

# 200

## L'approccio multidisciplinare nella progettazione

Gabriele Del Mese

È indubbio che gli edifici siano diventati sempre più complessi. I motivi di questa sempre crescente complessità sono radicati in fattori culturali e sociali, che si manifestano in richieste sempre più specifiche e estreme da parte della committenza. Anche le comunità sono diventate più esigenti e sofisticate. Le esigenze della committenza e quelle della comunità si concretizzano in *briefs*, o documenti di istruzione per i progettisti che hanno spesso molti risvolti sociali. Essi, infatti, richiedono sempre più spesso di prendere in considerazione consumi energetici, oppure esigenze sociali e culturali degli utenti, o ancora il ciclo effettivo di vita dell'opera stessa in relazione al mercato. Queste richieste, cristallizzate appunto nel *brief*, dirigono e condizionano allo stesso tempo la progettazione, e pongono ai progettisti sfide sempre più ardue sia per l'uso dei materiali che per la concezione stessa dell'assemblaggio di varie componenti degli edifici. Le esigenze dei *briefs* moderni possono essere risolte meglio con la introduzione ed il perfezionamento di un nuovo modello di progettazione che non si basi più sulla concezione romantica dell'architetto come artista che concepisce i suoi capolavori in splendido isolamento, e che poi deve spesso "subire l'imposizione" dei contributi degli altri tecnici, i quali rischiano di offuscare le sue idee originarie. Oggi, alla base della progettazione vi sono specifiche e complesse richieste, o precise indicazioni dei fattori finanziari e di mercato, o di ubicazione, che costringono il progettista a dare precedenza a questi requisiti e a piegare per così dire la architettura alle esigenze tecniche. Questo processo richiede il contributo di un gran numero di tecnici con diverse specializzazioni che possano lavorare simultaneamente sullo stesso oggetto e con lo stesso livello di importanza professionale. Il risultato è il contributo globale del *design team* che è spesso un saggio compromesso tra le varie discipline progettuali, e in cui le scoperte più interessanti provengono dalle zone intermedie, per così dire grigie, esistenti tra le varie discipline, tra l'architettura tradizionale e l'ingegneria strutturale, oppure tra questa e quella impiantistica.

### La questione della tecnologia nell'architettura

Il contributo architettonico è spesso ricondotto a una attività di tipo artistico. Come tale, secondo Theodor Adorno, esige una conoscenza molto esatta dei materiali e delle tecniche

disponibili. Questa conoscenza deve essere al livello massimo di volta in volta raggiunto. Il filosofo sostiene anche che solo chi non si è mai assoggettato alla disciplina dell'opera e si immagina che essa nasca esclusivamente per intuizione, teme che il contatto con i materiali, e quindi la conoscenza delle tecniche, facciano perdere all'artista la sua qualità originaria. Chi non impara a conoscere quello che è disponibile e non gli consente un passo avanti, estrae dal proprio presunto abisso di profondità soltanto il residuo di formule ormai superate. Funzione forma e materiali nel processo architettonico sono parte di una fase creativa unica, e sono perciò intrinsecamente collegate. La loro separazione è solo astratta. L'insieme del momento dialettico tra funzione, forma e materiali, e quindi la tecnologia, è l'essenza stessa del fenomeno architettonico, che si realizza appunto pienamente e con maggior perfezione nell'approccio multidisciplinare alla progettazione. La tecnologia può essere definita come il complesso di tutte le operazioni manuali e strumentali che agiscono sulla materia secondo precise finalità. La tecnica delle costruzioni pertanto è l'insieme delle operazioni che intercorrono tra la idealizzazione del progetto e la sua realizzazione pratica. Le tecnologie costruttive esecutive devono quindi essere viste in relazione alle forme architettoniche per la quale sono create. L'aumento di complessità nel prodotto architettonico richiede necessariamente un notevole aumento di input tecnologico. La tecnologia è quindi una componente intrinseca del processo architettonico che deve completarlo e non essere ad esso sovrapposta o addirittura dominarlo.

