



raccomanda tecnica

del Friuli Venezia Giulia

3

ANNO LXIV - MAGGIO/GIUGNO 2013

POSTE ITALIANE S.p.A. - Sped. in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1, DCB UDINE

Publicazione bimestrale sotto gli auspici delle Associazioni e degli Ordini degli Ingegneri Architetti Agronomi Forestali e Geologi del Friuli Venezia Giulia

I.P.



Prefabbricazione strutturale negli edifici civili

Giuseppe Suraci

La prefabbricazione strutturale ha avuto notevole sviluppo nella costruzione di edifici bassi a uso industriale o commerciale, mentre risulta poco impiegata nella costruzione di edifici multipiano. Tale differente diffusione dipende principalmente dalla difficoltà tecnica di realizzare, con gli elementi prefabbricati in calcestruzzo armato (C.A.), la continuità nei nodi strutturali, che è un requisito fondamentale per gli edifici multipiano, specialmente se soggetti ad azioni orizzontali.

L'esigenza delle imprese di programmare la produzione, prevedendo in modo attendibile tempi e costi di costruzione, ha indirizzato la comunità tecnica verso considerevoli ricerche sul comportamento di strutture prefabbricate multipiano, con particolare riguardo agli studi sul funzionamento dei collegamenti nodali.

La recente propensione a impiegare strutture composte acciaio-calcestruzzo di concezione innovativa, è stata propiziata dal manifestarsi di circostanze favorevoli al superamento di alcune difficoltà che in passato ne avevano ostacolato lo sviluppo. Tra tali circostanze si ricordano le seguenti.

La recente evoluzione della normativa tecnica, che ha favorito l'abbandono dell'uso generalizzato dell'analisi elastica delle sezioni non omogenee, penalizzante per le strutture composte perché limita il tasso di lavoro dell'acciaio

Nella prefabbricazione edilizia la tecnologia innovativa confrontata con quella tradizionale offre molteplici vantaggi: riduzione degli ingombri strutturali, incremento dell'autoportanza delle travi, agevole controllo della qualità, incremento della velocità di costruzione, possibilità di aumentare le luci tra i pilastri

dott. ing. **Giuseppe Suraci**,
libero professionista in Udine

compresso a "n" volte il valore della tensione nel calcestruzzo (essendo $n = E_a/E_c$). L'influenza di tale limitazione, negativa dal punto di vista economico, è modesta per le strutture di calcestruzzo armato, mentre è notevole per le strutture composte, dove la percentuale d'acciaio compresso è considerevole. Le nuove norme (NTC 2008), promuovendo l'analisi plastica, hanno contribuito a rimuovere detta penalizzazione.

Il nuovo approccio riservato alla trattazione delle strutture composte, che ora sono presentate in maniera organica e sono riferite all'intero organismo strutturale, mentre prima tale criterio unitario era riservato solo agli edifici di calcestruzzo armato e a quelli a struttura metallica. Un consistente contributo all'affermarsi di questo nuovo approccio è stato fornito dall'Eurocodice 4 (EC4) che tratta in modo unitario i vari elementi composti (pilastri, travi, solai) e fornisce le indicazioni per il calcolo e per lo studio dei particolari costruttivi, con specifico riferimento alla costruzione di edifici.

L'evoluzione delle strutture orga-

nizzative delle imprese, conseguente all'aumentata esigenza di competere, che favorisce una maggiore capacità d'adattamento all'uso di tecnologie innovative e agevola il superamento della tendenza alla netta separazione tra le imprese specializzate nella costruzione di opere in C.A. e quelle specializzate nelle strutture metalliche. In tale nuovo contesto cresce da parte delle imprese la propensione all'uso di una tecnologia mista, che

