deel 2 uit serie *Ontwerpen in de Fabriek*

SUPERBETON - UHSB workshop Booosting
redactie: Siebe Bakker, Frido van Nieuwamerongen, Jolanda Steenhouwer

Regelmatig bedenken architecten nieuwe oplossingen voor hun projecten. Helaas is de projecttijd vaak te kort om de nieuwe vondst uit te werken. Door perikelen met normeren, ontwikkelen en produceren blijkt de projecttijd te krap. En is het gebouw eenmaal opgeleverd, dan verdwijnt het idee in het archief. De focus ontbreekt bij architecten om de plannen verder uit te werken, de aandacht verschuift naar het volgende project. En dat is jammer omdat hierdoor veel goede ideeën sneuvelen die het waard zijn uitgewerkt te worden.
Bij discussies in Booosting constateerden we regelmatig dit dilemma. Verschillende bureaus bedachten een eigen oplossing. Bij Atelier Pro, zo vertelde Hans Kalkhoven (nu studio Leon Thier), hadden ze er zo genoeg van dat de ontwerpers in het bureau telkens weer opnieuw trachten een ‘eigen, unieke’ balustrade te ontwikkelen, dat ze tezamen met Versteeg hekwerken enkele eigen ontwerpen ontwikkelden. En bij Mei architecten en stedenbouwers vormde Robert Winkel een ontwerpgroep die gesneuvelde projectideeën verder uitwerkte.

Wat uit deze voorbeelden blijkt, en niet alleen uit deze twee voorbeelden, is dat samenwerking met fabrikanten cruciaal is. Fabrikanten weten alles van hun materiaal en hun productieproces en kunnen architecten helpen de ideeën sneller te concretiseren. Tegelijkertijd leveren de ontwerpers de fabrikanten verrassende invalshoeken voor nieuwe producten.
Deze constatering leidde bij Booosting tot de serie *Ontwerpen in de Fabriek*. Fabrikanten, architecten en industrieel ontwerpers werken in de fabriek samen aan het realiseren van nieuwe oplossingen. In 2009 was de eerste sessie bij PP gevelbouw. De vele mogelijkheden van het gietproces en de vrije vorm mogelijkheden inspireerden de ontwerpers tot nieuwe vondsten in vorm, kleur en materiaalmelanges.

Dit jaar bood het Cement&BetonCentrum de ontwerpers ongekende uitdagingen met het Ultra Hoge Sterkte Beton (UHSB). Het is een betrekkelijk nieuw materiaal waarvan de ontwerpmogelijkheden nog lang niet uitputtend verkend zijn. In de fabriek van Romein Beton is een divers gezelschap ontwerpers de uitdaging aangegaan nieuwe toepassingen te bedenken met dit materiaal.

Frido van Nieuwamerongen
Arconiko architecten en Booosting
Inititiatiefnemer *Ontwerpen in de Fabriek*

3 voorwoord
6 de kenmerken van Ultra Hoge Sterkte Beton

8 CHT-02
12 CRINOLINE
16 curver-ed
20 de bout
24 FILAMENTI
28 HEM 300
32 juicySICILIA
36 malva & alcea
40 melwan
44 netwerkkolom
48 ritslamp
52 supercon
56 TT-Rex
60 viaductafel
64 zigzag

68 ontwerpers de fabriek in ... en uit
72 colofon

de kenmerken van Ultra Hoge Sterkte Beton

Beton is een zeer oud constructiemateriaal. De Romeinen gebruikten het materiaal al voor grote gebouwen als het Colosseum en voor bruggen en aquaducten. Met de val van het Romeinse Rijk raakte het materiaal in de vergetelheid. In de negentiende eeuw werd het materiaal (her)ontdekt en in de twintigste eeuw is het een van de belangrijkste constructiematerialen geworden.

In de afgelopen decennia is de sterkte van beton steeds verder toegenomen. Hierdoor konden bruggen grotere overspanningen krijgen zonder onaanvaardbaar massief te worden en werden gebouwen hoger zonder dat de begane grond veranderde in één blok massief beton.
Met het Ultra Hoge Sterkte Beton (UHSB) is het beton een nieuwe fase ingegaan. UHSB is meer dan vijf keer zo sterk als het standaard beton en de groei in sterkte is nog niet ten einde. In laboratoriumproeven zijn al sterkten gerealiseerd die in de buurt komen van staal.
Maar het is niet alleen de sterkte die het materiaal zijn grote pluspunt verleend, het is ook de volledig andere wapeningswijze. Terwijl in de huidige praktijk gewerkt wordt met aparte wapeningsnetten die eerst in de bekisting gelegd worden voordat het beton gestort wordt, wordt bij UHSB de wapening al in het betonmengsel gemengd, voor het storten. Deze wapening bestaat uit korte dunne vezels, meestal van staal maar roestvast staal en kunststof behoren ook tot de mogelijkheden. Wapening en beton vormen bij UHSB-beton één mengsel en er behoeven daarom geen ingewikkelde wapeningsnetten gemaakt te worden voor complexe vormen. Dit vereenvoudigt de productie van complexe vormen enorm.

En, er zijn meer voordelen. Het oppervlakte van UHSB-beton is zeer dicht en daardoor nagenoeg ondoordringbaar. Door de zeer lage porositeit dringen er minder chloriden het materiaal binnen en vermindert de kans op vuilaanhechting en afbrokkeling. De onderhoudskosten worden hiermee geminimaliseerd. Bij infrastructurele projecten levert dat het bijkomende voordeel op dat er minder onderhoud nodig is met als gevolg minder verkeershinder. De huidige inzet van UHSB-beton is vooral gericht als vervanging van het traditionele beton.

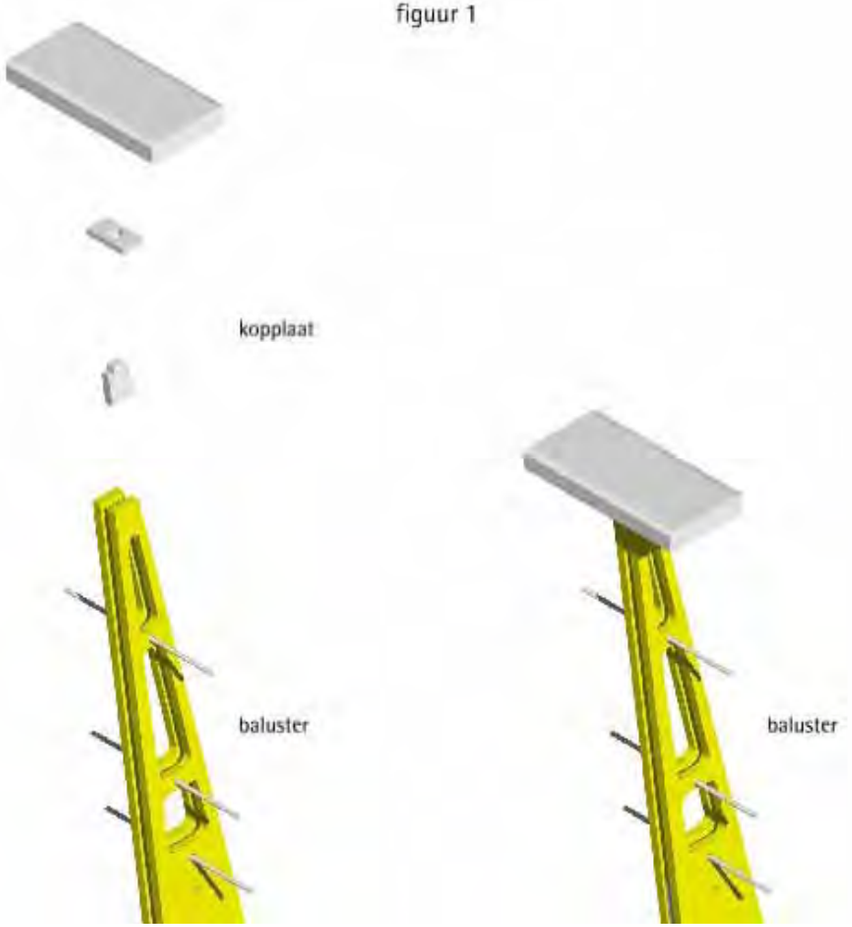
Dunnere bruggen, slankere kolommen en lichtere vloerplaten kunnen daarmee verkregen worden. De sterke kenmerken van UHSB geven het materiaal echter veel meer mogelijkheden dan het traditionele beton. Een inspirerend voorbeeld is de gevel van de bioscoop in Chartres van Rudy Ricciotti architecten. Een filigraan weefsel omsluit het bestaande gebouw, ’s avonds op indrukwekkende wijze aangelicht.

