



**MEGATALL:** straordinari a partire dalle **FONDAZIONI**, sistemi GPS per verificare **VERTICALITÀ** che sveltano intorno ai 600 metri. Un articolo sul tema di quattro anni fa dichiarava “Verso l’infinito e oltre”.

Siamo arrivati "Oltre"?

DARIO TRABUCCO

A sinistra: con l'aumento della densità, in molte città asiatiche si sta sviluppando la tendenza a creare spazi pubblici nei piani più alti degli edifici. Il lussuoso ristorante al trentatreesimo piano della Jongno Tower di Seul si stacca dal terreno (e dal resto dell'edificio) per cercare un panorama e una tranquillità altrimenti introvabili al livello stradale.

Sopra: il primo grattacielo completato a Chicago dopo la crisi finanziaria del 2008 è un edificio a destinazione pubblica, il campus verticale della Roosevelt University ospita laboratori e spazi comuni nei piani più bassi della torre e alloggi per studenti nei 15 piani più alti. Il grattacielo si affianca a uno degli edifici più antichi di Chicago, l'Auditorium Building del 1889 di Dankmar Adler e Louis Sullivan, occupato da oltre 60 anni dall'Università.





La Nakheel tower a Dubai di Woods Bagot è stata annullata quando erano già state terminate le opere di fondazione.

I 2011 era stato annunciato come un anno orribile per l'industria dei grattacieli, che avrebbe sofferto i contraccolpi di lungo corso della crisi finanziaria ed economica iniziata nel 2008. Per i progetti in corso di realizzazione si era dunque cercato di individuare la soluzione ideale per minimizzare i possibili danni economici: il rapido completamento dei grattacieli quasi completati, il ridimensionamento di alcuni progetti sui quali era ancora possibile apportare delle modifiche volumetriche o l'annullamento delle costruzioni ancora allo stato embrionale. Nel 2009 e nel 2010 si assistette dunque alla cancellazione di numerosi grattacieli, con le due "vittime" più illustri che possono essere individuate nel Chicago Spire di Calatrava e nella Nakheel tower a Dubai di Woods Bagot, entrambe annullate quando erano già state terminate le opere di fondazione.

Nonostante siano davvero numerosi i grattacieli colpiti dalla crisi, soprattutto nelle città americane e a Dubai, i numeri della crisi sono stati molto meno pesanti di quanto ci si potesse aspettare, per merito della vera e propria esplosione di progetti vissuta da molte città asiatiche. Quasi quotidianamente negli ultimi anni sono stati annunciati (ed effettivamente costruiti) grattacieli di due o trecento metri nei luoghi più disparati dell'estremo oriente. Oltre ovviamente alla parte del leone svolta dalla Cina, numerosissime costruzioni sono state realizzate a Singapore, Seul, Manila, Hong Kong ecc. Tutto ciò ha reso possibile archiviare un periodo inaspettatamente positivo che ha visto un nuovo record assoluto di edifici alti realizzati nel 2011, record che verrà però a sua volta superato nel 2012 e poi, nuovamente, anche nel 2013. Se nell'immaginario comune i grattacieli sono ancora legati all'immagine delle città americane, è oramai innegabile che gli addetti ai lavori guardino ora ai Paesi Orientali come la nuova frontiera del costruire in altezza, dopo che sembra essersi almeno parzialmente assopito il mercato dei Paesi Arabi che certamente aveva fatto scintille nel primo decennio del Duemila.

In quest'ottica devono essere letti quindi il gran numero di appuntamenti, sia legati al mondo industriale che di carattere accademico, svolti o in corso di programmazione in questi Paesi. La partecipazione a queste conferenze consente sempre di cogliere non solo

Un'altra "vittima illustre" è il progetto "Chicago Spire" di Santiago Calatrava, di cui resta solo un enorme buco nel terreno.

