



CIASCUN COMPONENTE È FONDAMENTALE NELLA FORMULAZIONE DEL CALCESTRUZZO: DAL CEMENTO CHE FUNGE DA LEGANTE, AGLI AGGREGATI, DA QUELLI PIÙ FINI A QUELLI DI DIAMETRO MAGGIORE, ALL'ACQUA E AGLI ADDITIVI.

HOLCIM ITALIA



TIPICAMENTE ITALIANO CON PREZZI COSTANTI E CONTROLLABILI (A DIFFERENZA DELL'ACCIAIO), IL CALCESTRUZZO È IL MATERIALE PRINCIPE DEL PROGETTO DI PORTA NUOVA. ALTAMENTE COMPLESSO RICHIEDE PARTICOLARI ATTENZIONI DALLA FASE PROGETTUALE FINO ALLA MESSA IN OPERA.
DANILO CAMPAGNA,
MSC STUDIO

CANTIERI COMPLESSI I PROTAGONISTI

Le videoriprese girate da Modulo nei cantieri più caldi del momento con testimonianze *live*. Le eccellenze progettuali, tecnologiche ed esecutive in un incontro-dibattito all'Ordine degli Architetti di Milano lo scorso novembre

Testimonianze raccolte da Daniela Baldo

Altra Sede Regione Lombardia; Maciachini Center, Edifici Mac5-6; Porta Nuova Garibaldi, Torri Uffici a Milano; Maxxi a Roma; Torri NH Hotel a Rho: la complessità gestionale e procedurale del masterplan, il rapporto con la città, architetture di altissimo profilo sviluppate da diversi architetti internazionali, le più sofisticate tecnologie, la sostenibilità nelle sue varie forme, il ruolo del cantiere, i controlli: questi e altri i temi proposti da un video realizzato da Modulo "al vero", in cantiere e con i vari protagonisti e raccontato in un momento di confronto coordinato da Giuseppe Biondo, direttore di Modulo, che si è tenuto all'ordine degli Architetti lo scorso mese di novembre.

Cinque i progetti considerati sotto gli aspetti organizzativi, gestionali e procedurali

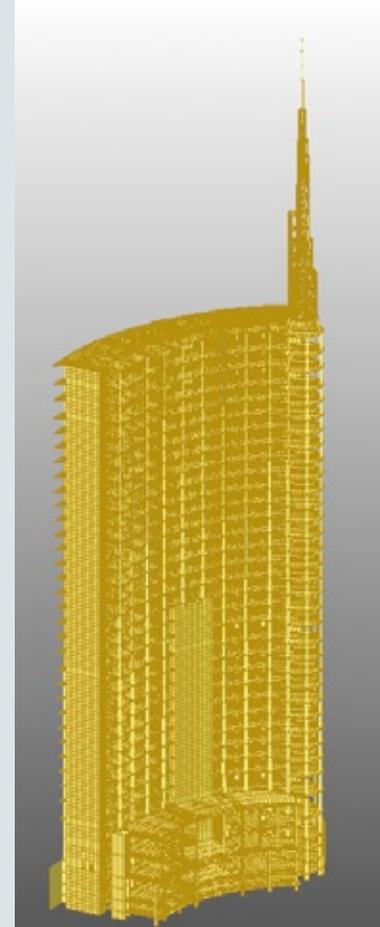
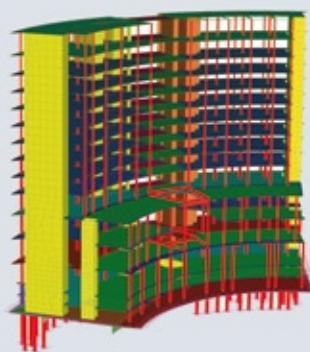
Milano - Porta Nuova Garibaldi
Torri Uffici/Pelli Clarke Pelli Architects, 2011
Pietro Perelli, Hines Italia

L'intervento di Porta Nuova Garibaldi di Pelli Clarke Pelli Architects sta ridisegnando una parte importante di Milano. Un cantiere complesso di 600.000 m² lordi di costruzione, di cui oltre la metà fuori terra, che ha dovuto affrontare tematiche tecnicamente complesse tra cui la costruzione di una delle due torri a scavalco delle gallerie del passante ferroviario, mediante una fondazione a ponte. Oltre a ciò, la sfida



LA SFIDA PIÙ RILEVANTE IN QUESTO PROGETTO È STATA QUELLA DELLA COMPLESSITÀ ORGANIZZATIVA: 10.000 LE MAESTRANZE DI CANTIERE ANNOVERATE PER I CANTIERI GARIBALDI, VARESINE E ISOLA, CONSIDERANDO ANCHE COLORO CHE LAVORANO NELL'IMMEDIATO INDOTTO.