Romein Beton hecht veel waarde aan innovatie en ontwikkeling en is daarom een aantal jaren geleden de mogelijkheden gaan verkennen van UHSB. Het uitgangspunt is altijd geweest om UHSB-beton te produceren met eigen grondstoffen. Ons meest actuele resultaat is de Gooisebrug in Vleuten een 20 meter lange, getoogde en voorgespannen brug in UHSB, eigenlijk spreken we bij dit project nog van Zeer Hoge Sterkte Beton (ZHSB) met een sterkte van C115/135 op basis van CEM III cement. Het toepassen van UHSB garandeert bij de meeste bouwprojecten een slankere en lichtere constructie wat doorwerkt in een lichtere fundering en, soms, lichtere fundatiepalen. Ondanks de hogere investeringen voor het UHSB kunnen zo de totale kosten lager uitvallen.

Mede gesterkt door de workshop met Booosting verwacht Romein Beton veel interesse voor UHSB. Niet alleen voor slanke bruggen zoals de Gooisebrug, maar ook voor bouwkundige oplossingen en stedelijke interieurs. Zelfs voor meubels kan UHSB een interessant materiaal zijn, zo bleek uit de workshop. Een verrassend inzicht voor ons.

Romein Beton
Valentijn Blonk, bedrijfsleider
Paul de Vries, hoofd Commercie & Marketing

figuur 1



Thijs Verburg - Verburg Hoogendijk architecten
www.vharch.nl

opgave
Ter voorbereiding van deze UHSB-Architectenworkshop hebben we bij Verburg Hoogendijk architecten (VHA) nagedacht over de opgave die wij ons zouden stellen bij de introductie van UHSB en de direct praktische toepassing ervan. Ons inziens moet het relatief nieuwe product direct op de markt worden gezet als kant en klare BOUWPLAAT. Wachten op definitieve oplossingen voor de beskistingsproblematiek of de kostprijs bemoeilijkt de introductie van het materiaal alleen maar. Een strategische, goed doordachte, lancering van UHSB in de markt zal zorgen voor een goed fundament waarop het product in de markt zijn positie verder kan uitbouwen. Als de BOUWPLAAT een positie in de markt verworven heeft kan het materiaal met de opgedane kennis en ervaring verder ontwikkeld worden tot bijvoorbeeld ultra dunne vloeiende vormen.

UHSB-plaat
In de dagelijkse beroepspraktijk ontwerpt van VHA veel met stalen objecten. De gangbare FeB staalsoorten moeten allemaal geconserveerd worden, hetgeen bewerkelijk, kostbaar en milieubelastend is. Het vervangen van staal door UHSB componenten kan deze nadelen oplossen. Door de bijzonder dichte materiaalstructuur van UHSB hebben lucht, wind en water geen negatief effect op de sterkte van het materiaal.

Als uitgangspunt voor de testen is een door VHA veelgebruikte brugbaluster als proefobject gebruikt. Bij staal wordt een dergelijke baluster uit een 20 millimeter dikke staalplaat gesneden. Voor deze workshop snijden we de balusters uit even dikke UHSB plaat.

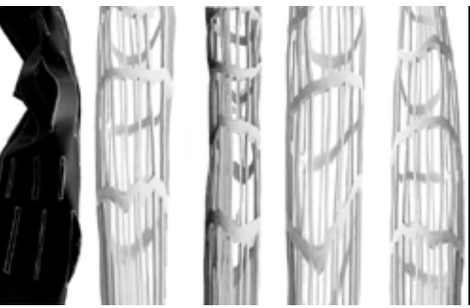
De snijtijd voor alle zes onderdelen bedroeg uiteindelijk 90 minuten. De gladheid van de snijranden viel enigszins tegen maar bijwerken van de snijranden was geen probleem. De maatvastheid bleek erg goed te zijn.

De belangrijkste vraag betrof natuurlijk de sterkte van de baluster. Hoewel er nog geen uitputtend onderzoek naar alle aspecten van de sterkte is uitgevoerd op de balusters kan al wel geconcludeerd worden dat de stijfheid onvoldoende is. Haaks op de dikte van de plaat laten de naalden in de beton los zodra de plaat doorbuigt.

Het maken van UHSB BOUWPLATEN bleek dus geen probleem te zijn, het watersnijden was ook goed mogelijk, alleen laat de sterkte te wensen over. Kan dit opgelost worden? Wellicht wel. Het toepassen van kortere vezels zou kunnen helpen omdat nu de vezels, even lang als de dikte van de plaat, alleen in de lengterichting van de plaat lagen waardoor de dwarskracht onvoldoende was.

De balustervorm in zijn geheel prefabriceren is waarschijnlijk beter en sterker; dit traject zal verder uitontwikkeld worden in samenwerking met Romein Beton.

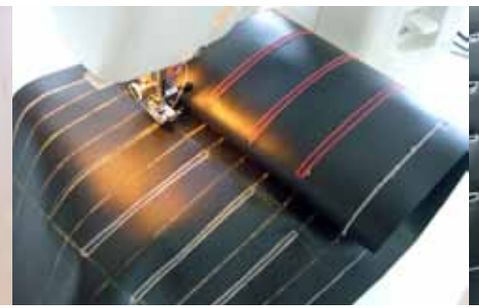
Michaela Stegerwald - STEGERWALD architecture & research
www.stegerwald.eu



Creatieve cross-overs stellen mijn bureau in staat nieuwe ideeën te genereren. Een voorbeeld is het combineren van de werkmethoden in de mode-industrie met de werkwijzen in de bouw- en betonindustrie. Met plezier gebruikt mijn bureau materialen met een specifieke functie in een andere context.

Op basis van de modieuze constructievorm, de crinoline (anno 1865), gecombineerd met de moulagetechniek uit de mode-industrie, ontwikkelde ik in deze workshop een mal van rubberfolie voor het storten van een betondraagconstructie.
Het doel is om, na een eerste verkenning nog een reeks aan materiaaltesten en ontwerpen uit te voeren om uiteindelijk een dragende kolom te ontwikkelen, welke in de bouwpraktijk toegepast kan worden. Textielbekisting is een veelbelovende techniek waarbij het ontwerp van de mal kan inspelen op vorm, structuur en oppervlaktetextuur.
Het gebruik van rubberfolie voor de mal levert een perfect glad en effen oppervlak op. Dit geeft het beton een zintuiglijke dimensie. Door de handmatige productie van de mallen en de mogelijke vervorming tijdens het storten, roepen de proefstukken talloze associaties op.

Naast de vorm van het proefstuk zijn de belangrijkste aandachtspunten bij het produceren van een textielbekisting de keuze van het textiel en de confectie van de mal. Er is voor een gladde textuur gekozen om mogelijke problemen bij het ontkisten te vermijden. Om te voorkomen dat de mal bij het gieten zou barsten zijn diverse rubberfolies op treksterkte getest en is elke naad van de mal drie keer onder de naaimachine gelegd voor extra stevigheid.
Het proefstuk heeft diameters van 15 tot 40mm. Bij het gieten van het proefstuk waren de diameters van 15mm een uitdaging, maar ook dit kleinste model lukte prima. Het ontkisten met een schaar was eenvoudig.



Na een goede evaluatie van deze eerste testmodellen is de volgende stap het ontwerpen van een nieuw proefstuk met behulp van een softwaremodel zodat het knippatroon industrieel kan worden vervaardigd. Om de mallen te kunnen hergebruiken kan onderzocht worden of de verbindingen met klittenband kunnen worden uitgevoerd .

UHSB kan in zeer uiteenlopende textiele bekistingsvormen gestort worden. Het biedt een reeks van mogelijkheden voor het ontwerpen van creatieve betondraagconstructies, die het traditionele gebruik en het uiterlijk van beton voorgoed zullen transformeren.

