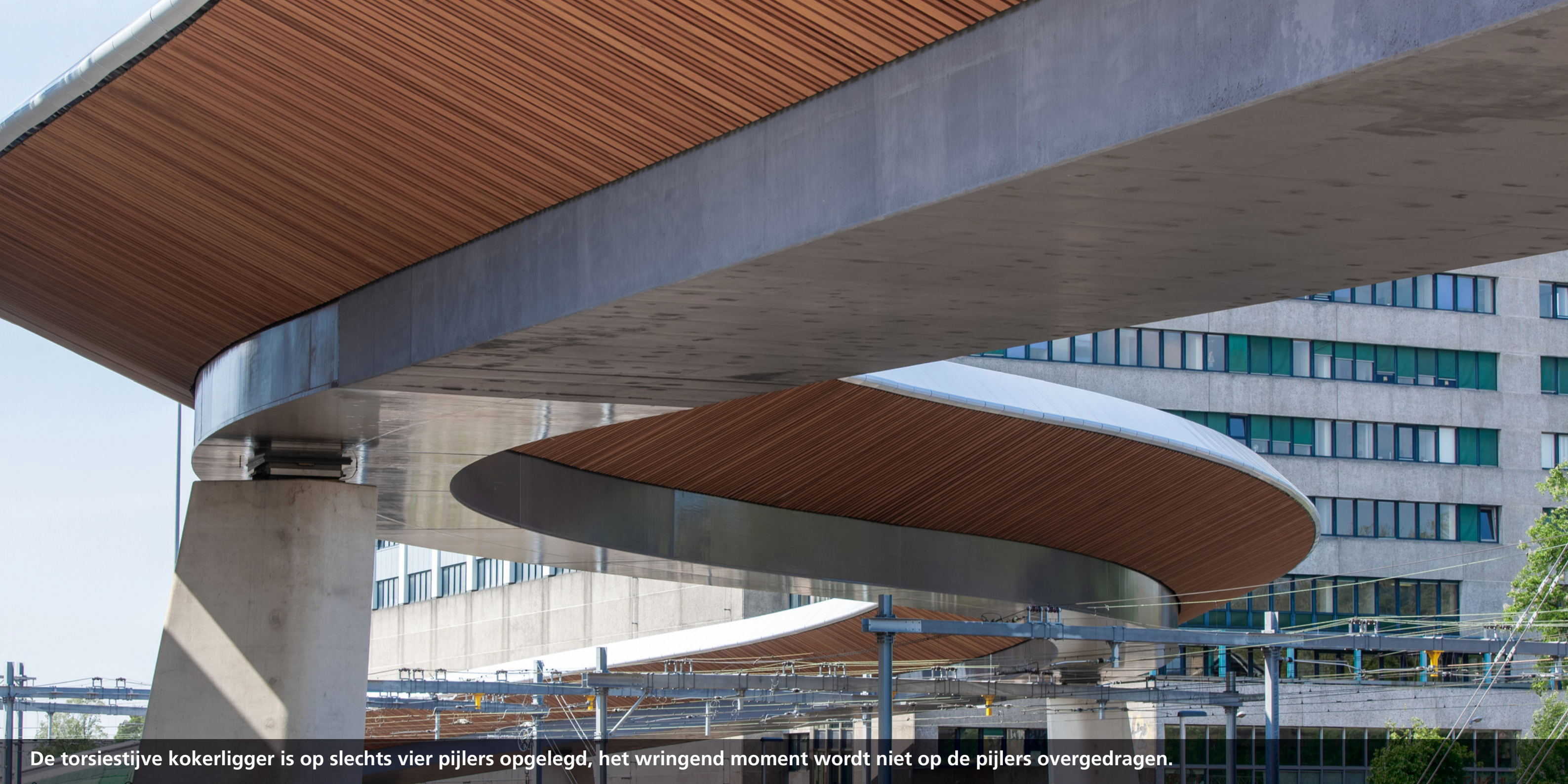


Busbrug Zwolle
staal en beton in evenwicht
nationale staalprijs 2020



De torsiestijve kokerligger is op slechts vier pijlers opgelegd, het wringend moment wordt niet op de pijlers overgedragen.

