

# Kent Academic Repository

## Full text document (pdf)

### Citation for published version

Cardellicchio, Luciano (2012) Vestiti d'alta moda, ossature prêt-à-porter: trends strutturali per il grattacielo contemporaneo (Haute Couture claddings, prêt-à-porter structures: new structural trends for the contemporary skyscraper). *Rassegna di Architettura ed Urbanistica*, 137 . pp. 59-68. ISSN 0392-8608.

### DOI

### Link to record in KAR

<http://kar.kent.ac.uk/51998/>

### Document Version

Publisher pdf

#### Copyright & reuse

Content in the Kent Academic Repository is made available for research purposes. Unless otherwise stated all content is protected by copyright and in the absence of an open licence (eg Creative Commons), permissions for further reuse of content should be sought from the publisher, author or other copyright holder.

#### Versions of research

The version in the Kent Academic Repository may differ from the final published version.

Users are advised to check <http://kar.kent.ac.uk> for the status of the paper. **Users should always cite the published version of record.**

#### Enquiries

For any further enquiries regarding the licence status of this document, please contact:

[researchsupport@kent.ac.uk](mailto:researchsupport@kent.ac.uk)

If you believe this document infringes copyright then please contact the KAR admin team with the take-down information provided at <http://kar.kent.ac.uk/contact.html>

137/138

RASSEGNA DI ARCHITETTURA E URBANISTICA

Sommario

Editoriale di *Maria Argenti*

5

Per Antonino Terranova di *Lucio Barbera*

8

RICERCHE

*Tullia Iori, Sergio Poretti*

«Pop Structures» per il nuovo millennio

9

*Bruno Reichlin*

La bellezza del calcolo

29

*Rinaldo Caponolla*

«Toys and games»: i ponti di Santiago Calatrava

43

*Luciano Cardellicchio*

Vestiti d'alta moda, ossature prêt-à-porter: trends strutturali per il grattacielo contemporaneo

59

*Luca Guido*

Italia 1990 - 2012: *Under-design*, ovvero un progetto di anonimato tecnico e politico

69

*Andrea Micheletti*

Strutture Tensegrity

85

*J. K. Monro Pierconti*

Il bisogno di iniziare, il senso di appartenere: Itō Tōyoo alla prova della musica nel Matsumoto Performing Arts Centre (2000-2004)

97

*Cindio Barozzetta*

Grandi opere di inizio millennio. Cronache di architettura integrata da due cantieri italiani

109

APPARATI

*Ilaria Palazzi*

Opere di ingegneria dal mondo

124

ENGLISH TEXTS

167

BIOGRAFIE DEGLI AUTORI

171

Edizioni Kappa

ISSN 0392-8608

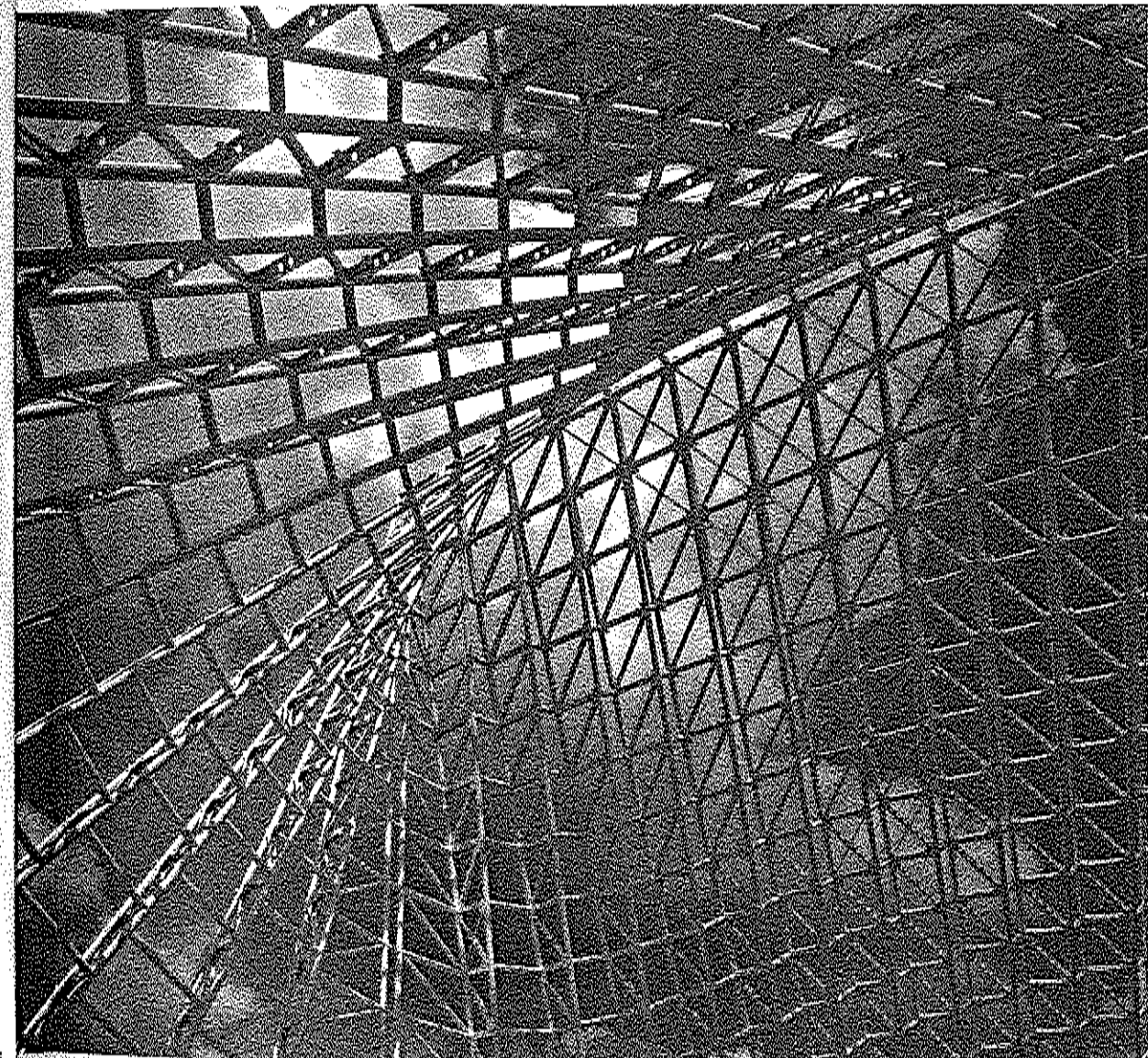
DI  
E



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

137/138

RASSEGNA DI ARCHITETTURA E URBANISTICA



Ingegneria oggi

Sommario

Editoriale di <i>Maria Argenti</i>	5
Per Antonino Terranova di <i>Lucio Barbera</i>	8
<b>RICERCHE</b>	
<i>Tullia Iori, Sergio Poretti</i> «Pop Structures» per il nuovo millennio	9
<i>Bruno Reichlin</i> La bellezza del calcolo	29
<i>Rinaldo Capomolla</i> «Toys and games»: i ponti di Santiago Calatrava	43
<i>Luciano Cardellicchio</i> Vestiti d'alta moda, ossature prêt-à-porter: trends strutturali per il grattacielo contemporaneo	59
<i>Luca Gnido</i> Italia 1990 - 2012: <i>Under-design</i> , ovvero un progetto di anonimato tecnico e politico	69
<i>Andrea Micheletti</i> Strutture Tensegrity	85
<i>J. K. Mauro Pierconti</i> Il bisogno di iniziare, il senso di appartenere: Itō Tōyōo alla prova della musica nel Matsumoto Performing Arts Centre (2000-2004)	97
<i>Giulio Barazzetta</i> Grandi opere di inizio millennio. Cronache di architettura integrata da due cantieri italiani	109
<b>APPARATI</b>	
<i>Ilaria Palazzi</i> Opere di ingegneria dal mondo	124
<b>ENGLISH TEXTS</b>	
<b>BIOGRAFIE DEGLI AUTORI</b>	

Editoriale

*Il titolo, apparentemente lineare, di questo numero della «Rassegna» – Ingegneria oggi – nasconde in realtà una questione annosa e complessa. Dove il fuoco non è nella definizione temporale, oggi; e non risiede nemmeno nel dare un perimetro – anche geografico – al tempo presente; sta piuttosto in un ragionamento corale sull'essenza stessa della disciplina, sul futuro di un'arte (nel senso più tecnico della parola).*

*Dopo aver sempre fatto del rifiuto dell'arbitrarietà la propria regola, l'ingegneria si trova a interrogarsi da alcuni anni sul senso di concepire forme strutturali dichiaratamente sovrabbondanti, quindi in un certo senso arbitrarie. L'assunto di questa nuova tendenza è che l'ingegnere contemporaneo non debba più, non necessariamente almeno, cercare la soluzione esatta, razionale – cioè minimale – ad un problema (per questo, e solo per questo, sinora giudicata più bella); ma possa, o addirittura debba, anch'egli abbandonarsi alla Babele di linguaggi e al relativismo dell'era presente, per farsi engen-artist e immaginare strutture barocche, meccanismi retorici, vere e proprie sculture strutturali giustificate solo dalla loro voluta eccentricità. Si tratta spesso di esercizi di stile volti solo a stupire; ma anche di nuove forme simboliche, totem, capaci di conferire una nuova aura e una diversa bellezza ai luoghi che li ospitano.*

*Queste realizzazioni dell'ingegneria contemporanea nell'oltrepassare la sfera della propria funzione autorappresentano se stesse senza bisogno di significare altro da sé; sono opere – come osserva nel suo saggio Rinaldo Capomolla – che con la forza arbitraria della loro immagine si propongono di valorizzare un luogo urbano, di diventare poli di attrazione e di riconoscibilità di ambiti territoriali sempre più ampi. Ma questo carattere, un tempo solo accessorio, finisce spesso con il sopravanzare quello specifico dell'opera infrastrutturale, fino a legittimare una domanda estrema: sono ancora opere di ingegneria?*

