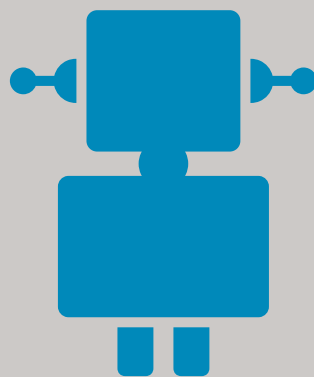
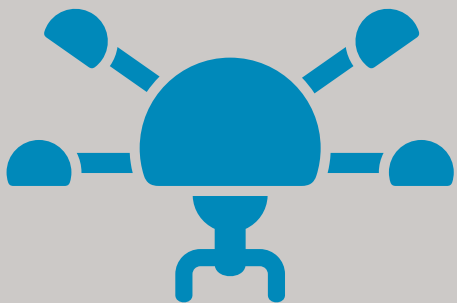
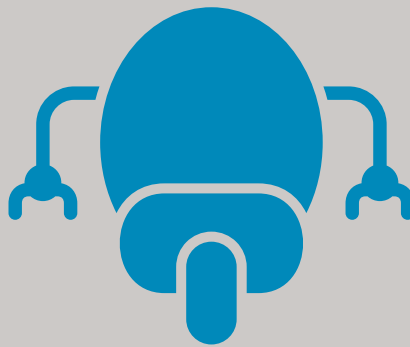
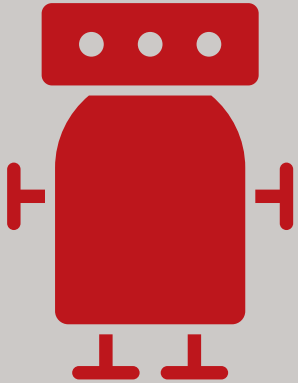
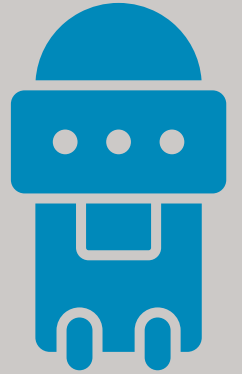
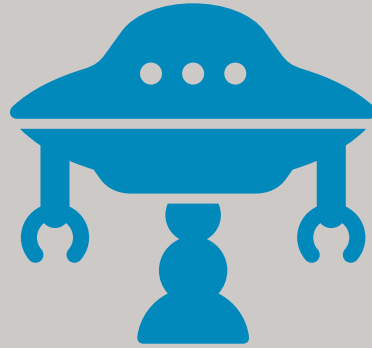
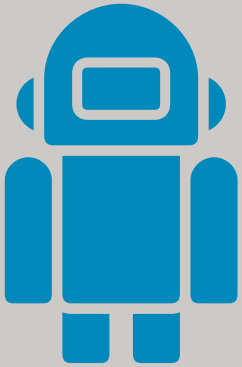


domus

INNOVATION

LA CITTÀ DELL' UOMO



domus

Rivista fondata da Gio Ponti nel 1928
Founded in 1928 by Gio Ponti

supplemento/supplement
Innovation

a cura di/edited by
Carlo Ratti con/with **Daniele Belleri**

direttore/editor
Nicola Di Battista

vice direttore/deputy editor
Donatella Bollani

art director
Giuseppe Basile

redazione/editorial staff
Loredana Mascheroni

staff grafico/graphics
Elisabetta Benaglio, Franco Miragliotta

coordinamento/coordinator
Miranda Giardino di Lollo

segreteria direzione/assistant to the editor
Isabella Di Nunno

domusweb Italia
**Simona Bordone, Marianna Guernieri,
Salvatore Peluso**

collaboratori/consultants
**Michele Bonino, Esther Brejaart,
Kyle Chayka, Laura Milan, Arturo Tedeschi,
Carlotta Sillano**

