

La nuova torre del complesso "NET center" a Padova, di 80 m di altezza, assieme al grande "Palazzo Tendenza" si apprestano a diventare un punto di riferimento nel panorama cittadino.

Il linguaggio architettonico del progetto degli edifici, imperniato sulla massima evidenza delle strutture, ha visto nell'uso dell'acciaio il materiale da costruzione più adatto a concretizzare le scelte espressive. Anche in questo caso l'acciaio ha efficacemente raggiunto gli obiettivi posti dall'architettura dell'edificio, altrimenti difficilmente perseguibili tecnicamente.

*The new tower of the Padua NET Centre complex, 80 metres in height, along with the large Palazzo Tendenza, are set to become a point of reference in the city's landscape.*

*The architectural approach to the design of the buildings hinges around maximum visibility of the structures, and steel has been selected as the most suitable construction material to achieve this purpose. Once again, steel has effectively achieved the architectural objectives for the building, which would otherwise have proven difficult from the technical viewpoint.*

#### 1. INTRODUZIONE

Gli edifici oggetto del presente articolo sono inseriti in un complesso direzionale e alberghiero di grandi dimensioni, posto in posizione logistica strategica per la città di Padova, in prossimità del nodo viario dell'uscita autostradale di Padova Est e dell'asse stradale che collega alla Fiera di Padova e al centro della città.

L'intervento occupa una superficie di circa due ettari, ed è costituito da due lunghi blocchi edilizi di cinque piani e dall'edificio a torre di 80 m di altezza, elevati su una piastra che consta di due piani interrati a parcheggio, per una volumetria lorda complessiva di 195.000 mc fuori terra e di 290.000 mc di interrati.

Il primo stralcio dell'intervento è costituito dall'edificio denominato "Palazzo Tendenza", che occupa la porzione di superficie sul lato ovest dell'area, e che è entrato

## Il nuovo centro direzionale "NET center" a Padova Est

The new NET Centre office complex at Padua East

Alessandro Arvalli, Eros Furlan

in esercizio nell'autunno 2006: è costituito da quattro blocchi edilizi di dimensioni in pianta di circa 30 m per lato, allineati a formare un unico edificio della lunghezza complessiva di 143 m e di cinque piani fuori terra, con struttura in telai in acciaio su travi di 30 m di lunghezza.

Analoghe ma più complesse problematiche sono state



Fig. 1 - Vista generale dell'intervento



Fig. 2 - Particolare delle schermature frangisole dell'edificio a torre

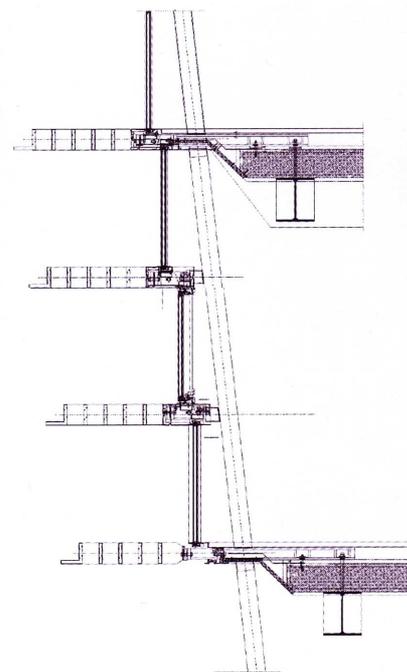


Fig. 3 - Sezione tipo delle facciate della torre con le schermature frangisole



Fig. 4 - Vista del "Palazzo Tendenza"

affrontate per la progettazione e la costruzione della torre, in fase di ultimazione, che ospiterà un albergo ai piani inferiori ed uffici ai piani superiori, caratterizzato da una geometria semplice eppure con forti inclinazioni ed aggetti dei piani di facciata.

Il linguaggio architettonico del progetto complessivo, imperniato sulla massima evidenza delle strutture, ha visto nell'uso dell'acciaio il materiale da costruzione più adatto a concretizzare le scelte espressive e tecnologiche, in particolare nella combinazione con i sistemi di facciata che rivestono gli edifici e che ne definiscono l'immagine.

All'interno di "Palazzo Tendenza" le travi marcapiano sono accostate alle superfici a vetro dei negozi e degli uffici che si affacciano nella grande galleria, mentre all'esterno delimitano le facciate vetrate e gli originali pannelli di protezione solare, ad orientamento automatizzato.

Le facciate poste nei punti d'ingresso - alle due estremità del fabbricato - misurano 15 m di larghezza per 18 m di altezza: ciascuna delle due facciate, composta da lastre da 3450x1875 mm poste in verticale e collegate da fissaggi puntuali, è "appesa" alla trave superiore di 15 m e irrigidita da pinne in vetro stratificato temperato extra chiaro di 750 mm

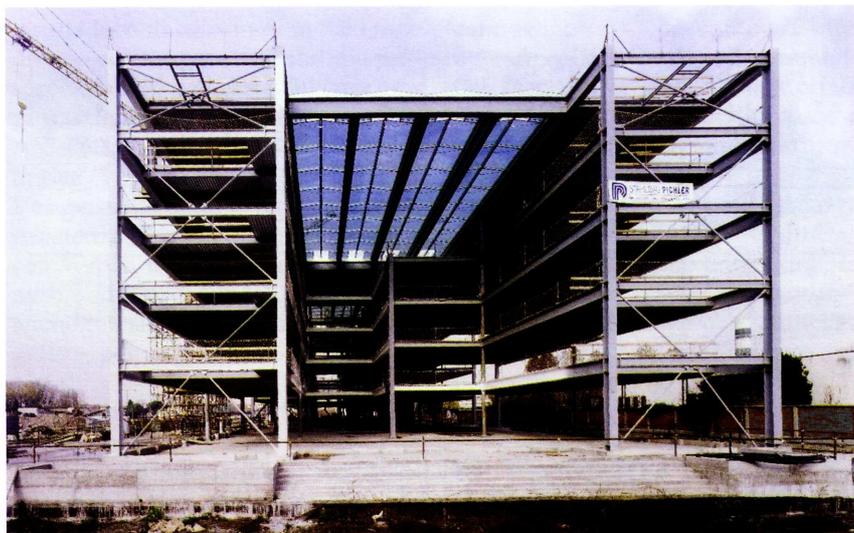


Fig. 5 - Strutture metalliche del "Palazzo Tendenza" in costruzione



Fig. 6 - Interno di Palazzo Tendenza con le travi marcapiano in evidenza



Fig. 7 - Dettaglio della saldatura tra tronchi di colonna e travi principali

di larghezza.

