

Gian Luca Brunetti

**JAVIER ESTÉVEZ CIMADEVILA
JOSÉ A. VÁZQUEZ RODRÍGUEZ**

Edificio sportivo a la Coruña, Spagna

La realizzazione si segnala per l'intenso sfruttamento delle possibilità strutturali dei materiali utilizzati ed in particolare per l'impiego innovativo del laterizio armato in pareti la cui forma è concepita per dare luogo ad elevata resistenza a flessione

Veduta dell'edificio completato.

Nella pagina a fianco:
vista dal basso di un angolo della costruzione



La costruzione è stata realizzata in sostituzione parziale di una struttura preesistente collocata sul fianco di un'altura e ospitante uno spazio di dimensioni di circa 45 x 21 m per attività sportive dell'Università di La Coruña. Il complesso era costituito da un muro in calcestruzzo armato, coronato sulla sommità da rete in acciaio e delimitante il campo di gioco su tre lati, e da una costruzione nella quale erano collocate le scale in calcestruzzo armato di accesso al campo, che chiudeva il lato a monte della pendenza. L'intento del nuovo progetto era quello di dotare il campo da gioco di nuove chiusure verticali in sostituzione di quelle esistenti e di una copertura permanente, di circa 1000 m² di superficie. La soluzione da adottarsi per le pareti di perimetrazione era di importanza fondamentale, sia a causa del fatto che la loro altezza libera sarebbe stata notevole (nelle parti più alte, a valle della pen-

denza, circa 10 m), sia perché esse non sarebbero state né vincolate all'estremità superiore, né controventate da muri di spina; sia, infine, essendo l'edificio collocato su una altura, questo sarebbe stato soggetto a spinte orizzontali piuttosto consistenti dovute al vento. In genere, la resistenza alla flessione richiesta in condizioni di progetto quali quelle suddette, nel caso di una parete in muratura, la si ottiene ricorrendo alla soluzione dei muri a diaframma,⁽¹⁾ o a quella dei muri controventati da contrafforti, armati o non armati; mentre, nel caso di una parete in c.a., tale prestazione è assicurata facendo sì che essa, già per sua natura resistente a flessione, si comporti come una struttura a sbalzo collegata rigidamente a fondazioni a prova di ribaltamento. La scelta dei progettisti è stata invece quella di realizzare le chiusure perimetrali mediante pareti in muratura armata caratterizzate da un elevato rapporto di snel-

lezza e conformate in modo tale da renderle resistenti per forma (al fine di irrigidirle rispetto alle spinte orizzontali) e di chiudere lo spazio superiormente con una copertura piana non spingente.