traduttori/translations
Marina Calvaresi, Wendy Wheatley

fotografi/photographs
**Iwan Baan, M. Scott Brauer, Wissam Chaaya,
Nick Crowel, Jason Dorfman, Marc Duerr,
Adrià Goula, Anna Maragkoudaki,
Obie Oberholzer, Oliviero Toscani**

allegato a/published with
Domus 1011
Marzo/March 2017

Editoriale Domus S.p.A.
Via Gianni Mazzocchi 1/3
20089 Rozzano (Milano)
T +39 02 824 721
F +39 02 575 001 32
editorialedomus@editdomus.it

editore e direttore responsabile/
publisher and managing editor
Maria Giovanna Mazzocchi Bordone

pre stampa/prepress
Editoriale Domus

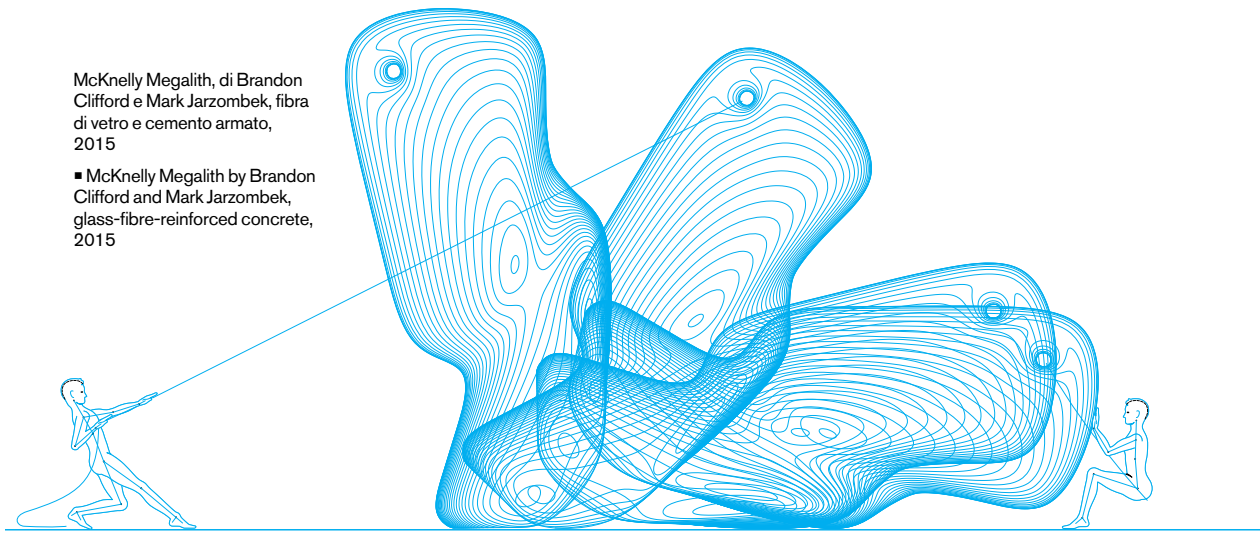
stampa/printers
ERRE Stampa, Orio al Serio (BG)

Registrazione del Tribunale di Milano
n. 125 del 14/8/1948. È vietata la riproduzione
totale o parziale del contenuto della rivista
senza l'autorizzazione dell'Editore.

© 2017 Editoriale Domus S.p.A.
Rozzano (MI) Italia

McKnelly Megalith, di Brandon Clifford e Mark Jarzombek, fibra di vetro e cemento armato, 2015

■ McKnelly Megalith by Brandon Clifford and Mark Jarzombek, glass-fibre-reinforced concrete, 2015



