COLLEGIO DEI TECNICI DELL'ACCIAIO

XXIV CONGRESSO C.T.A.

LE GIORNATE ITALIANE DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO

THE ITALIAN STEEL DAYS

30 settembre - 2 ottobre 2013
Torino

COMPLESSO MULTIFUNZIONALE PORTA VITTORIA - MILANO STRUTTURE METALLICHE DELL'EDIFICIO "HOTEL"

MULTIFUNCTIONAL COMPLEX PORTA VITTORIA - MILANO STEEL STRUCTURES BUILDING "HOTEL"

Ing. Giorgio Sassella
Colombo Costruzioni
Lecco, Italia
dir@colombo-costruzioni.it

Ing. Giovanni Costa
Prof. Ing. Pierangelo Pistoletti
SETECO Ingegneria S.r.l.
Genova, Italia
ufficiotecnico@setecoge.it

ABSTRACT

The paper presents the project for the Building "Hotel", as part of the subdivision on the area of the former railway station of Porta Vittoria in Milan.
The building consists of two steel structures with eight story more coverage: the main structural body is placed in the area above the railway underground and for that reason is made with a bridge truss of about 64 m span and 22 m in height, without intermediate columns. The other building is made with pinned beams, columns and vertical bracing on all four walls.
Described here are the details and design criteria of steel structures, the main phases of costruction and dynamic studies carried out on the problems associated with the vibration coming from the underground railway.

SOMMARIO

La presente memoria illustra il progetto delle strutture metalliche per l'Edificio Hotel nell'ambito della lottizzazione sull'area dell'ex scalo ferroviario di Porta Vittoria a Milano.
L'edificio è composto da due corpi di fabbrica interamente realizzati in acciaio, entrambi di otto piani più la copertura.
Il corpo principale è collocato sull'area soprastante il passante ferroviario interrato e per tale ragione è realizzata con un ponte reticolare di circa 64 m di luce e di 22 m di altezza, senza colonne intermedie; il fabbricato adiacente allo scavalco è invece realizzato con una struttura tradizionale a colonne pendolari e controventi verticali sulle quattro pareti.
Vengono di seguito descritti i principali criteri che hanno determinato le scelte progettuali effettuate, le principali fasi di costruzione e montaggio e gli studi dinamici svolti per le problematiche associate al disturbo vibrazionale proveniente dal passante ferroviario.

1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'edificio "Hotel" è un fabbricato a destinazione d'uso alberghiera che si colloca all'interno dell'intervento di nuova lottizzazione sull'area dell'ex-scalo ferroviario di Porta Vittoria. La presenza del passante ferroviario interrato nella porzione di superficie destinata alla realizzazione dell'Hotel è stato l'elemento determinante per lo sviluppo della progettazione architettonica e strutturale dell'edificio, richiedendo una particolare configurazione delle strutture portanti e imponendo specifiche restrizioni al comportamento dinamico dell'edificio per il soddisfacimento dei requisiti di confort. L'edificio è costituito da 8 piani abitabili per un'altezza complessiva fuori terra pari a circa 35.1 m; ciascun piano sviluppa una superficie lorda in pianta pari a circa 1950 mq.

Fig. 1: Strutture metalliche – Vista d'assieme

Dal punto di vista strutturale l'Hotel è suddiviso in due corpi di fabbrica a pianta rettangolare e fra di loro staticamente indipendenti, separati da un giunto sismico: il fabbricato denominato "Scavalco", che si estende per 80 m dal picchetto H/1 al picchetto H/16, ed il fabbricato denominato "Edificio 2", che si estende per circa 36 m dal picchetto H/17 al picchetto H/21. Tale suddivisione è dovuta, oltre che alle consuete esigenze legate agli effetti delle dilatazioni termiche, soprattutto alla diversa posizione planimetrica dei due corpi: l'edificio "Scavalco" viene infatti a trovarsi a cavallo della zona di passaggio del passante ferroviario interrato e per tale ragione la disposizione delle colonne di sostegno ha dovuto seguire una logica completamente diversa dall'"Edificio 2". La Larghezza della sezione trasversale è di 16.6 m.
Nei successivi paragrafi verranno descritte le peculiarità strutturali delle due strutture.

