

# Assoprem

Potenzialità, responsabilità e autorevolezza impongono ad Assoprem l'ampliamento dei propri obiettivi



In copertina. Foto grande, realizzazione di Trave PREM della Sicilferro Torrenovese srl; nella foto piccola, Travi PREM della CSP Prefabbricati spa

# Travi PREM in Cantiere

Dalla quotidiana esperienza dei Soci Assoprem le soluzioni costruttive realizzate con l'impiego di Travi PREM



# Ricerca

Università del Salento: dalla Ricerca Nazionale Coordinata Assoprem le prove "Push-out" per le Travi PREM



# Comunicazione

Servizio e terrirorio, questo il filo conduttore delle attività di Comunicazione Assoprem per il duemilanove



## Professionista

Come in un tempio romano, forma e potenza si valorizzano reciprocamente nelle Travi Prefabbricate Reticolari Miste



# Linee Guida

Istruzioni per Travi Prefabbricate Reticolari Miste: Capitolo 7. Stati limite di Esercizio per le Travi PREM



# imprese =

PREM Magazine - Organo Ufficiale di Assoprem - Supplemento a Imprese Edili n. 1, Febbraio 2009

**Direttore responsabile**: Giuseppe Nardella

Registrazione: n. 196 del 19/3/1990 - Tribunale di Milano - Iscritta al ROC Registro degli Operatori di Comunicazione al numero 6419 (delibera 236/01/Cons. del 30/6/01 dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni).

Poste Italiane Spa
- Spedizione in abbonamento
Postale - D.L. 353/2003
(conv. in 27/02/2004 n. 46)
art. 1, comma 1, DCB Milano

Stampa: Rotolito Lombarda -Via Brescia, 53, Cernusco (MI) Vietata riproduzione anche parziale dei contenuti copyright© Assoprem a Commissione Ministeriale per la redazione delle Linee Guida sulle Travi Reticolari Miste, concernenti la modalità di impiego e qualificazione di detti elementi strutturali, ha individuato come sia essenziale l'attività di ricerca e sperimentazione per supportare il proprio lavoro di normatori.

Era prevedibile ma sono occorsi 40 anni perché i produttori più lungimiranti unissero le proprie forze per svolgere questa attività in maniera coordinata ed efficace.

L'impressionante attività di ricerca, promossa già dal 2007 da Assoprem, si colloca esattamente in questo processo assieme alla attività di redazione di un primo Documento Tecni-

co di Istruzioni per la Progettazione, la Produzione ed il Montaggio di tali manufatti eseguito dal Gruppo di Lavoro CIS-E Assoprem, composto da esperti della materia, docenti universitari, professionisti e produttori, volontaristica-

Assoprem: il tuo partner "naturale"

mente ed autonomamente riuniti in una sede nazionale. La Commissione, ritenendo positivo, utile ed interessante quanto fatto da tale Gruppo di Lavoro, ha accettato di buon grado di analizzare sia il Documento che i report delle ricerche per avere un quadro definito dello stato delle conoscenze e delle elaborazioni sull'argomento in vista della redazione delle proprie Linee Guida.

Allo scopo di non creare confusione fra l'attività di studio e pre-normativa del Gruppo di Lavoro CIS-E Assoprem e l'attività normativa vera e propria della Commissione, il GdL ha deciso di varare il proprio Documento Tecnico sotto forma di "Raccomandazioni" per la Progettazione, la Produzione ed il Montaggio di Travi Prefabbricate Reticolari.

Avere la possibilità di interagire e collaborare con l'Organo Ufficiale preposto alla elaborazione delle Linee Guida Nazionali è un privilegio ed un traguardo che premia gli sforzi e la granitica volontà che Assoprem ha dispiegato nel corso dei suoi primi tre anni di attività.

Sforzo proteso a vantaggio di tutti gli utilizzatori di Travi PREM con l'obbiettivo che questo incredibile elemento strutturale possa dispiegare tutta la sua potenzialità nei nostri cantieri sempre più bisognosi di industrializzazione.

Il nuovo Documento è la sintesi delle considerazioni svolte a seguito dei risultati delle prove effettuate dai dieci centri di ricerca, discusse ad un tavolo paritetico fra Ricercatori, Professori Universitari, Produttori e Professionisti e "condite" dal buon senso, frutto di una sensibilità progettuale e produttiva condivisa da tutti i membri del GdL. Ma la missione di Assoprem non è soltanto quella di qualificare il prodotto, favorendo il formarsi di un quadro normativo preciso e moderno, ma è anche quella di qualificarne la produzione e di diffondere la conoscenza di questa incredibile struttura che tanti

problemi risolve e tante soluzioni permette nei nostri cantieri.

Per raggiungere il primo obbiettivo, l'Associazione ha elaborato una politica di qualificazione dei singoli produttori-soci che passa attraverso l'impegno, per statuto, di appli-

care le Raccomandazioni CIS-E Assoprem nella propria attività fin dal loro varo, ancorché in maniera "sperimentale", come si conviene a qualunque Documento Tecnico serio. E per permettere agli utilizzatori di poter monitorare tale applicazione, Assoprem non solo metterà a disposizione dei professionisti tale documento ma ne promuoverà la conoscenza sul territorio attraverso tutti i canali di comunicazione di cui dispone.

Prende corpo, così, una nuova ed essenziale valenza di Assoprem: l'essere SERVIZIO per il mercato ed al contempo SERVIZIO per gli associati. Tutte le attività sopra descritte già lo sono ma Assoprem, nel 2009, vuole andare avanti. E così sono stati individuati altri nuovi servizi associativi da realizzare.

In fondo, passo dopo passo, Assoprem sta svolgendo meticolosamente il proprio compito di Associazione Nazionale di riferimento per i Produttori di Travi PREM occupandosi di salvaguardare concretamente i bisogni e gli interessi degli utilizzatori di queste eccezionali strutture: le Imprese di Costruzioni.

Non per niente, il nostro motto è: INSIEME ED UNITI SI PUO'.



oma, ventidue gennaio duemilanove, presso l'Hotel Rex in occasione dell'assemblea annuale dell'Associazione si è tenuta la prima Convention *Assoprem*.

Il programma della giornata, strutturato dal Consiglio Direttivo, ha voluto dedicare un ampio spazio, prima di svolgere le attività istituzionali, per una riflessione dei presenti sul lavoro sin qui svolto e sui risultati raggiunti e sulle proprie potenzialità per indi-

viduare poi nuovi obbiettivi da perseguire.

"Presa coscienza delle proprie Aziende associate ma anche i responsabili Tecnici e Commerciali dei Soci.

Ecco perché a questo incontro tra i presenti hanno partecipato non solo il board delle

potenzialità e

Questo coinvolgimento allargato ha permesso di far condividere e comprendere

responsabilità messo di tar condividere e comprendere a tutti i presenti, circa quaranta, i risultati ottenuti ma soprattutto le conseguenti opportunità a loro disposizione nello svolgimento della specifica attività propri obbiettivi quotidiana.

rose attività istituzionali e tecniche svolte nel 2008: dai rapporti con il CIS-E, la Commissione Ministeriale, Assobeton, Acai, F.in.co e Federbeton, allo stato dell'arte di quanto dal Gruppo di Lavoro e dal Gruppo di Ricerca; alla collaborazione e sinergie fra Soci, all'indicazione delle diverse aree su cui individuare e dare vita a nuovi servizi attivabili o convenzionabili, sino allo stato dell'arte del primo Servizio messo a disposizione del mercato delle costruzioni con i PremMarketPoint.

