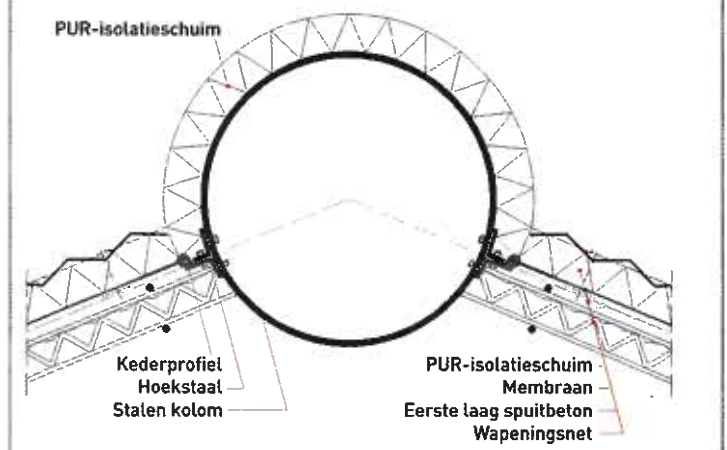
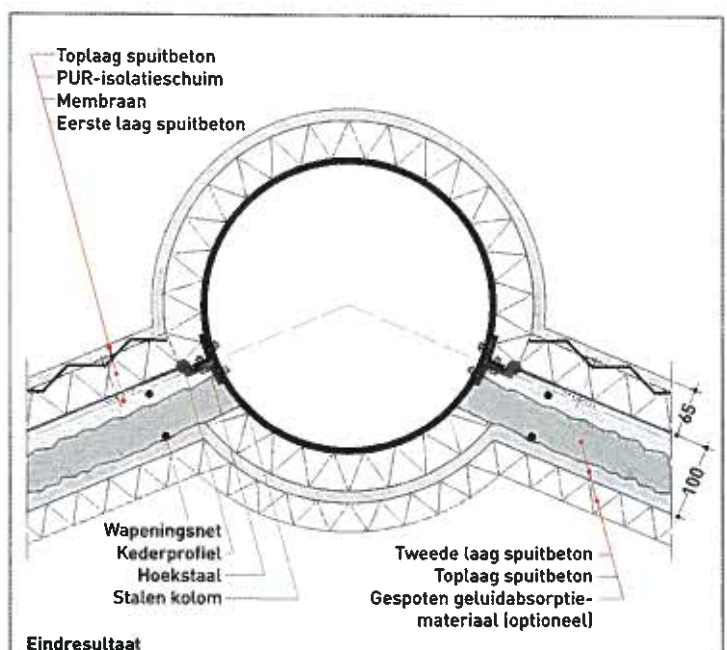


Nieuwe maltechnieken voor vrije vormen

Free form architecture met spuitbeton

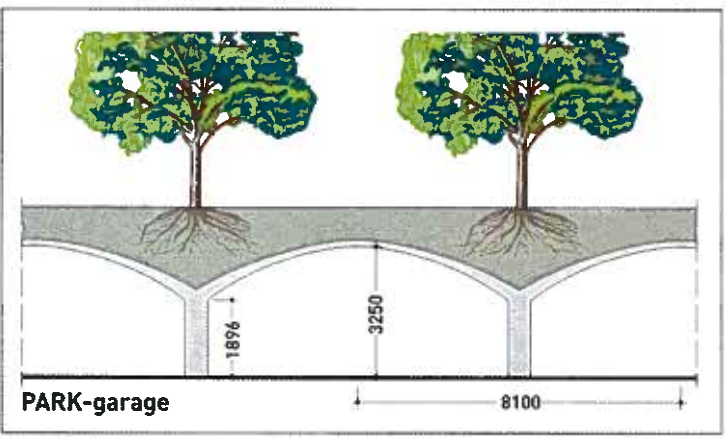
De bouwmethodes voor free form architecture zijn op dit moment niet wezenlijk anders dan bij rechte vormen. Arno Pronk van de TU Eindhoven experimenteert echter met mallen op basis van membranen en gaas, die met spuitbeton worden verhard. De technieken maken elke vorm mogelijk.

Tekst: Henk Wind; Foto's: Arno Pronk en Henk Wind



Details Philipspaviljoen

1:10





Voor het drijvende kantoor van Tre-foil heeft architect en onderzoeker ir. Arno Pronk samen met BAM en medewerkers van de TU Eindhoven, een betonnen dak gemaakt met een dubbele kromming. Als basis gebruikte hij een stevig stalen gaas dat in de goede vorm is gebogen. Daar overheen lag een fijnmazig gaas dat dienst doet als ondergrond voor het spuitbeton. Op de mal waren wapeningsstaven aangebracht op de juiste locaties, afgeleid uit een 3D-constructiemodel. Ook leidingen voor koeling en verwarming werden op de ondergrond bevestigd. Dit hele model is vanaf twee zijden bespoten met beton. Pvc-buis (elektrabuis) op afstandhouders gaf de juiste vorm aan voor het afreien van het beton.