Busbrug Zwolle

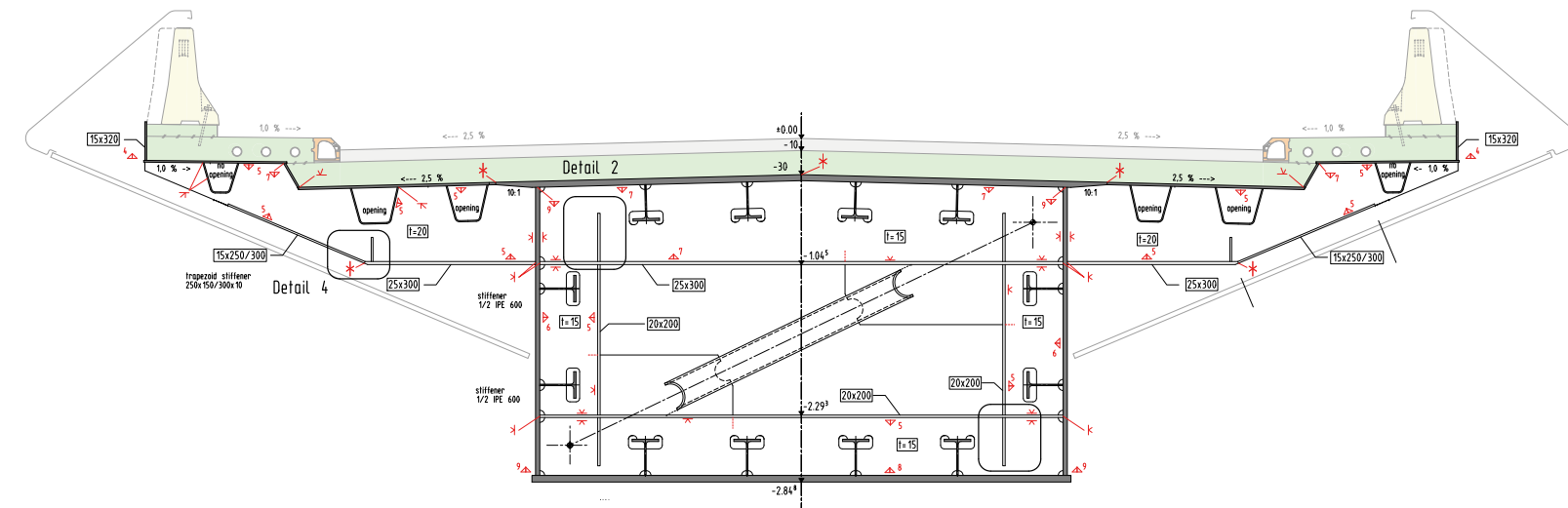
Een unicum, dat is de busbrug over het spoor bij station Zwolle. Niet alleen dankzij haar unieke S-vorm en hoogwaardige uitstraling. Ook de verregaande samenwerking tussen staal en beton en de uitvoeringstechnische complexiteit maken dit project er één uit duizenden. Met haar drielaagse opbouw, vloeiende lijn en warme uitstraling is de brug een ware beeldbepaler voor de spoorzone. Dankzij de uitgekiende combinatie van staal en beton zijn de overspanningen groot en de opleggingen luchtig. Op de stalen kokerligger van de hoofdoverspanning na is de gehele brug in het werk gestort. De uitvoering was een logistieke uitdaging, onder meer door de beperkte ruimte en de beoogde minimale hinder voor het (trein)verkeer.