Ed ancora tutte le attività di comunicazione sviluppate lo sorso anno e quelle che nel 2009 saranno consolidate come l'House Organ PREM Magazine.

Sono stati individuati nuovi servizi associativi di qualificazione di prodotti e produttori quali la procedura di qualificazione dello stabilimento, la selezione dei fornitori e della qualità dei materiali, la predisposizione di manuali applicativi delle Raccomandazioni e delle Linee Guida a beneficio di Produttori, Progettisti ed Utilizzatori, la predisposizione di procedure di controllo da condividere con gli Enti di Certificazione, l'individuazione e la selezione delle migliori tecnologie di progettazione e di produzione presenti sul mercato ed altro ancora.





Un altro risultato conseguito dal Direttivo di Assoprem con la partecipazione di queste figure professionali è stato quello di potere assistere a un dibattito aperto e costruttivo sulle relazioni presentate, sui bisogni dei Soci e del mercato di riferimento su cui eventualmente avviare nuovi progetti.

La prima parte della mattinata è stata dedicata alla presentazione delle relazioni che hanno illustrato le numeDal dibattito sulle relazioni sono emerse, non solo le indicazioni sulle priorità attribuite ai diversi progetti presentati. Ma soprattutto è emersa la convinzione delle proprie potenzialità e responsabilità che Assoprem rappresenta per il mercato delle costruzioni.

Pertanto Assoprem ha deciso di ampliare i propri obbiettivi per svolgere compiutamente il suo ruolo istituzionale in modo pratico, moderno ed autorevole.

# "Gruppo di Lavoro e Gruppo di Ricerca: dopo il primo traguardo, l'impegno continua"

Nell'editoriale di questo numero abbiamo già riferito dei proficui rapporti instaurati fra il Gruppo di Lavoro CIS-E *Assoprem* e la Commissione Ministeriale, basati sulla consistenza e rilevanza del Progetto di Ricerca Nazionale Coordinato e del Documento Tecnico che ne è scaturito: le Raccomandazioni CIS-E *Assoprem* per la Progettazione, la Produzione ed il Montaggio delle Travi PREM. Qui vogliamo scendere in alcuni rilevanti aspetti tecnici ed operativi di tale Documento e dell'attività del GdL e del GdR.

Nel Documento, l'accento è stato posto in particolare sulle questioni peculiari delle Travi PREM che, se non adeguatamente considerate, possono portare ad una non corretta progettazione e/o esecuzione del manufatto. Alcuni capitoli in cui è suddiviso il Documento hanno lo scopo di fornire un supporto per una migliore comprensione del funzionamento strutturale atteso nelle diverse fasi di vita di questi elementi.

Il GdL ritiene ora necessario che ne consegua un periodo di sperimentazione al fine di verificarne l'applicabilità e proporre eventuali migliorie.

Sono allo studio tempi e modi di questa prossima fase di applicazione sperimentale ed al contempo di divulgazione delle Raccomandazioni perché tutti gli utilizzatori possano esprimere il proprio parere.

Al contempo, *Assoprem* sta valutando l'opportunità di finanziare una nuova campagna di sperimentazione, coordinata dal GdR e GdL, per estendere ulteriormente le conoscenze sui meccanismi di funzionamento delle Travi PREM onde ottenere ulteriori conferme ai risultati ottenuti in sede di modellazioni

numeriche, effettuate all'interno del primo progetto di ricerca. L'interesse posto dal mondo universitario, su queste tematiche così attuali, vede, in parallelo a questa riconferma degli impegni di *Assoprem*, la presentazione da parte di tre centri: Politecnico di Torino, Università di Trieste e Università di Palermo, di un PRIN 2009 per studiare la trasmissione degli sforzi in elementi tralicciati misti acciaio-calcestruzzo parzialmente prefabbricati.

Finora, l'attività di ricerca svolta dalle dieci unità coinvolte nel progetto (Bergamo, Trieste, Ferrara, Bologna, Palermo, Brescia, Torino, Lecce e Calabria, oltre al laboratorio Prove e Materiali delle Ferriere Nord) ha sviluppato ed approfondito conoscenze in merito al comportamento locale e globale di questi elementi avvalendosi del mutuo confronto fra i risultati dei diversi centri. Le principali informazioni

attengono i temi del comportamento a taglio e del comportamento in esercizio. In particolare, nel taglio è emersa l'importanza dell'effetto arco mentre, per quanto riguarda gli effetti viscosi, è emerso quanto siano ridotti in ragione della grande quantità di armatura presente in queste travi che, per converso, alimenta la fessurazione da ritiro che deve essere, a sua volta, contrastata con opportuni presidi.

Data la rilevanza del lavoro svolto dal GdL e dal GdR, i risultati saranno divulgati attraverso varie iniziative con l'obiettivo di informare e sensibilizzare tutte le figure Professionali che operano con le Travi PREM. Cosa farà, allora, il GdL adesso che il Documento è stato finalizzato?

Beh, prima di tutto occorrerà supportare l'opera di divulgazione del Documento con adeguati esempi applicativi ed esemplificativi delle novità. Ma, successivamente ai primi mesi di applicazione sperimentale del



Documento, occorrerà analizzare tutte le osservazioni che verranno dai diversi utilizzatori, dalle Associazioni Tecniche, dai Sindacati dei Professionisti etc., decidere sul loro accoglimento integrale o parziale e comunque sugli adeguamenti delle Raccomandazioni a tali osservazioni. In fondo, si tratta dell'attività di "monitoraggio" assolutamente fisiologica in questi casi.

Il tutto, naturalmente, sempre interfacciato e, da ora, sincronizzato con i lavori della Commissione Ministeriale con il fine ultimo di supportarne il lavoro fino al varo delle Linee Guida Ministeriali per le Travi PREM. Il GdR e il GdL, insieme, hanno raggiunto una tappa fondamentale; alla luce degli obbiettivi prefissati, tuttavia, per raggiungere il traguardo finale, è necessario ancora molto impegno da parte di tutti i componenti che, al conseguimento degli ottimi risultati raggiunti, sono sempre più coinvolti e sempre più motivati.



a nuova stazione costituisce una delle infrastrutture fondamentali in previsione dell'Expo 2015 in quanto consente di raggiungere il polo espositivo e la Fiera di Milano direttamente con la ferrovia. Il nuovo terminal ferroviario, dal costo di 80 milioni di euro totalmente finanziato dalle Ferrovie dello Stato, rappresenta un'opera dove le Travi Prefabbricate Reticolari Miste PREM sono state chiamate a rispondere a particolari prescrizioni prestazionali, a esigenze logistiche impegnative e ad un se-

Dalla CSP vero timing del cantiere.
In primo luogo il capitolato, che rece-Prefabbricati delle FS più restrittive rispetto alle norme nazionali

l'impiego di in modo particolare per le verifiche a fatica ed a fessurazione delle Travi PREM.

Inoltre la Cooperativa CMC di Ravenna doveva realizzare il ad altissime piano ferroviario e le infrastrutture della nuova stazione prestazioni per in due fasi: la prima Miste PREM ha consentito la realizzazione in tempi molto stretti dell'intera opera (circa 40 giorni lavorativi), risolvendo anche la problematica principale posta dai sovraccarichi.

Per il Triangolo Racchetta vi era, infatti, la richiesta da parte della committenza di realizzare solai che resistessero a carichi di 12.000 kg/mq. per quasi tutta la superficie.

