



La struttura reticolare evidenziata in bianco si ripete otto volte su tutta la costruzione
 • The truss structure highlighted in white is repeated eight times throughout the construction

Trave superiore (dimensioni: 200 x 75 mm) della struttura reticolare, con intagli per accogliere i travetti della copertura, messi a livello con cunei in legno
 • 200 x 75 mm truss chord backing member with backing cut to accept roof joists on timber packers

Per fare in modo che la trave reticolare lavori solo lungo gli assi dei suoi elementi, tutte le forze devono essere concentrate nei nodi, eliminando così le forze flettenti nelle bielle e nelle travi principali
 • To keep the truss working along axial forces only, all load transfers need to occur at truss nodes which eliminates bending forces in the truss web and chord members

Montanti di sostegno della parete esterna in legno (dimensioni: 200 x 50 mm), realizzati con travi di raccordo (dimensioni: 200 x 50 mm)
 • 200 x 50 mm wall stud constructed as panels with 200 x 50 mm trimmer joists

Progettare costruendo

Design by making

Il Big Shed, costruito manualmente dagli studenti del corso di master Design & Make dell'Architectural Association di Londra, dimostra come soluzioni tecniche e progettuali avanzate possono essere applicate anche a materiali tradizionali come il legno grezzo.

• The Big Shed, a hands-on building project designed by students of the Architectural Association's Design & Make course, shows how advanced technical solutions can be applied to such traditional materials as roundwood from the local woodland

Testo • Text

Nozomi Nakabayashi

Foto • Photos

Valerie Bennet, Nozomi Nakabayashi, Piers Taylor, Henrietta Williams

La struttura nuda dell'edificio: tutte le travi reticolari sono erette e, temporaneamente, controventate con corde. Nelle prime campate si vedono esposte anche alcune delle travi permanenti di controventatura
 • The building's bare frame: all trusses raised; temporarily braced with guy ropes – permanent top chord bracing installed in the first few bays



La messa in posa della prima trave reticolare con l'ausilio di una gru a braccio mobile: irrobustita con travi in legno a sezione quadrata, viene sollevata con stroppi in vari punti della trave principale superiore, per ripartire il carico e poterla manovrare nella posizione esatta, sulla base in cemento, con due sole corde

• The first truss being raised by a boom crane: strengthened with square timbers, lifted by strops from multiple points of the top chord to spread the load, and manoeuvred into position on the concrete slab by a pair of two guy ropes

Una sfida critica

Big Shed è un laboratorio di 500 m² che offre una nuova area di lavoro al coperto a Hooke Park—campus dell'Architectural Association (AA) immerso nei boschi del Dorset—dove produrre, collaudare e pre-assemblare modelli a grandezza naturale. Il progetto è stato proposto dagli studenti di Design & Make, nuovo master di architettura (che ha sede in un ambiente rurale), nell'ambito del Diploma, Unit 19. Le proposte concettuali sono combinate in uno schema di struttura irregolare a travatura reticolare, fatta di tronchi e contenuta in un involucro fortemente sfaccettato. Quest'ultimo, attraverso ciascuno dei fronti, stabilisce specifiche connessioni con il luogo: una vista dell'entrata al

L'ambizione era quella di dimostrare ancora una volta il potenziale d'uso del legno grezzo locale

campus, a nord; una tettoia in travi a sbalzo di fronte al bosco di faggi, a ovest; l'apertura in un'ampia area centrale riservata al lavoro, a est, dove si svolge abitualmente l'attività di taglio, fresatura e fabbricazione.

Nell'anno accademico inaugurale 2010-11, il progetto è stato il primo di una serie di edifici a grandezza naturale realizzati dalla AA di Hooke Park, come parte di un più ampio piano generale del campus. L'agenda accademica del programma Design & Make—"progettare costruendo"—consente agli studenti di apprendere tecniche sia in quelle progettuali. Nell'estate del 2011, l'armatura reticolare è stata realizzata a Hooke Park da un team composto sia da studenti di Design & Make e volontari estivi del programma SummerBuild della AA, sia da lavoratori edili, guidati da Charley Brentnall e dai Mitchell Taylor Workshop.

