



XXV CONGRESSO C.T.A.

LE GIORNATE ITALIANE DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO

THE ITALIAN STEEL DAYS

VOLUME I

1 - 3 Ottobre 2015

Salerno

**GEOMETRIE COMPLESSE IN ACCIAIO:
LE VELE DELLA CITTÀ DELLO SPORT A ROMA**

**COMPLEX STEEL SHAPES:
THE SAILS OF CITY OF SPORT IN ROME**

Saverio D'Auria, Rodolfo Maria Strollo,
Università degli Studi di Roma 'Tor Vergata'
Laboratorio di Rilievo E Architettura - LAREA
Macroarea di Ingegneria
Roma, Italia

saverio.d.auria@uniroma2.it, strollo@ing.uniroma2.it, laboratorio.larea@uniroma2.it

ABSTRACT

The *City of Sport* complex, designed by the engineer and architect Santiago Calatrava within the area of the University of Rome 'Tor Vergata' campus, is an important project of a value great enough to make a mark on history of contemporary architecture both for its monumental nature and for high complexity and technical solutions adopted. The project is still under construction and subject of lively debate.

Calatrava's architecture is the result of an intensive research aimed at obtaining a balance between expression and function, also influenced by painting and sculpture languages and based on structural analysis and mathematical modeling.

This paper is aimed at analyzing design, geometric, technological and constructive solutions adopted for the majestic steel cover of the two sports pavilions: the sports arena and the swimming stadium.

The construction of these complex structures, called sails for their shape (one of which has been completed), has been made possible using a space frame system which has enabled a height of around 80 meters to be reached. The sails are based on 126 reinforced concrete walls which have their own morphology and arrangement following a double symmetry.

Once the project has been completed will inevitably change the urban skyline of Rome, becoming the future southern city gate.

SOMMARIO

La *Città dello Sport* progettata dall'ingegnere-architetto Santiago Calatrava per Roma nel territorio del Campus universitario di Tor Vergata – parzialmente costruita e al centro di un vivace dibattito – rappresenta un'opera di grande valore architettonico e artistico ed è destinata a segnare la storia dell'architettura contemporanea sia per il suo carattere monumentale sia per la complessità costruttiva e le soluzioni tecnologiche adottate.

Le opere del Maestro valenciano, così come quella appena citata, sono sempre frutto di intense ricerche volte al raggiungimento di una simbiosi perfetta tra architettura, struttura, design e arti nobili come la pittura e la scultura attraverso l'analisi scientifica, il calcolo e la modellazione matematica. Questo contributo, nello specifico, è volto ad analizzare dal punto di vista ideativo, geometrico, tecnologico e costruttivo le due maestose coperture in acciaio dei padiglioni destinati ad ospitare le attrezzature sportive previste in progetto: il palanuoto e il palasport.

Le *vele* (delle quali una è completata dal punto di vista strutturale) così dette per la loro forma, presentano una struttura straordinariamente complessa, resa possibile grazie alla concezione di strutture reticolari spaziali che raggiungono un'altezza di circa ottanta metri dal piano di spiccato. Queste coperture, inoltre, sono poggiate su tamburi anch'essi caratterizzati da un elevato grado di variabilità morfologica poiché composti da 126 setti in calcestruzzo armato aventi ognuno una giacitura diversa (seppur ripetuta secondo una doppia simmetria).

L'opera, una volta portata a compimento, è destinata inevitabilmente a modificare lo skyline urbano di Roma, ponendosi come futura 'porta urbana' meridionale della Capitale.

1 IL PROGETTO

L'idea di arricchire Roma di un grande centro sportivo polifunzionale si concretizza quando, nel 2005, la città si aggiudica le finali dei *Campionati Mondiali delle Discipline Acquatiche del 2009*. Il luogo scelto per la costruzione della *Città dello Sport*, atta a potenziare il complesso sportivo esistente del Foro Italico, è il Campus universitario di Tor Vergata, nella zona periferica sud-orientale della Capitale.