*L'ingresso «trionfale della struttura nel mondo della pop art», raccontato da Tullia Iori e Sergio Poretti, è dunque un'evoluzione o un tradimento? E se si tratta di una deriva, è una deriva artistica o una deriva commerciale?*

*L'ingegneria pop è la fine della fase "adolescenziale" della disciplina, o invece il suo opposto, una sorta di regressione infantile? È l'inizio dello sviluppo dell'età matura, dove tutto è permesso; o la fase finale di un'involuzione senile, dove ogni discorso è incapace di declinare un senso, un significato, e si avviluppa invece su se stesso, creando soluzioni complesse per problemi semplici, noti?*

*Iori e Poretti dichiarano, all'inizio del loro saggio, come il discorso sia da una parte necessario e dall'altra inevitabilmente aperto, perché «la scarsità di studi storici specifici rende incompleta e lacunosa la stessa conoscenza dell'avventurosa vicenda dell'ingegneria moderna». Riprendendo questo dibattito, dunque, «Rassegna» si propone sin d'ora di alimentarlo.*

*Il saggio iniziale (accompagnato da una breve storia dell'ingegneria strutturale recente) individua*

due grandi insiemi in modo diverso rappresentativi del presente. E attraverso Orbit, la scultura urbana simbolo delle Olimpiadi di Londra, opera di Cecil Balmond e dell'artista Anish Kapoor, rappresentano in maniera plastica lo stato dell'arte per mettere a fuoco la differenza fra le opere che rimangono «all'interno del mondo dell'ingegneria» e quelle che si collocano invece al confine. Le prime caratterizzate dall'essere ancora lungo il percorso di una lunga, «lenta, sofferta storia di calcoli e calcolatori, algoritmi e geometrie extraeuclidee». Le seconde invece segnate dal distacco dalle soluzioni note e dall'abbandono del principio di minimo strutturale.

Da una parte «le regole dell'essenzialità, della semplicità, dell'ovvietà, della naturalezza che contraddistinguono la struttura classica»; dall'altra la complessità delle soluzioni «inversamente proporzionali alla semplicità del problema» che mette in mostra un gioco di equilibri dal carattere «improbabile, ambiguo, ... spiazzante», solo apparentemente complesso dal punto di vista strutturale, ma capace tuttavia di far nascere «meraviglia nello spettatore».

Da una parte c'è Musmeci, per il quale la forma strutturale non deriva da arbitrio estetico ma dal rigore del calcolo volto a ridurre le masse e gli spessori per giungere ad un'estetica dell'essenziale. Una linea che oggi prosegue ad esempio nelle passerelle di Marc Mimram o di Jürg Conzett, elegantemente sottili, minime, sobrie, razionali.

Dall'altra c'è la sovrabbondanza di Calatrava, con le sue architetture e soprattutto i suoi ponti. Di lui Bruno Reichlin, autore del secondo saggio, ammira «l'eccezionale padronanza dello schizzo architettonico», soprattutto per aver saputo dare una potente rappresentazione plastica a una scienza delle costruzioni «tonica e ginnica come una prestazione sportiva».

Pur propendendo per il primo dei due insiemi, Iori e Poretti non collocano decisamente al di fuori del perimetro dell'ingegneria il secondo; ma si domandano se questa tendenza, derivata da una richiesta di spettacolarità, dall'esibizione di un ostentato equilibrio, abbia modificato, e in che modo, il principio di minimo strutturale, lasciando in qualche misura aperta la risposta, e dunque anche la questione sulla direzione che prenderà l'ingegneria nel futuro.

Questo numero di «Rassegna», con saggi anche di Giulio Barozzetta, Andrea Micheletti, Luciano Cardellicchio, Luca Guido, e Mauro Pierconti, si propone intanto di fare il punto, di dirci dove siamo oggi, stimolando nuove riflessioni sul domani.

Il problema dell'ingegneria contemporanea, ridotto alla sua essenzialità, riguarda da un lato il processo creativo dell'ideazione di una forma alla quale è sempre più spesso richiesto di essere simbolica e dall'altro il giudizio estetico di queste forme che solo il tempo può consolidare.

Ma posto il problema, anche all'architetto, come all'ingegnere, manca una ed una sola soluzione. Se non che forse essa riguarda l'eterna e irrisolta questione del rapporto fra ingegneria e architettura e che in questo caso una risposta ci sarebbe.

Essenziale come la riflessione di Mies: «L'edificio ed il suo significato sono tutt'uno. (...) La costruzione è la forma stessa».

Semplice e icastica come le parole di Paulo Mendes da Rocha quando rileva che fra le due discipline non c'è contraddizione alcuna. «Perché l'ingegneria è architettura e l'architettura è pura ingegneria».

Poetica come le parole di Lina Bo Bardi: «La struttura di un edificio è elevata a livello di poesia, come parte dell'estetica. Non c'è alcuna differenza. Un architetto deve progettare la struttura come progetta l'architettura. Non c'è alcuna differenza nel senso più intimo della parola».

Se così è, il processo creativo andrebbe riportato ad unità, integrando pensiero architettonico e pensiero ingegneristico al fine di evitare due derive parallele verso una terra di nessuno.

E allora, forse, occorrerebbe ripartire dal principio: dalla consapevolezza che la componente tecnica e quella strutturale sono un aspetto inscindibile di qualsiasi progetto, e che — come giustamente nota Bruno Reichlin — se da un lato è illusorio pensare alla bellezza della forma, «come semplice corollario, come premio, in un'opera di "puro calcolo"»; dall'altro non può non suscitare molti dubbi l'idea che alla scienza ingegneristica spetti solo il compito di dare una struttura a forme arbitrarie.

Come scriveva Mies, «soltanto un'intensità di vita può avere un'intensità di forma», e dunque il problema non è la forma, ma il capriccio, è il concepire la forma come fine unico: «Ogni "come" è

sostenuto da un "che cosa". Ciò che non ha forma non è peggiore di ciò che ha un eccesso di forma. Il primo è nulla, e il secondo è mera apparenza».

E, se è così, quel che vale è una ricerca formale e tecnica intrinsecamente correlata a un «che cosa», a grandi infrastrutture come i ponti, o ad opere come i grattacieli (tema affrontato nel saggio di Cardellicchio), dove ingegneria ed architettura non possono che essere inseparabilmente legate e la sfida dell'altezza pone vincoli sempre più stretti nella creazione degli spazi.

In quest'ottica, un aspetto sempre più rilevante è quello della prefabbricazione di elementi strutturali capaci di generare forme diverse tramite «un approccio ibrido tra soluzioni strutturali eterogenee, in grado di adattarsi al meglio alle diverse intuizioni architettoniche» secondo il principio della mass-customization. A conferma di come la stessa tecnica possa contaminarsi e offrire soluzioni diverse, tutte a loro modo esatte, seppure non tutte esteticamente risolte.

Il discorso, appunto, è aperto, mentre resta sullo sfondo il ruolo che potrà avere l'Italia, orfana di Morandi e Musmeci, collezionatrice di occasioni perse, oscillante tra inconcludenti dibattiti ideologici e devastante incultura politica. Anche su questo c'è e ci sarà molto da discutere. E, magari anche, da progettare.

M.A.

difficoltà del problema e di non minore acume.

<sup>11</sup> Si potrebbe pensare che Calatrava abbia fissato l'inclinazione del pilone in base a criteri di ottimizzazione statica: ha invece scelto l'inclinazione di 58° perché questa è l'inclinazione delle facce della piramide di Cheope.

<sup>12</sup> Oltretutto nel Sundial, come già nell'Alamillo, entrano fattori non strettamente statici a determinarne la geometria: per diventare un'attrazione agli occhi dei visitatori del parco di Turtle Bay, il pennone del ponte viene inclinato in modo da fungere anche da gnomone di una meridiana.

<sup>13</sup> Il primo di questi ponti è la passerella pedonale Trinity (1993-1995) sul fiume Irwell tra Salford e Manchester; segue poi la passerella pedonale Reiman (1994-2000) che fa parte delle opere di ampliamento del museo d'arte di Milwaukee, nel Wisconsin.

<sup>14</sup> Tra i ponti finora costruiti da Calatrava, il ponte texano, con i suoi 1200 piedi di luce libera, è quello che ha la

campata più ampia.

<sup>15</sup> J. MANTEROLA, *Ingegneria come opera d'arte*, Jaca Book, Milano, 2011, p. 65.

<sup>16</sup> Del resto lo stesso Calatrava cura in special modo l'illuminazione dei ponti, ben sapendo che l'illuminazione è parte essenziale della scenografia.

<sup>17</sup> Non stupisce che Calatrava sia rimasto affascinato dal gotico flamboyant della Lonja de la Seda di Valencia: le nervature della volta della sala di contrattazione, virali ed esuberanti, ma ormai ridotte, quasi, a elementi ornamentali, dimostrano l'esaurirsi della concezione «razionale» su cui si fondeva il vocabolario costruttivo del gotico classico.

<sup>18</sup> S. KETOFF, *Architects - Ingegnieri*, d.'Architecture d'Aujourd'hui», 128, 1966, pp. 74-75.

<sup>19</sup> E. BATTISTI, *Perché Kinber oggi?*, in M. CASCIATO, M.G. IANNIELLO, M. VITALE (a cura di), *Enciclopedia in Roma barocca*, Marsilio Editori, Venezia, 1986, pp. 13-18.