Ciascuna delle travature reticolari planari, prima di essere posizionata, è stata fabbricata e assemblata in orizzontale, così come le sfaccettature dell'involucro sono state montate a terra e collocate in seguito sulla soletta di cemento dell'edificio. Le principali travi reticolari strutturali sono in tronchi irregolari di larice bagnato: i tronchi sono stati usati interi, senza che venissero né segati né lavorati, a parte una semplice scorticatura. Le fibre naturali e le venature del legno, così come la sua integrità strutturale, sono restatesi così intonse. Nell'attendersi ai precedenti

padiglioni di Hooke Park, nella cui costruzione è stato usato legno boschivo di scarto, l'ambizione era quella di dimostrare, ancora una volta, il potenziale d'uso del legno grezzo locale, grazie ai vantaggi ambientali e strutturali garantiti dalla lavorazione industriale minima e dall'assenza di trasporto. Il metodo convenzionale di giuntura dei tronchi, in una intelaiatura a travatura reticolare, prevede l'uso di piattabande di rinforzo: grandi lastre perforate in metallo, dentro le quali ogni tronco in entrata è imbullonato. Questa soluzione appariva, tuttavia, inadatta a una costruzione studentesca e non rispettosa dell'impostazione ecologica, dal momento che dipendeva, in modo sostanziale, da grandi quantità di metallo non prodotte in cantiere. Trovare un metodo di giuntura in loco, che minimizzasse l'uso di giunti e consentisse la costruzione da parte di un team di studenti relativamente specializzato, è diventato una sfida progettuale critica.

Grazie alla collaborazione con Atelier One e la Bath University, la soluzione per le giunture della travatura reticolare ha assunto la forma di una nuova tipologia di viti strutturali da legno prodotte dalla ditta tedesca Heco. Dal momento che il legno non trattato ha limitate capacità strutturali nella compressione perpendicolare alla vena, la resistenza nel giunto Heco è prodotta dall'interazione della filettatura della vite con il legno. Queste lunghe viti Heco Topix Combi Connect presentano due filettature separate con inclinazioni lievemente differenziate, che uniscono le componenti massimizzando, al contempo, la funzione del giunto. Usando queste viti ad angolo attraverso il giunto, è possibile ottenere una connessione di sufficiente resistenza.

L'applicazione sperimentale delle viti Heco nei tronchi di larice bagnato della travatura reticolare ha reso necessaria una serie di prove di collaudo. Queste ultime sono state condotte sia attraverso la simulazione di prove di laboratorio, sia attraverso il monitoraggio su giunture in loco e di test di carico post-produzione. Il test di laboratorio, con cui è stata verificata la resistenza della compressione e della tensione delle viti Heco con la tipica connessione reticolato-trave principale attraverso test di carico e prove di trazione, si è tenuto al dipartimento d'Ingegneria del legno della Bath University. Per prevenire il restringimento del legno bagnato sul giunto, che poteva generare esposizioni della vite tra la trave principale e il reticolato, il modello del giunto è stato costruito con uno scarto tra il reticolato e la trave principale. In questo modo era possibile testare solo la resistenza della vite, senza fare affidamento sulla capacità di portata del legno. In parallelo ai test di laboratorio, sono stati costruiti in cantiere dei modelli di giuntura, in modo da monitorare nel tempo la condizioni delle viti Heco e del legno. Questi modelli sono stati usati per verificare il potenziale effetto di corrosione delle viti Heco nei tronchi di legno bagnati e le riduzioni di peso del legno nel tempo, in relazione al contenuto di umidità.

Il test finale si è tenuto in fase di post-costruzione attraverso prove di resistenza della travatura reticolare, il cui scopo era confrontare la compattezza della struttura completa con le previsioni delle prove di laboratorio e del peso stabilito. Il test è consistito nella



In alto: vista dell'interno del Big Shed durante la preparazione degli elementi costruttivi per la realizzazione di un altro edificio. In basso: vista dal basso della copertura in lamiera ondulata nel punto d'incontro di due falde. Connesse con il sistema Kerto, formano l'impiuvio

• Above: interior view of the Big Shed with a new building in construction. Below: underside of the corrugated metal roof. Two cladding facets joined at a valley with Kerto-wood packers



misurazione dello spostamento della giuntura della travatura reticolare, dopo l'applicazione di carichi di peso tramite un sistema a carrucola ancorato alla piattaforma di cemento. Il metodo di costruzione del giunto Heco è passato attraverso diverse iterazioni tramite la regolazione diretta dei dati, in base ai risultati dei test e al metodo costruttivo. Grazie a un'accurata analisi dei test sui giunti non riusciti di ritorno dal laboratorio, abbiamo rilevato la sflettatura delle viti Heco: un evento determinato dalla collisione di due filettature dovuta a un'insufficiente distanza di tolleranza tra le viti. Nel riconsiderare del tutto la necessaria tolleranza strutturale, è stata riordinata la spaziatura tra le viti. Per prevenire le fenditure del legno, l'angolatura di ogni vite in giuntura doveva presentare un angolo obliquo all'asse radiale del tronco. L'angolo della travatura reticolare differisce da giunto a giunto e la differenziazione degli angoli obliqui delle viti ha complicato il montaggio. Nel testare i diversi modelli di giunto, è stata progettata una maschera di montaggio ideata per essere collocata sulla linea bisettrice laterale del componente del reticolato. La maschera riproduceva lo specifico angolo a 60° relativo alla linea bisettrice di ogni componente, ed è stata utilizzata per allineare accuratamente la fresa pilota per i buchi delle viti.

