

Extreem slank dek tijdens de montage.

Cold bending bij Bruggensysteem Delft

Met het Bruggensysteem Delft kunnen betaalbare, architectonische fiets- voetgangersbruggen worden gerealiseerd. Het ontwerp maakt gebruik van high performance concrete om een zo slank mogelijk ontwerp te krijgen. Door het systeem te combineren met de nieuw ontwikkelde techniek van Cold Bending kunnen de bruggen nu een zelf gekozen kromming krijgen.

Bruggensysteem Delft is een gezamenlijke ontwikkeling van Pieters Bouwtechniek, ipv Delft en Hi-Con. Het systeem maakt optimaal gebruik van de superieure eigenschappen van CRCi2, een betonmengsel van Hi-Con. CRCi2 is veel sterker en dichter dan normaal beton, waardoor zeer slanke ontwerpen kunnen worden gemaakt. Daarnaast is het mogelijk om heel verfijnd te detailleren zodat de balustrade zelfs op een rand van slechts 85mm dik kan worden bevestigd. De bruggen zijn volgens Edward Verschoor van Hi-Con onderhoudsarm, want door de grote dichtheid vervuilen ze veel minder. "Bij nieuwe materialen zijn vaak uitgebreide en kostbare onderzoeken nodig om aan te tonen dat het veilig is.

CRCi2 is al zeer uitgebreid onderzocht in Denemarken. Daardoor weten we precies wat ermee kan en zijn dure beproevingen niet meer nodig."

Geen onderhoudsgevoelige slijtlaag

Bijzonder aan het Bruggensysteem Delft is volgens Verschoor dat er geen onderhoudsgevoelige slijtlaag nodig is. Het dek wordt voorzien van een anti-slip structuur die in de mal is opgenomen, waarmee de benodigde ruwheid wordt gecreëerd. De slijtlaag kan zelfs in verschillende kleuren en verschillende soorten reliëf worden aangebracht. In essentie bestaat het systeem uit een hele dunne dekplaat van 85 mm met daaronder eventueel twee ribben afhankelijk van de overspanning. Rogier van Nalta van Pieters vindt het mooie van het systeem dat de bruggen zo licht zijn. "Daardoor is vaak maar een lichte fundering noodzakelijk. De kosten voor een brug kunnen hierdoor beperkt blijven." Hij vertelt dat een brug in Pijnacker zelfs is opgelegd op een EPS-fundering die mee kan zakken met de inklinking van de bodem, zodat de bestrating altijd goed aansluit op de brug.

Cold Bending

De meeste innovaties ontstaan per ongeluk, vaak uit een situatie die niet helemaal loopt zoals verwacht. In dit geval was dat een zeer slanke trap met geïntegreerde uitkragende bordessen. De trap bestond uit twee delen en bij de plaatsing bleken de bordessen niet helemaal goed uitgelijnd. Van Nalta: "De leverancier van de trap, het Deense Hi-Con, kwam toen op het idee om gebruik te maken van het kruip-effect



Een gekromde plaat van CRCi2 tijdens een van de full-scale beproevingen.



Een extreem gekromd mootje van het brugdek tijdens een beproeving bij de TU Delft.

om de bordessen uit te lijnen. Bij kruip ontstaat een permanente vervorming ten gevolge van langdurige constante belasting. Normaal duurt het maanden of zelfs jaren voordat het grootste deel van de kruip is opgetreden. Bij het materiaal CRCi2 treedt de meeste kruip echter al binnen zeer korte tijd op. Daar komt nog bij dat scheurvorming, zelfs bij aanzienlijke vervorming, nauwelijks optreedt door de aanwezige staalvezels. Door op de juiste plek gewichten te plaatsen kon binnen enkele dagen de trap worden uitgelijnd."

Sindsdien wordt deze techniek in de fabriek in Denemarken vaker gebruikt om elementen die niet helemaal recht zijn uit te lijnen. Vaak komt dit door ongelijkmatige krimp, die bij de architectonische elementen die Hi-Con maakt, niet altijd exact is te voorspellen. Verschoor: "Waar bij normaal beton een paar mm verschil niet opvalt door de grote afmetingen, is dit bij Hi-Con niet het geval. De elementen zijn vaak zeer slank en met hele hoge eisen aan het uiterlijk. Door deze techniek kunnen elementen na het uitharden nog worden bijgesteld."

Bruggensysteem Delft

Het idee van cold bending ontstond eind 2014 toen gezocht werd naar verbeteringen voor het Bruggensysteem Delft. Tot dat moment werden standaard rechte bruggen gemaakt, maar opdrachtgevers en architecten wilden ook graag een gekromde variant. Deze konden alleen gemaakt worden met een ex-

SCHEURVORMING, ZELFS BIJ AANZIENLIJKE VERVORMING, TREEDT NAUWELIJKS OP DOOR DE AANWEZIGE STAALVEZELS



Standaard doorsnede van het Bruggensysteem Delft.

tra bovenmal, maar dit zorgde voor aanzienlijke extra kosten. Daarnaast was er de wens om bruggen met verschillende krommingen te maken, wat veel extra malkosten zou betekenen. Verschoor: "Toen kwam het idee om de techniek van het uitlijnen van kromme elementen om te draaien en rechte elementen juist krom te buigen. Cold bending was geboren. Alleen waren de krommingen die voor een brug gewenst waren veel groter dan er met het uitlijnen ooit nodig was geweest."

Samen met de TU Delft is een onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van Cold Bending. Nadat een afstudeerder het proof-of-concept had geleverd zijn in Denemarken full-scale testen uitgevoerd. Van Nalta: "Het idee bleek nog beter te werken dan gedacht en met de juiste techniek konden flinke krommingen worden behaald. Dit betekent dat gekromde brugdekken voortaan met een goedkope rechte mal gemaakt kunnen worden. De eerste ontwerpen zijn al gemaakt. De mogelijkheden blijken goed aan te sluiten op de wensen van de architect en het systeem blijft zeer betaalbaar." ■



Het brugdek heeft een geïntegreerde slijtlaag die elke gewenste kleur en structuur kan krijgen.