La torre è invece caratterizzata da facciate vetrate montate su un'intelaiatura in carpenteria metallica, in cui sono state inserite le specchiature vetrate fisse ed apribili, ed è caratterizzata dalla livrea di colore rosso dei "brise soleil" continui posti sui tre lati esposti al sole.

La struttura portante di facciata in questo caso è stata collegata alle solette di piano per contenere le sollecitazioni dovute agli aggetti di ca. 130 cm degli elementi frangisole.

## 2. "PALAZZO TENDENZA"

Il rigore formale del progetto di "Palazzo Tendenza" si deve a una precisa modularità determinata da una griglia di 7,50x7,50 m, estesa a tutto il complesso, sulla base della quale sono impostati i quattro blocchi che compongono l'edificio.

Il fabbricato è caratterizzato dalla messa in evidenza delle strutture metalliche principali, in particolare all'interno del fabbricato dove la galleria interna a tutta altezza attraversa i blocchi edilizi, illuminata da grandi lucernai vetrate continui installati superiormente a cinque travi longitudinali con passo di 3,75 m e con luce di 23,80 m, fissate a travi banchina con luce di 15,00 m.

Le travi portanti - colorate di nero - marciano i piani orizzontali ai vari livelli sulla lunghezza di circa 30 m e poggiano in mezzera su tronchi di colonna, che sono stati saldati in opera alle travi.

L'esigenza architettonica e formale di mantenere il senso dell'estensione in orizzontale delle travi per tutta la lunghezza ha costituito un interessante tema statico: la trasmissione dello sforzo normale sulla trave, in corrispondenza dell'interruzione della colonna, è stata risolta con un dettaglio nitido, riducendo all'essenziale i piatti di rinforzo.

I solai sono costituiti da telai piani su travi portanti poste ad interasse di 7,50 m, allineate superiormente con la quota del piano finito e nella parte inferiore con i controsoffitti: i collegamenti trave-colonna sono contenuti entro l'altezza delle travi di 65 cm, come pure gli alloggiamenti per gli impianti.

Gli impalcati sono costituiti da una orditura di travi secondarie con profili laminati HEB 240, poste a passo di circa 2.50 m nel senso trasversale

