# Le strutture metalliche di una grande opera civile: la torre Isozaki

# *The steel structures of a great civil building: the Isozaki tower*

Bruno Finzi, Luca Rossini

**Nell'ambito del progetto di riqualificazione dell'area dell'ex fiera di Milano, denominato "progetto CityLife", è stato realizzato un edificio a torre progettato dall'architetto Arata Isozaki. L'edificio è costituito da 50 piani fuori terra, per un'altezza complessiva di circa 202m e da 4 livelli interrati. La struttura è costituita da elementi in calcestruzzo e da complesse componenti in carpenteria metallica. Ne sono un esempio saliente le due "belt truss", travi reticolari di accoppiamento dei core in cls, posizionate in corrispondenza del ventiquattresimo piano della torre. Altri elementi unici per la loro forma e composizione, che caratterizzano dal punto di vista estetico oltre che funzionale l'edificio in oggetto, sono le due coppie di puntoni aventi lunghezza di 63m e 42m, realizzati impiegando numerosi elementi in acciaio di diverse caratteristiche e qualità, avvalendosi della collaborazione di vari subfornitori.**

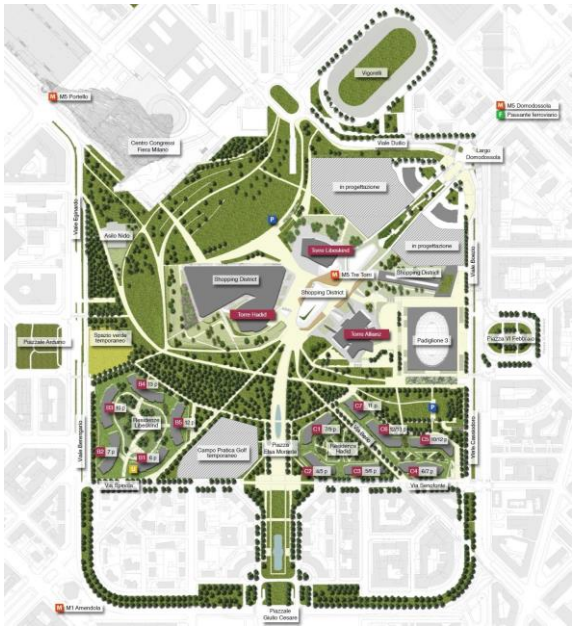
***Architect Arata Isozaki designed a skyscraper that belongs to the redevelopment of the old exposition area in Milan, also known as "Citylife project". The building is designed with 50 above ground levels raising 202 meters from the urban level and 4 underground levels. The main structure is made by reinforced concrete structures and complex steel elements. Two steel belt trusses are placed at 24th floor for the purpose of coupling the reinforced concrete cores. Two couples of steel ties, that stretch for 63 and 42 meters each, mark out the tower aesthetically and structurally. They have a unique shape and a very complex composition since they are made by a lot of steel elements with different peculiarities and qualities, provided by many subcontractors.***

## 1. INTRODUZIONE

L'edificio a torre denominato torre Isozaki è situato all'interno della zona ex fiera campionaria di Milano, al centro di una nuova concentrazione di servizi e attrezzature pubbliche in uno spazio interessato da un importante processo di riqualificazione urbana (figura 1).

Nel 2005, 85 anni dopo la prima fiera campionaria, tenuta nell'Aprile del 1920, è stato inaugurato il nuovo polo fieristico milanese di Rho-Pero. Il trasferimento della fiera in altra sede, lontana dal centro di Milano, ha comportato un duplice beneficio per la città: l'eliminazione dei picchi di traffico generati dalle manifestazioni più imponenti e la liberazione di un'area di pregio. Da queste premesse nasce il "Progetto CityLife", costituito da un'area complessiva di intervento di 366.000m$^2$ con un piano di trasformazione che prevede un mix articolato e bilanciato di funzioni pubbliche e private, fra residenze, uffici, negozi, servizi, aree verdi e spazi pubblici. Il nuovo landmark per Milano sarà caratterizzato da tre torri a destinazione direzionale, progettate da Arata Isozaki, Zaha Hadid e Daniel Libeskind. Alla base delle torri, nel cuore di CityLife, si sviluppa un'ampia area commerciale.

L'edificio occupa un lotto baricentrico al sito, di fronte all'edificio che ospitava il vecchio Palazzetto dello sport che si affaccia su viale Cassiodoro. La quota originaria del piano di campagna è di circa +124,00m sul livello medio del mare (s.l.m.).


Vigorelli
M5 Portello
Centro Congressi Fiera Milano
M5 Domodossola
Passante ferroviario
Viale Duilio
Largo Domodossola
In progettazione
Asilo Nido
Torre Libeskind
In progettazione
Shopping District
M5 Tre Torri
Shopping District
Shopping District
Torre Hadid
Torre Allianz
Padiglione 3
Piazzale Andreotti
Spazio verde temporaneo
Via Spinola
Via Sempione
Via Gattamelata
Via Eleonora Duse
Via Domodossola
Via Guido Reni
Via Giulio Cesare
Via Gattamelata
Via Spinola
Via Sempione

disposte sopra le porte di ingresso ai vani scala. Nella parte centrale del piano si sviluppa l'area open space destinata agli uffici. I nuclei costituiscono il sistema di controventamento principale della struttura e al loro interno risiedono i vani ascensori e scale prefabbricate in c.a.. Sono realizzati con calcestruzzo classe C40/50 e i setti che li costituiscono hanno spessore variabile fra 0,4m ed 1,2m.
Nella direzione longitudinale parallela al lato maggiore, i nuclei controventanti in calcestruzzo armato sono irrigiditi a metà altezza e in sommità da due coppie di travi cintura (belt truss). La prima coppia è costituita da travi reticolari identiche in carpenteria metallica, in composizione saldata, dislocate nell'interpiano P24-P25, cui sono collegati, mediante giunzioni ad attrito, diagonali di irrigidimento annegati all'interno delle pareti dei nuclei tra i piani 23-24 e 25-26.
La seconda coppia è invece costituita da travi parete in calcestruzzo armato, poste tra i livelli 49 e 50, irrigidite da diagonali in carpenteria metallica anch'essi annegati all'interno delle pareti dei nuclei tra i livelli 48 e 49.

