



Renovatie Nijkerkerbrug dankzij samenwerking tussen
Rijkswaterstaat en marktpartijen

Minimale hinder dankzij samenwerking



De Nijkerkerbrug, de verbinding tussen Gelderland en Flevoland (foto 1), bleek onvoldoende constructieve restcapaciteit te hebben en te veel te zijn aangetast om de huidige verkeersbelastingen te kunnen dragen. Nieuwbouw is overwogen, maar uiteindelijk is voor renovatie gekozen. In het project wordt een nieuwe manier van samenwerking toegepast tussen Rijkswaterstaat en marktpartijen, onder de noemer van project DOEN. Dankzij deze samenwerking is een oplossing gevonden waarbij de brug voor een periode van 30 jaar weer veilig kan worden gebruikt, met minimale hinder tijdens de uitvoering.

ir. Richard ter Maten

Combinatie NU (Mourik - BESIX)

ing. Mark Verbaten

ABT

ir. Tom Groeneweg

Rijkswaterstaat

1 Nijkerkerbrug,
foto: Mourik

De Nijkerkerbrug is de verbinding voor snel en langzaam verkeer tussen Gelderland en Flevoland over het Nijkerkernauw. Over de brug loopt de N301, de provinciale weg die de A28 met de N305 verbindt. De brug is tevens onderdeel van het complex Nijkerkersluis. Het gehele complex, bestaande uit een schutsluis, spuisluis en brug, is gebouwd en in gebruik genomen tussen 1963 en 1965. Gemotoriseerd verkeer (o.a. personenauto's, vracht- en landbouwverkeer) heeft de beschikking over één rijstrook per rijrichting. Aan weerszijde van de rijstroken bevinden zich fietspaden.

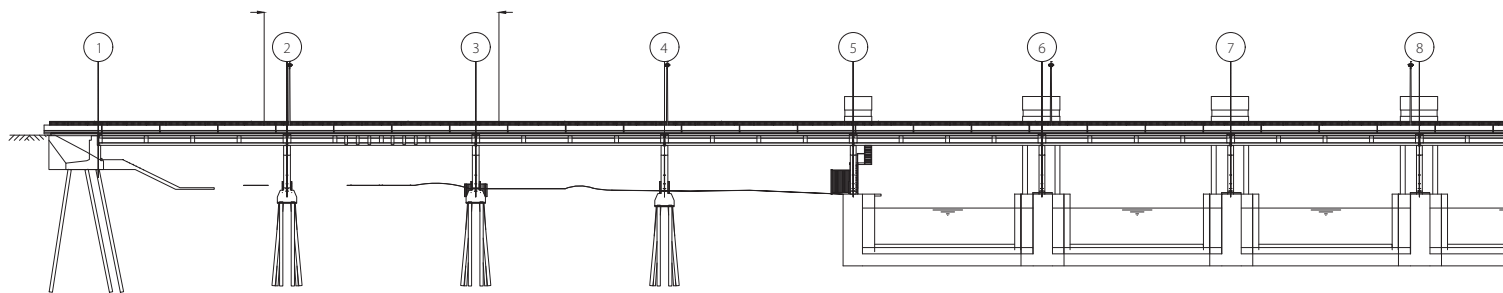
De Nijkerkerbrug heeft een totale lengte van 300 m, opgebouwd uit 15 overspanningen (fig. 2). Eén overspanning (tussen steunpunt 13 en 14) betreft een beweegbare bascule-brug waar jaarlijks meer dan 35.000 schepen passeren. De aanbruggen zijn opgebouwd uit overspanningen van 19,5 m, bestaande uit 12 voorgespannen prefab betonnen I-liggers (fig.3 en 4) die zijn verbonden met een in het werk gestort dek. De steunpunten bestaan uit een onderslagbalk, kolommen en een funderingsloof. Een bijzondere eigenschap van de voorgespannen I-liggers is dat hier geen reguliere dwarskrachtwapening aanwezig is. De liggers zijn enkel voorzien van drie kopnetten ter plaatse van de liggereinden. De totale breedte van het brugdek bedraagt 14 m.

