

Cantieri complessi nelle metropoli: il nuovo edificio di Via Cambi a Milano



MSC Associati S.r.l.
architettura e ingegneria

Ing. Danilo Campagna, danilo.campagna@mscassociati.it
Ing. Alessandro Aronica, alessandro.aronica@mscassociati.it

Se in passato il viaggio verso il centro della città offriva panorami caratterizzati da nuclei abitati e aree rurali oggi lo stesso tragitto offre paesaggi sempre meno variabili. La crescita costante dei centri urbani, legata a fattori economici, sociali e culturali, ha trasformato sempre più questi panorami in un tessuto urbano continuo costituito da case, palazzi, uffici e capannoni che ormai spesso non evidenziano più la differenza tra periferia e centro.

In particolare tale sviluppo è stato più sensibile in prossimità delle arterie di comunicazione proprio perché, le zone limitrofe a queste aree, sono diventate più appetibili commercialmente per la loro posizione. Il risultato è stato un incremento delle edificazioni laddove si sono create infrastrutture costruite per collegare la vecchia periferia al centro. Questa circostanza ha fatto dunque sì che, aree attigue alle arterie principali di comunicazione, diventassero molto richieste in relazione al valore aggiunto degli immobili per la propria accessibilità.

Da venti anni a questa parte, molte di quelle aree che venivano scartate in quanto i costi legati alle interferenze tra le infrastrutture e le nuove edificazioni avevano impatti significativi sui quadri economici degli sviluppi immobiliari, sono state rivalutate proprio perché, grazie all'incremento di valore legato a tale caratteristica, si è riusciti a colmare questo surplus economico. Questi fattori sono stati quindi quelli che hanno portato alla possibilità di realizzare edifici laddove, fino a qualche decennio prima non si sarebbe edificato, come ad esempio sopra a gallerie metropolitane, a lato di stazioni ferroviarie o in sovrapposizione ad importanti nodi di interscambio infrastrutturali. Si sono dovuti risolvere complessi problemi di ingegneria e di cantierizzazione spesso legati ad importanti soluzioni progettuali.

Questa caratteristica si è presentata comune a molte metropoli europee ed internazionali; nella città di Milano le difficoltà tecniche di cantierizzazione sono risultate a volte anche più complesse in quanto, oltre ai problemi tecnici di interferenza prima esposti, si è aggiunta anche la risalita della quota della falda freatica superficiale. Questa circostanza è risultata essere strettamente legata all'urbanizzazione e allo sviluppo sociale della città che, da quando dagli anni '80 ha visto ridurre sempre di più gli emungimenti in relazione alla diminuzione della produzione industriale, ha registrato un sempre più crescente innalzamento del livello della falda freatica superficiale.

Sulla scorta della premessa fatta si vuole allora presentare un progetto che, per il proprio sviluppo, ha dovuto contemplare e risolvere alcuni dei problemi sopra esposti.

L'edificio in oggetto è quello realizzato in Via Cambi a Milano, costruito a lato della stazione della metropolitana MM1 di Lampugnano.

Il progetto strutturale della Torre è a firma dell'Ing. Danilo Campagna della MSC Associati s.r.l., quello architettonico dell'architetto Valentino Benati di Milano, mentre la proprietà è costituita da Crivelli S.r.l. Oggi l'edificio è utilizzato prevalentemente ad uso uffici e costituisce il completamento del fabbricato attiguo preesistente.



Fig. 1-2 : Rendering Architettonici dell' Edificio via Cambi

L'edificio conta 4 piani interrati, destinati ad uso parcheggi e 13 piani fuori terra destinati prevalentemente ad uso uffici, comprendendo al piano terra un'Area Wellness, a servizio della proprietà. Il fabbricato si sviluppa su una pianta di circa 1650 m² per la parte interrata, di 1150 m² per i primi 8 piani fuori terra e si restringe ad una superficie di 650 m² per i piani mancanti raggiungendo un'altezza totale dallo spiccatto di fondazione di oltre 67 m, di cui 53 fuoriterra.