La soluzione è stata risolta impiegando solai con orditura principale e orditura secondaria tutta formata

> da Travi PREM. L'orditura principale è composta da doppie Travi Reticolari Miste autoportanti accostate e l'orditura secondaria ancora da Travi PREM più piccole accostate anziché utilizzare, come d'abitudine, solai predalles.

Poiché il cantiere del Triangolo Racchetta era tutto interrato e non vi era possibilità di movimentazione dei manufatti dall'interno dell'area, si è reso necessario effettuare il montaggio dall'esterno, anche utilizzando autogru da 300 tonnellate. Per realizzare la nuova

Progetto Strutturale: Prof. Ing. Capsoni - Studio B&C Associati - Como Impresa Esecutrice: Cooperativa CMC - Ravenna Intervento: Stazione ferroviaria nel nuovo polo fieristico Rho-Pero Anno costruzione: anno 2008

Committente: Ferrovie dello Stato

- Filiale Milano di CSP Prefabbricati

Testo: Arch. Corrado Pollastri

la nuova stazione ferroviaria Rho-Pero

**Travi PREM** 

Dalla quotidiana esperienza dei Soci Assoprem in questa rubrica proponiamo al lettore casi concreti di soluzioni costruttive realizzate con l'impiego di Travi PREM nei più diversi scenari di cantiere.











comprendente le banchine ferroviarie e i marciapiedi per i passeggeri del Comparto ad Alta Capacità; la seconda comprendente la realizzazione del cosiddetto Triangolo Racchetta, con l'atrio e la copertura dell'uscita della stazione; rispettando tempi molto impegnativi. L'utilizzo delle Travi Prefabbricati Reticolari stazione ferroviaria, con una superficie coperta di circa 9000 mq, sono state impiegate circa 420 Travi PREM da 8 a 14 metri di lunghezza.

La quantità di acciaio utilizzato per produrre le travi è stato di circa 900.000 kg., per uno sviluppo complessivo di 4.580 metri lineari.

l nuovo centro Direzionale e Multizonale Oncologico di Careggi è un intervento di notevoli dimensioni ancora in via di completamento. La struttura portante dell'edificio è prevalentemente prefabbricata; ai pilastri in C.A. multipiano sono state abbinate per i primi due impalcati Travi Prefabbricate Reticolari Miste PREM, per i restanti impalcati travi in C.A.P. I solai utilizzati sono del tipo alveolare in C.A.P. con soletta collaborante in calcestruzzo. Le Travi PREM impiegate sono dotate di fondello

in cls; la tradizionale Trave PREM con il piatto inferiore è

stata parzialmente annegata in un getto di cls di 15 cm di spessore dopo aver avuto cura di posizionare il piatto a 5 cm dall'intradosso del fondello mediante opportuni distanziatori.

Il fondello svolge in questo caso una duplice funzione; protegge il piatto inferiore della Trave PREM garantendone il necessario copriferro ai fini della resistenza al fuoco e costituisce un valido appoggio per il solaio alveolare. In prossimità degli appoggi il fondello è stato sagomato in stabilimento al fine soriamente su un profilato ad L, tassellato al pilastro, in attesa di essere puntellate. Poiché le travi sono larghe 80 cm ed i pilastri 60 cm, rimangono due zone, laterali ai pilastri, sprovviste di appoggi per il solaio; tale inconveniente è stato superato inserendo dei piatti in acciaio in appositi alloggi creati sulla testa delle travi, all'estradosso del fondello in modo tale da ricostituire la continuità per l'appoggio del solaio alveolare. Tutto ciò premesso, appare evidente che i motivi che hanno spinto i progettisti e l'impresa costruttrice verso l'utilizzo delle Travi Prefabbri-

cate Reticolari Miste PREM sono:

che consente di po-

- l'elevata rapidità di montaggio

che consente di ne ter gettare le varie porzioni di impal-

**Trave PREM consente** contemporaneamente: prefabbricazione,

autotoportanza e monoliticità



Committente: Azienda Ospedaliera

- Universitaria Careggi (FI).

CSPE, Ipostudio e Arch. Elio

Gipieffe Architettura - Forli;

A&I Progetti e Chiarugi Studio

Intervento: Nuovo Edificio con

Anno Costruzione: 2008-2009.

Impresa Esecutrice: INSO SpA - Firenze

funzioni "Direzionale e multizonale

Progetto Architettonico:

Di Franco di Firenze.

Progetto Strutturale:

Associato di Firenze

Oncologico".









di creare una tasca atta ad ospitare i monconi inferiori di continuità che così facendo si trovano posizionati a 5 cm dall'intradosso della trave. Per fornire alcuni dati tecnici è bene ricordare che la luce netta massima delle travi impiegate è di 720 cm, la loro sezione è di 80 x 37 cm, il carico a metro lineare che vi grava è di 8000 Kg, i puntelli previsti sono 5 di cui due in prossimità dei pilastri.

Nel cantiere sono state utilizzate sia travi di bordo che centrali ed in alcuni casi travi a sbalzo. La particolarità dell'intervento è dovuta al fatto che i pilastri prefabbricati sono privi di capitello (perché si vuole ottenere un intradosso del solaio perfettamente piano) per cui le Travi PREM sono state realizzate in luce ed appoggiate provvi-

cato in tempi molto più brevi rispetto al tradizionale e senza l'utilizzo di legname uso cassero;

- il contenimento degli spessori per grandi luci e carichi che la rendono in molti casi l'unica alternativa al prefabbricato;
- la notevole mobilità lasciata all'interno del cantiere visto l'esiguo numero di puntelli utilizzato;
- la capacità della Trave PREM di soddisfare i requisiti di resistenza al fuoco richiesti, mediante idoneo ricoprimento in calcestruzzo dell'acciaio posto al suo intradosso, senza che si debba far ricorso all'uso di vernici intumescenti o prodotti similari;
- la loro competitività in termini economici rispetto ad eventuali soluzioni alternative.

a comprensione del meccanismo di trasmissione degli sforzi tra gli elementi costituenti la trave reticolare mista assume notevole importanza per la modellazione del comportamento strutturale sia in condizioni di esercizio sia in condizioni ultime. Sebbene in letteratura sono disponibili i risultati di alcuni lavori di ricerca condotti in tale ambito, non possono sicuramente essere ritenuti sufficienti per pervenire a conclusioni e modelli di validità generale, considerate le numerose variabili coin-

Dalla Ricerca volte e che influenzano il comportamento all'interfaccia acciaio-calcestruzzo. Infatti, volte e che influenzano il comportamento considerando le diverse tipologie di travi Considerando le diverse tipologie di travi attualmente esistenti in commercio, una ricerca esau-

stiva sull'argomento richiederebbe un'ampia inda-Coordinata gine sperimentale volta ad indagare la dipendenza del comportamento all'interfaccia da numerosi Assoprem le parametri, quali la morfologia del corrente inferiore e della sezione, la morfologia longitudinale del traliccio, i diametri, le proprietà dei materiali utilizzati, ecc. Si evidenzia, inoltre, che non esiste ad oggi un test sperimentale standardiz-

sperimentale standardiz-

Per supportare l'attività del Gruppo di Lavoro, nella redazione delle Istruzioni per Travi Prefabbricate Reticolari Miste, è emersa la necessità di eseguire una vasta campagna di prove sperimentali nel più breve tempo possibile. Assoprem si è fatta carico di questa esigenza finanziando un Progetto Nazionale Coordinato di Ricerca redatto dallo stesso GdL. Si tratta di un Progetto, del valore approssimativo di 100.000,00 €, che si snoda su 9 Centri di Ricerca