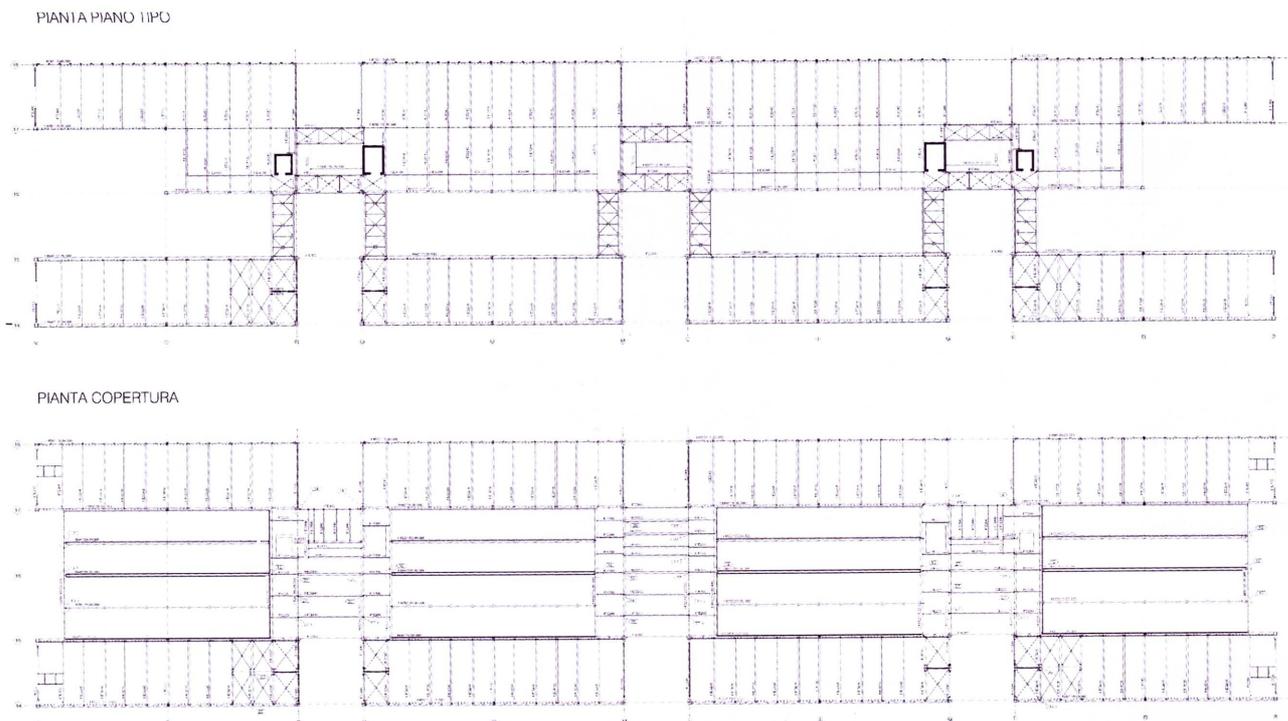


Fig.8 - Piante tipo delle opere in carpenteria dei quattro blocchi dell'edificio



Fig.9 - Interno dell'atrio di ingresso



Fig.10 - Interno della galleria



Fig.11 - Particolare dei lucernari in vetro



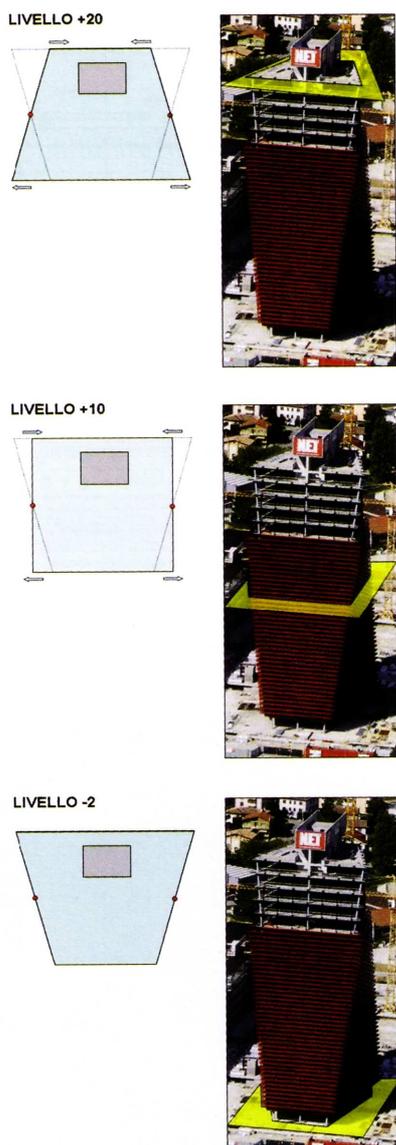


Fig. 14 - Schema di rotazione dei piani di facciata e di variabilità dei solai dell'edificio a torre

ed ovest attorno a due verticali fisse. Conseguenza di tale impostazione è la generazione di superfici - corrispondenti ai piani di facciata - definibili geometricamente come "superfici rigate", derivate da un quadrilatero sghembo.

La configurazione della sezione alla base dell'edificio - di forma trapezoidale - è inoltre specularmente uguale a quella in sommità (fig. 14). Tale impostazione - che costituisce l'originalità del progetto architettonico - in questo articolo viene analizzata prescindendo da considerazioni di ordine formale ed estetico, privilegiando invece le problematiche di progettazione e di costruzione, di particolare interesse sia per il progettista statico che per le aziende costruttrici. La presenza di forti aggetti e quindi la necessità di realizzare strutture portanti con inclinazioni accentuate, ha reso evidente la superiorità dell'acciaio rispetto a sistemi costruttivi alternativi nel fornire l'adeguata risposta all'esigenza estetica di strutture snelle, e in particolare di sezioni contenute per gli elementi verticali portanti.

Con l'uso dell'acciaio è stato possibile contenere la dimensione delle colonne in una sezione di 508 mm di diametro e spessore da un minimo di 16 a un massimo di 40 mm.

#### 4. SCELTE STRUTTURALI

Le scelte strutturali hanno avuto fin dal principio come obiettivo da una parte la corretta interpretazione delle esigenze del progetto architettonico, dall'altra l'utilizzo di metodi

costruttivi industrializzati compatibili con un'organizzazione di cantiere semplice e di facile gestione e controllo, in grado nello stesso tempo di garantire tempi di costruzione il più possibile ridotti.

Con queste premesse ci si è orientati da subito alla realizzazione del nucleo centrale della torre, in cemento armato, e della struttura portante dei piani e delle facciate costituita da colonne e travi di collegamento in acciaio.

La variazione della figura in pianta del solaio ai vari piani ha comportato una precisa scelta del costruttore di realizzare i solai di piano in c.a..

L'abbinamento acciaio e cemento armato ha però consentito l'esaltazione delle capacità portanti e costruttive dell'acciaio, semplificando nel contempo i processi costruttivi.

Le problematiche da risolvere a questo punto riguardavano da una parte l'interasse di 15 m tra le colonne portanti, dall'altra la compatibilità dei pesi rilevanti delle solette di piano con le esigue sezioni degli elementi verticali previsti nel progetto architettonico.

La prima questione è stata risolta utilizzando travi saldate perimetrali, giuntate con flange bullonate alle colonne portanti e connesse alla soletta sovrastante mediante pioli di tipo Nelson.

La seconda questione è stata efficacemente risolta con l'utilizzo di calcestruzzi alleggeriti mediante inerti in argilla espansa, che hanno ridotto il peso specifico del materiale da 2400 a 1650 kg/mc.

Per tutte le analisi strutturali condotte, e qui di seguito descritte, ci si è avvalsi di un programma di calcolo automatico facente riferimento al codice Straus 7 Release 1.05.

Un primo modello "generale" esteso a tutto l'edificio, dalla platea di base al 22° piano, mira alla corretta interpretazione degli effetti dovuti alle azioni sismiche oltreché ai "convenzionali" carichi verticali statici e del vento. Data la rilevanza dell'opera, è stato infatti comune proposito di Committente e Strutturisti considerare l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n° 3274, all'epoca non ancora vigente, in materia di classificazione sismica e di tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Per valutare i cedimenti dei setti di

