

Projectgegevens

Opdracht Gemeente Amsterdam • Architectuur Syb van Breda & Co, Leiden • Constructief ontwerp PT Structural, Ridderkerk • Uitvoering Wallaard, Schoonhoven • Staalconstructie Machinefabriek Rusthoven, Groningen • Fotografie xxxxxx

kleine openingshoek biedt meer voordelen.

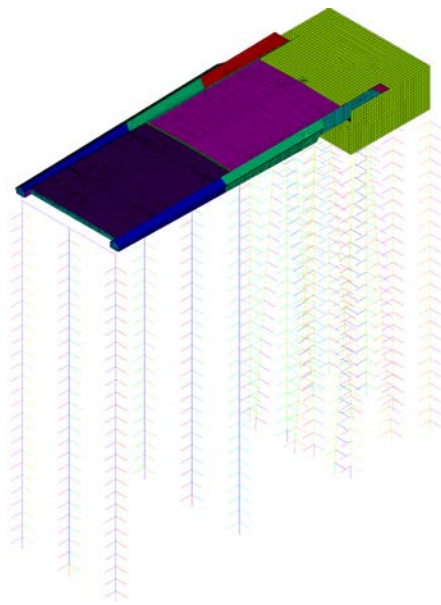
- Relatief lage windbelasting in open stand.
- Weinig verandering in krachtswerking waardoor 'wisselende' spanningen tot een minimum beperkt blijven, zeer belangrijk voor schade door vermoeidheid van metaal. Voor langzaam-verkeersbruggen is dat het enige belastinggeval dat op vermoeiing wordt getoetst.
- Kleine slag, compacte cilinder met geringe hoekverandering en dito belastingwissels op de verankering.
- Omgeving ziet weinig verschil tussen open en gesloten stand, dit geeft een rustig beeld door het jaar heen.

Uiteraard moet de grote massa van het val wel over een forse lengte worden gedragen bij Open stand. Daarvoor dienen de profielen die dit kunnen dragen voldoende stijf en sterk te zijn en is ook een bijbehorende hoeveelheid aan ballast benodigd. Dat heeft dan weer een stevige fundatie nodig om dit geheel op de plaats vast te houden. Ook hiervoor geldt dat het weliswaar grote, maar praktisch *constante* krachten zijn met alle voordelen van dien. Het zijn als het ware eenmalige uitgaven in het totale kostenplaatje. Het val is uitgevoerd als integraal meewerkend onderdeel van de brug; het dek en de trogverstijvers zijn daarom volledig als plaatstructuur meegenomen in de rekenmodellen. Zij zijn tot het uiterste minimum teruggebracht qua plaatdikte om de balansmassa zo laag mogelijk te houden (afb. 4)

Complicerende factor

De keuze voor weervast staal is hierbij wel een complicerende factor omdat de 'afroesting', die geleidelijk gaat optreden, wel meegenomen moet worden in de effectieve plaatdikte. De gehele brug moet veilig zijn voor de voorgeschreven belastingen over de gehele levensduur. Daarom worden er ook diverse fasen beschouwd:

- net nieuw opgeleverd met maximale massa voor het val en de draagstructuur;
- tegen het einde van 100 jaar, waarbij is aangenomen dat de berekende afname van de plaatdikte heeft plaatsgevonden. Het laatste is vooral van belang voor de totale massa. Het is mogelijk de ballast aan te passen

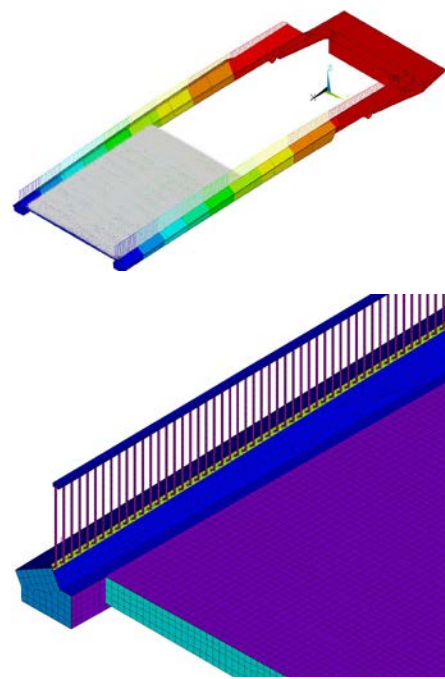


5. Integraal Ansys-model.

om de juiste oplegdruk op de voorste punten te handhaven bij veranderende gewichten. Ook de sterkte van het deel voor lokale wieldrukken is zeer gevoelig voor plaatdikte. De afname varieert tussen 0,9 tot 1,75 mm per zijde die aan de buitenlucht blootstaat, afhankelijk van de positie. Het is een van de redenen dat, overal waar mogelijk, luchtdichte gesloten kokers zijn gefabriceerd uit platen, waaronder de troggen en een groot deel van de hoofddraggers. De binnenste delen, mits aantoonbaar luchtdicht, krijgen niet te maken met afroesting.