Autore/Author	Progettista/Designer	Titolo/Title	
Carlo Ratti		Fare avanguardia Avant-garde making	2
Carlo Ratti	Hashim Sarkis	Architettura, ricerca e utopia Architecture, research and utopia	8
Arturo Tedeschi	Takehiko Nagakura	Il gioco del progetto The design game	16
Michele Bonino	ConstructionVR	Il potere reale del virtuale The real power of virtual reality	19
Daniele Belleri	Skylar Tibbits	Un nuovo potenziale per i materiali New potential for materials	24
Laura Milan	ODB Engineering	Maestri costruttori Master-builders	28
Brandon Clifford	Matter Design	La resa di una materialità retorica The rendering of rethorical matter	33
Daniele Belleri	Anastasios John Hart	3D a misura d'uomo 3D on a human scale	40
Kyle Chayka	Formlabs	Il futuro della stampa 3D The future of 3D printing	44
Neil Gershenfeld		Progettare con bit e atomi Design with bits and atoms	48
Daniele Belleri	Pattie Maes	Verso il progetto fluido Toward fluid design	54
Laura Milan	Daniela Rus	Le sfide della robotica The challenges of robotics	58
Kyle Chayka	Superpedestrian	Rivoluzione su ruota Revolution on wheel	61
		Autori Contributors	64

Il MIT rivelato:
un report dalla prima
linea dell'innovazione
architettonica
- Unveiling MIT:
reporting from the front
lines of architecture
innovation



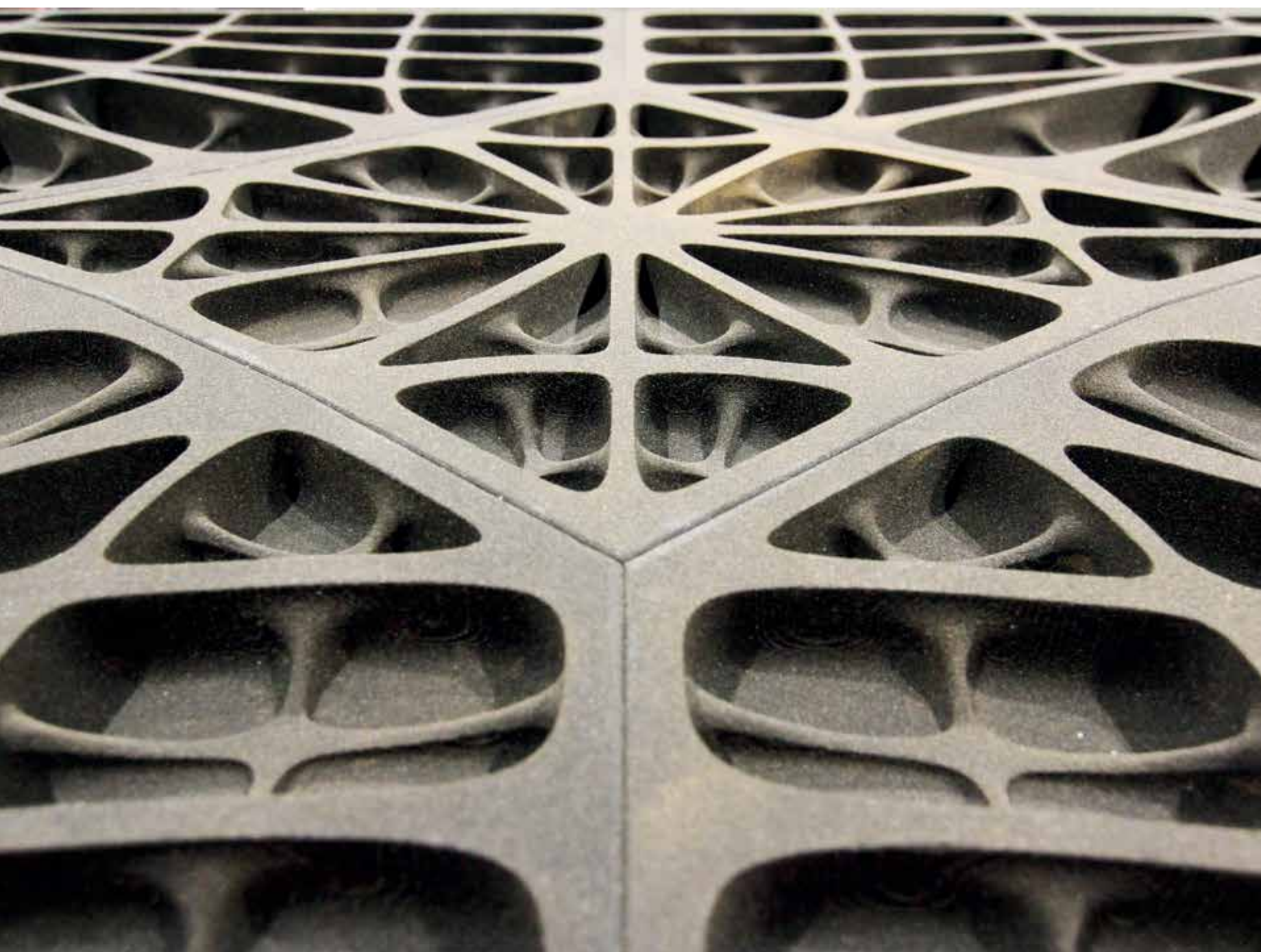
copertina / cover design by
Giuseppe Basile