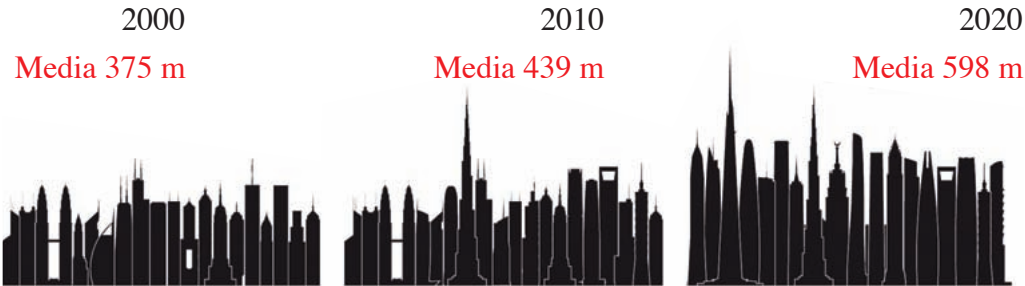




La pagina d'apertura dell'articolo pubblicato in Modulo nell'ottobre del 2008, anch'esso a firma di Dario Trabucco.

le tendenze di mercato specifiche del settore ma di leggere, spesso anche con notevole anticipo, alcune dinamiche destinate a influenzare anche i settori più “tradizionali” del costruire. I grattacieli infatti, ed è questo uno dei motivi che li rende degli affascinanti campi di studio e di indagine, per le loro problematiche costruttive, per le opportunità di immagine e visibilità che creano e per gli ingenti capitali che la loro realizzazione movimentata, si trasformano spesso in autentici banchi di prova per lo sviluppo di nuove tecnologie, materiali, software e modelli gestionali creati ad hoc oppure per il trasferimento tecnologico da altri settori della produzione più dinamici. Una volta “consolidati” nel settore dei grattacieli, queste innovazioni possono poi venir trasferite, magari semplificate, ad altre tipologie edilizie che non sono magari in grado di promuovere autonomamente innovazione in campo architettonico. Sono iniziati nei primi giorni del 2012 i lavori per la realizzazione della Kingdom Tower a Jeddah. La città dell'Arabia Saudita vedrà entro 5 anni il completamento del primo grattacielo alto più di un chilometro. La torre sarà al centro di un intervento immobiliare del valore complessivo di 20 miliardi di dollari destinato a trasformare Jeddah in un polo di attrazione di capitali e cittadini da tutto il mondo. Proprio in questi giorni sta invece chiudendosi il cantiere della Mekka clock tower, nella città della Mecca. Il mega albergo e centro direzionale, che sorge a poche decine di metri del luogo più sacro dell'Islam supera di poco i 600 metri e diventa così il secondo “megatall” del mondo, dopo gli 828 metri del Burj Khalifa di Dubai.

La tendenza allo sviluppo dei grattacieli è evidente in questa immagine, realizzata dal Council on Tall Buildings and Urban Habitat, che raccoglie i 20 grattacieli più alti di ogni decade.