PIETRO PERELLI, HINES ITALIA



più rilevante in questo progetto è stata quella della complessità organizzativa gestita in modo accorto attraverso organigrammi che hanno evitato sovrapposizioni e incompletezze nei ruoli. 10.000 le maestranze di cantiere annoverate per i cantieri Garibaldi, Varesine e Isola, considerando anche coloro che lavorano nell'immediato indotto; e molteplici i soggetti "altri" in gioco tra i sottoservizi urbani che insistono sull'area: infrastrutture, fognature, elettricità, gas, acqua potabile, etc. Basti pensare che il Permesso di costruire è stato presentato in Comune in 33 copie in quanto 33 sono gli enti coinvolti!

La considerevole complessità del progetto si è ripercossa anche sulle scelte strutturali. E' stata analizzata la possibilità di utilizzare l'acciaio, ma questa soluzione non era vincente dal punto di vista dei costi. In un progetto di grandi dimensioni che ha bisogno di almeno 2-3 anni di studi prima della realizzazione, è diseconomico individuare materiali a prezzo fortemente variabile. Il calcestruzzo ad alta resistenza, 75 MPa, vale a dire circa due volte e mezzo la resistenza dei cls adottati nella maggior parte dei casi per il civile, ha permesso una notevole riduzione della sezione dei pilastri. Le torri di Porta Nuova Garibaldi rappresentano un momento significativo nell'innovazione del calcestruzzo. Nonostante la rilevante complessità, il progetto ha anticipato addirittura le previsioni del crono programma: il tunnel è stato aperto a luglio

2009, con ben 4 mesi di anticipo rispetto alle previsioni.

Danilo Campagna, MSC Studio

Tipicamente italiano con prezzi costanti e controllabili (a differenza dell'acciaio), il calcestruzzo è il materiale principe del progetto di Porta Nuova. I calcestruzzi ad alta resistenza consentono tempi di scasso molto ridotti, altro elemento che ha reso competitivo il cls rispetto all'acciaio.

A Milano, si tratta della prima applicazione di calcestruzzi altamente performanti; e in Italia sono ancora comunque pochi gli interventi assimilabili come complessità tecnologica. I cls ad alta resistenza, un'attenta progettazione: con riferimento alle richieste del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sono state messe a punto specifiche rigorose e sono stati invitati cinque fornitori per una fase di prequalifica.

Tra questi ultimi, è stata selezionata l'azienda Holcim, con la quale i progettisti si sono coordinati per portare a termine la fornitura di un materiale performante, non solo in termini di resistenza, ma anche di durabilità, di lavorabilità, di calore di idratazione e per numerosi altri aspetti. Pur essendo composto da elementi semplici, il calcestruzzo è un materiale altamente complesso e richiede, pertanto, particolari attenzioni dalla fase progettuale fino alla messa in opera.



LA SCELTA ILLUMINOTECNICA DI LUCE ZENITALE NATURALE ESALTA I COLORI DELLE OPERE. IL MUSEO È RICOPERTO DA 2600 M² DI LUCERNARIO. LA LUCE ARTIFICIALE INTERVIENE AD INTEGRAZIONE DI QUELLA NATURALE E NE RIPROPONE LE STESSE CARATTERISTICHE IN TERMINI DI COLORE E QUALITÀ.

MAXXI, ZAHA HADID

Holcim Italia

Holcim, fornitore dei calcestruzzi nel cantiere di Porta Nuova, ha evidenziato l'importanza di ciascun componente nella formulazione del calcestruzzo. Fondamentali tutti gli elementi: il cemento che funge da legante, gli aggregati, da quelli più fini a quelli di diametro maggiore, l'acqua e gli additivi. A partire dal legante, si può affermare che non tutti i cementi sono adatti per tutte le applicazioni. La differenza non è legata unicamente alla resistenza, ma dipende anche dalla composizione: ci sono cementi portland, al calcare, d'alto forno o pozzolanici. In funzione della specifica applicazione e della struttura da realizzare, si dovrà impiegare l'uno piuttosto che l'altro. La selezione degli aggregati è anch'essa importante perché per i calcestruzzi ad alta resistenza sono parte integrante della massa e contribuiscono ad ottenere, non solo la resistenza necessaria, ma anche la lavorabilità in fase di getto. Gli additivi, che possono essere di varia natura, devono infine essere adeguatamente combinati con il cemento. Al fine di conoscere le resistenze del materiale nel tempo vengono effettuate prove in laboratorio. Questi calcestruzzi hanno uno sviluppo della resistenza che va oltre i 28 giorni e continuano fino a 60 giorni e oltre. Le necessità di avere un alto dosaggio di cemento e, contemporaneamente di ridurre al minimo il calore di idratazione dell'impasto massivo, al fine di limitare le crepe nel calcestruzzo in fase di indurimento, permettono di garantire la resistenza necessaria ad assorbire i carichi in fase di costruzione.