Voegovergang

Tot een goed functioneren voor gebruikers is ook de voegovergang cruciaal. Ideaal is deze nauwelijks merkbaar over de seizoenen heen, en zal de (naar verwachting steeds heviger) zonne-inval niet mogelijk leiden tot vastlopen, of onprettig opbollen van het dek, laat staan sprongsgewijs veranderen van de ligging. De oplossing die nu gevonden is, na intensief overleg met de staalbouwers, leverancier van oplegblokken, engineeringsteam en de opdrachtgever, bestaat uit vaste eenheden. Dit zijn dus na eenmaal gefabriceerd te zijn, niet bedienbare of aan te sturen elementen



7. Model met leuning.

ten, met een uitgekiende vering en stijfheid. Dusdanig vormgegeven dat de indrukking past in het eisenpakket van de voegovergangen onder alle voorziene weerslasten. Ook de bouwtoelantie en meetbaarheid daarvan is meegenomen en zorgt ervoor dat de passingen precies op maat zijn. Zowel de eerste keer belasten (initiële zettingen) als veranderingen in de loop der tijd, vooral door temperatuureffecten, zijn inzichtelijk gemaakt door de effecten in Ansys te simuleren als totaalpakket, dus fundaties, aanbruggen en hoofdbrug plus verende blokken te behandelen. Het is denkbaar dat in de loop van de tijd deze vaste units vervangen moeten worden door afname van de materiaalcapaciteit voor vering of wanneer de brug een andere massa heeft, zie hierboven. Dit is planmatig onderhoud.

Strengere eisen

Daarvoor is de specialiteit van de constructeur, zijnde het geheel integreren van de belangrijkste componenten in één omvangrijk model dat het totale gedrag beschrijft, broodnodig gebleken (afb. 5 en 6). Noot: de blokken die de gesloten brug dragen, worden gelijktijdig belast bij het neerkomen. Onder-

Stedenbouw en architectuur

De Weespertrekvaartbrug verbindt de Weespertrekvaartbuurt met Watergraafsmeer. De fiets- en voetgangersbrug ligt tussen het Solitudopad en de Weesperzijde, en moet de verbinding met de rest van de stad ten goede komen. Ook de verbinding tussen Amsterdam-Zuidoost en Duivendrecht met het centrum van Amsterdam wordt beter. Tegelijkertijd verbindt het verschillende stadslandschappen aan weerszijden van de Vaart: het hooggelegen stedelijke gebied (Overamstel) en het laaggelegen groene Amsteldorp. Het ontwerp maximaliseert asymmetrie en visuele eenvoud. Een eenvoudige maar krachtige lijn ontspringt vanuit het park in Overamstel, vormt een robuust scharnier aan de Overamstelzijde en

verjongt tot een lichte oplegging aan de Weesperzijde. De brug is uitgevoerd uit weervast staal met een zeer lichte constructie (150 kg/m²). Vrijwel het hele oppervlak bestaat uit gezette en vlakke staalplaten, zonder zichtbare lassen. Dit draagt bij aan de beleving van de hele brug als één vorm en verstoort zo min mogelijk het open beeld over de Vaart. Brug en aanlanding zijn een geheel door de doorlopende zijkanten. De stevige borstwering sluit goed aan op het thema van ommuurde gebieden en gebouwen in het Overamstelgebied, niet in het minst die van de Bijlmerbajes. Aan de Weesperzijde wordt de dijk plaatselijk verhoogd, waardoor de brug vloeiend aansluit op het fiets- en voetpad langs het water.



delen zijn als volgt.

- Palen met de verticale en horizontale veer-representaties (in samenwerking met geotechnisch adviseur Ingenieursbureau M.U.C. uit Terheijden).
- Een betonnen kist als drager van het geheel, beneden maaiveld.
- Stalen constructie val, draaipunten en ballastkist.
- De cilinders als afzonderlijke (trek)elementen.
- De statische aanbruggen om de totale fundatie realistisch te belasten én om de overgangsvoorwaarden te beoordelen, de voegen tussen de brugdelen.
- De specifieke punten van de elastische blokken die de aanbruggen en het val in gesloten toestand dragen.