Richard ter Maten - TU Delft / Zonneveld Ingenieurs
www.zonneveldingenieurs.nl

Het doel van de vier prototypes was om twee aspecten te testen. Ten eerste het maken van een zo slank mogelijke, dubbelgekromde vorm. Ten tweede het realiseren van een zo glad mogelijk oppervlak.

Om de aspecten te testen heb ik vier modellen van verschillende diktes gemaakt met standaard ronde Curver afwasbakken. De onderlinge afstanden van de bakken liepen op van 2 tot 12mm. Dit werd zo gekozen om te testen hoe slank het prototype kon worden.

Na het vullen van een bak met een vooraf bepaalde hoeveelheid UHSB duwde ik een tweede bak in het materiaal. Om opdrijven te voorkomen werd de bovenste bak gevuld met ballast. Om de gewenste dikte van de vorm te waarborgen werden de twee bakken op afstand gehouden met karton.

De toegepaste plastic bakken zijn aan binnen en buiten zijde erg glad. Dit gaf de verwachting dat het UHSB, door zijn fijne korrelsamenstelling, deze textuur zou overnemen.

Het ontkisten van de slanke schalen bleek lastig. Dit kwam omdat het beton een geringe dikte had en er door de manier van aanbrengen van de plastic bakken bijna geen lucht bij het beton kwam. Na rustig te werk te zijn gegaan bleek dat aan de randen van twee modellen toch scheuren optraden. De andere modellen, waaronder de slankste schaal van 2mm, gaven echter goede resultaten.

Het was opvallend te zien dat er vlak na het ontkisten een groot kleurverschil in het beton optrad. Onderin de bak, waar de minste zuurstof was toegetreden, was het beton erg donker. Opmerkelijk was dat er geen verloop in kleur was maar dat de overgang tussen lichtgrijs en donker zich erg scherp aftekende. Na een dag was dit kleurverschil verdwenen.

Alle modellen toonden de mogelijkheid voor het realiseren van gladde oppervlaktes met UHSB. Het beton bleek vlak na ontkisten dermate glad, donker, en glanzend dat het spiegelend was. De glans bleek in de weken na ontkisten af te nemen voor de modellen welke in de buitenlucht zijn geplaatst. De modellen die binnen zijn bewaard tonen nog wel de glans. Al met al kan geconcludeerd worden dat de opzet van de prototypes geslaagd is.

Mark Derks - TU/e Bouwkunde
www.tue.nl

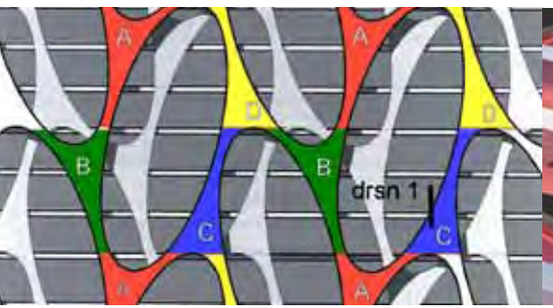
Bij de bestudering van het materiaal sprak mij vooral de hoge sterkte in combinatie met de mogelijke slankheid aan. Ook de stelling dat UHSB wordt gezien als een geduchte concurrent van staal wekte mijn interesse. ‘Waar ligt de grens van de sterkte?’ en ‘In welke afmetingen kunnen nog goede objecten van UHSB worden vervaardigd?’ zo vroeg ik mij af.
Als referentie koos ik voor een bolscharnier met een M9 boutbevestiging. Deze samenstelling combineert een enorme sterkte met een slanke vormgeving. Mijn onderzoeksvraag was of de UHSB-bout dezelfde krachten kan ondergaan als een vergelijkbare stalen bout. Daarnaast wilde ik testen of het scharnierende deel soepel kon bewegen en hoe het reageert op bijvoorbeeld smeerolie.

De mal voor de UHSB-bolscharnier variant bestaat uit een mdf-bekisting. Daarin zit een pingpongbal welke voor drievierde deel in het UHSB mengsel moest worden meegegoten. Op de pingpongbal is een pvc-pijp gelijmd met daarop een moer, maat M9. De pingpongbal met aangelijmde pvc buis kan als één geheel worden volgegoten via een smalle opening aan de bovenzijde van het balletje. De pingpongbal dient tegelijk als mal en contramal. Na het uitharden van het beton kon de pingpong bal worden weggesmolten, hetzij door hitte, hetzij door zuren.

De kleine afmetingen van het object bleken tijdens het gieten een probleem. Door de smalle openingen van de mal was het niet mogelijk om staalvezels in het beton te mengen. Hierdoor werd de sterkte aanzienlijk minder. Bij het ontkisten ging het mis en brak de ‘bout’ van het bolscharnier. Er was nog een tweede malvariant gemaakt waarin een stalen bout was meegegoten, maar ook hier brak het object bij het ontkisten in tweeën. De bout bleek te vet en hechtte daardoor onvoldoende aan het UHSB. Door het uitblijven van een goed werkend testmodel kon helaas niet getest worden of het UHSB-bolscharnier even sterk is als een vergelijkbare stalen scharnier.

Geconcludeerd kan worden dat de gekozen kleine afmetingen van het object te fragiel waren voor het gekozen mengsel. Toevoeging van kleinere vezels had wellicht gekund, maar zou direct resulteren in een lagere sterkte. Bij een volgende test zouden de dimensies van het scharnier niet zozeer moeten worden afgeleid van een stalen scharnier, maar zouden het model en de gietmogelijkheden van het UHSB meer op elkaar afgestemd moeten worden.

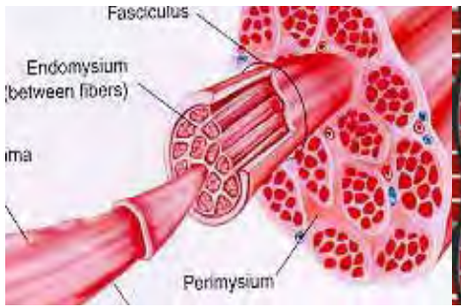
Jemima de Brauwere, Zamorah Getrouw en Jaap Verkade - **AA**Architecten Den Haag
www.aaarchitecten.nl



Voor een recent prijsvraagproject hebben wij een ranke dragende gevel met gaten ontworpen. De specifieke eigenschappen van UHBS lijken zeer geschikt voor de productie van deze gevelpanelen. Wij wilden in deze workshop testen hoe rank je het element kon maken met behoud van zijn dragende functie. Als resultaat moet een stapelbaar gevelelement ontstaan dat qua patroon doorloopt over de gehele hoogte van het gebouw.

toelichting op het gevelontwerp
De gevel van Filamenti refereert aan spierweefsel. Een spier symboliseert kracht, beweging en flexibiliteit. De gevel van Filamenti bestaat uit twee lagen die samen de structuur van bot verbeelden. De zwarte laag, een ranke structuur met grote ovale openingen, wordt uitgevoerd in beton. Deze laag is aan de binnenkant wit, zodat de gevel licht van binnen is. Achter de zwarte laag komt, in dezelfde structuur, een transluscente laag te voorschijn. Deze structuur is van buiten goed zichtbaar, maar van binnen transparant. Achter de ovalen gevelstructuren verschijnt een rode binnengevel, waardoor een levendig en krachtig gevelbeeld ontstaat.

Om de mogelijkheden van het UHSB maximaal te benutten is het oorspronkelijke ontwerp voor het gevelmodel enigszins aangepast. Er is gezocht naar de juiste verhouding tussen open en dichte delen waarbij delen van de gevel spannend smal werden maar in de mal toch genoeg ruimte was om deze te kunnen vullen.
De gehele mal is geschilderd om een zo glad mogelijk oppervlakte te verkrijgen. De ovalen in de mal zijn van schuim gemaakt. Om ervoor te zorgen dat deze schuimstukken niet aan het beton zouden hechten zijn deze rondom van plastic tape voorzien.



Het vullen ging goed, het ontkisten verliep moeilijker. Het leek vooraf niet nodig de mallen te oliën omdat de mal al een glad oppervlak had. Helaas bleef daardoor wel de verf aan het beton hechtten wat op het oppervlak van het beton zichtbaar bleef.
Om het effect van de stapelbare elementen goed te zien, zou een tweede element gemaakt moeten worden. Dit zou meer inzicht geven in het uiteindelijke beeld.