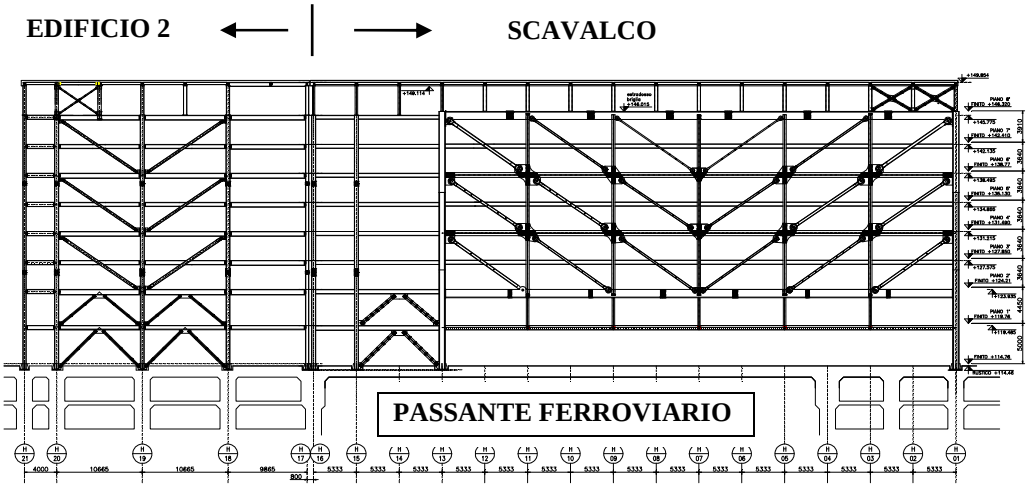

Fig. 2 – Suddivisione dei corpi di fabbrica

1.1 Strutture metalliche edificio “Scavalco”

La presenza del passante ferroviario interrato ha vincolato fortemente la definizione della geometria strutturale di questo corpo: non era possibile prevedere punti di scarico in fondazione in tutta la fascia di pertinenza del passante, obbligando quindi a posizionare le colonne portanti sulle estremità del perimetro laterale e sostenendo le strutture di impalcato a tutti i piani con due grandi pareti reticolari longitudinali.

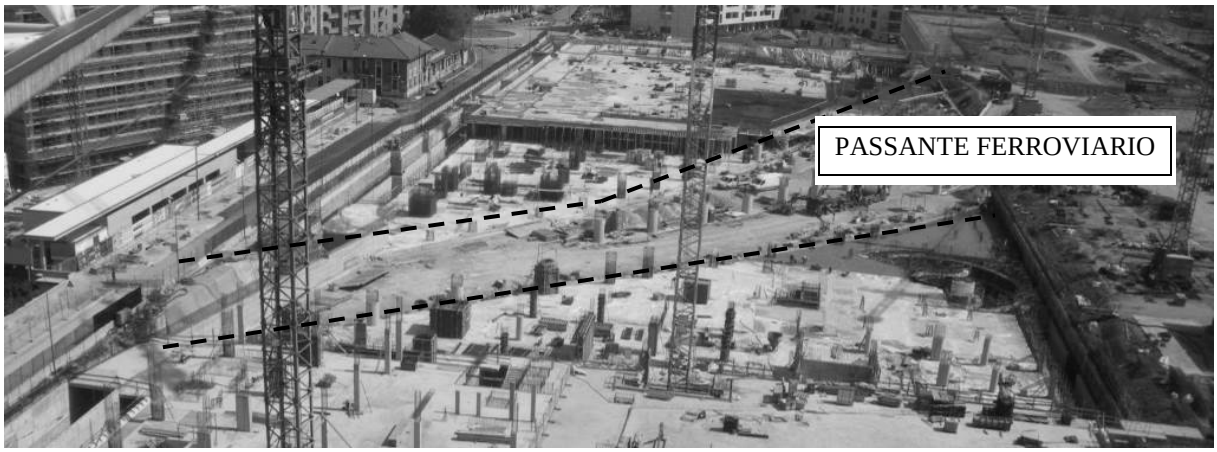

Fig. 3 – Posizione del passante ferroviario

Le travi reticolari longitudinali di parete sono quindi ordite su una luce di circa 64 m e sono sostenute da colonne metalliche che scaricano sul solaio di quota +0.00, immediatamente al di fuori dal sedime ferroviario interrato. Le travi-parete si sviluppano su tre ordini di maglia reticolare base (10.66 m di lunghezza per 7.30 m di altezza per ciascuna maglia), raggiungendo un interasse di circa 22 m fra la briglia inferiore disposta al livello del secondo piano e la briglia superiore disposta alla quota del piano ottavo; i restanti campi in pianta sono sostenuti da colonne fondate a quota +0.00. Le strutture del primo piano sono appese all’intradosso delle travi reticolari di parete, mentre il piano di copertura, realizzato in falso rispetto alle pareti laterali, è sostenuto dalle travi di impalcato del piano 8. Per assecondare l’andamento planimetrico del passante le due pareti reticolari risultano fra di loro sfalsate di un campo e mezzo.

