

La copertura, ha la particolarità di essere stata destinata a parcheggio oltre che a chiusura di uno spazio espositivo, richiedendo strutture portanti in acciaio di notevoli dimensioni e di complicata protezione al fuoco se progettate secondo i canoni tradizionali: l'applicazione di un approccio prestazionale al progetto della sicurezza al fuoco ha permesso di mantenere

Per garantire l'ampliamento dell'offerta espositiva della Fiera di Bologna, sul confine nord del quartiere fieristico, in adiacenza al rilevato ferroviario, sono stati di recente realizzati tre nuovi padiglioni, articolati in tre corpi adiacenti (Fig. 1).

La particolarità di questo intervento è di aver avuto come obiettivo e vincolo di progetto la realizzazione di un parcheggio in copertura. Questo ha richiesto una progettazione attenta delle strutture portanti, che oltre a dover coprire elevate luci, come tradizionalmente avviene nei padiglioni espositivi, devono anche reggere un carico notevole.

Per ovviare all'invasività della struttura portante è stata scelta una struttura in acciaio. Il problema però della sicurezza al fuoco avrebbe potuto generare degli appesantimenti e mascheramenti della struttura (per la collocazione di rivestimenti protettivi): la scelta di integrare un approccio prestazionale al tradizionale approccio prescrittivo ha permesso di mantenere a vi-

sualità e leggerezza, lasciando la struttura portante a vista.

sta la struttura portante, pur garantendo una adeguata protezione antincendio come richiesto dalla normativa.

1 padiglioni espositivi P16-18 della Fiera di Bologna

The exhibitions stands P16-18 of the Bologna Trade Fair

Monica Lavagna

TIPOLOGIA E ORGANIZZAZIONE DEGLI SPAZI

I padiglioni hanno una superficie netta espositiva di 20.000 m² (Fig. 2) e sono articolati in tre



Fig. 1 - Vista dei nuovi padiglioni



Fig. 2 - Vista dello spazio espositivo interno del corpo C

volumi connessi fra loro (Fig. 3): un volume centrale rettangolare (corpo C), con dimensioni esterne di circa 100 m secondo l'asse longitudinale est-ovest e di 84 m secondo l'asse trasversale nord-sud, a cui è adiacente verso est un volume rettangolare di 52 m per 48 m (corpo A) e a cui è intersecato nello spigolo a nord-ovest un volume rettangolare di 44 m per 48 m (corpo B).

Il corpo centrale C ha una pianta con uno sviluppo longitudinale di 100 m, articolato in tre campate principali di 24 m ciascuna e due laterali di 16 m, e uno sviluppo trasversale di 72 m di luce libera, a cui sono annesse due fasce a nord e a sud di 6 m destinate al posizionamento dei volumi tecnici, ai locali di servizio e alla distribuzione verticale (Fig. 4).

Lo spazio espositivo libero è organiz-

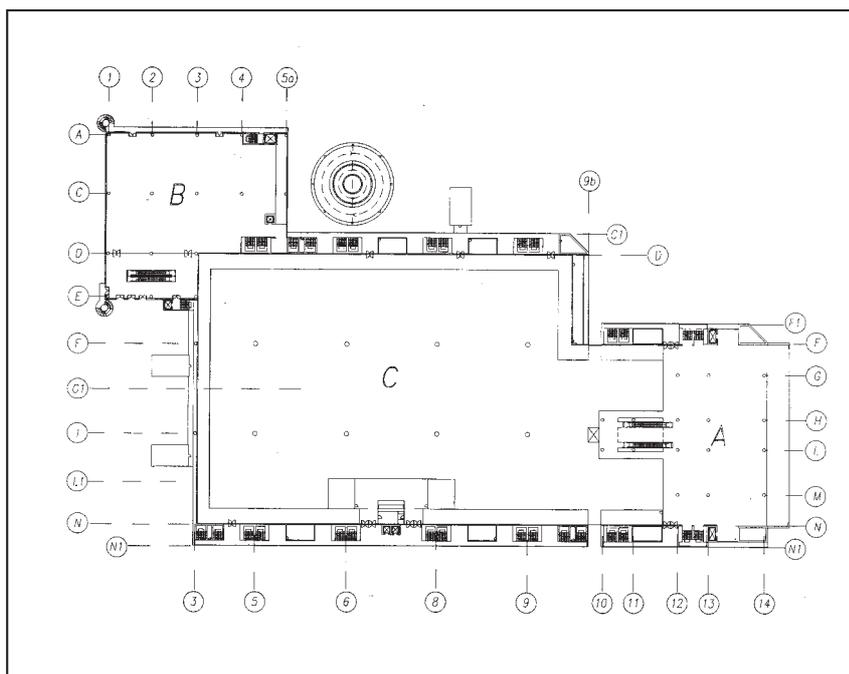


Fig. 3 - Organizzazione distributiva e impianto tipologico dei nuovi padiglioni

zato su due livelli: un livello a quota 0, che ha un'altezza utile interna di 9.60 m sotto trave e di 11.60 m all'intradosso del solaio superiore, e un livello a quota 12 m, che ha un'altezza utile di 6 m alla catena e di 13 m all'intradosso del solaio di copertura (Fig. 6).

La particolarità del solaio di copertura, a quota 25.50 m, è di essere destinato a parcheggio e dunque dover sorreggere un peso considerevole, determinando una struttura portante di sostegno di notevoli dimensioni, non solo per la luce libera da coprire ma anche per il sovraccarico dei pesi portati.

Lungo il perimetro del corpo C sono previsti due ballatoi a destinazione impiantistica, il primo a quota 5.15 m e il secondo a quota 17.15 m, aventi una larghezza di circa 4 m.

