

04 | 13 232

BOUWEN MET

vakblad over staal en staalconstructies

STAAL



FIETS- EN VOETGANGERSBRUG MELKWEGBRUG, PURMEREND

Een dubbele draaibrug voor fietsers in combinatie met een separate 12 m hoge boogbrug voor voetgangers vormt een compacte oeververbinding in Purmerend. Het Design & Construct-project is bijzonder door de onalledaagse architectonische vormgeving in combinatie met de diverse aansluitingen tussen staal en beton.

J.A.M. van der Meijs en ing. C. den Braber

Hans van der Meijs is hoofd constructiebureau bij Volker Staal en Funderingen in Rotterdam en Cors den Braber is daar ontwerpleider.



Naadloze scheiding

Om de nieuwbouwwijk Weidevenne aan te sluiten op het oude centrum van Purmerend ontwierp architectenbureau Next architects in opdracht van de gemeente Purmerend een 'aansprekende verbinding' over het Noord-Hollands Kanaal. De Melkwegbrug ligt in het verlengde van de Melkweg, de historische verbinding tussen Amsterdam en Purmerend. Doel was een zo compact mogelijke oeververbinding voor fietsers en voetgangers, maar om het hoogteverschil voor de fietsers veilig te overbruggen was voor de vereiste maximale helling een rechte brug van 100 m lang nodig. Daarom is er voor gekozen om de aanbruggen en fietsbrug in een Z-vorm over het water te laten 'slingeren'. De brug heeft twee betonnen aanbruggen op de oevers en twee draaibruggen boven water. Voor de voetgangers is een separate boogbrug van 12 m hoog ontworpen, dat op het hoogste punt van de boog zitplaatsen heeft om van het weids uitzicht te genieten. Daarmee is de brug zowel publieke ruimte als attractie.

Stalen boogbrug

Voordat de engineering van de boogbrug kon worden gestart moest in overleg met de archi-

tect naar een optimale boogvorm worden gezocht, vanwege de vereiste doorvaarthoogte en -breedte. De boogvorm, die overigens niet symmetrisch is, bestaat uit een primaire boog en twee secundaire bogen, uitgevoerd in staal. De primaire boog is in doorsnede trapeziumvormig en is opgebouwd uit platen van 10, 16 en 20 mm dikte (S355J0). De primaire boog is ingeklemd tussen de funderingspoeren die in het water zijn geplaatst. Hierdoor ontstaat dus een statisch onbepaald rekenschema. Over deze boog liggen twee secundaire bogen waartussen de met rubbergranulaat gevulde roostertreden zijn bevestigd. De secundaire bogen steunen voor tweederde deel op de primaire boog en worden aan de uiteinden door betonnen landhoofden ondersteund. De verbinding van de secundaire boog aan de primaire boog leverde door de benodigde dwarskrachtoverbrenging en een zo klein mogelijk buisprofiel een arbeidsintensief detail op. De uiteinden van de secundaire boog zijn in langs- en dwarsrichting met een schuifvast nok geborgd in de beide landhoofden. De berekeningen zijn uitgewerkt met een eindige-elementenpakket. De boogconstructies zijn als plaatle-

menten ingevoerd. Voor de inklemmen van de primaire boog zijn de rotatie- en verplaatsingsvoorwaarden uit het betonmodel toegepast. In het betonmodel zijn de palen mee gemodelleerd en door hier een eenheidsbelasting op te zetten, zijn de verplaatsingsvoorwaarden voor het staalmodel bepaald. De belastingen zijn conform NEN 6706 en 6788, aangevuld met een aantal bijzondere belastinggevallen. Een is de zogenaamde Sinterklaasintoicht-belasting, waarbij alle mensen aan één zijde van de brug staan. Uit deze extra belastingen zijn geen extra voorzieningen gekomen. De plooi gevoeligheid is eveneens doorgerekend waarbij de voor productie vereiste schotten (vormvastheid) zijn meegenomen. Uit deze berekening volgden ook geen extra voorzieningen. Het dynamisch gedrag van de boogbrug is in het eindige-elementenpakket bepaald en gecontroleerd met de comforteisen uit de Hivoss (Human Induced Vibration of Steel Structures). Hieruit volgde dat een aantal plaatdiktes moesten worden aangepast, vooral aan de voet van de boog. De aansluiting van de hoofdboog aan de funderingspoeren is zodanig uitgevoerd dat de zeshoekige staaldoorsnede zonder voeg is



doorgezet in de betondoorsnede. De hierbij vereiste nauwkeurige maatvoering van de verankeringsbouten, die zich inwendig in de boog bevinden, zijn via een stevige ingestorte staalconstructie gewaarborgd.

