi Tralicciate Miste

1 INTRODUZIONE

Il 18 Settembre 2009 venivano approvate, con Prot. 116/09 dell'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, le “Linee Guida per l'utilizzo di travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante e procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'impiego” (nel seguito LG), dando seguito a quanto previsto dai punti 4.6 e 11.1 del DM 14/01/2008 (nel seguito NTC 2008).

Questo documento contemplava tre categorie di travi, tutte con una Fase 1 di autoportanza ed una Fase 2 di esercizio:

- Categoria a): travi miste acciaio calcestruzzo;
- Categoria b): travi in calcestruzzo armato;
- Categoria c): ogni altra tipologia.

La presente memoria vuole illustrare come la grande varietà di morfologie ante NTC 2008, di fatto tutte riconducibile alla categoria c), dopo la pubblicazione delle Linee Guida sono rapidamente rientrate nelle categorie a) e b) con un'unica eccezione in tutto il panorama nazionale.

Dopo aver ripercorso storicamente l'evoluzione delle travi tralicciate miste, l'articolo illustra le strade seguite, le implicazioni morfologiche, materiche, produttive e di calcolo in aggiunta alle implicazioni

sull'efficienza delle morfologie risultanti, con uno sguardo alle possibili future evoluzioni.

2 EVOLUZIONE STORICA DELLE TRAVI TRALICCIATE MISTE

2.1 1964

Il Sig. Prassede Savoia presenta la domanda di brevetto per invenzione industriale dal titolo: “Armatura autoportante per orizzontamenti in calcestruzzo armato” (Fig. 1) che viene rilasciato nel 1966. Il brevetto verrà acquistato dall'ing. Giuseppe Borneto che ne avvia l'impiego nell'edilizia.

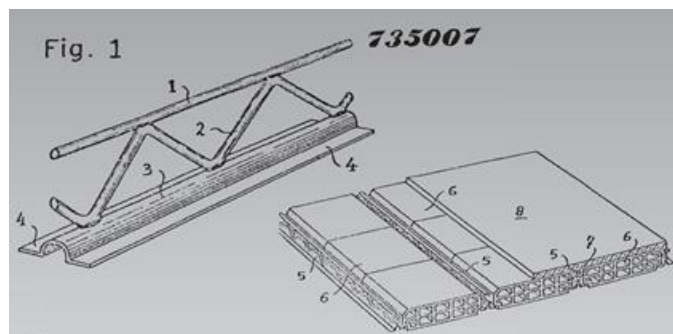


Figure 1. Brevetto presentato dal Sig. Prassede Savoia

Si trattava di un traliccio composto da ferri tondi e da un piatto inferiore sagomato, saldati fra loro ma,

come si vede bene dal titolo del brevetto, l'elemento è pensato, senza alcun dubbio, come appartenente alla tecnologia del cemento armato. D'altronde in quel periodo (e fino al 2008) era assolutamente normale avere barre lisce nel c.a. e la presenza di un piatto d'acciaio inferiore, al posto di barre tonde lisce, non sollevava nessuna eccezione di omogeneità di categoria strutturale nel "sentire tecnico" comune, anche se non sono pervenuti gli approcci di calcolo.

2.2 1967

L'Ing. Salvatore Leone brevetta la prima Trave tralicciata con piatto di acciaio (Fig. 2) che commercializza col marchio SEP, dal nome dell'azienda produttrice.



Figure 2. Trave tralicciata mista con piatto d'acciaio, brevettata dall'Ing. Salvatore Leone nel 1967.

Il sistema è stato successivamente esteso nel 1972 alle travi fuori spessore (Fig. 3) col nuovo marchio REP.



Figure 3. Trave fuori spessore, col marchio REP, brevettata nel 1972.

La proposta sul mercato enfatizza la sua natura di struttura mista, rispettata nella verifica a flessione, ma in realtà veniva progettata al taglio con un approccio da c.a., alle tensioni ammissibili, per solo taglio orizzontale, ipotizzando che la forza di scorrimento venisse assorbita dal calcestruzzo (come sforzo tangenziale) e dalle anime d'acciaio, viste come connettori a taglio. Tale schematizzazione era figlia da una parte di una assenza di norme specifiche a riguardo e dall'altra di un Parere del CSLP che riteneva congrue, per tali travi, le norme sulle strutture in acciaio e, "per quanto applicabili, le norme sul cemento armato". In

pratica veniva rimessa totalmente al Progettista la responsabilità della schematizzazione e degli algoritmi usati per la verifica a taglio e il Progettista applicava la sua competenza dell'epoca.