Adiacente al corpo B e a nord del corpo C si trova la struttura di un eliporto, formata da un volume cilindrico in cemento armato, che ospita due rampe elicoidali (Fig. 5), che consentono l'accesso al parcheggio di copertura, e un solaio in sommità, a quota 36 m, destinato all'atterraggio dell'elicottero.

Il corpo A è articolato su cinque piani (Fig. 7), destinati a funzioni differenti: il primo piano (a quota 0) è destinato a esposizioni; il secondo piano (a quota 6 m) è destinato ad atrio e biglietteria; il terzo piano (a quota 12 m) è destinato a esposizioni; il quarto piano (a quota 19.50 m) è destinato ad ospitare gli impianti; il quinto piano, che corrisponde alla copertura (a quota 25.50 m), è adibito a parcheggio.

Il corpo B (Fig. 8) è articolato su sette piani, anch'essi destinati a funzioni differenti: il primo e secondo piano (a quota 0 e a quota 6 m) sono destinati a servizi e uffici; il terzo piano (a quota 12 m) è destinato a esposizioni; il quarto piano (a quota 19.50 m) è destinato ad ospitare gli impianti; il quinto e sesto piano (a quota 25.50 m e a quota 30 m) sono adibiti a ristorante.

Entrambi i corpi presentano inoltre un piano interrato, a quota -6 m, destinato ai servizi igienici nel corpo A e a locali impiantistici nel corpo B.

Lo spazio di ingresso e la biglietteria sono collocati nel corpo A, lungo il lato della ferrovia, a quota 6 m: due aperture nel solaio consentono l'accesso alle scale mobili che conducono al

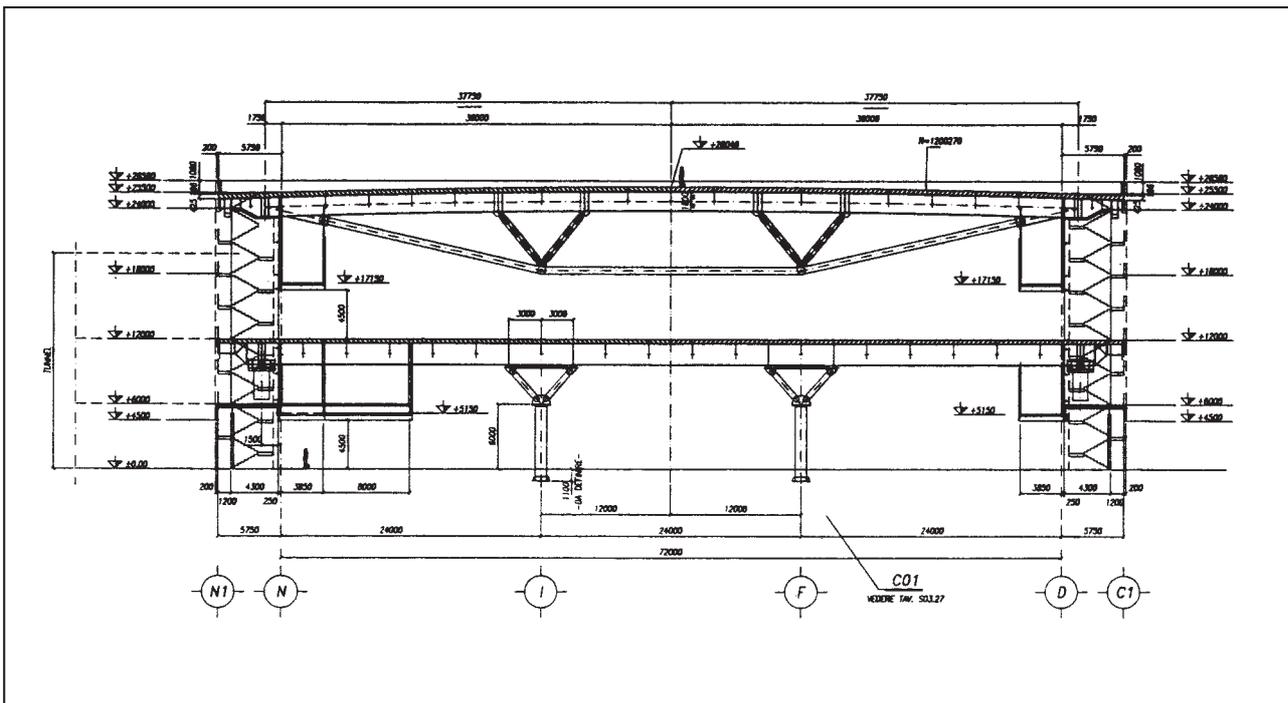


Fig. 6 - Sezioni verticali trasversali del corpo C

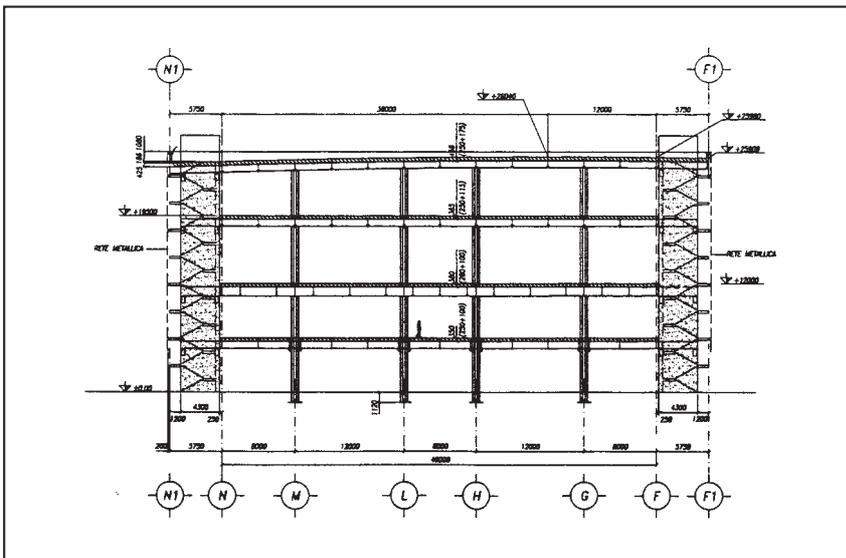


Fig. 7 - Sezione verticale trasversale del corpo A

piano terra espositivo del corpo C (Fig. 9) e un lucernario in copertura permette l'illuminazione naturale di questo spazio. Tra le due scale mobili corre un ponte di 16 m di luce (Fig. 10) che conduce al vano ascensore.