'Wat je op dit moment ziet bij het maken van free form architecture is dat draagconstructie en binnen- en buitenzijde totaal niet op elkaar worden afgestemd, maar dat ze wel precies op elkaar moeten passen. Bij het Kunsthaus in Graz bijvoorbeeld zijn op een stalen vakwerk van driehoeken nozzles aangebracht. Deze nozzels verbinden de beplating van de buitenhuid dwars door de waterkerende laag en de isolatie aan de draagconstructie. Die nozzles moet je dan wel op precies de goede plek zetten', zo vertelt Arno Pronk over zijn zoektocht naar betere maltechnieken voor free form architecture.

Ballonnen

Deze zoektocht begon met het maken van opblaasbare mallen. In eerste instantie waren dit ballonnen die met kabels in vloeiende dubbelgekromde vormen werden gedrukt. Door ballonnen naast elkaar te leggen en er netten overheen te spannen, ontstonden grotere vloeiende vormen. De volgende stap was het gebruik van opblaasbare mallen. Onder meer een ontwerp voor een paviljoen van kunstenaar Jurgen Bey werd zo uitgevoerd, waarbij de mal werd bespoten met glasvezelversterkt polyester. 'De textielindustrie heeft computertechnieken in huis om lichaamsvormen te scannen en daar tenten voor te ontwerpen of kleding, die volledig strak aansluit. Met die technieken kun je vrijwel elke malvorm maken.'

Stalen net

Een dergelijke mal kan ook worden bespoten met beton. Qua uitvoering lijkt deze methode op het betonballonconcept van BB-Con (zie Bouwwereld 18, november 2008). BB-Con werkt echter met opblaasbare mallen die een kettinglijn vormen, waardoor het beton alleen op druk belast wordt en wapening achterwege kan blijven. De vorm ligt min of meer vast. Pronk zet de techniek juist in om elke vloeiende vorm mogelijk te maken, waarvoor hij een net over de ballonnen heen spant. Voor beton koos hij voor een stevig stalen net - vergelijkbaar met stevig gaas uit een hekwerk. 'Zo'n net kun je opspannen en helemaal in de juiste vorm brengen. De ballon zorgt voor een bolle vorm en met het opgespannen net kan een holle vorm worden gemaakt.' Waar de ballon niet nodig is, legde Pronk een tweede fijnmazig gaas over het stalen net, dat dient als ondergrond om het beton tegenaan te kunnen spuiten. De TU Eindhoven heeft patent op deze vinding.

Wapening

Een nadeel van beton is dat het een zwaar materiaal is en dat het weinig trekkrachten kan hebben. Staalvezelbeton doet het in dat opzicht veel beter. Toch is dat in Nederland (nog) niet haalbaar, volgens Pronk. De kwaliteit van staalvezelbeton is daarvoor te uitvoeringsgevoelig. In het buitenland wordt dit meer gedaan en zijn er goede ervaringen met het spuiten van staalvezelbeton. Zolang dat niet past in de Nederlandse bouwcultuur, moet elke betonvorm handmatig van de juiste hoeveelheid wapening worden voorzien.

1. Met een laag spuitbeton vormt een membraan een harde schil.
- 2/3. Met een gespannen membraan is een geveldeel van het Philipspaviljoen nagebouwd.
4. De fietskelder in Eindhoven is aan de binnenzijde traditioneel bekist.
5. Door te werken met spuitbeton was geen buitenkist nodig.
6. De ingang van de fietskelder komt als een tunnel op uit de grond.



Fietsenkelder

De gemeente Eindhoven vroeg Pronk om mee te denken over het maken van de ingangen van de fietsenkelder onder het 18 Septemberplein in deze plaats. Architect Massimiliano Fuksas liet deze ingangen als tunnels opkomen uit de ondergrond. De tunnels zijn echter niet helemaal rond. Die vorm is lastig met textiele mallen en Pronk koos dus voor een mal van een stalen net. Hij stelde voor om gebogen stalen spanten te maken in de juiste vormen en daartussen het stalen net te spannen, alsmede uiteraard de juiste hoeveelheid wapeningsstaal. In plaats van fijnmazig gaas als ondergrond voor het spuitbeton, adviseerde hij een tijdelijk textiel aan de binnenzijde. Deze constructie zou vanaf de buitenzijde met beton kunnen worden bespoten. Na enige verharding zou het membraan aan de binnenzijde kunnen worden verwijderd en kon de binnen-