2.3 1978

L'Ing. Livio Izzo inventa sia la trave con fondello in calcestruzzo (Fig. 4), oggi più diffusa di quella con fondello in acciaio, sia la più efficiente anima a puntoni verticali (Fig. 5). Quest'ultima nasce con l'obiettivo di avvicinare il funzionamento a taglio delle travi tralicciate a quello delle travi in c.a. Infatti l'elemento verticale si concretizza, in seconda fase, in una staffa da c.a. e l'elemento obliquo si concretizza in una staffa da c.a. inclinata mentre il calcestruzzo si può schematizzare nelle bielle compresse realizzando, quindi, per intero il traliccio di Morsh (Fig. 6).



Figure 4. Trave tralicciata mista con fondello di calcestruzzo.



Figure 5. Trave tralicciata mista con anima a puntoni verticali.

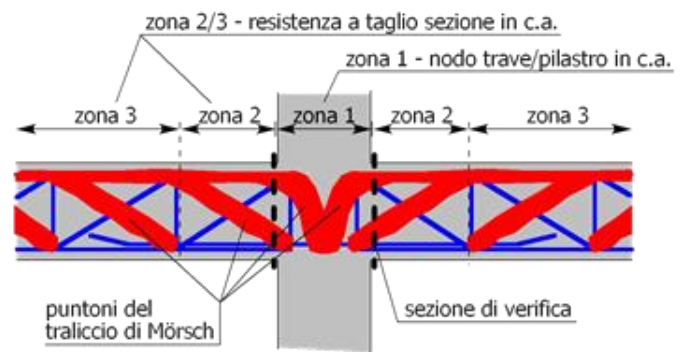


Figure 6. Trave tralicciata mista con anima a puntoni verticali: in seconda fase rispecchia il traliccio di Morsh.

Poiché l'acciaio liscio nel c.a. è normale, la schematizzazione è del tutto lecita con l'unica differenza che l'ancoraggio delle staffe non avviene per aderenza ma per saldatura al corrente superiore. Questo approccio è ancora figlio dello stesso quadro normativo e di una conoscenza tecnica generale più vasta.

Questa nuova morfologia viene assoggettata anche a prove sperimentali nell'ambito della ricerca effettuata negli anni ottanta dal Consorzio produttori Travi REP nel laboratorio ufficiale RDB di Pontenure (Figg. 7 e 8).



Figure 7. Trave tralicciata mista con anime a puntoni verticali collaudata in laboratorio.



Figure 8. Trave tralicciata mista con anime a puntoni verticali: dopo la rottura della sezione mista, la trave metallica è ancora monolitica.

La nuova morfologia di anima a puntoni verticali comporta anche un altro paio di vantaggi non indifferenti:

1) nella prima fase di autoportanza l'elemento compresso è più corto di uno inclinato, per cui la sua lunghezza libera d'inflessione è sensibilmente minore per la verifica di stabilità; inoltre, per le stesse ragioni geometriche, la forza di compressione cui è soggetto è minore per cui, nel complesso, il dimensionamento per la fase di autoportanza è sensibilmente meno penalizzante (Fig. 9).

2) Lo stesso elemento verticale, che in prima fase è compresso, nella fase di esercizio, quando si innesca il traliccio di Morsh, risulta soggetto a trazione per cui è lecito scontare la precompressione ereditata dalla

prima fase (Fig. 10). Tutto ciò va nel verso di una ottimizzazione dei materiali e di una loro specializzazione di funzioni, in linea con la filosofia del calcestruzzo armato.