### Il progetto

Il progetto architettonico, strutturale ed impiantistico è il risultato multidisciplinare del gruppo di progettazione integrata della Arup Associates, uno dei gruppi che fanno parte della Arup. L'insediamento ospita gli uffici per la sede centrale della compagnia di assicurazione "Royal Life" a Peterborough, a nord di Londra. Oltre ad uffici ad alto contenuto tecnologico per circa 1000 dipendenti, il complesso ha anche 1200 mq adibiti a "centro computer". Vi sono spazi sociali, un ristorante, bar, negozi ed una zona sportiva per il personale, con parcheggi per 750-1000 auto.

Lo spazio totale lordo è di circa 20 500 mq, ad un costo di circa 34 milioni di sterline (1991). Alcuni aspetti tecnologici: ossatura, casseri strutturati, vetrate e copertura.

### Ossatura

Due furono i motivi principali che condussero a proporre una tipologia diversa ed innovativa per la fabbrica di questo complesso. Il primo motivo risale ai risultati delle indagini geotecniche, che rivelarono degli strati portanti del sottosuolo molto deboli, che avrebbero richiesto, normalmente, l'uso di una lunga palificata molto costosa, con lunghi tempi costruttivi. La presenza di un sottile strato di roccia sabbiosa cementata, di spessore pari a circa 800 millimetri e localizzata da 3 a 6 metri sotto il livello di campagna, spinse i progettisti a pensare a un sistema di fondazione diverso dalla palificata, usando come piano fondale lo strato cementato stesso. Questo processo, a sua volta, richiese un ripensamento della intera anatomia dell'edificio, portando all'uso di materiali che nel loro insieme fossero molto leggeri, e che allo stesso tempo avessero una buona *performance* strutturale e tecnologica. Il vantaggio di questo approccio ha dato ritorni economici non solo per i materiali usati, ma soprattutto per i tempi di costruzione. L'economia realizzata in fondazione ha anche avuto risvolti economici sulle parti visibili del progetto, quali per esempio le facciate e le vetrate. Il secondo motivo fu dettato esclusivamente da esigenze di mercato di quegli anni di "boom edilizio", in cui la richiesta di acciaio per costruzione era notevole, con conseguenti periodi di lunga attesa nel caso la progettazione avesse previsto una soluzione totalmente in acciaio. A fronte di queste necessità inevitabili di mercato sembrò ovvio pensare ad una soluzione per così dire *ibrida*. Questa consiste nell'uso del calcestruzzo, che ha un alto grado qualitativo di finitura, per quanto riguarda gli elementi lineari verticali e orizzontali principali (colonne e travi principali) che fanno parte degli aspetti visivi architettonici, e dell'acciaio per gli orizzontamenti (solai e travi secondarie). Questa scelta si rivelò giusta in quelle circostanze, perché diede la possibilità di iniziare subito i lavori in cantiere con gli elementi in calcestruzzo, che era immediatamente disponibile, e completare poi con gli elementi in acciaio che richiedevano un tempo di attesa e di lavorazione maggiore.

### Casseri strutturati

Uno degli aspetti di maggior successo nell'intera economia della costruzione di questo complesso, fu la ricerca intrapresa in collaborazione con il costruttore, per la realizzazione di un nuovo tipo di cassero. Questo consiste nell'uso di un singolo pezzo di lamiera piegata, con spigoli a raggio molto piccolo, che facesse anche da impalcatura per gli operai. Prove in scala 1:1 furono organizzate in cantiere per una intera campata al fine di accertarsi della validità dell'idea. Il cassero *strutturato* fu anche munito di distanziatori che allo stesso tempo localizzassero i "tirafondi" per le travi in acciaio. L'uso di questo cassero speciale permise di eliminare dal cantiere i sistemi tradizionali di ponteggi, con una conseguente notevole velocizzazione del cantiere.