Tale decisione matura per una serie di considerazioni logistiche, funzionali e sociali tra cui l'opportunità di integrare importanti servizi pubblici in una parte della città in fase di forte espansione, di completare le dotazioni infrastrutturali e strutturali del Campus e di creare un deciso riferimento paesaggistico e urbano nella disordinata periferia romana.

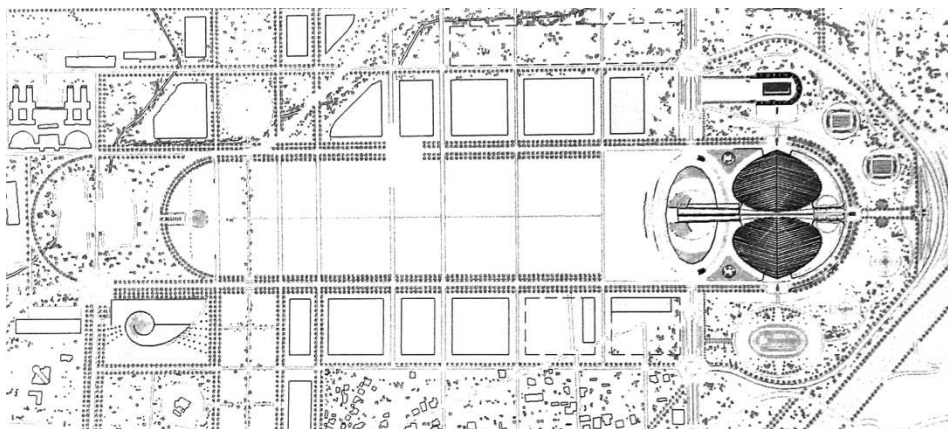


Fig. 1. Stralcio del masterplan della *Città dello Sport* (versione 2007)

Nel 2006 – a seguito di un protocollo di intesa tra il Comune di Roma, l'Università degli Studi di Roma *Tor Vergata*, il Comitato Olimpico Nazionale Italiano e i Servizi Integrati Infrastrutture e Trasporti Lazio-Abruzzo-Sardegna – viene affidata l'esecuzione delle opere all'Ateneo che si avvale del rapporto concessorio con il Raggruppamento Temporaneo di Imprese capitanato da Vianini S.p.A. [1]. Quest'ultimo incarica l'ingegnere-architetto Santiago Calatrava per la progettazione dell'opera (Fig. 1).

Il masterplan originario ideato dall'architetto valenciano – successivamente aggiornato e ancora in fase di definizione – richiama l'assetto del *Circo Massimo* con le parti terminali occupate a sud dall'impianto polisportivo (palanuoto e palasport), le piscine scoperte, la pista di atletica, il parco urbano e i parcheggi interrati, mentre a nord dall'edificio del rettorato (poi stralciato dal progetto e oggi in fase di realizzazione in una vicina zona del Campus). A segnare l'invaso centrale, una doppia fila di cipressi e una serie di altri edifici destinati agli alloggi per atleti (da trasformarsi poi in residenze per studenti) e ai dipartimenti universitari.

Sin dal progetto preliminare è chiara l'intenzione del Maestro di connotare il complesso con un edificio dalle tipiche – ancorché singolari – forme del suo *modus* progettuale, volto a suscitare interesse non solo nei fruitori delle nuove attrezzature sportive e universitarie ma anche negli utenti della vicina *Autostrada del Sole*, che lambisce il complesso nel suo ultimo tratto di collegamento con Roma.