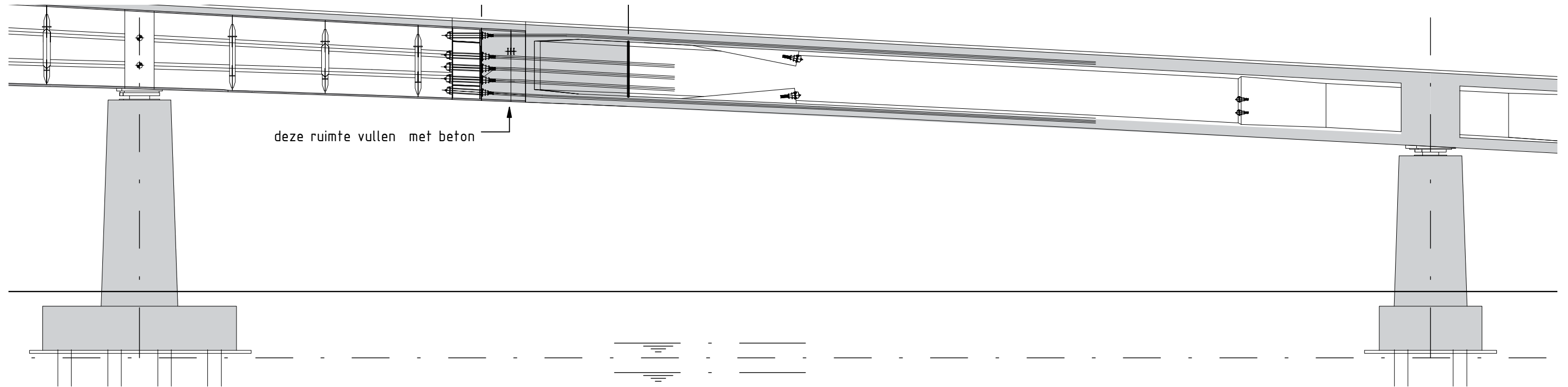
Stadsparkbrug

Het ontwerpteam, bestaande uit ipv Delft en BAM Infra, stond een stadsparkbrug

voor ogen: een vriendelijke, natuurlijke en stedelijke verbinding. Dit uitgangspunt komt onder meer tot uiting in het drielaagse beeld – van onder naar boven: teruggeliggende donkergrijze kokerligger, bekleding van gelamineerde bamboe lamellen en doorlopend licht randelement - dat bijdraagt aan het aansprekende en slanke voorkomen van de busbrug.

Het S-vormige tracé van de 245 meter lange brug lag grotendeels vast. De aanwezige bebouwing en treinsporen en de benodigde bochtstralen voor de bussen maakten geen ander tracé mogelijk. Vanwege de wringende momenten die ontstaan door de S-vormige overspanning kozen ipv Delft en BAM Infra voor een torsiestijve kokerligger op slechts vier tussensteunpunten. Door de torsiekrachten niet bij de pijlers maar bij de landhoofden op te nemen kon de hoofdoverspanning korter blijven.





De voorspanning uit de aanbruggen sluit rechtstreeks aan op het staal en zorgt voor een constructief doorlopend geheel.