Wij kunnen ons goed voorstellen dat het element behalve als dragende gevel ook op kleinere schaal, als een voile toegepast kan worden.

Henk van Laarhoven en Tamara van Kampen - BiermanHenket architecten
www.biermanhenket.nl

“Het is met UHSB net zoals met biologisch kippenvlees; het normale is te goedkoop.”

De belangrijkste doelstelling in deze workshop was het benadrukken van de kwaliteit van het betonoppervlak en de vormvrijheid ten gevolge van de hoge sterkte van het beton. Het maximaal benutten van de sterkte van het materiaal vanuit constructief oogpunt vonden wij voor deze workshop minder interessant. Daarmee hebben wij al ervaring opgedaan met de UHSB-folly op landgoed Zonnestraal in Hilversum, welke ter gelegenheid van het 75-jarig bestaan van de betonvereniging en als eerbetoon aan architect Duiker is gemaakt.

Het door ons gemaakte HEM 300 profiel is dan ook meer een provocatie door middel van beeldtaal, dan een nieuw product. Het verwijst naar prachtige bouwelementen zoals spanten, ramen en spoorportalen die vroeger als standaard catalogusproducten verkocht werden en nu als rijksmonument gewaardeerd worden. Het verwijst ook naar een architectuur waarbij standaard profielen als expressiemiddel worden gebruikt.

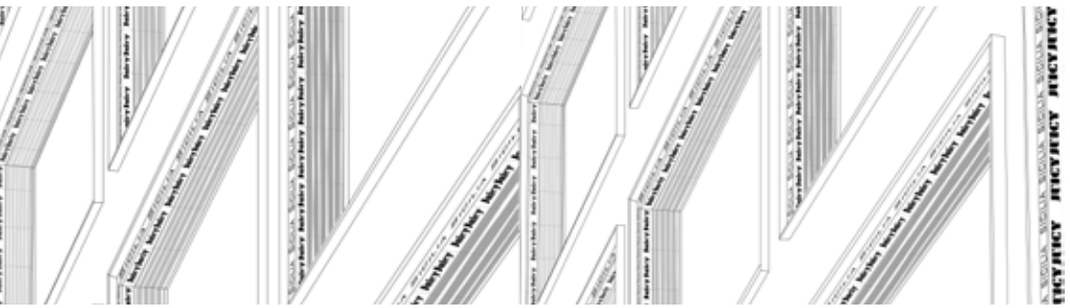
De brailletekens op het lijf van het profiel verwijzen naar de hoge tactiliteit van het vloeibare materiaal dat zich tot in de nauwste spleet laat dwingen en de fijnste cannelure volgt. Een materiaalexpressie die de verfijning van gietijzerconstructies uit de 19de eeuw benadert. En de guirlandes op het lijf laten de mogelijkheden zien om een trots beeldmerk op te nemen in alle producten die het terrein van de UHSB-producent verlaten.

Kortom, dit HEM 300 profiel is een pleidooi voor grotere autonomie van prefableveranciers. UHSB biedt hen de mogelijkheid om te ontsnappen aan projectgerelateerde producten die door anderen ontworpen zijn. Het hoogwaardige ambacht van de mallenmakers kan ingezet worden voor het maken van designproducten die hun verkoopwaarde niet laten bepalen door de kuub-prijs maar door de toegevoegde belevingswaarde.

Maar er moet meer onderzocht worden. Hoe vervuilt UHSB in weer en wind? Lukt het om het oppervlak met andere toeslagmaterialen mooi te laten patineren? Kan de dichtheid van het materiaal zonder milieubelastende conserveringstechnieken een duurzaam oppervlak verkrijgen? Is de extrusietechniek een mogelijke productiemethode om in lengten te produceren? Is het inzetten van CNC frezen een mogelijkheid om de malkosten te verlagen en de oppervlakten van de bekisting gemakkelijker te voorzien van decoraties dan met bekistingsmatten? Hoe kan een kleurpallet gecreëerd worden met UHSB? Welke (prefab) betonproducten, voor met name consumentenmarkt, worden hanteerbaarder door gewichtsbesparing bij gelijkblijvende afmetingen, uiterlijk en verwerkbaarheid?

Ook na deze workshop blijven er genoeg vragen over voor het ontdekken van de eigenheid van het materiaal.

Michaela Stegerwald - STEGERWALD architecture & research
www.stegerwald.eu



De nieuwe betontechnologie en het gebruik van vezels vormen voor mij de aanleiding om met vorm en textuur te experimenteren. Een technische en gelijktijdig architectonisch, kunstzinnige benadering is voor mij belangrijk omdat ze ruimte genereert voor evocatie, en de mogelijkheid schept om bouwkundige elementen met alle zintuigen waar te nemen. Mijn doel is om middels het maken van een serie proefstukken een prototype voor een constructief element met een verfijnd tekstelement, bijvoorbeeld als onderdeel van coporate branding, te ontwikkelen, dat later geïmplementeerd kan worden in het bouwproces.

De unieke materiaaleigenschappen van UHSB maken het mogelijk om kunststof bekistingen in te zetten bij de zoektocht naar een product dat een symbiose vormt tussen ruwbouwconstructie en afwerkingsmateriaal. Aan de ene kant gebruiken we een bouwkundig element dat de hoge druksterkte en de materiaalreductie in vergelijking met klassiek beton zichtbaar maakt. Aan de andere kant ontwikkelen we een interieurproduct dat gebruik maakt van de fijne korrelstructuur (hoge dichtheid / lage porositeit) van UHSB hetgeen het traditionele imago van ruwe betonoppervlaktes ontkracht.

Kenmerkend voor de bij dit experiment toegepaste kunststof mal is de kleine diameter/afmeting en de verfijnde oppervlaktestructuur. De kunststof mallen van de supermarktproducten Juicy en Sicilia zijn bewerkte readymades uit de verpakkingsindustrie. Het repetitieve gebruik van de mallen, de dieptewerking van de profilering vormen het vertrekpunt van het experiment. De mallen zijn snel in elkaar gezet en qua uitvoering ruw en handgemaakt, vrij naar de designermethodiek ‘quick en rough’ voor het ontwikkelen van prototypen.

De mallen maken het mogelijk om in deze eerste verkenningsfase de materiaaleigenschappen en verwerkingsmogelijkheden van UHSB in een klein productieproces te testen. Deze ambachtelijke benadering zoekt bewust aansluiting bij de verwerkingswijze en het gieten van UHSB in de fabriek van Romein Beton.

De kunststof mallen hebben kleine diameters, tussen de dertig en zestig millimeter, het ingieten moest daarom langzaam gebeuren zodat de luchtbellen uit de UHSB mix konden ontwijken.
Het ontkisten van de mallen bleek vrij eenvoudig. Soms zijn er verrassingen: zo ontstond er een mooi en glimmend oppervlak door de chemische reactie van het UHSB met restanten van het sinaasappelzuur in de hergebruikte flessen.

Jolanda Steenhouwer - Booosting
www.booosting.nl

Het idee dat het Ultra Hoge Sterkte Beton oneindig dun kan worden verwerkt was het uitgangspunt voor mijn experiment. De mogelijkheid om het materiaal driedimensionaal te kunnen verwerken bracht me als stadse naar de fascinerende wereld van de natuur.

Ik ben niet opgeleid als architect of constructeur, ik coördineer de voorkomende werkzaamheden van het Booosting secretariaat en was erg verheugd om deel te mogen nemen aan deze materiaalverkenning. Ik kwam niet uit op een mal voor een constructief element of geveldeel of tafel, maar op een zeer bescheiden poging bermbladeren na te bootsen voor huis-tuin-keuken-schaaltjes.

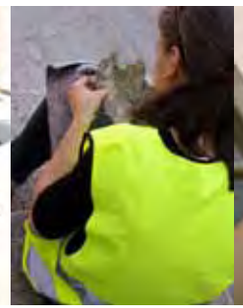
De workshops vonden plaats in het voorjaar, dus booming nature. Ik heb bij een Rotterdams bos een aantal bladeren van de bermplanten Malva Sylvestris (vermoedelijk Groot Kaasjeskruid) en Alcea Rosea (Stokroos) geplukt. Van elke plant heb ik - stiekem - twee bladeren meegenomen die de meest gelijke vorm hadden.
Zij zijn een nacht in een bak met zand gelegd om te drogen. Daarna heb ik per plant van één blad de bovenkant en van een ander blad de onderkant ingesmeerd met vloeibaar latex. Dit rubberlatex is geschikt voor het maken van gietmallen.