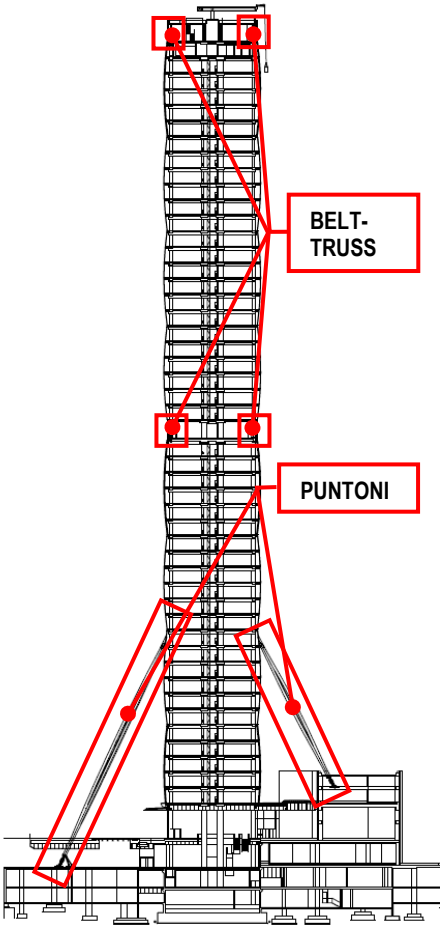



**fig. 3 – sezione trasversale della torre Isozaki**

Come si evince dalla figura 3, l'edificio è caratterizzato sulla facciata nord e sud da due coppie di puntoni di contrasto in acciaio collegati ai nuclei a circa un quarto dell'altezza totale della torre. La geometria dei manufatti deriva da scelte di valenza architettonica. L'inusuale conformazione, non direttamente ascrivibile a morfologie note riportate in documenti di normativa e di letteratura, ha richiesto l'esecuzione di prove di caratterizzazione sperimentale in galleria del vento per valutare le conseguenze associate ai fenomeni di interazione vento-struttura. Ciò a portato a due interventi differenti: il riempimento dei tubi strutturali con calcestruzzo e la schermatura dell'intercapedine tra gli elementi tubolari con una lamiera macroforata.
Con riferimento alle quantità salienti di materiali strutturali impiegati nella realizzazione dell'opera, si citano:
- 87.780m$^3$ di calcestruzzo;
- 13.817t di acciaio per armature tipo B450C;
- 2.230t di acciaio da carpenteria metallica.

Nel seguito si analizzano nel dettaglio le complesse componenti in carpenteria metallica che caratterizzano la struttura in oggetto.

### 3.1 Belt truss intermedie

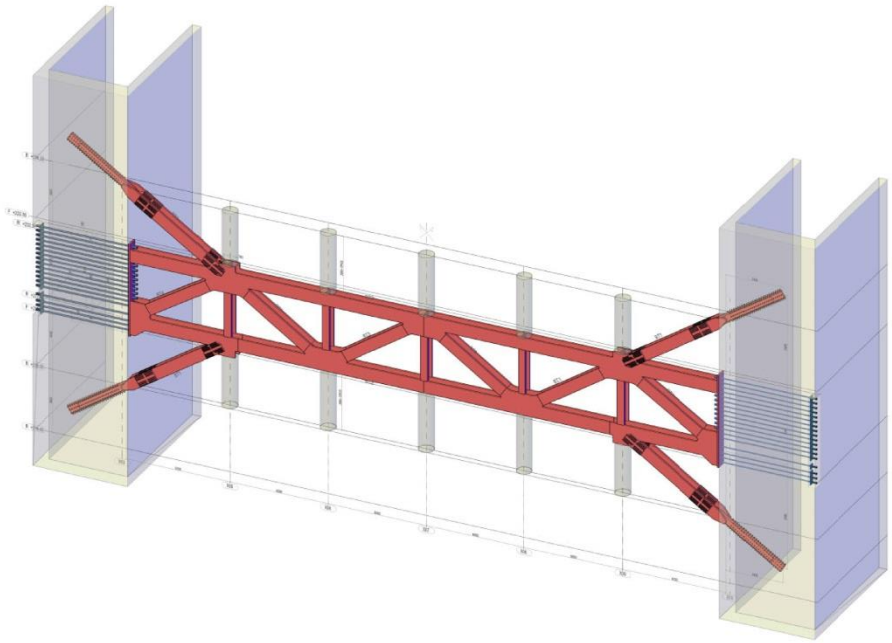


**fig. 4 - vista assonometrica della trave cintura e dei collegamenti ai nuclei**

Sono elementi costituiti da profili in acciaio realizzati con piatti saldati che si intersecano per formare una struttura reticolare principale con degli elementi diagonali di rinforzo a cavallo delle zone terminali. Sono lunghe 36,1m, per una altezza di 5,8m ed una massa di acciaio indicativa pari a 180t. Sono state prodotte dalla società Cimolai Spa. di Pordenone, che si è avvalsa di un team di tecnici esperti tra i quali si cita l'ing. Andrea Faggiani.

Il materiale utilizzato è acciaio tipo S355 conforme a Uni EN 10025-2 con grado di resilienza J2 o K2 in base agli spessori impiegati. Le lamiere utilizzate hanno spessore variabile fra 70 e 100mm.

Le superfici metalliche sono state preparate mediante sabbiatura ad alta pressione allo scopo di rimuovere scaglie di laminazione, ruggine e sostanze estranee. Successivamente è stato disposto uno strato di primer zincante epossidico ed uno strato di intonaco intumescente avente spessore di 20mm. Quest'ultimo rivestimento è un protettivo antifuoco utilizzato come protezione passiva antincendio degli elementi strutturali. Nello specifico, si tratta di un premiscelato a base di fibre minerali idroamalgamabili e leganti idraulici cementizi, applicato a spruzzo con speciali macchine cardatrici e spruzzatrici idropneumatiche.