L'opera, nel suo complesso, è composta «da due padiglioni equivalenti, disposti simmetricamente a forma di ventaglio» [2], copre una superficie di circa 14.000 metri quadrati con dimensioni massime alla base di 180 per 130 metri e raggiunge un'altezza di circa 80 metri. Ospita, separatamente, un palanuoto formato da tre piscine (una per il riscaldamento, una per i tuffi, l'altra per il nuoto) e da tribune fisse per 4.000 posti a sedere estendibili a 8.000 mediante tribune mobili, e un palasport dotato di parterre polivalente e di tribune per 15.000 posti a sedere⁸, oltre a palestre, aule didattiche, uffici, magazzini e negozi.

Ad oggi risultano terminate le strutture portanti in calcestruzzo armato di entrambi i padiglioni, le arene e la struttura di una delle due *vele* in acciaio, quella a copertura del palanuoto.

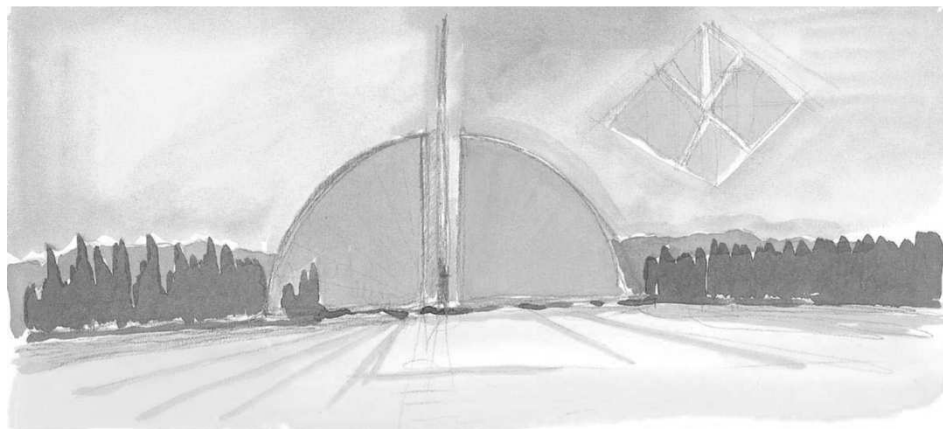


Fig. 2. Acquerello policromo di Santiago Calatrava raffigurante le coperture della *Città dello Sport*⁹

⁸Nella prima versione del progetto (giugno 2006) il palasport doveva ospitare 8.000 spettatori. La possibile ulteriore candidatura di Roma per le Olimpiadi del 2016 comportò la rimodulazione dell'intero edificio. Il piano di quota del parterre fu abbassato per consentire un'invaso più ampio e contemporaneamente fu allargata la sagoma del complesso sportivo con la creazione di un ampio corridoio tra i due padiglioni.

⁹Dai frontespizi dei progetti preliminare (redazione luglio 2006) e definitivo (redazione dicembre 2006) per la *Copertura del Palazzo dello Sport*, curati dallo studio Santiago Calatrava LLC.

2 GENESI E MATERIALIZZAZIONE DI FORME COMPLESSE

La complessità formale dell'opera si evince a partire dai volumi posti a sostenere le maestose *vele* che, realizzati in calcestruzzo armato, vedono conferiti plasticità e dinamismo sfruttando integralmente le caratteristiche meccaniche di cui il materiale è dotato. Infatti, il 'tamburo' di collegamento tra le coperture e i piani terra è costituito da una serie di setti in calcestruzzo armato, definiti da un elevato grado di variabilità morfologica e aventi ognuno una giacitura diversa. La matrice geometrica alla base della pianta dell'edificio, che regola la posizione dei setti nel piano, sembra richiamare la figura dell'epitrocoide a due lobi.

Soffermandosi sulle coperture del palasport e del palanuoto, esse sono connotate dalle stesse dimensioni e forme, risultano speculari rispetto all'asse longitudinale che divide idealmente le due arene e rispetto all'asse trasversale passante per gli archi di spina. Le strutture presentano un profilo esponenziale concavo in direzione trasversale e un profilo simmetrico convesso crescente in direzione longitudinale [3].