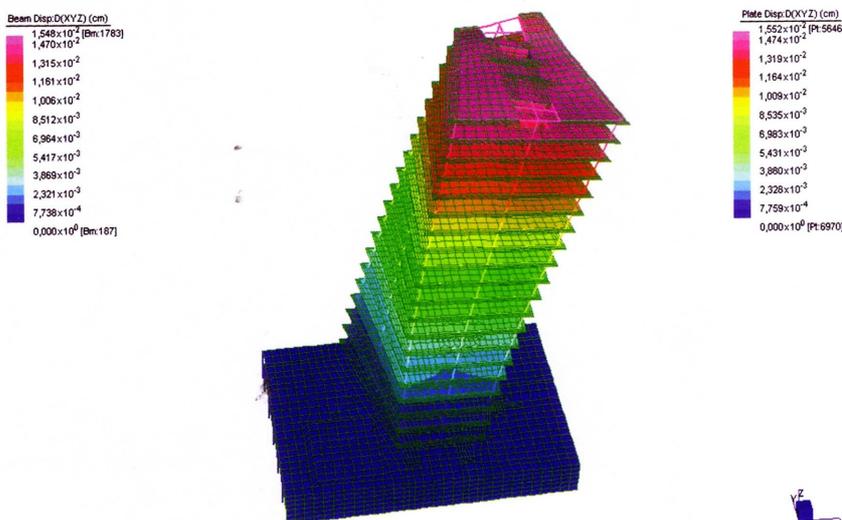


Fig. 15 - Analisi modale, prima frequenza naturale

fondazione sono stati sviluppati due modelli; il primo, di dettaglio, analizza l'interazione setto-terreno con diverse ipotesi del modulo edometrico, mentre il secondo, che considera l'insieme dei setti, fornisce informazioni circa il comportamento del "gruppo".

Rimanendo in ambito di fondazioni, è stato analizzato lo stato tensionale del plinto di collegamento tra le colonne in acciaio e i setti; gli elevati carichi al piede delle colonne, circa 1000 t, hanno portato infatti al dimensionamento di plinti con spessore 2 m.

Un'altra serie di modelli sviluppati ha interessato le strutture degli impalcati dei piani fuori terra, solette monolitiche in c.a. alleggerito e travi perimetrali miste acciaio-clt. Ciascuno di questi modelli parziali, ricavato dal modello "generale", è relativo ad un solo piano di strutture e permette di valutare correttamente le sollecitazioni nelle solette, nelle travi miste e nei capitelli di appoggio delle solette alle colonne.

Unica differenza tra i modelli di questa serie è la forma che, per quanto detto in precedenza, varia da piano a piano seguendo un criterio geometrico ben definito.

Un ultimo modello, di dettaglio, è relativo al collegamento dei tronchetti di tubo per l'appoggio delle travi perimetrali alle colonne principali. Considerato l'elevato numero di nodi simili, si è inteso analizzare con buona precisione lo stato tensionale

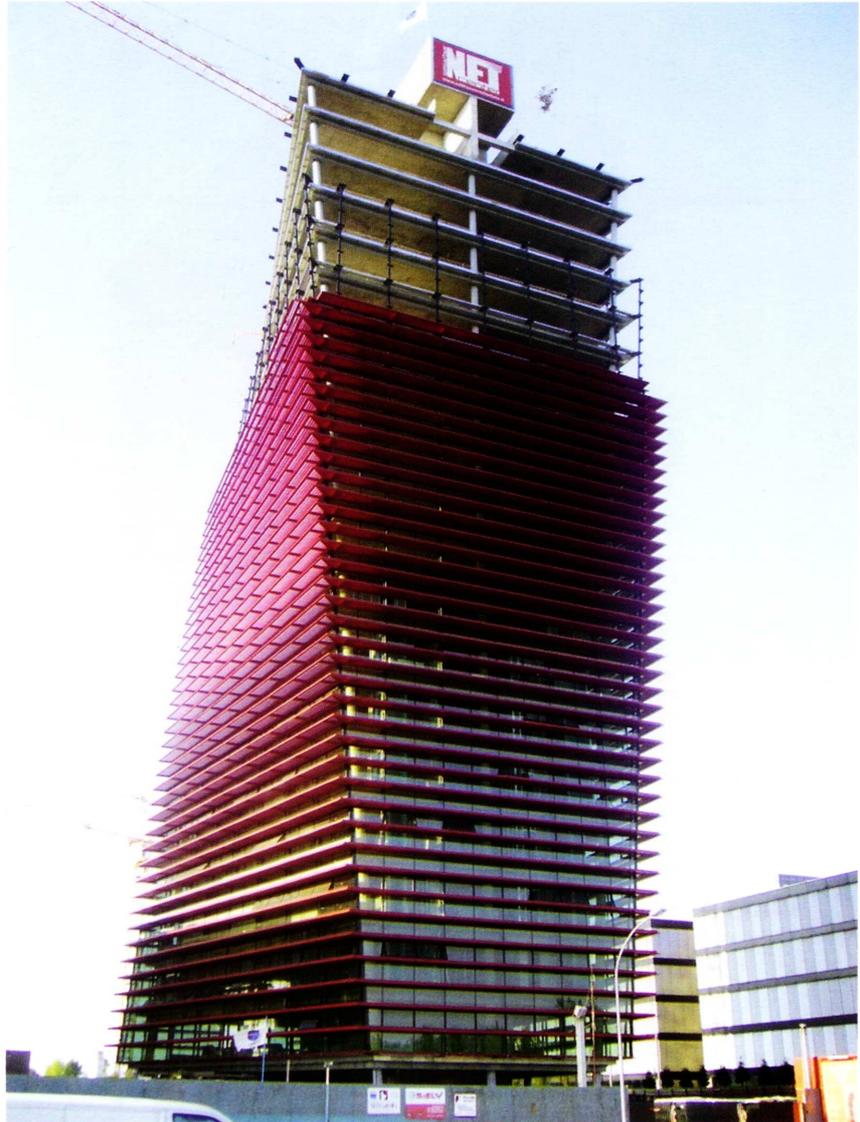


Fig. 16 - Elevazione della struttura metallica portante della torre

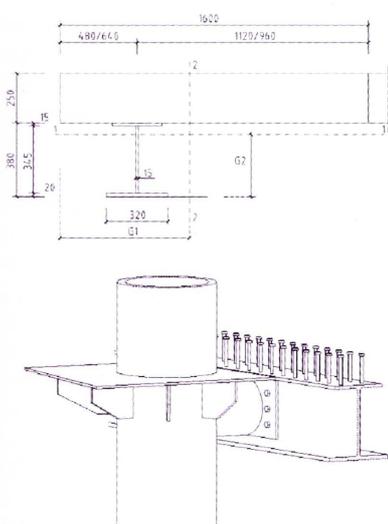


Fig. 17 - Dettaglio del collegamento fra colonne, travi e solette di piano e sua modellazione