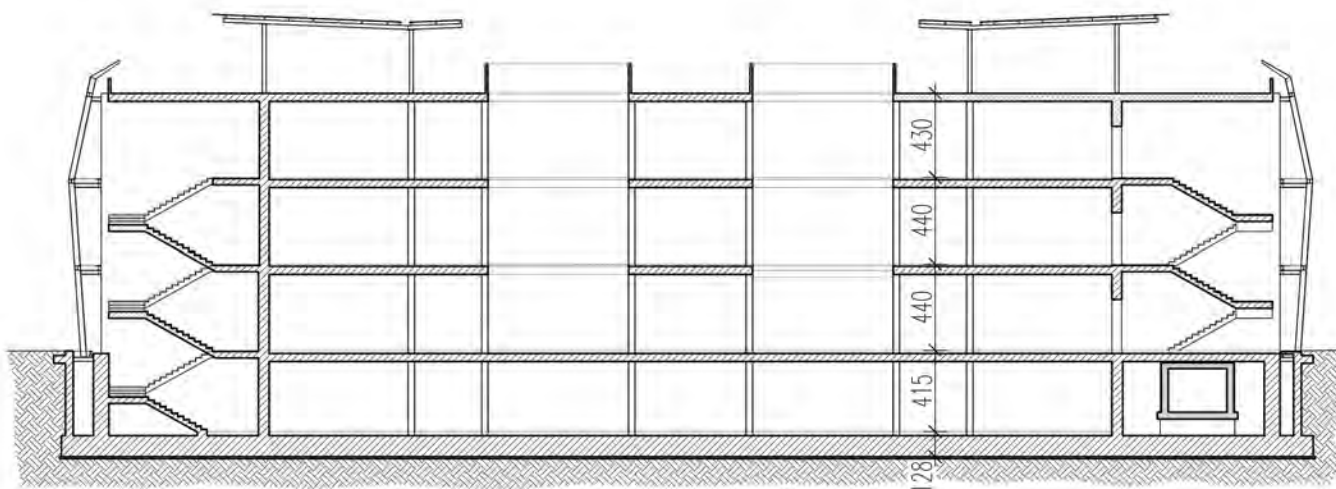
impiega le competenze e le attrezzature di entrambi i sistemi costruttivi tradizionali.

Un caso applicativo

Un esempio di edificio costruito recentemente in zona sismica, con l'impiego di strutture composte (a-c) di tipo innovativo, è il Centro Servizi e laboratori realizzato nell'area dell'A-

zienda Ospedaliera "Santa Maria Misericordia" di Udine. L'edificio ospita attività e specialità di laboratorio: diagnostica patologica, analisi cliniche, sezioni specialistiche e farmaceutiche.

Ha pianta rettangolare di 64 per 72 metri ed è articolato su quattro livelli più un piano tecnico. Il compatto volume parallelepipedo ha due chiostre interne, poste in posizione centrale. Nel perimetro fuori terra è



Sezione longitudinale del Centro Servizi e laboratori. **Sotto**, vista esterna del Centro Servizi e laboratori **Sopra il titolo**, cantiere per la costruzione del Centro Servizi e laboratori nell'area dell'Azienda ospedaliera "Santa Maria della Misericordia", con l'utilizzo di elementi composti acciaio-calcestruzzo innovativi



presente un porticato continuo formato dai percorsi su grigliati metallici destinati alle operazioni di manutenzione. L'involucro perimetrale è a doppio strato: quello interno è formato da pareti cieche rivestite con vetro smaltato e da finestre a nastro. Lo strato esterno è dotato di superfici ombreggianti in lamiera stirata, dimensionate e posizionate per assicurare l'equilibrio degli apporti solari nelle diverse stagioni. I quattro vani scala sono situati in mezzeria rispetto ai fronti edificati mentre gli elevatori, i cavedi impiantistici e i blocchi dei servizi igienici sono disposti simmetricamente, in posizione baricentrica rispetto ai settori serviti.