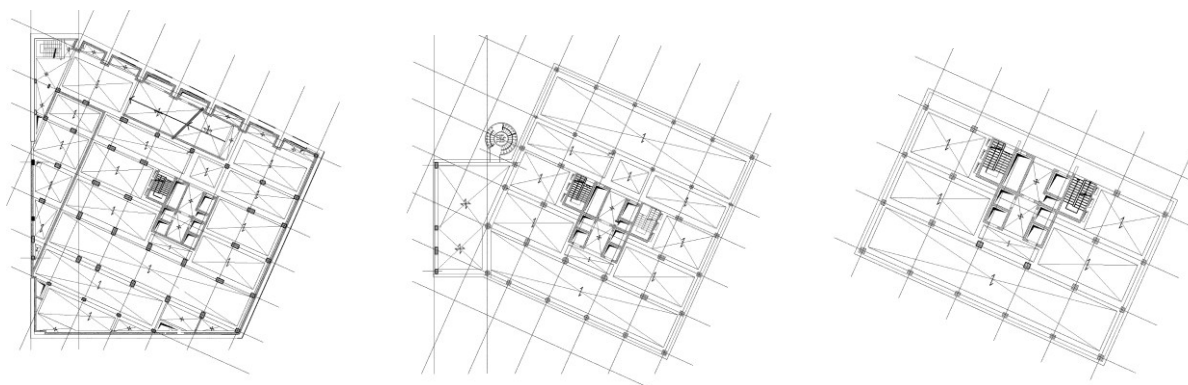


Fig. 3-4-5 : piante caratteristiche piani interrati, terra e copertura

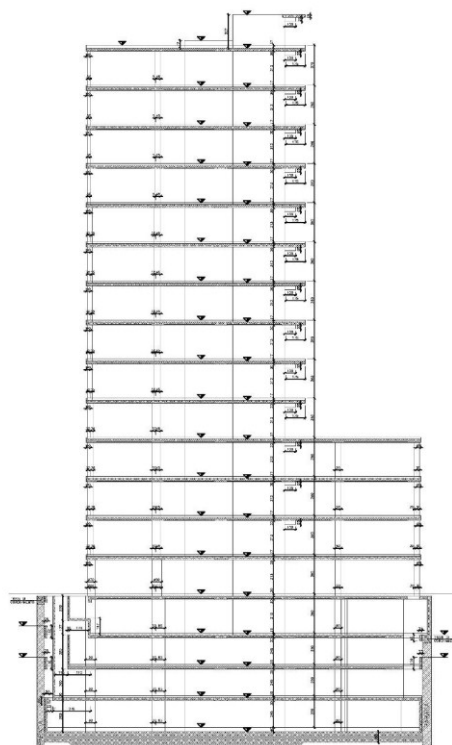


Fig. 6 : sezione verticale dell'edificio

La struttura portante dell'edificio è stata realizzata in calcestruzzo con nuclei scala e ascensori centrali di controvento, telai di pilastri e travi in spessore e solai unidirezionali in predalle.

Per la progettazione di questo edificio si sono dovuti risolvere un insieme di problemi complessi tra loro interagenti qui di seguito descritti.

Il primo è stato quello di dover costruire il fabbricato in aderenza alla galleria della metropolitana MM1 con i primi tre piani interrati impostati sotto la quota del ferro dei binari.

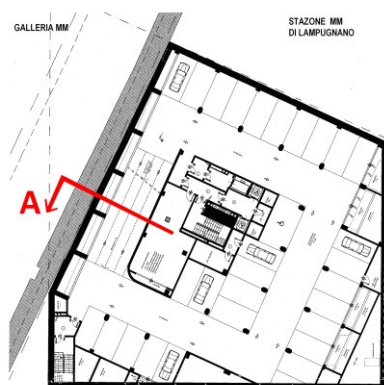


Fig. 6-7 : pianta interrato e sezione A

Il secondo problema è stato quello di avere il perimetro di costruzione coincidente con il perimetro di proprietà che ha impedito di realizzare delle scarpe per arrivare alla quota di imposta delle fondazioni. Il terzo e ultimo problema è stato invece quello di dover garantire l'impermeabilità del quarto piano interrato posto al di sotto della quota di falda di progetto.

La soluzione tecnica adottata per risolvere i problemi sopra esposti è stata quella di realizzare delle opere di contenimento scavi definitive che offrissero una sufficiente robustezza e rigidezza alla deformazione per poter garantire la sicurezza delle adiacenti galleria e stazione della metropolitana MM1. Tale problema è stato risolto utilizzando, su 3 dei 4 lati del perimetro di costruzione, delle paratie in cemento armato tirantate con 2 o 3 ordini di tiranti.