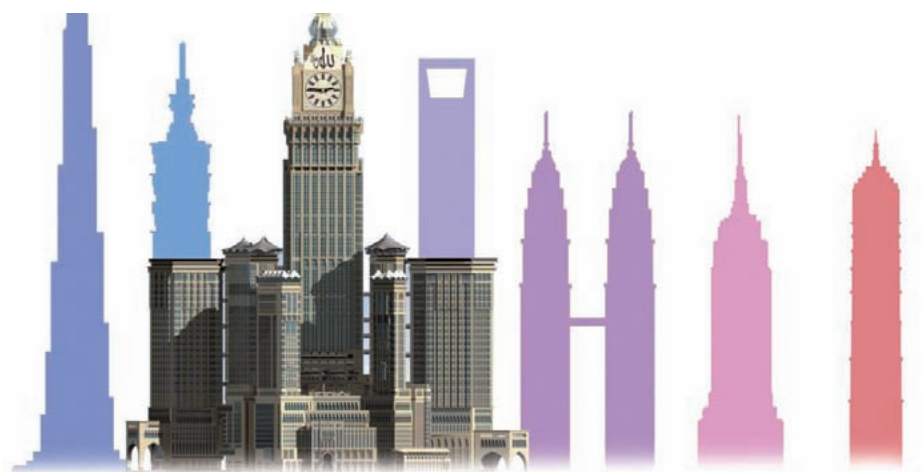


## MODULO PAROLE CHIAVE

EDIFICI ALTI · TALL · SUPERTALL  
· **MEGATALL** · FONDAZIONI ·  
DEMOLIZIONE · VERTICALITÀ

A destra e sotto: In fase conclusiva il cantiere della Mekka clock Tower, nella città della Mecca. Il mega albergo e centro direzionale, che sorge a poche decine di metri del luogo più sacro dell'Islam supera di poco i 600 metri e diventa così il secondo "megatall" del mondo, dopo gli 828 metri del Burj Khalifa di Dubai.

A destra: Kingdom Tower a Jeddah. La città dell'Arabia Saudita vedrà entro 5 anni il completamento del primo grattacielo alto più di un chilometro. La torre sarà al centro di un intervento immobiliare del valore complessivo di 20 miliardi di dollari destinato a trasformare Jeddah in un polo di attrazione di capitali e cittadini da tutto il mondo.



Il termine "megatall" è stato da poco coniato proprio per descrivere i grattacieli che, superando i 600 metri, hanno un'altezza doppia rispetto ai "supertall". Se fino a un paio di decenni fa si potevano contare sulle dita di una mano i grattacieli più alti di 400 metri, il panorama oggi è drasticamente cambiato e entro la fine del 2020 verranno completati almeno 13 grattacieli megatall.

Non ha molto senso interrogarsi sulle ragioni o sull'opportunità di questi autentici giganti del panorama urbano e la loro costruzione deve essere vista esclusivamente in risposta al desiderio di affermazioni di individui o di comunità che abbinano a una "atavica" esigenza di auto-celebrazione, delle disponibilità economiche e finanziarie quasi inesauribili.

Certamente però la realizzazione di queste strutture rappresenta un'occasione formidabile per l'innovazione tecnologica dei materiali e delle tecniche di progettazione, costruzione e gestione dei progetti coinvolgendo l'intera comunità internazionale che si occupa di grattacieli nella realizzazione di queste straordinarie opere dell'ingegno.





## Come lavorare in FONDAZIONE se l'edificio si eleva per 400 metri? E come essere sicuri che sia “A PIOMBO”? IL MONITORAGGIO work in progress, la chiave di sviluppo dei CANTIERI OVERSIZE

La costruzione di questi grattacieli di inedite altezze richiede innanzitutto la realizzazione di strutture di fondazione in grado di sorreggere il carico puntuale agente sul terreno e di trasferire ad esso le sollecitazioni orizzontali che agiscono sulla torre. In mancanza di uno strato roccioso relativamente superficiale (come nel “felice” caso di Manhattan) la realizzazione dei megatall building richiede la costruzione di enormi platee di fondazione che devono essere in grado da un lato di distribuire su un'area sufficientemente ampia la massa dell'edificio sovrastante e dall'altro devono avere una massa sufficiente per impedire il “ribaltamento” del grattacielo. Per questo la platea viene ulteriormente rinforzata con pali di fondazione che possono arrivare a 60 metri di profondità. Il caso della Lotte tower di Seul rappresenta probabilmente l'esempio più eclatante.

La base della torre sarà costituita da un parcheggio di 7 livelli ipogei, “seduto” sulla platea di fondazione alla base della torre. La platea è formata da un unico zoccolo di calcestruzzo dello spessore di 6,5 metri e da dei pali di fondazione profondi 65 metri le cui teste si trovano circa 110 metri sotto il piano stradale della città. Per la costruzione della soletta, eseguita con un'unica getta realizzata in 24 ore consecutive, sono state impegnate più di 5000 betoniere utilizzando acqua a una temperatura prossima allo zero per evitare i problemi legati al notevole sviluppo di calore di idratazione di una simile massa di calcestruzzo. Nei numeri precedenti di Modulo sono più volte stati presentati grattacieli dalle volumetrie originali e complicate, ben lontane dalla geometrica razionalità dei grattacieli dei decenni precedenti. Nell'ultimo decennio, grazie alla accresciute capacità di calcolo dei computer e ai progressi fatti nella resistenza dei materiali strutturali, è stato possibile creare edifici storti, rastremati o con particolari volumetrie spiraleggianti. Queste eccezioni alla verticalità, chiaramente intenzionali, richiedono invece un controllo di massima precisione della geometria dell'edificio in fase di realizzazione.