La struttura principale è costituita da nuclei di C.A., che hanno la

funzione di controventi sismici, e da telai costruiti con elementi composti a-c, che hanno il compito di sostenere i carichi verticali. I solai sono realizzati con pannelli precompresi alveolari, autoportanti, completati in opera. Le travi sono continue sui pilastri e le giunzioni fra travi consecutive sono eseguite in prossimità delle zone di momento nullo. Nella fase di costruzione il peso dei solai è sostenuto dalle sole membrature metalliche. Dopo l'indurimento del calcestruzzo, le travi hanno il comportamento tipico delle strutture composte. Il sistema costruttivo dell'impalcato, sommariamente descritto, è denominato *Slim Floor* ed è promosso da ArcelorMittal.

Per costruire gli impalcati sono

state impiegate travi SFB costituite da profili H ai quali sono saldati, sotto l'ala inferiore, piatti sporgenti a sbalzo che sostengono i pannelli di solaio in fase di costruzione. I profilati sono dotati di connettori a piolo, saldati sull'anima, che hanno lo scopo di contrastare lo scorrimento tra l'acciaio strutturale e il calcestruzzo di completamento gettato in opera. Le travi sono predisposte per i collegamenti con i pilastri.

Gli elementi verticali sono realizzati con pilastri composti HPR, costituiti da profili H parzialmente rivestiti con calcestruzzo, gettato a pie' d'opera. Il rivestimento incrementa lo sforzo normale resistente e protegge il profilato metallico dal fuoco. I profilati sono dotati di connettori a piolo,

Vantaggi delle travi SFB

Rispetto alle travi d'acciaio:

- Maggiore resistenza a flessione
- Maggiore resistenza al fuoco
- Minore deformabilità flessionale

Rispetto alle travi prefabbricate di cemento armato:

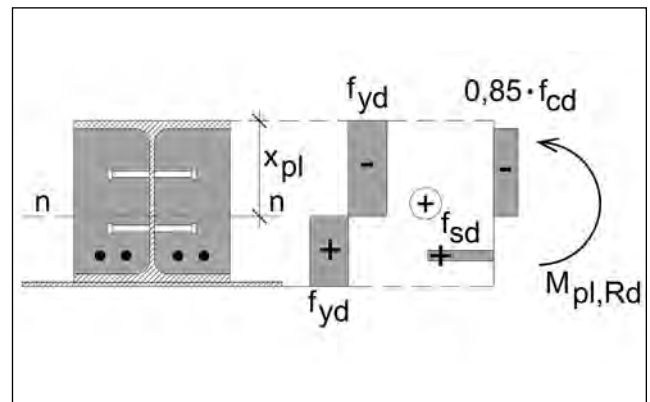
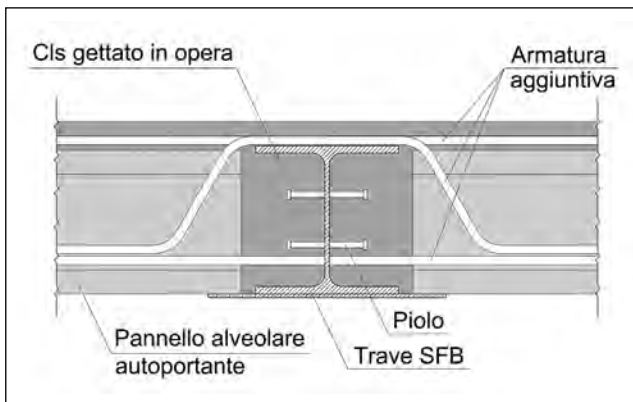
- Minore ingombro
- Maggiore affidabilità dei nodi
- Maggiore facilità di montaggio

Al centro, a sinistra, Sezione tipo della trave SFB

A destra, sezione resistente della trave SFB e diagramma delle tensioni in campo plastico

Sotto, a sinistra, nodo con trave principale e secondaria e nodo tra pilastro e trave principale

A destra, messa in opera dei pannelli di solaio autoportanti



saldati sull'anima, che hanno il duplice scopo di contrastare lo scorrimento tra i due materiali e d'impedire fenomeni d'instabilità delle lastre di C.A. che rivestono l'anima. I pilastri sono predisposti per i collegamenti nodali con le travi.