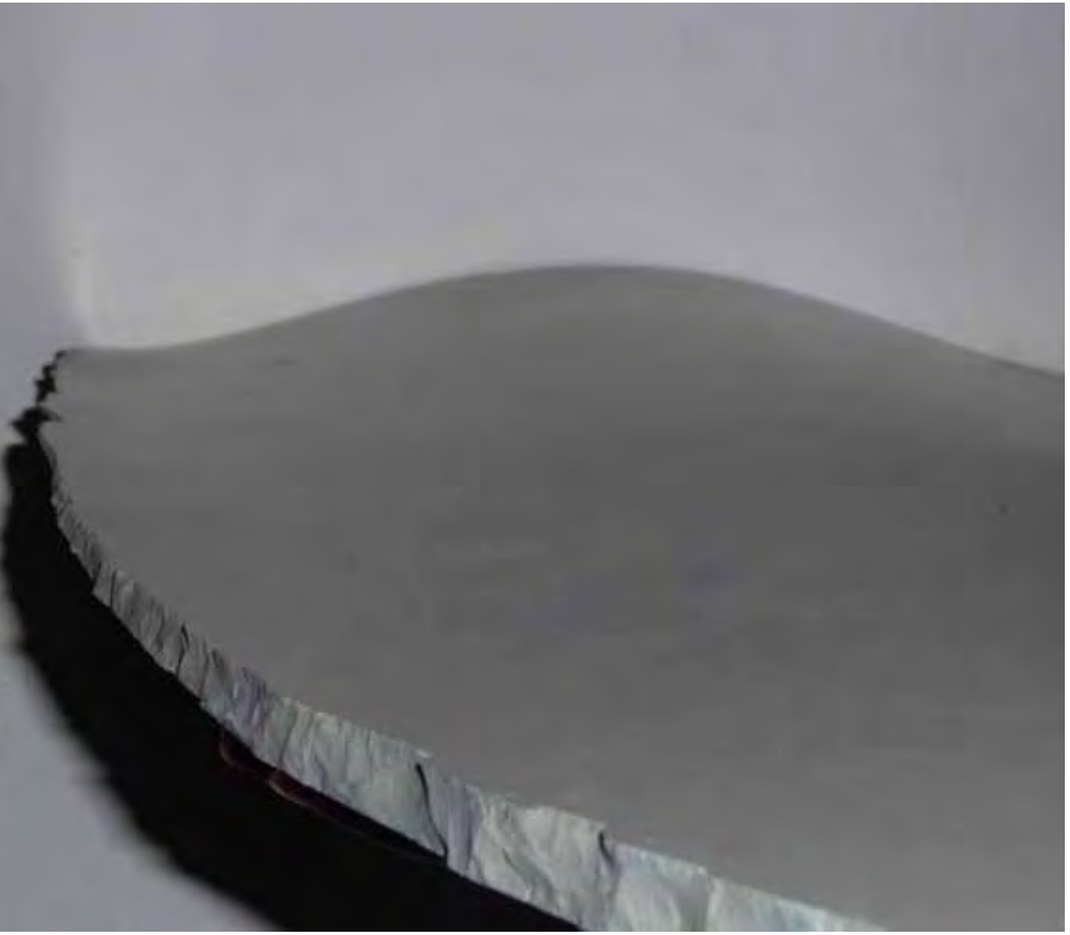
De tweede workshopdag was de gietdag; de ontwerpers bleken met prachtige en uiteenlopende bekistingsmallen aan de slag te gaan. Voor mij en mijn natuurwerkjes werd het meer een strijkdag. Ik heb vooral handmatig de bladeren voorzien van een dunne laag beton. Het betonmengsel was niet versterkt met staalvezels. Op de kom, het onderste blad met de betonlaag, kwam de kop, het blad dat als maldeksel diende te fungeren. Dit ‘doosje’ ging terug in de bak met zand.

Van ontkisten was twee weken later bij mij dus niet echt sprake. Ik heb de twee schaaltjes tevoorschijn getoverd door de boven- en onderkant van de bladeren van elkaar te scheiden. Het moest zeer voorzichtig geschieden, in het midden was het beton plm. 0,5mm dik, aan de randen uitlopend tot slechts 0,1mm. Dat bleek te dun: de randen zijn deels gebroken. De bladnerven zijn prachtig te zien en het dikkere middendeel is zeer sterk.

UHSB is een fascinerend materiaal, dat creatieve professionals oneindige ontwerpmogelijkheden biedt. Ik zie allerlei kunstwerken voor me; al dan niet geinspireerd op slimme voorbeelden uit de natuur. Google eens op biomimicry.

Ik zie er naar uit om met Booosting, waar bedenkers én makers elkaar treffen, vervolg te geven aan onze leerzame workshops *Ontwerpen in de Fabriek*.
Lang leve het Booosting netwerk!





Hermen Jansen - Aldus Bouwinnovatie
www.aldus.nl

Ik heb me voor, tijdens en na de workshop vooral verdiept in de vraag welke combinatie van unieke UHSB materiaaleigenschappen zich leent voor een specifieke toepassing in de bouw. De eigenschappen die ik daarbij in ieder geval betrokken heb zijn:
. de extreem hoge dichtheid van het materiaal
. de ondoordringbaarheid van het oppervlakte
. de vrijheid om zeer slank te ontwerpen in beton
. de ontwerpvrijheid van het gietproces
Uiteindelijk is gekozen voor een ontwerp van vaste zonweringlamellen, zoals die vaak in hout of aluminium voor grote glaspartijen te zien zijn. Een betonnen lamel kan een slank, vrijgevormd en onderhoudsvrij alternatief zijn voor bestaande oplossingen én een interessant architectonisch object.

Om redenen van gewicht en uitstraling is het ontwerp gebaseerd op een zo slank mogelijke uitvoering. Door een welving in het oppervlak aan te brengen gaan elegantie en stijfheid hand in hand. Er ontstaat een interessant spel van licht en donker door vrijgevormde openingen in de lamellen op te nemen.
In een houten kist zijn met behulp van flexibele kunststof banen drie vakken aangebracht. De vakken zijn aan de brede zijde respectievelijk 5, 10 en 15mm dik en lopen allen uit naar nul. De interessante vraag was of met UHSB zo’n scherpe beëindiging mogelijk is.

Bij het storten bleek de minimale maatvoering van de proefmal te optimistisch. Door de viscositeit van het betonmengsel kon het beton niet goed in de nauwe openingen glijden en door de hydrostatische druk werden de flexibele kunststof platen uit elkaar geduwd. Dit had tot gevolg dat tijdens de workshop slechts één vak gestort kon worden die door onvoldoende druk aan de zijkanten is gaan uitbuiken.