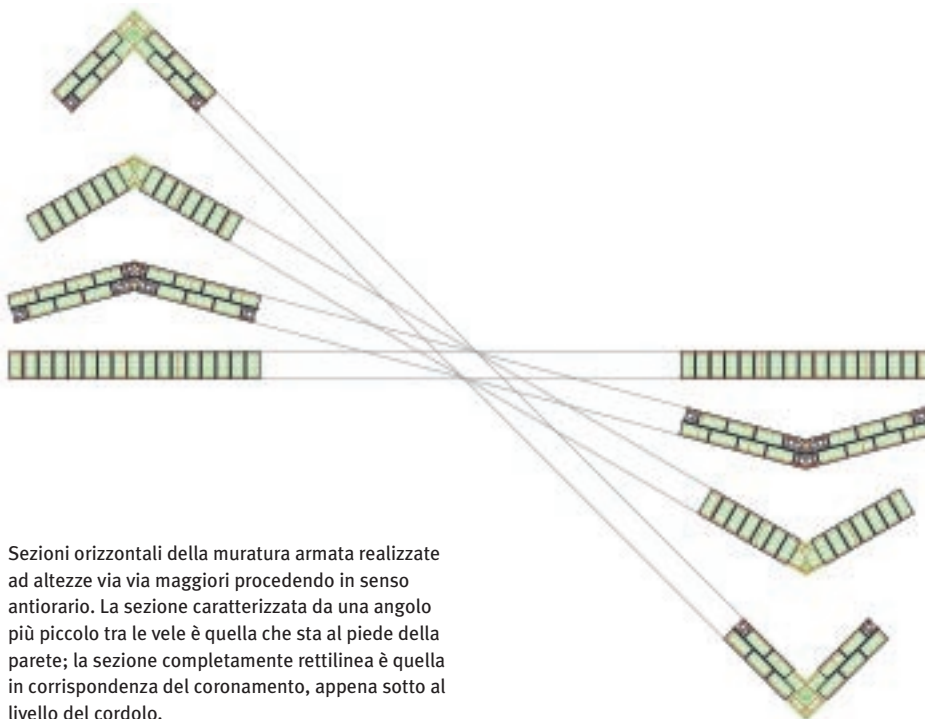
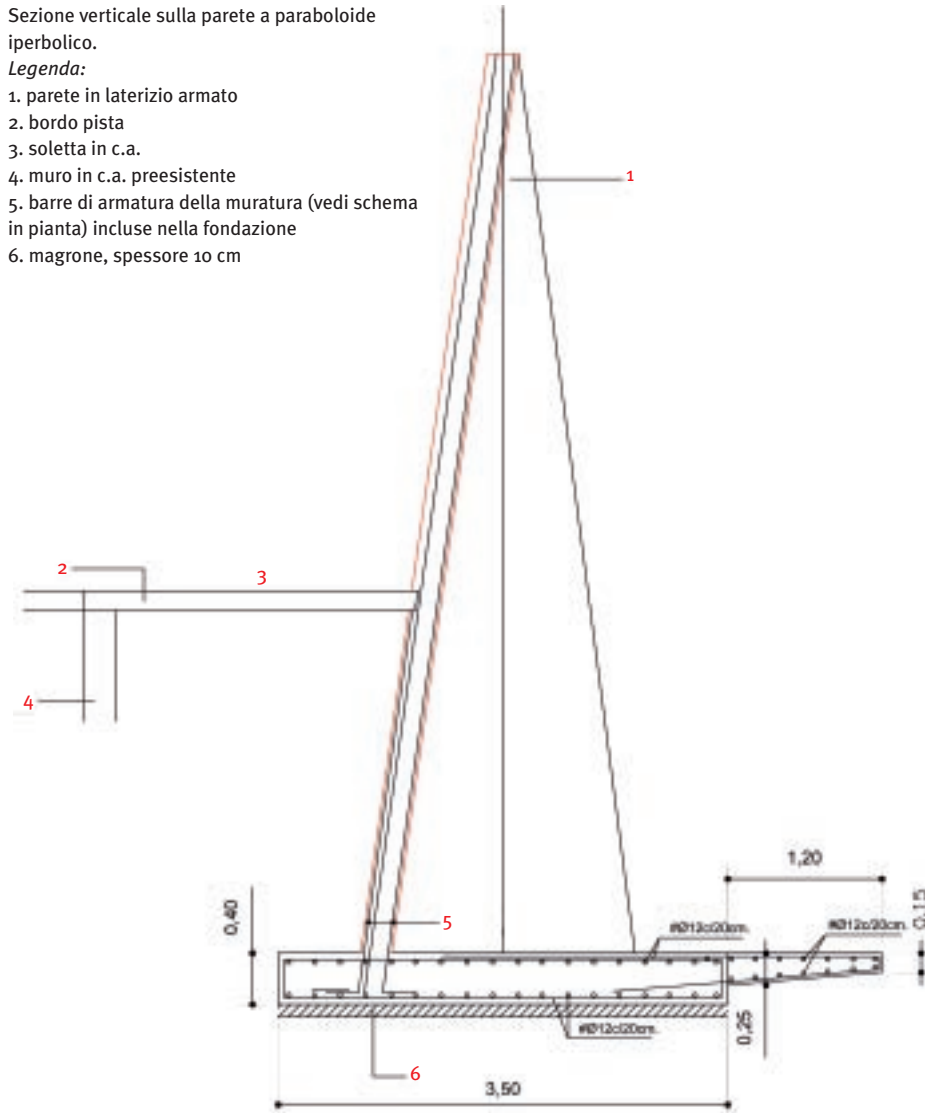
I lavori preliminari alla realizzazione della nuova struttura hanno previsto la demolizione delle preesistenti pareti perimetrali in c.a. fino al livello del terreno da gioco, l'asportazione dello strato superficiale di terreno perimetrante il campo, fino al raggiungimento di un livello di resistenza, e la regolarizzazione di questo, così da consentirvi il getto delle fondazioni delle nuove pareti. Le fondazioni realizzate sono continue, costituite da un soletto monodirezionale alto 40 cm e largo 3,50 m, nel quale sono incluse le estremità inferiori delle armature verticali delle pareti in elevazione, e da cui sbalza verso l'esterno una mensola (120 cm) in c.a. che rende più ampia la fascia pedonale intorno alla costruzione.