Il collegamento di testa che connette i correnti della reticolare centrale della belt truss avviene mediante una piastra in acciaio di spessore 80mm sulla quale si innestano 18 barre dywidag di diametro 47mm. Le barre presenti garantiscono l'assorbimento delle azioni di taglio nella belt truss per attrito allo slu.

Lungo lo sviluppo del profilo diagonale sono presenti giunti bullonati con doppi coprigiunti d'ala e d'anima, aventi un numero di bulloni sufficiente a far lavorare ad attrito il collegamento anche allo slu. Nella sezione terminale di innesto all'interno dei nuclei in calcestruzzo la sezione dei profili è stata ridotta al fine di contenere gli ingombri all'interno dei core e favorire il formarsi di una zona della belt truss in cui sia possa dissipare energia. La connessione con i core avviene mediante piatti piolati così da garantire la sovraresistenza della connessione.

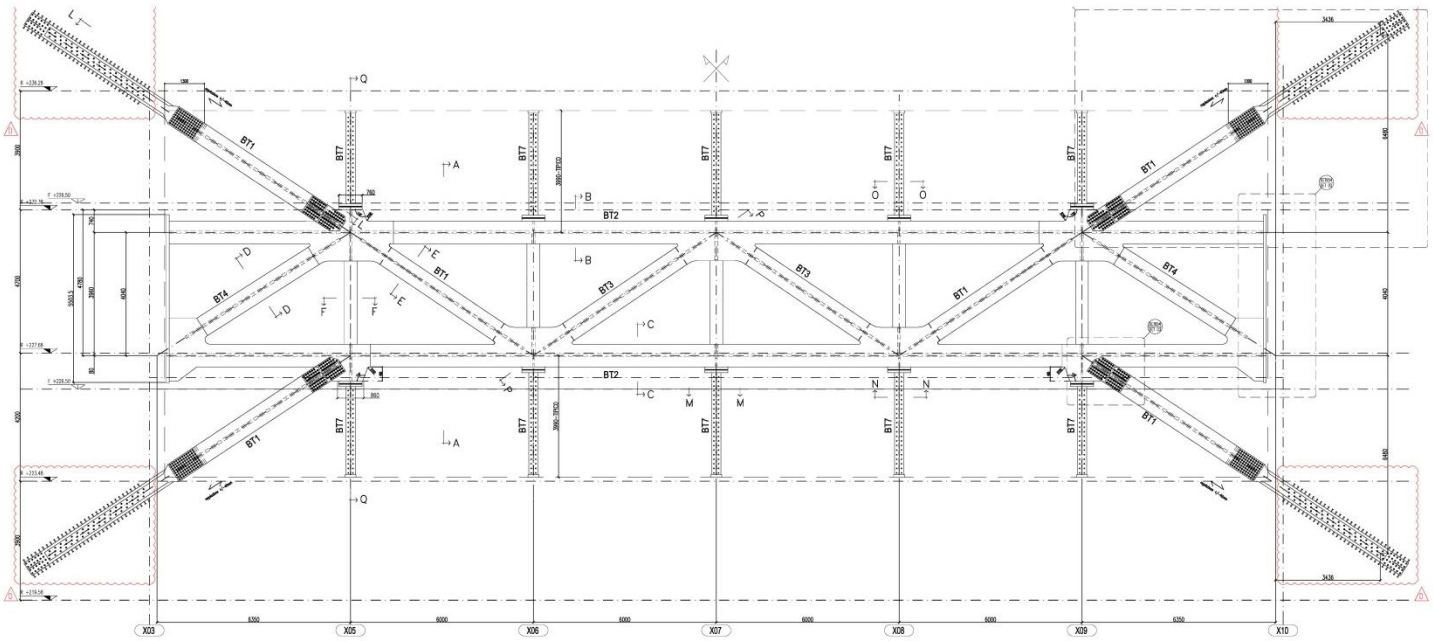



**fig. 5 - prospetto laterale della belt truss superiore**

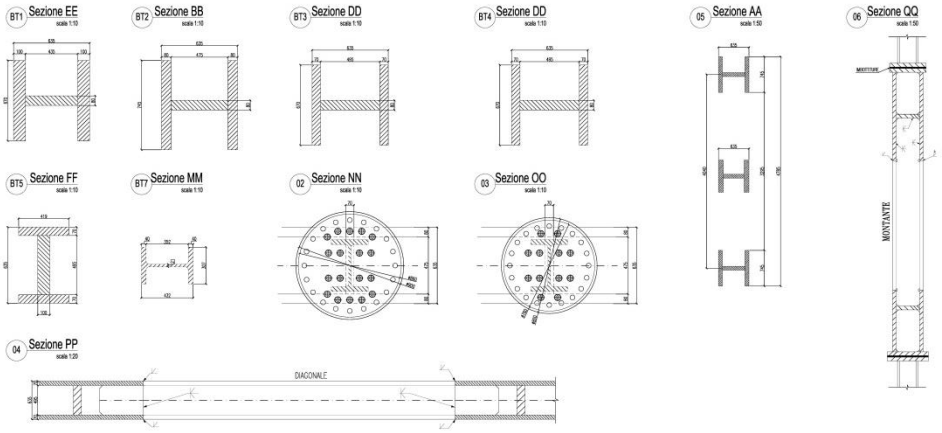



**fig. 6 - sezioni degli elementi costituenti la belt truss superiore**

**fig. 7 - belt truss assemblata in stabilimento**

**fig. 8 - belt truss intermedia messa in opera al livello P24**

Particolarmente delicata è stata la fase di trasporto in cantiere e sollevamento. Gli elementi assemblati in tutta la loro lunghezza sono stati consegnati in cantiere da un trasporto eccezionale. Successivamente, una volta posizionati in orizzontale alla base della torre, sono stati collegati tramite opportuni golfari ad un sistema strand jack. Tale apparato è stato installato sui lati nord-ovest e sud-est, tra i piani P26 e P28, per mezzo di una struttura provvisoria che ha permesso di sostenere le travi

reticolari durante il sollevamento. In questa fase è stato messo in atto un accurato controllo visivo dei sistemi di connessione, dei manometri degli strand jack e degli spostamenti dei trefoli. Infine, anche il collegamento tra belt truss e core per mezzo delle radici diagonali, è stato oggetto di numerosi controlli che hanno riguardato le tolleranze di posa, i serraggi degli elementi bullonati e la tesatura delle barre di ancoraggio.