Le superfici di copertura progettate dallo studio Santiago Calatrava LLC si materializzano grazie all'impiego di strutture reticolari spaziali in profilati di acciaio, tamponate da pannelli in vetro. «La struttura consiste di 5 sistemi parziali i quali danno luogo, tramite la loro intersezione, ad una superficie a doppia curvatura. L'elemento centrale è rappresentato da due archi che individuano anche il piano di simmetria della struttura. Su questi sono fissate le travi principali. Alle travi principali (verticali) si collegano gli elementi orizzontali, anche loro di profilo tubolare. Le connessioni tra le travi principali e gli elementi orizzontali sono realizzate tramite le diagonali. Alla base della struttura si trova un anello che cerchia la stessa» [4] (Fig. 3).

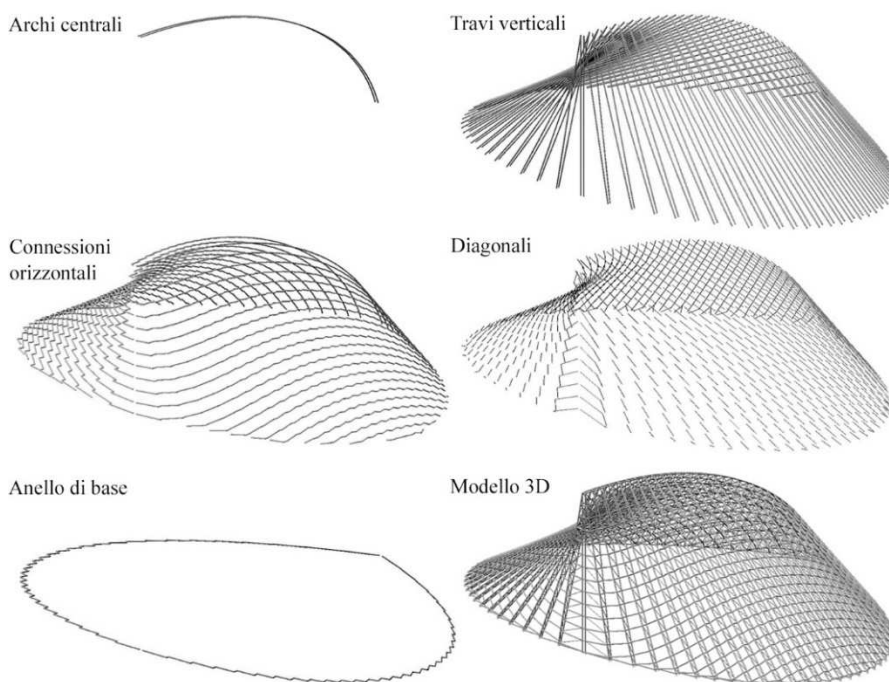


Fig. 3. Disposizione spaziale dei profili in acciaio che compongono una *vela*

Il peso totale della struttura in acciaio di una copertura – stimato, nel progetto definitivo, sulle 4.000 tonnellate – è distribuito su una superficie di circa 14.000 metri quadrati. Per limitare l'insorgenza di frecce in fase di esercizio (fisiologiche, calcolate in fase di progetto e abbastanza problematiche, ad esempio, nei collegamenti con i pannelli di chiusura previsti in vetro) sono state applicate monte nel processo di fabbricazione delle travature, in modo da ottenere la forma desiderata in seguito all'azione dei carichi permanenti. La sapiente suddivisione dell'intera struttura in conci ad elementi saldati (Fig. 4) e il rigoroso controllo delle fasi di montaggio (Fig. 5) hanno consentito la realizzazione della *vela* destinata al palanuoto. I conci, costituiti da tubolari $\varnothing 457$ (di spessori pari a 12.5, 16 e 20 millimetri) per gli archi di spina, i montanti e i traversi, da profili HEB 220 e 450 per le diagonali e gli anelli di base, da profili piatti o ad L calastrellati per gli irrigidimenti e da una serie di piastre e fazzoletti, sono stati trasportati direttamente in cantiere dallo stabilimento di produzione.