LA CONCEZIONE STRUTTURALE

Date le dimensioni e il carico in copertura del corpo principale C, la struttura portante è stata progettata

come un sistema formato da 4 telai spaziali, staticamente indipendenti, orditi trasversalmente a interasse costante di 24 m (Fig. 4).

I sistemi strutturali così formati sono tra loro collegati in direzione longitudinale secondo uno schema di tipo Gerber, in modo da risultare elasticamente e termicamente correlati tra loro anche al fine di minimizzare, cortocircuitandole, le eventuali conseguenze di un collasso strutturale

progressivo provocato da azioni accidentali estreme imprevedibili.

L'edificio è formato da strutture portanti verticali a sezione composta acciaio-calcestruzzo, strutture portanti orizzontali metalliche, un sistema di copertura in struttura metallica presollecitata e un sistema di tamponamento metallico.

LE 'TORRI' PORTANTI DEI VANI SCALA E LE COLONNE A MENSOLA

Dovendo avere strutture verticali di notevoli dimensioni, per sorreggere gli elevati carichi dei solai (soprattutto di copertura), è stata elaborata una soluzione progettuale che prevede l'integrazione tra elementi portanti e vani scala (Fig. 11).

Le strutture portanti verticali sono costituite quindi da 'torri' in cemento armato, di sezione scatolare in pianta, con dimensioni principali di ingombro di circa 8 m per 6 m, e formate da setti laterali di 95 cm di spessore, un setto centrale di 30 cm di spessore e un setto frontale di 45 cm di spessore, per un'altezza di 23 m circa (Fig. 4). Le dimensioni degli spessori dei setti sono state determinate in modo da ospitare due vani scala con rampe di dimensioni regolamentari, in accordo con le prescrizioni dei vigili del fuoco.

In funzione delle necessità distributive dei corpi scala, l'interasse delle 'torri' è di 24 m in direzione longitudinale, mentre in direzione trasversale la distanza a filo esterno è di 72 m, che è la dimensione della luce libera e dunque dello spazio espositivo fruibile.

Le 'torri' dei vani scala sorreggono sia i carichi verticali generati dalle strutture portanti orizzontali a quota 12 m e 25.50 m (solaio intermedio e copertura), sia i carichi dei solai ad uso impiantistico, compresi tra vani scala adiacenti, e svolgono la funzione di struttura di controventamento orizzontale del sistema strutturale modulare.

Per interrompere la luce libera di 72 m del solaio intermedio sono state realizzate colonne portanti centrali (Fig. 4-6), miste acciaio-cemento armato, collocate con un interasse di 24 m rispetto al filo interno delle 'torri'. Si tratta di tubolari di acciaio con diametro di 1067 mm e spessore di 25 mm, armate all'interno con staffe elicoidali e riempite con un getto di calcestruzzo (Fig. 12). Dalle colonne si diramano quattro bracci diagonali che vanno a conformare i punti di appoggio per le travi principali binate che sorreggono il solaio (Fig. 13). Tali bracci sono anch'essi dei tubolari di acciaio con diametro di 508 mm e spessore di 20 mm, anch'essi armati e riempiti con un getto di calcestruzzo. Questi elementi strutturali rimangono a vista e connotano lo spazio interno (Fig. 14).

I profili in acciaio riempiti di calcestruzzo sono definiti *concrete filled*: l'unione dell'acciaio e del calcestruzzo fornisce un elemento composto in cui si sviluppa una interazione positiva fra i due materiali che consente di ottimizzarne le rispettive prestazioni. Le colonne composte sono ancora poco utilizzate in Italia: in realtà hanno notevoli potenzialità sia dal punto di vista della sicurezza strutturale (soprattutto in relazione alla sicurezza sismica) sia dal punto di vista della sicurezza al fuoco.

IL SOLAIO INTERMEDIO: LA LEGGEREZZA DELL'ACCIAIO

Per quanto riguarda le strutture portanti orizzontali, tutte le travi e i solai del padiglione sono metallici. Il solaio intermedio interno (Fig. 4), destinato ad uso espositivo e situato a quota 12 m, è caratterizzato da



Fig. 8 - Vista del fronte ovest e del corpo B in fase di costruzione

un'orditura principale trasversale (lungo l'asse nord-sud), costituita da travi ad anima piena con sezione a doppio T formate da piatti saldati in officina, di 2 m di altezza, con giunti di assemblaggio bullonati (Fig. 6).

Le travi sono accoppiate tra loro con interasse di 7.70 m, distanza deter-

minata dalla larghezza dei vani scala a cui le travi sono appoggiate, e vanno a determinare tre campate trasversali principali con interasse di 24 m ciascuna e due campate laterali da 16 m circa ciascuna.

