

# INSTANDHOUDINGSTECHNIEKEN VOOR IJZEREN EN STALEN BRUGGEN

Ir. G.J. Arends

De instandhouding van historische bruggen vergt vaak grote inspanningen. Allerlei mechanismen bedreigen het voortbestaan. Deze mechanismen kunnen van technische aard zijn maar ook bijvoorbeeld maatschappelijke en economische belangen. Een toename van de verkeersintensiteit kan tot gevolg hebben dat een bestaande brug moet worden vervangen. Bij sommige historische bruggen geldt een aslastbeperking. Als door bepaalde belangen wordt geëist dat zwaardere voertuigen gebruik moeten kunnen maken van de oeververbinding, betekent dat vaak het einde van de brug. Bij bedreigingen van technische aard kan men in de eerste plaats denken aan aantasting van het materiaal. Gebrek aan onderhoud kan tenslotte leiden tot het einde van de brug.

In dit artikel willen we een tweetal herstel- en / of versterkingstechnieken beschrijven die het voortbestaan van een ijzeren of stalen brug kunnen bevorderen. Beide technieken zijn afkomstig uit de werktuigbouw en de offshore. Vooral in Groot-Brittannië worden deze technieken ook veel toegepast bij historische bruggen om daarvan de levensduur te verlengen.

Bij ijzer en staal is corrosie een bedreigende factor. Regelmatig en goed onderhoud moet voorkomen dat de constructie wegroest. De oudste ijzeren bruggen in ons land zijn gemaakt van gietijzer. Hoewel dit materiaal veel roestbestendiger is dan smeedijzer en staal, heeft het andere tekortkomingen. Gietijzer heeft een relatief lage treksterkte en is vrij bros. Daar waar de treksterkte wordt overschreden zal het materiaal breken. Voor het opnieuw verbinden van de gebroken delen zijn enkele technieken ontwikkeld.

## Lassen

Door het hoge koolstofgehalte, circa 3,5%, is gietijzer weliswaar moeilijk te lassen, maar dit is niet geheel onmogelijk. Het lassen vereist een speciale vaardigheid. De resultaten zijn daarom sterk afhankelijk van degene die last en daarom lang niet altijd succesvol. Aangeraden wordt de lasbaarheid eerst door een laboratorium te laten onderzoeken.

Er bestaan twee mogelijkheden voor het lassen van gietijzer: heet of koud lassen.

Bij heet lassen wordt gelast met een laselektrode met een gietijzeren of koolstofrijke stalen kern. Het gietstuk wordt in een oven voorverwarmd tot een temperatuur van 450 tot 620°C, terwijl het laswerk nog gedurende een uur op 550°C wordt gehandhaafd. Daarna vindt zeer langzame afkoeling plaats, afhankelijk van de grootte van het gietstuk soms wel tot 2 dagen. De meeste toepassingen komen uit de wereld van de machinebouw, maar ook in de civieltechnische en bouwkundige praktijk wordt dit procédé toegepast. Bij grotere constructies kan men eventueel rond de te repareren plek een oven bouwen om de constructie ter plaatse te verhitten.

Koud lassen gebeurt met een nikkelelektrode dus een andere materiaalsamenstelling dan het te lassen gietstuk. Bekend zijn de nikkel-ijzer, de nikkel-koper en de nikkel-silicium elektrode. Er is slechts geringe voorverwarming nodig. Vaak kan worden volstaan met kamertemperatuur, soms is voorverwarmen tot 250°C aanbevelenswaardig, zeker bij moeilijk te lassen onderdelen. De aan te brengen lasrupsen mogen niet langer zijn dan 1 à 1½ maal de materiaaldikte. Ook moeten de rupsen steeds op enige afstand van elkaar worden aangebracht om te voorkomen



4 linker afbeeldingen: viaduct bij Actontown  
3e van boven: Albert Bridge Belfast daaronder: Londontunnel  
rechts boven: Bowroad  
3 afbeeldingen rechts : metalock



dat het lasstuk heet wordt.

Heet lassen geeft overigens over het algemeen een sterkere verbinding dan koud lassen. Beide lastechnieken worden vooral toegepast in machinebouw maar kunnen ook bij gietijzeren constructies uit de civiele techniek worden gebruikt. Voor dragende constructies is adequaat vooronderzoek en een goede controle achteraf uiteraard zeer belangrijk.

Voor kleinere gietijzeren constructiedelen die niet dynamisch worden belast, bestaat ook een verbindingsmethode waarbij in de beide gietijzeren helften loodrecht op het breukvlak gaten worden geboord. Hierin wordt schroefdraad gesneden en vervolgens worden er tapbouten ingedraaid. De tapbouteinden worden daarna aan elkaar gelast. De scheur kan verder met plamuur worden afgewerkt.