Status van de brug

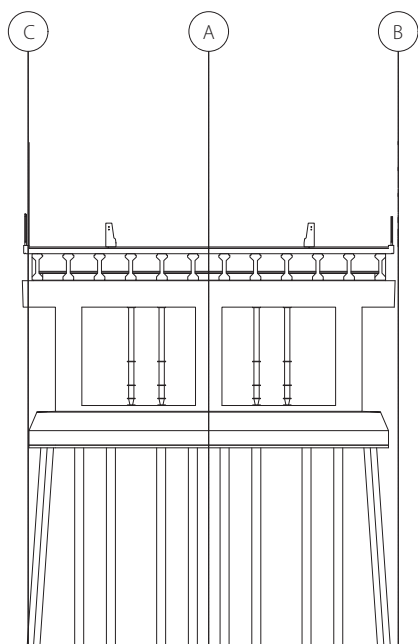
De brug is oorspronkelijk ontworpen op verkeersklasse 45. De verkeersbelasting en -intensiteit is sinds de jaren 60 flink toegenomen. In de periode voor aanvang van het project is uit inspecties en onderzoeken gebleken dat er diverse schades waren ontstaan. Zo vertoonden de pijlers op diverse locaties betonschade vanwege chloride-geïnitieerde wapeningscorrosie. Dit als gevolg van ingedrongen dooizouten afkomstig van het wegdek door lekkende voegen. Verder was de overspanning over de Slingerweg (tussen steunpunt 2 en 3, fig. 2) ernstig beschadigd als gevolg van diverse aanrijdingen door te hoog verkeer.

Uit diverse inspecties, onderzoeken en berekeningen werd geconcludeerd dat de brug niet voldoende constructieve restcapaciteit bezit voor de gewenste restlevensduur. In 2010 en 2015 zijn hiertoe door Rijkswaterstaat reeds diverse (tijdelijke) maat-

- 2 Langsdoorsnede bestaande situatie
- 3 Dwarsdoorsnede bestaand dek en pijlers
- 4 Doorsnede van de bestaande liggers



2

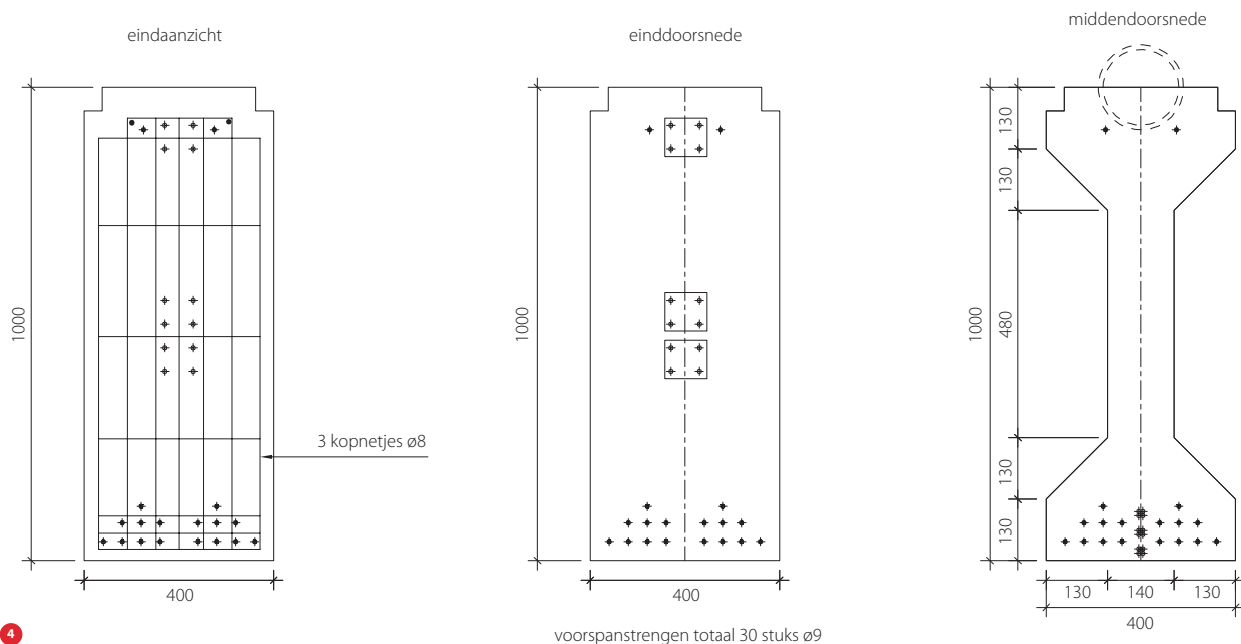


3

regelen uitgevoerd. Zo zijn pijlers voorzien van stempels, is een deel van de liggers boven de Slingerweg vervangen en is de brug voorzien van een gewichtsbeperking. Daarnaast zijn op het brugdek barriers geplaatst om te voorkomen dat zware voertuigen op de constructief zwakkere zijanten van het rijdek belanden en zijn hoogteportalen geplaatst om verdere aanrijding van de overspanning boven de Slingerweg te voorkomen.