Stalen draaibrug

De stalen brug bestaat uit twee draaibruggen in de vorm van een hockeystick, die aansluit op de betonnen aanbrug. De brugdelen zijn als afgesloten koker uitgevoerd. De vormgeving van de draaibruggen is zodanig aangepast dat de delen symmetrisch konden worden uitgevoerd, wat naast uitvoeringstechnische voordelen ook verschillende andere voordelen bood: gelijke belasting op poeren, identiek trillingsgedrag, enzovoort. Het dek bestaat uit een 10 mm plaat verstijfd door trogliggers. De onderzijde idem dito maar dan met plaatdiktes 8, 10 en 20. Verder zijn voor de sterkte en stijfheid langs- en dwarschotten toegepast. De deling van twee brugdelen loopt onder 45°. Om het dek in gesloten toestand op gelijke hoogte te brengen, is er in elk brugdeel een hydraulisch aangedreven ronde pen aangebracht. Doordat de deling van de brugdelen onder 45° loopt en de pennen evenwijdig aan de hartlijn 1,1 m naar buiten zijn gebracht, ontstaat er een verticale- en horizontale inklemming van de twee brugdelen. Hiervoor is gekozen om hiermee te voldoen aan de comforteis van de Hivoss. Om tempera-

tuuruitzetting en maattolerantie in de lengterichting op te vangen wordt de deling overbrugd door kleppen. In ontkoppelde toestand kunnen de brugdelen door temperatuur, bouwafwijkingen en eventuele rotatie in de funderingen op ongelijke hoogte komen te liggen. Om dit op te vangen bij het sluiten, zijn de kleppen scharnierend uitgevoerd en lopen ze tijdens het sluiten over afgeschuinde kunststof glijstrips. De pennen zijn voorzien van een zoeker en zorgen ervoor dat de brugdelen en zo ook de kleppen op gelijke hoogte komen. Het hoogste punt van de brug bevindt zich op het hart van de deling. De kniklijn van dit afschot staat loodrecht op lengteas van de brug. Om de kleppen goed te laten functioneren zijn ze in vier delen per brugdeel uitgevoerd.

Conisch steunpunt

Het steunpunt van de brugdelen is een conisch stalen huis, die aan de onderzijde rond is en verloopt naar een ellips aan de bovenzijde. Deze conus is geplaatst op een gelagerde tandkrans, die is bevestigd op de onderliggende betonnen poer met 52 ingestorte draadstangen M36. De aandrijving van de brug is uitgevoerd met een frequentiegestuurde elektromotor met vertragskassen die op de conus is bevestigd en waarmee de brug zich dus 'afzet' tegen de tandkrans. In de conus bevindt zich de hydraulisch aandrij-

ving voor de vergrendelinrichting die de twee brugdelen in gesloten stand verbindt. Voor de draaibrug zijn de berekeningen ook met een eindige-elementenpakket uitgewerkt. De oplegging bestaat ook hier uit rotatie- en verplaatsingsvoorwaarden die uit het betonmodel zijn overgenomen. Belastingen zijn conform NEN 6706, 6786, 6787 en 6788 meegenomen inclusief de belastingen uit een servicevoertuig.

