

Cemento

SOSTENIBILE

Tecnologia Porta Nuova Garibaldi a Milano

*Alessandro Aronica, Danilo Campagna**

Porta Nuova Garibaldi, situata tra la stazione ferroviaria di Porta Garibaldi e via Melchiorre Gioia, è una delle aree dismesse più rilevanti per Milano. Qui è in fase di realizzazione una riqualificazione urbanistica integrale che vedrà sorgere il nuovo quartiere di Porta Nuova – committente la società Caprera – con importanti investitori italiani e stranieri in gioco come Hines european development fund, Milano assicurazioni, Tiaa-Cref. Sta nascendo un'area di 230 mila metri quadrati, 160 mila dei quali destinati a spazi verdi e pedonali, che permetteranno di collegare nuovamente il quartiere Isola con corso Como e le Varesine. In particolare, il masterplan architettonico di Porta Nuova Garibaldi, dalla caratteristica forma a punto di domanda, è stato sviluppato dallo studio di Cesar Pelli (Pelli Clarke Pelli architects). Il progetto prevede la realizzazione di tre torri, di cui una con una guglia in sommità che sfiorerà i 220 metri, e altri edifici più bassi che costituiranno congiuntamente un nuovo quartiere, dove sorgeranno luoghi di socialità e culturali assieme a uffici e residenze.

Il progetto strutturale, a firma di Danilo Campagna e supervisionato da Antonio Migliacci, è stato sviluppato nella sede milanese di Msc associati. L'analisi delle strutture portanti è stata molto complessa ed è durata oltre tre anni sia per l'altezza degli edifici che

per l'interferenza con le infrastrutture esistenti nel sottosuolo, come il passante ferroviario, la nuova linea 5 della metropolitana e la via del Nord (galleria stradale per via Liberazione), opere di prossima realizzazione. Lo studio dei materiali per un intervento di queste dimensioni è stato di fondamentale importanza e il filo conduttore per le scelte progettuali è stata l'ecocompatibilità. Tutti gli edifici dell'area, infatti, sono stati sottoposti ai criteri di valutazione di sostenibilità ambientale imposti dalla certificazione Leed (Leadership in energy and environmental design). In particolare, per i calcestruzzi e le armature questi parametri prestazionali si sono tradotti nella fornitura di prodotti con la maggiore quantità possibile di contenuto riciclato, sia di post-consumo che di post-produzione industriale. Particolare attenzione è stata dedicata alle specifiche tecniche, con l'impiego delle linee guida redatte da Progetto concrete e fornite dal referente per la Lombardia, Gianfranco Albani.

Progetto concrete (vedi box) è un'iniziativa ideata e promossa dalle principali associazioni della filiera del cemento armato con l'obiettivo di favorire la crescita qualitativa di questo mercato e della sua progettazione attraverso la divulgazione delle Norme tecniche per le costruzioni, obiettivo per il quale il progetto ha ottenuto il patrocinio del Consiglio superiore dei lavori pubblici. Le linee guida hanno fornito un utile supporto tecnico per la stesura dei capitolati. Per l'analisi delle diverse miscele dei conglomerati cementizi, diversificati per resistenza e classi di consistenza, la società Enco ha condotto nei propri laboratori una serie di sperimentazioni utilizzando cementi e aggregati selezionati di Holcim, con additivi di Tecnochem italiana. In sintonia con le linee guida sono stati così concepiti i mix design per tutte le classi qualitative dei calcestruzzi previsti, quali C25/30, C30/37, C35/45, C45/55 e C60/75. Particolare impegno è stato dedicato allo studio del calcestruzzo Hsc (High strength concrete), classe C60/75, con caratteristiche Scc (Self compacting concrete), cioè di tipo autocompattante (flow \geq 600 mm), diametro max aggregato 14 mm, mantenimento della lavorabilità per 120', rapporto acqua/cemento \leq 0,35, pompabilità fino a 150 m di altezza e resistenza al fuoco R 120.