Sezione verticale sulla parete a paraboloidi iperbolico.

Legenda:

1. parete in laterizio armato
2. bordo pista
3. soletta in c.a.
4. muro in c.a. preesistente
5. barre di armatura della muratura (vedi schema in pianta) incluse nella fondazione
6. magrone, spessore 10 cm



Sezioni orizzontali della muratura armata realizzate ad altezze via via maggiori procedendo in senso antiorario. La sezione caratterizzata da un angolo più piccolo tra le vele è quella che sta al piede della parete; la sezione completamente rettilinea è quella in corrispondenza del coronamento, appena sotto al livello del cordolo.

Caratteristiche tecniche e tecnologiche delle pareti

La soluzione prescelta per rendere la muratura formaresistente è stata quella di darle una configurazione di paraboloidi iperbolico. Tale geometria implica che gli spigoli delle pareti siano rettilinei e che in qualsiasi punto all'interno di ciascuna delle superfici delle vele (unghie) costituenti la struttura, in una qualche direzione, esista una linea retta giacente sulle superfici stesse: direzione che nel caso in esame è orizzontale (in altre parole, le vele in sezione orizzontale sono sempre rettilinee, a qualsiasi livello di altezza); entrambe condizioni, queste, che incoraggiano il controllo della geometria della muratura con l'ausilio di semplici fili tesi, a beneficio della semplicità di realizzazione.

La geometria delle pareti è a forma di greca, con le linee di base delle vele, di 2 m di lato, disposte a 90° l'una rispetto all'altra, in modo tale che gli spigoli che esse formano incontrandosi vengano a trovarsi a un interasse di circa 3,5 m. Ciascuno spigolo sale verso l'alto in modo inclinato, così che l'andamento della sommità delle pareti risulta rettilineo, e coincidente in pianta con il baricentro della base delle pareti stesse. Ciò implica due cose: che da qualsiasi parte (dall'interno o dall'esterno) si osservi uno dei muri perimetrali, metà degli spigoli di questo (uno sì e uno no) è inclinata verso l'esterno, ed esercita una funzione di puntone, contrafforte nella sua direzione di inclinazione, appunto verso l'esterno; e che l'altra metà degli spigoli salgono in altezza con inclinazione verso l'interno, anch'esse svolgendo una funzione di contrafforte nella loro direzione di inclinazione, appunto verso l'interno. Tutti gli spigoli risultano insomma a strapiombo rispetto alla loro base e contraffortano il muro rendendolo molto stabile a dispetto della sua leggerezza.

La conseguenza estetica di tale im-

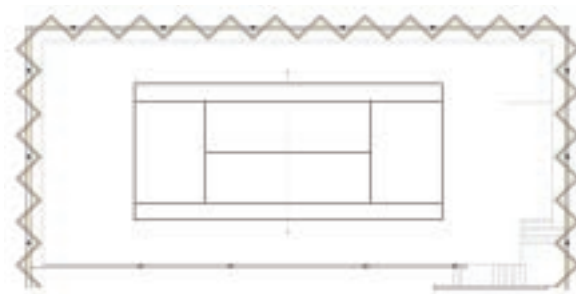


L'edificio prima del montaggio della copertura.

stazione geometrica è che ciascuna parete dà luogo a un gioco spiccatamente chiaroscurale in corrispondenza della base, che diviene via via più sfumato con l'altezza. La conseguenza strutturale della suddetta forma è che ciascuna parete si trova in trazione in direzione orizzontale e lungo gli spigoli; motivo per il quale le vele che la costituiscono sono armate con armatura diffusa in

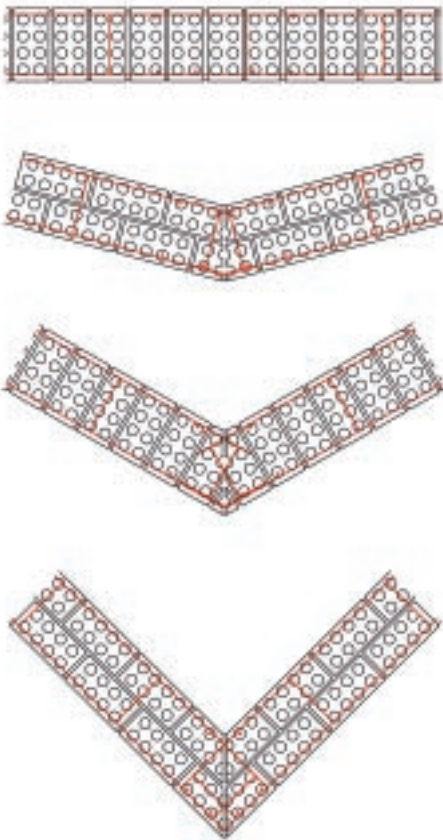
senso orizzontale, mentre gli spigoli formati dall'incontro delle vele sono armati con armatura concentrata in senso verticale.