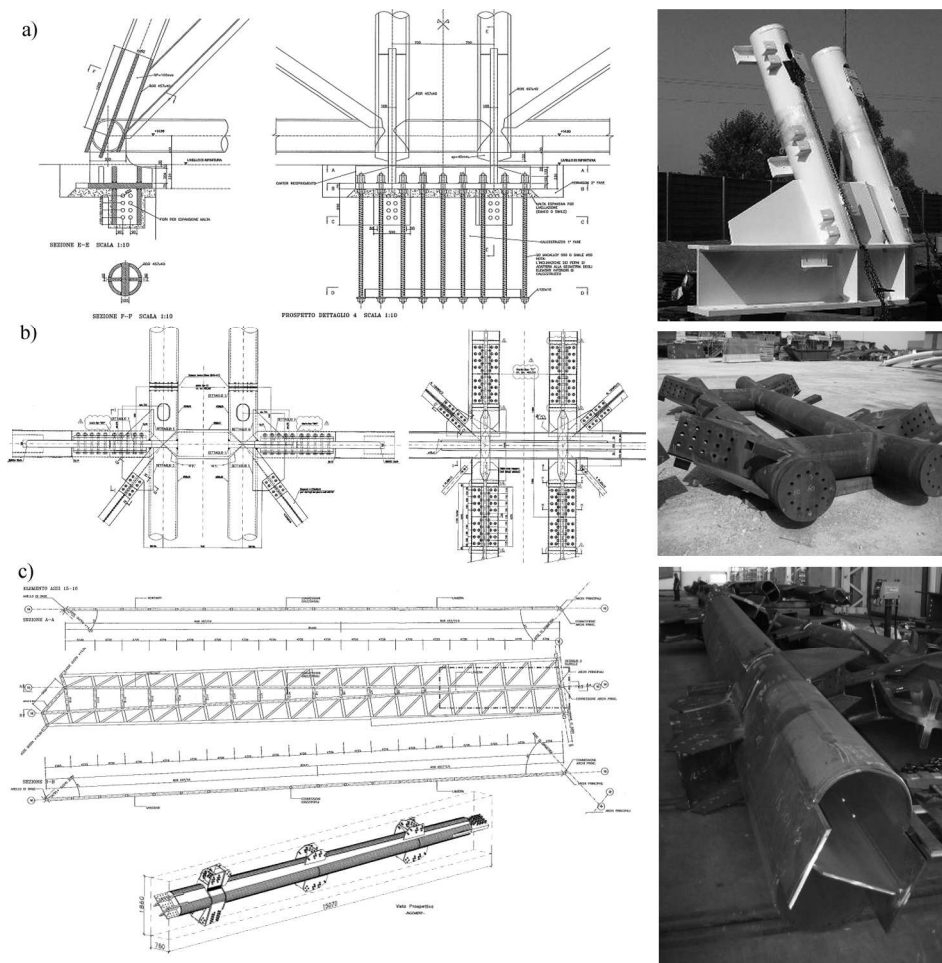


Fig. 4. Particolari costruttivi estratti dai grafici del *Progetto esecutivo delle strutture in acciaio* (redazione giugno 2006, aggiornamento aprile 2009) e fotografie degli elementi a piè d'opera: a) cono di base per ancoraggio ai setti in c.a.; b) arco di spina; c) montante