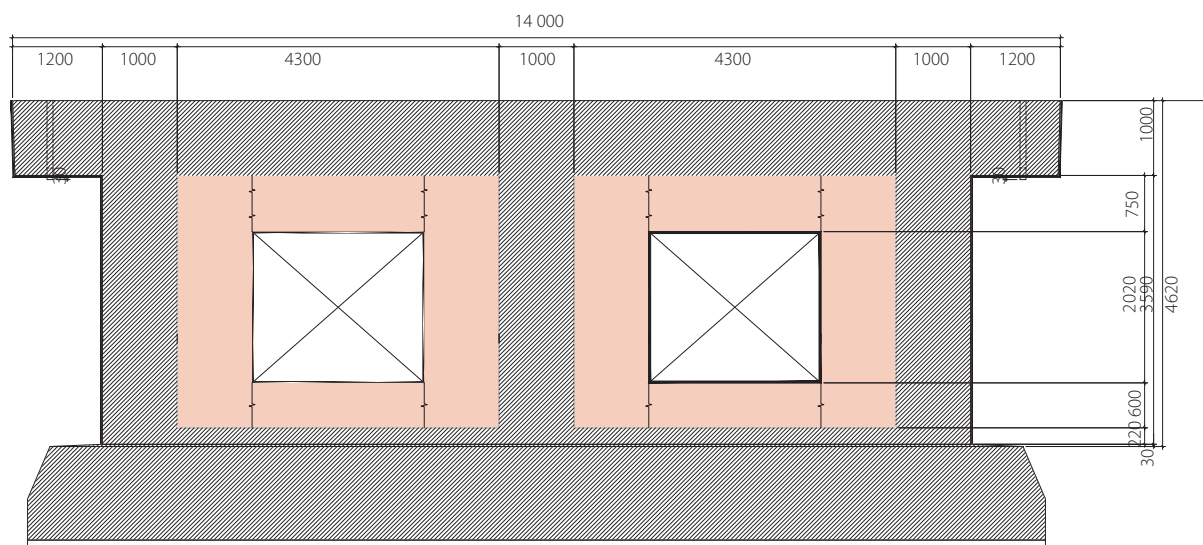
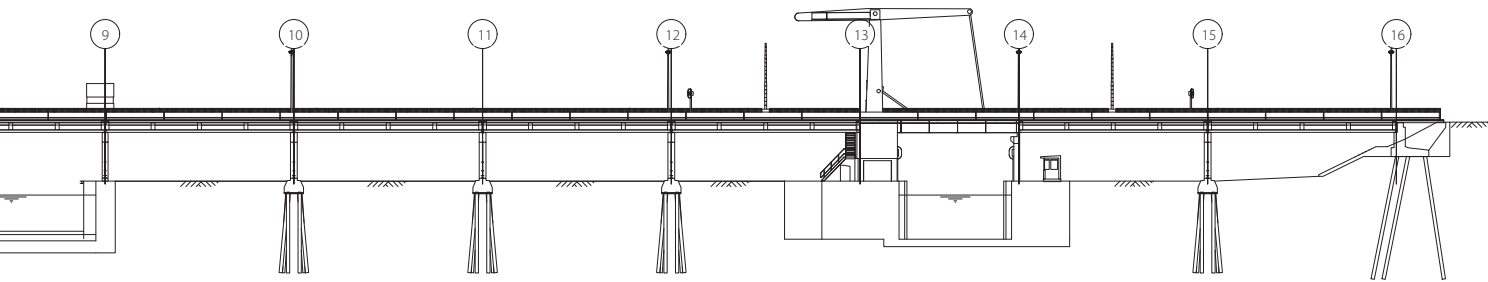
Project

Er is vanuit Rijkswaterstaat gekozen om in dit project niet te werken met een (over)complete eisenspecificatie, maar met het beschrijven van de behoeften voor de brug en de reden achter die behoeften. Project DOEN is daarmee een uniek project bedoeld om de samenwerking tussen Rijkswaterstaat en marktpartijen te optimaliseren. Het project biedt de ruimte om af te wijken van de gebruikelijke bestaande regels en werkwijzen en om te werken met een gemeenschappelijk doel: 'eerlijk geld voor eerlijk werk' en 'maximale klantwaarde'. Op basis van het



4

voorspanstrengen totaal 30 stuks ø9



5

inkoopplan schreef Rijkswaterstaat een aanbestedingsleidraad. Na meerdere fases, waarbij onder andere werd geselecteerd op samenwerkingscompetenties, plan van aanpak en analyse van klantbehoefes, werd de pre-award gegund aan Mourik en BESIX in de combinatie NU.