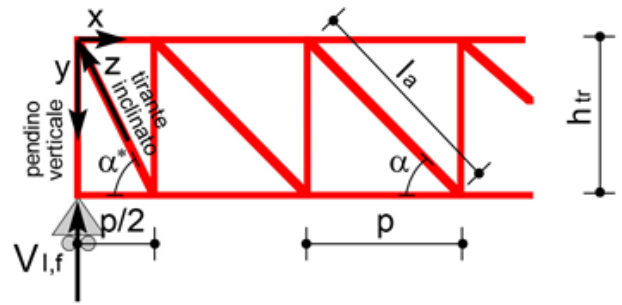


Figure 9. Trave tralicciata mista con anima a puntoni verticali: puntone compresso in prima fase più corto e meno caricato.

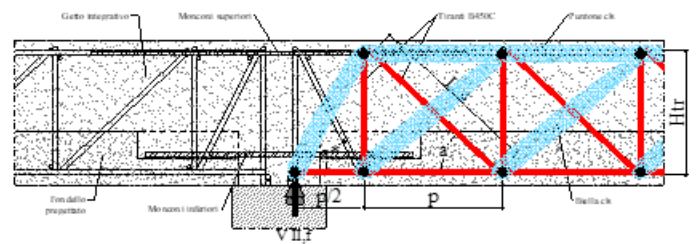


Figure 10. Trave tralicciata mista con anima a puntoni verticali traliccio di Morsh con una biella e due tiranti.

2.4 1981

L'azienda S.D. inventa ed immette sul mercato le prime Travi Reticolari Miste realizzate con acciaio nervato da c.a. saldabile (Fig. 11). La motivazione è semplice: l'acciaio liscio aveva uno snervamento di 360 N/mm^2 mentre l'acciaio FeB44k (saldabile) aveva uno snervamento di 440 N/mm^2 per cui si poteva ottenere un risparmio netto sull'acciaio del 18%! Inoltre, visto che queste travi si avvicinavano sempre di più alla filosofia del c.a., usare anche il "moderno" acciaio nervato (saldabile) costituiva anche un miglioramento tecnologico.

All'introduzione di questa lungimirante intuizione, tuttavia, non tutte le tessere del mosaico si incastravano correttamente in quanto:

1) l'acciaio nervato saldabile coesisteva sul mercato con quello non saldabile, risultando in una più complessa gestione logistica.

2) L'acciaio da c.a. è meno duttile di quello da carpenteria per cui la sagomatura dell'anima comportava pieghe con mandrini maggiori che, nella prima fase di autoportanza, comportavano maggiori eccentricità (Fig. 12) con conseguenti importanti momenti del secondo ordine ed aumento conseguente di diametro oppure limitazione della autoportanza.



Figure 11. Trave tralicciata mista con acciaio nervato da c.a..



Figure 13. Trave tralicciata mista con anima a puntoni verticali con anima liscia e correnti ad aderenza migliorata.

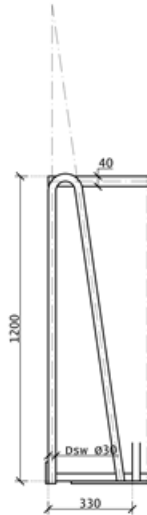


Figure 12. Trave tralicciata mista con anima piegata con mandrino adeguato: grande eccentricità nel nodo.



Figure 14. Trave tralicciata mista con anima a puntoni verticali con anima liscia e correnti ad aderenza migliorata.

2.5 Anni '90

Portando ad un livello molto alto la sinergia fra acciaio da c.a. ed acciaio da carpenteria metallica veniva messa a punto una versione di travi tralicciate con correnti nervati ed anima liscia a puntoni verticali. L'anima liscia, infatti, poteva essere piegata con mandrini molto piccoli, data la duttilità del materiale, contenendo al massimo, quindi, le eccentricità ai nodi saldati. La morfologia a puntoni verticali, inoltre, ottimizzava al massimo l'uso dell'acciaio per cui la differenza di resistenza fra l'acciaio liscio e quello nervato, su un'anima ridotta a diametri molto sottili, non comportava una percepibile differenza di peso mentre tutta la sezione dei correnti superiori ed inferiori, generalmente diritti, beneficiava appieno del famoso 18% di risparmio sui pesi.

