

DE GROOTSTE SPOORBOOGBRUG VAN EUROPA

Immens. Dat is het woord dat de omvang van de nieuwe spoorbrug Muiderberg waarschijnlijk het beste omschrijft. Wanneer je naast de brug staat zie je een enorm wit, stalen gevaarte van 255 meter lang en zo'n 17 meter breed. Kijk je omhoog, dan zie je een grote boogconstructie van wel 55 meter hoog, met 24 diagonale hangers van elk 60 centimeter dik. Met deze afmetingen is het de grootste spoorboogbrug in Europa. De brug bevat ongeveer net zo veel staal als de Eiffeltoren.

Een bijzondere stalen brug

- De spoorbrug is direct geassembleerd naast de A1.
- Het is de grootste spoorboogbrug van Europa.
- De spoorbrug overspant de nieuwe A1 met maar liefst 16 rijstroken in één keer, zonder tussensteunpunten.
- De spoorbrug is gerealiseerd in hogesterktestaal S460. In Nederland is dit type staal nauwelijks voor dergelijke spoor-infrastructurele kunstwerken toegepast.
- Tijdens het gehele project zijn slechts twee korte buitendienststellingen van het spoor (van maximaal 52 uur en maximaal 120 uur) en slechts één afsluiting van de rijweg tot 12 uur toegestaan.
- De realisatie van de spoorbrug is onderdeel van het project SAA - A1/A6 Diemen-Almere-Havendreef, dat onderdeel is van de grootschalige verbreding van de corridor Schiphol-Amsterdam-Almere: het grootste en meest complexe weg infrastructurale project ooit in Nederland.
- De spoorbrug is het grootste object dat ooit in Nederland over de weg is verplaatst.

Al dat staal en wapening weegt circa 8.500 ton. Als het betonnen dek en de spoorconstructie zijn aangebracht weegt de brug maar liefst 15.200 ton. Bijzonder is dat de brug is gebouwd vlak naast de A1. Het kan automobilisten en treinreizigers die erlangs zijn gereisd niet zijn ontgaan. Een uniek project met markante uitdagingen. Want hoe realiseer je een stalen spoorboogbrug die, zonder tussensteunpunten, maar liefst 16 rijstroken overspant? En waarom werd de brug naast de A1 gebouwd?

Rijkswaterstaat voert in het traject Schiphol-Amsterdam-Almere momenteel het grootste en meest complexe infrastructurale project ooit uit. Om de bereikbaarheid van het gebied te vergroten wordt onder andere het traject A1/A6 aangepakt. De realisatie van dit deelproject is in handen van het consortium SAAone. De A1 wordt ter plaatse van de bestaande spoorkruising bij Muiderberg verbreed naar 2 x 5 rijstroken en een wisselbaan met 2 rijstroken en naast de rijksweg een vrij liggende busbaan met 2 rijstroken. Met vluchtstroken en in- en uitvoegstroken is dat bij elkaar 16 rijstroken. De voormalige betonnen spoorbrug is daarom vervangen door een nieuwe brug, met ProRail als eigenaar. ProRail is als beheerder van het spoor opgenomen in het projectteam van Rijkswaterstaat voor de bouw van de brug. ProRail werkt net zoals Rijkswaterstaat aan het vergroten van de capaciteit tussen Schiphol-Amsterdam-Almere.

Bij ProRail heet dit project OVSAAL. Dit project houdt niet per se in dat er meer spoorrails worden aangelegd. Op het traject Weesp-Muiderberg-Muiden past ProRail slimme technische oplossingen toe op het huidige spoor, waardoor meer spoorrails niet nodig zijn. Zo worden er bijvoorbeeld nieuwe wissels geplaatst, zodat treinen elkaar beter kunnen passeren.