De opdracht voor de aanpak van de Nijkerkerbrug luidde: het realiseren van een (constructief) veilige brugverbinding, een levensduur van 25-30 jaar, geen beperkingen voor al het passerende verkeer dat voldoet aan de geldende wettelijke bepalingen, ten minste geschikt voor capaciteit en type verkeer als huidige, passend binnen het complex Nijkerkersluis en uiterlijk in kwartaal 3 van 2018 weer volledig beschikbaar voor alle verkeer.

De basculebrug, de schutsluis en de spuisluis zijn geen onderdeel van het project.

Renovatie of nieuwbouw?

Op het moment dat Mourik, BESIX en Rijkswaterstaat als één team begonnen samen te werken, waren ontwerp, prijs en contract nog niet bepaald. Voor het ontwerp waren op dat

moment vele oplossingsalternatieven mogelijk. Deze alternatieven betroffen volledige nieuwbouw, volledige renovatie en combinaties van beide. Binnen de alternatieven zijn diverse varianten afgewogen.

Vanaf het begin van de ontwerperperiode is intensief samengewerkt met Mourik-dochter Vogel (betononderhoud) en ABT (ingenieursbureau). Gezamenlijk zijn voor de nieuwbouwoptie de mogelijke toepassing van diverse liggertypes en uitvoeringsmethoden onderzocht. Voor de renovatieoptie zijn verschillende versterkings- en uitvoeringsmethoden bekeken. Alle mogelijke oplossingen zijn gedurende het ontwerpproces geoptimaliseerd en in combinatie met kosten, uitvoeringstijd en gevolgen voor hinder in kaart gebracht. Het beperken van hinder voor de weggebruiker was daarbij een van de belangrijkste criteria.

Capaciteit brug

Voorafgaand aan het project zijn verificatieberekeningen op basis van niveau 'gebruik' conform de RBK 1.1 uitgevoerd.

6 Steunpunt tijdens uitvoering met de te verwijderen (tijdelijke) stempels. De liggers zijn van versterking voorzien,

foto: Mourik

Tabel 1 Unity checks verschillende onderdelen

Pijlers		
Onderslagbalken	voldoen niet op veldmoment	u.c. 1,5
Onderslagbalken	voldoen niet op steunpuntmoment	u.c. 1,6
Kolommen	voldoen niet op rembelasting	u.c. 2,1
Funderingsloof	voldoet niet op steunpuntmoment	u.c. 1,9
Velden		
voorgespannen liggers en dwarsdragers	voldoen niet op momentcapaciteit	u.c. 1,3
	voldoen niet op dwarskrachtcapaciteit	u.c. 1,6
Brugdek		
	voldoet niet op momentcapaciteit	u.c. 2,0
	voldoet niet op pons	u.c. 1,5
	dek boven brugkelder voldoet niet op dwarskracht	u.c. 1,3

Hieruit kwam naar voren dat de brug niet voldeed, ofwel onvoldoende capaciteit had om de verkeersbelastingen conform NEN-EN 1991-2 te dragen. De constructieve versterkingen zijn getoetst op niveau 'verbouw' conform NEN 8700.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de unity checks die volgden uit de eerdere herberekeningen door Rijkswaterstaat en die als uitgangspunt voor het project golden.

Gezien de relatief hoge overschrijdingen was het niet de verwachting dat renovatie van de brug mogelijk was. Toch is, vanwege de kennis en ervaring bij de diverse specialistische partijen, gekozen ook deze variant als serieuze optie te onderzoeken. In de ontwerpfase zijn daartoe diverse onderzoeken uitgevoerd.

Aanvullend onderzoek

Met aanvullend geotechnisch onderzoek is aangetoond dat het draagvermogen van de fundering voldoet. De steunpunten en de liggers zijn onderzocht op betonschade, chloride-indringing en de geschiktheid en noodzaak voor de toepassing van kathodische bescherming. De optredende verkeerstrillingen zijn gemonitord om aan te tonen dat het aanbrengen van (beton) versterkingen mogelijk zou zijn bij doorgaand gebruik van de brug.

