

# Bruggen ontwerpen in staal

Een ontwerper is in principe vrij in de materiaalkeuze voor bruggen. In de praktijk wordt het materiaal echter bepaald door een samenspel van wensen, eisen en budget. Van alle materialen geeft staal een ontwerper de meeste vormvrijheid, maar de toepassing van staal heeft ook nadelen. Wanneer is staal een logische keuze en wat zeggen ontwerpers over de afwerking van lassen?

door Christa van den Berg en Johan Būdgen, fotografie ipv Delft

Met staal kan erg slank geconstrueerd worden, maar het is wel kostbaar en vraagt om conservering. Hierdoor is het vooral geschikt voor projecten waarbij slankheid en/of gewichtsreductie maatgevend zijn, zoals bij het val van beweegbare bruggen. Het budget heeft ongetwijfeld de grootste invloed op de materiaalkeuze, maar ook de overspanning en het type bruggebruikers spelen een rol. Verder kan onderhoudbaarheid van invloed zijn op de materiaalkeuze. Beton vraagt minder onderhoud dan gecoat staal; composiet minder dan regulier beton. Daar staat tegenover dat er veel (lokale) bedrijven zijn die staal kunnen coaten, lassen, herstellen en fabriceren, terwijl er maar weinig zijn die een beschadiging in een composieten brug kunnen herstellen. Gecoat staal vergt dus weliswaar meer onderhoud, maar dat onderhoud is eenvoudig uit te voeren door een grote diversiteit aan bedrijven. Welke voor- en nadelen heeft het ontwerpen van een brug in staal en welke consequenties heeft deze materiaalkeuze als het gaat om de uitvoering?

## Slanke constructies

Staal als constructiemateriaal ligt het meest voor de hand bij fiets- en voetgangersbruggen. Ook bij bruggen met een groot en slank verticaal constructie-element, zoals een pyloon of boog, is staal een logische keuze. Bij de fietsbrug over het Rijn-Schiekanaal in Rijswijk staat de pyloon bijvoorbeeld in het midden van het brugdek: hij moest dus wel slank geconstrueerd zijn [red. zie ook artikel De Oversteek in dit blad]. Daarnaast wordt staal toegepast bij verkeersbruggen met een zeer grote overspanning waarbij - wederom - slankheid is vereist. Staal leent zich zo goed voor slanke constructies omdat het in vergelijking met hout en beton een relatief lage constructiehoogte nodig heeft. Hoe groter de overspanning,

hoe groter de constructiehoogte. Met name bij betonconstructies neemt het eigen gewicht bij een grotere constructiehoogte sterk toe.

Een groot voordeel van staal in bruggen is de vormvrijheid die het materiaal biedt. Gefacetteerde oppervlakken, gebogen liggers, hekwerken met veel detail: in staal is het allemaal mogelijk. Complexe verbindingen zijn bovendien eenvoudig te realiseren. Een ander voordeel van staal in de bruggenbouw is dat het materiaal goed is te verwerken en dat grote delen kunnen worden opgedeeld in kleinere, beter hanteerbare onderdelen die vervolgens weer worden verbonden via las- of boutverbindingen. Bovendien is staal in iedere kleur duurzaam te conserveren.

Natuurlijk heeft staal ook nadelen. De (kosten voor) conservering en het bijbehorende onderhoud zijn daar voorbeelden van. Coatings moeten regelmatig onderhouden of vervangen worden. Daarbij moet men kostbare voorzieningen treffen om te voorkomen dat chemicaliën in het milieu terechtkomen. Eist de opdrachtgever vooral een grote mate van duurzaamheid of zo min mogelijk onderhoud, dan kiest een ontwerper minder snel voor toepassing van staal.

Ten opzichte van beton heeft staal ook als nadeel dat voor een gladde afwerking relatief veel arbeid nodig is. Lasnaden, butsen en andere onregelmatigheden moeten worden afgewerkt, terwijl met name prefab beton dankzij het gebruik van een mal heel glad en strak is te realiseren. Verder is staal relatief duur, vooral in vergelijking met beton. Bij grote overspanningen is de constructiehoogte van een brug in staal weliswaar lager dan die van een brug in beton, maar door de benodigde hoeveelheid staal gaat die slankheid dan wel gepaard met een hoger kostenplaatje.