16 rijstroken overspannen met stalen spoorboogbrug zonder tussensteunpunten

Integraal ontwerpteam

Het ontwerp van de brug moest voldoen aan een aantal uitdagende eisen. Een rode draad in het ontwerptraject was het zoeken naar slimme methodes die zouden leiden tot een geoptimaliseerd ontwerp. Dit is gelukt door al in de eerste projectfase een integraal ontwerpteam samen te stellen, bestaande uit ingenieursbureau Iv-Infra, Zwarts & Jansma Architecten, geluidspecialist Peutz, het Belgische metaalconstructiebedrijf Victor Buyck, transporteur Sarens en vizelspecialist CT-De Boer.

Pieter van Lierop, sectorhoofd stalen & beweegbare kunstwerken bij Iv-Infra en ontwerpleider van de brug bij SAAone, noemt het integraal samenwerken met verschillende partijen veruit het meest bijzondere bij dit project. "Vanaf de tenderfase hebben we in één integraal team het project aangepakt met onder andere de architect, adviseurs, staal- en betonbouwer, en dit is toch wel heel bijzonder. Om in zo'n vroeg stadium samen op te trekken en te zoeken naar het meest optimale ontwerp en dit vervolgens ook uit te werken en te realiseren. De kans om vanaf de eerste ideeën tot en met de oplevering betrokken te zijn bij zo'n mooi werk, is uniek", vertelt Pieter met trots.

Eén overspanning

Rijkswaterstaat stelde de ontwerpeis dat de nieuwe spoorbrug de verbrede snelweg in één keer moet overspannen, zonder tussensteunpunten. Zo kan de wegindeling van de Rijksweg A1 onder de spoorbrug in de toekomst makkelijker worden aangepast of onderhouden met zo min mogelijk hinder voor het wegverkeer dat onder de brug door gaat. De grote overspanningslengte vormde een technische uitdaging, waarbij alle (wind)dynamische effecten moesten worden onderzocht. Daarnaast was het een eis dat de brug zo rank en slank mogelijk moest worden vormgegeven. Vanzelfsprekend vormen sterkte, gewicht, duurzaamheid en kosten kritische punten in het ontwerp. Hoe kan hierin een optimum worden bereikt? En hoe kunnen veiligheid, betrouwbaarheid en bedrijfszekerheid gegarandeerd blijven?

Minimaliseren van hinder

Ook stelde Rijkswaterstaat strikte eisen aan de geluidsemissie van de brug ten gevolge van treinpassages. Daarnaast moest hinder voor zowel het weg- als treinverkeer tot een absoluut minimum worden beperkt tijdens de constructie en inbedrijfstelling. Er waren slechts twee korte periodes toegestaan voor het buitendienstnemen van het spoor en slechts 12 uur voor het afzetten van de A1 voor wegverkeer. Bovendien mocht het weg- en treinverkeer niet gelijktijdig worden gestremd. Hoe faseer je dit? Om aan deze eisen te kunnen voldoen, lag tijdens het ontwerpproces de focus op een slimme assemblage- en montagemethode.





Bron: Rijkswaterstaat

Bouwen naast de A1

In eerste instantie had Rijkswaterstaat het idee om parallel aan de bestaande spoorbrug een bypass aan te leggen en daar de trein over te laten rijden. De oude brug kon dan worden verwijderd, waarna de nieuwe brug kon worden gebouwd en de bypass weer kon worden weggehaald. Het nadeel van deze methode was echter dat treinen gedurende de gehele constructieperiode met gereduceerde snelheid zouden moeten rijden op dit stuk. En dit zou leiden tot extra hinder voor het treinverkeer. Een variantenstudie toonde aan dat dit goedkoper en met minder stilleggingen van het weg- en treinverkeer kon. De brug is daarom naast de A1 geassembleerd en vervolgens over de snelweg getransporteerd naar een plek parallel aan de huidige brug om daar te worden afgebouwd.

Fabricage van de brug

De brug is in delen in België gemaakt door staalconstructiebedrijf Victor Buyck. Het constructieconcept is zo opgezet dat de brug in relatief kleine stukken werd gemaakt op twee productielocaties in België.