Lassen lijkt een voor de hand liggende techniek voor het herstel van oude ijzer- en staalconstructies. Bij het lassen van dergelijke oude constructie kunnen echter ook problemen optreden. Vooraf moet worden onderzocht of het oude ijzer of staal lasbaar is. Een laboratorium heeft voor dit onderzoek aan enkele afgeschaafde metaalkrullen vaak al voldoende. Het onderzoek moet uitwijzen of daar bijzondere voorzieningen voor moeten worden getroffen en of er bijvoorbeeld speciale elektroden moeten worden gebruikt. Dat geldt ook voor een oude gelaste constructie waarvan onderdelen moeten worden versterkt of vernieuwd.

### Metal stitching-system

Een alternatief voor het lassen is het zogeheten 'metal stitching system'. Al eerder in dit blad is deze herstel-methode aan de orde geweest bij de beschrijving van de restauratie van de Nieuwbrug in Dordrecht (J. Oosterhoff, De restauratie van de Nieuwbrug te Dordrecht, jaargang 5 (1997) nummer 1). Het metal stitching system is een methode waarbij scheuren in gietstukken koud

worden gerepareerd. Daartoe wordt loodrecht op de scheur op regelmatige afstand van elkaar een rij gaten geboord, zij het niet door en door. Deze gaten worden door middel van het uithakken van een sleuf onderling met elkaar verbonden. In de zo ontstane opening wordt een passend inlegstuk geplaatst, een zogeheten lock, dat uit een speciale legering bestaat. Dit wordt met de naam metalock aangeduid. De locks moeten de (gewoonlijk geringe) treksterkte opnemen.

Ter plaatse van de scheur zelf worden eveneens gaten geboord, waarin schroefdraad wordt getapt. In deze gaten worden vervolgens tabeinden of studs gedraaid. De tabeinden overlappen elkaar doordat tussen twee tabeinden in een nieuw draadgat wordt aangebracht. Dit proces wordt metalace genoemd. De studs moeten zorgen dat de beide helften plaatsvast verbonden blijven, met name in het vlak loodrecht op het materiaal. Zij moeten dus in staat zijn schuifspanningen op te nemen.

Bij grote constructie-elementen worden, vooral op plaatsen waar zich grote spanningsconcentraties voordoen, masterlocks gebruikt. Deze inlegstukken zijn veel groter dan de metalocks. Masterlocks worden ook toegepast als er meerdere scheuren bij elkaar komen en als er bij de scheuren delen van het materiaal verdwenen zijn. Masterlocks kunnen in elke gewenste vorm worden gemaakt. Indien grote stukken materiaal verdwenen zijn dienen deze stukken opnieuw te worden gegoten of uit een plaat gietijzer te worden gefreesd. Het nieuwe stuk kan vervolgens met het metal stitching system in de bestaande constructie worden gemonteerd.

Behalve bij de Nieuwbrug is deze techniek ook toegepast bij de restauratie van de ophaalbruggen bij Stolwijk. Deze ophaalbruggen dateren uit 1888 en bezitten een gietijzeren hameipoort. Bij Stolwijk liggen over de Goudsche Vliet twee identieke bruggen vlak bij elkaar. Tussen Gouda en Stolwijk ligt een gelijke ophaalbrug in de Gouderakse Tiendweg die in 1999 is gerestaureerd (zie



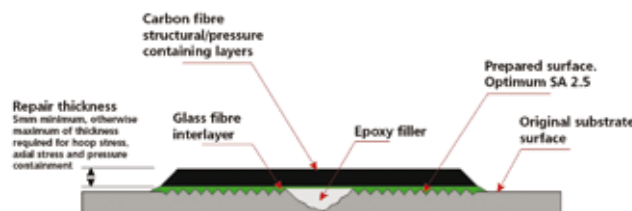
Battersea bridge



Chetwynd bridge



Redmile kanal bridge



carbonvezel



Hameistijl brug Stolwijk



links onder: London underground - midden onder: ophaalbrug Stolwijk - rechts onder: Masterlocks





artikel Ophaalbrug Gouderakse Tiendweg in jaar-gang 8 (2000) nr. 3). Een zelfde ophaalbrug lag tot 1993 bij het Beijersche. Deze brug werd in dat jaar aangereden en is daarna vervangen door een noodbrug. Pogingen (ook vanuit de NBS) om de brug terug te plaatsten hebben tot nu toe geen gunstig gevolg gehad.

De beide ophaalbruggen bij Stolwijk worden slechts gebruikt voor voetgangers en fietsers. Tussen beide bruggen in is een betonnen plaatbrug gelegd, waarover motorvoertuigen de Goudsche Vliet kunnen overbruggen. Eén van de hameistijlen was door een aanrijding gebroken. De hameipoort werd op zijn plaats gesteld en gefixeerd, waarna de reparatie ter plaatse werd verricht.

De metal stitching techniek werd in Nederland slechts bij minder belangrijke bruggen uitgevoerd. In Groot-Brittannië werden echter ook grotere bruggen met gietijzeren constructie-elementen met deze techniek gerepareerd. Enkele voorbeelden zijn de Tickford Bridge in Buckinghamshire, de Chetwynd Bridge in Alrewas en de Battersea Bridge, beide over de River Thames. De Tickford Bridge heeft eenzelfde soort verbindingen als de Iron Bridge. De onderdelen zijn onderling verbonden met pen-en-gatverbinding en spieën. Bouten en moeren ontbreken. In Noord Ierland is de Albert Bridge over de River Lagan in Belfast volgens deze techniek gerestaureerd. Behalve 'ouderdomsscheuren' was door een aanvaring ook een van de gietijzeren liggers kapot gevaren. Ontbrekende stukken werden in Engeland gegoten en naar Belfast vervoerd.