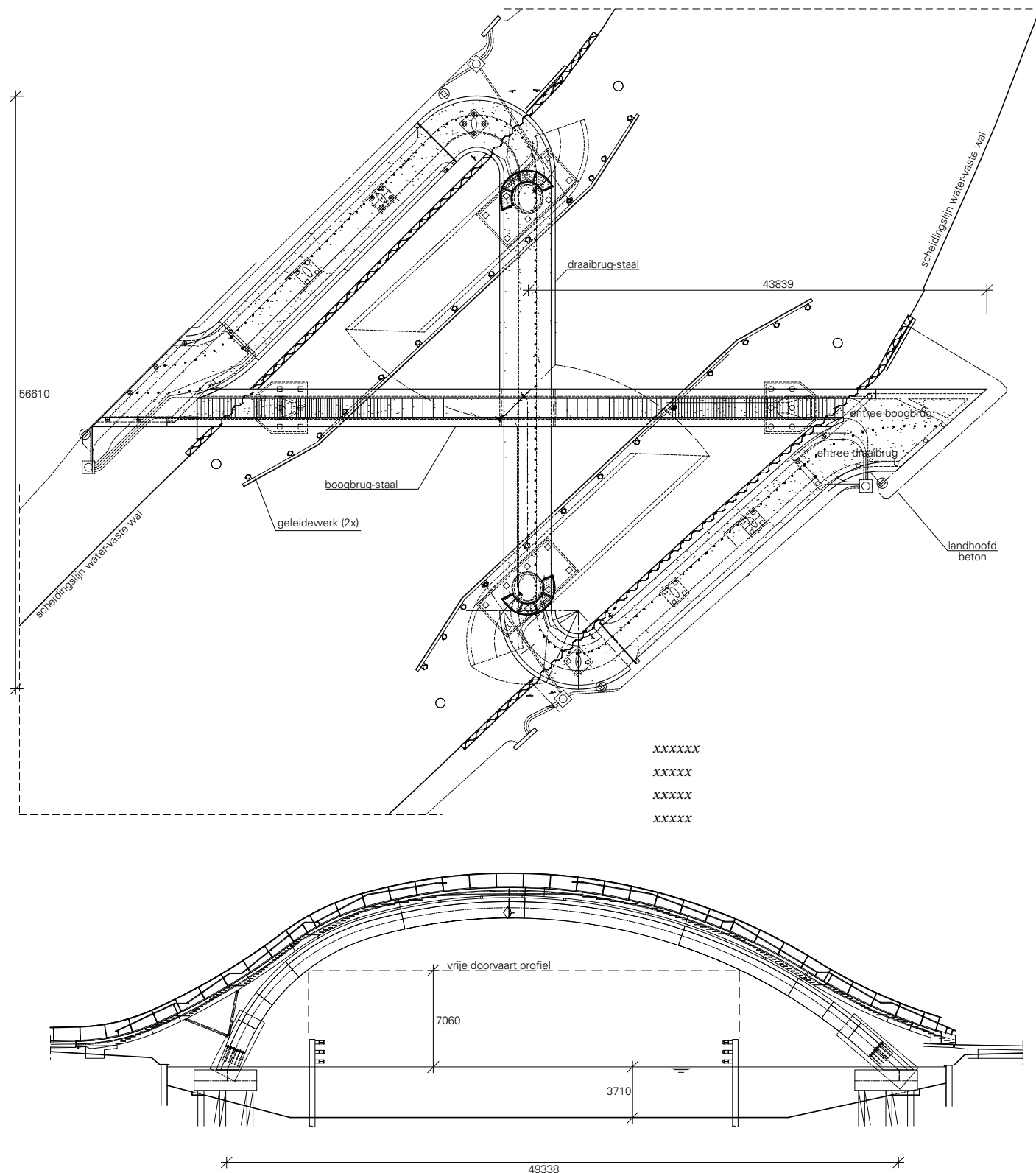
De fundering van de brug bestaat uit een betonnen poer op prefab betonpalen. Er zijn extra palen opgenomen voor een verhoogde stijfheid. Hierdoor ontstaat dus een ligger die aan de uiteinden verend is ingeklemd en in het midden verend aan elkaar verbonden is, wat een gunstiger effect heeft op de eigenfrequentie dan twee losse uitkragende liggers.

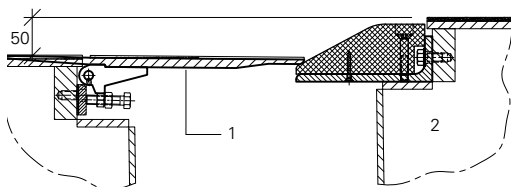
Geleidewerken

De geleidewerken zijn uitgevoerd in stalen buispalen met voorlangs een drietal gordingen die bekleed zijn met kunststof strippen. De draaibrug zwaait tijdens zijn open- en dichtbeweging over deze geleidewerken heen, waardoor de bruggen beschermd liggen in geopende stand. Het geleidewerk is uitgelegd op schepen van 86x9,2x2,85 m met een beladen massa van 1000 ton (gebaseerd op CEMT IV-klasse), een aanvaarsnelheid van 0,22 m/sec en een aanvaarhoek van 5°. De berekening is conform EAU 2004. •