Un nuovo sistema ibrido (HS)

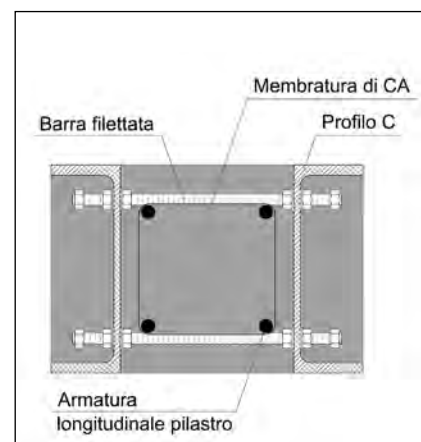
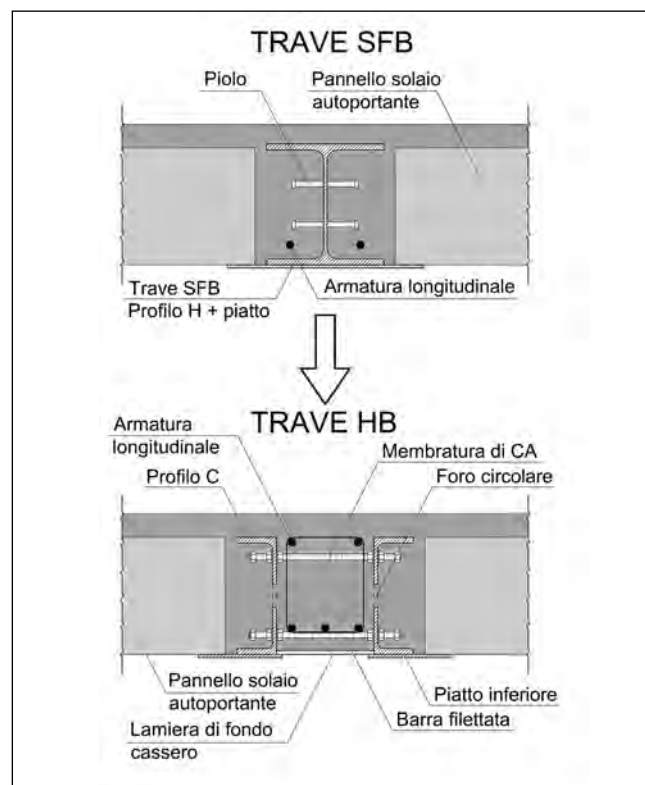
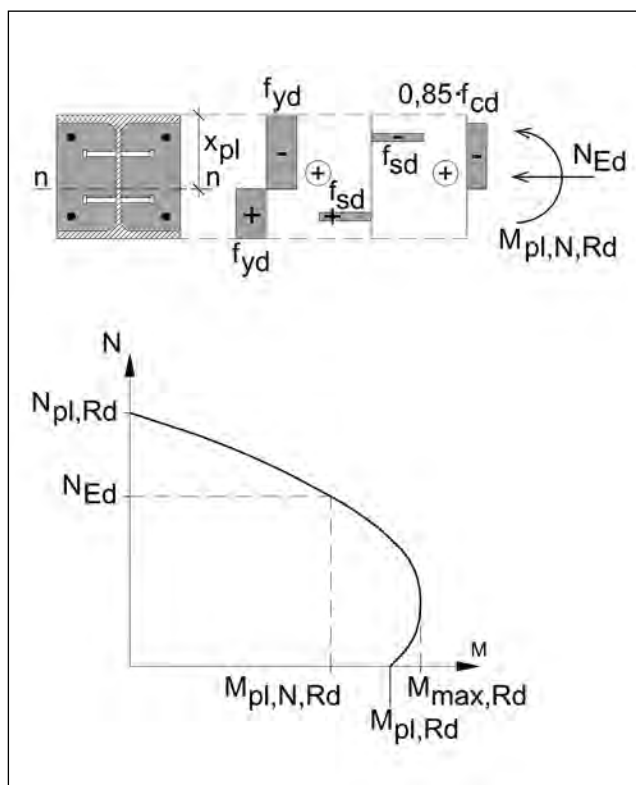
Per ottenere una maggiore integrazione tra l'acciaio strutturale e il C.A. sono stati proposti elementi strutturali ibridi nei quali il contributo fornito dal calcestruzzo armato assume