De meeste van de in totaal vijftig delen zijn zo gedimensioneerd dat ze over de weg naar het assemblage terrein naast de A1 konden worden vervoerd. Dit gebeurde in de eerste helft van 2015 met behulp van speciaal vervoer. De allergrootste en zwaarste onderdelen, de zogenaamde booggeboortes die circa 200 ton per stuk wegen, zijn eerst over het water naar een losplaats bij de Hollandse brug in Almere gevaren en vervolgens naar de bouwplaats gereden met speciaal vervoer. Om hinder voor het verkeer zoveel mogelijk te beperken zijn de brugonderdelen met name 's nachts vervoerd, zonder wegafzettingen, met slechts tweemaal een verkeerstop van 15 minuten.

Boogbrug

De stalen boog van 50 meter hoog, met diagonale hangers, maakt de lange overspanning mogelijk zonder dat de brug doorbuigt. Deze vormgeving zorgt ervoor dat de brug zich meer als een vakwerklijger gedraagt en daardoor minder vervormt. De diagonale hangers zijn holle stalen buizen met een doorsnede van ruim 60 centimeter en zijn in staat om axiale drukkrachten op te nemen.

Hiermee wordt voorkomen dat tijdens de bouw voortdurend moet worden aangespannen, iets wat wel nodig zou zijn indien gebruik werd gemaakt van kabels. Daarnaast zorgt het zware brugdek voor verminderde axiale drukkrachten in de hangers.

Extra beheersmaatregelen

Omdat de diagonalen relatief slank zijn, bestaat het risico dat deze ten gevolge van windbelasting in trilling kunnen komen. Het beheersen van deze zogenaamde vortex-excitatie vormde vanaf de start van het ontwerp een belangrijk ontwerpaspect. De demping van de staalconstructie is daarbij de belangrijkste onbekende. De Eurocode heeft zich op dit gebied nog niet volledig bewezen, daarom zijn er extra beheersmaatregelen toegepast in het gehele proces. Dit begon al in de ontwerpfase. Hierdoor was het mogelijk om indien nodig dempers aan te brengen.

Tijdens de bouw van de brug hebben Iv-Infra en Frans Rolf Infra-Advies met een speciale meettechniek de eigenfrequentie en eigendemping van de diagonalen gemeten. Hierbij zijn de diagonalen voorzien van meerdere versnellingsopnemers. Vervolgens zijn de diagonalen achtereenvolgens aangestoten door middel van een stap-excitatie en zijn de versnellingen als functie van de tijd geregistreerd.

De waarden van deze uitkomsten bepalen mede of de diagonalen gaan resoneren als gevolg van wind, wat moet worden voorkomen om vermoeiingsproblemen te vermijden. De metingen toonden aan dat een deel van de diagonalen onvoldoende eigendemping hadden, dus zijn hierop dempers aangebracht. Om deze dempers te kunnen instellen zijn de waarden van de eigendemping en eigenfrequentie gebruikt, die tijdens de metingen zijn bepaald. Na het plaatsen van de dempers bleek de demping voldoende te zijn.

Een licht ontwerp

Omdat de staalconstructie van de brug, eenmaal samengesteld, over de snelweg moest worden verreden, is uitzonderlijke aandacht besteed aan het totale gewicht. De brug is gerealiseerd in hogesterkte staal S460. In Nederland is dit staaltype nauwelijks voor dergelijke spoor-infrastructurele kunstwerken toegepast. Hiervoor is de kennis en ervaring van ProRail, Rijkswaterstaat en TU-Delft ingebracht, een goed voorbeeld waarbij het gezamenlijke opdrachtgeverschap zijn meerwaarde heeft bewezen. Samen zijn de gewenste mechanische eigenschappen en staalsamenstelling vastgesteld.

Met S460M/ML staal kon voor enkele bruggdelen een plaatdikte van 9 centimeter worden bereikt in plaats van 16 centimeter. Dit scheelde aanzienlijk in het gewicht. Met staalsoort S355 zou de massa met circa 1400 ton toenemen en dan zou de kritische grens voor het transportgewicht worden overschreden. Met het oog op toekomstige reparaties door eventuele aanrijdingen onder de brug, is besloten om voor de dwarsdragers wel gebruik te maken van staalsoort S355K2+N.