Con lo sviluppo dei grattacieli “megatall” il monitoraggio dell'effettiva precisione della costruzione, fase per fase, diventa di fondamentale importanza. Con il progredire della costruzione infatti, la possibilità di accidentali variazioni geometriche nella verticalità delle strutture o nel posizionamento di alcuni componenti rischia di ripercuotersi a catena sulla regolarità dell'intero edificio con effetti a mano a mano più macroscopici con il crescere dell'altezza.

Se per verificare la perfetta verticalità di un piccolo muro viene impiegato il filo a piombo e per opere più grandi sono sufficienti strumenti ottici di verifica, per garantire la perfetta verticalità del core strutturale di una torre di 600 metri è necessario utilizzare diverse tecnologie di monitoraggio che, con un sistema di ridondanze, garantisce la perfetta esecuzione delle opere. La realizzazione del Burj Khalifa di Dubai ha chiaramente dato un notevole contributo allo sviluppo di queste tecnologie portando alla creazione di una sorta di protocollo di verifica giornaliero della costruzione.

Durante la realizzazione del getto di calcestruzzo, possono infatti intervenire numerosi errori accidentali o sistematici che rischiano di compromettere la regolarità geometrica del manufatto. Inoltre, anche garantendo la perfetta calibrazione dei sistemi di costruzione, altri fenomeni possono intervenire in maniera imprevedibile e incontrollata a minare l'esecuzione del progetto: dilatazioni termiche non omogenee (dovute per esempio alla radiazione solare), cedimenti differenti del sistema di fondazione, diverse rispo-



Con i suoi 556 metri la Lotte World Tower di Seul diventerà nel 2015 il più alto grattacielo della Corea del Sud. Il Paese asiatico, pur in grande espansione, non riesce però a tenere il passo della Cina, diventata il nuovo Eldorado dell'industria mondiale dei grattacieli.

ste alla compressione della massa di calcestruzzo, forze esterne causate per esempio dall'azione del vento, ecc. sono le più comuni cause di irregolarità da evitare nella realizzazione di strutture a grande sviluppo verticale.

Per monitorare attentamente l'influenza combinata di questi effetti sul cantiere del Burj Khalifa, il sistema adottato è stato costituito da una serie di rilevatori GPS installati in alcuni punti strategici dell'edificio e su una piattaforma stabilmente ancorata al terreno con lo scopo di triangolare, grazie all'utilizzo dei satelliti, l'esatta posizione della sommità della torre, prevenendo così gli effetti moltiplicativi di eventuali imperfezioni nella sua assoluta verticalità.

Il sistema adottato in fase di costruzione era arricchito anche di una serie di rilevatori destinati a trasmettere informazioni sia durante le fasi di costruzione che a lavori ultimati, essendo annegati all'interno delle strutture di calcestruzzo della torre. Un totale di 394 sensori, equamente suddivisi tra sensori a resistenza elettrica (saldati alle armature) e estensimetri elettronici (annegati nel cls) hanno il compito di monitorare l'accorciamento dei pilastri e dei setti strutturali di calcestruzzo avvenuti durante la fase di costruzione e che continueranno ad accentuarsi nel corso della vita dell'edificio a causa della duttilità del calcestruzzo e delle microfessurazioni che inevitabilmente si verranno a creare.



La realizzazione della Lotte World Tower ha richiesto lo scavo di un gigantesco buco profondo circa 50 metri che verrà riempito dai parcheggi del super grattacielo e da un centro commerciale dotato di teatri e spazi per lo sport.