ODB Engineering MAESTRI COSTRUTTORI/MASTER-BUILDERS

Volte e solai a compressione sono la base della ricerca di ODB Engineering, nata da una partnership che affonda le proprie radici a Boston ma gestita in tre sedi, ognuna incaricata di sviluppare un aspetto del progetto. Abbinata allo studio dei materiali da costruzione, promette di creare sistemi efficaci e flessibili, adatti a contesti diversi

Vaults and compression-based structures are the focus of research by ODB Engineering, a partnership with roots in Boston and investigators in three countries, each developing a specific aspect. Combined with the study of building materials, the aim is to create efficient, flexible systems that cost less and are suitable for different environments

Laura Milan



© Photo Marc Duerr

Laura Milan

nata a Rivoli, Piemonte, nel 1975, si laurea in Architettura al Politecnico di Torino (2001). Nel 2014 ha cofondato lo Studio Associato Comunicarch – con Cristiana Chiorino e Giulietta Fassino – ed è socio fondatore dell'associazione Open House Torino (2017).

• Milan was born in Rivoli, Piedmont region, in 1975. She graduated in architecture at the Turin Polytechnic in 2001. In 2014 she co-founded Studio Associato Comunicarch. In 2017 she co-founded the Open House Torino association.

In queste pagine: le volte esposte a "Beyond Bending" alle Corderie dell'Arsenale nel corso della Biennale di Architettura 2016 curata da Alejandro Aravena. Sono il frutto di una ricerca coordinata dai professori John Ochsendorf, Matthew

DeJong e Philippe Block, docenti associati rispettivamente al MIT, alla University of Cambridge e all'ETH di Zurigo. Prendono le mosse da studi su alcune architetture storiche per sviluppare volte e solai a compressione, che consentono di

risparmiare fino al 70% di materiale e ridurre il peso complessivo dell'opera, i costi, le tempistiche della realizzazione, oltre che il dispendio energetico legato a fabbricazione e trasporto



© Photo Anna Marengoljubik



© Photo Anna Marengoljubik

In un edificio, a parità di capacità portante, un sistema per solai basato su un arco e un tirante, che lavora prevalentemente a compressione, può essere più efficiente di un tradizionale sistema a trave, sottoposto a taglio e flessione? La risposta è positiva, secondo le ricerche di un gruppo internazionale nato a Boston dal direttore del Building Technology Group John Ochsendorf e alimentato all'ETH di Zurigo da Philippe Block (a capo del Block Research Group) e a Cambridge da Matthew DeJong (all'interno dello Structures Research Group).