## Vestiti d'alta moda, ossature prêt-à-porter: trends strutturali per il grattacielo contemporaneo

Luciano Cardelliochio

Nei trent'anni trascorsi dalla morte di Fazlur R. Khan (1929-1982), ingegnere bangla-americano, padre della moderna struttura a grattacielo<sup>1</sup>, due eventi di notevole impatto hanno apparentemente minato la longevità e lo sviluppo della tipologia a torre: nel 2001 il dibattito mediatico immediatamente successivo all'attacco alle Torri Gemelle decretò senza appello la fine delle strutture in elevazione, mostratesi inaspettatamente fragili sotto un assalto pur imprevedibile; successivamente nel 2007 la crisi economica finanziaria della bolla immobiliare e dei mutui *subprime* germogliata in America e la successiva infezione planetaria ha evidenziato l'inconsistenza economica di investimenti destinati a grandi interventi immobiliari in grado di compromettere anche cantieri già iniziati<sup>2</sup>. Consultando i dati in possesso del *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* (CTBUH) è rilevante notare che la *skyscraper fever* negli Stati Uniti ha subito un'inflessione ben prima dell'11 settembre. Tra il 1994 e il 1999, infatti, negli *States* non è stato ultimato neanche un edificio di altezza pari o superiore ai 200 metri.

Contro ogni aspettativa, il panorama globale, invece, pur trapuntato dalla cancellazione di qualche progetto, esprime una costante attenzione da parte degli investitori per l'*high-rise building*, sintetizzando un trend che, seppur oscillatorio, è stato sostanzialmente in aumento durante tutta la prima decade del nuovo millennio. Non di meno, le stime per il futuro sono euforiche: l'annuale report del CTBUH<sup>3</sup>, infatti, fotografa il 2011 come un anno record per la costruzione di edifici di altezza superiore ai 200 metri, con un trend positivo fino al 2014. Nell'anno appena trascorso, infatti, ben 88 edifici sono stati ultimati e aperti al pubblico (70 nel 2010, 51 nel 2009, 49 nel 2008).

La tendenza in aumento è evidentemente trainata dalle economie dei nuovi paesi emergenti che hanno prepotentemente spostato negli anni passati a est l'asse geografico delle nuove costruzioni: il 40% dei nuovi grattacieli infatti è attualmente realizzato in Cina e il 30% in Medio Oriente, mentre solo il 6% in Nord America<sup>4</sup>.

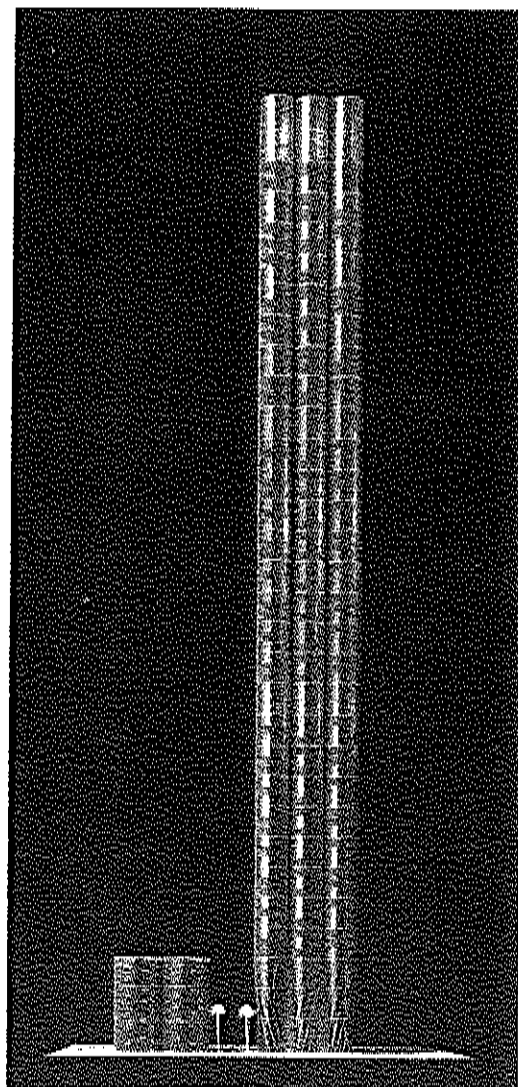
Il report indica anche un importante dato: nel 2011 il numero di grattacieli ad uso uffici scende sotto la soglia del 50% a favore di un sostanziale incremento dei grattacieli a uso misto, allocanti al loro interno uffici, residenze, hotel e servizi. Il successo della tipologia mista evidentemente è figlia della maggiore oculatezza d'analisi, successiva alla crisi finanziaria del 2007, che reputa un'offerta diversificata più facilmente collocabile sul mercato immobiliare e dunque meno rischiosa agli occhi dei *developers*.

Da un punto di vista architettonico, questo progressivo aumento di progetti ha fertilizzato un'inarrestabile ricerca figurativa che ha contribuito a modificare l'immagine stereometrica del grattacielo, alla base del linguaggio degli anni settanta e ottanta del Novecento, a beneficio di una complessità formale indotta dalla rivoluzione digitale, ovvero sia dalla possibilità di gestire forme matematicamente complesse (*Nurbs*) con calcolatori sempre più accessibili, sia dall'opportunità di integrare le varie discipline (architettoniche e ingegneristiche) in un unico ambiente informatizzato. Le linee di sviluppo identificabili sono due: la prima è insita nel significato iconico di grattacielo e riguarda il raggiungimento di altezze sempre maggiori, la seconda investe più propriamente l'aspetto formale dell'involucro, fortemente influenzato dalla ricerca parametrica condotta dai più celebri architetti della contemporaneità: nur-

boidi modellate, forme complesse, silhouette apparentemente antistatiche oggi offrono una gamma figurativa poliedrica che rende incompatibile ogni manufatto all'altro, sia espressivamente, sia, soprattutto, strutturalmente.

La classificazione delle soluzioni strutturali in relazione all'altezza presentata da Kahn nel 1969 (e integrata nel 1973<sup>5</sup>), offrendo una diversificazione netta tra varie tipologie strutturali, è quindi oggi difficilmente riedicabile. Il sostanziale abbandono della stereometria pura e la declinazione di nuove e complesse soluzioni espressive comportano, caso per caso, un approccio spesso ibrido tra soluzioni strutturali eterogenee, in grado di adattarsi al meglio alle diverse intuizioni architettoniche. Una rapida e primigenia analisi a campione mostra come i recenti grattacieli abbiano strutture ordite con più soluzioni appartenenti a classificazioni precedentemente separate; procedendo sommariamente in altezza: la Modegakuken Spiral Tower a Nagoya in Giappone (170 metri), per esempio, ha una struttura composta da un tubo reticolare interno (*Inner-Trusses-Tube*) con una maglia triangolare (*Diagrid*) all'esterno; la Torre Swiss Re di Londra (180 metri) è sostenuta da una maglia di elementi d'acciaio all'interno (*Rigid Frame Steel*) e sempre una maglia triangolare all'esterno; la soppressa Al Sharq Tower a Dubai (367 metri) di Skidmore Owings & Merrill prevedeva una struttura composta da solai precompressi disposti in sistema di tubi raccolti a fascio (*Bundled-Tube*), controventati da fasci di cavi pretesi e da setti in calcestruzzo all'interno (*Shear Wall*); la Shanghai World Financial Center (492 metri) ha un nucleo interno controventato in acciaio (*Embedded Core*), quattro mega colonne perimetrali (*Mega-columns*), mega controventamenti perimetrali (*Mega-diagonals*) e una struttura stabilizzante che connette gli elementi interni ai periferici (*Outrigger-system*).

È il principio di *mass-customization* (personalizzazione di massa) che, con la rapida diffusione di edifici fuori dagli standard tradizionali a partire dalla fine degli anni novanta, è stato applicato all'edilizia e soprattutto ai progetti complessi per garantire la fabbricabilità preservando un contenimento dei costi. Piuttosto che progettare e costruire soluzioni *ad hoc* per ogni singolo edificio, le necessità strutturali e produttive che l'opera via via richiede, vengono assecondate ibridando elementi «da catalogo» provenienti da famiglie strutturali diverse (o filiere industriali diverse nel caso della componentistica dell'involucro), di cui siano noti i comportamenti strutturali, i costi, e i

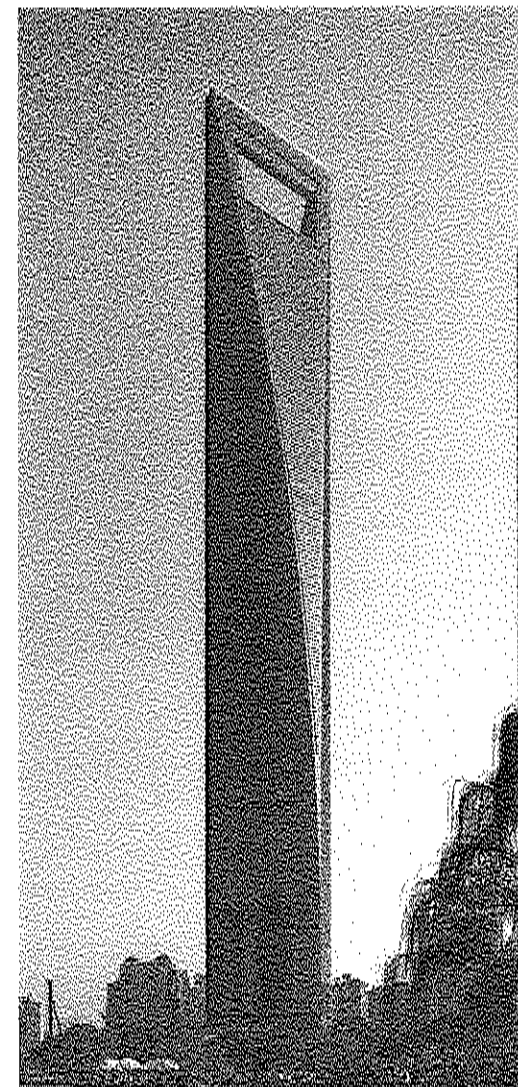


1/ Skidmore Owings & Merrill, *Al Sharq Tower*, Dubai. Modello architettonico.

cui metodi di realizzazione siano ampiamente supportati dall'industria delle costruzioni.