Fondazioni spesse

L'altezza delle torri ha portato alla realizzazione di platee di fondazione di spessore considerevole, variabile secondo gli edifici dai 185 ai 250 cm. Per la realizzazione di questi

**Alessandro Aronica ha coordinato il progetto strutturale per conto di Msc associati, Danilo Campagna, associato di Msc, ha svolto il ruolo di progettista strutturale*

*Nel progetto
strutturale firmato
da Msc associati
cls e armature
utilizzano
contenuto riciclato*





elementi è stata posta attenzione al calore di idratazione sviluppato da tali getti massivi. Nello specifico, si è impiegato un particolare calcestruzzo di tipo C30/37 di Holcim - cem 32,5 R, IV A (P-V) - con selezionati aggregati Φ max 22,4 mm (rapporto aggregati/cemento = 6,75). Inoltre, sono stati utilizzati diversi additivi per le necessità del caso: un superfluidificante policarbossilato formulato ad hoc (Tecnos azur Cb/Ab1), un ritardante della presa e dello sviluppo del calore di idratazione (Plastard 20), un formulato minerale finissimo ad attività pozzolanica (Microbeton Poz/Hz) e un innovativo additivo viscosizzante (Scc Visco). In tal modo è stato ottenuto, sia in sede di prequalifica che di getto operativo in cantiere, un cls a caratteristiche S5/Scc autocompattante (flow \geq 550 mm) a bassissimo calore di idratazione e rispondente alle caratteristiche fisico-meccaniche richieste in sede progettuale.

Prima di procedere ai getti delle platee si è verificato, mediante sperimentazione su modello in scala reale, che le miscele di progetto rispondessero a quanto teorizzato nelle prove di laboratorio eseguite in scala ridotta. In particolare, si è realizzato un campione di prova, delle dimensioni in pianta di 4x4 m, altezza 2,2 m, armato con sei strati incrociati di Φ 26 all'intradosso e all'estradosso, che simulasse verosimilmente una porzione tipica delle platee delle torri. Per simulare l'adiabaticità del getto reale sono stati inseriti pannelli di materiale termoisolante di spessore pari a 10 cm sui casseri del campione di prova. Il monitoraggio temporale dello sviluppo del calore dovuto alla maturazione del conglomerato cementizio è stato eseguito mediante ade-

missione Concrete

Progetto Concrete è un'iniziativa ideata e promossa dalle principali associazioni della filiera del cemento armato, Atecap (Associazione tecnica economica del calcestruzzo preconfezionato), Aitec (Associazione italiana tecnico-economica del cemento), Sismic (Associazione tecnica per la promozione degli acciai sismici per cemento armato), Conpaviper (Associazione nazionale pavimentazioni continue) e Assiad (Associazione italiana produttori di additivi e prodotti per calcestruzzo), per migliorare la qualità della prescrizione, progettazione e realizzazione delle opere in cemento armato. Obiettivo principe dell'iniziativa è favorire la crescita qualitativa del mercato del cemento armato e della sua progettazione attraverso la divulgazione delle vigenti Norme tecniche per le costruzioni, missione per la quale il progetto ha acquisito il patrocinio del Consiglio superiore dei Lavori pubblici, elemento che rafforza e accresce l'autorevolezza dell'iniziativa.

Progetto Concrete si realizza attraverso dieci ingegneri con una formazione specifica e di eccellenza nel campo delle strutture in cemento armato. Attraverso un'azione di consulenza diretta e di natura non commerciale presso le diverse categorie di prescrittori – siano essi professionisti della progettazione o tecnici delle amministrazioni territoriali o delle stazioni appaltanti – gli area manager svolgono un'azione divulgativa e di supporto tecnico gratuito per risolvere le problematiche connesse all'impiego del cemento armato.

