

Duurzame kantoren van hout

Hout is een van de oudste traditionele materialen die worden gebruikt in de bouw. Door de uitvinding van gewapend beton en het gebruik van staal in de bouw vanaf eind 19e eeuw, is het gebruik van hout afgenomen.

Tekst: Carsten Hein (Arup Berlijn)

Op dit moment is er echter weer een wereldwijde opleving in de toepassing van houten constructies, vanwege een aantal redenen:

- Wereldwijd houtoverschot, wat de prijzen laag houdt;
- Snelheid van de bouw: dit is van groot belang in een tijd waarin het duur is om geld te lenen;
- De ontwikkelingen in BIM (Building Information Modelling) en Computerised Numerical Control (CNC) maken het mogelijk om bouwelementen efficiënt te fabriceren, wat leidt tot een hoger niveau van voorgefabriceerde bouw. Hout is zeer geschikt om in te springen op deze trend;
- Hout heeft sterke groene garanties, omdat het de uitstoot van CO₂ vermindert; dit is met name relevant in landen die CO₂-uitstoot belasten of vrijwillige 'green rating'-systemen;
- Hout heeft een effectieve gewicht/sterkte ratio, die nog beter is geworden door de ontwikkeling van nieuwe houtproducten zoals 'Cross Laminated Timber' (CLT) en plywood.

In 2009 deden de houtbouwspecialisten van Arup (Berlijn) mee aan een houtresearchproject in Oostenrijk, gefinancierd door de Oostenrijkse overheid en genaamd 'Haus der Zukunft Plus' (Huis van de Toekomst Plus). In 2008 bracht de projectontwikkelaar Rhomberg een team van architecten en ingenieurs bij elkaar om de mogelijkheid te onderzoeken voor een houten hoogbouw van twintig verdiepingen. In 2009 wilde dit team het concept verder ontwikkelen tot het niveau van bouwvraag. Arup werd aangesteld voor constructief advies, bouwinstallatieadvies, brandveiligheid en façade-advies, evenals alle zaken die te maken hadden met energiezuinigheid.



Prototype van LCT, gebouwd in Dornbirn, Oostenrijk. Het Cree hoofdkantoor is verhuisd in September 2012.

Bron: © Cree GmbH

Het ontwerp is gebaseerd op een modulaair systeem met genoeg flexibiliteit

Omschrijving voor de Life Cycle Tower (LCT)

Binnen vier weken ontwikkelde het Timber Competence Team een omschrijving voor een gebouw van twintig verdiepingen met een volledig houten constructie. Het ontwerp was gebaseerd op een modulaair systeem met genoeg flexibiliteit om andere bouwhoogten, plattegronden en gebruiksdoeleinden mogelijk te maken. Ook waren een modulaire opbouw en de hoeveelheid prefab-onderdelen belangrijke onderdelen van het project. Snelheid van de bouw en een minimum aan kosten waren daarbij de belangrijke strategische doelen.

Het hoogbouwontwerp kreeg een basisgrid van 1,35 m en 25,6 x 40 m plattegrond, met een kern van 19,6 x 8,6 m. Vanwege vocht in de grond en brandveiligheid op straatniveau werd besloten om de kelder, de begane grond en de eerste verdieping uit te voeren in gewapend beton, en de overige achttien verdiepingen met een dragend houten frame.

De kern

Het ontwerpteam onderzocht de toepassings-opties van sandwichconstructies: 'Cross Laminated Timber' (CLT) en 'Glued Laminated Timber' (Glulam).

Met de stabiliteitkrachten van de kern in gedachten, werd de axiale belastbaarheid de overheersende ontwerpfactor, met verwaarloosbare afschuifkrachten.

Paneelsystemen geven maar gedeeltelijke verticale draagkracht, omdat het gewicht overgebracht kan worden door de kolommen. Normaal gesproken is CLT gefabriceerd van halfgelamineerde elementen in alle richtingen, maar dit kan worden aangepast aan 80% / 20% in de belaste richting om de capaciteit in een bepaalde richting te vermeerderen. Uiteindelijk verschaft Glulam balken met vezels die 100% in de draagricting lopen. Op basis van deze vergelijking werd gekozen voor een Glulam muursysteem.

De vloerconstructie

Het basisconcept van de vloerconstructie lag bij aanvang van het project al vast. Een hybride oplossing in de vorm van een composiet houten balk en een betonplaatsysteem werd onderzocht. Hout zou een hoge spanningscapaciteit kunnen bieden en is daarnaast zeer licht materiaal; beton was nodig voor de akoestiek en tevens om brandscheiding tussen de vloeren te creëren. De composietplaten overspannen 8,1 m en bestaan uit 2,7 m brede prefab-elementen.

De huidige bouwvoorschriften werden bekeken, met name de Oostenrijkse, Duitse en Eurocode-standaards. Het is interessant om te merken dat de heersende ontwerpfactoren in de volgende rangorde werden aangetroffen:

- Akoestische prestatie – De codes die contactgeluid reguleren schrijven een 12-18 cm laag beton voor (afhankelijk van de vloeropbouw en de algehele gebouwinrichting).
- Brandscheiding – Voor brandwerendheid is 10 cm gewapend beton nodig.
- Constructieve prestatie inclusief voetstapgeïnduceerde trillingen – vanwege constructieve redenen 6-8 cm - zou genoeg zijn geweest (omdat dit systeem was ontwikkeld voor renovatie en versterking van bestaande houten vloeren). Voor onze research besloten we door te gaan met 18 cm dikke betonplaten op houten balken, met de mogelijkheid om na akoestische en brandwerendheidstests de dikte terug te kunnen brengen.