Sebbene quindi sia difficile rielaborare una classificazione sintetica delle nuove tipologie strutturali ibride applicate alla punta tecnologica riscontrabile negli ultimi sensazionali grattacieli è comunque possibile raggruppare i nuovi *trends* strutturali rifacendoci a quelle due categorie di sviluppo architettonico già enunciate in precedenza: lo sviluppo in altezza e lo sviluppo per forma.

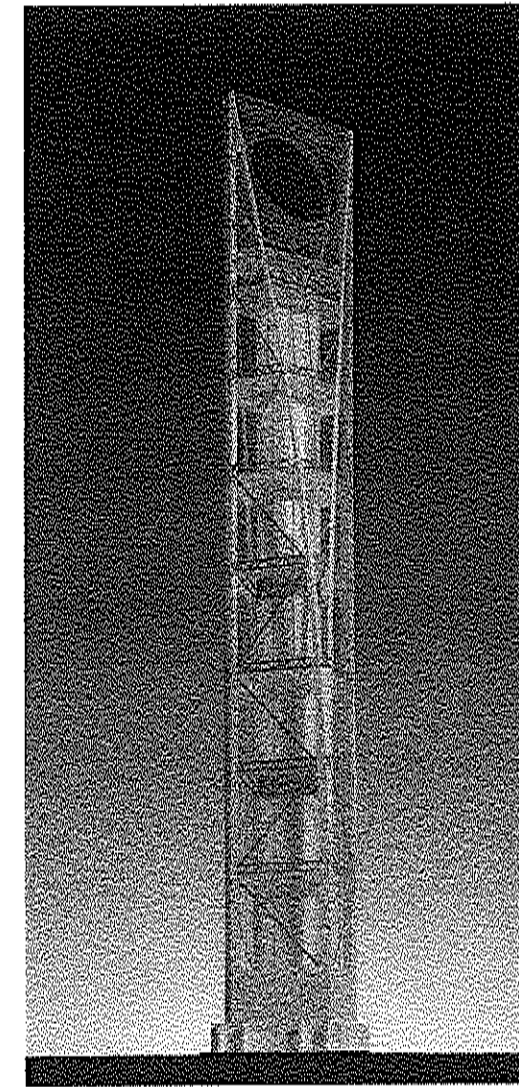
L'analisi puntuale dei cantieri contemporanei tecnologicamente più avanzati dimostra che le



2/ Kohn Pedersen Fox, *Shanghai World Financial Center*, Shanghai, 2008.

due categorie sono difficilmente integrabili: la libertà formale con la quale si progettano torri con profili arditi è inversamente proporzionale all'altezza prefigurata. Oltre una certa altezza, infatti, l'instabilità orizzontale e i dettami aerodinamici diventano fortemente vincolanti per la sostenibilità costruttiva dei *Super Tall Buildings*.

Quello che Fazlur Kahn teorizzò con l'espressione *premium for height*, infatti, è il confronto tra l'incremento esponenziale di elementi strutturali necessari a contrastare le forze orizzontali (vento, sisma) in proporzione all'altezza del manufatto e



3/ Kohn Pedersen Fox, *Shanghai World Financial Center*, Shanghai, 2008. Modello strutturale: in evidenza l'*Outrigger Truss Beam* (Credits Jock Pottle Photography).

l'incremento esiguo (ad andamento lineare) di materiale portante necessario al puro sostegno dei carichi verticali di peso proprio e carico accidentale.

Per qualunque struttura snella le spinte orizzontali quindi rappresentano le azioni principali da contrastare: oltre un determinato limite, l'aerodinamicità del fabbricato colpito dal vento diventa talmente vincolante da imbrigliare in rigide maglie le espressioni architettoniche più complesse, non rendendo sostenibile entasi antistatiche dei volumi, come quelle della Lillium Tower a



4/ Kohn Pedersen Fox, *Shanghai World Financial Center*, Shanghai, 2008. Foto di cantiere: in evidenza le superstrutture stabilizzanti (super-colonne, super-diagonali) di connessione tra i piani.

Varsavia di Zaha Hadid (250 metri) o veri e propri disassamenti del corpo di fabbrica come nel sorprendente Capital Gate ad Abu Dhabi dei RMJM (160 metri).

Nell'ultima decade, la progettazione a scala planetaria di super-grattacieli oltre i 450 metri ha elevato l'ingegneria del vento come disciplina fondamentale per la verifica e il miglioramento della stabilità orizzontale di questi colossi grazie anche all'adozione di rivestimenti superficiali in grado di ridurre la formazione di vortici (*shedding vortex*<sup>6</sup>) attorno ai prospetti sottovento dell'edificio e quindi aumentarne la stabilità.

Lo sviluppo espressivo dei grattacieli si traduce parallelamente in un avanzare di due modelli strutturali, privilegiati rispetto ad altri per flessibilità di adattamento, oggi riscontrabili in soluzioni diversamente declinate a seconda della conformazione progettuale.

Il primo, utilizzato per super-grattacieli, è un sistema che sposta la struttura principale di resi-

stenza alle forze orizzontali all'interno, ovvero l'*Outrigger System*, il secondo, invece, sostanzia il sistema di stabilità sul perimetro del fabbricato, configurando un esoscheletro composto da maglie reticolari triangolari, facilmente plasmabili su forme articolate, ovvero la *Diagrid*.

L'*Outrigger System* è un insieme di elementi strutturali atti a stabilizzare il nucleo irrigidente di un edificio alto. Il nucleo è spesso assimilato strutturalmente a una mensola incastrata al terreno soggetta a carico distribuito orizzontale (vento, sisma). Nei casi standard, ovvero nei grattacieli compresi tra i 30 e i 70 piani la mensola, ovvero il nucleo, assorbe l'intera sollecitazione orizzontale, caricandosi alla base di un notevole momento flettente di ribaltamento, vero e proprio limite allo sviluppo in altezza degli edifici. Gli elementi Outrigger rendono solidali il nucleo interno dell'edificio alla struttura perimetrale o a parti specifiche di essa con lo scopo di rinforzarlo<sup>7</sup>. Disposti all'interno di veri e propri piani di servizio alternati a gruppi di solai commercialmente redditizi, questi elementi si configurano come strutture a sbalzo che dal nucleo sfoccano verso la struttura esterna. Tale sistema è in grado di stabilizzare il nucleo sotto azione orizzontale, riducendo notevolmente il momento flettente alla base del nucleo irrigidente, trasferendone una parte agli elementi in facciata che, a seconda del moto di flessione saranno compressi o tesi. Come sopra enunciato il principio strutturale può declinarsi in diversi sotto-sistemi, come le Outrigger trusses, travi reticolari (in acciaio o in calcestruzzo), connesse, come nel Shanghai World Financial Center, a quattro super colonne perimetrali traccianti il profilo dell'edificio, o come setti pieni in calcestruzzo armato (*Outrigger shear walls*) come nel Burj Khalifa a Dubai (828 metri), l'edificio attualmente (2012) più alto del mondo. Il bilanciamento e la riduzione del momento flettente alla base del nucleo ottenuto dal sistema, non è accompagnato però da un comparabile miglioramento della rigidità al taglio della «mensola-edificio»: è necessario quindi che i livelli alloggiati le strutture stabilizzanti siano cinti da travi reticolari (*Belt trusses*) connesse fra di loro attraverso una super struttura di diagonali controventi (*Superframed*).

Malgrado si verifichi la perdita di superficie utile nei livelli dove vengono inseriti gli elementi Outrigger, la parcellizzazione in piani dell'intera struttura comporta sostanziali vantaggi architettonici e produttivi: l'uso di questo sistema, infatti, svincola dagli elementi strutturali l'involucro che, concepito per parti sovrapposte, può avere bom-

bature, convessità, concavità, depressioni e rastremazioni nel limite del valore di aerodinamicità richiesto. Non di meno, l'aumento di rigidità flessionale del nucleo comporta il contenimento del suo ingombro anche per altezze oltre i 100 livelli, non compromettendo la flessibilità distributiva e la superficie commerciale di ogni piano.

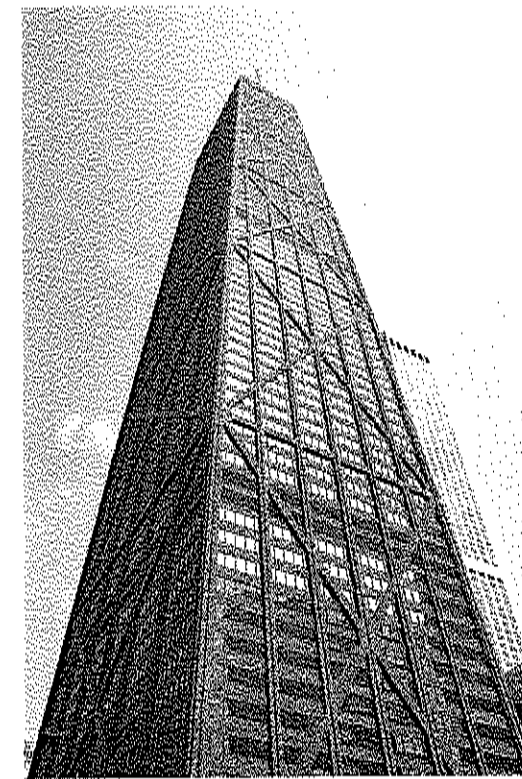
La potenza visionaria ed espressiva di questo schema strutturale è stata messa in luce per la prima volta da Pier Luigi Nervi nella Stock Exchange Tower (190 metri) di Montreal di Luigi Moretti nel 1965. Malgrado l'unicità e l'incomparabilità del progetto di Moretti, paragonato alla pura stereometria e alla logica seriale dell'involucro (manifeste nell'allora archetipo del Seagram Building), abbia messo in luce la potenzialità pionieristica del «sistema stabilizzante» di Nervi per torri dalle logiche espressive non stereometriche<sup>8</sup>, l'impianto inizia a essere assiduamente adottato solo nella contemporaneità per i super-grattacieli.