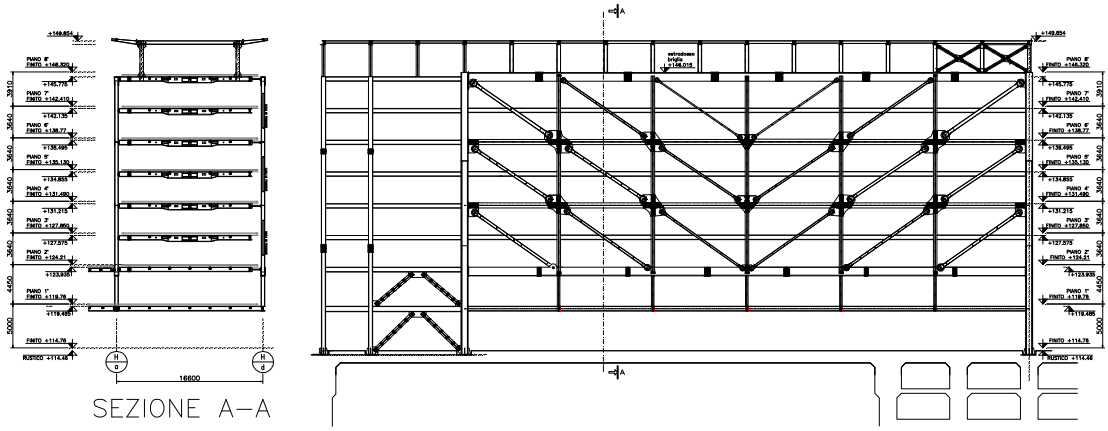

Fig. 4 - Prospetto e sezione trasversale tipica

Gli elementi costituenti le aste di corrente delle reticolari principali sono realizzati con profili composti per saldatura, con sezione trasversale a Π per la briglia superiore ed inferiore e sezione traversale a doppio T ad anima orizzontale per quelle intermedie, con spessori delle lamiere di composizione variabili da 20 fino a 70 mm. Le aste di parete sono realizzate con sezione a doppio T composta saldata per i montanti (spessori lamiere variabili da 15 a 40 mm) e

da piatti sezione rettangolare per le diagonali (spessori pacchetto da 140 a 240 mm, accoppiati con barre filettate e saldature nelle zone terminali).

Fig. 5 – Prospetto di un campo di trave reticolare longitudinale

La scelta delle sezioni trasversali è legata, oltre che alle esigenze statiche, anche alla tipologia dei collegamento prescelta per i nodi della trave reticolare: infatti le briglie di estremità si collegano con giunti bullonati sulle anime ai montanti e con giunti a perno alle diagonali in piatto; queste ultime presentano una espansione per compensare la riduzione di sezione resistente dovuta al foro del perno, mentre le anime del Π accolgono direttamente, salvo alcuni casi di espansione, collegamento alla diagonale. Le briglie superiori ed inferiori sono suddivise in conci di lunghezza massima pari a 10’000 mm, collegate fra loro con coprigiunti bullonati ad attrito sia sulle anime che sulla piattabanda.
Le briglie intermedie, disposte con anima orizzontale, si collegano invece alle aste di parete mediante una coppia di piatti di coprigiunto, disposti all’esterno del profilo e collegati con bulloni a taglio ai montanti e con un collegamento a perno alle diagonali in piatto.

Fig. 6 – Dettaglio nodo briglia superiore ed intermedia

Le colonne dello “Scavalco” sono realizzate in profili composti saldati con sezione trasversale a doppio T: le colonne principali, ossia quelle direttamente a sostegno delle pareti reticolari hanno un ingombro di 800 x 800 mm e presentano raddoppi di piattabanda per spessori complessivi fino a 110 mm, mentre le colonne degli altri allineamenti hanno ingombro 500 x 500 mm e spessori massimi di 40 mm.