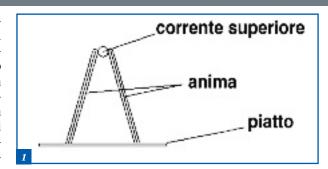
Universitari ed 1 privato coordinati

da un organismo nazionale.

zato e, di conseguenza, la definizione della modalità di prova necessita essa stessa di ulteriori studi ed approfondimenti al fine di garantire l'affidabilità dei risultati e consentire la comparazione fra gli stessi, sebbene ottenuti in contesti diversi. Sulla base di tali considerazioni nell'ambito della ricerca coordinata dal Gruppo di Lavoro Assoprem, l'Università del Salento sta svolgendo, in collaborazione con la ITO S.r.l. di Lecce, una ricerca sperimentale sullo studio del meccanismo di trasmissione degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo nelle travi miste tralicciate, attraverso prove di Push-out, allo scopo di caratterizzare il sistema di connessione in termini di resistenza, rigidezza e duttilità. A tal fine si è deciso di utilizzare la prova di scorrimento, Push-out, suggerita dall'Eurocodice 4 per le strutture miste acciaio-calcestruzzo di tipo tradizionale. In particolare, nella prima fase della sperimentazione si fa riferimento al set-up di prova messo a punto dal Prof. Tullini dell'Università di Ferrara e già adottato per lo studio della connessione acciaio-calcestruzzo nei sistemi misti. Detta prova ha lo scopo di indagare il comportamento della connessione a taglio; essa consente di determinare nello specifico l'andamento della curva carico-scorrimento, di analizzare il trasferimento degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo, di verificare la modalità di crisi.

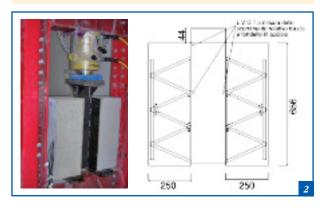
#### **Programma Sperimentale**

Considerata la variabilità di morfologie con cui oggi vengono realizzate le travi reticolari miste, nella fase iniziale della ricerca si è scelto di analizzare una delle tipologie fra quelle più frequentemente utilizzate nella realizzazione di edifici per civile abitazione. In particolare, si è fatto riferimento ad una trave reticolare mista con corrente inferiore costituito da un piatto di acciaio ed eventuale aggiunta di barre longitudinali. Lo schema tipo del traliccio è riportato nella Fig. 1; il piatto di acciaio è di spessore variabile da 4 a 10 mm, l'anima è a doppia staffa continua, il corrente superiore è realizzato con barre longitudinali di diametro variabile.



Campione	Diametro anime (mm)	Tipologia acciaio anime	Calcestruzzo o Rck
S12C1	12	Fe510C	35
B12C1	12	B450C	35
S14C1	14	Fe510C	35
B14C1	14	B450C	35
S12C2	12	Fe510C	30
B12C2	12	B450C	30
S14C2	14	Fe510C	30
B14C2	14	B450C	30

Tabella 1 - Programma Sperimentale



Nel prima fase di indagine si è scelto di variare il diametro delle anime e la tipologia di acciaio con cui le stesse sono realizzate nonché le proprietà del calcestruzzo, in termini di resistenza a compressione. Il programma sperimentale è riportato nella Tabella 1; per ciascun campione della stessa tipologia sono state previste almeno tre ripetizioni. In Fig. 2 sono riportate le caratteristiche dei campioni e la foto del set-up di prova.

Per l'esecuzione della prova è stato necessario realizzare un elemento centrale in acciaio, come si può vedere nella Fig. 3. In particolare, ogni piatto ha quattro saldature resistenti; i cordoni di saldatura tra l'anima e il piatto di acciaio hanno le seguenti dimensioni:

Altezza di gola pari a 6mm

Lunghezza della sezione di saldatura pari a30 mm Passo 200 mm







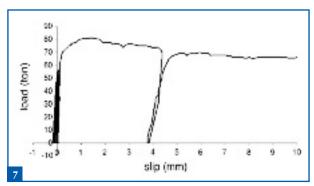
# **VERSITÀ DI LECCE**

Il getto è avvenuto nella direzione tipica di getto della trave per i primi provini (Fig. 4) e nella direzione trasversale per quelli successivi. Ciascuna prova viene realizzata all'interno di un telaio di contrasto; il carico è applicato mediante un martinetto idraulico e misurato con una cella di carico da 200 t. Per determinare preliminarmente il carico ultimo è stata condotta, per uno dei campioni dello stesso gruppo, una prova monotona sino a rottura. I provini testati sono stati strumentati con tre trasduttori di spostamento, di cui due posizionati in modo da poter misurare lo scorrimento relativo tra calcestruzzo e traliccio metallico, in prossimità della saldatura tra l'anima e il piatto in acciaio, ed il terzo in testa al campione. Sono stati, inoltre, utilizzati sedici estensimetri elettrici per rilevare le deformazioni nell'elemento in acciaio, le cui posizioni sono indicate in Fig 2.; in Fig. 5 si può osservare la disposizione degli estensimetri in corrispondenza dei nodi.

Preliminarmente alle prove di Pushout è stata condotta una indagine sperimentale rivolta alla caratterizzazione meccanica dei materiali utilizzati ed alla valutazione della resistenza dei nodi saldati. La resistenza media a compressione del calcestruzzo, determinata su campioni cubici, secondo le Norme UNI EN 12390-3:2004, è risultata pari a 41.5 MPa. Per il traliccio di acciaio sono state condotte prove di trazione uniassiale su spezzoni di barre

e su provini ricavati dalla lamiera costituente il piatto metallico (UNI EN 10002-1:2004).

Per determinare la resistenza delle unioni saldate del traliccio metallico sono state condotte prove di trazione su campioni rappresentativi delle varie tipologie di unione presente nel traliccio. Le prove iniziali sono state eseguite presso le Ferriere Nord su nodi saldati costituiti da arma-



Diametro correnti superiori (B450C)	18 mm
Diametro anime doppia staffa continua (B450C)	14 mm
Piatto	Larghezza = 250 mm Spessore = 6 mm
Altezza singolo blocco	
Passo staffe	
Calcestruzzo	R <sub>ck</sub> 35

Tabella 2 - Caratteristiche del campioni B14C1











tura d'anima-correnti superiori, realizzati dalla ITO S.r.l. Nello specifico i campioni sono sati ottenuti con uno spezzone di tondo piegato a V rovescia unito con saldature d'angolo a due barre longitudinali (Fig.6). L'esito della prova è stato in tutti i casi positivo, in nessun campione la crisi è avvenuta in corrispondenza della saldatura.

#### Risultati preliminari

Nella Fig. 7 si riporta la curva carico scorrimento, ottenuta mediante le prove di Push-out, per i campioni B14C1, aventi le caratteristiche riportate in Tabella 2. Per gli stessi campioni il valore medio del carico massimo è risultato pari a 80.2 t. Dalla curva carico-scorrimento (Fig 7) si può notare come raggiunto il carico di picco, lo stesso si mantiene pressoché costante mentre si registra un significativo aumento dello scorrimento, sino a valori di circa 15 mm (Fig. 8). Il campione sembra esibire una certa duttilità dovuta al progressivo formarsi delle fessure, accompagnato, infine, dal cedimento di alcune delle saldature (Fig. 9). I valori di deformazione, misurati dagli estensimetri in corrispondenza del carico massimo, sono risultati in tutti i casi inferiori al valore di snervamento dell'acciaio. La prima fase di sperimentazione, ancora in fase di completamento, consentirà di apprezzare l'influenza delle variabili di prova indagate è di orientare i futuri sviluppi della ricerca.