Alles kan worden belast op eigen gewicht, wind, verkeer, uitzonderlijke lasten en temperatuur. Daaruit volgen naast krachten en spanningen ook de vervormingen. Het gaat om het verschil in verplaatsingen tussen brugdelen. De eisen zijn:

- geen aanliggend contact tussen brugdelen bij uitzetting;
- maximaal 10 mm verschil in lengterichting;
- maximaal 5 mm verschil in verticale zin.

Dit zijn zeer strenge eisen die te maken hebben met comfort en operationele beschikbaarheid. Het kostte de nodige moeite om deze allemaal te laten voldoen. Door het meenemen van de (blijvende) gronddeformaties, de paalzakking, de betonvervorming, de indrukking van de oplegblokken en vooral het in acht nemen van de *actuele* maten kon echter het gevraagde onduubbelzinnig worden aangetoond (afb. 6).

Ut Tensio, Sic Vis

Al in 1678 formuleerde Robert Hooke de grondslag voor de elastische mechanica, namelijk 'Ut Tensio, Sic Vis' vrij vertaald 'Zoals de verlenging is, zo is de kracht', en de evenredigheid daartussen zien we ook terug in de Weespertrekvaartbrug. De in verhouding grote afstand tussen draaipunt en het val leidt onontkoombaar tot forse krachten en buiging, waardoor er vervorming in het geheel ontstaat die vooral optreedt bij loskomen, dus de opening. Het is van het grootste belang dat deze vervorming beheersbaar, niet-storend en vooral elastisch is. *Beheersbaar* wil hier zeggen dat de grootte goed voorspelbaar en steeds hetzelfde is, dus dat afbouwlementen zoals leuningen er tegen bestand zijn, keer op keer. *Niet storend* is een vergelijkbaar criterium dat slaat op beeldvorming; het moet voor de leek, lees: dagelijkse of incidentele passanten, geen angst oproepen dus eigenlijk niet direct zichtbaar zijn. Dit geldt met name voor de schippers die natuurlijk dwars op het profiel kijken. Niet vergeten: de doorvaartruimte is altijd *inclusief* vervormingen gedefinieerd. Tot slot is *elastische* de sleutel voor een lange levensduur, de spanningen moeten laag genoeg blijven om geen vermoeiingsschade door open en sluiten te veroorzaken, althans voor de gestelde levensduur. Al met al moet dus de grote draagarm bijzonder sterk en stijf zijn. Dit is ook een eis aan de verbinding tussen ballastkist en hoofdarm. Het leidde tot een keuze om deze twee elementen met een hoogwaardige, lees meer dan 100% sterke en op vermoeiing getoetste lasverbinding uit te voeren, die ter plaatse werd gelegd. Niet de eenvoudigste oplossing maar de overheersende eis voor hoge en voorspelbare stijfheid was belangrijker.

Leuningen

Er is ook onderzocht of de leuningen van enig belang waren in deze; zowel de montage als het transport vereisten een (deel)studie daarnaar, omdat de leuningen deel uitmaken van de brug en de krachtswerking kunnen beïnvloeden. Door de keuze van relatief 'slappe' buigbare staven die zeker wel hun primaire taak uit kunnen voeren als valbeveiliging in dwarse richting maar in lengterichting elastisch kunnen 'ademen' met de hoofddraggers, is het mogelijk gebleken om de leuning compleet af te monteren in de fabriek en ook tijdens montage mee te laten doen. Hiervoor is een integraal hijsmodel uitgevoerd (afb. 7). Vooral de potentiële knik van de handrail had daarin speciale aandacht, zowel in de takels als in de operationele fase. Er bestaat namelijk een fundamenteel verschillend gedrag tussen de brug in montagepositie, hangend in kabels, en in de blijvende positie. De laatste geeft overwegend trek in de leuning, waar bij de montage een drukspanning wordt verwacht. De berekening is uitgevoerd met de aanwezige, ware stijfheid van de stijlen en de aansluitingen. Zo is numeriek aangetoond dat de samenwerking tussen brug en leuning niet leidt tot schade. De reden? De relatieve slappe van de stijlen ten opzichte van de brugligger als buigstelsel. Het alternatief, niet rekenen maar uitvoeren met onderbrekingen in de leuning, zodat de samenwerking onmogelijk wordt gemaakt, is ook mogelijk maar niet comfortabel voor passanten en onderhoudspersoneel. •