Ciascuna colonna è suddivisa, per esigenze di spedizione, in conci di lunghezza massima 12’000 mm e collegata con coprigiunti bullonati ad attrito in anima ed in piattabanda. Per le colonne da 800 x 800 mm, data l’elevata entità delle sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente, si è deciso di realizzare dei giunti a contatto: le teste delle colonne sono state fresate di macchina per garantire il contatto ed i relativi coprigiunti sono stati dimensionati, ai sensi di norma, per assorbire ad attrito il 50% delle sollecitazioni di progetto. Le colonne dei portali trasversali a sostegno della copertura sono invece realizzate con profili tubolari di diametro ϕ 406 x 16 mm e ϕ 457 x 30 mm sui portali più larghi.
Il controventamento delle strutture verticali è garantito nel piano longitudinale da una coppia di crociere a V rovescia disposte sulle pareti dei primi due piani. Nel piano trasversale la stabilità del sistema è garantita da due pareti di controventi a V disposte in testata all’edificio (picchetti H/01 e H/16).

Fig. 7 – Controventi longitudinali e trasversali

L’elemento di controventamento orizzontale è costituito ad ogni piano da una soletta in cemento armato gettata su lamiera grecata; lo spessore complessivo della soletta è pari a 13 cm (altezza greca 5.5 cm +7.5 cm getto di completamento) e viene utilizzato per la collaborazione con le travi metalliche di impalcato, sia principali che secondarie.
Le travi di impalcato sono realizzate con profili a doppio T composti per saldatura nel caso delle travi principali, mentre le travi secondarie sono realizzate con profili a doppio T laminati. Per effetto dello sfalsamento fra le pareti reticolari è stato necessario introdurre una orditura di travi longitudinali di bordo che consentisse di riportare le azioni di piano delle travi trasversali sempre nei nodi di ciascuna parete, evitando gli aggravi di sollecitazione derivanti da eventuali carichi fuori schema.

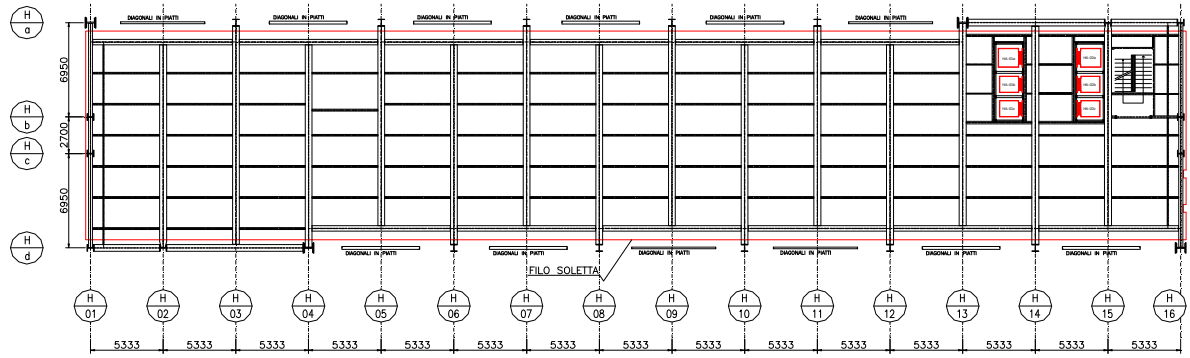

Fig. 8 – Pianta orditure di impalcato tipiche

Per esigenze di ingombri architettonici e per consentire la flessibilità di impiantistica necessaria ad una struttura alberghiera, le travi trasversali hanno un andamento sagomato con un serie di forometrie in anima opportunamente irrigidite. Ai primi due piani l'impalcato presenta uno sbalzo di circa 3.50 m rispetto alla parete reticolare dal lato nord del fabbricato.
Le orditure di impalcato sono schematizzate come travi in semplice appoggio e presentano tutte tipologie di collegamento con giunti bullonati a taglio, realizzati con squadretta o flangia a seconda del livello di sollecitazione.

Fig. 9 – Vista trasversali e longitudinali di impalcato

La particolarità della struttura è costituita anche dal fatto di venire realizzata su appoggi verticali e riscontri orizzontali costituiti da isolatori elastomerici, la cui funzione è quella di filtrare le eventuali vibrazioni indotte dal traffico ferroviario all'interno del passante interrato già esistente sotto il piano delle fondazioni dell'edificio.

Fig. 10 – Dettaglio piastra di base con isolatori elastomerici laterali

Le piastre di base delle colonne sono state opportunamente adattate dal punto di vista della geometria per consentire l'alloggiamento degli isolatori elastomerici verticali, disposti all'intradosso della piastra di base, e di quelli orizzontali disposti lateralmente alle colonne in numeri di pezzi proporzionali alle reazioni dei vincoli.