### Muro di vetro

La facciata a nord del complesso è lunga circa 200 metri ed è alta circa 13 metri. Architettonicamente è un elemento staccato dall'edificio, poiché appartiene sia a quest'ultimo che al landscape. Si è usata una struttura esterna in alluminio, come un traliccio "da giardino", adottando elementi trafilati piatti sia per semplicità che per economia. L'intero sistema viene stabilizzato con un numero minimo di tondini in acciaio inossidabile. Il processo costruttivo e di messa in opera è semplificato con la creazione di un pezzo particolare in alluminio fuso, che fa parte integrale della facciata, e che collega sia i piatti esterni che interni, ed i tondini di stabilizzazione.

### Copertura interna

La copertura dello spazio comune tra gli edifici per uffici di forma rettangolare regolare, e quelli curvi di supporto alle attività della Compagnia, di forma circolare, presenta notevoli difficoltà costruttive a motivo sia degli sfalsamenti planimetrici che del diverso comportamento fisico dei due gruppi di edifici. Le difficoltà sono state sormontate con l'introduzione di una struttura metallica di forma rigata e articolata con cerniere per accomodare sia le tolleranze costruttive che i movimenti dovuti a temperatura e diverse condizioni di carico.

### L'integrazione progettuale e contratto

L'integrazione multidisciplinare in questo progetto ha raggiunto

livelli molto spinti grazie alla tipologia tecnologica proposta. Tra le altre cose, usando un sistema costruttivo di 'trave su trave' si è ottenuta una fabbrica totalmente 'trasparente' nei riguardi degli impianti tecnologici.

Il cantiere ebbe inizio nel marzo del 1989 con il sistema del "management contract", e fu completato nel marzo del 1991. Il cliente lo occupò nell'agosto del 1991.

Il costo globale del progetto fu di circa 34 milioni di sterline.

### Il progetto

La Commerzbank è una delle banche più importanti della Germania. La sua nuova sede centrale nel centro finanziario di Francoforte, è costituita principalmente da una torre la cui progettazione è stata fortemente influenzata da particolari aspetti energetici e tecnologici. Nella prima metà del 1991 la Commerzbank invitò 12 gruppi, nove tedeschi, due americani ed uno inglese, a concorrere per la progettazione di un complesso che fosse particolarmente attento ai requisiti energetici. Il concorso fu vinto dal team di Norman Foster & Partners come architetti e la Ove Arup come ingegneri. Il progetto finale comprende un totale di mq. 120 000, di cui circa mq. 85 000 nella torre stessa, ed il resto in una serie di edifici periferici sviluppati intorno alla torre.

La nuova sede centrale è al momento l'edificio più alto d'Europa e comprende:

- una torre di 56 piani per uffici, con una altezza di 299 metri da pavimento alla sommità dell'antenna;
- tre piani interrati usati principalmente come zone tecnologiche e parcheggi;
- una serie di edifici perimetrali che hanno generalmente due piani interrati e sette in elevazione, con spazi destinati ad uso pubblico, commerciale, appartamenti e parcheggi;
- un Auditorio con sopra un edificio per uffici;
- una piazza parzialmente coperta destinata a funzioni sociali e culturali;
- un edificio di valore artistico, totalmente ristrutturato.

Il costo dell'opera è di circa 520 milioni di marchi (1997). La Banca, prima della costruzione della nuova sede, era collocata nell'edificio che si vede accanto, che è circa un terzo in altezza rispetto alla nuova torre e pesa circa due terzi di più. La nuova

Torre ha diversi caratteri innovativi. Per esempio, i regolamenti locali impongono per le postazioni di lavoro una distanza massima dalla luce naturale di otto metri. L'interpretazione di questi regolamenti comporta che generalmente gli edifici alti vengono tutti progettati con un costoso nucleo centrale contenente scale, ascensori, impianti, servizi vari etc. intorno al quale viene pianificata solo una striscia utile di circa otto metri. Non ha molto senso economico costruire edifici costosi per poi sfruttare soltanto otto metri intorno al nucleo centrale. In questo caso la risposta progettuale del team è stata quella di svuotare il cuore della Torre spostando i nuclei negli angoli, ove si sono anche collocati gli elementi di stabilità globale. Alcuni aspetti particolari tecnologici e costruttivi:

#### **Aspetti innovativi**

Questo progetto rappresenta un cambiamento radicale da quelli che sono i tradizionali edifici alti per uffici, ed ha richiesto un approccio tecnologico innovativo.