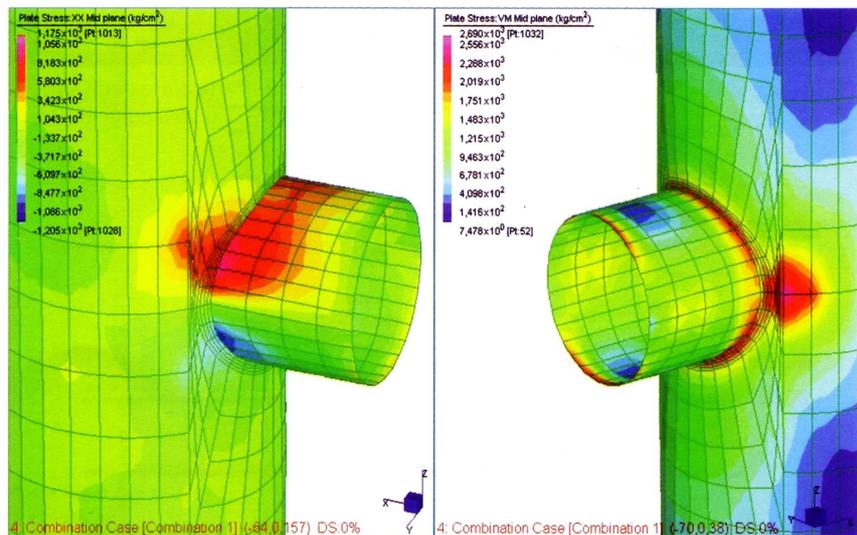


Fig. 18 - Verifiche degli stati di sollecitazione sul collegamento tra travi di bordo e colonne portanti



Fig. 19 - Particolare degli aggetti dell'edificio a torre

nella sezione di attacco tra i due tubi per il corretto dimensionamento dei cordoni di saldatura.

### 5. ASPETTI COSTRUTTIVI

L'utilizzo di casseri rampanti, con un sistema di sollevamento a martinetti idraulici, ha consentito la realizzazione del nucleo dei vani scala-ascensori in un'unica fase fino alla quota massima di 80 m di altezza fuori terra (88 dal piano di fondazione) in 65 giorni lavorativi.

Per il collegamento delle otto colonne portanti alla platea di fondazione sono state utilizzate dodici barre filettate M27 di 2.20 m di lunghezza e diametro di 80 mm, alle quali è stata applicata una precompressione complessiva di 500 tonnellate, pari al 25% dello sforzo normale massimo sollecitante la base (1000 tonnellate circa).

Le colonne sono state assemblate con saldature in opera per ottenere la loro lunghezza totale (variabile da 78.40 a 81.70 m) a mezzo di cinque tronconi, per ognuno dei quali sono stati predisposti i collegamenti per le travi di piano (il primo troncone conteneva i collegamenti per i primi quattro piani - compresi i due entro terra - il secondo troncone per i successivi quattro impalcati, il terzo e il quarto troncone i collegamenti per cinque piani ciascuno - fig. 21)

Per il collegamento travi di bordo-colonne portanti sono stati utilizzati tronchi di tubo saldati in officina alla colonna, con una flangia preforata saldata sulla testa, che bullonava in anima le travi di bordo.

La successione dei montaggi prevedeva la disposizione dei tronconi di base delle otto colonne portanti, un loro primo posizionamento sub-ver-

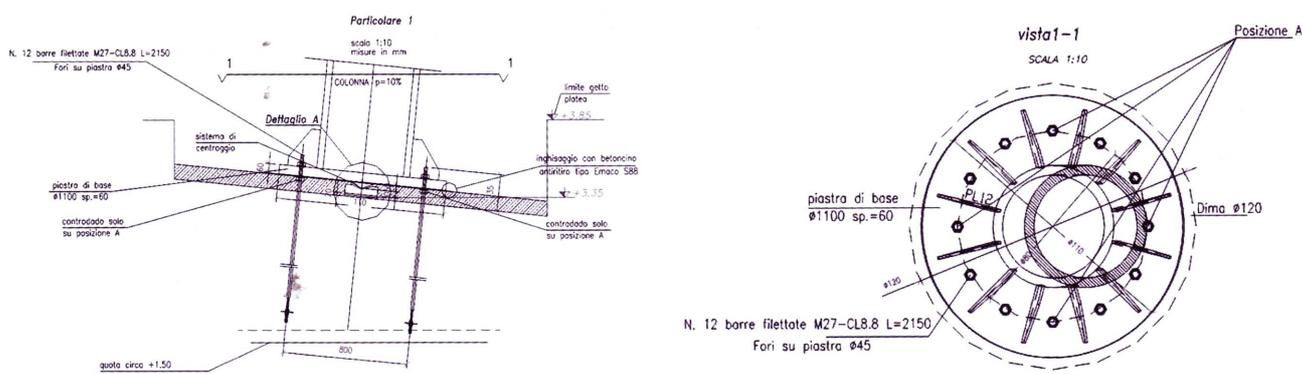


Fig. 20 - Dettaglio delle barre di ancoraggio alla base delle colonne portanti

ticale e un fissaggio mediante stralli provvisori; veniva quindi effettuato il montaggio delle travi perimetrali a partire dal piano più alto e proseguendo nei piani inferiori.

La Direzione Lavori strutturale ha in questa fase adottato tutti gli accorgimenti necessari a garantire che nel montaggio gli assi reali delle colonne inclinate coincidessero, con una minima tolleranza, con gli assi teorici di progetto: scostamenti percentuali sensibili dai tracciati teorici avrebbero compromesso non solo la statica ma anche l'esatta costruzione delle superfici rigate delle facciate est e ovest, inficiando la possibilità di realizzare le facciate vetrate con specchiature tutte della stessa dimensione (particolarità della facciata data dalla stessa costruzione geometrica della superficie rigata).