E quando si vuol **DEMOLIRE**? Non sempre l'implosione è la tecnica più adatta. I giapponesi hanno applicato il "Jenga!" alle torri. Che così si **"SMONTANO" DAL BASSO**. In sei mesi

**D**emolire un edificio, si sa, può essere più complicato che costruirlo. Questo è tanto più vero quanto maggiore è l'attenzione che si vuole prestare alla pulizia del cantiere e alla differenziazione dei materiali ottenuti dalla demolizione al fine del riciclaggio. Non sono moltissimi i grattacieli demoliti nel corso della storia e non vi è quindi grande esperienza a riguardo. Se per la demolizione di un edificio convenzionale si può operare facilmente dal livello stradale, utilizzando una benna meccanica e selezionando i materiali in seguito, la demolizione di un grattacielo pone problemi ben maggiori, proporzionali alla dimensione del fabbricato.

Sono frequenti nel nostro immaginario le sequenze filmate di edifici fatti implodere grazie al sapiente posizionamento di cariche esplosive collocate all'interno degli elementi strutturali; questa tecnica, tanto spettacolare quanto di rapida applicazione, è però adottabile a una casistica abbastanza limitata di edifici, per i notevoli effetti collaterali che può portare.

In primo luogo è applicabile quasi esclusivamente agli edifici in calcestruzzo e muratura mentre è da escludere nel caso di edifici a struttura metallica. E' poi impossibile da adottare se al di sotto dell'edificio passano grosse arterie infrastrutturali (metropolitane, strade, o grosse condutture di acqua e gas) per i possibili danni che queste potrebbero indirettamente subire, o quando ci trova a dover intervenire su un edificio in un ambiente urbano molto compatto dove i rischi derivanti da "errori" di crollo potrebbero essere potenzialmente disastrosi. Inoltre, questo sistema porta al sollevamento di una grande quantità di polveri, rumore e vibrazioni, mal tollerate in ambiente urbano. In tutti gli altri casi

L'impressionante sequenza della demolizione dei due grattacieli (sedi dismesse della stessa compagnia di costruzione Kajima). Il metodo, ribattezzato Kajima Cut & Take Down, ha consentito di differenziare oltre 20 materiali e riciclare più del 90% della massa dell'edificio. La velocità di demolizione (1 piano a settimana) e i costi sono competitivi con quelli di metodi più tradizionali. Copyright Kajima, Giappone



è necessario "smontare" l'edificio con un intervento più accurato e si opera generalmente o con la costruzione di una gru e il vero e proprio "smontaggio" dell'edificio, oppure con l'utilizzo di ruspe e benne che operano dalla sommità dell'edificio.

In entrambi i casi però è necessario prendere un gran numero di precauzioni, per evitare la caduta accidentale di materiali, il sollevamento di polveri, la produzione di rumore e vibrazioni ecc. che rendono la demolizione di un grattacielo lunga e difficile. Per ovviare a queste difficoltà l'impresa di costruzioni Giapponese Kajima ha inventato un nuovo metodo, che ha applicato per la prima volta su edifici di sua proprietà. Il metodo è ispirato al gioco del "Jenga!" nel quale bisogna togliere dei tasselli di legno dalla base di una torre evitando che questa crolli. I due edifici oggetto dell'intervento sono quindi stati "smontati" dal basso, grazie a un sistema di potenti martinetti idraulici.

Il sistema strutturale metallico dell'edificio è stato temporaneamente rinforzato al piano più basso con dei pilastri metallici addossati alle colonne principali della costruzione.