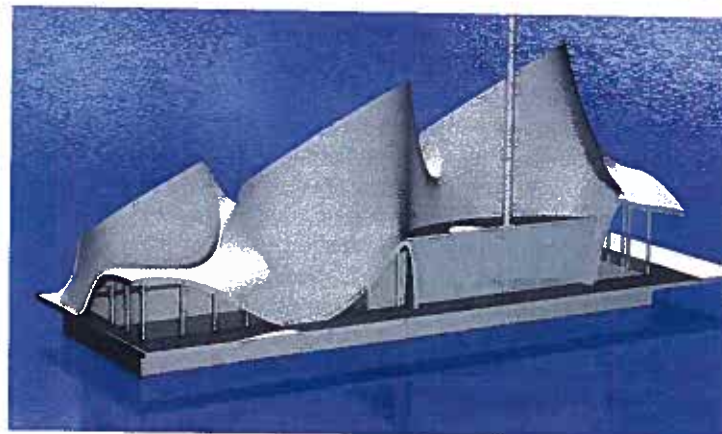
7



8



9



zijde worden gespoten. Pvc-buizen op afstandhouders geven de juiste vorm aan voor het afreien van het beton.

Toch traditioneel

BAM Civiel Zuidoost koos er uiteindelijk voor om de binnenzijde van de tunnels toch traditioneel te bekisten. Dat was ook redelijk te doen, omdat het een enkelgekromde vorm is. BAM moest nu de bekisting maatvoeren, maar had anders de stalen spanten moeten maatvoeren. BAM handhaafde wel de spuittechniek en de pvc-buizen als afstandhouders. De tunnels worden eind dit jaar opgeleverd. Vertraging had o.a. te maken met veiligheidseisen: de gemeente wilde dat de tunnels een tribunebelasting aan zouden kunnen. Constructeur Movares moest alle daarvoor benodigde wapening kwijt in de betonnen schil, die slechts 150 mm dik mocht zijn.

PARK-garage

Een van de experimenten van BAM waar Pronk ook bij betrokken was, was de ontwikkeling van PARK-garage, enkele jaren geleden. BAM had hiervoor paddenstoelachtige elementen ontworpen, waarvan de bovenkant een boombak vormde. Zo zou een park gecreëerd kunnen worden met daaronder parkeer ruimte. De elementen waren daartoe ontworpen op een maat van 8,10 x 8,10 m. Te groot dus om te prefabriceren. Zelfs een geprefabriceerde mal zou niet te vervoeren zijn. Pronk bedacht hiervoor een te demonteren stalen frame, met daartussen een dubbel membraan dat afsteunde op een kussen. Dit dubbele membraan zou kunnen worden gevuld met beton. Deze vorm had met staalvezelbeton kunnen worden gerealiseerd, omdat er door de gunstige vorm slechts minimale trek optrad. 'Grotere trek zat alleen aan de randen en daar kun je gemakkelijk een paar extra wapeningstaven toevoegen.'

Schil op membraan

De paddenstoelachtige elementen hadden ook kunnen worden gemaakt met alleen een textiel membraan, waarop in eerste instantie slechts één laag beton wordt gespoten. 'Daarmee heb je een harde schil waar je verder op kunt bouwen.' Die techniek biedt overigens nog veel meer mogelijkheden. 'Zo kun je ook dubbelgekromde gevelpanelen prefabriceren.' Daarbij zou het dan nog mooier zijn dat een membraan niet meer hoeft te worden voorgevormd, maar dat deze in elke gewenste vorm te manipuleren is. Een dergelijke vrij instelbare mal is in samenwerking met Plavercon en Buitink Technology inmiddels gerealiseerd aan de TU Eindhoven.

Pronk heeft ook al praktische ervaring opgedaan met de fabricage van dubbelgekromde gevelelementen op een voorgespannen mem-

7/8. Het maken van een dubbelgekromd dakdeel voor de kantoorboot van Tre-foil.

9. Het dak van de kantoorboot wordt daadwerkelijk free form architecture.

10. Voor een kunstproject werden opblaasbare mallen voorzien van glasvezelversterkt polyester.

10



braan. In samenwerking met BAM Betontechnieken maakte hij op deze manier een geveldeel na van het Philipspaviljoen van Le Corbusier, dat deel uitmaakte van de wereldtentoonstelling in Brussel in 1958. Dit paviljoen had de vorm van een puntige schelp. De dubbelgekromde schil werd destijds opgebouwd met 50 mm dikke prefab betonelementen, die waren geproduceerd in een zandmal van 1,5 x 1,5 m. De delen werden gemonteerd aan 8 mm dikke staalkabels. De hyperbolische vorm was goed na te maken met een voorgespannen membraan, dat tussen een staalconstructie werd gespannen. De mogelijkheden van de maltechnieken zijn wat Pronk betreft vrijwel oneindig. 'En daarmee kun je dan free form architecture uitvoeren met echt vrije vormen.'

Meer info: www.arnopronk.com