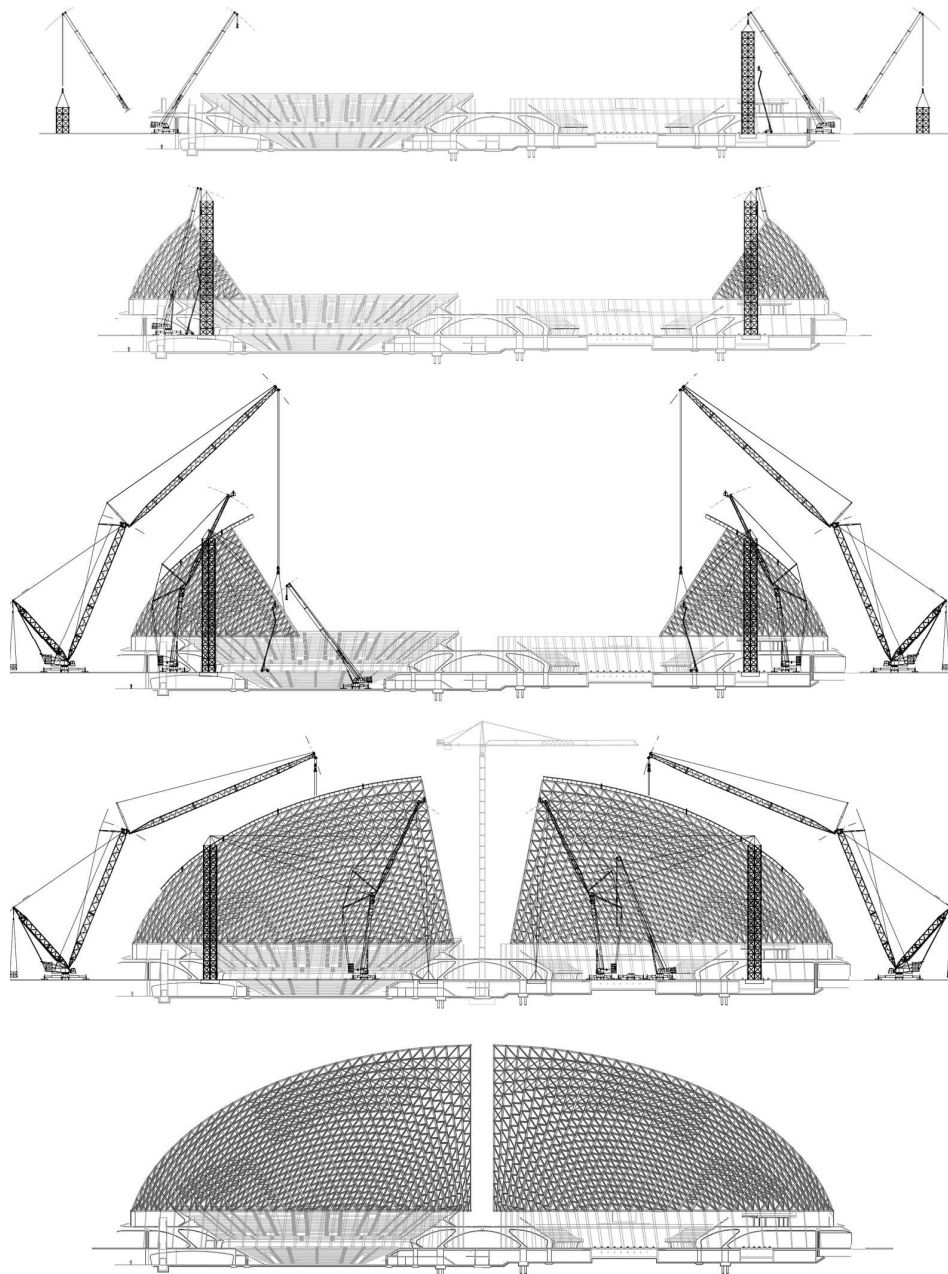


Fig. 5. Sequenza di montaggio delle coperture con l'ausilio di due gru di carico e di diverse gru di appoggio e di movimentazione

Il protocollo di assemblaggio della carpenteria metallica è stato definito rigorosamente prevedendo diverse procedure, variabili a seconda del tipo di conccio e della quota raggiunta. Per ognuno dei 186 step di montaggio sono state necessarie numerose fasi, quali il controllo a terra della geometria e dell'integrità del conccio, il sollevamento con due tipologie di autogru (una principale di carico e l'altra secondaria di appoggio e di movimentazione), il posizionamento in quota, il serraggio dei collegamenti bullonati e, infine, l'attento rilievo topografico atto a controllare l'evolversi delle deformazioni (Fig. 6).