Sebbene anche Fazlur Kahn utilizzi nel 1973 lo schema Outrigger nel First Wisconsin Center a Milwaukee, le sue ricerche si concentrano principalmente nell'elaborazione di uno schema statico-costruttivo in grado di far assorbire i carichi orizzontali dall'intero perimetro del grattacielo, utilizzando l'intera profondità del piano come inerzia contrastante le azioni del vento, mantenendo la superficie commerciale libera da elementi di controventamento. Nel 1961, l'intuizione di far comportare staticamente tutto il fabbricato, e non parti di esso, come una mensola incastrata a terra, ha condotto Fazlur Kahn ad elaborare il celebre concetto di tubo (*Tube*), oggi ancora impiegato soprattutto nella sua conformazione interna (*Inner Tube*).

Anche il concetto di *Tube* ha trovato diverse declinazioni e sviluppi subito dopo la sua prima applicazione nel DeWitt-Chestnut Apartment Building a Chicago (43 livelli, completato nel 1965). Il concetto base, ovvero il *Framed Tube*, è composto da una serrata sequenza di pilastri di facciata<sup>9</sup> connessi da travi nascoste nel parapetto di ogni piano in modo da solidarizzare gli elementi in una maglia il più possibile rigida contro le azioni del vento<sup>10</sup>.

I successivi sviluppi hanno rielaborato il concetto di *Tube* compensando la rigidità architettonica imposta dallo schema strutturale al prospetto e sopperendo anche all'inefficienza che oltre i 60 livelli era stata riscontrata per la stabilità della maglia ortogonale del *Framed Tube*.

Nel Willis Center (già Sears Tower, 443 metri, completato nel 1973), è stata considerevolmente

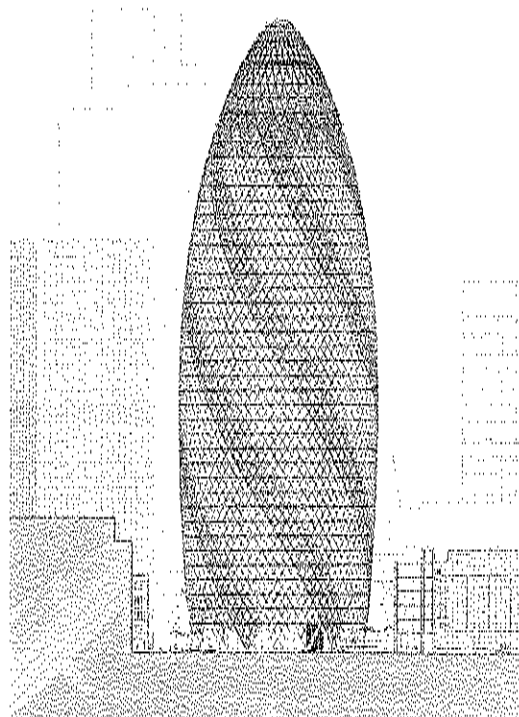


5/ Skidmore Owings & Merrill, *John Hancock Center*, Chicago, 1969.

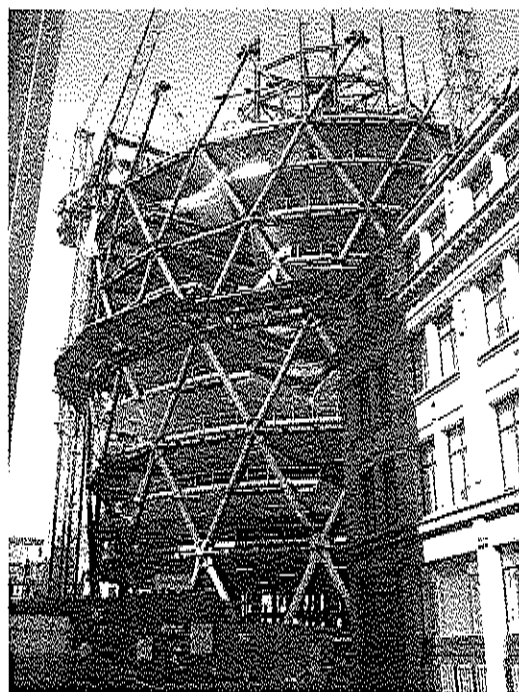
potenziata la sostenibilità strutturale del sistema tubolare grazie all'applicazione a fascio di tubi (*Bundled Tube*). Legati da cinture reticolari perimetrali per aumentare la rigidità sia a flessione che a taglio del fabbricato, nove tubi strutturalmente connessi sostanziano l'inerzia alla base della torre per poi interrompersi a livelli diversi.

Nel celebre John Hancock Center (344 metri, completato nel 1970) il concetto di tubo è declinato nella sua versione reticolare esterna (*Braced Tube/Truss Tube*). Grazie all'impiego di grandi diagonali di facciata, in grado di trasmettere in fondazione anche le forze assiali derivanti dai carichi orizzontali oltre che controventare l'edificio, si amplia l'indeformabilità dei prospetti, conseguendo un aumento dell'interesse delle colonne, indispensabile per fare entrare più luce naturale. Conseguentemente, l'aumento di rigidità esterna comporta lo snellimento del nucleo interno, con evidenti vantaggi distributivi e architettonici, indispensabili per un grattacielo polifunzionale dove sono alloggiati parcheggi, uffici e residenze.

Il sistema impiegato per l'Hancock è spesso



6/ Sir Norman Foster, *Swiss Re Tower*, Londra, 2005. Prospetto.

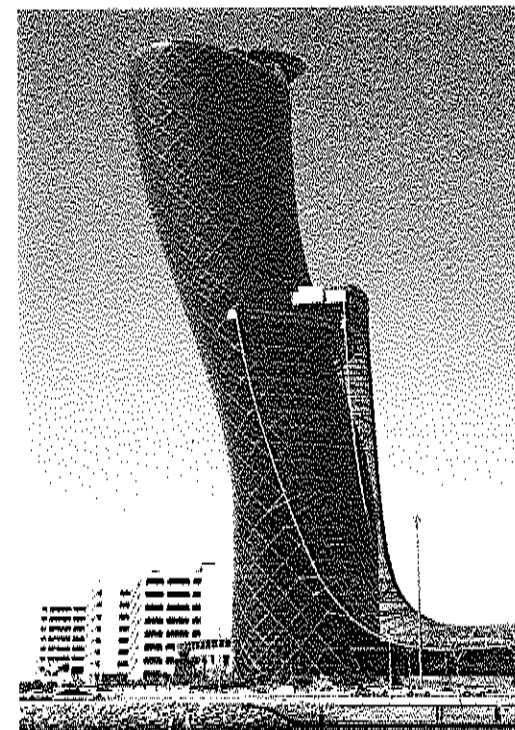


7/ Sir Norman Foster, *Swiss Re Tower*, Londra, 2005. Foto di cantiere: in evidenza il sistema *Diagrid* della struttura portante perimetrale.

portato dalla letteratura<sup>11</sup> come prototipo primigenio di una *Diagrid*, ovvero di una griglia a maglie triangolari come sistema portante esterno. Sebbene i sistemi diagonali di controventamento abbiano da sempre configurato un limite espressivo per l'immagine complessiva del grattacielo, negli ultimi dieci anni, una progressiva adozione in cantieri pilota di edifici simbolo, come quello del Gherkin di Sir Norman Foster, ha provocato una crescente consapevolezza sulle enormi potenzialità figurative e tecnologiche che l'involucro strutturale così concepito sa offrire per edifici slanciati.

La maglia triangolare consente il tassellamento (*mesh*) in elementi piani di qualunque curvatura o di qualunque superficie a doppia curvatura sinclastica e non, ricalcando in modo migliore (a seconda della larghezza della maglia) la forma di *concept*. È la soluzione impiegata per tutte le torri che abbandonano la stereometria o la sovrapposizione di corpi estrusi digradanti come concetto compositivo, a favore di arditissimi disassamenti volumetrici e involucri esterni concepiti da *free forms*, come nel Capital Gate<sup>12</sup> di Abu Dhabi o nella futura Tour Phare a Parigi (296 metri).