Le travi principali sono appoggiate lateralmente alle 'torri' in cemento



Fig. 9 - Le scale mobili raccordano lo spazio di ingresso, nel corpo A, al piano terra espositivo del corpo C

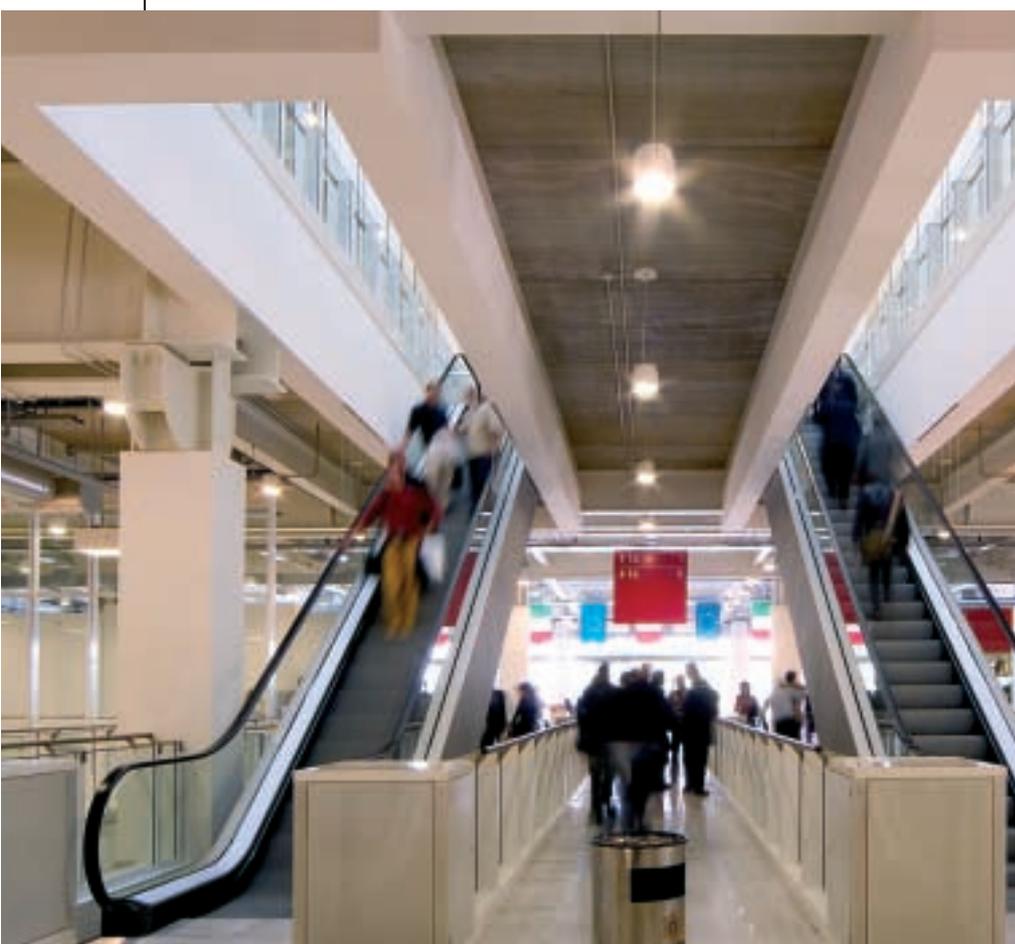


Fig. 10 - Il ponte tra le scale mobili che conduce al vano ascensore

armato dei vani scala, grazie a speciali mensole esterne, e al centro alle due colonne centrali, miste acciaio-cemento armato, collocate con un interasse di 24 m rispetto al filo interno delle 'torri'. Nel loro sviluppo dunque le travi, pur venendo poi unite in un elemento unico strutturalmente continuo sono in realtà costituite da 5 porzioni, calibrate rispetto agli interassi di 24 m delle strutture portanti verticali e alle luci libere da coprire: ciascuna trave è dunque costituita da due profili di 21 m alle estremità e uno di 18 m al centro, corrispondenti alle luci libere, raccordati da due porzioni da 6 m in corrispondenza delle colonne verticali, per uno sviluppo complessivo di 72 m. Infatti le travi sono appoggiate ai bracci diagonali delle colonne, che riducono la luce libera di 3 m per parte.

Queste travi principali sostengono a loro volta una orditura secondaria longitudinale di travi ad anima piena di altezza di 90 cm circa, con sezione a doppio T, che coprono una luce di 16 m, distanziate tra loro con un interasse di 4 m.

I vincoli laterali delle travi principali, in corrispondenza delle 'torri' in cemento armato, impediscono i movimenti verticali e quelli fuori dal



Fig. 11 - Fase di costruzione delle travi spaziali appoggiate in sommità alle 'torri' dei vani scala in cemento armato