Il notevole vantaggio della forma sopra descritta è appunto che essa rende le pareti molto resistenti alle spinte orizzontali, anche trasversali alle pareti stesse. La resistenza alla flessione che tale forma fornisce è tra l'altro maggiore proprio dove la strut-



Pianta.

Schema di posizionamento delle armature orizzontali e verticali ai vari livelli di altezza di una parete (in basso il livello di base, in alto il livello della sommità).



Vista di un giunto di dilatazione della muratura durante la fase di costruzione.

tura è effettivamente sottoposta agli sforzi più elevati, ossia in corrispondenza della zona vicina al piede delle pareti (poiché in tale zona la resistenza per forma, grazie al fatto che l'angolo formato dall'incontro delle vele è minore, è maggiore), e si riduce progressivamente con l'altezza (cosa non controproducente perché anche gli sforzi di flessione si riducono), a causa del fatto che con l'altezza, appunto, il muro diviene via via complanare.

La muratura a vista delle pareti è a due teste e i mattoni che vi sono utilizzati sono semipieni greificati⁽²⁾

(scelti perché caratterizzati da una durabilità elevata e da necessità di manutenzione estremamente ridotte) color tabacco, delle dimensioni di 23,8 x 11,5 x 6,8 cm.

L'armatura orizzontale diffusa è costituita da coppie di barre piatte in acciaio galvanizzato da 5 mm⁽³⁾ di spessore collocate in giunti murari spessi circa 12 mm, spaziate verticalmente di due corsi di mattoni e orizzontalmente con interasse di 20 cm, e collegate tra loro da armature trasversali di diametro ridotto (2,5 mm) con interasse di 45 cm. Le barre di armatura verticali, di 10 mm di diametro, ad

aderenza migliorata,⁽⁴⁾ sono inserite nelle forature dei mattoni⁽⁵⁾ in corrispondenza delle zone degli spigoli delle pareti⁽⁶⁾ ed ancorate sia alle fondazioni, sia al cordolo che realizzato alla sommità del muro.^(7, 8)

I giunti di dilatazione sono previsti nelle pareti in numero di due. La malta utilizzata è cementizia, caratterizzata da un rapporto cemento/sabbia di 1:4, additivata con idrofuganti (sia allo scopo di fornire una maggiore protezione alle armature rispetto all'acqua – cosa particolarmente necessaria a causa del fatto che essendo le pareti fuori piombo e



Dettaglio dell'apparecchiatura dei mattoni. In evidenza il posizionamento delle barre orizzontali.



Veduta della muratura in fase di costruzione.

prive di copertina aggettante sono molto esposte alle intemperie –, sia allo scopo di fornire alla malta una igroscopicità il più possibile simile a quella, molto bassa, del laterizio greificato) e con una resistenza a compressione con spessore identico a quello di circa 8 N/mm^2 .

Sopra la muratura è realizzato un cordolo in c.a. gettato in opera con spessore identico a quello della muratura stessa, successivamente rivestito sulla faccia superiore da una cimasa in cls prefabbricato e sulle facce laterali da elementi sottili di rivestimento in laterizio.

La struttura di copertura è reticolare piana e si appoggia in modo puntuale su piastre in acciaio a loro volta collegate ai cordoli, spaziate con interasse di 7 m circa. L'appoggio su ciascuna parete avviene con allineamento in corrispondenza degli spigoli aggettanti verso l'esterno e il collegamento alle suddette piastre in acciaio viene realizzato per bullonatura, allo scopo di rendere le connessioni anche resistenti alla trazione (per contrastare l'azione di sollevamento esercitata dal vento). Sul lato occupato dalla costruzione preesistente la copertura, invece, appoggia su quattro coppie di