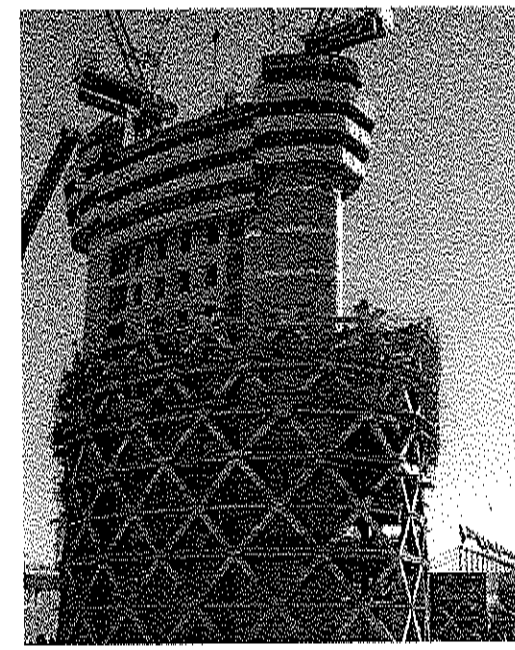
La maglia triangolare assicura che la struttura esterna, composta da elementi lineari, possa prefigurare il profilo di sfaccettature ad assecondare l'inviluppo dell'involucro che, completato dal montaggio del rivestimento, conquisterà il profilo sinuoso desiderato dal progettista. Questa flessibilità architettonica è accompagnata da benefici strutturali non trascurabili: a differenza di un tubo reticolare, all'interno di una *Diagrid* sono assenti elementi verticali a colonna; questo è possibile perché le aste disposte in una configurazione triangolare, sufficientemente serrata, trasmettono in fondazione sia le forze orizzontali che le laterali, semplicemente attraverso compressioni o trazioni assiali. Analizzando la carpenteria metallica del Swiss Re Tower è evidente rimarcare un dato già presente nell'Hancock Center: la rigidità alle sollecitazioni di taglio, oltre che a quelle di flessione, posseduta dal sistema a maglie triangolari sulla frontiera dell'edificio, permette di ridurre drasticamente la rigidità del nucleo, riducendone sostanzialmente lo spessore, a favore di una maggiore flessibilità spaziale al piano. Questi vantaggi vengono comunque ridimensionati dalle difficoltà costruttive che la maglia triangolare ha: la *Diagrid* in acciaio infatti, sebbene sia composta da elementi lineari industriali, approvvigionabili con un contenimento dei costi, ha una difficoltà diffusa nell'impossibilità di universalizzare il nodo



8/ RMJM, *Capital Gate Tower*, Abu Dhabi, 2011.



10/ RMJM, *Capital Gate Tower*, Abu Dhabi, 2011. Foto di cantiere: in evidenza la struttura portante esterna con sistema *Diagrid*.



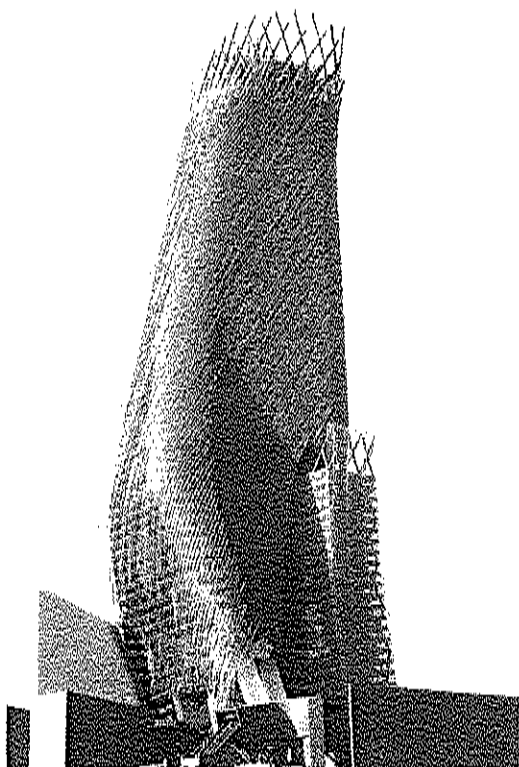
9/ RMJM, *Capital Gate Tower*, Abu Dhabi, 2011. Foto di cantiere: in evidenza la struttura portante esterna con sistema *Diagrid*.

di attacco delle singole aste, sempre diverso a causa della variabilità dell'angolo con il quale le aste concorrono in esso. Un'attenta ingegnerizzazione della forma può ricondurre i nodi spaziali a elementi universali o a famiglie di elementi uguali, con un palese beneficio economico della costruzione.

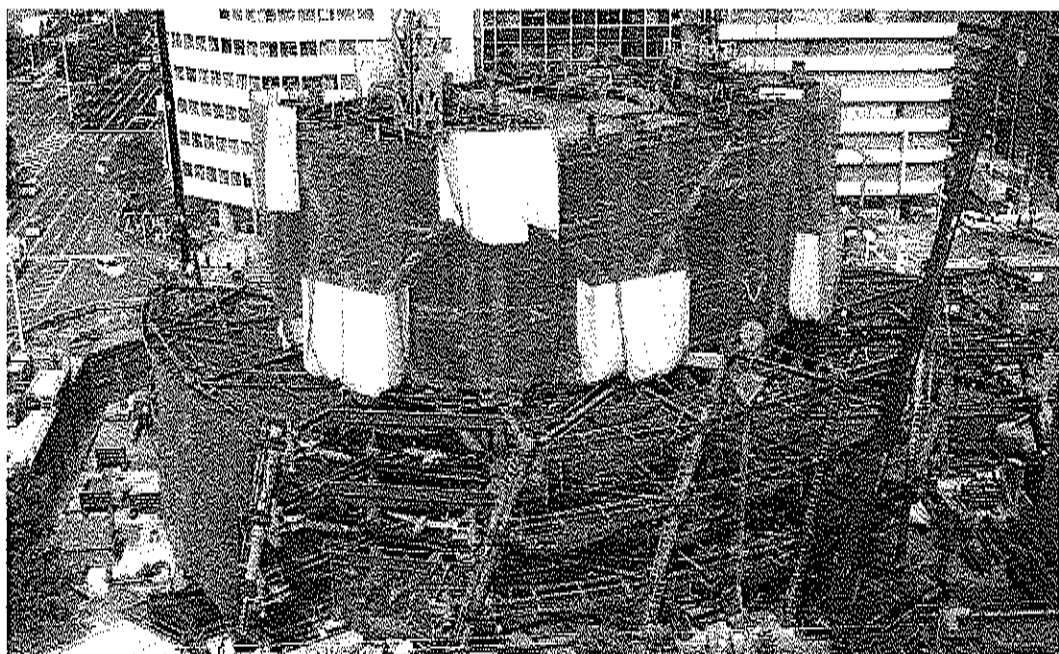
Se è vero che oggi i sistemi *Outrigger* assicurano una facile edificabilità (grazie a cassaforme rampanti sempre più stabili e leggere e a calcestruzzi fluidi in grado di essere pompati per altezze superiori ai 500 metri) e che le *Diagrid*, invece, assicurino rigidità contemporaneamente a qualunque tipo di sollecitazione (flessionale o di taglio), è facile prevedere che l'interazione tra i due sistemi, già *in nuce* in alcuni progetti in attesa di cantierizzazione come le Twin Tower di Parigi di Norman Foster (320 metri), porterà una nuova tipologia strutturale in grado di garantire elevate prestazioni di stabilità con strutture sempre più integrate con la spazialità architettonica.

Siamo sempre più lontani dall'uniformità distributiva e dalla flessibilità spaziale che la struttura portante a telaio (travi, pilastri) garantiva nelle





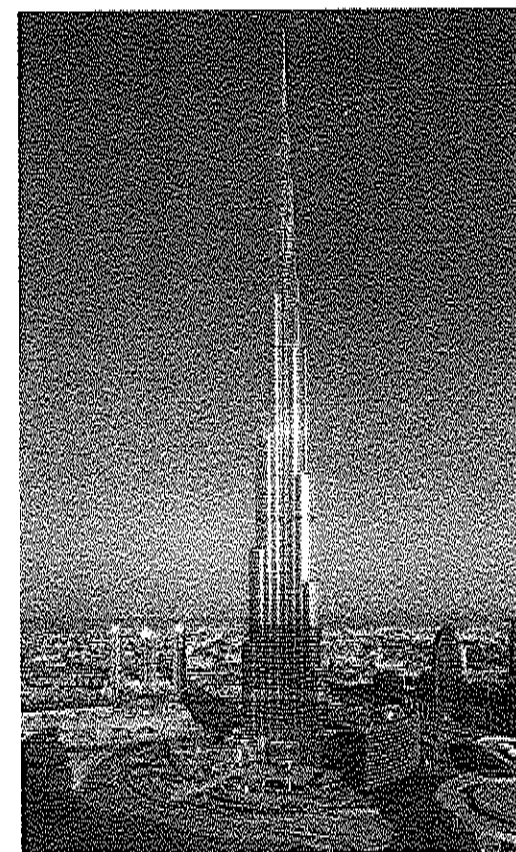
11/ Morphosis (Thom Mayne), *Tour Phare*, Parigi. Modello digitale.



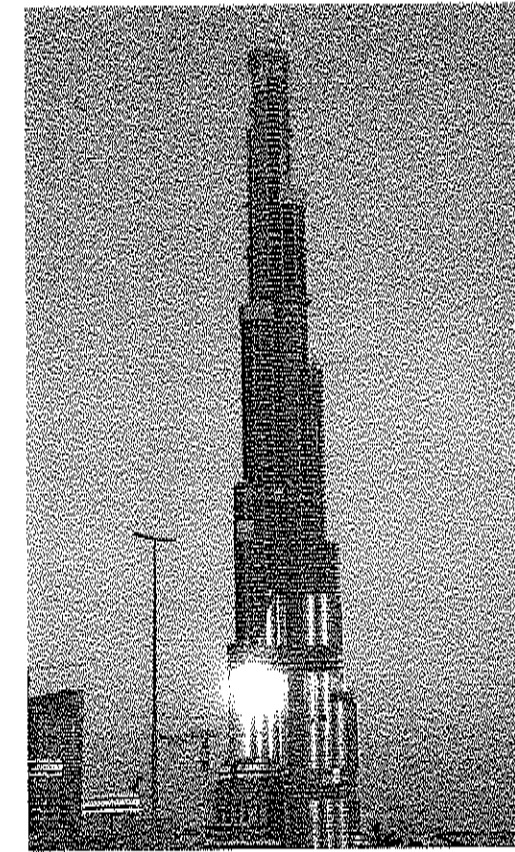
12/ Nikken Sekkei Ltd., *Modegakuen Spiral Tower*, Nagoya, Giappone, 2008. Foto di cantiere: in evidenza il tubo reticolare interno e le carpenterie delle ali esterne.

volumetrie stereometriche di fine secolo; ormai i «nuovi» elementi strutturali come le super colonne, le super diagonali, i setti stabilizzanti o le maglie triangolari permettono oggi di configurare spazialmente un'ossatura portante personalizzata ma architettonicamente partecipativa, ovvero distributivamente efficiente, in grado di non compromettere la fruibilità, e quindi l'appetibilità dell'investimento immobiliare: non più struttura e involucro, ma struttura con involucro. Sebbene sia il caso limite le piante del Burj Khalifa<sup>13</sup> (828 metri) sono emblematiche in questo senso: la distribuzione strutturale dei setti portanti in calcestruzzo armato, è drammaticamente invasiva nel ritmare la sequenza degli spazi interni, alloggiando essi camere d'albergo, residenze, o uffici; spazi resi rigidi grazie a una sequenza muraria estremamente fitta, necessaria al raggiungimento dell'altezza record, grazie alla quale l'open-space sembra solo un vago ricordo.