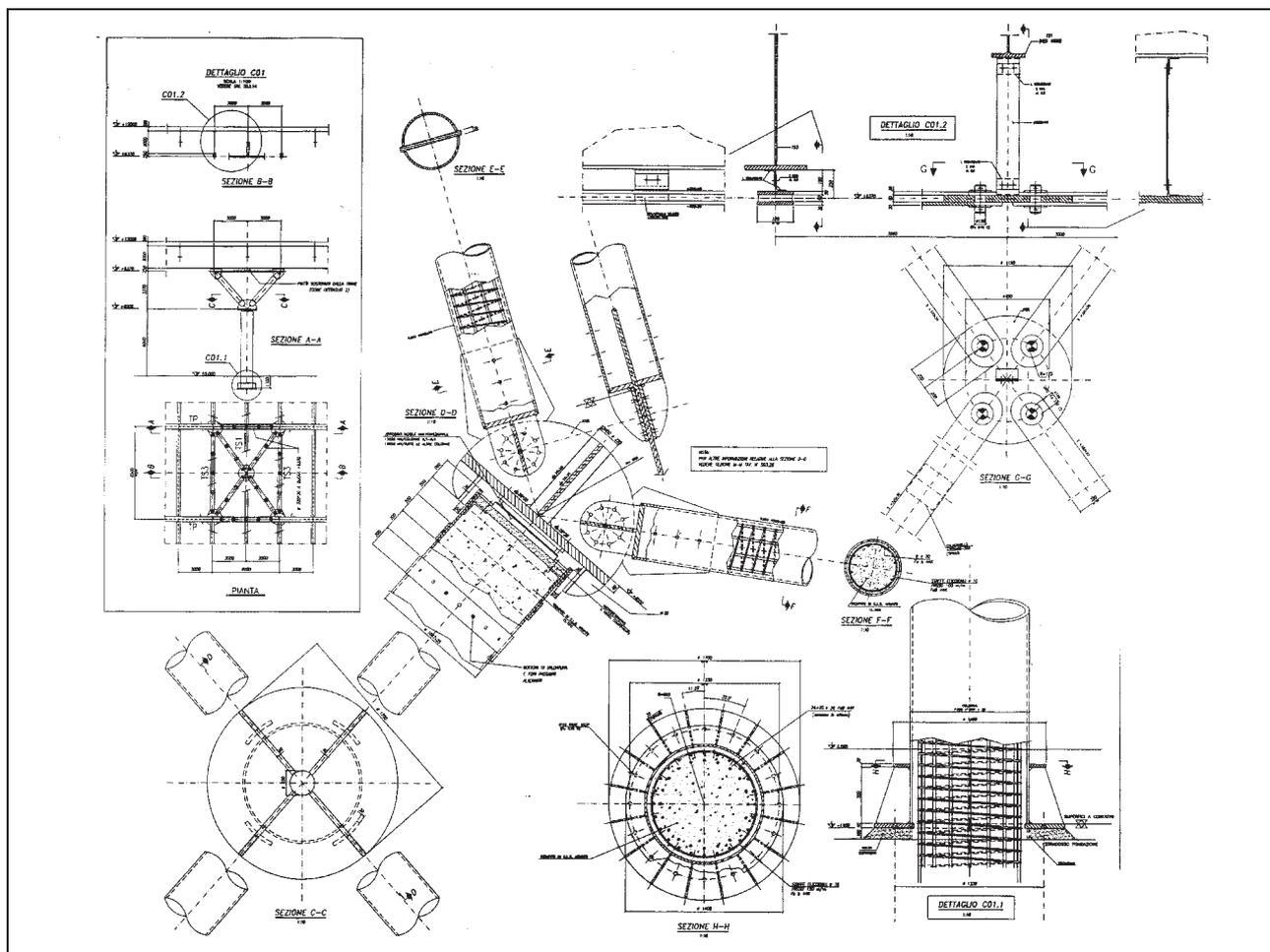


Fig. 12 - Dettagli delle colonne principali del corpo C

piano della trave, lasciando libere le rotazioni. Gli spostamenti orizzontali lungo la trave, per effetto delle variazioni termiche, sono permessi grazie alla presenza di un giunto in neoprene armato. Lo spostamento ammissibile è di 3 cm.

I vincoli trasversali elastici realizzati in neoprene armato hanno inoltre il compito di trasmettere in maniera smorzata eventuali azioni dinamiche (frenatura mezzi di trasporto, microsismi, vibrazioni ambientali) agenti sul piano del solaio. A questo scopo è stata introdotta una piccola pretesione di 20 kN.

All'estradosso delle strutture metalliche secondarie viene ordito, parallelamente alle strutture principali, il solaio in cemento armato, parzialmente prefabbricato, con blocchi di alleggerimento in polistirolo e getto integrativo in opera, autoportante in fase di getto. Il solaio, che copre una luce libera di 4 m pari all'interasse delle travi, è realizzato in modo da



Fig. 13 - Una delle colonne portanti a sezione mista acciaio-cemento armato, in fase di costruzione



Fig. 14 - Vista delle colonne portanti miste acciaio-cemento armato del corpo C

essere solidale con le ali superiori delle travi principali e secondarie grazie alla presenza di connettori (pioli tipo Nelson), i quali sono stati dimensionati in funzione del grado di collaborazione della sezione mista acciaio-calcestruzzo.

Al fine di compensare le frecce sotto i carichi permanenti, sono state realizzate travi metalliche principali e secondarie con opportuna contro-monta. Sono stati inoltre previsti dispositivi temporanei per assicurare la stabilità flessotorsionale durante il getto del solaio.

Per quanto riguarda il solaio intermedio a quota 6 m della zona sud, che copre un'area di 32 per 12 m, esso è appeso alle quattro travi principali del solaio principale a quota 12 m. Le travi principali sono in profili HE 900 e sono ordite in direzione longitudinale. A queste travi sono colle-