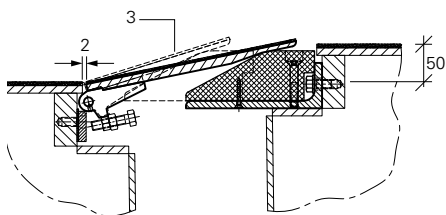
Projectgegevens

Opdracht Gemeente Purmerend • Architectuur Next architects, Amsterdam • Constructief ontwerp, uitvoering en staalconstructie Volker Staal en Funderingen, Rotterdam • Ontwerp en uitvoering verhardingen KWS, Rotterdam • Ontwerp en uitvoering elektrotechnische installaties • Istimewa, Vlissingen-Oost • Betonwerk IJbouw, Amsterdam • Bouwtijd fabricage stalen bruggen: sept. 2011-mei 2012; plaatsing bruggen: 26 april 2012 (draaibrug) en 4 juni 2012 (boogbrug) • Gewicht draaibruggen 105 ton/stuk (waarvan 45 ton ballast); en 90 ton (boogbrug) • Luchtfoto Fotocopter Purmerend

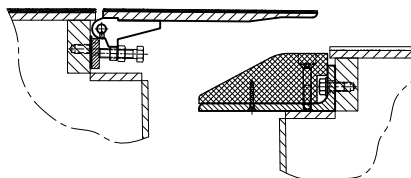




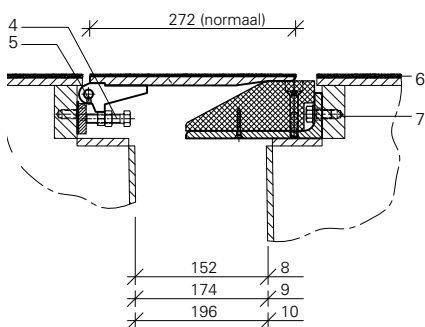
brug tijdens indraaien



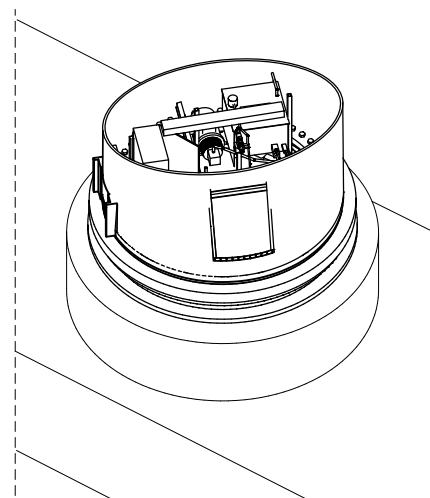
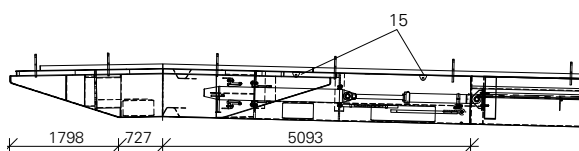
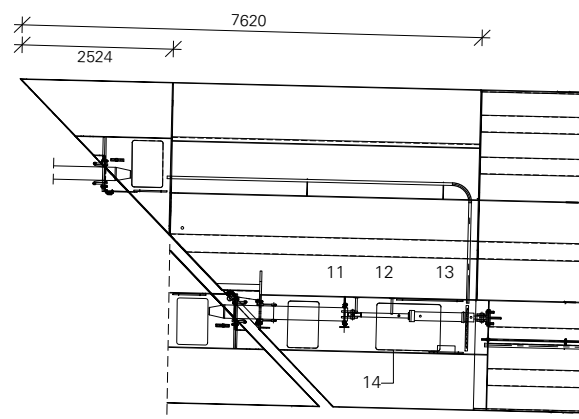
brug tijdens indraaien maximaal hoogte verschil



brug tijdens indraaien minimaal hoogte verschil



brug gegrendeld



- 1 stand op moment van contact maken
- 2 maximaal hoogte verschil 50 mm (= max. zoeker grendel)
- 3 maximale stand bij minimale tussenmaat 92 mm
- 4 stelbout voor instellen juiste hoek tijdens indraaien kleppen
- 5 borg schroefas
- 6 3 mm slurry
- 7 bout M12x25
- 8 minimaal (door temperatuuruitzetting en zetting poeren)
- 9 normaal
- 10 maximaal (door temperatuuruitzetting en zetting poeren)
- 11 unistrut 21x41 mm aanbrengen
- 12 support voor unistrut
- 13 kabelstrip aanbrengen
- 14 luik 1060x810 mm
- 15 hijssoog voor pen/hydraulische cilinder: locatie en aantal n.t.b.