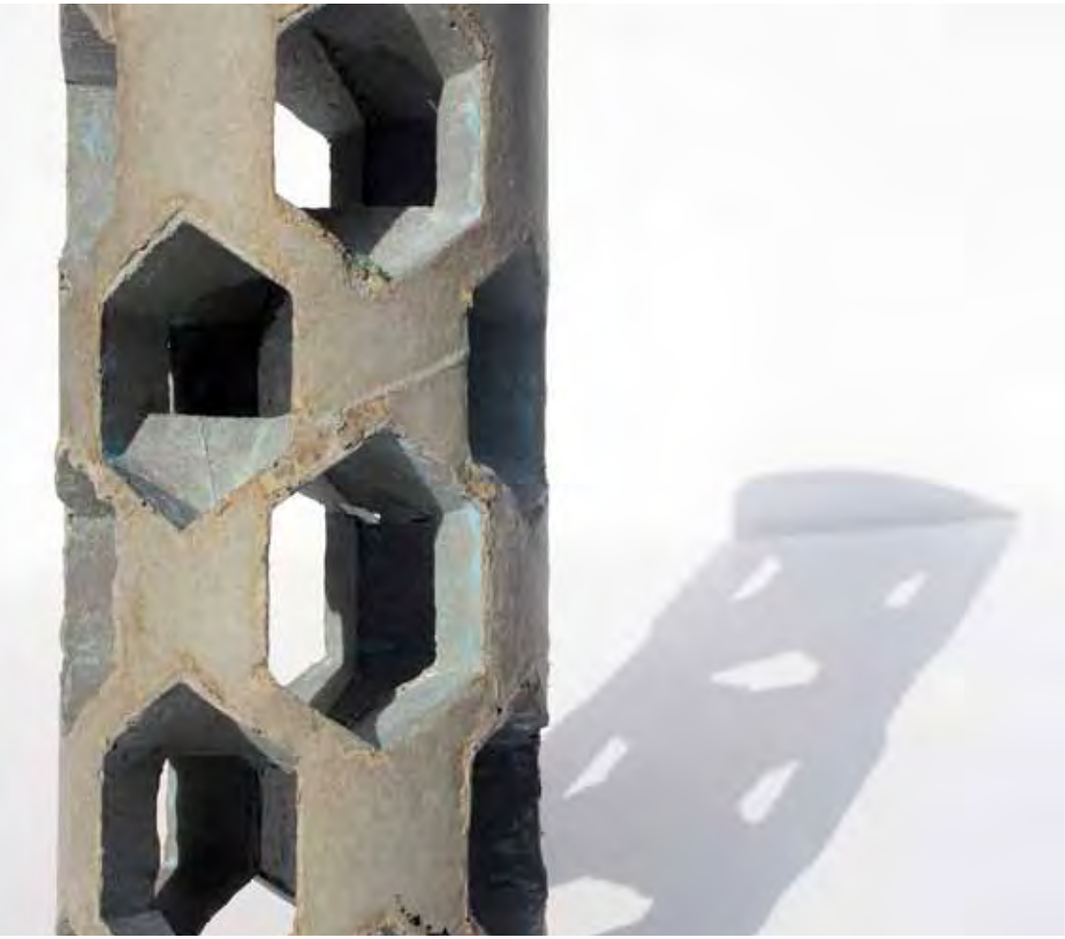
Het resultaat is uiteindelijk niet de flinterdunne betonlijn geworden zoals van te voren beoogd. Wel toont de ontkiste lamel dat de beëindiging van UHSB-beton daadwerkelijk tot nul kan verlopen.
Dit eerste experiment versterkt het idee dat zeer dunne, scherp gesneden betonelementen mogelijk moeten zijn. Met ervaring van deze workshop en een nieuwe sterkere mal zou dit in een tweede experiment bewezen kunnen worden.

Frido van Nieuwamerongen - Arconiko Architecten
www.arconiko.com

De geschiedenis van bouwmaterialen leert dat bij elk nieuwe constructiemateriaal eerst de vormgeving van een bekend materiaal werd gevolgd om pas na verloop van tijd een eigen, materiaalspecifieke, vorm te vinden. Zo waren de eerste staalconstructies imitaties van houten constructies en imiteerde beton in het begin klassieke steenconstructies. Het kost tijd om de mogelijkheden van een materiaal te doorzien. Zo was het wachten op een constructeur als Nervi om de volledige mogelijkheden van beton te ontdekken.

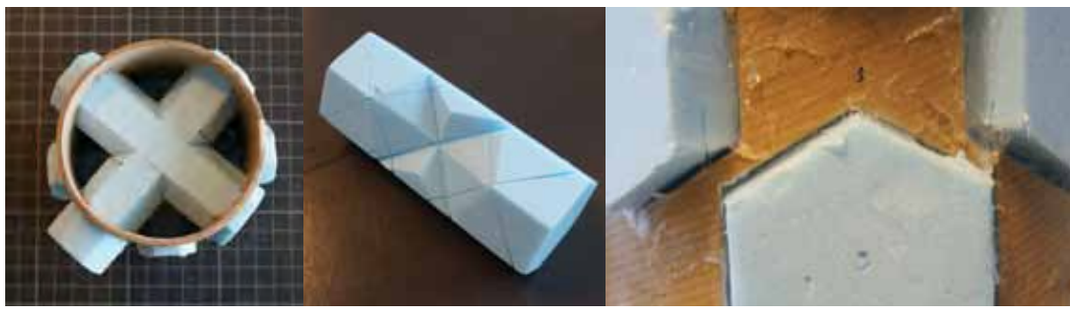
Bij ons ontwerpend onderzoek naar het gebruik van UHSB staat de stelling centraal dat UHSB een nieuw constructiemateriaal is. Weliswaar suggereert de naam een zoveelste verbetering van beton maar in feite is het een nieuw materiaal met nieuwe mogelijkheden én een nieuwe vormentaal. Een nieuwe naam zou dus niet misstaan.

Het is niet alleen veel sterker dan standaard beton het grote verschil is vooral dat het geen aparte wapening kent. UHSB haalt zijn constructieve prestaties net als beton uit de combinatie van cement en staal, maar bij UHSB zit deze combinatie in het mengsel. Flinterdunne staalvezels worden gelijktijdig met het cement gestort. Dit geeft een homogeen materiaal met een grote vormvrijheid.
Om een nieuw vorm-vocabulair voor dit materiaal te vinden dient de vorm de sterkte van het materiaal te ondersteunen. De natuur is daarvoor een leerzame referentie. In het boek ‘Lightness’ tonen Adriaan Beukers en Ed van Hinte dat veel natuurlijke constructiestructuren uit zeshoeken bestaan. Honingraten, ananasschillen en koolstofverbindingen zijn slechts enkele van de talloze voorbeelden. Het blijkt een effectieve structuur met een goed aanpassend vermogen. De open structuur van de zeshoeken maakt het mogelijk een lichte, open draagstructuur te realiseren. Het doorbreekt de massiviteit van dragende delen.



Om een goed beeld te krijgen van de combinatie tussen maakbaarheid en een optimale structuur zijn van de gewenste kolom eerst een aantal gipsmodellen gemaakt. Bij de eerste modellen bleek de kolom nog te massief. Er was onvoldoende balans tussen de open en gesloten delen. Voor een goede balans moest de structuur in alle richtingen open zijn in plaats van enkele sparingen loodrecht op de as.

In het uiteindelijke model is een grotere openheid verkregen door in de mal zeshoekige inzetstukken te schuiven die elkaar in het midden raakten. Er ontstaat nu een continue openheid in alle richtingen. Door de zeshoekstructuur blijft de kolom sterk terwijl visueel een dynamisch, open beeld verkregen wordt.
Voor wanden en vloeren is een zelfde vormvrijheid te verkrijgen met grote open vlakken tussen doorgaande structuren. Het levert tal van nieuwe ontwerpmogelijkheden op.



Allard de Goeij - atelier PRO architecten
www.atelierpro.nl

het idee
De uitdaging van het experiment was enerzijds om zo dun mogelijk te construeren zonder het gebruik van wapening en anderzijds de fijne structuurmogelijkheden van UHSB te testen.
Bij de betonnen ritslamp komen de mogelijkheden van het materiaal goed tot zijn recht. De dunne segmenten uit een mal van geweven en geborduurde stof gecombineerd met de kunststof ritsen associëren het materiaal met textiel. De treklipjes van de ritsen fungeren als functionele ornamenten onderaan de lamp. De kunststof ritsen laten het licht door en accentueren ‘s avonds de ribben van de lamp.

de vervaardiging van de mal
Het maken van een textiele mal bleek ingewikkeld. Veel textiel is ongeschikt omdat het waterdoorlatend is, de uitharding verstoort en er daardoor krimpscheuren in het beton ontstaan. Er zijn daarom twee lagen stof op elkaar gelijmd voor voldoende waterdichting.
Tussen de textiellagen zijn ritsen genaaid. Nietjes fungeren daarbij als wapening waardoor de rits in het beton blijft zitten. Het geborduurde patroon loopt aan de binnen- én buitenzijde door. Om te zorgen dat de beide textiellagen bij het storten de juiste vorm bleef behouden moest het textiel gefixeerd worden met een hulpconstructie van multiplex.
De mal is ingesmeerd met olie om hechting van textiel aan beton te voorkomen. Toch leverde de ontkisting wat problemen op. De uitgeharde beton is weliswaar redelijk sterk, maar bij een dikte van circa 10mm ook erg kwetsbaar, zeker bij het ontbreken van wapening. De eerste van de vijf segmenten brak tijdens het loswrikken van de textiele mal. Daarom is bij de volgende mallen nog meer zorgvuldigheid betracht.
De olie had er wel voor gezorgd dat de gladde delen van de stof vrij makkelijk los kwamen. De geborduurde takjes en blaadjes hadden zich door hun open structuur versmolten met het beton en moesten met kracht worden losgescheurd. Draadjes bleven achter in het beton. Dit paste wel bij het uiterlijk van de lamp en versterkte de suggestie dat de draden uit het beton groeiden. Het gaf een wat rafelig karakter dat goed aansloot bij de natuurlijke patronen.