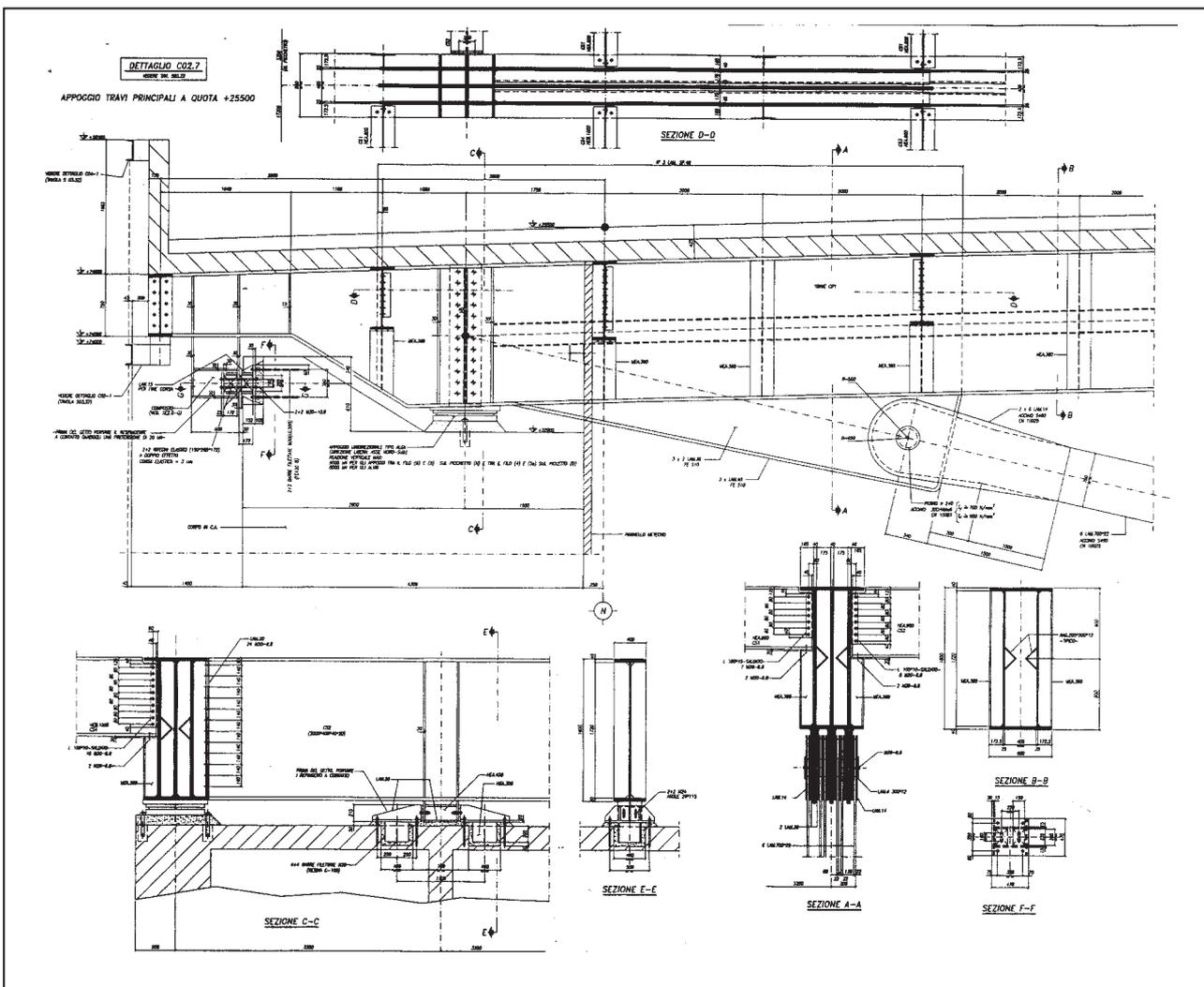


Fig. 15 - Dettaglio dell'appoggio delle travi principali di copertura

gate, con unioni bullonate che funzionano prevalentemente a taglio, travi secondarie in profili HE 220 disposte a interasse di 2 m. Sopra queste travi secondarie è stato ordito un solaio realizzato in lamiera grecata di 75 mm di altezza, con soletta collaborante di 7.50 cm di spessore. Il solaio è integrato da una rete elettrosaldada (posizionata a livello intermedio dello spessore della soletta) e da ferri longitudinali di intradosso. I solai intermedi di servizio, sempre a quota 6 m, sono costituiti da travi principali in profili metallici IPE 500, appoggiati ai setti in cemento armato dei vani scala adiacenti e ai muri in cemento armato sottostanti, che realizzano una fascia, alta 6 m, lungo tutto il perimetro del padiglione. Anche in questo caso il solaio è in lamiera grecata con getto collaborante. Questi solai intermedi, con carico utile di 5 kN/m², sono collegati alle travi portanti tramite connettori di tipo Hilti HVB in modo da ottenere una parziale collaborazione per il contenimento delle deformazioni e delle vibrazioni e in modo da costituire un valido ritegno torsionale.

IL SISTEMA DI COPERTURA: LE TRAVI SPAZIALI

La struttura portante della copertura, progettata per sostenere il carico di un parcheggio di autovetture con peso a pieno carico non superiore a 30 kN (secondo la definizione di categoria 8 contenuta nel D.M. 16/01/96 o secondo la definizione di categoria F contenuta nell'Eurocodice 1), è composta da travi spaziali armate presollecitate, travi secondarie metalliche e un solaio in cemento armato. Le travi spaziali sono ordite trasversalmente all'asse longitudinale del corpo C (Fig. 5) e sono appoggiate in sommità alle 'torri' dei vani scala in cemento armato a quota 23.50 m circa (Fig. 11).

Il corrente superiore delle travi spaziali è costituito da elementi di forma scatolare, di altezza di 1.80 m, ottenuti tramite la saldatura di piatti in acciaio Fe 510 C (Fig. 15). Il corrente è rinforzato nel piano verticale con una catena in piatti in acciaio S460 (EN10025), collegata al corrente tramite montanti di distanziamento eseguiti con profili HE in acciaio Fe 510 C disposti, lungo il piano della trave, in configurazione a V (Fig. 16).



Fig. 16 - Vista della trave spaziale della copertura

Le travi così costituite hanno 75 m di distanza tra gli appoggi e una altezza al centro, quale distanza tra gli assi del corrente superiore e della catena inferiore, pari a circa 6 m (Fig. 17).

La trave reticolare viene trasformata in una trave spaziale accoppiando due travi piane a distanza di 8 m circa mediante un collegamento realizzato in corrispondenza del corrente superiore e dei montanti a V (Fig. 18). Il collegamento tra i correnti di estradosso (ottenuto temporaneamente, durante la messa in opera, mediante la collocazione di diagonali e stabilmente mediante il solaio in cemento armato) ha permesso di realizzare un sistema di controventamento di copertura relativo alla propria area di influenza (pari a 84 m per 24 m).

Gli apparecchi di appoggio delle travi, realizzati in acciaio e teflon, permettono le dilatazioni termiche in

direzione della trave. Le azioni orizzontali sono trasmesse dalla copertura alle strutture di controventamento da un respingente elastico realizzato con neoprene armato.

Le travi secondarie della copertura sono ordite in direzione longitudinale con interasse costante di 4 m. La sezione trasversale è a doppio T con altezza di circa 80 cm.