Samenwerking staal en beton

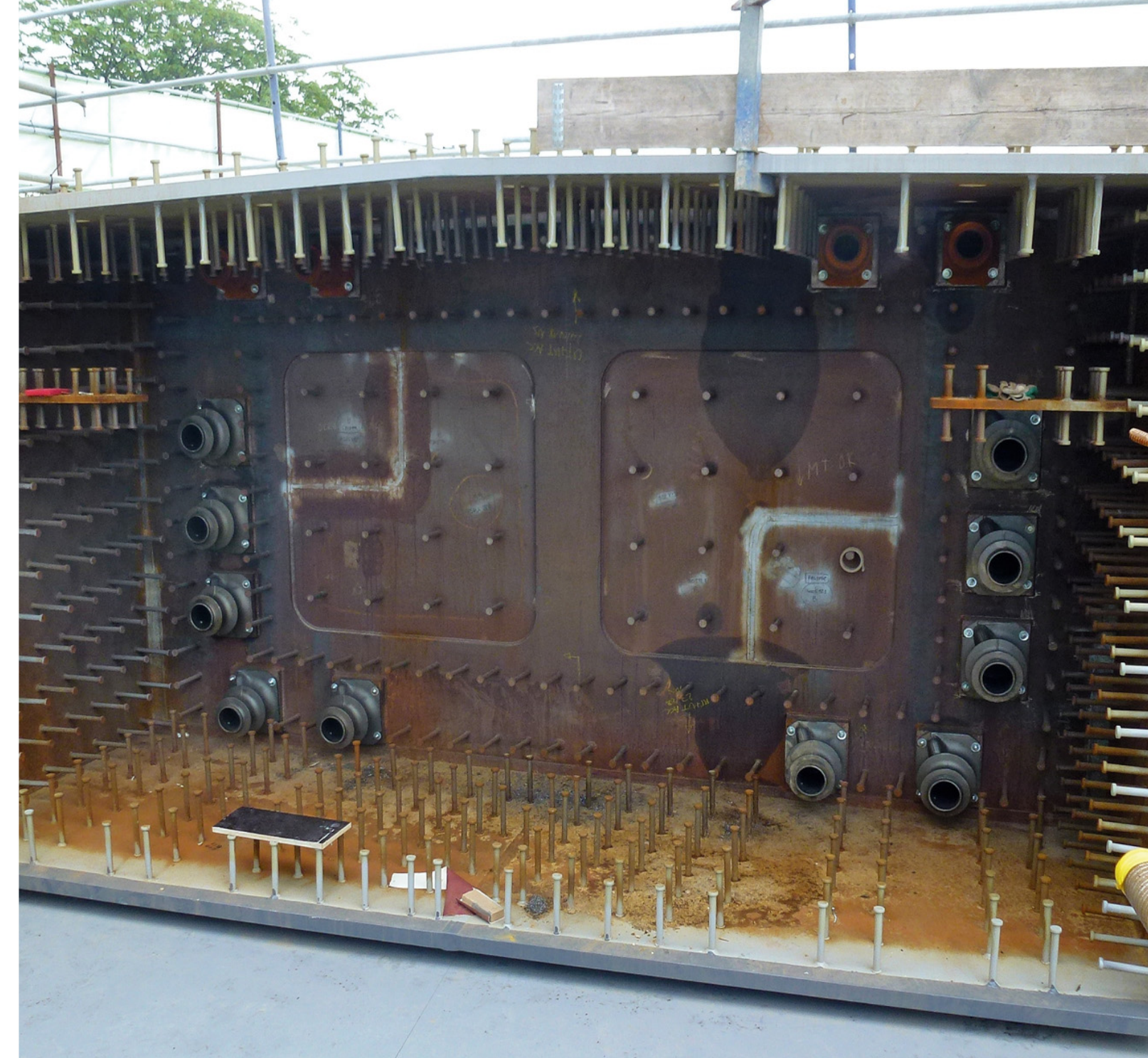
De brug is uitgevoerd als meervelds kokerligger, waarbij de koker in staal is uitgevoerd daar waar veel torsiestijfheid nodig is, en in beton waar massa nodig is. Doordat de voorspanning van het beton doorloopt tot in de staalconstructie vormt de kokerligger één moment- en torsiestijf geheel over de volledige lengte. Het betonnen rijdek loopt naadloos over de staal-betonconstructie heen. Pas bij de landhoofden worden de torsiemomenten afgedragen aan de fundering. De torsie was maatgevend voor de constructiehoogte van de stalen kokerligger.

De steunpunten staan excentrisch ten opzichte van de brug-as. Bij de stalen hoofdoverspanning is dit gedaan om de lengte te minimaliseren, onder de aanbruggen staan de steunpunten excentrisch om torsie tegen te werken. Op de grens van beton en staal bevindt zich een drie meter lange natte knoop, waar staal en beton aan elkaar gestort zijn. Deze overgang ligt

bewust niet boven de steunpunten, maar op enige afstand van de opleggingen. Dit had echter in de uitvoering wel tot gevolg dat de hoofdoverspanning enkele centimeters in verticale richting kon bewegen door ongelijkmatige opwarming door de zon. Een koelingssysteem op de stalen koker bood uitkomst en minimaliseerde deze vervorming.