Het brugdek

De constructie en bouw van het staalbetonnen brugdek waren kritische onderdelen van de nieuwe spoorbrug. Het dek werkt in de boogbrugconstructie als trekband, waardoor het nodig was om relatief veel wapening aan te brengen (in totaal 600 kg/m³). Ook moest gebruik worden gemaakt van speciaal krimparm beton dat in één keer boven de A1 gestort diende te worden, terwijl het wegverkeer onder de brug door moest kunnen blijven rijden.

Het brugdek bestaat uit stalen dwarsdragers met een verdeuveld betonnen dek, met daarop een grindbed. De beperkte constructiehoogte resulteerde in slanke dwarsdragers met een onderlinge afstand van 1,6 meter. Het toepassen van een zwaar betonnen dek draagt bij aan het beperken van de geluidsemissie van de brug. Door in de buitenste lijfplaat van de hoofdliggers een vouw te maken stralen deze platen minder geluid af. Andere geluidbeperkende maatregelen zijn de speciale ballastmatten op het beton. Naast de hoofdliggers zijn inspectiepaden voorzien. In de ruimte daaronder is ruimte gereserveerd voor kabels en drainage voor de afvoer van regenwater.

Het verrijden van de spoorbrug een mega-operatie



Verplaatsen over de A1 (inrijden)

Het verrijden van de spoorbrug van de bouwplaats over de A1 naar de tijdelijke steunpunten naast de huidige spoorbrug was een mega-operatie. Speciale voertuigen (Self Propelled Modular Trailers) met in totaal 976 wielen brachten de brug vrijdagavond 6 mei 2016 in beweging. De rit van ongeveer 400 meter ging van de bouwplaats schuin de A1 over. Het verplaatsen duurde in totaal circa 6,5 uur; een stuk sneller dan de vastgestelde planning. Voor de verplaatsing was een speciale rijbaan aangelegd. De ondergrond ter plaatse was zeer slecht te noemen. De bestaande Rijksweg A1 zou gaan golven als de nieuwe spoorbrug daarover zou worden verreden. Deze baan is zo sterk en egaal dat er een vliegtuig zou kunnen landen. Dat is nodig om te voorkomen dat de brug tijdens het verrijden verzakt of uit balans raakt of dat er te grote torsie vervormingen van de brug tijdens transport plaatsvinden.

De spoorbrug is het grootste object dat ooit in Nederland over de weg is verplaatst. Minister Melanie Schultz van Haegen (Infrastructuur & milieu) noemde de operatie "een krachttoer met de precisie van een horlogemaker." Pieter: "Deze operatie was enorm spannend en we zijn tot het uiterste gegaan om alle risico's 100% te beheersen. De avond zelf controleerden we continu hoe de brug zich gedroeg tijdens de verplaatsing. Een fantastisch gezicht toen hij eenmaal op z'n plek lag."

Afbouwen en installeren

Eenmaal aangekomen op de tijdelijke plaats parallel aan de huidige spoorbrug, waar de spoorbrug op tijdelijke steunpunten is geplaatst, kan de brug worden afgebouwd met een betonnen dek, de rails en de bovenleiding. Van 19 tot en met 22 augustus 2016 is de oude spoorbrug

gesloopt en de kant-en-klaare nieuwe spoorbrug op zijn plaats geschoven. Dit gebeurde in een treinvrije periode van vier dagen. Wederom een operatie van formaat. De installatie van de dempers aan de brugconstructie is de laatste stap richting voltooiing van de brug. Begin november werden de dempers van de diagonalen succesvol geplaatst. Deze dempers voorkomen dat de wind vat krijgt op de diagonalen, waardoor ze kunnen gaan trillen.

Pieter: "Nog een paar laatste cosmetische afwerkingen en dan is het project afgerond. Het ontwerp was een enorme technische uitdaging waarbij we tal van bijzondere ontwerpaspecten, vanwege de grootte van de brug, veel uitvoeriger hebben moeten onderzoeken dan normaal. In combinatie met de complexe bouwfasering van de brug, kijk ik terug naar een heel bijzonder stalen project, één voor in de geschiedenisboeken van I.v."