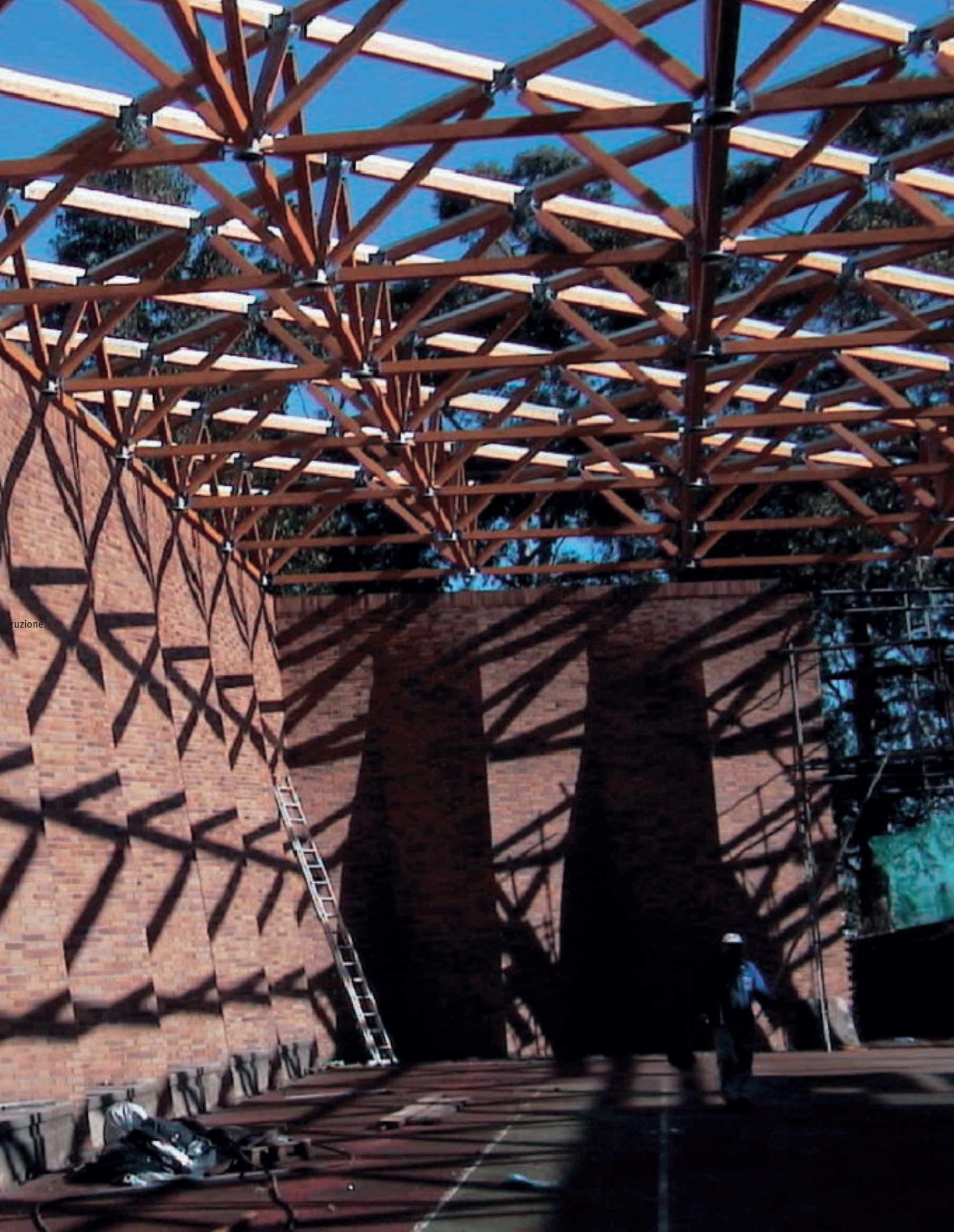
puntoni disposte a V, a loro volta, anche in questo caso, ancorati, puntualmente con cerniere alla costruzione stessa.

La struttura reticolare di copertura è tridimensionale piana non spingente, cosa che si addice perfettamente al tipo di pareti in questione (essendo la loro conformazione simmetrica rispetto al proprio asse longitudinale di base) ed è stata realizzata secondo un brevetto della stessa Università di La Coruña, di cui i due progettisti sono autori. Le aste della struttura sono in legno lamellare, di sezione quadrata e cave internamente, e sono concepite in



Veduta della muratura in fase di

Lo spazio interno della costruzione
dopo il montaggio della copertura preassemblata.



ruzione.