Na het afpellen van alle segmenten konden ze aan elkaar worden gezet. Eerst moest daarvoor worden gekeken hoe de borduurpatronen zouden doorlopen. Het dichtritsen ging soepel; er hoefde weinig kracht te worden gezet om ze dicht te krijgen.

conclusie

UHSB blijkt zeer geschikt voor interieurtoepassingen; bij een geringe dikte ontstaat er al een sterk object. Door de fijnheid van de grondstoffen wordt de textuur van de mal zeer fraai overgenomen; de lamp voelt als gemaakt van stof! Van de textiele mal bleven draadjes achter in het beton. De betonnen segmenten blijken bij de uitgevoerde dikte behoorlijk breekbaar. Wapening zou het product minder kwetsbaar maken. Versterking met korte kunststof vezels is een optie. Anders dan de algemeen toegepaste stalen vezels roesten deze niet en ze steken niet verraderlijk uit het object.

Marc van Roosmalen - Rijksgebouwendienst, Directie Advies en Architecten
www.rgd.nl

Het UHSB-beton staat bekend om zijn zeer grote druksterkte, maar wat voor een bijzondere uitdrukkingsmogelijkheden biedt UHSB? Wat is mogelijk qua oppervlaktetextuur, tactiliteit, en rankheid van vorm? En waardoor onderscheidt UHSB zich van gewone beton? Deze vragen stonden centraal in onze experimenten met UHSB.

Met gebruikmaking van een reeks eenvoudige 18mm diepe bekistingmallen, waarin ik verschillende oppervlakken en objecten (bijv. touw, gebroken glas, bierdoppen, elektradraad) aanbracht, zijn diverse proefstukken gestort. Een uitdaging om met eenvoudige middelen een maximum aan effect te bereiken.

De UHSB-specie gedroeg zich tijdens het storten als een taaie, vormeloze, stijve grijze pap met een eigenzinnig karakter, dat ongemerkt vloeibaar werd en zijn eigen weg zocht. Echter door het zelfvereffenend karakter was het vullen van de mallen eenvoudig en een kwestie van gieten of volscheppen.

Een gladde, mooi afgewerkte bekistingsmal gaf een ongekend strak en hoogglanzend betonoppervlak als resultaat. Enigszins vochtabsorberende (plaatselijke) maloppervlakken resulteerden in een mat, bros en breekbaar betonoppervlak. Zelfs strookjes tape tekenden zich onmiskenbaar in het oppervlak af. Je kunt natuurlijk deze imperfecties juist inzetten om een onverwachte uitdrukking te krijgen.

Door het frêle karakter van sommige proefstukken ligt schade en zelfs breuk bij het ontkisten op de loer, zelfs met simpel handgereedschap. Ook bleken bij het ontmallen en afwerken van de proefmonsters vrij veel korte scherpe wapeningsnaalden uit het oppervlak te steken.

onvermoed resultaat

De proeven tonen aan dat UHSB-beton ongewoon ranke afmetingen kan aannemen en mede daardoor nieuwe en verfijnde uitdrukkingen aan het betonoppervlak kan geven. Qua textuur lijkt veel te kunnen daarentegen bleek het instorten van objecten enigszins tegen te vallen. Opmerkelijk was dat sommige proefvlakken die weinig inspanning vroegen juist een bijzonder resultaat gaven. Zo gaf gekreukt zilverpapier in de mal een zeer verrassend effect van edel “zilverachtig” oppervlak met een fijnzinnig reliëf. Blijkbaar gaat de betonspecie ten gevolge van een chemische reactie een verbinding aan met het aluminium. Met duurproeven moet getest worden of dit bijzondere uiterlijk blijvend is.

Het vorm- en karakteronderzoek van deze bijzondere betonsoort toont aan dat nu ook beton een verfijnd en zelfs edel karakter kan krijgen. Betrekken we ook nog de kleur van de betonspecie (nu nog grijs) dan liggen er vele avontuurlijke wegen open. De mogelijkheden van USHB gaan daardoor verder dan zelfverdichtende beton en laat gewoon beton heel ver achter zich…….

Een zo’n verfijnd materiaal vraagt om een passender naam dan UHSB: zeer slanke beton, wellicht ultrabeton of waarom niet edelbeton?!

Allard de Goeij en Paul Vlaar - Atelier PRO Architecten
www.atelierpro.nl

Met een vloerelement op schaal is geprobeerd een aantal unieke eigenschappen van UHSB te testen. Slankheid versus sterkte en textuur versus gladheid zijn de belangrijkste eigenschappen van UHSB beton waarop de mal is vormgegeven en gematerialiseerd. Het vloerelement is een soort dubbele T-ligger, waarvan de ribben als boog zijn vormgegeven. Beton is vooral geschikt voor het afvoeren van drukkrachten en een boog is daarvoor een goede vorm.

het maken van de mal

De mal is samengesteld uit OSB plaat (samengeperst hout) en harde polystyreen. Bij het uitdenken van de mal is bedacht om de polystyreenplaten, door ze te verwarmen, over de ribben van de OSB plaat te buigen en met latjes aan de randen in te klemmen. Tijdens het maken bleek de vervormbaarheid van het polystyreen overschat en haar thermische uitzetting juist onderschat. Hierdoor moest het polystyreen bijgesneden worden, zijn er kuilen ontstaan en moesten de platen uiteindelijk met schroeven worden vastgezet. Met plamuur en kit is geprobeerd de mal bij de schroeven en randen glad af te werken.

het vloerelement

Door de problemen bij de vervaardiging van de mallen was het onzeker of de mal nog wel lossend was, maar het element is er zonder problemen uitgekomen.
De gladheid van de door het polystyreen vormgegeven vlakken was verbluffend. Het beton is zo fijn van structuur dat de textuur van de mal zeer precies wordt overgenomen. Nadeel was wel dat alle kuilen, plamuurvullingen en andere reparaties zichtbaar werden.
Na het storten is het beton niet afgedekt. Hierdoor is veel water verdampt en zijn er helaas scheuren in het stortvlak ontstaan. Na het uitharden is de stortzijde geslepen om het vlak te maken en te ontdoen van uitstekende staalvezels. Deze vezels blijken zelfs aan de harde malzijde uit het beton te steken, waardoor bij afwerking met de hand snijwondjes ontstaan. Blootstelling aan de lucht leidt op plekken waar de wapening aan de oppervlakte komt tot oxidesporen. Door kunststof of rvs wapeningsvezels te gebruiken kan dit voorkomen worden.

conclusie

Het materiaal biedt nieuwe mogelijkheden omdat bij een geringe dikte al een sterk object ontstaat. Naast de slankheid is de oppervlaktekwaliteit een eigenschap waarmee het materiaal zich kan onderscheiden. Het materiaal neemt de textuur van de mal exact over. Zonder verdere nabewerkingen, kan een spiegelglad oppervlak of een oppervlak met juist een heel subtiele textuur worden gemaakt. De materialisering en afwerking van de mal vragen daarom bijzondere aandacht. De stortzijde van het object dient altijd ontdaan te worden van uitstekende wapeningsvezels.

Femke Bijlsma - Rocksteady architecture and design innovation & Klaas de Groot
rocksteadydesign.com

Met de ambitie ‘verrassen met beton’ wilde ik in deze workshop drie aspecten van UHSB benutten in één enkel toegepast object:
. sterkte door middel van slanke en luchtige vormgeving
. gedetailleerdheid door de zichtbaarheid van een ruwe bekisting
. porositeit door het maken van een spiegelglad tafelblad

De esthetiek en logica van deze tafel zijn geïnspireerd op civiele bouwwerken uit de jaren vijftig, vandaar de naam. Om de techniek van storten en het lossen van het beton onderdeel te laten zijn van de vormgeving, is de afdruk van de mal, inclusief de bevestigingsschroeven, zichtbaar, en voelbaar, aan de onderkant van de tafel. Het tafelblad zelf is juist spiegelglad, waarmee een andere karakteristieke eigenschap van UHSB wordt benut.