Alcuni degli aspetti insoliti sono i seguenti:

- distribuzione planimetrica innovativa, con zone per uffici raggruppati in "villaggi sospesi" che condividono "giardini aerei";
- una forma strutturale a 'tubo perforato' che permette la creazione degli spazi per i giardini, e allo stesso tempo resiste efficacemente agli sforzi verticali ed orizzontali;
- gli spazi per uffici sono a campata unica, senza interruzioni di colonne, disposti attorno ai giardini;
- un atrio al centro della torre e per tutta la sua altezza. Questo atrio triangolare permette l'ingresso di luce naturale, favorisce la ventilazione trasversale naturale, e dà agli occupanti ampie vedute su tutta la città;
- sistema di ventilazione naturale integrata con le facciate che si possono aprire;
- uso efficiente di sistemi energetici passivi e soluzioni tecnologiche a basso consumo energetico;
- soluzione strutturale di fondazione senza precedenti nel suolo di Francoforte;
- innovativo sistema di opere di supporto temporaneo per la esistente torre della Commerzbank di 32 piani, che ha come fondazione una platea al di sopra della fondazione della nuova sede;

- uno spazio di ingresso a livello terra di notevoli proporzioni e di uso pubblico per portare la città nel nuovo complesso;
- una disposizione standardizzata per la costruzione della fabbrica della torre al fine di massimizzare la prefabbricazione fuori cantiere e minimizzare i tempi di messa in opera in cantiere;
- una strategia per gli impianti di comfort che minimizza la distribuzione orizzontale di condotti e produce quindi minime altezze di piano.
- l'uso dell'acciaio come struttura portante principale, cosa che non è solito per edifici alti in Germania.

#### **Lo sviluppo ad elica ed i giardini aerei**

In pianta la torre ha una geometria assimilabile a quella di un triangolo equilatero a lati curvi di 60 metri di lato. Al centro della torre vi è un atrio di forma triangolare che si estende per l'altezza totale della torre. L'atrio è collegato con 'giardini aerei' creando viste spettacolari sulla città.

Ai lati dei giardini sono disposti 'petali' di piani con lo spazio per uffici disposto trapezoidalmente, a luce libera, e cioè senza colonne, permettendo quindi una grande flessibilità nella pianificazione dello spazio. Ogni quattro piani la pianta tipica viene ruotata di 120 gradi creando uno sviluppo elicoidale di quattro piani alla volta. Una rotazione completa crea così un "villaggio aereo" di 12 piani, ognuno con il suo accesso ad un giardino che porta aria naturale e luce a tutto lo spazio interno e che dà magnifiche vedute sulla città.

Ogni villaggio è una entità ambientale unica, sigillata dal prossimo villaggio dall'atrio in vetro-acciaio che fa da taglia-fuoco e controlla la ventilazione naturale.

#### **I giardini aerei**

I giardini aerei hanno una importanza fondamentale per la performance energetica dell'intero complesso dal momento che permettono l'ingresso dell'aria dall'esterno all'interno della torre. Grazie ad essi anche gli spazi che sono rivolti verso l'interno godono di luce ed aria naturale come si fa tipicamente per gli 'edifici verdi'. Gli spazi per uffici nei petali usufruiscono di ventilazione naturale per il 60% del tempo nello spazio di 9 mesi l'anno grazie ad una strategia progettuale energetica che

permette l'apertura sia delle finestre esterne che di quelle interne alla torre.

L'insieme dei giardini e dell'atrio funzionano come "torri di ventilazione" permettendo e facilitando la ventilazione trasversale per ogni pacchetto di 12 piani di "villaggi aerei". In condizioni ambientali estreme la ventilazione naturale non è sufficiente da sola a creare e mantenere il giusto grado di comfort negli uffici, per cui viene integrata da un sistema meccanico complementare che fa uso di pannelli refrigeranti a soffitto ed una mandata ed estrazione controllate da due centrali speciali. L'equilibrio termico generale fa anche uso della massa strutturale dell'edificio che viene usata come elemento termicamente stabilizzante per evitare punte estreme di richiesta termica. Di notte, quando l'edificio non è usato, la struttura si raffredda, e durante la parte iniziale del giorno il cemento "raffrescato" contribuisce a stabilizzare la temperatura ambientale dello spazio occupato.