Si avvalgono delle Linee guida per la prescrizione delle opere in cemento armato, che raccolgono tutte le indicazioni necessarie per la stesura di un capitolato d'appalto. Il documento consta di due parti: la prima contiene le indicazioni generali relative alla prescrizione delle opere; la seconda, organizzata sotto forma di schede, illustra le principali applicazioni del cemento armato riportando le relative voci di capitolato e i suggerimenti per la posa in opera e le modalità di getto.

Dopo un'iniziale fase di presentazione, l'attività di consulenza si è tradotta nell'adozione delle Linee guida nel loro complesso o di specifiche parti in 97 casi e nella collaborazione alla definizione delle specifiche di progetto in 145 casi. Queste iniziative sono state affiancate dalla stipula di 14 protocolli di intesa con enti pubblici e privati, con l'obiettivo di garantire la formazione, l'aggiornamento e la specializzazione del personale tecnico degli enti e dei loro consulenti esterni, che devono confrontarsi con le problematiche connesse alla progettazione e alla messa in opera del calcestruzzo e per fornire supporto nella stesura della documentazione tecnica.

Accanto all'attività di consulenza verso i professionisti e le società di ingegneria, si è consolidata anche una collaborazione con gli ordini professionali attraverso attività seminari e formative. Di recente si stanno intensificando anche i contatti con grandi committenze, stazioni appaltanti, imprese di costruzione e consorzi di imprese artigiane.

Attraverso questi incontri si mira non solo a un approfondimento sulla normativa tecnica, ma anche a evidenziare come le potenzialità in termini di durabilità, resistenza e sicurezza del cemento armato si coniughino con le caratteristiche funzionali anche di soluzioni costruttive innovative.

guata strumentazione. Nello specifico, è stata inserita all'interno del getto di prova una serie di termocoppie NiCr/Ni a diverse altezze di getto e di due Logger-Testo/T4 con frequenza di lettura ogni 15 minuti, che hanno permesso di registrare i gradienti termici nell'arco del tempo. Dopo circa un mese dal getto, il campione prova è stato fisicamente ribaltato per verificare il grado di costipazione del calcestruzzo sotto le armature inferiori.

I risultati ottenuti sono stati molto importanti per raffinare al meglio le miscele, poi utilizzate per le platee delle torri. In particolare, si è arrivati alla conclusione di frazionare in due semigetti lo spessore della platea proprio per evitare che gradienti termici troppo elevati potessero causare fessurazioni all'estradosso e pregiudicare l'efficienza statica e la durabilità delle barre di armatura. Sono state quindi inserite nella parte corticale del primo semigetto alcune armature atte a evitare fessurazioni nella zona di estradosso. La notevole fluidità del calcestruzzo utilizzato (S5/Sc), richiesta per garantire un ottimo grado di costipazione tra le barre di armature, ha creato un problema indiretto: la superficie di estradosso a getto completato si è presentata molto liscia. Per evitare una riduzione dell'aderenza con il getto superiore di seconda fase si è provveduto a migliorare il grip della ripresa, irruvidendo artificialmente tramite rastrellatura, poche ore dopo il getto, la superficie di estradosso del getto di prima fase. Questa operazione è stata condotta manualmente mediante l'utilizzo di una navicella predisposta anche per la vibrazione nelle zone di maggiore densità di armatura.

Nell'ottobre scorso l'impresa Colombo costruzioni di Lecco, general contractor dei lavori, ha realizzato la prima parte del getto della fondazione di una delle tre torri. Gli addetti coinvolti nell'operazione sono riusciti a realizzare in un'unica giornata un getto di calcestruzzo di oltre 1.200 metri cubi, messi in opera secondo le prescrizioni di progetto. ■

L'analisi delle strutture portanti degli edifici in costruzione nel quartiere Porta Nuova Garibaldi (nelle pagine precedenti un rendering del progetto di Cesar Pelli) ha richiesto oltre tre anni sia per l'altezza dei manufatti che per l'interferenza con le infrastrutture esistenti nel sottosuolo.