### 3.2 Belt truss in sommità

Le travi in oggetto si trovano a livello P49-P50, hanno spessore pari a 90cm e altezza pari a 5,19m. Come si può osservare in figura 9, in adiacenza ai nuclei sono disposte inferiormente diagonali metalliche piolate che collegano le travi cintura ai nuclei stessi, in analogia a quanto realizzato per le travi di cintura intermedie. Il calcestruzzo impiegato ha classe di resistenza C60/75, con miscela di tipo autocompattante e fibrorinforzata.

Ulteriori elementi di solidarizzazione tra travi e setti longitudinali dei nuclei, sono costituiti da 22 barre dywidag di diametro 26 mm per parte e da 2+2 cavi da 15 trefoli da 0.6" tipo “super” iniettati con malta.

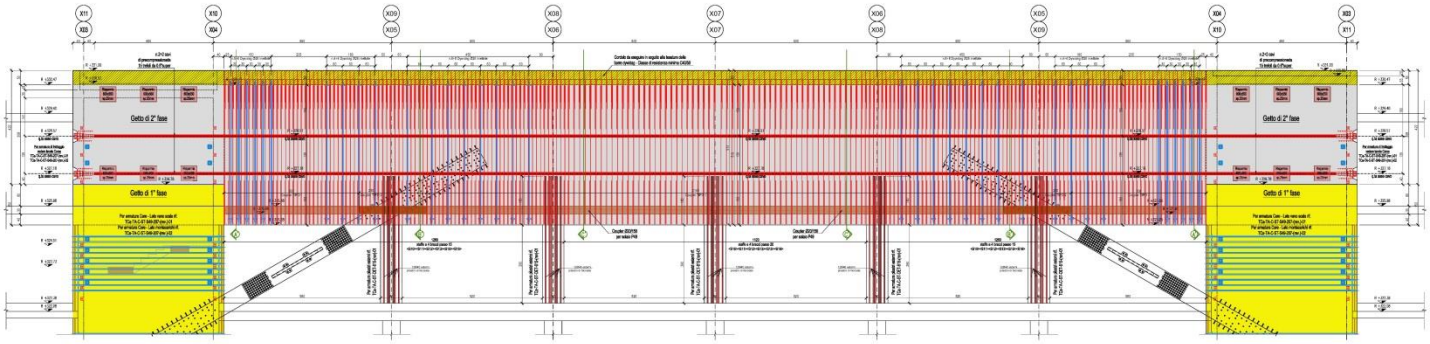


**fig. 9 - prospetto laterale della belt truss in sommità**

### 3.3 Puntoni

Le due coppie di puntoni hanno lunghezza, compresi i sistemi di connessione, pari a circa 63m (i puntoni della facciata nord/ovest) e 42m (i puntoni della facciata sud/est). In figura 10 viene riportata una sezione trasversale dell’edificio in cui si evidenziano due dei quattro puntoni. Il puntone più lungo è stato realizzato utilizzando una massa di acciaio strutturale pari a circa 100t, mentre per il puntone più corto la massa è pari a circa 65t. La società Mbm s.p.a. di Caselle di Sommacampagna (VR) ha fornito tali elementi. In questo ambito, l’attività dell’ing. Francesco Stumpo e del geom. Ivo Zulian sono state particolarmente importanti, soprattutto nel coordinamento delle attività (taglio lamiere, calandratura, normalizzazione lamiere calandrate, forgiatura, assemblaggio e saldatura, verniciatura, ecc.) eseguite dai numerosi sub-fornitori.

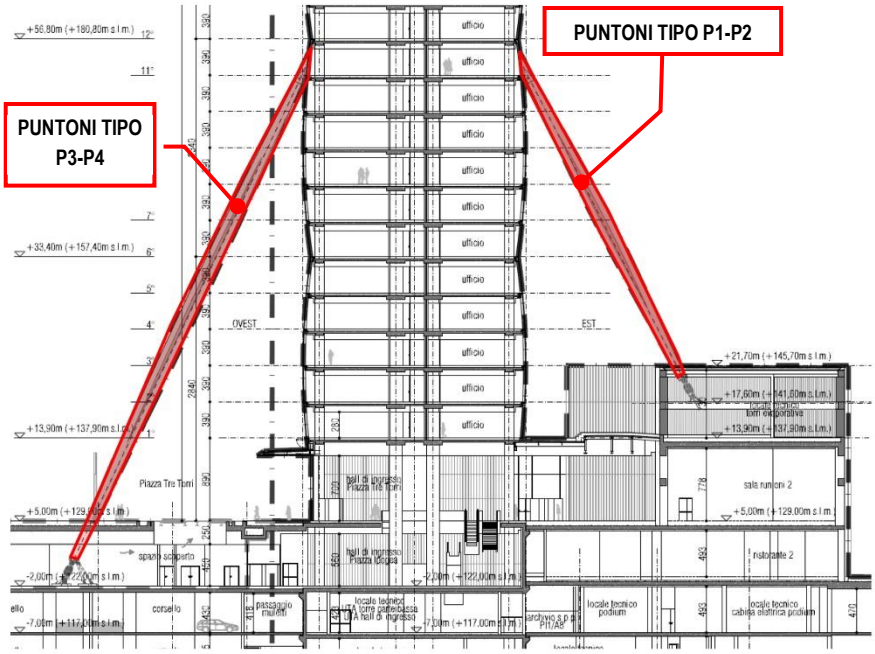



**fig. 10 - sezione trasversale edificio con vista puntoni**

I puntoni P1 e P2 a sud-est, hanno quota di imposta pari a +141,80m s.l.m. e ricadono all'interno di due edifici ad uso impiantistico core A e core B che nascono dal piano terra. I puntoni P3 e P4 sul versante nord-ovest hanno quote di imposta pari a +122,00m s.l.m.. L'attacco alla torre avviene a quota +178,80m s.l.m per tutti e quattro gli elementi, in corrispondenza del livello 11. Il collegamento in sommità è realizzato con cerniere cilindriche su piatti di spessore 100mm saldati a piena penetrazione (si veda figura 11) e a loro volta collegati ai nuclei in calcestruzzo tramite barre filettate cl. 10.9 opportunamente ancorate (figura 12).