Questo ha permesso, forse, di creare uno dei primi grattacieli "verdi" esistente. Infatti, in tutti i grattacieli si usa aria condizionata e le finestre rimangono chiuse anche quando c'è una bellissima giornata: l'utente è impotente, non può fare nulla per aprire le finestre. Al contrario, questo è un grattacielo dove le finestre si possono aprire, ovviamente fino ad un certo punto. L'edificio è dotato di un "building management system", o BMS, che analizza la qualità dell'aria esterna. La progettazione originale prevedeva che il BMS chiudesse le finestre, se c'è troppo vento, o se l'aria è troppo sporca, ecc. L'utente, comunque, ha la facoltà di annullare il BMS nella zona ove lavora.

I Verdi erano al potere quando abbiamo vinto questo concorso e c'era molta attenzione per gli aspetti energetici.

Tutti i grattacieli hanno una 'gaussiana' a campana per quanto riguarda l'energia. Nel nostro caso con una progettazione accorta e innovativa si è arrivati a dimezzare l'impegno termico del 50%. Inoltre, usando il "free cooling" notturno si è realizzato un ulteriore risparmio.

### **La facciata**

La facciata è l'elemento strutturale che tradizionalmente divide lo spazio interno da quello esterno. Essa fa quindi da interfaccia con l'esterno e deve essere in grado di controllare e modificare

gli sbalzi di temperatura tra l'esterno e l'interno. Essa è formata da triplo vetro ed è a cavità ventilata. Nella sua intercapedine sono collocate delle veneziane per il controllo dell'insolazione e la parte superiore è apribile. Il pannello esterno è a doppio strato, mentre quello interno è a strato singolo. D'inverno viene circolata aria calda nella intercapedine controllando le cadute di aria fredda. La parte superiore delle finestre può essere controllata manualmente dagli occupanti. In condizioni ambientali particolari, quali per esempio punte estreme di temperatura, oppure venti ad alta velocità, o ancora inquinazione inaccettabile dell'aria, le facciate vengono chiuse automaticamente dal BMS, (Building Management System), che controlla costantemente le condizioni ambientali esterne.

### **La struttura della torre**

La struttura portante è il risultato di un compromesso tra esigenze di pura resistenza statica ed i requisiti di rigidità necessaria per la sicurezza, al fine di mantenere un equilibrio tra stabilità e comfort. L'insieme dei requisiti architettonici, la necessità di dovere introdurre quanta più luce naturale sia possibile all'interno della torre, e le esigenze energetiche hanno fatto in modo che si sono dovuti introdurre dei grandi vuoti nell'edificio, aumentandone l'altezza a paragone di torri convenzionali in cui i pacchetti di piani sono semplicemente sovrapposti e occupano tutto lo spazio disponibile. Inoltre, sopra i 'giardini aerei' sono collocati ulteriori piani per uffici, portati dalla facciata di tipo "Vierendeel", e sia i piani che i giardini sono entrambi privi di colonne interne. La soluzione adottata per la struttura ha dovuto quindi tenere conto di tutti questi requisiti ed ha dovuto armonizzarli nel modo più economicamente possibile.

### **La struttura verticale e di facciata**

La struttura esterna della torre è quella tipica del cosiddetto 'tubo perforato' portato da 6 setti verticali in acciaio-calcestruzzo situati agli spigoli del triangolo equilatero che forma la pianta dell'edificio. Tra questi setti è disposta una struttura di facciata a telaio di 8 piani di tipo "Vierendeel". La scelta di questo tipo di struttura per la facciata è dovuta principalmente alla necessità di non voler fare uso di

controventamenti di facciata che avrebbero inevitabilmente creato una ostruzione all'ingresso della luce negli spazi interni. L'effetto finale di questo tipo di soluzione è di aumentare notevolmente la trasparenza della struttura se paragonata a torri di tipo tradizionale. L'intero involucro dell'edificio viene così utilizzato per resistere alle azioni orizzontali. Il pericolo del cosiddetto 'piano soffice' è stato eliminato dalla disposizione ad elica delle "Vierendeel" lungo il perimetro esterno della torre.