Un'ulteriore sfida costruttiva/tecnica è consistita nel conservare la caratteristica principale della struttura della travatura reticolare: per fare in modo che la travatura reticolare andasse a incidere unicamente lungo le forze assiali, tutto il trasferimento di peso

doveva avvenire lungo i giunti della travatura, eliminando in questo modo le forze di curvatura dai componenti del reticolato e della trave principale. Il problema, in questo caso, consisteva nel rafforzare in fase progettuale il rivestimento, in modo che il peso fosse trasferito unicamente nei nodi della travatura reticolare. La soluzione è stata il disegno di travetti di sostegno bombati: in corrispondenza di ciascun nodo della travatura reticolare, imballatori a profondità variabile sollevano travetti di sostegno quadrati. Questi corrono in parallelo alla trave principale sulla quale riposano i travetti dei rivestimenti a cassetta prefabbricati. Questo sviluppo della trave principale consente alle forze di propagarsi sui nodi della travatura reticolare, impedendo curvature nelle travi principali e nei componenti di sostegno. Il vuoto tra i travetti di sostegno e la trave principale crea inoltre un'area utile che normalizza le variazioni di diametro e l'irregolarità della trave principale della travatura reticolare. Il progetto dimostra una negoziazione tra materiali edili trattati in modo minimale, parametri di costruzione artigianali e il vantaggio accademico unito alla gioia di progettare e costruire su grande scala. La sperimentazione continua con una nuova sfida di progettazione e costruzione: lo Student Lodge 1 & 2, edificato a Hooke Park dai nuovi allievi di Design & Make.

NOZOMI NAKABAYASHI

Primo diplomato del programma Design & Make e architetto responsabile degli studenti per il progetto Big Shed

Prototipo di un nodo della trave reticolare dopo una prova a trazione

• Mock-up of a joint after a pull-out test





A critical challenge

• The Big Shed is a 500-square-metre assembly workshop that provides a new sheltered workspace at Hooke Park (the Architectural Association's woodland campus in Dorset) for full-scale prototyping, testing and pre-assembly. The project was designed by students of AA Design & Make, a newly established rural making-based Master

in its inaugural academic year of 2010-11, the project was the first in a series of full-scale building projects carried out at Hooke Park as a part of a wider campus master plan. The academic agenda of the AA Design & Make programme is "design through making" whereby the students learn through direct engagement in the construction of a full-scale building. Hence incorporating student participation in the construction process became a critical challenge in both the technical and design solution of the Big Shed project. In the summer of 2011, the fabrication of the truss frames was carried out at Hooke Park by a team consisting of both Design & Make students and summer volunteers in the AA's SummerBuild programme working together with professional builders led by Charley Brentnall and the executive architect Mitchell Taylor Workshop.

Each of the planar trusses was fabricated and assembled horizontally before being lifted into position on the building's concrete slab foundation. Similarly, the envelope facets were assembled flat and then lifted into place.

The primary structural trusses are of unregularised wet larch roundwood: tree trunks are used 'in-the-round' without sawing or processing, other than a simple de-barking. The natural fibre and grain of the timber are undisturbed, whereby its structural integrity is preserved. Following the precedent of the existing Hooke Park buildings which use waste 'thinings' from the woodland, the ambition was to demonstrate again the potential of low-value local timber in-the-round to give environmental and structural advantages, and minimal industrial processing

↑
A sinistra: il fronte est, con rivestimento in assi di cedro rosso, lucernari in policarbonato e lamiera ondulata, e un'apertura per l'accesso con il muletto meccanico. A destra: l'ingresso nord all'alba. Vista all'entrata di Hooke Park campus
• Left: east exterior. Red cedar plank cladding, polycarbonate skylight and corrugated tin roof. A fork-lift accessible opening onto the eastern yard. Right: north entrance at dawn. An arrival view into Hooke Park campus



↑
Pianta della copertura
• Roof plan

HOOKE PARK BIG SHED

Design Students
Nozomi Nakabayashi (Design & Make); **Elena Gaider**, **Eyal Shaviv**, **Olivia Pulihrai**, **Samuel Nelson**, **Sanem Alper** (Diploma Unit 19)

Teaching Team
Martin Self (program director); **Piers Taylor**, **Kate Darby** (studio tutors); **Charley Brentnall** (Make tutor)

Executive Architects
Mitchell Taylor Workshop—**Piers Taylor**, **Luke Holcombe**

Structural Engineering
Atelier One—**Aran Chadwick**, **Luis Fernandez**, **Elizabeth Bismut**, **Eva MacNamara**

Civil Engineering
Buro Happold—**Bob Riley**, **Joseph Walton**

Timber Testing
Bath University—**Prof Richard Harris**, **Nick Gathercole**

Contractor
Charley Brentnall

and material transport. The conventional joint method for roundwood truss frames is to use fitch plates, a large drilled steel plate onto which each incoming timber member is bolted. However, this solution seemed unfit for student construction and the environmental footprint as it relies heavily on large volumes of steel being prefabricated off site. Finding an on site joinery method that minimized steel joints and enabled construction by a relatively low-skilled student team became a critical design challenge.