Milano - Porta Nuova Varesine

Altra Sede Regione Lombardia Pei Cobb Freed & Ptns, Caputo Partnership, 2010

Marco Lo Giacco, Infrastrutture Lombarde- Altra Sede Regione Lombardia

In questo particolarissimo cantiere è apprezzabile il valore aggiunto di una corretta organizzazione, con particolare riguardo alle strategie energetiche. Nella fase di concorso sono stati presentati 98 progetti di architetti internazionali da cui, dopo una prima selezione di 10 progetti, è stato successivamente selezionato quello dello studio Pei Cobb per le sue caratteristiche e le peculiarità (Modulo 353, luglio-agosto 2008).

E' attraverso la fase di cantiere che è possibile leggere l'edificio nella sua intima strutturazione tecnologica per esaminare la sua intrinseca complessità. Il cantiere è intercluso in una zona densa e molto attiva della città abitata e lamenta la mancanza di spazio. Di conseguenza sono stati adottati criteri di gestione delle risorse, del personale e del materiale che puntassero al "just in time", vale a dire all'arrivo di materiali in cantiere che potessero poi essere portati immediatamente al piano e messi in opera senza sosta in area di magazzino e di stoccaggio, non presenti a causa della limitazione dell'area.

L'edificio è orientato alla scelta di tecnologie all'avanguardia, al fine di garantire elevati rendimenti.

E' previsto l'approvvigionamento di fonti termiche

rinnovabili, con l'utilizzo di pompe di calore sia per la produzione di acqua calda nel periodo invernale, sia per la produzione di acqua refrigerata nel periodo estivo. L'edificio è, inoltre, predisposto per ospitare una cella combustibile alimentata ad idrogeno, sia per la produzione di energia elettrica, sia per la produzione e il recupero di energia termica. Sono stati introdotti sistemi di prefabbricazione non solo per gli elementi strutturali, ma anche per i componenti della facciata, cellule che arrivano in cantiere solo dopo essere state completamente assemblate in officina. Il tempo di montaggio risulta essere, quindi, molto ridotto e le cellule vengono fissate attraverso un ferro speciale che viene predisposto nel getto, mediante una staffa che permette un aggancio meccanico fatto attraverso un semplice sollevamento. Prefabbricati sono anche gli elementi dell'impiantistica: "travi fredde" integrano la parte climatica e quella luminosa degli edifici.

Oltre a ciò, la forma curva dell'edificio ha imposto un'attenzione particolare in fase costruttiva: l'edificio richiede numerosi pezzi speciali, pezzi di raccordo che consentono di avere geometrie standardizzate solo su alcune porzioni di edifici e che devono essere successivamente raccordate tra loro con elementi che vengono forniti sulla base di un casellario che viene rilevato in fase di cantiere, messo in produzione e poi posto in opera.

Questa complessità tecnologica ad oggi è stata indagata con 4000 elaborati circa, numero che a fine cantiere risulterà essere pressoché raddoppiato.

Milano - Maciachini Center

Edifici Mac5-6/ Sauerbruch Hutton, 2009

Bettina Magistretti - Sauerbruch Hutton

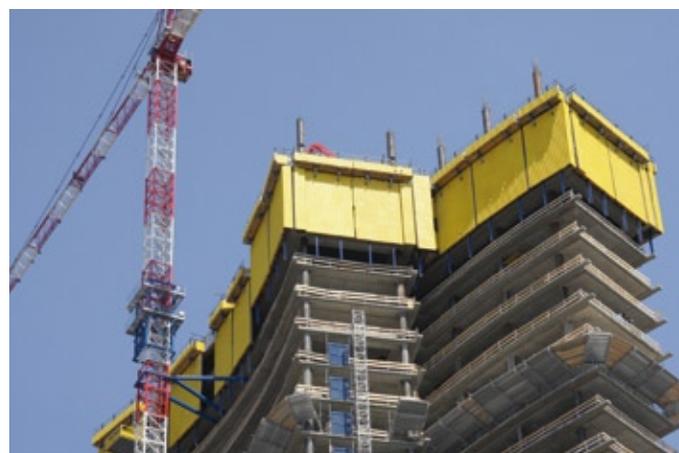
Gli Edifici Mac5-6 del Maciachini Center sono caratterizzati da una forma in pianta irregolare e dall'uso innovativo del colore in facciata. Il colore, tema molto caro allo studio Sauerbruch Hutton, diventa l'elemento dominante del design di facciata.