valore confrontabile con quello dato dall'acciaio strutturale.

Per la costruzione degli impalcati vengono proposte travi HB costituite da una coppia di profili metallici a C (UPE) e da una membratura di ca interposta, collegati reciprocamente mediante barre filettate che attraversano entrambi i componenti. La geometria delle connessioni determina un collegamento in parallelo tra le due membrature che lavorano insieme come un unico elemento strutturale ibrido.

Nel comportamento sotto carico flettente, le connessioni contrastano

Vantaggi dei pilastri composti	
Rispetto ai pilastri d'acciaio:	Rispetto ai pilastri prefabbricati di cemento armato:
- Maggiore capacità portante	- Minore ingombro
- Maggiore resistenza al fuoco	- Maggiore affidabilità dei nodi
- Minore snellezza	- Minore peso



Al centro, a sinistra, sezione tipo pilastro HPR con diagramma delle tensioni e andamento tipico del dominio M-N

A destra, dalla trave SFB alla trave HB

In basso, a sinistra, vista esterna del fabbricato in fase di costruzione

A destra, sezione tipo di un pilastro HC

lo scorrimento tra i due materiali. È interessante osservare che l'interazione tra i profilati e la membratura di C.A. è direttamente proporzionale alla distanza tra l'asse baricentrico della sezione dell'acciaio strutturale e l'asse neutro della membratura di ca. La forza di scorrimento tra i due materiali è generalmente modesta, ed è agevolmente assorbita dai connettori di nuova concezione realizzati con barre filettate. La membratura di cal-

cestruzzo armato è confinata tra i due profili laterali ed è protetta dal fuoco per effetto del notevole spessore del copriferro inferiore.

La trave HB è predisposta per i collegamenti nodali con i pilastri. Due piatti metallici saldati sotto le ali inferiori dei profili costituiscono appoggio provvisorio per i solai nella fase di costruzione.

Gli elementi verticali possono essere realizzati con i pilastri HC che

hanno sezione trasversale analoga a quella delle travi HB. La membratura di calcestruzzo è gettata in officina, ad eccezione dei tratti in corrispondenza dei collegamenti con le travi che sono gettati in opera.