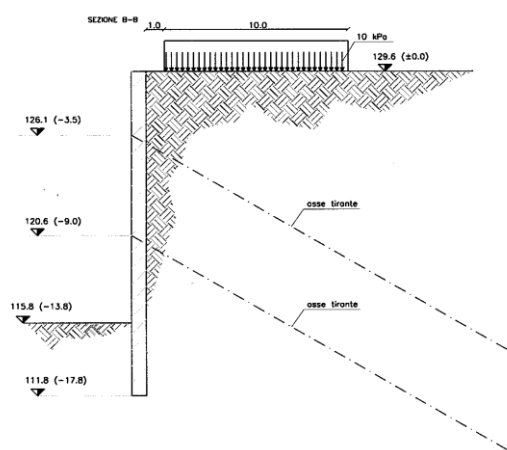


Fig. 7-8 : sezione tipologica e immagine paratie perimetrali

Sul 4° lato, adiacente alla galleria a doppio binario della metropolitana, si è deciso invece di costruire dei pannelli di paratia con sezione a T caratterizzati da una maggior rigidezza flessionale che ha permesso di limitare le deformabilità orizzontale dei diaframmi.

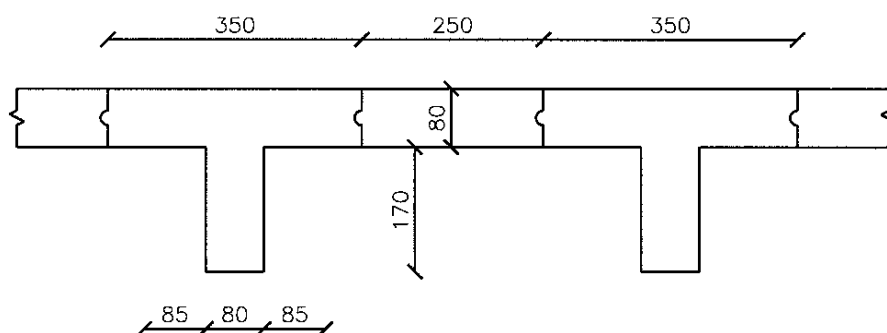


Fig. 9 : sezione tipologica paratie a "T"



Fig. 10 e 11 : viste delle paratie con sezione a "T"

Tale scelta è stata adottata per limitare la deformazione della galleria della metropolitana durante il corso dello scavo di sbancamento. La galleria, costruita nella metà degli anni '70 con la tecnica "a cielo aperto" e successivamente interrata, è infatti costituita da un telaio in cemento armato con muri continui costituenti i ritzi verticali e solaio di impalcato realizzato con travi in cemento armato precompresso il cui estradosso, in questo tratto, risulta essere a circa 2 metri sotto il piano campagna. La progettazione realizzata è stata sottoposta e approvata all'attento giudizio della MM (Metropolitana Milanese) che supervisiona la costruzione di tutti i fabbricati interferenti con le infrastrutture della rete metropolitana. In particolare, oltre a presentare le canoniche verifiche statiche sui nuovi manufatti in progetto, si è dovuto presentare lo studio di interazione tra le nuove opere e quelle esistenti. Questo dimostrando che, le deformazioni impresse alla galleria della metropolitana dovute al deconfinamento del terreno in relazione alle operazioni di scavo nell'adiacente area, inducessero nei manufatti esistenti delle sollecitazioni accettabili, tali da non pregiudicare la sicurezza della galleria che è rimasta in esercizio durante tutte le fasi di costruzione dell'edificio.

Prima di iniziare la cantierizzazione si è dovuto definire un sistema di monitoraggio della galleria da realizzare durante il corso dei lavori condiviso anche con i tecnici di ATM. Queste misurazioni hanno monitorato gli spostamenti occorsi durante le fasi di realizzazione delle paratie e delle operazioni di sbancamento dello scavo, confrontando i dati sperimentali con quelli teorici calcolati nello studio di interazione svolto. Sono stati quindi definiti, nelle varie sequenze temporali dei lavori, dei valori di spostamento di attenzione e di allarme che permettessero al gestore ATM della linea della metropolitana il monitoraggio della deformazione strutturale della galleria e quindi della relativa sicurezza statica. Nel dettaglio sono state controllate le deformazioni angolari di due sezioni caratteristiche della galleria posizionate ai due terzi della lunghezza in adiacenza al sedime di costruzione.