L'oggetto di studio non è nuovo, ma la ricerca sta traghettando verso il futuro una parte importante di una storia disciplinare che passa attraverso le sottili volte di laterizio di Rafael Guastavino (brevettate negli Stati Uniti nel 1885), Pier Luigi Nervi e il suo ingegnoso sistema costruttivo basato su cemento armato e prefabbricazione e i pionieristici ponti di cemento armato di Robert Maillart, ma anche attraverso Le Corbusier e i solai delle sue Maison Jaoul. L'obiettivo, come racconta lo stesso Ochsendorf – ingegnere strutturale con un percorso formativo a cavallo con l'archeologia tra la Cornell University, Princeton e Cambridge – è lo sviluppo di un sistema costruttivo in grado di realizzare edifici belli e performanti, di minore costo ma anche sostenibili ed ecologicamente responsabili. Il punto di partenza sono i solai, che in una costruzione concentrano la maggior parte dei materiali, mentre i mezzi sono la tecnologia, un utilizzo intelligente di materiali tradizionali e innovativi, le strade aperte dal digitale (soprattutto in termini di modellazione di geometrie tridimensionali e di stampa 3D di casseforme complesse) e le possibilità offerte da capacità di calcolo sempre più potenti, che oggi consentono di definire con elevata precisione le forze interne alle sezioni.

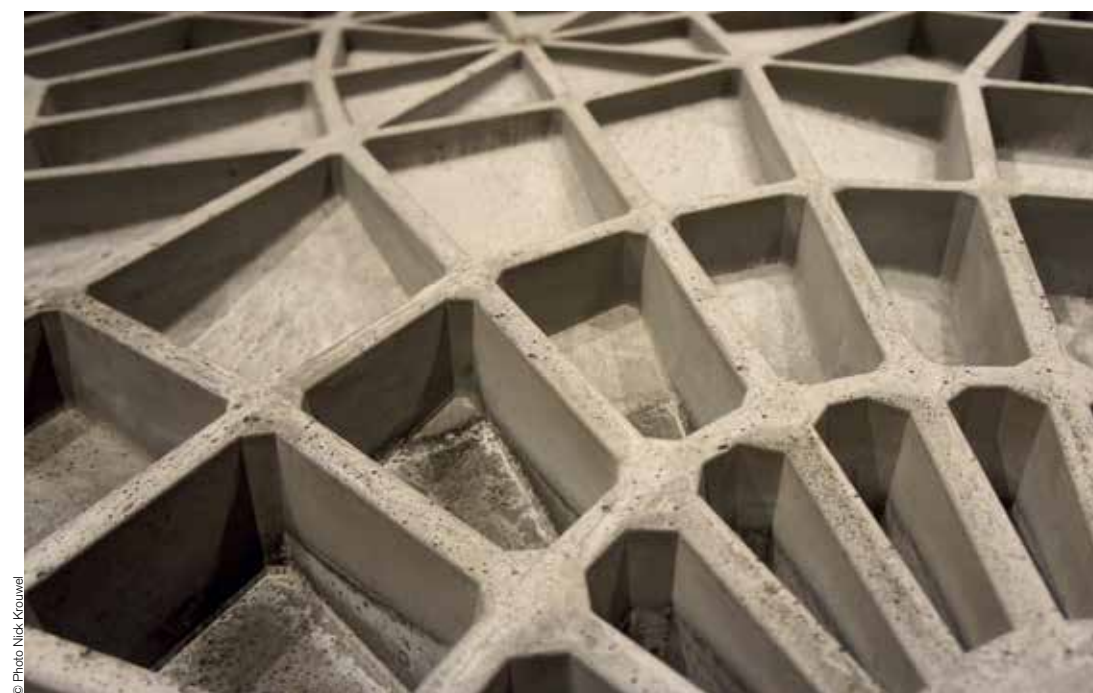
La ricerca affonda le sue radici a Boston, dove Block e DeJong hanno conseguito il dottorato di ricerca, ed è gestita in modo coordinato nelle tre sedi di rilevanza mondiale che ne stanno sviluppando parti complementari. Mentre a Cambridge si sta lavorando su ingegnerizzazione e modellazione, a Zurigo ci si concentra sullo sviluppo del software e