Alla base di ogni puntone invece, il collegamento è realizzato per mezzo di una coppia di dissipatori viscosi (mass dumper) che contribuiscono allo smorzamento della torre (figure 13 e 14) assicurando il comfort a tutti i piani della torre per ogni tipo di sollecitazione ambientale. Gli smorzatori sono posizionati lungo l'asse longitudinale del puntone, al quale si collegano con cerniere di tipo cilindrico appartenenti al sistema di connessione dei dispositivi. Il peso proprio dei puntoni è trasferito alla base ad un "cavalletto" strutturale in acciaio costituito da aste che stabilizzano il puntone lungo il suo piano ortogonale permettendo il movimento lungo l'asse longitudinale.

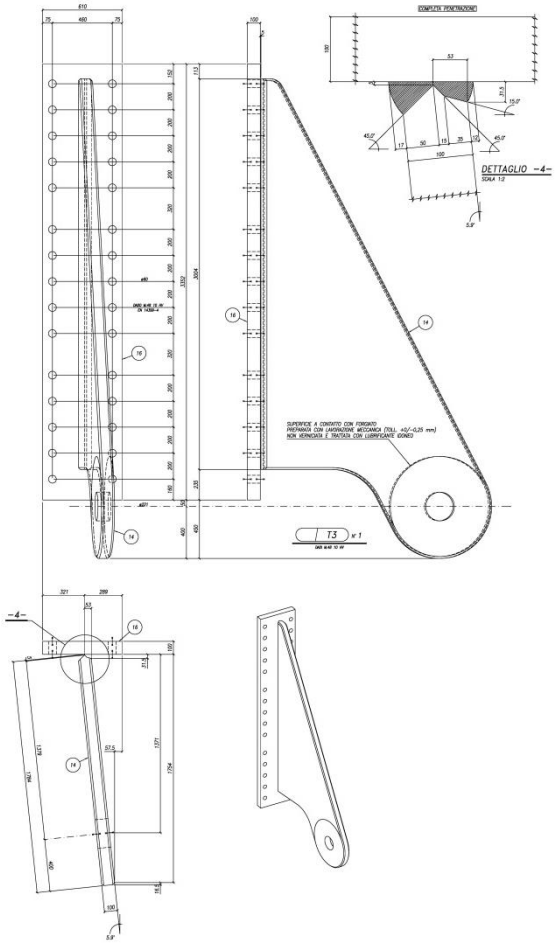



**fig. 11 - dettaglio terminale puntone**

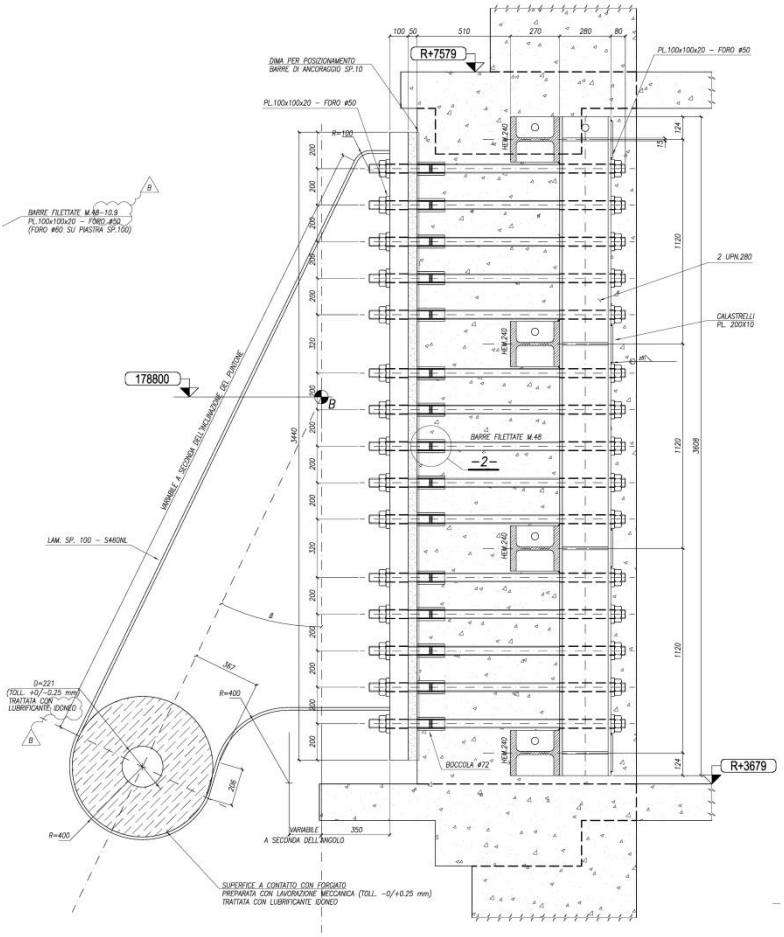



**fig. 12 - dettaglio terminale di collegamento tra puntone e torre**

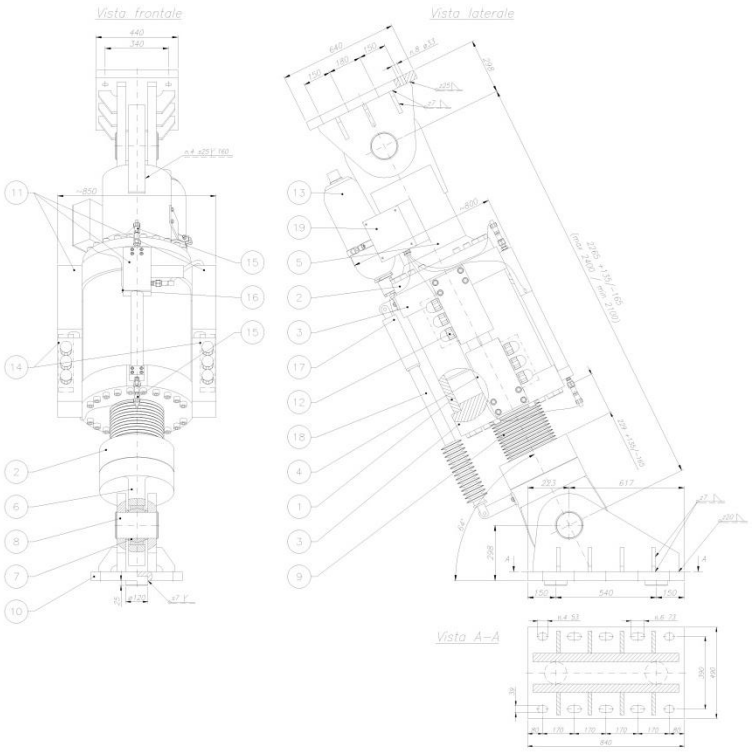



fig. 13 - progetto degli smorzatori

fig. 14 - dispositivi in posizione

Di seguito, con riferimento alla figura 15, vengono illustrate le caratteristiche strutturali dei puntoni:

- Concio F: terminale di collegamento alla torre (si veda in dettaglio la figura 11), realizzato con lamiera di spessore 80mm in acciaio S355K2.
- Concio G: l'elemento fucinato (ogiva), che costituisce la testa del puntone contenente il perno cilindrico di sommità (in acciaio bonificato 39NiCrMo3 secondo Uni EN 10083-3 con resilienza garantita KV 40J a -20°C, diametro 230mm), è stato realizzato in acciaio P355QH (secondo Uni EN 10222-4 con resilienza garantita KV 27J a -50°C sulla parte corticale e CTOD superiore a 0,25mm a -15°C) per fusione ovvero per fresatura a formare la geometria di progetto; il gioco foro-perno è stato ridotto al minimo necessario per consentire l'installazione.