De underlayment mal bestond uit vlakke planken die met schroeven zijn verbonden. Zo kon de mal plank voor plank gelost worden. Dit is een vrij gangbare maltechniek en behoefde niet van tevoren getest worden. Wel is de mal zo gemaakt dat zij gemakkelijk is aan te passen voor verdere ontwikkeling. Met nabewerking is in het model geen rekening gehouden.

Het volgieten van de tafelmal was lastig omdat het materiaal stroperiger was en sneller droogde dan verwacht. Omdat in het laboratorium UHSB beton niet in grote hoeveelheden gemaakt werd, werd de tafel in meerdere storts volgestort.
Het bovenvlak van de tafel zou aan de lucht moeten uitharden. Het beton aan de oppervlakte zou, zo was de verwachting, zich zelf moeten uitvlakken en glad worden. Dit viel tegen. Met spatels is nog geprobeerd de toplaag glad te strijken, maar het materiaal was te kleverig om het glad uit te strijken.

Om het uithardingsproces te bevorderen is een plastic zeil over het tafelblad getrokken. Waarschijnlijk heeft dit wel gezorgd voor meer sterkte, maar de vouwen en plooien van het zeil maakten ongewenste afdrukken in het oppervlak. Uiteindelijk is het gewenste spiegelgladde oppervlakte verkregen door vlak te polijsten.

Het experiment is goed geslaagd. De mal is volgens verwachting losgekomen, de afdrukken van het underlayment zijn haarfijn zichtbaar en voelbaar, de kleur is mooi effen en er zitten, ondanks het moeizame stortproces, geen scheuren of bellen in het beton. De viaductvorm is, ondanks haar immense gewicht van 235 kilo, elegant en slank en de tafel blijkt oersterk.

Jan Timmers - Timmers Architecten
www.timmersarchitecten.nl

De zigzagstoel heeft in de geschiedenis van de twintigste-eeuwse vormgeving niet voor eenzelfde doorbraak gezorgd als de rood-blauwe leunstoel. Maar binnen het oeuvre van Rietveld is dit ontwerp het zuiverste voorbeeld van de synthese tussen vorm, functie en constructie, die door hem werd nagestreefd. De zigzagvorm omsluit de ruimte niet maar doorsnijdt haar met vier vlakken: rug, zitting, poot en grondvlak. Elk vlak is constructief en functioneel doelmatig. Rietveld zei over de stoel dat die '(…) als het ware een schotje in de ruimte is en de ruimte ongeschonden laat. Het is geen stoel, maar een constructief grapje. Ik noemde het altijd het zigzagje.'
(bron: Het volledige werk Gerrit Th. Rietveld, Centraal Museum Utrecht 1992)

De uitdaging in deze workshop is het herontwerp van dit meubelicoon, met respect voor het ontwerp en met gebruik making van hedendaagse ontwikkelingen in materialisatie. Het uitgangspunt was dat de UHSB-versie van de stoel niet meer mag wegen dan de originele houten versie. Met dat gegeven als basis moet de materiaaldikte van de UHSB-versie 5mm zijn.

Het maken van de hele stoel bleek een te grote intensieve opgave voor deze workshop. Er werd gekozen om een karakteristiek deel van de stoel, namelijk de overgang van de zitting naar de poot, uit te voeren. In dit deel kunnen de belangrijkste uitdaging van het stoelontwerp, de verbindingen, goed getest worden. De gewenste dikte van 5mm was voor deze fase nog een te riskante uitdaging. Er werd daarom gekozen om eerst met een dikte van 10mm te werken.

De mal is vervaardigd in staal en kon probleemloos ontkist worden. Om uiteindelijk tot een geheel betonnen zigzag stoel te komen moet eerst nog enkele tussenstappen gemaakt worden. De eerste is om uit te zoeken hoe de dikte teruggebracht kan worden tot 5mm. Is de stoel dan nog sterk genoeg? Of moet er een verstijvingsrib opgenomen worden? Of een extra ondersteuning van de hoek zoals in de houten versie ook noodzakelijk bleek.

Als deze problemen opgelost zijn kan overgegaan worden tot de ultieme test: een volledige betonnen zigzag stoel met een identiek gewicht als de houten stoel.

Aan het eind van deze versslaglegging over de UHSB-Workshop mag ik een slotwoord schrijven. Dat doe ik met plezier. Workshops zijn ‘leuke dingen voor de mensen’, de spreekwoordelijke krenten in de pap. Zeker de multidisciplinaire workshops, zoals deze, waar zowel ambitieuze ontwerpers als gedreven producenten aan deelnemen. Terugkijkend op de Booosting-actie *Ontwerpers in de Fabriek* komt opnieuw het plezier terug, beelden van opgewekte en pittige discussies waarin de deelnemers elkaar stimuleerden tot creatieve intelligentie.

Elke beroepsgroep heeft wel een mate van deformatie, beroepsdeformatie. Producenten in de prefabsector zijn behept met een dwang naar procesbeheersing. Ze worden afgerekend op gelijkmatigheid en gelijkheid van repeterende producten. Het proces wordt gestuurd op minimaliseren van toleranties. Er mag geen element de poort uit dat op de bouwplaats niet zou passen. Géén verrassingen! Ontwerpers daarentegen lijken een fobie te hebben voor gelijkheid. In elk project moet iets nieuws zitten, en binnen het project graag ook nog een verrassende en toch beheerste variatie. Léve de variatie!
Juist die spanning tussen gewenste en ongewenste verrassingen maken workshops als deze zo interessant. Dan krijgen nieuwsgierigheid en vernieuwingsdrang de ruimte en tijd die binnen de normale projectbeperkingen niet worden gegund.

En zie eens wat dat oplevert: betonritsen, zigzagstoelen, filamenti, bolscharnieren en ga zo maar door. In den beginne denk ik dan wel eens ‘waar moet dit heen?’, maar dan blijkt naderhand dat ’t nog niet zo’n gek idee is, integendeel. En het leidt steevast weer tot een nog beter idee. Dus we moeten hier vooral mee doorgaan.

Deze workshop was beslist een booost voor UHSB-beton. We willen dan natuurlijk ook de concrete realisaties in projecten zien. Daarom besluit ik met de woorden ‘ontwerpers: de fabriek uit’ en weer terugkomen met een fijn project.

Tot dan,
Hans Köhne
Cement&BetonCentrum

deelnemers
De workshop was toegankelijk voor ontwerpers die zijn aangesloten bij het Booosting netwerk.

Jemima de Brauwere, Zamorah Getrouw en Jaap Verkade - **AA**Architecten Den Haag
Hermen Jansen - Aldus Bouwinnovatie
Frido van Nieuwamerongen - Arconiko Architecten
Allard de Goeij en Paul Vlaar - Atelier Pro
Henk van Laarhoven en Tamara van Kampen - Bierman Henket architecten
Jolanda Steenhouwer - Booosting
Marc van Roosmalen - Rijksgebouwendienst, directie Advies en Architecten
Femke Bijlsma - Rocksteady architecture and design innovation
Michaela Stegerwald - STEGERWALD architecture & research
Thijs Verburg - Verburg Hoogendijk Architecten
Jan Timmers - Timmers Architecten
Mark Derks - TU/e Bouwkunde
Richard ter Maten - Zonneveld Ingenieurs

organisatie
Booosting platform voor koplopers in bouwinnovatie > www.booosting.nl
bureaubakker > www.bureaubakker.com
Cement&BetonCentrum > www.cementenbeton.nl
Romein Beton > www.romein.nl

fotografie
Siebe Bakker, Jolanda Steenhouwer en deelnemers

met dank aan
Romein Beton waar deze workshop gedurende drie dagen plaatsvond in de periode van maart tot en met mei 2011.

Cement&BetonCentrum voor het mogelijk maken van deze editie van Booosting's *Ontwerpen in de Fabriek* en deze publicatie.

Materia Inspiration Centre waar het merendeel van de resultaten van deze workshop is tentoongesteld in de expo SuperBeton van december 2011 tot april 2012.

© 2012 Booosting / bureaubakker / Cement&BetonCentrum / Romein Beton