### La struttura di piano

La struttura di piano è del tipo composto acciaio-calcestruzzo. Questa tecnologia non è di uso comune in Germania, ed è stata scelta perché consente di superare luci notevoli con il minimo di materiale. Le travi interne in acciaio, generalmente alte 560 millimetri, sono disposte ad un interasse di 3 metri, hanno luci di 15,65 metri, e sono del tipo sagomato verso le estremità per permettere una maggiore libertà di distribuzione impiantistica. L'integrazione tra struttura ed impianti ha permesso di contenere l'interpiano a 3,75 metri, includendo 125 mm per il piano galleggiante da computer. L'altezza utile interna è di 2,75 metri. La struttura orizzontale che porta i giardini è di tipologia simile, con carichi chiaramente diversi a causa del loro uso. L'intero complesso è al momento quasi ultimato, e sarà completato nella seconda metà del 1997.

### Il progetto

Il progetto architettonico è dello studio di Sir Norman Foster & Partners, l'ingegneria dello studio Ove Arup. Si tratta di una sala espositiva dedicata alla aeronautica militare Americana, situata appena fuori Cambridge. Il Museo consiste principalmente in una unica sala di circa 6000 metri quadrati, coperta da una conchiglia in calcestruzzo prefabbricato, a doppio strato. In essa sono esibiti solo aerei militari americani, di cui 8-10 sospesi dalla volta, in configurazione da combattimento, mentre 11-15 sono esposti a terra. Tra questi, l'aereo più noto è forse il B52, il noto bombardiere usato durante il conflitto in Vietnam.

Il costo dell'opera è di circa 13 milioni di sterline.

Uno dei problemi particolari è stato quello di studiare e dettagliare gli elementi prefabbricati della copertura e il sistema

della vetrata principale che consiste in un 'muro' di vetro lungo 90 metri e di altezza massima di 18,50 metri. La vetrata è costituita, in linea generale, da singoli pannelli di vetro di 3 metri di larghezza e 5 metri di altezza. Il vetro è di 19 millimetri di spessore. La struttura portante della facciata è costituita da due piatti metallici, opportunamente sagomati, distanziati 100 millimetri, e bullonati lungo l'altezza per aumentarne la rigidità.

### Alcuni aspetti tecnologici

Uno degli aspetti innovativi di questo hangar consiste nella generazione geometrica della idea progettuale. L'intero edificio è geometricamente rigoroso, ed è ricavato da una porzione spaziale di un volume toroidale. La porzione di toro che costituisce la copertura, ha una finestratura angolata che conferisce all'edificio un effetto dinamico molto forte e lo stacca per così dire dalle fondazioni. La luce maggiore dell'apertura del toro è di circa 90 metri. A parte le fondazioni e le reni della conchiglia che sono in calcestruzzo in sito, l'intera volta è totalmente prefabbricata, e consiste di un guscio a doppio strato, ognuno di 100 millimetri di spessore, collegati da nervature orientate lungo il raggio minore del toro. L'intero spessore del guscio è di 1000 millimetri. Lo spazio interno, a campata unica, è spettacolarmente ottenuto con una forma tecnologica che è in se stessa forma architettonica.

La costruzione fu ultimata nell'estate del 1997.

Il tipo di contratto adottato è quello tipico inglese, JCT, leggermente modificato, che consiste, in pratica, nell'andare in gara con tutti gli elaborati già completamente definiti, ad eccezione, in questo caso, di quelli prefabbricati. Questo perché si riconosce il contributo positivo che il mondo della produzione può dare alla tecnologia prescelta. Questo modo di gestire il contratto permette alla prefabbricazione di apportare la sua esperienza e il suo contributo per ottenere un prodotto migliore e più economico.