1.2 Strutture metalliche edificio “Edificio 2”

La struttura metallica del suddetto corpo di fabbrica è costituita da una struttura tradizionale di tipo pendolare con colonne a doppio T a sostegno delle orditure di impalcato ed il cui controventamento è garantito nel piano longitudinale da una serie di maglie di controvento a V rovescia disposte fra i picchetti H/18 e H20. Trasversalmente la stabilità del sistema è garantita da due pareti di controventi a V disposte in testata all’edificio (picchetti H/17 e H/21) e del tutto analoghe a quelle del fabbricato denominato “Scavalco”.

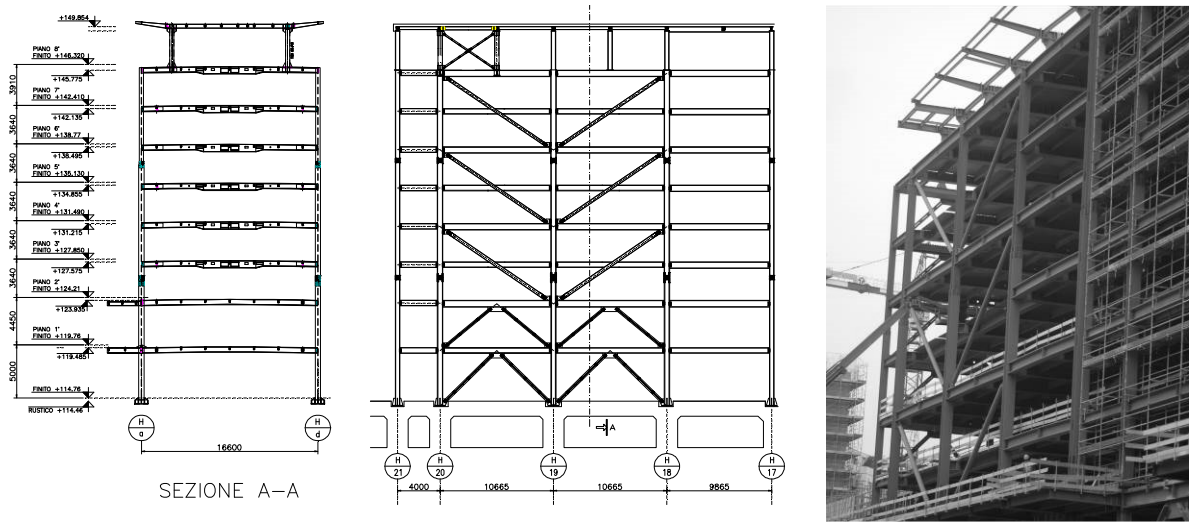

Fig. 11 - Prospetto e sezione trasversale tipica – Dettaglio controventi longitudinali

Le orditure di impalcato e la soletta in cemento armato mantengono le stesse impostazioni di progetto del corpo adiacente.
Anche per l’Edificio 2 è stata prevista l’adozione dei dispositivi di isolamento alle vibrazioni realizzati con elementi in elastomero armato disposti all’intradosso e lateralmente alle piastre di base.

2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

La sviluppo progettuale dell’edificio, come già abbondantemente descritto in precedenza, è stato condizionato dalla presenza del Passante Ferroviario interrato sia dal punto di vista della geometria strutturale che dal punto di vista delle operazioni di calcolo: infatti, per evitare eventuali problematiche nella futura gestione della struttura alberghiera è stato previsto un diffuso sistema di isolamento alle vibrazioni indotte dal traffico ferroviario nel passante, già esistente ed in esercizio sotto il piano delle fondazioni dell’edificio.
La presenza di tali elementi è stata quindi valutata nel dimensionamento sia statico che sismico delle strutture metalliche mediante l’introduzione nel modello globale F.E.M. di molle di opportuna rigidezza (sulla base dei dati tecnici di rigidezza forniti dal Produttore degli stessi).
Inoltre, sulla base di una campagna di rilevamento delle vibrazioni indotte dall’esercizio ferroviario, sono state effettuate sulle strutture dell’edificio analisi dinamiche tipo Time History per ottenere sia nella configurazione di traffico attuale sia in una ipotetica configurazione futura (legata al degrado del materiale rotabile) le risposte in termini di accelerazione in una serie di punti caratteristici della struttura.
Tali risposte sono state poi oggetto di uno studio specialistico che ha portato a definire i parametri di rigidezza e smorzamento degli isolatori elastomerici necessari a garantire, nel corso della vita utile dell’edificio, l’assenza di fenomeni di disturbo alle attività umane previste dal-

la destinazione d'uso, anche nello scenario di vibrazioni ambientali più sfavorevole (massimo traffico ferroviario con degrado del materiale rotabile).