Ottaedri in legno lamellare utilizzati per la realizzazione della copertura reticolare.

modo da pervenire in cantiere preassemblate in semioottaedri (nel caso specifico, 78 semioottaedri di 2,45 m di diametro e 1,73 m di altezza), che possono essere trasportati impilati l'uno sull'altro, con consistente risparmio di spazio. I nodi tra le aste sono in acciaio e trattati contro il fuoco con vernici intumescenti, in modo tale da raggiungere un valore REI pari a 30'. Le modalità di assemblaggio della struttura

prevedono che essa sia interamente realizzata a terra e solo successivamente issata (cosa resa possibile dal peso molto contenuto) e appoggiata sui supporti puntuali già predisposti. La copertura, per motivi di fonoassorbimento, è internamente finita con una lamiera metallica perforata, dietro alla quale è collocato uno strato di isolante termoacustico in lana di roccia di 8 cm di spessore. La lamiera è fissata ad ar-

carecci e correnti costituiti da profilati in acciaio lavorati a freddo, ai quali gli elementi di copertura vengono fissati mediante viti autofilettanti.

Si chiarisce a questo punto che quella che, semplificando, si è sin qui definita una copertura piana è in realtà costituita da un'unica falda leggermente inclinata (pendenza del 5%), impermeabilizzata superiormente da elementi di chiusura costituiti da lastre profilate in acciaio zincato preverniciate bianche.

La raccolta dell'acqua è effettuata mediante una grondaia scatolare collocata all'estremità inferiore della falda, anch'essa realizzata in lamiera di acciaio zincato preverniciata bianca.

Conclusioni L'antecedente più evidente di questa realizzazione è quello di diverse costruzioni in pareti sottili di laterizio armato forma-resistente progettate in Sudamerica da Eladio Dieste, tra le quali si segnala, per alcune parziali analogie, la chiesa di Atlántida in Uruguay.⁽⁹⁾ La motivazione originante il progetto di La Coruña non è però quella della citazione, ma della rispondenza alla funzione. Il fatto che le pareti siano state realizzate in laterizio anziché in c.a. ha infatti consentito di evitare la spesa che si sarebbe dovuta sostenere per la realizzazione delle casseforme (che nel caso di una parete a parabolide iperbolico sarebbe stata consistente) e ha conferito alle pareti stesse una capacità di assestamento ai movimenti generati dalle variazioni termiche superiore a quella che avrebbero avuto pareti in c.a. di forma analoga (maggiore capacità di assestamento derivante a sua volta dalla maggiore plasticità dell'insieme formato da mattoni e malta rispetto al c.a. monolitico). Questo punto è particolarmente importante perché la minore capacità di assestamento e il più elevato coefficiente di dilatazione di una parete monolitica in calcestruzzo avrebbero presumibilmente richiesto la presenza di giunti di dilatazione più



Vista dall'esterno di un angolo dell'edificio durante la costruzione: in primo piano, gli ottaedri della struttura di copertura in attesa di essere assemblati.

numerosi (ed anche più difficilmente dissimulabili a livello estetico). ¶

Si ringraziano i progettisti per la documentazione tecnica e fotografica fornita.

Note

1. Muri a doppio strato controventati internamente da setti murari trasversali colleganti lo strato di parete esterno e quello interno.
2. Caratterizzati da una resistenza meccanica a compressione di circa 200 kg/cm².
3. L'Eurocodice 8 prescrive che il diametro minimo delle armature orizzontali longitu-

dinali sia di 4 mm.

4. La normativa italiana impone l'impiego di barre ad aderenza migliorata nella muratura armata.

5. Dalla documentazione fotografica si può constatare che spesso, in corrispondenza dell'angolo (ciò riguardava in particolare le 4 barre verticali più ravvicinate), i setti interni dei mattoni sono stati rotti per aumentare gli spessori del cls copriferro.

6. Ne consegue che le armature verticali concentrate risultano distanziate di 2 m circa l'una dall'altra. Si noti che secondo il DM del 16.1.1996 ("Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche") l'interasse

massimo tra le armature concentrate verticali dovrebbe essere di 5 m, mentre secondo l'Eurocodice 8 esso non dovrebbe essere superiore a 4 m.

7. La resistenza meccanica di tale muro è prevista essere di circa 28 kg/cm².

8. Da un punto di vista elettrico, l'intera rete delle armature delle pareti è messa a terra ai piedi della costruzione.

9. Come segnalato dai progettisti nell'articolo "Construcción de un espacio deportivo con paredes de superficie reglada de cerámica armada", in *Informes de la construcción*, Instituto Eduardo Torroja, vol. 54 n. 484, Madrid 2003, pp. 5-14.