Si noti che la forma geometrica di questo *contenitore* è rigorosamente matematica, e quindi in teoria di facile edificabilità. Allo stesso tempo si fa notare che non è di forma funicolare. È quindi soggetta a forze che producono sollecitazioni e deformazioni flessionali e potenzialmente fenomeni di

instabilità dovuti ai rilevanti carichi concentrati a causa degli aerei sospesi dalla volta. A causa della sua forma non funicolare, e a causa di fenomeni flessionali di non trascurabile entità, questa struttura è stata analizzata estensivamente, sia in campo elastico, che post-elastico.

Si studiarono quindi anche soluzioni in calcestruzzo dalle forme più articolate a quelle meno articolate. Le soluzioni in calcestruzzo sono certamente in grado di ridistribuire meglio eventuali carichi puntuali accidentali gravanti sulla volta, e allo stesso tempo dare all'architetto un sottofondo neutro d'effetto. Ma cosa contribuì maggiormente in favore dell'uso del calcestruzzo piuttosto che dell'acciaio come materiale strutturale fu ancora una volta il risultato del lavoro di equipe: gli impiantisti analizzarono una possibile soluzione in calcestruzzo e una in acciaio con riferimento alle temperature estive e invernali ed in base alla risposta termica del materiale in quella parte dell'Inghilterra.

La risposta termica delle soluzioni studiate presentavano maggiori vantaggi di stabilità termica in favore della soluzione in calcestruzzo. Gli aerei come manufatti tecnici temono l'umidità, per cui l'edificio necessita in ogni modo di un impianto di deumidificazione. Questi aerei temono anche gli sbalzi di temperatura troppo violenti, quindi la stabilità e l'inerzia termica di una soluzione in calcestruzzo avrebbe offerto maggiori garanzie di lunga conservazione di questi oggetti.

Con la "solidificazione" della volta subentrò un ulteriore problema: quello di voler fare entrare più luce naturale in fondo allo spazio. Come si vede dalle immagini, si scelse, tra le varie soluzioni, di far penetrare la luce lungo il perimetro dell'edificio, alla base della volta, all'innesto della volta con le fondazioni, cioè nel punto di maggior criticità strutturale, ove il flusso delle forze e delle loro molteplici combinazioni è maggiore. Questa esigenza dell'Architetto, che rasenta quasi il suicidio strutturale, ha costituito un'ulteriore sfida della progettazione 'integrata', ove una maggiore sofisticazione strutturale si è piegata alla esigenza globale del progetto.

Una volta deciso per il calcestruzzo, la decisione successiva fu quella di prefabbricare quasi tutto al fine di assicurare consistenza di qualità e velocità costruttiva. Ma anche nella

prefabbricazione però si è cercato di seguire criteri e leggi molto semplici. La legge imposta da me in questo caso è che in proiezione su un piano orizzontale di tutti gli elementi strutturali prefabbricati deve essere uguale, altrimenti diventa difficile governare il processo costruttivo e la messa in opera perché ogni cosa cambia tridimensionalmente.

Proiettando tutto su un piano orizzontale si ottengono 5 famiglie di pannelli strutturali, i cui casseri possono essere facilmente allungati/variati, poiché cambia solo la lunghezza del pezzo da prefabbricare. Con questo sistema, ritornando al toro, si organizzò la struttura della volta scegliendo una soluzione a doppia conchiglia, ognuna di spessore pari a 100 mm, collegate da costole di altezza totale di un metro. Ovviamente, dal punto di vista della performance strutturale la conchiglia superiore e quella inferiore sono di uguale importanza. Si ottengono così dei prefabbricati a forma di T rovesciata, con le nervature estradossate disposte trasversalmente, su cui si salderanno le solette superiori. In questo modo gli effetti flessionali vengono scomposti in taglio, resistito dalle costole, e forze di tipo "push-pull", e quindi azioni assiali, assorbite dalle due conchiglie. I vari pezzi prefabbricati sono formati in modo tale da facilitarne l'assemblaggio in opera, affinché l'operaio non vi rimanga imprigionato! Ovviamente tutte le solette da 100 millimetri superiori e inferiori sono collegate rigorosamente nel loro piano per evitare bracci di coppia con effetti parassitari che disturbano la trasmissione e il percorso/flusso delle forze assiali di cui si è parlato. Per ogni prefabbricato ci sono due bocchettoni di acciaio capaci ognuno di una tenuta di 13,50 tonnellate da cui sospendere gli aeroplani.