- Concio D: è costituito da:

1. un elemento interno d'irrigidimento composto da tre piatti piani in acciaio S355K2 dello spessore di 70mm saldati a formare un elemento "a stella"; tre dei quattro lati dei piatti sono rettilinei mentre il terzo lato ha un andamento curvo tagliato a controllo numerico;
2. tre piatti da 40mm in acciaio S355J2 calandrati su una superficie conica ottenuta per raccordo di una direttrice rappresentata da una porzione di circonferenza di diametro 610mm e di una direttrice rappresentata da una porzione di circonferenza di diametro 800mm; i tre piatti conici così ottenuti sono saldati a completa penetrazione lungo il lato curvo degli irrigidimenti interni.

- Concio E: rappresenta la porzione centrale del puntone ed è costituito da tre tubolari cavi in acciaio S355J2H di diametro 610mm e spessore di parete di 40mm, calandrati secondo la geometria rappresentata in figura 16. I tubolari sono collegati trasversalmente da tre calastrelli in acciaio S355J2 puntuali disposti al 25%, 50% e 75% della lunghezza del concio. I tubolari sono stati riempiti di calcestruzzo per garantire la necessaria stabilità aeroelastica della struttura.
- Concio C: costituisce il raccordo di base tra il puntone e gli smorzatori viscosi; è costituito da lamiera stampata in acciaio S355K2 di diametro 800mm e spessore di parete 60mm irrigidito internamente da un elemento "a stella" che costituisce il proseguimento dell'irrigidimento contenuto nel concio D.

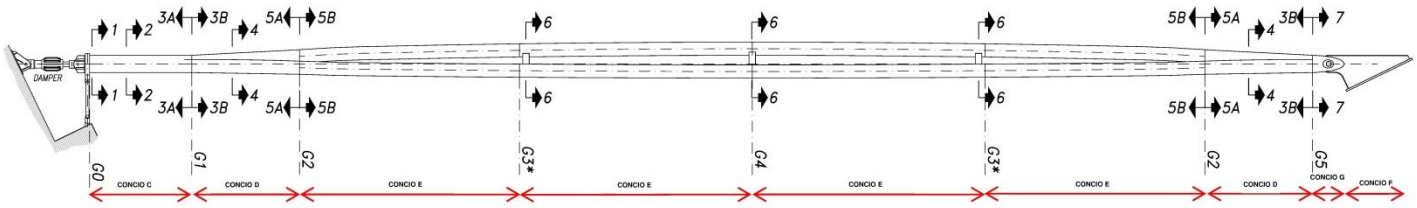



fig. 15 - prospetto puntone tipo

La pannellatura con lamiera macroforata in acciaio inox Aisi 304, fissata per mezzo di viti o bulloni per consentirne la rimozione e la necessaria ispezione della cavità retrostante, è stata disposta lungo tutto il concio E, tra i tre tubolari.