## Onderhoudbaarheid

In het ontwerp van een stalen brug is op verschillende manieren rekening te houden met de onderhoudbaarheid. Belangrijkste aandachtspunt is het voorkómen van vocht- en vuilophoping. Vocht- en vuilophoping leiden tot snellere aantasting van de brug. Dit betekent niet alleen afwaterend ontwerpen, zonder hoekjes en holtes, maar ook afwaterend lassen. Ter illustratie: bij de aansluiting van een hekwerk op de randligger ontstaan gemakkelijk kleine hoekjes waar vuil en vocht zich kunnen ophopen. Door de lassen hier afwaterend te maken, worden dergelijke kwetsbare hoekjes voorkomen. Een open staalconstructie met holtes of randen, zoals de flenzen van een ligger, is ook toegankelijk voor vogels en ongedierte. Door de poep die zij achterlaten corrodeert het staal sneller. Bij een gesloten constructie doet dit probleem zich nauwelijks voor. Bovendien hoeft bij een luchtdichte gesloten constructie alleen de buitenzijde van het staal geconserveerd te worden.

Modulair ontwerpen, met name van het hekwerk, draagt ook bij aan de onderhoudbaarheid. Bij een modulair hekwerk, dus een hekwerk dat bestaat uit meerdere identieke delen, kan in het geval van beschadiging (bijvoorbeeld door een aanrijding) ontstaan worden met het vervangen van het beschadigde deel. Dat is voordeliger en eenvoudiger dan vervanging van het hele hekwerk.



Hovenring Eindhoven in aanbouw, op een punt waar twee segmenten aan elkaar gelast zijn. Rechts is nog de tijdelijke ondersteuning zichtbaar, links de schade die dat oplevert. De buitenste rand van het brugdek ter hoogte van de verbinding (las) loopt wat hoekig, terwijl hij de ronding van het dek moet volgen.



Op een soortgelijke plek in de Hovenring zijn de delen inmiddels voorzien van een eerste witte coating. Op de donkergrijze plekken zit primer, het wit op de grijze vlakken is plamuur, onder andere ter hoogte van de las die de twee segmenten aan elkaar koppelt. Op de buitenste rand van het brugdek is met magneetjes een mal aangebracht om ervoor te zorgen dat de ronding hier conform die van de rest van het brugdek wordt. De ruimte tussen mal en brugrand is opgevuld met een plamuur op epoxy-basis.

**Zichtbare of onzichtbare lassen**

Op de vraag of je als ontwerper een las wel of niet wilt zien, is geen eenduidig antwoord te geven. In principe is er niets mis met zichtbare lassen, zolang ze netjes zijn uitgevoerd en op een logische plek zitten. Soms zijn zichtbare lassen onwenselijk, vooral in grote, vlakke oppervlakken, of als bijvoorbeeld een pyloon moet ogen als één strak volume. Omdat een pyloon meestal flinke afmetingen heeft, zal deze bestaan uit verschillende plaatdelen die aan elkaar gelast zijn, en dus lasnaden hebben. De uitvoerder moet deze naden dan extra afwerken, bijvoorbeeld door ze glad te schuren of de hele pyloon te voorzien van scheepsplamuur. Dit vergt veel werk en is kostbaar. Ontwerpers zouden zich moeten afvragen of de extra energie die het kost om het staalwerk volledig glad en strak maken niet beter in iets anders gestoken kan worden. Hoe erg zijn zichtbare lassen eigenlijk, en is het wegwerken ervan de extra kosten waard? Door in het ontwerp rekening te houden met staalplaatafmetingen en lassen, kan laswerk ook onderdeel van het ontwerp vormen. De ontwerper kan dan sturen waar de lassen precies komen en hiermee spelen, bijvoorbeeld door een bepaald stramien voor te schrijven, of de lassen te laten aansluiten op een voegovergang in het brugdek of een dilatatie in het hekwerk. De extra kosten die anders in het afwerken van de lasnaden zouden zitten, kunnen dan gebruikt worden voor iets anders, zoals verlichting of een betere coating.

Voor ontwerpers is het vaak vooral van belang dat de lasnaden netjes, glad en strak zijn en dat ze, als ze zichtbaar zijn, een logisch patroon vormen dat aansluit op het brugontwerp.