Il solaio in cemento armato è ordito in senso ortogonale. Si tratta di un solaio di tipo parzialmente prefabbricato con blocchi di alleggerimento in polistirolo e soletta integrativa gettata in opera, ed è configurato in modo da essere autoportante in fase di getto e da ottenere globale partecipazione delle ali superiori delle travi principali e secondarie metalliche. In funzione di tale grado di collaborazione della sezione mista acciaio-calcestruzzo sono stati dimensionati



Fig. 17 - Vista della trave spaziale della copertura

i connettori (pioli di tipo Nelson), in maniera simile al solaio intermedio. Anche in questo caso, al fine di compensare le frecce sotto i carichi permanenti, sono state realizzate travi metalliche principali e secondarie con opportuna contromonta e sono stati previsti dispositivi temporanei per assicurare la stabilità flessotorsionale durante il getto del solaio.

LA SICUREZZA STRUTTURALE IN CASO DI INCENDIO

Il progetto dei nuovi padiglioni 16-18 è stato un'interessante occasione per applicare i nuovi approcci di calcolo della sicurezza delle costruzioni nei confronti del rischio di incendio, ormai introdotti nell'ambito normativo europeo e nazionale.

La notevole dimensione delle luci libere in entrambe le direzioni dell'edificio ha determinato la scelta dell'acciaio per alleggerire l'impatto visivo della struttura portante, diventando dunque elemento di caratterizzazione dell'architettura dell'edificio. Ai fini della concezione generale dell'intervento risultava dunque determinante che la struttura in acciaio rimanesse a vista.

Dal momento che la normativa italiana risulta particolarmente restrittiva in materia antincendio, penalizzando spesso le strutture in acciaio tramite rivestimenti protettivi che però ne snaturano il carattere di leggerezza e ridotto ingombro visivo, si è fatto ricorso in questo progetto a principi di progettazione antincendio che garantissero la sicurezza tramite "accorgi-

menti" progettuali altri rispetto al rivestimento delle strutture.

A premessa occorre sottolineare che il progetto assumeva e poteva già fare affidamento su alcuni aspetti progettuali/gestionali, che rappresentano uno standard dei padiglioni di Bologna Fiere. Innanzitutto la particolare attenzione al dimensionamento delle misure di "protezione attiva" con cui sono realizzati gli edifici: in particolare il progetto delle vie di fuga, di opportuni sistemi di evacuazione fumi, l'impiego di sistemi di allarme e di impianti di spegni-

mento automatico. Inoltre la gestione degli edifici avviene in base a una valutazione del reale rischio di incendio, caratteristica per ciascun padiglione della Fiera: tale valutazione si basa sulle registrazioni effettuate durante l'esercizio dei vari padiglioni, in modo da poter realizzare una dettagliata valutazione dei massimi carichi di incendio che possono interessare l'edificio durante le diverse manifestazioni.

Il progetto della sicurezza delle strutture nei confronti del rischio di incendio è stato quindi condotto ai fini di garantire il mantenimento della stabilità della struttura portante per tutta la durata degli incendi, secondo quanto individuato tra gli scenari che possono verificarsi durante la gestione dell'edificio.

L'analisi del rischio di incendio, la conseguente valutazione dell'azione termica sulle strutture e le verifiche strutturali conseguenti sono state eseguite utilizzando i documenti normativi in vigore. In particolare si è fatto riferimento non solo alla normativa italiana (Circolare n. 91 del Ministero dell'Interno 14 settembre 1961; Istruzioni CNR 192/1999 "Norme tecniche per la progettazione di costruzioni resistenti al fuoco" del 1999; UNI 9503 "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio"), ma anche alla normativa eu-

Dati tecnici

Progettazione esecutiva delle strutture: Studio Majowiecki

Progettazione della sicurezza strutturale in caso di incendio: ing. Sandro Pastorino

Esecuzione: A.T.I. Cometal S.p.A., Casale di Mezzani (PR) (Capogruppo mandataria) - BIT S.p.A., Cordignano (TV) (Mandante)

Quadro delle quantità di acciaio impiegato

Padiglione 18 (corpo A): 2.000 tonnellate

Padiglione 17 (corpo B): 2.000 tonnellate

Padiglione 16 (corpo C): 10.000 tonnellate

Le travi di copertura, a quota 25 m, pesano 200 tonnellate ognuna.

Carichi permanenti

solaio a quota 12 m	permanenti portati	2.50 kN/m ²
	impianti tecnologici	1.15 kN/m ²
	solaio in c.a.	5.75 kN/m ²
solaio a quota 25.50 m	travi metalliche	1.50 kN/m ²
	permanenti portati	2.40 kN/m ²
	impianti tecnologici	0.15 kN/m ²
	solaio in c.a.	4.95 kN/m ²
	travi metalliche	2.70 kN/m ²

ropea (Eurocode 1, Part 1.2 "General Actions - Action on structures exposed to fire"; Eurocode 3, EN1993-1-2 "Fire Design of Steel Structures"; Eurocode 4, EN1994-1-2 "Fire Design of Composite Steel and Concrete Structures").

Il principale accorgimento applicato al progetto delle strutture in acciaio per risolvere la questione antincendio è stato quello di realizzare colonne in soluzione composta acciaio-calcestruzzo con profili tubolari esterni (Fig. 12).

Inoltre alcuni elementi delle strutture orizzontali, come i piatti tesi della trave armata del primo piano che si trovano ad un'altezza dal pavimento minore rispetto alle strutture dell'impalcato e che quindi sono soggetti agli effetti di un riscaldamento "localizzato" in caso di incendio, sono protetti R30 mediante l'applicazione di vernici intumescenti.