Come già detto, questa volta è stata analizzata in modo molto rigoroso, ma per quanta analisi possa essere fatta, nel nostro mestiere è spesso necessario confrontarsi con la realtà specie se si percorrono sentieri non *normali*. Si organizzò quindi una serie di prove di carico in un istituto universitario, su campioni a grandezza naturale, per raffrontare i risultati teorici con quelli pratici di laboratorio. Le prove diedero esito positivo.

L'edificio fu completato in tempo e fu inaugurato da sua Maestà la Regina d'Inghilterra alla quale l'Architetto presentò con orgoglio il suo team.

Questo edificio è stato poi monitorato con successo per tre anni, misurando le deformazioni ed i movimenti di alcuni punti della volta sia d'estate che d'inverno e rapportandoli a quelli calcolati dal team nelle varie condizioni di carico.

Nel 1998, tra le altre cose, cominciai a interessarmi all'Italia e a pensare a una nuova sfida chiedendomi: ma è proprio vero che in Italia non si può lavorare, come dicono tutti? Ammesso che sia possibile, come bisogna lavorare in Italia per aver successo? Ma è vero che l'Italia sta prendendo quota in Europa grazie alla programmazione di lavori che vanno aldilà del governo del momento, o a dispetto del governo? È chiaro che quelli che ci interessano sono i programmi che hanno validità e continuità da un governo all'altro. Se un governo è troppo instabile e di breve durata nessuno investe, e senza investimenti vanno via tutti, noi compresi. Mi occupai di questo progetto con il mio team mentre ero ancora a Londra.

Forse alcuni di voi hanno già visto questo complesso.

L'architettura è dello studio Parigino di Renzo Piano. Si andava da Londra a Parigi in giornata. S'interagiva scambiandosi le idee progettuali in un modo molto proficuo ed eccitante.

Il progetto riguarda la nuova sede del giornale finanziario «Il Sole 24 Ore» a Milano, in viale Monte Rosa, alla Fiera, ed è ormai completato. La progettazione ha impegnato un nutrito gruppo di architetti e ingegneri dal 1998 al 2000. Questo progetto è importante per noi, e per me in particolare, perché mi permise di spostare parte del mio team a Milano nel 2000, e di cominciare così la mia avventura Italiana.

Il recupero di quello che era un vecchio edificio industriale, il suo ampliamento moderno e la sua trasformazione in quartier generale di un prestigioso giornale finanziario è parte della vicenda dei capolavori di questo magnifico architetto.

Questo progetto è come un'antologia di ingegneria per i giovani che ci hanno lavorato perché ha richiesto lo studio e la soluzione di un gran numero di problemi: demolizioni, sottofondazioni, rafforzamenti, diaframmi, sopraelevazioni, risanamento, bonifiche etc.

Durante il percorso progettuale abbiamo avuto la fortuna di usufruire della collaborazione di ottimi professionisti locali, sia da parte del cliente che esternamente al cliente. Il risultato, io

credo, è molto bello.

Di questo progetto mostro solo poche immagini perché al contrario degli altri è per così dire a portata di mano, essendo a Milano, e quindi facilmente visitabile.

Le sopraelevazioni sono state realizzate in calcestruzzo e acciaio, con tecnologia composita, che conferisce all'intero edificio una notevole leggerezza espressiva: la *trasparenza* è enorme. Le strutture dell'atrio sono prevalentemente sospese, con colonne molto esili che contribuiscono a dare un effetto di notevole leggerezza.