#### gli Autori

Prof. Ing. Maria Antonietta Aiello Professore Associato di Tecnica delle Costruzioni presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università del Salento (LE). I principali interessi di ricerca sono inerenti il comportamento strutturale di costruzioni in calcestruzzo armato e muratura, con particolare riferimento all'utilizzo di nuovi materiali e nuove tecnologie. Autrice o co-autrice di 155 pubblicazioni scientifiche, di cui 120 in campo internazionale. Membro del Gruppo di Lavoro 4.5 (Bond between Reinforcement and Concrete) del fib e del Gruppo di Lavoro ŔILEM MSC (Masonry Strengthening with Composite Materials).

Ing. Antonia Nadia Cancelli Laureata in Ingegneria dei Materiali presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi del Salento (Lecce), ha conseguito un Master in Metodi Innovativi per il ripristino di infrastrutture viarie, è tuttora Dottoranda presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione della Facoltà di Ingegneria dell'Università del Salento e collabora con l'Ufficio Tecnico della ITO srl.

Figura 1 - Tipologia di traliccio (sezione)

Figura 2 - Campioni e Set-up di prova (sezione + immagine)

Figura 3 - Elemento in acciaio

Figura 4 - Fase di getto

Figura 5 - Posizione degli estensimetri in prossimità della saldatura (due immagini)

Figura 6 - Set-up di prova sui nodi saldati

Figura 7 - Curva carico -scorrimento (B14C1)

Figura 8 - Lo scorrimento relativo tra piatto e calcestruzzo

. Figura 9 - Tipologia di rottura





### COMUNICAZIONE

n altro intenso anno ricco di progetti e attività si prospetta per la struttura organizzativa di Assoprem, chiamata a dare continuità al progetto strategico di comunicazione nato con l'Associazione.

Il primo impegno è di mantenere inalterata la qualità dei contenuti tecnici scientifici della rivista associativa PREM Magazine che ha riscontrato un notevole interesse presso Produttori, Professionisti, Accademici, Università, Enti Terzi e Imprese edili.

**Servizio e** Una pubblicazione, Organo Utficiale, strutt rata con diverse rubriche e pagine dedicate Una pubblicazione, Organo Ufficiale, struttu-

territorio il ad argomenti specifici, uno strumento nazionale di comunicazione

e cultura che oltre ad filo conduttore de cultura che oltre ad informare sulle attività di *Assoprem* e del

delle attività mercato di riferimento fa conoscere la duttilità e le grandi
di comunicazione potenzialità delle
Travi Prefabbric

2009

potenzialità delle Ssopre Travi Prefabbricate

Reticolari Miste PREM per la realizzazione di opere nei vari comparti edili come parcheggi interrati e non, centri commerciali, ponti e viadotti, edifici industriali, commerciali e di civile abitazione, metropolitane, strutture ospedaliere e nella ristrutturazione. Svilupperemo il servizio dei PremMarketPoint - PMP informando il mercato delle costruzioni e i suoi attori sui contenuti del servizio e sulla rete di eccellenza costituita dai Soci di Assoprem quali punti di riferimento cui rivolgersi per dialogare con un partner esperto per il corretto uti-

lizzo delle Travi PREM sin dalla fase progettuale. Una presenza sul territorio facilmente riconoscibile dal visual predisposto: un marchio sulla documentazione tec-

nico commerciale, un pie-

ghevole che illustra il servizio e un totem identificatore del Socio, strumenti che ne caratterizzano l'adesione garantendo l'interlocutore. E ancora, sarà disponibile la nuova versione del Sito associativo che è stato riprogettato totalmente per consentire una consultazione adeguata e moderna. Un Sito strutturato per offrire un patrimonio di conoscenze qualificate sviluppando e formando una cultura sulle Travi Prefabbricate Reticolari Miste PREM. Inoltre, sono in fase di pianificazione alcuni

Convegni Itineranti per incontrare sul territorio gli interlocutori abituali presentando i contenuti delle

"Raccomandazioni" elaborate dal Gruppo di Lavoro e illustrando i risultati del Progetto Nazionale di Ricerca; o ancora coinvolgerli in visite presso cantieri di particolare interesse sia per proprie caratteristiche ma soprattutto per il contributo fornito dalle Travi PREM nel rispondere alle esigenze di progetto e della commessa. Sarà sviluppata una campagna pubblicitaria istituzionale ed innovativa, differente da quelle precedenti in quanto si coinvolgeranno i Ŝoci proponendo a

loro una presenza congiunta nel comunicare il messaggio dell'Associazione.

Infine, come avrete letto nelle pagine precedenti, numerose sono le aree individuate dall'Assemblea per sviluppare nuovi servizi per gli associati e per il mercato delle costruzioni. Il Consiglio Direttivo in merito a quest'ultimo argo-

mento ritiene per facilitarne la loro realizzazione, che una volta individuate le diverse proposte/ iniziative queste potranno essere sviluppate sia in modo collegiale ma anche tra soli Soci.







# Soci Assoprem: Gruppo Calandra S

Anno di fondazione: 2004 Unità di progetto: 2 Unità produttive: 2

Superficie totale scoperta: MQ. 51.000 Superficie totale coperta: MQ. 21.000

Gamma prodotta: la divisione Componenti strutturali in c.a. propone un'ampia gamma di Travi Prefabbricate Reticolari Miste PREM denominate trave "Ream" ribassata con piatto in acciaio e con suola in calcestruzzo, trave "Ream" spessore solaio con piatto in acciaio. Le travi "Ream" con piatto in acciaio sono trattate per la presa dell'intonaco o della rasatura; nonché lastre predalles, solai a travetti sia con blocchi intermedi in laterizio sia con blocchi intermedi in cls-leca e pilastri in c.a.. La divisione Componenti strutturale in laterizio comprende laterizi per solai, travetti, ar-

chitravi ed elementi in laterizio per muratura e tramezzatura mentre la divisione Ferro lavorato fornisce armature per l'edilizia di qualsiasi forma e tipo assemblate automaticamente secondo le esigenze di progetto.

Il Gruppo Calandra nasce dall'unione di tre significative realtà imprenditoriali piemontesi; la Fornace Calandra di Ottiglio (AL) che opera dal 1907 nel settore dei laterizi iniziando la propria attività con la produzione di coppi fatti a mano. Successivamente i costanti investimenti in nuova tecnologia hanno avviato un processo di rimodernamento della tecnica produttiva di elementi in laterizio per solaio che, nel corso degli ultimi dieci anni, ha portato alla realizzazione di una produzione ormai completamente automatizzata con un sistema di supervisione e controllo computerizzato così da assicurare il massimo



Gruppo Calandra Srl Regione Molino, 28 15038 - Ottiglio Monferrato (AL) Tel. 0142 921433 Fax 0142 921409 www.gruppocalandra.it