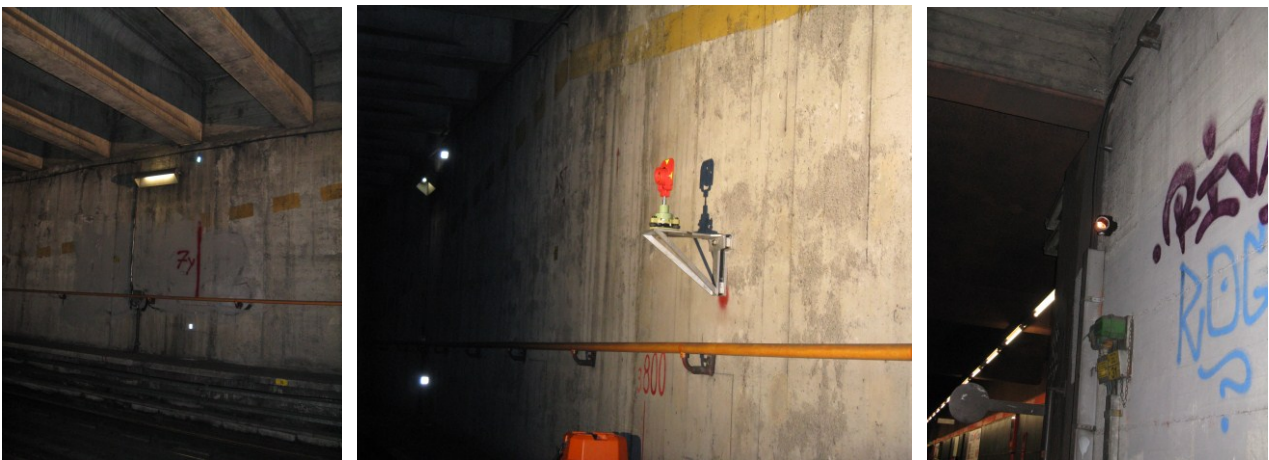


Fig. 12-13-14 : mire installate all'interno della galleria per il monitoraggio

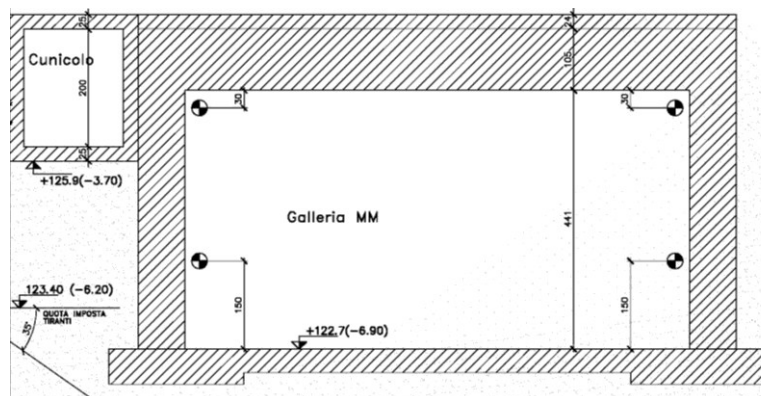


Fig. 15 : tracciamento delle mire installate all'interno di due sezioni della galleria per il monitoraggio

Il monitoraggio è stato programmato temporalmente in fasi prestabilite delle operazioni di scavo ed è consistito nella lettura degli spostamenti orizzontali e verticali di apposite mire installate sulla galleria prima e durante l'esecuzione dei lavori. Queste letture sono state svolte durante la notte, con il servizio della linea metropolitana chiuso, mediante l'utilizzo di una strumentazione topografica ad alta precisione.

L'acquisizione di tali dati ha richiesto di definire una precisa rete esterna di punti di riferimento considerati fissi in relazioni agli spostamenti attesi.

Oltre la deformazione interna delle due sezioni della galleria sono stati monitorati anche gli spostamenti orizzontali, dovuti alla deformazione flessionale, dei retrostanti pannelli di paratia.

Nel corso delle operazioni di scavo tali spostamenti sono risultati essere inferiori a quelli attesi, confermando così la correttezza della soluzione progettuale adottata. Il monitoraggio è stato concluso con il collaudo statico dei lavori strutturali di costruzione della Torre.

Per quanto concerne il problema della falda, considerata in progetto e assente durante le fasi di cantierizzazione, si è assunto che la quota massima fosse all'incirca + 120.00 s.l.m. , coincidente con la quota di estradosso del solaio del piano terzo interrato.

Questa circostanza, oltre il sovradimensionamento delle opere di confinamento del terreno per la sovrappressione esercitata dal gradiente idraulico, ha reso necessaria l'impermeabilizzazione del piano 4° interrato, potenzialmente in acqua.

Tra le varie soluzioni possibili si è adottata quella di tipo "a vasca bianca" prevedendo la realizzazione della platea di fondazione e delle pareti perimetrali al piano quarto interrato a tenuta idraulica.

Tale tecnica costruttiva prevede di fatto, attraverso l'adozione di opportuni accorgimenti costruttivi, di realizzare calcestruzzi impermeabili resistenti alle pressioni del gradiente idraulico di progetto.

Questa soluzione progettuale consiste nel realizzare getti in calcestruzzo in cui vengono programmate preventivamente le sezioni di fessurazione che, in seconda fase, vengono poi iniettate di resina epossidica rendendo la piastra realizzata impermeabile.