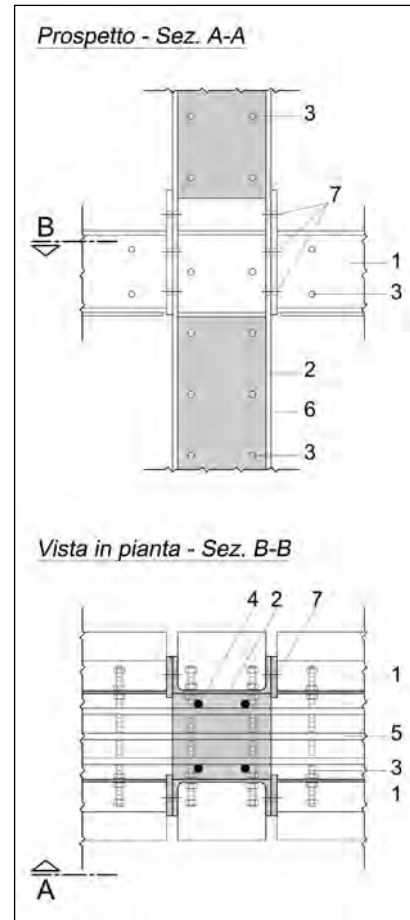
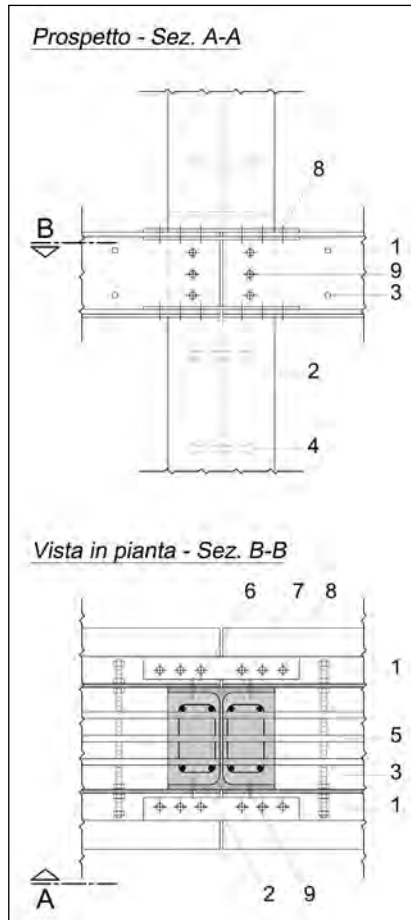
I nodi di continuità. Per quanto riguarda i collegamenti appare interessante osservare che le travi ibride HB possono collegarsi con due tipologie di pilastri (HPR e HC) con le modalità alternative indicate.

I pilastri HPR sono generalmente impiegati per la costruzione di telai con travi continue su appoggi fissi.

Impiegando pilastri HC è possibile realizzare telai con schema a nodi rigidi in grado di equilibrare azioni esterne orizzontali.

I collegamenti nodali fra travi e pilastri sono eseguiti in opera mediante giunzioni bullonate, seguendo le regole previste per le strutture metalliche. Di norma si adotta lo schema di pilastri passanti e travi interrotte in corrispondenza dei nodi.

G.S.



In alto, a sinistra, collegamento fra trave HB e pilastro HPR.

- 1-Profilo C,
- 2-Profilo H,
- 3-Barra filettata,
- 4-Piolo,
- 5-Armatura longitudinale trave,
- 6-Armatura longitudinale pilastro,
- 7-Calcestruzzo gettato in stabilimento,
- 8-Collegamento bullonato con coprighiunti,
- 9-Collegamento bullonato

In alto, a destra, collegamento tra trave HB e pilastro HC

- 1-Profilo C trave,
- 2-Profilo C pilastro,
- 3-Barra filettata,
- 4-Armatura longitudinale pilastro,
- 5-Armatura longitudinale trave,
- 6-Calcestruzzo gettato in stabilimento,
- 7-Collegamento bullonato

In basso, vista esterna del fabbricato in fase di completamento



Committenza e principali progettisti

Masterplan generale: Archest, Udine - arch. Annamaria Coccolo
 Progetto architettonico: L+ Partners, Milano - arch. Barbara e Roberto Lapi
 Progetto strutture: Studio d'ingegneria Suraci, Udine - ing. Giuseppe Suraci
 Progetto generale impianti: Manens-Tifs, Padova - ing. Giorgio Finotti, ing. Viliam Stefanutti
 Progetto esecutivo impianti: Siram SpA, Milano - ing. Massimo Rovati
 Direzione Lavori: ing. Girogio Finotti (Manens Tifs)
 Coordinatore Sicurezza: p.i. Paolo Sette (Manens Tifs)
 Responsabile del procedimento: ing. Giampiero Zanchetta