Altre sedi: Cassine (AL) Sommariva Bosco (CN)

della qualità del prodotto. Nel 2000 la Fornace Calandra acquista la Fornace Silea di Cassine (AL) che produce, dal 1962, elementi per muratura di tamponamento avviando, un anno dopo, un piano di ammodernamento e automatizzazione degli impianti. L'ultima acquisizione in ordine di tempo è nel settore della prefabbricazione leggera quando, nel dicembre del 2003, viene rilevato dalla società Maer SpA di Sommariva Bosco (CN) il ramo strutturale della produzione costituita dalle lastre predalles e dalle travi autoportanti "Ream" che completa la gamma dei prodotti offerti. La filosofia del Gruppo, tende costantemente a privilegiare la qualità sia del prodotto sia di servizio reso al cliente attraverso una continua ricerca, sperimentazione e aggiornamento tecnologico del prodotto e del processo produttivo ed una costante e continua formazione del personale che opera all'interno dell'azienda. La Politica della Qualità è ritenuta necessaria dal management per perseguire: l'assoluto rispetto delle vigenti normative in materia di tutela ambientale, sicurezza, igiene del lavoro ed antinfortunistica; la costante applicazione delle normative tecniche sul prodotto: il rispetto dei requisiti contrattuali; il continuo miglioramento del prodotto e del servizio reso al Cliente. Il Gruppo Calandra è certificato ICMQ e IQNet operando in sistema di qualità per la progettazione, produzione di tutta la gamma di prodotti.



ale costruzione si inquadra in un più vasto promercato rionale che occupava il centro di piazza Vittorio in due caserme ottocentesche adiacenti all'edificio in esame. Nell'ambito di tale complesso intervento l'ing. D'Innocenzo ha curato anche la progettazione esecutiva delle opere di consolidamento statico delle due ex- ca-

come in un serme "Sani" e "Pepe".

L'edificio in argomento possiede alcune caratteristiche, nella sua struttura portante, veramente particolari:
- la posizione di tutti i pali di fondazione è stata concordata con la Sovrintendenza Archeologica di Stato a causa della presenza nel terreno di sedime del tracciato della vecchia via Prenestina di epoca romana della quale è stata che, nella sua struttura portante, ve-

nelle Travi\_PR

epoca romana, della quale è stata reciprocamente messa in luce parte del basolato e delle adiacenti abitazioni: ciò ha significato una costante revisione

gramma di recupero di un ex area militare, ove erano presenti caserme costruite all'epoca di Roma Capitale. La riqualificazione dell'area ha anche comportato lo spostamento del vecchio

- Lo sforzo progettuale speso nel rispetto dei rinvenimenti archeologici è stato premiato dalla possibilità di una loro parziale fruizione visiva dalla hall dell'albergo e si spera che in un prossimo futuro si permetta l'accesso e visita a tale area ipogea.

Ingegnere D'Innocenzo ha già impiegato Travi PREM prima di questo progetto?

Ho utilizzato travi miste acciaio-calcestruzzo già nella costruzione di una nuova sede della Mercedes in Roma, in località Tecnocittà, attraverso le quali si sono conseguite delle ampie luci libere interne all'edificio; il tutto anche a fronte di elevati sovraccarichi di progetto.

#### Qual è stata la Missione e l'Idea Portante di questo progetto?

Lo sforzo progettuale, risolto con l'uso delle travi PREM, è stato quello di rispettare l'esigenza architettonica di avere una grande sala conferenze al piano terra sopra la quale poter realizzare dei più consueti piani destinati a stanze d'albergo. Oltre a ciò dette travi sono state sagomate secondo un profilo "a chiglia di nave" che ha permesso di creare un'intercapedine orizzontale che isola







del progetto man mano che procedevano gli scavi e ritrovamenti di reperti;

- nella parte di edificio destinata ad autorimessa oltre che posizionare i pali di fondazione senza danneggiare i reperti archeologici lì rinvenuti si è voluto creare una "galleria archeologica", cioè una zona visitabile in cui poter osservare i citati reperti. Ciò ha obbligato a realizzare un grande impalcato "a ponte" (di luce pari a circa 19 metri) su cui poggiano in falso i pilastri dei sovrastanti sette piani d'edificio. Tale impalcato è formato da un solettone in cemento armato con nervature incrociate ed alleggerimenti in polistirolo; lo spessore di questo solettone è pari a 2,50 metri. La superficie in pianta di questa "galleria archeologica", libera da pilastri o da pali, è pari a circa 750 metri quadrati;

- la presenza di una grande sala conferenze a piano terra, sopra la quale poggiano sei piani d'albergo, con pilastri anche qui "in falso" sul soffitto della sala: in questo caso la luce delle travi che portano i piani sovrastanti è pari a quasi 14 metri. Si è risolto questo aspetto realizzando le travi del tipo "PREM" acciaio/calcestruzzo formate da piatti d'acciaio esterni, barre d'armatura e getto di calcestruzzo al loro interno.

 La posizione dell'albergo e la sua altezza conferiscono al suo ultimo piano, con terrazzi, piscina, bar e sale comuni, un panorama quasi completo della città di Roma.

verticalmente i due blocchi edilizi sovrapposti (centro congressi e residenze) permettendo già dall'esterno l'identificazione delle loro diverse funzioni. Per motivi impiantistici le travi stesse sono state predisposte con ampie forature all'interno del loro corpo, permettendo così la posa in opera delle dorsali degli impianti.

#### A quali componenti sono stati affidati i ruoli più significativi?

Le travi portanti i piani superiori dell'edificio sono state sagomate secondo un profilo "a chiglia di nave" che ha permesso di creare un'intercapedine orizzontale che isola verticalmente i due blocchi edilizi sovrapposti (centro congressi e residenze) permettendo già dall'esterno l'identificazione delle loro diverse funzioni. Per motivi impiantistici le travi stesse sono state predisposte con ampie forature all'interno del loro corpo, permettendo così la posa in opera delle dorsali degli impianti.

#### Quali esigenze hanno portato verso le Travi PREM?

Gli elementi che hanno portato all'utilizzo delle Travi PREM sono stati: le notevoli luci da superare, la presenza di elevati carichi in falso, la necessità di accogliere attraversamenti di impianti, la necessità di rispettare delle forme imposte, la capacità autoportante della trave in fase di getto.



#### Aveva bisogno delle sole travi o di un sistema costruttivo completo?

Nel caso specifico la necessità di minimizzare gli elementi di banchinaggio ed il tempo di realizzazione ha portato anche all'utilizzo di pilastri misti acciaio-cls parzialmente prefabbricati con asolature e mensole preparate per l'alloggiamento in autoportanze delle travi in questione.

geometria dei manufatti con alterazione pesante dell'impatto architettonico. Il risultato conseguito in perfetto connubio con l'idea progettuale architettonica è stato possibile solo grazie alla soluzione in Travi PREM e pilastri misti acciaio-cls.

Ha trovato dei limiti e/o delle controindicazioni all'uso di Travi PREM per il Suo Progetto?

#### il Cantiere

Committente: CR Invest Srl - Roma

Progetto Architettonico: Arch. R. Roselli e Arch. J. King - Roma

Progetto Strutturale: Ing. Dario D'Innocenzo - Roma

Collaborazione al Progetto Strutturale: Ing. Andrea Malnati - Engroup

**Engineering - Firenze** 

Direzione Lavori: Ing. Fortunato Bazzi

Impresa Esecutrice: ATI Dicos Spa - Orion Spa

Ubicazione: Roma, Via Giolitti Anno di costruzione: 2000/2003

Il progetto in esame consiste nella realizzazione di un albergo (con 235 stanze, un centro congressi da 500 posti, due ristoranti, bar, centro benessere, palestra e piscina scoperta in copertura) e di un attiguo parcheggio multipiano (sette livelli) nel quartiere Esquilino nel centro di Roma. La superficie totale del costruito è pari ad oltre 32.000 mq.. Nella sua generalità l'edificio è composto da un'intelaiatura tradizionale in cemento armato gettato in opera, formata da pilastri, travi e solai "a predalles" con fondazioni costituite da pali trivellati in cemento armato lungbi circa 40 metri.