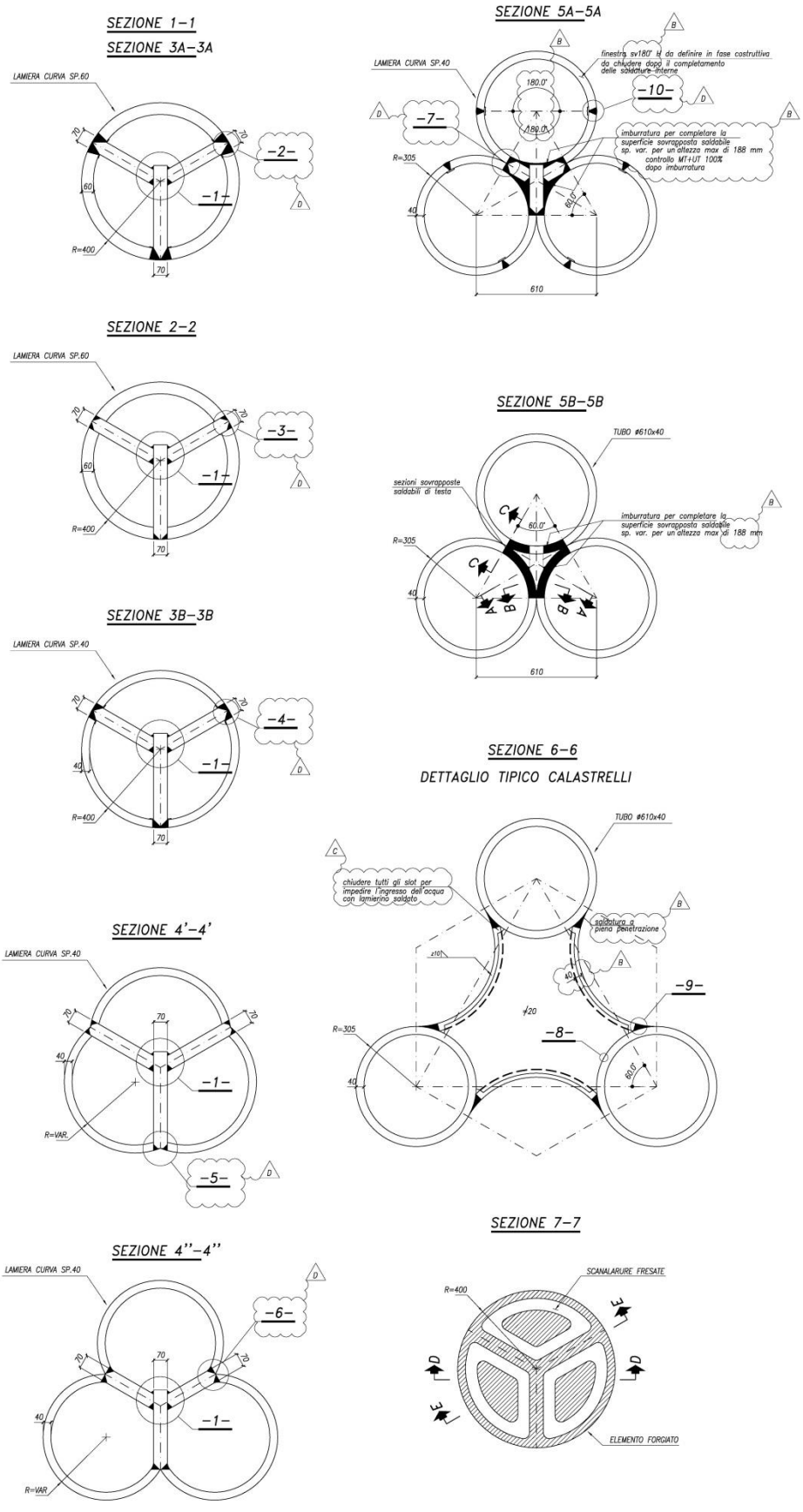



**fig. 16 - sezioni trasversali dei puntoni**

**fig. 17 - dettaglio concio D**

**fig. 18 - fase di imburratura**

Le saldature a parziale o completa penetrazione con finitura a vista sono state oggetto di controllo architettonico oltre che strutturale. In particolare, le saldature lungo il fusto principale dei puntoni sono state molate a regola d'arte, finite con stuccatura metallica, carteggiate e quindi ricoperte con la protezione alla corrosione e la verniciatura finale. Queste ultime fasi sono riepilogate nel seguito:

- preparazione della superficie: dopo l'esecuzione delle saldature e dei controlli Cnd, mediante granigliatura sino al raggiungimento del grado Sa 2½ della norma Iso 8501-1. Tracce di olii, grassi, depositi salini ed incrostazioni sono stati rimossi mediante solventi e/o lavaggio con acqua dolce. Sono stati impiegati abrasivi di tipo angolosi o miscela di tipo angolosi/sferici per ottenere un profilo di incisione compreso tra 25 e 50 micrometri.
- Applicazione in officina di:

1. verniciatura 1° strato con: primer zincante epossidico sp. 80 micrometri;
2. eventuale stuccatura delle zone molate/saldature rasate con: stucco a base poliestere da applicare dopo 1° mano;
3. verniciatura 2° strato delle zone di cui sopra con: intermedio epossidico sp. 80+80 micrometri (in 2 mani);
4. verniciatura 3° strato : smalto di finitura sp. 60 micrometri.

Lo spessore totale applicato è risultato quindi pari a 300 micrometri.

Per la lamiera macroforata in acciao inox, è stata effettuata una leggera sabbiatura con graniglia non metallica e verniciatura sp. 80 micrometri di intermedio epossidico oltre a 60 micrometri di smalto di finitura.

Per le zone lavorate a macchina (perni, ogive, e attacco puntoni), oltre ad una leggera sabbiatura, sono stati applicati:

1. verniciatura 1° strato con primer zincante epossidico sp. 80 micrometri;
2. verniciatura 2° strato con anti friction coating;
3. verniciatura 3° strato con: pasta lubrificante prima dell'assemblaggio dei pezzi.

Tali applicazioni sono state ripetute in cantiere con gli stessi prodotti usati in officina, a ripristino delle zone saldate e delle zone danneggiate per il trasporto e montaggio.

I puntoni sono stati trasportati in cantiere suddivisi in macro conci e successivamente collegati tra loro tramite saldature in opera. Posizionati verticalmente per l'assemblaggio e il riempimento con il calcestruzzo, sono stati successivamente calati in posizione sfruttando un sistema con strand jack. In questa fase è stato fondamentale il controllo topografico per il rispetto dei limiti di tolleranza richiesti dal collegamento tra la flangia d'estremità del concio F e la piastra annegata nei core di calcestruzzo.

**fig. 19 - dettaglio conci G ed F in officina**

**fig. 20 – puntoni assemblati in officina**

**fig. 21 - preriscaldo dell'ogiva**

**fig. 22 - incrocio di saldatura delle tre lamiere su ogiva**

**4. PROCESSI DI QUALIFICA**

Oltre che dal punto di vista strutturale, la torre Isozaki è stato un interessante esempio di aggiornamento normativo secondo il nuovo "Regolamento europeo per i prodotti da costruzione n. 305/2011". Infatti, sebbene le travi di cintura e in generale tutte le strutture metalliche impiegate, hanno seguito un processo di qualificazione secondo DM 14/01/2008 "Norme tecniche di costruzione" per mezzo dell'accreditamento dei produttori come "centro di trasformazione" presso il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, i puntoni hanno ottenuto la marcatura CE ai sensi della norma Uni EN 1090-1 "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio". Nonostante la loro produzione fosse avvenuta prima dello scadere del regime facoltativo per l'apposizione della marcatura CE avente data 01/07/2014, il produttore ha comunque intrapreso e portato a termine un percorso di qualifica secondo la Uni EN 1090, con il supporto di un ente terzo rappresentato da Iis cert.