L'identificazione delle sezioni di prefessurazione è stata imposta inserendo nello spessore dei getti di calcestruzzo dei pannelli in pvc orditi perpendicolarmente al piano medio della piastra da gettare, come visibile nelle seguenti immagini:

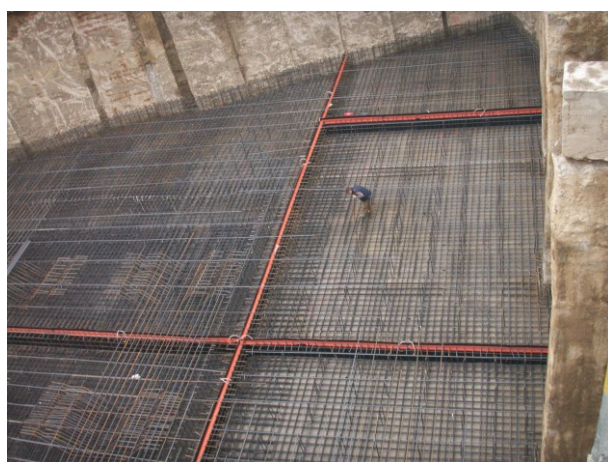


Fig. 16 - 17 : pannelli di prefessurazione posizionati nello spessore della platea fondazionale

Nella parte estradosso dei pannelli sono state previste delle spugne connesse a tubicini che, una volta completato il getto di calcestruzzo, sono risultati emergenti dall'estradosso della platea. Questi sono serviti ad iniettare le resine epossidiche per saturare le fessure nate in relazione al ritiro igrometrico del calcestruzzo, sviluppatosi successivamente alle operazioni di getto. I pannelli di

prefessurazione vengono contenuti nello spessore del getto, internamente alle reti di armatura intradossale ed estradossale, garantendo quindi la continuità delle barre necessarie per l'equilibrio degli sforzi flessionali sollecitanti.

Il posizionamento planimetrico di tali elementi va però attentamente studiato in relazione alle sollecitazioni agenti sulla platea fondazionale cercando di posizionare questi elementi, che comunque costituiscono locali indebolimenti del getto, nelle zone staticamente meno sollecitate. Tale operazione è stata quindi possibile una volta completata l'analisi strutturale dell'edificio, localizzando quindi le zone meno sollecitate della fondazione.

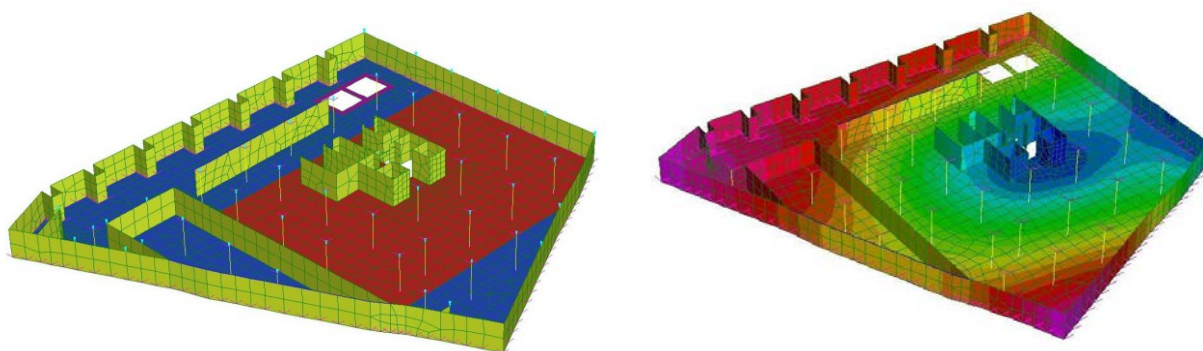


Fig. 18 - 19 : modello FEM della platea e andamento delle sollecitazioni

In conclusione, questo progetto ha presentato, oltre ai tradizionali problemi che si incontrano nella progettazione di fabbricati di queste dimensioni, tutta una serie di problematiche legate alle interferenze con infrastrutture esistenti adiacenti.

E' risultato sicuramente significativo l'aver seguito tutto il monitoraggio in fase di costruzione dell'edificio in quanto ciò ha permesso, attraverso l'analisi degli spostamenti registrati, di verificare la correttezza delle ipotesi progettuali assunte preliminarmente alla stesura del progetto.

Tale attività ha inoltre permesso di affinare la capacità e l'attenzione ai dettagli progettuali da adottare ogni qualvolta occorre redigere progettazioni complesse come quella presentata.