### Koolstofvezelversterkte epoxyhars

Een geheel andere reparatietechniek is die waarbij de gebroken constructie wordt hersteld met koolstofvezelversterkte epoxyhars. Deze reparatiemethode wordt ook wel composiet repareren genoemd. Het bestaat uit een plaat van koolstofvezels die in epoxyhars zijn gedrenkt. Dit materiaal is zeer licht maar heeft wel een grote treksterkte en stijfheid. De levensduur is zeer groot en het materiaal vergt geen onderhoud.

Het gebruik van composiet materiaal om metalen constructies te verstevigen, is al rond 1970 toegepast in de vliegtuigindustrie. Vanaf 1994 heeft het Britse bedrijf DML Composites deze reparatietechniek verder ontwikkeld om pijpleidingen te repareren. Sindsdien wordt de techniek ook steeds meer toegepast in de scheepvaart, de off-shore, gebouwen en in de civiele techniek bij bruggen en tunnels. Het aanbrengen van de koolstofvezelversterkte epoxyhars wordt verricht door speciaal daartoe opgeleid personeel. Daardoor kan de kwaliteit worden gegarandeerd.

Een composietreparatie vindt als volgt plaats. Het te repareren ijzeren of stalen constructie-element wordt rond het breukvlak over een voldoende oppervlak schoon gestraald. Dit oppervlak wordt bestreken met epoxyhars, waarin een glasvezelweefsel wordt aangebracht. Het glasvezeldoek dient als isolatie tussen het gietijzer en de koolstof om eventuele corrosie door galvanische werking te voorkomen. Hier overheen wordt, afhankelijk van de gevraagde sterkte, een aantal in epoxyhars gedrenkte koolstofvezeldoeken geplakt. Koolstofvezelversterkte epoxyhars leent zich ook goed

voor het verhogen van de buigsterkte van stalen of smeedijzeren liggers. Vooral voor niet lasbaar ijzer of staal is deze techniek mogelijk een alternatief. Het aanbrengen is in principe ter plaatse mogelijk. Door het geringe gewicht van de koolstofvezelversterkte epoxyharsplaten is er bij het aanbrengen geen zwaar materieel nodig. De daardoor verkregen besparing aan kosten moet worden afgewogen tegen de relatief dure kunststofversterking.

Een bijkomend voordeel is dat het authentieke materiaal gespaard blijft. De dikte van de op te brengen laag is afhankelijk van de gewenste sterkte, maar ten minste 5 mm. De randen worden na het aanbrengen bijgewerkt. De koolstofvezelversterking kan in dezelfde kleur als de rest van de constructie worden geleverd. Afhankelijk van de vormgeving van het element zal de reparatie meer of minder opvallen. Bij een dikke laag zal er bijvoorbeeld van de klinknagels weinig meer te zien zijn. Ook bij bewerkte gietijzeren elementen zal bij een grotere laagdikte weinig meer van het reliëf te zien zijn.

Met composiet repareren kan een constructie niet alleen worden hersteld naar zijn originele ontwerp, maar ook naar hogere sterkte-eisen. Dit biedt perspectieven voor historische bruggen waarvoor een hogere aslast wordt geëist. Doordat het materiaal licht is en ter plaatse in elke gewenste afmeting kan worden gemaakt, is het ook goed bruikbaar op moeilijk te bereiken plaatsen. Ook complexe vormen kunnen worden gerepareerd of versterkt. Door de gegarandeerde kwaliteit en lange levensduur zonder onderhoud kan deze reparatietechniek kosteneffectief worden genoemd.

In Groot-Brittannië zijn de laatste jaren meerdere bruggen en tunnels met ijzeren of stalen liggers versterkt met koolstofvezelversterkte epoxyhars. Voorbeelden hiervan zijn tunnels en enkele bruggen van de London Underground (onder meer een viaduct bij Acton Town), de Redmile Canal Bridge in Leicester, de Bid Bridge in Kent, de Bow Road in de Docklands Light Rail, de King Street Bridge in Mold en de Midford Bridge te Bath. Meestal werd deze techniek gebruikt voor het versterken van de liggers om op die wijze zwaardere belastingen toe te kunnen laten. Tijdens de versterking konden de bruggen gewoon in gebruik blijven. Soms werden onder het midden van de overspanningen vijzels geplaatst om zo een zekere voorspanning te geven. Mogelijk biedt een dergelijke aanpak ook perspectieven voor bedreigde historische bruggen van ijzer en staal in Nederland.

Bron: Voor het artikel en de afbeeldingen is voor een niet onbelangrijk deel gebruik gemaakt van informatie verstrekt door Furmanite B.V. in Ridderkerk.

Tickfordbridge