È stato quindi implementato un sistema di controllo del processo di produzione di fabbrica (Fpc) e sono state effettuate prove sperimentali in conformità alla norma armonizzata di riferimento. La conformità di tale sistema di controllo (*factory production control*) è stata certificata dall'organismo notificato. Alla base della marcatura CE dei puntoni sono quindi presenti:

- la Dop - declaration of performance redatta dal produttore;
- il Certificato di conformità del controllo di produzione in fabbrica emesso dall'organismo notificato.

In particolare, l'approfondita attività di controllo e qualifica ha permesso di confermare l'applicabilità della norma armonizzata di prodotto EN 1090-1 al caso in esame, rilevando come la norma suddetta non preveda l'esclusione di materiali e/o processi non specificamente ricompresi tra i requisiti individuati dal "codice di fabbricazione" EN 1090-2, salvo precisarne le caratteristiche influenzanti le prestazioni oggetto della finale dichiarazione di prestazione (Dop) dei componenti coinvolti e le relative opportune modalità di controllo nell'ambito del documento "specifica di componente". Tale documento, emesso dal progettista in accordo alla UNI EN 1090-1 sulla base degli esiti del processo di progettazione strutturale esecutiva e dei coerenti requisiti

di controllo della fabbricazione sulla base di quanto previsto dal “Codice di fabbricazione EN 1090-2”, costituisce una specifica tecnica indispensabile per definire le indicazioni da ottemperare per la fornitura delle opere

**fig. 23 - puntoni P3 e P4 in posizione**

**5. IL COLLAUDO E IL MONITORAGGIO**

Nell’ambito dell’attività effettuata dall’ing. Bruno Finzi in qualità di collaudatore statico ai sensi dell’art. 7 della legge 5.11.1971 n. 1086 e art. 67 Dpr 6 giugno 2001 n. 380, sono stati effettuati tutti i controlli che hanno permesso di validare le assunzioni progettuali, di valutare l’efficacia delle azioni intraprese nel corso della realizzazione, di desumere utili informazioni sul comportamento globale della costruzione e di monitorare lo stato di conservazione dell’opera, assicurando maggiore efficacia alle programmate operazioni di manutenzione, a garanzia del mantenimento nel tempo delle prestazioni di base definite a progetto.

Le tematiche di maggior rilevanza nell’ambito del monitoraggio strutturale effettuato, riguardano l’evoluzione dei cedimenti fondali e le interazioni con le costruzioni poste in adiacenza, il comportamento a lungo termine dell’intera costruzione, associato ai fenomeni lenti di ritiro e viscosità che caratterizzano gli elementi portanti in calcestruzzo, influenzando sensibilmente le parti metalliche e l’interazione vento-struttura. In particolare sono stati operati controlli specifici relativamente al comportamento fondale, ai cedimenti propri di torre e piastra oltre a quelli indotti sulle costruzioni adiacenti, all’evoluzione dello stato tensionale delle travi cintura intermedie in acciaio, agli abbassamenti differiti di colonne e nuclei, al mantenimento della verticalità entro tolleranze prestabilite.

Inoltre, in riferimento al comportamento dinamico complessivo della torre, sono stati eseguiti monitoraggi dinamici riguardanti i puntoni e, più in generale, sono state svolte specifiche prove di caratterizzazione sperimentale, di tipo ambientale, condotte sia in presenza che in assenza dei dissipatori viscosi alla base dei puntoni. A questo proposito si riporta sinteticamente un elenco della strumentazione installata per le attività di monitoraggio, svolte ai fini del collaudo:

- monitoraggio pali di fondazione: inclinometri e barrette estensimetriche;
- monitoraggio fondazione superficiale: celle di pressione e livellazione topografica di punti prestabiliti previa installazione di mire topografiche e prismi ottici;
- monitoraggio della falda: tubi piezometrici;

monitoraggio degli elementi in elevazione: livellazione topografica di punti prestabiliti previa installazione mire topografiche e prismi ottici;

- monitoraggio delle travi di cintura: estensimetri elettrici monoassiali, barrette estensimetriche, sonde di temperatura;
- monitoraggio degli impalcati soggetti a prove di carico: trasduttori elettrici (Lvdt) e flessimetri a filo;
- monitoraggio dinamico puntoni: sensori accelerometrici;
- monitoraggio dinamico torre: sensori accelerometrici;
- monitoraggio azioni eoliche: tacogonioanemometro.

## 6. CONCLUSIONI

Le complesse componenti in carpenteria metallica che costituiscono la torre Isozaki , oltre a fornire un importante esempio di complessità architettonica e strutturale, hanno fornito l'opportunità di sperimentare l'applicabilità della norma armonizzata di riferimento EN 1090, nell'ambito dell'apposizione di marcatura CE a manufatti in acciaio. Ciò ha permesso il controllo sistematico e approfondito di tutte le attività di fabbricazione dei vari elementi costituenti i puntoni, caratterizzati da una evidente complessità realizzativa che ha coinvolto numerosi subfornitori. In questa fase è stata di fondamentale importanza la collaborazione tra produttori, progettisti ed enti di controllo (si citano ad es. DL, collaudatore ed organismo certificatore), facilitando il completamento di un iter normativo nuovo e articolato.

**dr. ing. Bruno Finzi, dr. ing. Luca Rossini**
CeAS Centro di Analisi Strutturale Srl, Milano

**CREDITS**
**Committente:**
CityLife Spa, Milano

**GC:**
Colombo costruzioni Spa, Lecco

**Progettisti esecutivi strutture:**
Studio Iorio, Bergamo
ECSD s.r.l., Milano

**Fornitore delle belt truss:**
Cimolai s.p.a., Pordenone

**Fornitore dei puntoni:**
Mbm s.p.a., Caselle di Sommacampagna (VR)