sugli aspetti più vicini alle questioni poste dall'architettura. Il MIT di Boston sta invece lavorando sulla ricerca di soluzioni strutturali storiche da applicare al progetto contemporaneo (la loro pianificazione, il progetto delle geometrie e il calcolo) e portando avanti uno studio sui materiali da costruzione che, consapevole della limitatezza delle risorse del pianeta, si è concentrato su quelli tradizionali, spesso 'poveri', di provenienza locale e a basso impatto ambientale. Per il futuro, sta cercando nuove possibili strade per riutilizzare prodotti di scarto o materiali di risulta.

In questo senso è stata emblematica, anche per il concreto interesse dimostrato verso la ricerca, la partecipazione alla Biennale di Architettura di Venezia diretta da Alejandro Aravena, dove *Beyond Bending* (Oltre la flessione, installazione curata da Block Research Group, Ochsendorf DeJong & Block Engineering e The Escobedo Group) ha esposto, accanto alla scenografica volta a compressione Armadillo, quattro esempi di solai in cui altrettanti sottili tiranti metallici erano alla base di

ognuna delle strutture realizzate in materiali diversi: tradizionali come la terra cruda e la terracotta (prodotti a Boston), oppure moderni e che guardano al futuro come il cemento e un composito a base di resina e sabbia (provenienti da Zurigo). Tutti insieme, erano dimostrativi di un sistema adattabile, flessibile e ugualmente efficace in contesti avanzati come pure in altri meno progrediti.

Sviluppata finora prevalentemente all'interno dei laboratori universitari, la ricerca sui solai a compressione ha trovato una prima realizzazione nel 2009 nel sudafricano Mapungubwe Interpretation Center di Peter Rich (tra i selezionati all'edizione 2011-2013 dell'Aga Khan Award for Architecture), dove sottili volte di mattoni in foglio stabilizzate da tiranti metallici sono diventate casseforme permanenti per i soprastanti solai in cemento. Per il futuro, a Zurigo è in pieno sviluppo il progetto dimostrativo NEST, due residenze a servizio della facoltà i cui solai promettono di risparmiare fino al 70% di materiale rispetto a quelli tradizionali. @



© Photo Nick Krauss

• These pages: views of the vaults on display in the "Beyond Bending" exhibition in the Corderie dell'Arsenale at the 2016 Architecture Biennale in Venice directed by Alejandro Aravena. The work is the result of research conducted by John Ochsendorf,

Matthew DeJong and Philippe Block, the associates of ODB, respectively working at MIT, the University of Cambridge and the ETH Zurich. They base their studies on ancient architectural feats to develop vaults and compression-based

structures allowing to reduce material by up to 70 per cent compared to traditional structures, which lowers weight, costs and time spent on construction, in addition to being energy efficient to manufacture and transport



© Photo AKAAV/Obje Obje/Obje



© Photo AKAAV/Obje Obje/Obje

• In a given building, can a floor-plate structure based on an arch and a tie beam (a prevalently compression-based structure) be more efficient than a traditional steel-beam structure undergoing flexion and shear stress – given equal load-bearing capacities?

The answer is positive, according to research conducted by an international group founded in Boston by John Ochsendorf (the director of the Building Technology Group in the Department of Architecture at the Massachusetts Institute of Technology) and joined by Philippe Block (the head of the Block Research Group at the Institute of Technology in Architecture, ETH Zurich) and Matthew DeJong (of the Structures Research Group in the Engineering Department at the University of Cambridge). Together they founded Ochsendorf DeJong & Block – ODB Engineering.