Un'altra peculiarità del cantiere della *Città dello Sport* ha quindi riguardato le due gru principali di carico impiegate per il sollevamento dei concci (Fig. 7). Queste macchine – una cingolata, l'altra gommata a 8 assi – sono tra le più grandi e alte in Europa caratterizzate da braccio tralicciato di 138 metri, raggio massimo di lavoro di 122 metri e portata massima di 600 tonnellate [5]. Il solo trasporto nel Campus di Tor Vergata ha comportato un convoglio di 27 tir per ciascuna gru.

3 CONCLUSIONI

Come in tutte le sue creazioni, anche nella *Città dello Sport* di Roma Santiago Calatrava accompagna la sua incessante ricerca artistico-compositiva con i simboli e le tradizioni del luogo, cercando di trasmettere emozioni attraverso la dinamicità offerta dalle sue strutture, portate al limite delle loro potenzialità. Un'opera complessa a partire dal progetto architettonico e strutturale e ancor più delicata nelle elaborazioni dei dettagli costruttivi, nelle fasi esecutive e nell'organizzazione del cantiere.

Solo una gestione condivisa del lavoro tra i soggetti coinvolti (team di progettisti, società concessionaria, stabilimenti di produzione, imprese edili, ditte specialistiche nei settori del calcestruzzo e dell'acciaio, ecc.) e un approccio di tipo manageriale e industriale della commessa consentono la materializzazione di un'opera destinata a diventare riferimento non solo di una città ma dell'intero movimento architettonico contemporaneo.

La realizzazione della maestosa opera da parte di imprese nazionali, con tecnici, maestranze, materiali e produzioni italiane, costituisce, inoltre, una valida dimostrazione delle capacità imprenditoriali e operative raggiunte dal Paese nel settore.



Fig. 6. Alcune fasi di assemblaggio dei concci della copertura del palanuto



Fig. 7. Il cantiere della *Città dello Sport* durante le fasi di assemblaggio della struttura in acciaio. A piè d'opera i conchi della copertura

RINGRAZIAMENTI

All'ingegnere-architetto Santiago Calatrava per aver autorizzato la pubblicazione di questo contributo; al R.T.I. Concessionario, in particolare nelle figure dei responsabili tecnici Aldo Pelagatti, Giovanni Polini e Roberto Santi, per aver fornito numerose informazioni e materiale tecnico documentale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Mornati S., Il progetto della Città dello Sport di Santiago Calatrava a Roma, ne: *L'industria delle costruzioni*, vol. 392, anno XL, novembre-dicembre 2006; EdilStampa, Roma, 2006.
- [2] Santiago Calatrava LLC, Relazione illustrativa del progetto del *Palazzo dello Sport* (redazione luglio 2006).
- [3] Mornati S., Il progetto della Città dello Sport di Santiago Calatrava a Roma. La posa della prima pietra, ne: *L'industria delle costruzioni*, vol. 396, anno XL, luglio-agosto 2007; EdilStampa, Roma, 2007.
- [4] Santiago Calatrava LLC, Relazione di calcolo strutturale del *Palazzo dello Sport versione 15.000 posti. Progetto Definitivo. Copertura del Palazzo dello Sport* (redazione dicembre 2006).
- [5] Schede tecniche Terex-Demag. Modelli TC 2008-1 (gru gommata) e CC 2008-1 (gru cingolata).

PAROLE CHIAVE

Forme complesse, strutture reticolari spaziali, architettura contemporanea, impianti sportivi, gestione del cantiere.