De geïntegreerde façade

Zoals de projectomschrijving aangaf was een modulaire façade wenselijk om vanwege een korte bouwtijd en aanpassingsvermogen. Gebaseerd op het bouwgridsysteem en het maximale gewicht van de eenheden mocht zijn, werden façade-elementen gekozen van 2,7 x 3,3 m (verdiepingshoogte).

Integratie van installaties

Met de gekozen modules werd al een hoog niveau van passieve maatregelen bereikt.

Het reguleren van de kamertemperatuur kon daardoor zeer energiezuinig worden ontworpen met een minimum aan actieve elementen.

De enige bekabeling was gelegen in de geluids-



Visualisatie van een houten hoogbouwfaçade tijdens het researchproject.

Bron: © Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH

Acht verdiepingen van hout, op een betonnen basis

isolatie onder de dekvloer, alle andere installaties werden geïntegreerd in multifunctionele panelen, geplaatst tussen de houten balken. Afhankelijk van een definitieve technische fit-out kan de 'Passive house'-standaard worden bereikt, of zelfs de 'Plus-Energy'-standaard. Bij het afronden van de research was men gesterkt in de overtuiging dat een twintig verdiepingen tellend gebouw met een houten frame haalbaar is vanuit constructief gezichtspunt; onderdelen die nog meer onderzoek nodig hebben zijn façade-ontwikkeling en akoestische prestatie. Brandveiligheid was de grootste uitdaging – niet vanwege de brandwerendheid van het hout zelf, omdat dit makkelijk 90 tot 120 minuten kan weerstaan, maar vanwege de huidige voorschriften en het gecompliceerde goedkeuringsproces. De uiteindelijke conclusie was om stap-voor-stap het ultieme doel te bereiken van een twintig verdiepingen Life Cycle Tower, door individuele concepten op een kleinere schaal te testen en met een betonnen stabiliteitskern voor een eerste gebouw.

Stap 2

Aan het eind van ons initiële researchproject en bij aanvang van de volgende fase naar het implementeren van de LCT, formeerde Rhombert een dochteronderneming genaamd Cree GmbH, met als missie naar nieuwe markten uit te breiden en naar mogelijkheden te zoeken naar houtbouwprojecten. Cree besloot een prototype genaamd 'LCT One' te bouwen in Dornbirn, Oostenrijk, overeenkomstig onze researchaanbevelingen om op een kleinere schaal te bouwen dan het originele LCT-ontwerp. Lokale ingenieurs werden aangetrokken om te helpen de vergunningen rond te krijgen en de autoriteiten te overtuigen van het ontwerp. Het 'LCT One'-ontwerp omvatte acht verdiepingen van hout, op een betonnen basis, die een half ondergronds kelderniveau vormde. Een kleinere plattegrond werd ingevoerd om de kosten van het prototype te reduceren, terwijl het toch de grenzen van de bouwvergunning verlegde, met een focus op de algehele gebouwhoogte en het goedkeuringsproces. Voor LCT One werd op

twee punten afgeweken van het originele concept van het researchproject:

- Het plaatsysteem zou moeten verbeteren, omdat dit het meest gebruikte element in hoogbouw is. Plaatdikte was teruggebracht tot 8 cm, waarbij het gewicht van de constructie met 33% werd gereduceerd.
- De kern zou worden gebouwd in gewapend beton.

De bouw van LCT One was klaar in april 2012. De inrichting wordt afgerond in november 2012 en tegen het eind van 2012 zal het gebouw worden betrokken.

Het constructief ontwerp was, overeenkomstig het LCT research, gebaseerd op codes, terwijl het tegelijk de grenzen van de codes verlegde door de concepten te testen. Het plaatsysteem werd getest op brandwerendheid, en werd na enkele tests goedgekeurd en gecertificeerd met een speciale mix van beton.

De akoestische prestatie zou in het prototype zelf

Eind 2012 zal het gebouw worden betrokken

moeten worden bewezen. In juni 2012 werden na afronding van de constructie verschillende tests uitgevoerd. Het plaatsysteem zelf bleek, geen verrassing, akoestisch niet afdoende voor luchtgeluid en contactgeluid. Voor diverse vloerafwerkingen werd de akoestische prestatie getest. Een combinatie van een isolerende tussenlaag en een verhoogde vloer bewees meer dan voldoende te zijn om zelfs te kunnen voldoen aan de akoestische eisen van residentieel of hotelgebruik.

LCT One werd ook deels gefinancierd door de Oostenrijkse autoriteiten voor fase 3 van het initiatief 'Huis van de Toekomst Plus'. De laatste kostencontrole liet zien dat LCT Ones bouwkosten zelfs dichter liggen bij een vergelijkbaar gebouw van gewapend beton dan voorspeld. ●



Verdiepingenoverzicht voor de 'fit out'; dit wordt omgebouwd tot de LCT 'show floor'.
Bron: © Arup

Samenwerkende partijen:

- Cree GmbH, Austria
- Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH, Oostenrijk
- Wiehag, Timber construction, Oostenrijk
- Technical University Berlin, Prof. Volker Schmid
- Multi-Storey Timber Network, Arup, Richard Hough, Hans Eric Blomgren
- Arup office London, Andrew Lawrence (MSTRN member)
- Arup office San Francisco, Bryce Tanner, Armin Wolski, Robert Gerard, Brandon Sullivan