Their study subject is not new, but their research is leading an important part of the disciplinary history of structural engineering toward the future. It looks at such examples as the thin masonry vaults by Rafael Guastavino, patented in the United States in 1885; the ingenious construction system devised by Pier Luigi Nervi using prefabricated reinforced concrete; the pioneering reinforced-concrete bridges by Robert Maillart; and the Catalan vaults by Le Corbusier for the Maisons Jaoul. John Ochsendorf, a structural engineer with an interest in archaeology who trained at Cornell, Princeton and the University of Cambridge, says that the aim is to develop a construction system that makes beautiful, efficient buildings that cost less, are sustainable and respect the environment. The floor structure is the departure point, where most of the materials of a construction are concentrated. The means are technology, the intelligent use of traditional and innovative materials, the roads opened by digital processes (especially in terms of the modelling of three-dimensional geometric structures and the 3D printing of complex formwork) and the possibilities offered by increasingly powerful calculus possibilities, which now allow for elevated precision in defining internal forces inside sections.

The research has its roots in Boston, where

Block and DeJong received their doctorate degrees, and it is conducted in coordination with the three universities of worldwide renown that are developing its complementary parts. The team in Cambridge is working on engineering and modelling; Zurich is concentrating on software development and architectural design. At MIT in Boston historical structural solutions are being researched for contemporary design (their planning, the design of their geometry, and their calculus) and continuing a study of construction materials in full awareness of the planet's finite resources, meaning that it focuses on traditional, often humble materials, locally sourced and with low environmental impact. For the future, the group is looking for new avenues in the reuse of production leftovers and waste materials.

As a result of interest in the group's research, it participated in the recent Venice Architecture Biennale directed by Alejandro Aravena with the installation *Beyond Bending*, organised by Block Research Group, Ochsendorf DeJong & Block Engineering, and The Escobedo Group. The exhibition included the scenographic



© Photo Iwan Baan

In alto: veduta esterno ed interno del Mapungubwe Interpretation Center di Limpopo, in Sudafrica, un progetto di Peter Rich Architects completato nel 2009. Si tratta della prima applicazione della ricerca sui solai a compressione. In questa pagina in basso e nella pagina a fronte: la

volta Armadillo, realizzata su progetto del team capeggiato da Philippe Block su ispirazione del lavoro di Robert Hooke di fine Seicento. È stata assemblata alla Biennale di Architettura di Venezia in due settimane, dopo un test in Texas. La sua forma si basa su principi

strutturali e costruttivi arcaici, migliorati e implementati dai metodi computazionali e dalla fabbricazione digitale. Discretizzata in 399 conci di pietra calcarea tagliati singolarmente e posati a secco, la volta Armadillo si estende per una superficie di 75 m², con

una lunghezza massima di 16 m e uno spessore variabile dai 5 ai 12 cm. I tiranti mantengono la forma in equilibrio. Grazie alla traiettoria curvilinea, le sollecitazioni prodotte dai carichi sull'arco vengono trasformate in forze prevalenti di compressione

una lunghezza massima di 16 m e uno spessore variabile dai 5 ai 12 cm. I tiranti mantengono la forma in equilibrio. Grazie alla traiettoria curvilinea, le sollecitazioni prodotte dai carichi sull'arco vengono trasformate in forze prevalenti di compressione



© Photo Arma Mangionidiki



© Photo Iwan Baan



© Photo Iwan Baan

Opposite page, top: exterior and interior of the Mapungubwe Interpretation Centre (2009) by Peter Rich Architects in Limpopo, South Africa, the first application of ODB research on compression vaults. Opposite page, bottom

and this page: the Armadillo Vault, a free-form stone shell built by a team under Philippe Block and inspired by the work of the English scientist Robert Hooke (1635-1703). It was assembled at the Venice Biennale in two weeks, after a trial in Texas. Its form is based

on archaic structural and constructional principles enhanced by computation and digital fabrication. Comprised of 399 individually cut limestone voussoirs, unreinforced and without mortar, the vault spans 75 square metres (maximum length 16

metres) with a thickness varying between 5 and 12 centimetres. Tension ties equilibrate the form, and its funicular geometry allows it to stand in pure compression



© Photo Oliviero Toscani

John Ochsendorf