Tutte le fasi di montaggio e collegamento fra travi e colonne, mediante giunzioni bullonate, sono avvenute sotto il costante controllo topografico sul posto mediante collegamento via radio tra stazione di rilevamento e montatori.

L'efficienza di questo sistema di controllo è stata garantita prevedendo già nei disegni di officina dei punti di mira strumentale, fissati sulla base di un sistema di coordinate di riferimento di progetto, poi applicati sulle colonne in fase di produzione.

Il controllo topografico avveniva confrontando le coordinate rilevate sul campo in fase di montaggio con le coordinate teoriche di progetto (con una tolleranza di  $\pm 1$  mm) e indicando di volta in volta le correzioni da apportare alla squadra di montatori.

Effettuato il collegamento degli elementi in acciaio si procedeva al banchinaggio di ogni singolo impalcato, al collegamento delle armature dei solai con il nucleo centrale e quindi al getto della soletta di 30 cm di spessore costante, con incrementi di spessore (da 5 a 10 cm) e di armatura anti-punzonamento in corrispondenza dei punti di collegamento con il nucleo.

Completato l'assemblaggio delle travi perimetrali e dei solai per i piani afferenti al tronco di colonna, si passava al posizionamento e alla saldatura dei successivi tronconi che garantivano la continuità degli elementi portanti sub-verticali.

La progressione del montaggio ve-

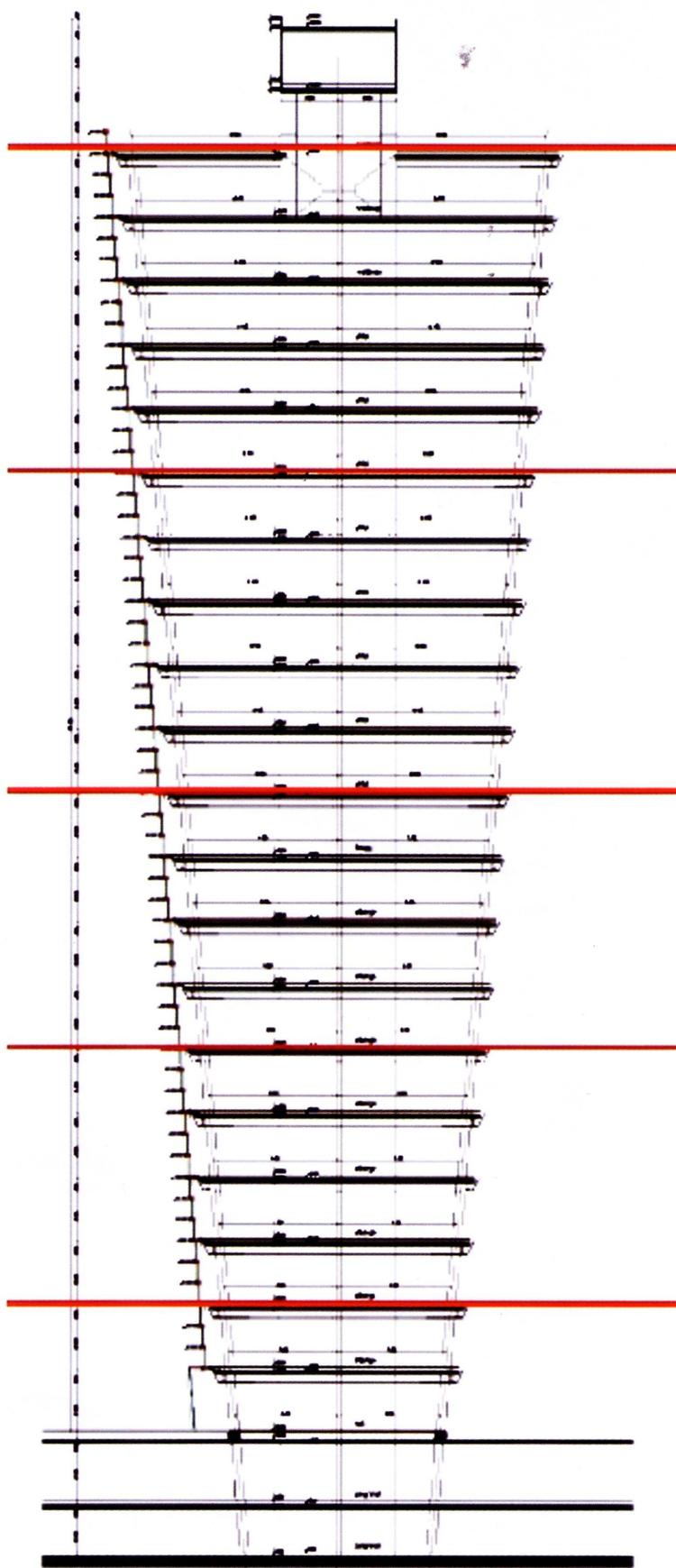


Fig. 21 - Schema di montaggio



Fig. 22 - Fase di posizionamento delle colonne, con stralli provvisori

## Crediti

*Committente:*  
**Progetto Acciaio S.R.L.**  
 Loreggia - Padova

*Progetto Architettonico:*  
**Aurelio Galfetti Studio D'architettura**  
 Prof. Arch. Aurelio Galfetti, Arch. Carola Barchi - Massagno (CH)  
**AU Studio Architetturaurbanistica**  
 Ing. Luciano Schiavon - Padova

*Progetto delle Strutture:*  
**Società di Progettazioni Costruttive Spc S.r.l.**  
 Ing. Alessandro Arvalli, Ing. Eros Furlan - Padova

*Consulenza Strutturale:*  
**Studio Tecnico Associato Turrini**  
 Padova

*Direzione Lavori Generale:*  
 Prof. Arch. Aurelio Galfetti  
 Massagno (CH)