#### il Progettista Strutturale

Ing. Dario D'Innocenzo laureato in Ingegneria Civile Trasporti presso l'Università "La Sapienza" in Roma nel 1981. Titolare dal 1982 dello studio in Roma che svolge attività professionale nel settore dell'ingegneria civile e segnatamente nel campo dell'ingegneria strutturale e geotecnica. Ha sviluppato numerosi progetti strutturali soprattutto nell'ambito di opere pubbliche sia per nuove strutture che nel consolidamento di esistenti. Ha presentato (in qualità di progettista) al SAIE di Bologna (anno 2002) il progetto di consolidamento statico con uso di fibre di carbonio sui solai della F.A.O. di Roma, il tutto nell'ambito del Convegno sull'uso di Compositi; un intervento sullo stesso argomento è stato tenuto nell'ambito del corso sull'uso dei compositi organizzato dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma (anno 2003). Partecipa dal 2003 in qualità di docente al Master di secondo livello sull'innovazione nella progettazione, riabilitazione e controllo delle strutture in cemento armato, tenuto presso l'Università Roma Tre (coordinatore prof. Ing. Camillo Nuti). Al progetto strutturale di questa realizzazione ha collaborato l'Ing. Andrea Malnati per la sua esperienza specifica nello sviluppo e l'applicazione delle Travi Prefabbricate Reticolari Miste.









#### Quali criteri hanno portato alla scelta del Fornitore di Travi PREM?

La scelta della ditta per la fornitura dei manufatti PREM è stata effettuata in completa autonomia da parte dell'A.T.I. previo nostro parere per quanto atteneva la capacità tecnica e la disponibilità a collaborare nello studio di soluzioni strutturali originali per soddisfare in pieno le esigenze strutturali, architettoniche ed impiantistiche richieste dal progetto.

#### Come si è presentata l'organizzazione del cantiere in presenza di Travi PREM?

L'unico problema occorso è stata la movimentazione delle travi data la loro grande luce. Va però considerato che una più consueta alternativa in travi di precompresso avrebbe significato la necessità di predisporre un impalcato di lavoro e casserature di costo assai superiore.

#### Ouali esigenze sono state soddisfatte dalle Travi PREM nel Suo cantiere, anche qualora non previste, e quali no?

La scelta di questa tipologia è stata il frutto di una attenta analisi di molte soluzioni possibili ma la forma particolare dei manufatti, le estreme condizioni dimensionali in rapporto alle prestazioni richieste hanno di fatto indirizzato l'utilizzo di Travi PREM al punto che prima che si fosse presentata questa soluzione era stata ipotizzata una variazione della L'unico limite è la conoscenza di questo elemento che fa sistema, la Trave PREM e delle sue potenzialità che, nel caso specifico è stato superato avendo all'interno dello staff di progettazione l'Ing. Andrea Malnati che da sempre si occupa dello sviluppo e progettazione delle Travi Prefabbricate Reticolari Miste.

#### Ha ulteriori considerazioni e/o suggerimenti su questo prodotto e/o sui servizi connessi?

Ritengo che tale tecnologia dovrebbe essere maggiormente divulgata soprattutto nell'ambito degli studi universitari per poter predisporre i futuri ingegneri e/o architetti al loro utilizzo.

#### Utilizzerà di nuovo Travi PREM in altri progetti?

Si certamente in tutti i casi in cui le travi PREM si dimostrino le più adatte a risolve le specifiche esigenze di progetto.

#### Conosceva già Assoprem, l'Associazione Nazionale dei Produttori di Travi PREM?

Si conosco l'Associazione e condivido appieno l'iniziativa di ricerca e divulgazione che essa si prefigge. Ritengo infatti che l'attuale mercato del lavoro richieda ai Professionisti un doveroso e costante aggiornamento sia tecnico che normativo, a fronte, però, del generale "impoverimento" della professione medesima.

analisi di una struttura, quale sistema in grado di garantire rigidezza e resistenza ad un edificio, si articola in più fasi logicamente organizzate attraverso: la definizione dei requisiti, la concezione strutturale, la formulazione del modello, il calcolo, l'ottimizzazione, l'analisi della sicurezza, il controllo. E' opportuno sottolineare come alcuni aspetti e alcune tematiche, come ad esempio la specifica attenzione alla funzionalità della costruzione in condizione di esercizio, le problematiche della manutenzione

Istruzioni per e del controllo, hanno acquisito in questi anni sempre maggiore importanza nel settore delle costruzioni civili. Per questo motivo, il Capitolo 7 delle Reccomandazioni CIS-E Assoprem (RCA), che riguarda le ve-

Cap. 7. Stati limite rifiche agli stati limite di esercizio nella progettazione delle travi Reticolari Prefabbricate Miste (PREM), assume un importante ruolo nella progettazione



#### Le Raccomandazioni

Analizzando in dettaglio il Capitolo 7 delle RCA, esso si articola nei seguenti paragrafi:

Metodi di analisi globale

Analisi lineare elastica

Controllo delle deformazioni

Considerazioni generali

Effetto delle fasi costruttive sulla determinazione delle fessurazioni

Metodi di calcolo delle deformazioni di seconda fase Deformazioni a lungo termine

Controllo della fessurazione

Definizione degli stati limite di fessurazione

Verifica delle tensioni in esercizio

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

Tensione massima dell'acciaio in condizione di esercizio Verifica delle vibrazioni Secondo le RCA, le strutture realizzate mediante l'impiego di travi PREM dovranno in generale essere verificate nei confronti dei seguenti stati limite di esercizio:

- **a)** danneggiamento locale dovuto alla fessurazione del calcestruzzo o alla perdita di aderenza fra elementi metallici e conglomerato che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- **b)** spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- **c)** spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- **d)** vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- **f)** corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione;
- **g)** eccessive tensioni sui materiali che ne possono limitare la durabilità e l'efficienza;

Gli effetti delle azioni per le verifiche in esercizio devono essere valutati mediante l'analisi globale elastica, la quale deve essere effettuata introducendo opportune correzioni per mettere in conto gli effetti non-lineari dovuti alla fessurazione del calcestruzzo. Nelle verifiche si debbono considerare esplicitamente gli effetti della sequenza di costruzione e gli effetti della viscosità e del ritiro.

Per considerare la fessurazione nelle zone soggette a momento negativo, nelle RCA sono proposti due metodi di analisi; il primo consiste nell'effettuare inizialmente un'analisi "non-fessurata" in cui l'inerzia omogeneizzata della trave è quella della sezione interamente reagente,  $EJ_1$ . Individuate, alla conclusione dell'analisi, le sezioni soggette a momento flettente negativo, nelle quali si hanno fenomeni di fessurazione, si deve eseguire una seconda analisi "fessurata". In tale analisi la rigidezza EI<sub>1</sub> è assegnata alle porzioni di trave soggette a momento flettente positivo, mentre la rigidezza fessurata ottenuta trascurando il calcestruzzo teso, EJ2, è assegnata alle porzioni di trave soggette a momento flettente negativo. La nuova distribuzione delle rigidezze e delle sollecitazioni interne viene quindi utilizzata per le verifiche agli stati limite di servizio (ed ultimo). Il secondo metodo, applicabile alle travi continue in telai controventati in cui le luci delle campate non differiscono tra loro di più del 60%, considera una estensione della zona fessurata all'estremità di ogni campata, caratterizzata da rigidezza  $\it EJ_2$ , pari al 15% della luce della campata; la rigidezza  $\it EJ_1$ è assegnata a tutte le altre zone.