Questa morfologia, con una ottimale ripartizione dei compiti, è durata quasi 20 anni (fino alle NTC 2008, andate in vigore nel 2009) con una vastissima e felice applicazione sul campo: basta qui ricordare i 7 corpi "bassi" (dieci piani) di Palazzo Lombardia, tutti realizzati con questo sistema (Figg. 13 e 14).

2.6 Tra il 2006 e il 2009

In questi anni si svolge la Ricerca Nazionale Assoprem-CIS-E, ripartita fra nove centri di ricerca universitari ed uno privato che non solo certifica il buon funzionamento di tali strutture ma ne individua ulteriori risorse da ottimizzare.

Il 26 Settembre 2009 il Gruppo di Lavoro Nazionale Assoprem-CIS-E vara le "Raccomandazioni per la progettazione e l'esecuzione di travi prefabbricate reticolari miste" su cui aveva lavorato per anni condensando le esperienze fatte nell'ambito della Ricerca Nazionale e condivise nel Gruppo di Ricerca coordinato dal Prof. Giovanni Plizzari.

2.7 2011

Il CSLP pubblica sul proprio sito le "Linee guida per l'utilizzo di travi tralicciate in acciaio conglò-

bate nel getto di calcestruzzo collaborante e procedure per il rilascio dell' "autorizzazione all'impiego" in applicazione del Par. 4.6 delle NTC che annoverano tali travi fra i "materiali non tradizionali o non trattati dalle presenti norme".

Tali LG "individuano tre categorie entro le quali inquadrare ciascuna tipologia strutturale:

- a) strutture composte acciaio-calcestruzzo (con tutte e sole regole da strutture miste);
- b) strutture in calcestruzzo armato normale o pre-compresso (con tutte e sole regole da c.a.);
- c) strutture non riconducibili ai principi, alle definizioni, ai modelli di calcoli e ai materiali delle due categorie sopra elencate".

Di fatto, nessuna delle tipologie di Travi PREM in quel momento sul mercato si inquadrava nelle categorie a) o b) infatti:

- *) la sinergia dei due acciai da carpenteria e da c.a., nella stessa trave, erano escluse;
- *) la morfologia delle anime lisce a puntoni verticali non poteva più essere inquadrata nel traliccio di Morsh;
- *) La verifica al taglio non poteva tener conto della collaborazione del calcestruzzo per cui la facile verifica a scorrimento era da escludere.

3 LA SITUAZIONE DOPO LA PUBBLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA

Come probabilmente previsto dal normatore, quindi, tutte le travi PREM dovevano confluire nella categoria c). Tuttavia le LG, per questa categoria e solo per questa, prevedevano un procedimento autorizzativo presupponente almeno i seguenti passi:

- I. identificazione di precise tipologie di riferimento per materiali, geometria, schema statico e modalità d'impiego;
- II. esecuzione, per ogni tipologia, di adeguata sperimentazione su campioni e modelli, sia relativamente alla 1^a fase sia relativamente alla 2^a fase, in condizioni di esercizio ed ultime;... omissis...
- III. definizione di modelli di calcolo attendibili e giustificati anch'essi dalla sperimentazione, eventualmente integrata da adeguate analisi numeriche.

E' facile capire che la scelta di rimanere in categoria c) avrebbe comportato un iter di anni che, unito ad una mancanza di regime transitorio, avrebbe avuto come conseguenza il fermo totale delle produzioni che non era compatibile con l'attività dell'azienda.

Non certo per libera scelta, quindi, tutte le aziende produttrici, con l'eccezione di una sola, hanno optato per modificare la propria produzione pur di rientrare nelle Categorie a) o b).

Per le travi di Categoria a) (Fig. 15) l'impatto è stato quasi esclusivamente concentrato sulle verifiche a taglio che, senza la collaborazione del calcestruzzo, sono diventate ben più penalizzanti.

Per le travi di Categoria b), invece, l'impatto è stato soprattutto morfologico e, quindi, di processo produttivo. Infatti, non potendo contare su anime in acciaio liscio piegato e saldato con mandrino stretto, nè su anime nervate piegate su mandrino ampio (Fig. 12) si è dovuto ripiegare su anime composte da elementi singoli, non sagomati (Figg. 16 e 17), da tagliare, assemblare e saldare uno per uno scontando un notevole incremento di tempo di trasformazione.