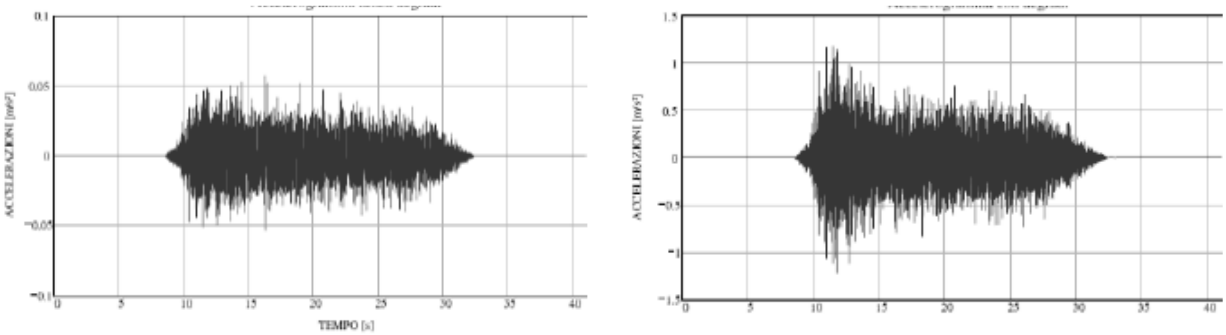

Fig. 12 – Accelerogrammi senza e con degrado ([s] e [m/s^2])

Dal punto di vista statico le strutture principali e secondarie sono state dimensionate ai sensi delle vigenti normative italiane (D.M. 14/01/2008); dal punto di vista delle azioni sismiche la struttura è stata dimensionata utilizzando un fattore di struttura unitario e lo spettro di progetto coincidente con lo spettro di risposta elastico in termini di accelerazione. La costruzione è sita nel Comune di Milano, zona sismica 4, categoria sottosuolo C e coefficiente topografico T1; si è considerato una vita nominale pari a 50 anni ed una classe d'uso III.

3 CENNI SUL MONTAGGIO

Il montaggio dell'opera è stato realizzato con gru da terra sfruttando l'elevata flessibilità delle strutture bullonate che permettono di lavorare su elementi più o meno lunghi in funzione dei mezzi e dell'area di cantiere a disposizione.
Sono state previste delle pile provvisorie in corrispondenza di ciascun nodo delle travi reticolari longitudinali (interasse 10.66 m). In funzione degli scarichi ammessi sul solettone e sui pilastri del piano terra si è quindi valutato di poter assemblare l'intera struttura metallica e le relative lamiere grecate di impalcato utilizzando tali supporti. E' stato inoltre possibile e compatibile con gli scarichi a terra effettuare il getto della soletta al piano 6, che è stata utilizzata come piano di appoggio per il completamento delle strutture reticolari e di impalcato fino al piano 8. Una volta terminato l'assemblaggio delle strutture dal piano 2 al piano 8 sono stati rimossi, mediante martinetti idraulici, gli appoggi sulle pile provvisorie al di sotto della briglia inferiore, portando quindi in carico le strutture di parete sulla luce di lavoro prevista in esercizio. Dopo di che sono stati completati i montaggi della carpenteria metallica del piano 1 e del piano 8 ed è stata effettuato il getto delle solette per tutti i rimanenti impalcati, completando così le strutture portanti dell'edificio.

4 CONCLUSIONI

Il progetto in questione ha evidenziato che la destinazione d'uso dell'edificio e le condizioni al contorno del sito possono influenzare fortemente le scelte progettuali ed i parametri prestazioni delle strutture. In particolare nel caso in esame la scelta di una struttura metallica ha consentito la risoluzione di problematiche statiche di notevole complessità come la grande luce delle colonne di sostegno e la necessità di prevedere tipologie di appoggio particolari al piede delle stesse.

PAROLE CHIAVE

Porta Vittoria, Edifici a ponte, Strutture metalliche, Travi reticolari, Vibrazioni