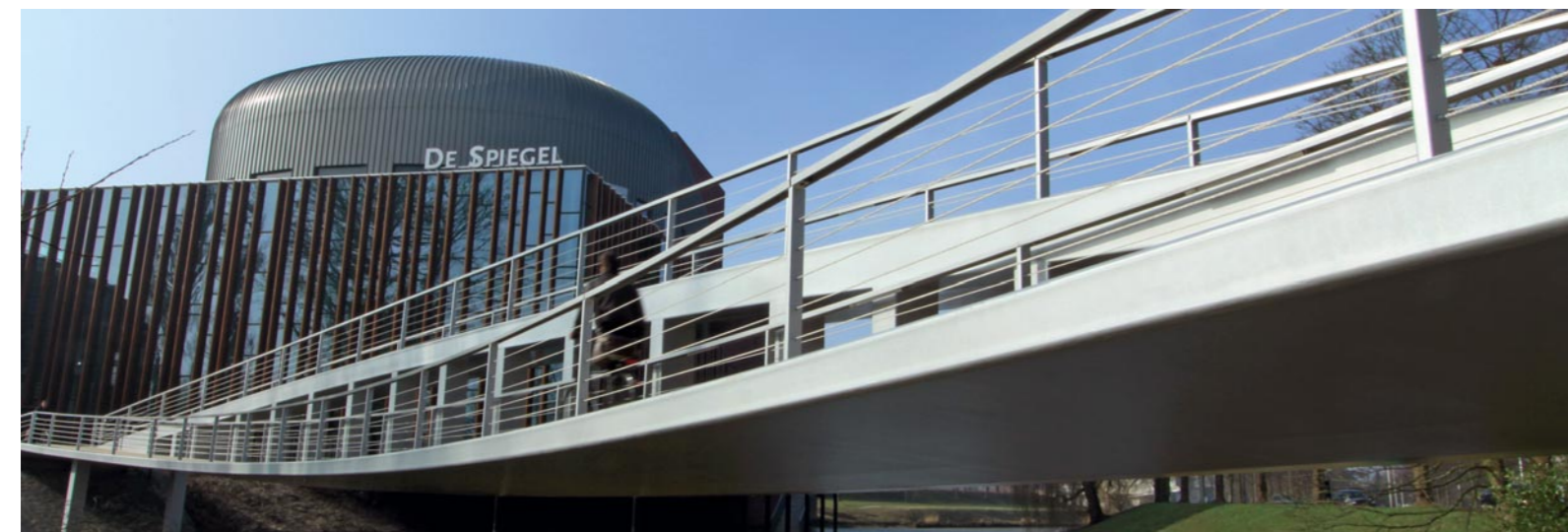


**Afwerking van lassen**

Voor de kwaliteit en afwerking van het laswerk worden doorgaans de geldende normen en regelgeving als uitgangspunt genomen. Een aantal zaken daaruit noemt de ontwerper vaak expliciet, zoals het verwijderen van laspeters en de afwezigheid van luchtbellens. Daarnaast stellen ontwerpers soms aanvullende, projectspecifieke eisen. Zo stelde ipv Delft voor het laswerk van fietsrotonde De Hovenring in Eindhoven een document op waarin aan de hand van beelden werd verduidelijkt wat wel en niet acceptabel was qua afwerking. Ook voor de hameitoren en balansen van de ophaalbrug over de N207 bij Gouda golden aanvullende eisen.

Voor ontwerpers is het vaak vooral van belang dat de lasnaden netjes, glad en strak zijn en dat ze, als ze zichtbaar zijn, een logisch patroon vormen dat aansluit op het brugontwerp. Ook de eisen die het conserveringssysteem stelt aan de staalafwerking zijn van belang en worden extra genoemd. Soms stelt de ontwerper eisen die nog verder gaan. Bij een handregel willen we bijvoorbeeld dat de lasnaden niet zichtbaar of voelbaar zijn, terwijl dat voor de conservering op zich niet zoveel uitmaakt.

Ontwerpers zouden zich moeten afvragen of de extra energie die het kost om het staalwerk volledig glad en strak maken niet beter in iets anders gestoken kan worden. Hoe erg zijn zichtbare lassen eigenlijk, en is het wegwerken ervan de extra kosten waard?



Ir. Christa van den Berg en ing. Johan Büdgen zijn werkzaam bij ipv Delft, een ontwerp- en ingenieursbureau gespecialiseerd in bruggen, lichtarchitectuur en straatmeubilair. Het ontwerpen, engineeren en realiseren van bruggen in alle soorten en maten vormt de hoofdmoot van de werkzaamheden. Het bureau richt zich daarnaast op het adviseren van opdrachtgevers over onder meer aanbesteding, kosten en haalbaarheid. Ipv Delft werkt in opdracht van gemeenten, waterschappen, provincies en Rijkswaterstaat, maar ook voor uiteenlopende aannemingsbedrijven. Met het ontwerp van de Hovenring in Eindhoven won het bureau onlangs de internationale categorie van de Belgische Staalbouwwedstrijd.

**Haalbaarheid**

Bij het glad krijgen van de vele lasnaden van de Hovenring maar ook bij andere vergelijkbare projecten kwam heel wat plamuur- en slijpwerk kijken. In de praktijk blijken de eisen van de ontwerper niet altijd even haalbaar. Dan wordt in overleg met de uitvoerder gekeken wat haalbaar en mogelijk is. Vaak heeft de uitvoerder ook eigen oplossingen, gebaseerd op zijn specifieke ervaring. Zo heeft Hollandia Infra, de aannemer van de ophaalbrug in Gouda, een destijds net geïntroduceerd type slijpschijven gebruikt om de naden scherp en strak te krijgen. Dankzij deze schijven van driehoekig gekalibreerd mineraal ging dit bijzonder snel en efficiënt. Uiteindelijk is het resultaat vrijwel altijd naar tevredenheid.