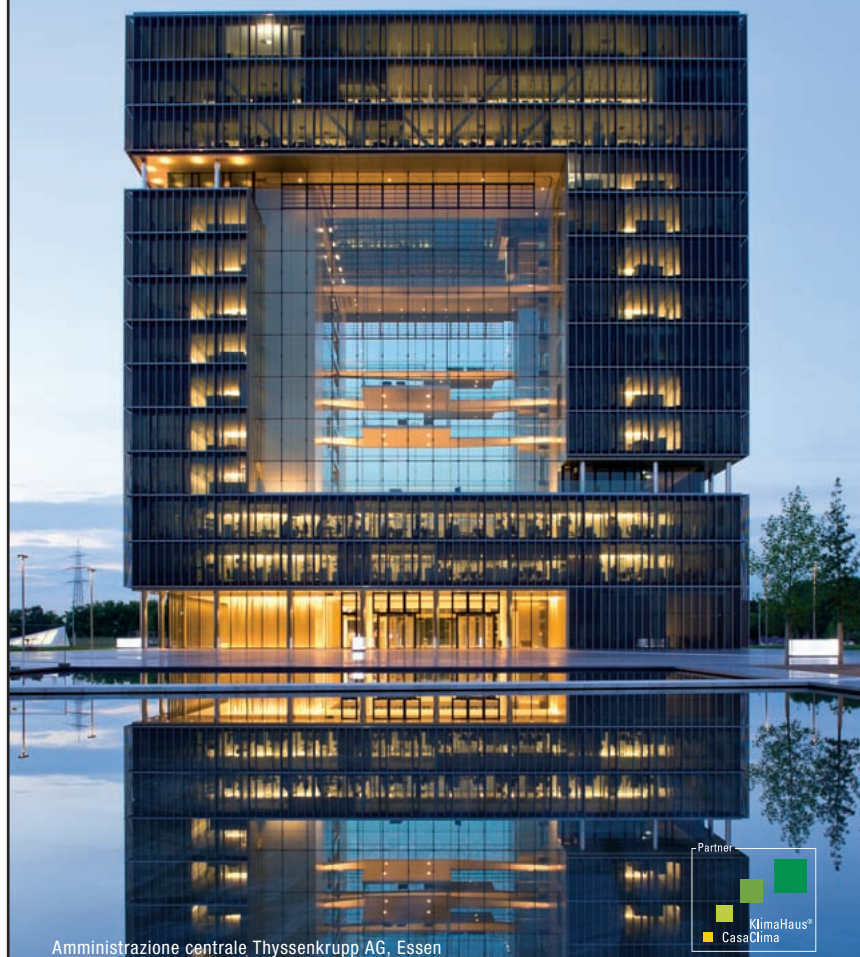
Grazie a queste provvisorie "stampelle" è stato possibile tagliare i pilastri originari e collocare al loro posto i martinetti completamente estesi. Rimosse le "stampelle", l'edificio è stato abbassato agendo sui martinetti, rendendo così possibile operare, previa la nuova aggiunta dei supporti provvisori, al taglio di una nuova sezione dei pilastri.

Ogni "ciclo" (che impegnava 6 ore di lavoro) ha consentito di abbassare l'edificio di circa 70 centimetri per volta.

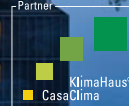
Nel contempo, l'impalcato di cls dei piani e le partizioni interne venivano demolite in modo selettivo una volta giunte ad altezza uomo in prossimità del terreno, con il ricorso a pale meccaniche e martelli pneumatici.

L'intera demolizione è stata eseguita in circa 6 mesi, un tempo non molto differente dalla demolizione di un grattacielo con un sistema tradizionale e con un aumento dei costi stimato nel 10-15% in più.

In cambio, la demolizione è stata effettuata recando un disturbo molto contenuto al quartiere dato che tutte le operazioni sono state fatte al livello del terreno e senza l'utilizzo di macchinari di grosse dimensioni. Inoltre, è stato possibile differenziare oltre 20 diversi materiali nel corso della demolizione, consentendo di riciclare quasi il 90% della massa del grattacielo contro il 50% della massa e solo 10 materiali riciclabili con i metodi di demolizione convenzionali.



Amministrazione centrale Thyssenkrupp AG, Essen



## Tutela e qualità per chi progetta: Hörmann fornitore globale



Tutti i prodotti rispondono  
ai requisiti di qualità della  
norma europea 13241-1

I capolavori architettonici meritano i sistemi di chiusura migliori con la tecnica collaudata del leader del settore. Design attuale, sicurezza certificata, consulenza qualificata garantiscono la buona riuscita dei Vostri progetti. Ideali per soluzioni architettoniche di prestigio: tutto da un unico fornitore per una qualità senza compromessi.

**HÖRMANN**  
Porte • Portoni • Sistemi di chiusura



Per maggiori informazioni:

**www.hormann.it**

Tel. 0461-244444 • Fax 0461-241557 • info@hormann.it