Dalle prime ristrutturazioni londinesi di alcuni decenni fa, lo studio ha dimostrato che con l'impiego del colore si può fare molto, anche con costi limitati. I cromatismi si combinano così, in maniera diversa nelle varie facciate, con un effetto complessivo risultante non solo dal mix dei colori stessi ma anche dal posizionamento dei pannelli in posizione aperta o chiusa. Le facciate orientate verso la città esistente presentano toni rossi e beige, mentre invece le facciate interne



LA FORMA CURVA DELL'EDIFICIO HA IMPOSTO UN'ATTENZIONE PARTICOLARE IN FASE COSTRUTTIVA: L'EDIFICIO RICHIEDE NUMEROSI PEZZI SPECIALI CHE RACCORDANO PORZIONI DI GEOMETRIE STANDARDIZZATE CON ELEMENTI CHE VENGONO FORNITI SULLA BASE DI UN CASELLARIO CHE VIENE RILEVATO IN FASE DI CANTIERE, MESSO IN PRODUZIONE E POI POSTO IN OPERA.

MARCO LO GIACCO, INFRASTRUTTURE LOMBARDE



che sono affacciate sui cortili sono caratterizzate da cromatismi più naturali, verdi, grigi e blu, per poter rispondere meglio alle cromie del parco nel quale sono inserite.

L'involucro di facciata è doppio: internamente è costituito da una tradizionale curtain wall in alluminio e vetro di alte prestazioni termiche ed acustiche, mentre il lato esterno con funzioni di schermatura è costituito da vetri singoli serigrafati che, attivati elettronicamente, ruotano a gruppi sull'asse verticale. Ed è questo che crea un effetto dinamico: la facciata varia a seconda dell'incidenza del sole e ottimizza l'illuminazione naturale interna. Notevoli effetti di risparmio energetico sono

ottenuti combinando la ventilazione naturale con la ventilazione forzata attivata meccanicamente (Modulo 355, ottobre 2008). Colpisce un senso di apertura verso la città: nei progetti ad uso ufficio, spesso, si rischia di creare edifici che non condividono con la città il territorio che occupano. In questo progetto, la sfida è stata quella di offrire servizi funzionali per gli utenti degli uffici e allo stesso tempo, spazi fruibili per il resto dei cittadini. La complessa tecnologia di facciata comprende un sistema di 2200 motori celati dietro i pannelli fissi, che comandano 20000 lamelle per il controllo della radiazione solare.

Rho Pero - Torri NH Hotel, Dominique Perrault, 2008

Luca Bergo, Architetto (partner Italiano per il progetto)

Concettualmente è abbastanza semplice la realizzazione dei due edifici pendenti: esiste in maniera del tutto tradizionale un nucleo interno di servizi perfettamente verticale, e variano solamente le profondità dei solai. Le finestre, come richiesto dal Regolamento di igiene, sono verticali. La maggiore difficoltà sta nel rivestimento. In origine, il progetto prevedeva un rivestimento in marmo bianco per una torre, e in marmo nero per l'altra. Il peso di lastre di 60x90cm con uno spessore di 2-3 cm poneva problemi di sicurezza e resistenza e il materiale naturale non dava sufficienti garanzie. E' stata fatta una minuziosa ricerca e tra le varie possibili soluzioni si è optato per un materiale sintetico: una base in gres porcellanato di 12 mm abbinata per sinterizzazione con un vetro di 4 mm. Questo è stato sottoposto a prove tecnologiche sotto sforzo ed è risultata la soluzione che si conciliava al meglio con una realizzazione in corsa e con i tempi di cantiere. Il materiale non era particolarmente economico, tuttavia è necessario analizzare i total project costs e non solo i construction costs per poter valutare nel

L'INVOLUCRO DI FACCIATA È DOPPIO, IL LATO ESTERNO È COSTITUITO DA VETRI SINGOLI SERIGRAFATI CHE, ATTIVATI ELETTRONICAMENTE, RUOTANO A GRUPPI SULL'ASSE VERTICALE. ED È QUESTO CHE CREA UN EFFETTO DINAMICO: LA FACCIATA VARIA A SECONDA DELL'INCIDENZA DEL SOLE
BETTINA MAGISTRETTI, SAUERBRUCH HUTTON

complesso una soluzione progettuale: se innalza ragionevolmente i costi ma riduce drasticamente i tempi di realizzazione, spesso è da preferirsi ad una inizialmente più economica (Modulo 344, settembre 2008).