*Direzione Lavori delle strutture:*  
**SPC S.r.l.**  
 Ing. Alessandro Arvalli, Padova

*Controlli ed accettazione delle strutture in acciaio:*  
**Laboratorio Trentino S.r.l.**  
 Pergine Valsugana (TN)

*Collaudo delle Strutture:*  
 Prof. ing. Maurizio Piazza  
 Università di Trento

*Impresa generale di costruzione:*  
**Edilbasso S.p.a.** - Padova

*Impresa esecutrice strutture in acciaio:*  
**Stahlbau Pichler** - Bolzano

*Impresa esecutrice opere di fondazione:*  
**VIPP S.p.a.** - Angiari (VR)

*Ditta Esecutrice opere di carpenteria leggera e serramentistica:*  
**Somec S.p.a.** - San Vendemiano (TV)



Fig. 23 - Fase di giunzione travi - colonne

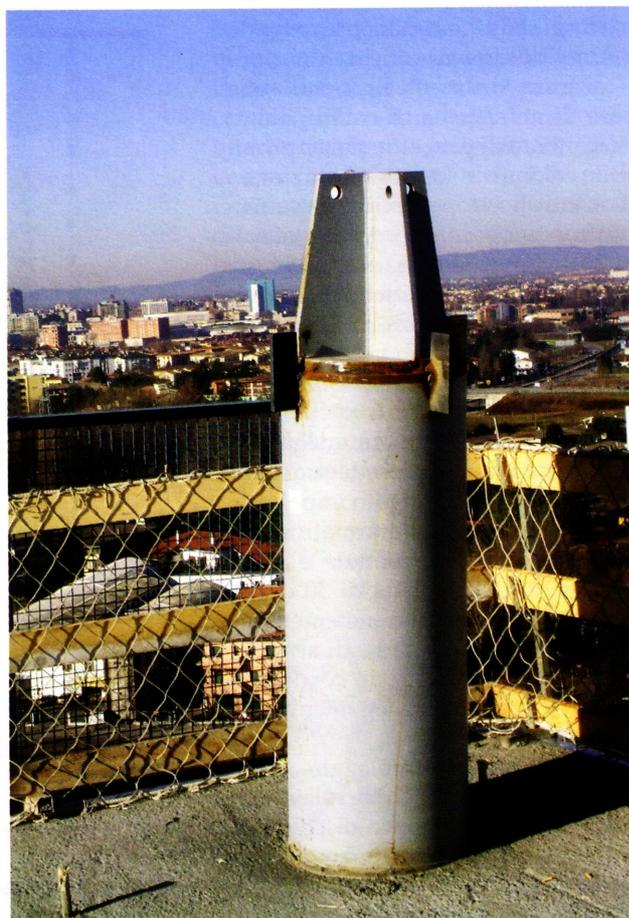


Fig. 24 - Particolare delle zone di collegamento dei tronchi di colonna



Fig. 25 - Saldature sulle colonne portanti

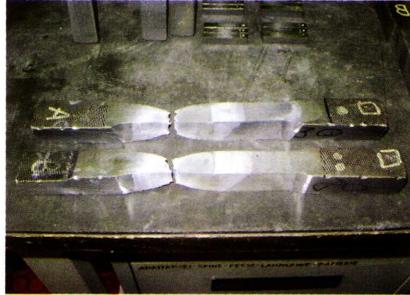


Fig. 26 - Prove di rottura di campioni di saldatura di giunzione degli elementi portanti



Fig. 27 - Dettaglio del collegamento tra travi di bordo e colonne portanti



Fig. 28 - La torre a strutture ultimate

deva l'alternanza di squadre di montatori delle strutture in acciaio (circa tre settimane per il posizionamento dei tronchi di colonna e delle travi di piano afferenti) e dei carpentieri per i getti dei solai di piano in c.a. (circa quattro settimane per la realizzazione di quattro piani) e così a seguire per i successivi segmenti della torre: per la realizzazione degli impalcati sono state impiegate circa 30 settimane (150 gg. lavorativi).

La protezione al fuoco delle strutture in acciaio è stata ottenuta mediante applicazione a spruzzo di vermiculite di spessori differenziati, in ragione dei rapporti di massività presentati dalle membrature strutturali.

In particolare per le colonne, che raggiungono spessori di 40 mm, sono stati utilizzati strati protettivi di 30 mm.