Through collaboration with Atelier One and Bath University, the solution for the truss joint came in the form of a new type of structural timber screw from the German firm Heco. As timber alone has limited structural capacity in compression perpendicular to the grain, the majority of the strength in the Heco joint is through the interaction of the screw thread with the timber. These long screws, Heco Topix Combi Connect, have two separate threads with subtly different pitches that pull the members together, which in

The construction method of the Heco joint went through several iterations via direct negotiation between the test results and the construction method. By taking apart some of the failed test joints that returned from the laboratory, we discovered de-threading of the Heco screws. This was caused by collision of two screw threads due to insufficient tolerance distance between the screws. By fully re-considering the necessary constructional tolerance, the spacing between the screws was readjusted.

The angle of each screw at the joint needed to be at an oblique angle to the radial axis of the round timber to prevent splitting. The end cut angle of the truss web members differs from joint to joint, so the bespoke angle at each joint complicated the setting of the specified oblique screw angle. Through testing several joint mock-ups, a fabrication jig was designed to attach to the side centreline of the web member. The jig set up the specified 60-degree angle relative to the centreline of each member and was used to accurately align the pilot drill for the screw holes.



Rivestimento in assi di cedro (dimensioni 120 x 30 mm) giuntati di testa e fissati ai montanti ogni 1,2 m
• 120 x 30 mm butt-jointed cedar cladding boards spanning 1.2 m between joists

Photo: Valeria Bassoletti

The ambition was to demonstrate again the potential of low-value local timber

of Architecture programme and AA Diploma Unit 19. Their concept proposals were combined into a scheme for an irregular roundwood timber truss structure housed in a playful faceted envelope. At each quadrant, the envelope forms specific site relationships: an entrance view of the campus to the north, a cantilevered canopy facing a beech forest towards the west, and access to a large central work yard toward the east, where saw milling and fabrication activities are currently carried out.

turn maximises the capacity of the joint. By using a set of these screws at cross-angles through the joint, a connection of sufficient strength could be made.

The experimental application of Heco screws in wet larch roundwood trusses necessitated a testing regime. The testing was conducted both through simulated laboratory testing and on site monitoring of test joints and post-construction load testing. The laboratory testing was conducted at Bath University's timber engineering department to determine the Heco screw's compressive and tension strength at typical web-to-chord connection by loading and pull-out tests. Anticipating the shrinkage of wet wood at the joint overtime, resulting in possible screw exposure between the chord and the web, the joint mock up was built with a gap between the web and the chord. Thus it was possible to test only the screw strength without relying on its timber-bearing capacity. In parallel with the laboratory testing, mock-up joints were built on site to monitor the condition of the Heco screws and the timber through time. They were used to test the effect of potential corrosion of the Heco screws in wet roundwood timber and the timber's weight reduction over time in relation to its moisture content.

The final test was conducted post-construction via proof testing of the truss, the purpose of which was to assess the stiffness of the completed structure, for comparison with the laboratory testing prediction and the designed load. This was done through measuring the displacement at the truss joint node by applying point load using a pulley system anchored to the ground floor slab.

Another constructional/technical challenge was to maintain the primary principle of truss structure: in order to keep the truss working along axial forces only, all load transfers need to occur at truss nodes, which eliminates bending force in the truss web and chord members. The design problem here was to design a cladding build-up whose load would transfer to the truss nodes only. The solution came by designing raised backing rafters: at each truss node, a varying depth of packers elevates a square-sewn backing rafter. These run in parallel to the top chord on which rest the joists of the prefabricated cladding cassettes. This top chord build-up maintains all forces travelling to the truss node and avoids bending moments in any of the chords and bracing members. The gap between the backing rafter and the top chord also creates a useful zone that normalises the diameter variance and irregularity of the truss top chord.

The project demonstrates a negotiation between minimally processed building material, the constructional parameters of hands-on craft and the academic benefit and joy of designing and building at a full scale. The experimentation continues with a new student-designed and built project, Student Lodges 1 & 2, currently under construction on site at Hooke Park by the new students of Design & Make.

NOZOMI NAKABAYASHI

First graduate of the Design & Make programme and lead student architect for the Big Shed project