Angelo Lucchini, ingegnere, ingegnerizzazione di facciata

Le volontà progettuali dell'architetto e le esigenze costruttive hanno portato ad individuare una soluzione di involucro del tutto innovativa.

L'inclinazione delle facciate, unita alla volontà di non far percepire dall'esterno il telaio dei serramenti, ha dato luogo a una soluzione di parete che, oltre a essere ventilata, è anche in grado di raccogliere al proprio interno l'acqua e di poterla condurre a terra attraverso speciali canalizzazioni inserite nell'intercapedine. Le esigenze costruttive che partivano da un contenimento delle tolleranze di costruzione in un valore ridottissimo, inusuale per la consuetudine italiana, ha fatto sì che il sistema di sostentamento delle lastre dovesse essere un sistema molto agevole da installare, molto preciso nelle sue regolazioni e che permettesse il montaggio delle lastre in sequenza libera. Ciò è





L'INCLINAZIONE DELLE FACCIATE, UNITA ALLA VOLONTÀ DI NON FAR PERCEPIRE DALL'ESTERNO IL TELAIO DEI SERRAMENTI, HA DATO LUOGO A UNA SOLUZIONE DI PARETE VENTILATA E IN GRADO DI RACCOGLIERE AL PROPRIO INTERNO L'ACQUA E DI POTERLA CONDURRE A TERRA ATTRAVERSO SPECIALI CANALIZZAZIONI INSERITE NELL'INTERCAPEDINE.

ANGELO LUCCHINI, INGEGNERE, POLITECNICO DI MILANO, BEST

stato ottenuto mediante dei fissaggi innovativi a baionetta che permettono con l'ausilio di ventose si inserire e disinserire ciascuna lastra indipendentemente dall'altra.

Queste due torri ad altissimo contenuto tecnologico, sono state realizzate da maestranze specializzate che hanno saputo costruire con una tolleranza minima: soltanto 20 mm da terra a cielo.

Roma - MAXXI Zaha Hadid, 2009

Gianluca Racana, architetto (responsabile di progetto)

Una delle principali sfide di progetto è stata quella di coniugare l'aspetto strutturale, che di solito è dominio dell'ingegneria, con un requisito architettonico principale, forme plastiche e, allo stesso tempo, monumentali.

Il cemento faccia a vista ha consentito di soddisfare requisiti di resistenza sugli sbalzi e sulle luci dell'edificio. Ma la complessità del calcestruzzo si legge anche nella finitura superficiale: un cemento ad altissima fluidità che entra nei casseri, vi si adagia e ne esce con una superficie simile al marmo.

Come tutti i cementi gettati in opera, anche le pareti del MAXXI hanno avuto bisogno di un trattamento protettivo di finitura antispolvero e antiusura: un'evoluzione tecnologica di questa pratica costruttiva per proteggere il cemento

CONCETTUALMENTE ABBASTANZA SEMPLICE, LA REALIZZAZIONE DEI DUE EDIFICI PENDENTI HA PREVISTO UN NUCLEO INTERNO DI SERVIZI PERFETTAMENTE VERTICALE CON SOLAI A PROFONDITÀ VARIABILE.

LUCA BERGO, ARCHITETTO



senza però cancellare l'aspetto della materia, conferendogli così l'originale lucentezza.

I vetri impiegati sono di tipo magnotronico, vale a dire che lasciano passare la luce naturale con il suo colore originale eliminando però le radiazioni ultraviolette e le altre radiazioni che procurerebbero un effetto serra, con un conseguente eccessivo riscaldamento dell'interno del museo.

La scelta illuminotecnica è di luce zenitale naturale, in quanto risulta essere quella che rende al meglio i colori delle opere. Infatti, tutto il museo è costituito da 2600 m² di lucernario.

La luce artificiale interviene quando i livelli di quella naturale sono troppo bassi e ripropone le stesse caratteristiche in termini di colore, di qualità, di resa colore e orientamento di quella naturale. Le lamelle verticali che regolano la radiazione solare, sono state pensate in cemento prefabbricato e poi ottimizzate con strutture in acciaio interne reticolare e dei gusci sottili in cemento alleggerito. Un pregevole risultato ottenuto solo grazie a un lavoro di altissimo coordinamento tra ingegneria ed architettura, che ha mostrato un'elevata flessibilità progettuale in corso d'opera, quando è stato variato il grado di sismicità.

I giunti strutturali necessari alla dilatazione termica dell'edificio, sono stati quindi ricollegati successivamente da martinetti idraulici per resistere alle eventuali azioni sismiche.