Le combinazioni di carico, di riferimento per il calcolo delle deformazioni, sono la combinazione rara (nella quale si considerano gli effetti istantanei dei carichi) e quella quasi permanente (dove risulta importante valutare gli effetti a lungo termine). I valori limite delle adottati nelle RCA sono riportati nella tabella 1.

La freccia totale di una trave PREM viene definita come somma delle frecce di prima e seconda fase:

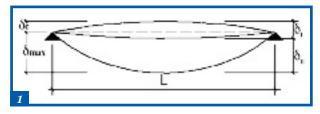
 $\delta_{tot} = \delta_I + \delta_{II}$ .

La freccia di prima fase  $(\delta_I = \delta_{I,p} - \delta_C)$  è data dalla differenza tra la freccia dovuta ai carichi permanenti e portati che agiscono sulla struttura prima della presa del getto  $\delta_{I,p}$  e la controfreccia data dall'eventuale presenza



Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali			
	$\frac{\delta_{\text{max}}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$		
Coperture in generale	1 200	1 250		
Coperture praticabili	1 250	300		
Solai in generale	1 250	300		
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finityura fragile o tramezzi non flessibili	1 250	1 350		
Solai che supportano colonne	1 400	1 500		
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	1 250			
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.				

Tabella 1 – Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie



di una monta iniziale  $\delta c$ . La freccia di prima fase deve essere valutata prendendo in considerazione le proprietà meccaniche dell'elemento strutturale prima del getto ed assumendo uno schema statico adeguato alle effettive condizioni di vincolo tenendo conto che in presenza di puntelli o di altri dispositivi provvisionali. La freccia di seconda fase  $\delta_{II}$  viene definita a sua volta come somma di due contributi  $\delta_{II,1}$  e  $\delta_{II,2}$ , dove  $\delta_{II,1}$  è la freccia dovuta ai carichi permanenti presenti nella prima fase in seguito alla rimozione dei puntelli e dei carichi permanenti applicati successivamente, mentre  $\delta_{II,2}$  è la freccia dovuta ai carichi variabili (Figura 1).

Nelle situazioni di carico dove è previsto un determinato grado di fessurazione della struttura anche nelle zone soggette a momento positivo, un'adeguata previsione delle deformazioni potrà essere ottenuta assumendo una rigidezza equivalente. Nelle RCA si devono valutare due condizioni limite:

– la condizione non fessurata. In tale stato l'acciaio ed il calcestruzzo agiscono insieme in campo elastico sia in trazione che in compressione e la rigidezza della trave è  $EJ_{I}$ . – la condizione completamente fessurata. In tal caso l'influenza del calcestruzzo teso viene ignorata e la rigidezza della trave, valutabile con il metodo n è  $EJ_{II}$ .

La valutazione delle rigidezze  $EJ_I$  e  $EJ_{II}$  permette di individuare gli estremi dell'intervallo in cui si situa la rigidezza equivalente  $EJ_{eq}$  dello stato parzialmente fessurato. Nelle RCA è adottata la relazione proposta dall'Eurocodice2, in base alla quale la relazione che descrive la variazione della rigidezza con l'aumentare del momento flettente risulta:

$$EJ_{eq} = EJ_{1} per M < M_{fess}$$

$$EJ_{eq} = \xi \cdot EJ_{1} + (1 - \xi) \cdot EJ_{II} per M > M_{fess}$$

con

$$\xi = \left(\frac{M_{fess}}{M}\right)^2$$

essendo  $M_{fess}$  il momento di prima fessurazione.

I valori delle rigidezze in condizione interamente reagente e completamente fessurata possono essere calcolati nelle ipotesi di calcestruzzo teso non reagente (per il calcolo di  $EJ_{II}$ ), conservazione delle sezioni piane, omogeneizzazione delle sezioni.

La rigidezza può essere calcolata omogeneizzando fra loro i due materiali attraverso il coefficiente  $n = Es/Ec^*$ , con Es modulo elastico dell'acciaio e  $Ec^*$  modulo efficace del calcestruzzo. Salvo più precise valutazioni, il modulo di elasticità del calcestruzzo per effetti a lungo termine,  $Ec^*$ , può essere considerato pari al 50% del valore medio istantaneo,  $E_{cm}$ .

lore medio istantaneo,  $E_{cm}$ . In condizioni di esercizio, oltre a controllare la deformabilità della struttura, è necessario controllare, come per il c.a., lo stato fessurativo. Nelle RCA la formazione e l'ampiezza delle fessurazioni nel calcestruzzo deve essere controllata al fine di garantire:

- un'adeguata protezione delle armature contro i fenomeni di corrosione;

- il rispetto delle esigenze di tipo estetico;

Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture è necessario realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità. Per le strutture realizzate con travi PREM devono essere considerati i seguenti stati limite di fessurazione, in ordine di severità decrescente:

a) stato limite di formazione delle fessure: si considera raggiunto lo stato limite quando inizia la formazione di fessure nella struttura;

b) stato limite di apertura delle fessure: si considera raggiunto lo stato limite quando l'ampiezza delle fessure raggiunge un valore prefissato

La verifica deve essere compiuta nelle stesse combinazioni delle azioni previste per il calcolo delle frecce.

Sempre ai fini di garantire un'elevata durabilità, nelle RCA è richiesto un controllo dello stato di tensione nel calcestruzzo compresso e nelle armature. Valutate le tensioni interne nella condizione di carico rara e quasi permanente, si deve verificare che esse non superino i valori consentiti dalle attuali Norme Tecniche.

In condizioni di esercizio, le RCA prevedono infine di effettuare una verifica sugli effetti dovuti alle vibrazioni. Essa deve essere condotta al fine di:

a) assicurare accettabili livelli di benessere (dal punto di vista delle sensazioni percepite dagli utenti);

b) prevenire possibili danni negli elementi secondari e nei componenti non strutturali;

c) assicurare che le eccessive vibrazioni non consentano un corretto funzionamento delle macchine e delle apparecchiature portate.

#### Conclusioni

L'utilizzo delle travi PREM riveste oggi notevole importanza per la possibilità di ridurre il numero e la durata delle lavorazioni in cantiere, con notevoli vantaggi in termini economici ed un impiego ottimale dei materiali. Molta strada è stata percorsa per lo sviluppo e la promozione di questo tipo di elementi, ma molto resta ancora da fare, sia nella divulgazione dei vantaggi conseguibili che sotto l'aspetto normativo.

In questa ottica la stesura del Capitolo 7 delle Raccomandazioni CIS-E Assoprem fornisce sicuramente un contributo volto a comprendere meglio le prestazioni raggiungibili in esercizio e i criteri progettuali da adottare con l'uso di questi elementi costruttivi.

#### gli Autori

Claudio Amadio è Professore Associato di Tecnica delle Costruzioni presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Trieste, presso la quale è titolare dei corsi di Progetto di Strutture II e Costruzioni in Acciaio I e II. I principali temi di ricerca riguardano: Ânalisi non lineare delle strutture composte acciaio calcestruzzo, Comportamento di strutture in acciaio in zona sismica, Analisi probabilistica delle strutture. È direttore del Master Universitario di II° livello in Progettazione Antisismica delle Costruzioni che si svolge a Gorizia.

Sveva Sorgon laureata in ingegneria edile nel 2006 presso l'università di Trieste. Libera professionista e dottoranda presso il dipartimento di Ingegneria civile di Trieste.

Figura 1 – Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio



# Ricerca, Cultura, Comunicazione... ora Assoprem è anche Servizio.



Insieme e uniti si può!