Una orditura ramificata nell'architettura, uno scheletro espressivo per forza e non per scelta, non più struttura ma insieme di vertebre e ossa: l'allusivo quanto fuorviante paragone strutturale tra una torre e un busto umano espresso nel disegno di Santiago Calatrava per il *concept* del Turning Torso, può sfocatamente suggerirci oggi il prossimo futuro?



13/ Skidmore Owings & Merrill, *Burj Khalifa*, Dubai, 2010 (Credits SOM).



14/ Skidmore Owings & Merrill, *Burj Khalifa*, Dubai, 2010. Foto di cantiere.

#### Note

<sup>1</sup> Su Fazlur Khan si veda: Y. S. KHAN, *Engineering architecture: the vision of Fazlur R. Khan*, WW Norton, New York, 2004.

<sup>2</sup> Tra i casi più celebri, la Chigago Spire (609 metri) di Santiago Calatrava, grattacielo simbolo per la città, in grado di rianimare la corsa verso il cielo che aveva contraddistinto la capitale dell'Illinois negli anni sessanta e settanta del novecento. Nel giugno del 2007 si dà avvio al cantiere nei pressi del Navy Pier, ma il collasso finanziario e la successiva nazionalizzazione della Anglo Irish Bank, principale finanziatore della Shelbourne Development, proprietaria del terreno e promotrice dell'investimento, ha comportato la cancellazione del progetto. La Chigago Spire risulta in ogni caso uno dei casi isolati che non hanno decretato il completo abbandono della tipologia, ma piuttosto un suo ridimensionamento numerico, solo in Nord America.

<sup>3</sup> N. HOLLISTER, *A Year in Review: Trends of 2011. Skyscraper Completion Reaches New High for Fifth Year Running*, «CTBUH Press Releases», January 18, 2012, Chicago, pp. 1-8.

<sup>4</sup> A fare da contraltare alle stime in positivo del CTBUH il 12 gennaio 2012 è stato pubblicato dalla società di analisi Barclays Capital un singolare report che sotto il nome di *skyscraper index*, comparando le crisi del passato con l'ultimazione dei grattacieli record di altezza, traduce l'ultimazione di questi ultimi in un indice in grado di preannunciare le future crisi.

<sup>5</sup> Cfr. F. R. KHAN, *Evolution of structural systems for high-rise buildings in steel and concrete*, in J. Kozak (Ed.), *Tall Buildings in the Middle and East Europe: Proceedings of the 10th Regional Conference on Tall Buildings-Planning, Design and Construction*. Bratislava: Czechoslovak Scientific and Technical Association.

<sup>6</sup> Il *Vortex Shedding* è un fenomeno aeroelastico nel quale, se un corpo è immerso in una corrente fluida subsonica, si forma una scia di vortici che si distaccano dal corpo stesso in modo alternato e non stazionario. Tale distacco genera delle forze di resistenza e di portanza variabili nel tempo, anche se la velocità della vena incidente ha intensità e direzione costante. Questo fenomeno di eccitazione si manifesta per quei profili che tendono a distaccare vena, ovvero per quei corpi che non hanno sezione di

tipo alare, come ad esempio quelle circolari. Nel caso si verificano particolari condizioni, la frequenza di distacco dei vortici può sincronizzarsi alla frequenza di risonanza della struttura, creando un sincronismo (*Lock-in*) che aumenta l'intensità della forza di portanza. Questo meccanismo di sincronismo può generare un'instabilità della torre e dare principio a un movimento oscillatorio lungo l'asse perpendicolare al moto del fluido (vento) che può compromettere il comfort abitativo degli ultimi piani dell'edificio. Nel caso del Burj Khalifa, l'edificio più alto del mondo, la pianta a Y alla base è stata disposta allineando uno dei tre bracci alla direzione statisticamente privilegiata dalle correnti: il movimento elicoidale di restrizione che affina le silhouette della torre è stato studiato dai wind-engineerind di SOM (Skidmore Owings & Merrill) in modo da ridurre al massimo il distacco della vena fluida delle correnti e mantenere il flusso del vento più aderente all'involucro dell'edificio, offrendo all'aria incidente una sezione il più possibile eterogenea per la totale altezza del fabbricato. È per questo principio che la variabilità dell'orientamento dei solai rende i grattacieli tortili, come la Turning Torso a Malmö di Santiago Calatrava o il primo progetto della Freedom Tower di New York di SOM, più aerodinamici. Su questo si veda: W. F. BAKER, D. STANTON KORISTA, L. C. NOVAK, *Burj Dubai: Engineering the world's tallest building*, pubblicato online in «Wiley InterScience» ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)), 2 Novembre 2007.

<sup>7</sup> K. LE CHANG, CHUN-CHUNG CHEN, *Outtrigger System Study for Tall Building Structure with Central Core and Square Floor Plate*, proceeding, CTBUH Conference, Seoul, 10 -

13 October 2004, pp. 853-869.

<sup>8</sup> Cfr. S. PORRETTI, G. CAPURSO, *Trasfigurazioni di Strutture*, in B. REICHLIN, L. TEDIOSCHI (a cura di), *Luigi Moretti. Razionalismo e trasgressività tra barocco e informale*, Electa, Milano 2010, pp.375-385.

<sup>9</sup> Per ottenere una sufficiente resistenza ai carichi verticali il passo delle colonne in facciata non può tendenzialmente superare i 2 metri di interasse per lo schema statico semplice *Framed Tube*.

<sup>10</sup> Le travi orizzontali in grado di serrare le colonne sono necessarie a rendere maggiormente assimilabile il grattacielo a un tubo con parete piena, riducendo il fenomeno dello *Shear Lag*. Esso è evidente se analizziamo la distribuzione delle tensioni nelle colonne di un *Framed Tube*. Un tubo a sezione rettangolare con perimetro pieno sotto l'azione del vento o del sisma avrebbe una distribuzione uniforme della trazione sulla faccia sopravento e della compressione sulla faccia sottovento. Lo stesso dicasi per le anime, in cui si dovrebbe avere la classica distribuzione «farfalla» variabile linearmente. Nel caso reale, per effetto della deformabilità delle travi, gli sforzi assiali nelle colonne d'angolo sono incrementati, mentre nelle colonne centrali si riducono.

<sup>11</sup> M. ALI, *Art of skyscraper. The Genius of Fazlur Khan*, Rizzoli International, New York, 2001.

<sup>12</sup> Cfr. P. REINA, *Wrenches Put In Tower's Work. Architect's twisty slant impedes construction of 160-meter high-rise in Abu Dhabi*, «Engineering News-Record», July, 15, 2009, McGraw Hill Construction, New York, pp.3-8.

<sup>13</sup> Cfr. A. ABDILRAZAQ, *Validating the Dynamics of the Burj Khalifa*, «CTBUH Journal», 2011, issue II.

## Italia 1990-2012: Under-design, ovvero un progetto di anonimato tecnico e politico

Luca Guido

Negli ultimi anni non sono mancati giudizi interpretativi sugli sviluppi dell'ingegneria italiana del ventennio appena trascorso. Si è trattato per lo più di valutazioni mutate dal mondo dell'architettura, spesso poste indirettamente attraverso paragoni e raffronti col periodo del boom economico.

Più recentemente la questione è stata affrontata con maggiore specificità ed interesse. Tra i libri del solo 2011 ricordiamo la comparsa, per i tipi di diverse case editrici, di svariati contributi utili ad una comprensione panoramica del tema generale preso in esame: *1861-2011. 150 anni di Storia del cemento in Italia. Le opere, gli uomini, le imprese* di Tullia Iori e Alessandro Marzo Magno, *150 opere per l'Italia* a cura di Stefania Ficacci, Alfredo Martini, Federica Paoli, *Sessant'anni di ingegneria in Italia e all'estero* di Valerio Paolo Mosco e a cura di Piergiorgio Vigliani, sono solo alcune delle pubblicazioni e degli studi che evidenziano diversi tagli critici e curatoriali sull'argomento.

L'intento di questo saggio è in qualche modo differente dalle letture citate poiché l'analisi condotta è più mirata: nel presente caso il tentativo proposto è quello di analizzare le principali opere di ingegneria, con attenzione particolare a ponti e viadotti, ovvero alle cosiddette opere d'arte stradali.

Si è cercato di dare seguito a questo intento nonostante la prospettiva storica sia ancora troppo corta per poter avere la giusta distanza critica dagli eventi trattati.

Lo sforzo ha dunque implicato e richiesto di contestualizzare i progetti nel quadro più ampio delle trasformazioni economiche, politiche e legislative che hanno caratterizzato il periodo 1990-

2012, con l'obiettivo di delineare le tendenze emerse in seno all'ingegneria italiana attraverso una riflessione sulle principali opere infrastrutturali realizzate.