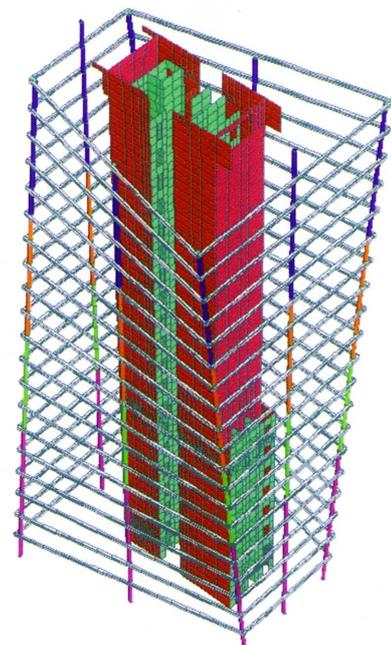


Fig. 29 - Modello della struttura in acciaio e del nucleo

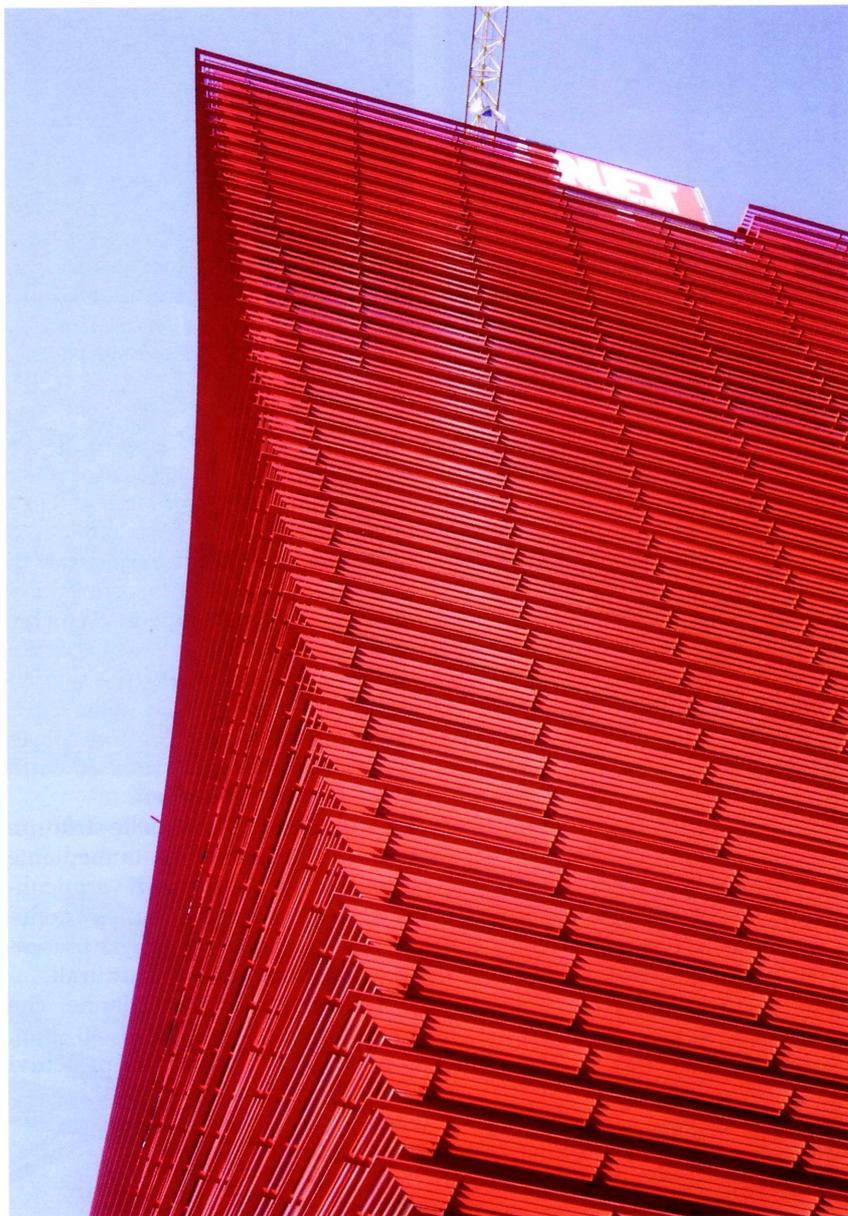


Fig. 30 - Veduta delle facciate della torre

## 6. PROGETTAZIONE E CONTROLLO DELLE STRUTTURE IN OPERA

Particolare cura è stata posta nella fase di progettazione delle modalità esecutive delle saldature in opera (con la redazione di apposite WPS) in particolare per i punti di unione dei tronchi di colonna. Sono stati eseguiti controlli sistematici sia per la carpenteria prodotta in officina – nel dettaglio prove a polveri e a liquidi penetranti sulle travi saldate – sia sulle saldature in opera mediante controlli radiografici.

Sono state inoltre eseguite prove di rottura su campioni degli elementi in acciaio saldati secondo le modalità previste dalle WPS.

La direzione lavori strutturale si è avvalsa di un laboratorio tecnico con autorizzazione ministeriale, il quale ha seguito dapprima le fasi di certificazione delle procedure operative e successivamente le fasi di esecuzione delle saldature.

Le WPS proposte dalla ditta esecutrice delle carpenterie metalliche per la fase realizzativa sono state approvate dal laboratorio di controllo delle saldature e successivamente dalla direzione lavori strutturale.

In fase di costruzione degli impalcanti, sono state eseguite prove di carico sulle strutture orizzontali: il comportamento del collegamento soletta – trave – colonna è stato monitorato mediante l'utilizzo di straining gauge

## Il progetto in cifre

Superficie dell'area coperta del lotto: 20.000 mq  
 Superficie piani interrati: 40.000 mq  
 Volume di scavo: 180.000 mc

### Palazzo Tendenza

Superficie coperta: 5.000 mq  
 Superficie totale su 5 piani fuori terra: 16.500 mq  
 Volume fuori terra: 95.000 mc  
 Peso delle carpenterie metalliche: 1.400 t

### Torre

Superficie a terra: 675 mq  
 Altezza complessiva fuori terra: 80 m  
 Altezza dalla fondazione: 85,90 m  
 Superficie totale su 20 piani fuori terra: 13.500 mq  
 Volume fuori terra: 51.000 mc  
 Peso delle carpenterie metalliche: 950 t

fissati sulle colonne, consentendo così la verifica del corretto trasferimento dei carichi alle colonne, secondo le previsioni di progetto.

## 7. CONCLUSIONI

Lo schema costruttivo dell'edificio, che prevede le travi in acciaio di bordo collaboranti con le solette di piano, ha risolto il problema statico fondamentale posto dal progetto architettonico, ovvero quello derivante dalla inclinazione delle colonne verso l'esterno di circa 7,5 m su 80 m di altezza.

Le tensioni derivanti dai forti aggetti, hanno trovato una risposta ottimale nell'effetto di cerchiatura delle travi saldate di bordo.

La connessione di queste travi alle solette di piano in c.a. con pioli di tipo Nelson ha poi risolto il problema flessionale della soletta sui 15 m di interasse delle colonne, realizzando un concreto esempio di efficienza delle strutture miste in acciaio e c.a. In questi dettagli, in definitiva, devono essere cercati il valore e l'importanza del progetto strutturale, che coniuga una forma inusuale dell'edificio con una struttura straordinariamente semplice.

*Dr. ing. Alessandro Arvalli*  
*Dr. ing. Eros Furlan*  
 Società di Progettazione Costruttive srl,  
 Padova