Figure 15. Trave tralicciata mista di categoria a) sia con fondello in acciaio che con fondello in cls.

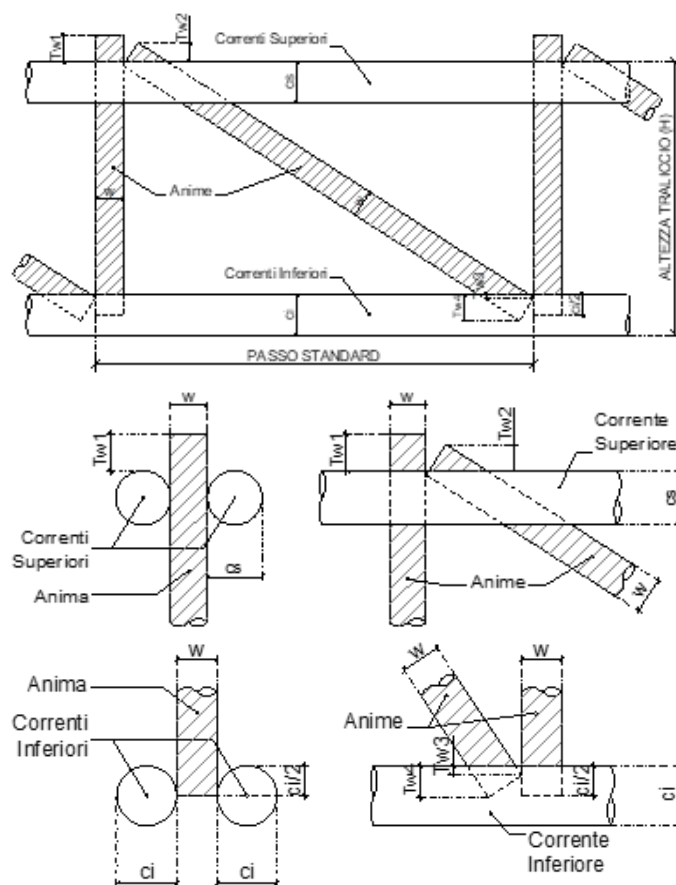


Figure 16. Trave PREM di categoria b) con elementi singoli non piegati.



Figure 17. Trave PREM di categoria b) con elementi singoli non piegati.

4 CONCLUSIONI

In questo contesto i produttori sono riusciti a dare continuità alle proprie produzioni rinunciando alla ottimizzazione di materiali e processi, con una conseguente minore produttività e maggiori costi. Ciò ha comportato ulteriori difficoltà in un mercato già in forte crisi, con il conseguente taglio sui costi disponibili per la ricerca, interrompendo un processo virtuoso di sviluppo, di processo e di prodotto, seguito fino a quel momento.

In uscita ora da quel lungo tunnel, l'auspicio è quello di riprendere la ricerca che possa presto riportare, nella disponibilità del mercato e quindi dell'economia, quelle soluzioni così performanti ed intelligenti supportate, questa volta, non solo dalle intuizioni e dalla competenza di pochi esperti ma anche dalla ripetibile esperienza della ricerca sperimentale.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare l'Associazione ASSOPREM, il Consorzio CIS-E e tutti i membri del Gruppo di Lavoro e del Gruppo di Ricerca CIS-E – Assoprem per l'intensa attività svolta e per aver messo a disposizione i documenti e le immagini utili alla redazione dell'articolo.

REFERENCES

- Assoprem "Progettare con le travi Prefabbricate Reticolari Miste PREM", Tecniche Nuove, 2010.
- D.M. 14 Gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni".
- Izzo, L., Minelli, F., Plizzari, G., "Linee Guida per le travi reticolari miste PREM", *Atti del 17° Congresso CTE, Parma, 2008*, pp. 781-790.
- SERVIZIO TECNICO CENTRALE DEL C.S.LL.PP, "Procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'impiego di travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante".

UNI EN 1994-1-1 "Eurocodice 4: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici", 2005.

UNI EN 1990 "Criteri generali di progettazione strutturale", 2006.