In questo modo la sensibilità progettuale ha fatto fronte ai compromessi che la norma impone, non ricorrendo alla soluzione più semplice ma a quella più integrata rispetto al progetto. L'approccio prestazionale ha consentito di superare alcune limitazioni in cui si sarebbe incorso con un

approccio tradizionale alla progettazione antincendio, di tipo prescrittivo: l'approccio prestazionale si basa sul principio (nato nell'ambito della ingegneria antincendio, nota come *Fire Safety Engineering*) della dimostrazione di quali accorgimenti progettuali consentano di raggiungere e garantire la sicurezza, ipotizzando il comportamento in caso di evento critico. Nei progetti di grandi dimensioni l'esigenza di adottare un approccio differente dal tradizionale si fa più sentita, poiché in questi casi è più facile che si manifesti una difficoltà obiettiva nell'ottemperare alle norme prescrittive e che si debba ricorrere alla deroga ai sensi dell'art. 21 del decreto del Presidente della Repubblica 29 luglio 1982, n. 577 (e successive modificazioni e integrazioni).

Già da dieci anni lo sviluppo di nuovi codici è stato riconosciuto in alcuni paesi extraeuropei come l'America, la Nuova Zelanda e il Giappone, che hanno introdotto il PBC (*Performance Based Code*) che stabilisce gli obiettivi della sicurezza antincendio e i metodi che possono essere usati per dimostrare la conformità e l'equivalenza con lo standard prescrittivo

esistente. A livello europeo, gli Eurocodici hanno permesso ai progettisti di avvalersi di un rinnovato quadro normativo.

Avere come obiettivo la prestazione invece dell'applicazione di una regola prescrittiva obbliga a valutare la sicurezza degli elementi strutturali nel dettaglio della costruzione che si sta progettando. Questo spesso consente una maggiore libertà progettuale nel rispetto del livello di sicurezza antincendio richiesto dalla normativa e apre alle costruzioni metalliche uno scenario allargato di opportunità applicative.

*Arch. PhD. Monica Lavagna
Dipartimento di Scienza e Tecnologie
dell'Ambiente Costruito (BEST) del
Politecnico di Milano, gruppo di ricerca
EX.TRA*

La documentazione è stata gentilmente messa a disposizione dalla Cometal.

Le informazioni relative alla struttura portante sono state tratte dalla relazione tecnica dello Studio Majowiecki.

Le specifiche relative alla protezione contro l'incendio sono state fornite dall'Ing. Sandro Pustorino.

Le fotografie sono di Paolo Candelari.

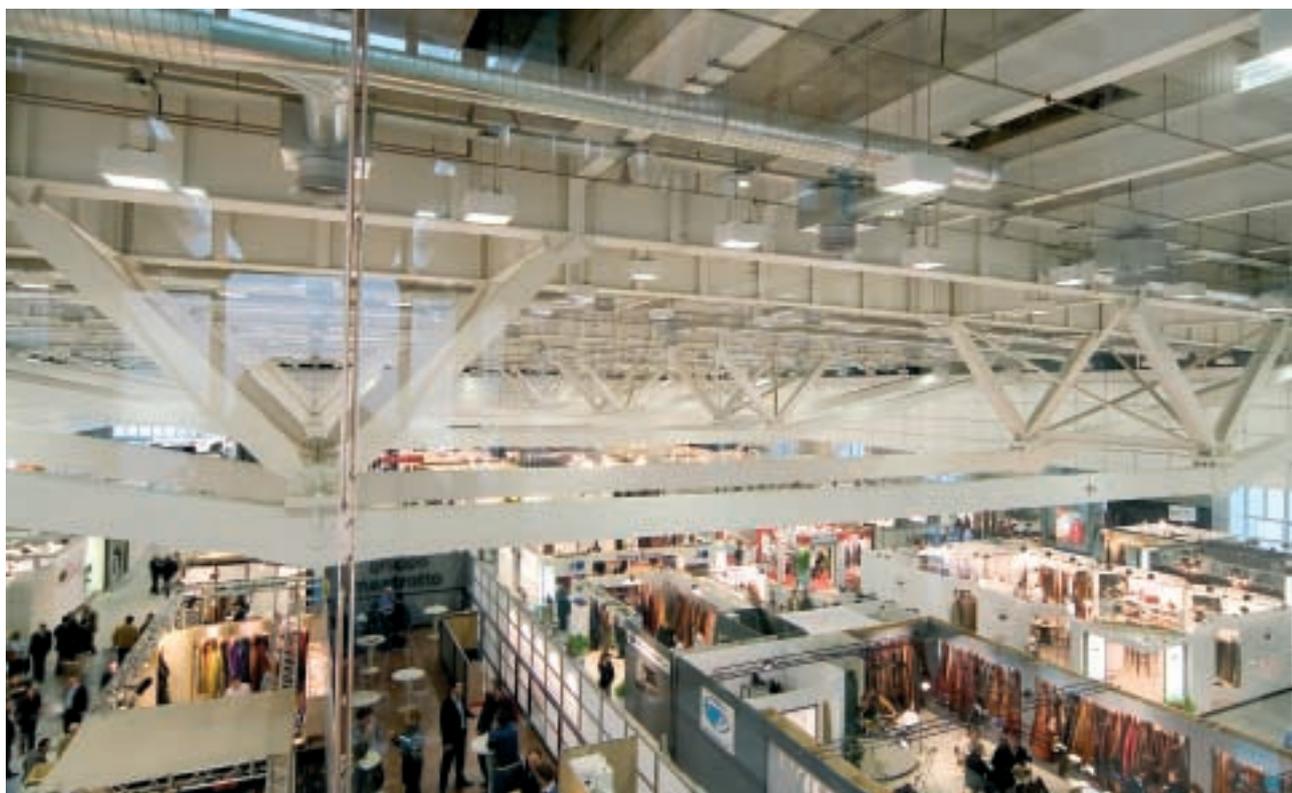


Fig. 18 - La trave spaziale formata accoppiando due travi piane e dei montanti a V