Bouwfaserings

Al bij de uitwerking van het definitief ontwerp is een uitgekende bouwfaserings opgesteld van ruim 60 stappen. Dit was onder meer nodig door de beperkte ruimte en doordat het treinverkeer zo min mogelijk hinder mocht ondervinden van de bouwwerkzaamheden. De bouwfaserings hield bovendien de vervormingen van de brug in de bouwphase beheersbaar en waarborgde de constructieve veiligheid.



Voorspanvoorzieningen in de natte knoop tussen beton en staalconstructie.



Complexe inrijdoperatie onder tijdsdruk boven de bovenleidingen met een uitkraging van 60 meter.

Complexe uitvoering

De staalconstructie is in segmenten in België geproduceerd en vervolgens naar Zwolle vervoerd. Daar is de stalen hoofdoverspanning direct naast het spoor geassembleerd. Gelijktijdig werden de betonnen steunpunten, landhoofden en noordelijke aanbrug gebouwd. Het inrijden van de hoofdoverspanning vergde een slimme en unieke aanpak, want de standaardoplossingen van inhijzen of schuiven waren niet mogelijk. De S-vormige constructie was te zwaar om met een hijskraan op zijn plek gehesen te worden en de aanwezige bovenleidingen en bebouwing zorgden ook voor beperking van de mogelijkheden.

Omgekeerd belast

Uiteindelijk is de stalen hoofdoverspanning in één nacht op Self-Propelled Modular Transporters (SPMT's) naar de eindlocatie boven het spoor gereden, op een hulpconstructie geplaatst en in langs- en dwars-

richting gefixeerd. Bij het inrijden werd de kokerligger tijdelijk op andere plekken ondersteund: in het midden en bij één van de uiteinden. Zo ontstond een uitkraging van 60 meter, die het mogelijk maakte de kokerligger over het spoor heen te steken, aan de overzijde op een derde set SPMT's te plaatsen en daarna verder in positie te brengen. Deze unieke oplossing was cruciaal voor de gehele operatie. Dit betekende wel dat de staalconstructie tijdens het inrijden omgekeerd belast werd en dat er voor de tijdelijke ondersteuning verstevigingsplaten nodig waren.

Om er zeker van te zijn dat alle projectbetrokkenen voldoende inzicht hadden in het gedrag van de kokerligger tijdens het inrijden, is een twee meter lange maquette gemaakt waarmee in een simulatie uitgebreid is geoefend.



Staalconstructie op SPMT's inclusief ballast vanwege de grote uitkraging.



De integraal ontworpen brugrand is voorzien van verlichting en fungeert als voertuigkering en afscherming van de bovenleiding.

Projectgegevens

feiten en cijfers

afmetingen	lengte totaal project = 430 m, lengte brug= 248 m, vrije overspanning = 82 m
staal	1000 ton
beton	3000m3
bouwkosten	ca. € 14 mln
opstellen aanbidding	juni-oktober 2016
ontwerp	januari 2017 - maart 2018 (VO, DO en UO)
uitvoering	oktober 2017 - februari 2019
onderhoudscontract	15 jaar
betrokken partijen	tijdens de bouw > 60
gebruik	dagelijks rijden er ca. 1200 bussen over de brug

projectpartners

opdrachtgever	Gemeente Zwolle i.s.m. ProRail
eigenaar	Gemeente Zwolle
hoofdaannemer	BAM Infra BV
ontwerp	ipv Delft creatieve ingenieurs BV
technisch ontwerp	BAM Infraconsult i.c.m. Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH
staal	Victor Buyck Steel Construction
fotografie	Henk Snaterse, Lucas van der Wee, Dr. Setzpfandt, Movares, ProRail



Dagelijks rijdt er circa 1200 keer een bus over de busbrug.



Gemeente Zwolle
Lübeckplein 2
8017 JZ Zwolle
www.zwolle.nl



ProRail
Moreelsepark 3
3511 EP Utrecht
www.prorail.nl



BAM infra BV
H.J. Nederhorststraat 1
2801 SC Gouda
www.baminfra.nl



Victor Buyck Steel Construction
Pokmoere 4
9900 Eeklo, België
www.victorbuyck.be



ipv Delft creatieve ingenieurs
Oude Delft 39
2611 BB Delft, NL
www.ipvdelft.nl