Se da una parte gli anni '90 del secolo scorso si aprono con la morte dei principali protagonisti dei «bei tempi andati dell'ingegneria italiana»<sup>1</sup>, dall'altra ci si trova di fronte ad un mutato clima di investimenti infrastrutturali.

Il nodo politico rappresentato dalla legge 492 del 1975<sup>2</sup>, che all'art. 18-bis disponeva la sospensione della costruzione di nuove autostrade, sarà sciolto solo nel 2001 dalla legge n. 443: tralasciando in questa sede valutazioni sociali ed economiche, la cosiddetta *Legge Obiettivo* ha individuato nuove procedure e modalità di finanziamento per le opere definite strategiche e di preminente interesse nazionale.

Da un punto di vista simbolico la scomparsa di Riccardo Morandi, avvenuta nel dicembre del 1989, inaugurerà un periodo da molti percepito come una fase storica di occasioni mancate o perse, ma più verosimilmente si tratta di uno spostamento di interessi e di soluzioni da parte dell'ingegneria italiana.

Gli anni '90 sanciscono la tendenza dell'*under-design*, del «sapere di routine», denunciata dai principali progetti di ingegneria realizzati: si costruiscono opere professionalmente corrette, a volte anche impegnative tecnicamente e per sforzo economico, ma sostanzialmente lontane dall'*over-design*<sup>3</sup>, dall'autorialità tipica degli anni precedenti.

Questo particolare fenomeno prende piede per diverse ragioni; vuoi per il modificarsi del sistema degli appalti che muta il ruolo giocato dai progett-

**TITLE OF THE ISSUE**  
**Engineering Today**

**RESEARCH**

**«Pop Structures» for the new Millennium**

*Tullia Iori, Sergio Poretti*

Could we recognize a baroque style in a part of current structural engineering? Could we define a Baroque Engineering fashion? Transformed into an icon that should be appreciated and «bought» by an extraordinarily broad, multicultural audience, the structure enters triumphantly into the big world of pop art: this is the particular nature of the Baroque style that involves the work of engineering. Since the eighties of the twentieth century, there are many experiences in which the fundamental ethic and aesthetic principles of the classical engineering are blatantly breached. In these experiments the show is not the shape, more or less free, but the structural image. This should surprise no more for the daring, or the lightness, or the simplicity, but for the eccentricity of the equilibrium configuration: unexpected outcome (anything but natural, anything but cheap) of an inventive, sophisticated and (why not?) redundant game of forces. The endless catalog of new structural forms demonstrates the radical transformation of the figure of the structural engineer in recent decades. This transformation is certainly stimulated from the outside: by the same context switches that generate the ongoing revolution in architecture. But the outcome is accomplished effectively within the world of engineering, where it remains in close interconnection with the long path of a slow, painful history of maths and computers, algorithms for the optimization, more and more sophisticated materials, extraeuclidean geometries. The objective of this paper is mentioning a few crucial moments of this story internal to engineering.

**The beauty of calculation**

*Bruno Reichlin*

After more than a hundred years of promiscuous coexistence, of exposure to the architect's desire for admiration, to his exaggerations and his eternal quest for fresh beginnings, the engineer has gradually carved out an image for himself that is in some senses defined in opposition to the practices and prerogatives of the architect. This is not the place to weigh this historical "difference" in the balance, but we can at least attempt to trace its outline. The example of two of today's most exciting engineers, Santiago Calatrava and Jürg Conzett, will serve to give focus to our enquiry.

An extended English version of this paper is included in M. MOSTAFAVI (ed.), *Structure as Space. Engineering and Architecture in the Works of Jürg Conzett and His Partners*, AA Publications, Londra, 2006, pp. 18-31.

**«Toys and games»: Santiago Calatrava's Bridges**

*Rinaldo Capomolla*

Bridges constitute a representative and numerically important part of Calatrava's work. To determinate their structure, Calatrava doesn't base on well-known models, but - as he himself affirms - starts from the "creation of toys and games that can give plastic expression to the principles of statics". «Toys and games» are arrangements of balanced objects, which he uses to identify new static organizations, capable to surprise the observer. Similarly, his bridges appear as articulated groups of elementary structures, whose opposing effects counterbalance each other, in not always comprehensible ways. Although with different exception, Calatrava's bridges are based on a single model: they are arched or on pylons structures, whose deck is supported by cables or rigid blades and it resists torsion effects. Most representative bridges are based on sloping and asymmetric arches (Gentil bridge, Alameda bridge, Campo de Volantín footbridge, Europe bridge) and on pylons not balanced by cables (Alamillo bridge, Sundial bridge). Calatrava also utilizes more usual models, both arched, (Bach de Roda bridge, Lusitania bridge, bridge over Grand Canal) or with pylons and cables (Beckett bridge, bridges over the Hoofdvaart, Petah Tikva footbridge), but he always obtains original effects. For the Central Bridge of Reggio Emilia and Margaret Hunt Hill bridge, he presents an inedited model: the cables are anchored to a great midway transversal arch, instead of to a central pylon. Carefully designed, both in relation with their surroundings and in their details, Calatrava's bridges are expressed in a so loud and appealing way that they become elements of valorisation for the places in which they are inserted. Their most interesting aspect is the original way in which static rigour and formal freedom are combined.

**High fashion clothes, prêt-à-porter frames: contemporary skyscraper structural trends**

*Luciano Cardellicchio*

According with 2011 report of the Council on Tall Buildings and Urban Habitat, high-rises buildings developments have been rapidly increasing worldwide. Presenting the impossibility to compile a new classification for the primary structural system, this paper reviews the evolution of tall-building's structural systems. While most representative structural system are discussed, the emphasis in this review paper is on current trends

such as outrigger systems and diagrid structures. Learning from the past, it is also proposed the evolution of these two systems of truss force diagram, analyzing masterpieces of Fazlur R. Khan and Pier Luigi Nervi.

**Italy 1990-2012: Under-design, or a project of technical and political anonymity**

*Luca Guido*

The paper examines Italian engineering developments between the early 90's and 2012, paying attention to bridges, footbridges, viaducts. The critical and historical research analyzes some of the most important Italian engineering works, introducing them in the larger economic, political and legislative frame that has characterized the period 1990-2012.

**Tensegrity Structures**

*Andrea Micheletti*

Tensegrity systems are prestressed pin-connected frameworks composed by bars and cables, with bars never connected to each other and cables constituting a connected set. Tensegrities have been first discovered in the late 1940's by Kenneth Snelson, when he was a student of Buckminster Fuller. Due to their distinctive features, these systems have attracted the attention of architects and engineers, resulting in various realizations and design proposals. The aim of this work is to provide a comprehensive review of the relevant constructions and projects employing tensegrities. First, we introduce main concepts and principles by presenting the work of Snelson and Fuller. Then, we analyze the first large roof constructions, built starting in the late 1980's. Finally, we describe recent international projects and design proposals. At present, there is little agreement on what should be considered a tensegrity system, with different authors adopting different definitions. This issue is also discussed here.

**The necessity to begin, the sense of belonging: Itō Tōyoo's music test at the Matsumoto Performing Arts Centre (2000-2004)**

*J.K. Mauro Pierconti*

Ito Toyo facing the Music in the project of Matsumoto Performing Arts Centre (2000-2004). Unlike the precedent projects for the Nagaoka Lyric Hall (1996) and the Taisha Hall (1999), Ito looks for a space more representative, in a more physique way, of the sense, and the feeling of the Contemporary Music. The thoughts about the writings of the famous Japanese composer Takemitsu Toru (1930-1996) together with the works starting from the Sendai Mediatheque show us a new way

of thinking that, in the field of performing arts, is producing a series of interesting theaters, like Za-Kōenji, finished in 2008, and above all the Taichung Metropolitan Opera House. But in the Matsumoto Centre we find the roots of the evocative idea that Music is something that needs a flowing space, according also to the sentence of Takemitsu in his writing Nature and Music: "Our task is to revive the basic power of sound ... [..]. I have referred to the 'stream of sounds'. This is not only an impressionistic description but a phrase intended to contrast with the usual method of construction in music - that of superimposing sounds one on another [..]. By admitting a new perception of space and giving it an active sense, is it not possible to discover a new unexpected, unexplored world? [..] The external and the internal world are full of vibration" [our italics]. In which way is possible to grasp such space, to make the sounds to resonate freely into the air is the topic point of the Matsumoto Centre.

**Beginning millennium great works. Integrated architecture chronicles from two Italian construction sites**

*Giulio Barazzetta*

This paper examines the condition of current architectural design and construction in Italy, considering two exemplary «great buildings»: the new center of the Milan University Bicocca, completed in 2008, and the under-construction Napoli-Afragola High Speed Train Station, that is expected to open in 2013. They both are considerable public works, indicative of the collective spaces of our cities; they are similar in terms of cost, but different for surface and functional program: a university and a train station, a disused area inside the city and a country area. Despite the differences, the expected qualities and representativity are the same. Confronting the Bicocca centre - designed by earthwork and roofwork composition - and the Afragola Station - inspired by the travelling flows - tectonics and neo-tectonics of the last architectural season face each other, measuring differences and detecting analogies, that test idea and construction but also style and industry of the design.

**Engineering from the World**

*Ilaria Palazzi*

The paper presents a selection of engineering works realized in the last twenty years. It doesn't want to be exhaustive, but only representative of some fundamental stages in the development of contemporary structures: cable-stayed and suspended bridges, stress ribbon pedestrian bridges, tensile membrane structures, skyscrapers, tensegrity structures, reinforced concrete thin roofs, have been selected in the international scenery to illustrate the course of structural engineering. Complicated solutions often conceal within viaducts, footbridges, stadia, museums, exhibition centers, airports, but also in some elements whose only function is to decorate urban landscape. These works are the result of the collaboration between