Door middel van hechtsterkteproeven is aangetoond dat het vergroten van de momentcapaciteit met uitwendig aangebrachte koolstof lamellen (lijmwapening) toepasbaar was. De mogelijke aanwezigheid van wapeningscorrosie in het brugdek is in kaart gebracht door de inzet van potentiaalmetingen. Hieruit bleek dat de aanwezige aantasting van het brugdek beperkter was dan op voorhand werd aangenomen. In combinatie met meer geavanceerde constructieve berekeningen is



aangetoond dat het brugdek kon worden behouden.

Uit de genoemde onderzoeken, in combinatie met de toe te passen uitvoeringsmethoden, volgde uiteindelijk de belangrijke conclusie dat renovatie van de brug technisch mogelijk was.

Definitieve keuze: renovatie

Bij de definitieve keuze tussen de diverse oplossingsalternatieven gold het beperken van hinder voor het verkeer tijdens de uitvoering op de brug als belangrijkste criterium. De overige criteria hadden betrekking op de openstellingsdatum, de onderhoudskosten, het risicoprofiel, duurzaamheid en kosten. Voor de verdere uitwerking van het ontwerp, de uitvoeringsmethode en prijs is door de klant besloten tot renovatie van de Nijkerkerbrug.

Versterking pijlers

De constructieve versterking van de pijlers bestaat uit het aanbrengen van betonwanden (fig. 5). In deze wanden is een sparing opgenomen van 2,0 bij 2,3 m. Deze wand, bestaande uit kolommen en onder- en bovenbalken, verzorgt de krachtsafdracht vanaf het dek naar de fundering. De versterkingsconstructie is verankerd met wapeningsstekken met de bestaande pijlers. Na het plaatsen van de bekisting is de versterking voor-



6

zien van zelfverdichtend beton. De voordelen van deze versterkingsmaatregel zijn onder meer het behoud van bouwhistorische waarde (constructie behoudt bestaande uitstraling), en het positief ecologisch effect (vogels nestelen bovenin in de hoeken tussen kolom en balk) en sociale veiligheid (openheid door sparing). Ten behoeve van de uitvoerbaarheid is het voordeel dat na voldoende uitharding de tijdelijke stempelconstructies kunnen worden verwijderd (foto 6).



7



8

7 Applicatie van kathodische bescherming ten behoud van de steunpunten,
foto: Mourik

8 Verlijmen van koolstofvezel lamellen aan de I-liggers,
foto: Mourik

Kathodische bescherming

Om betonschade door wapeningscorrosie te voorkomen en de constructieve functie tussen bestaand en nieuw beton te borgen zijn de pijlers voorzien van kathodische bescherming (kb-systeem). Voor deze beschermingstechniek zijn tussen de bestaande pijler en de versterkingen titaniumstrips (binnenvlakken pijler) aangebracht. Op het beton van de bestaande pijler (buitenzijde) zijn titaniumnetten geplaatst (foto 7). De bestaande wapening is aangeboord, gecontroleerd op wapeningcontinuïteit, en (d.m.v. een wapeningscontact) verbonden met de minpool (kathode). Vervolgens is tussen de te beschermen wapening (kathode) en het titanium (anode) een lage spanning van ongeveer 5 volt aangebracht. Dit heeft als gevolg dat de wapening een beschermstroom ontvangt waarmee corrosie en onthechting tussen bestaand beton en de versterking wordt voorkomen. Het KB-systeem van de pijlers is afgewerkt met een laag spuitbeton van 25 mm. De steunpunten zijn vervolgens voorzien van coating.

Versterking liggers - momentcapaciteit

Van de voorgespannen I-liggers onder het rijdek is de momentcapaciteit vergroot door het toepassen van koolstofvezel (CFRP: carbon fiber reinforced polymer) lamellen. Het ontwerp van de CFRP is opgesteld op basis van de Duitse DAFStb richtlijn 'Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung', die ook kan worden toegepast op voorgespannen constructies. Deze richtlijn vormt overigens tevens de basis voor de nieuwe uitgave van de Eurocode 2 waarin de toepassing van koolstoflijmwapening wordt opgenomen. De liggers worden, afhankelijk van de overschrijding, voorzien

9 Versterking dwarskrachtcapaciteit

10 Overspanning na aanbrengen lijmwapening en dwarskrachtversterking,

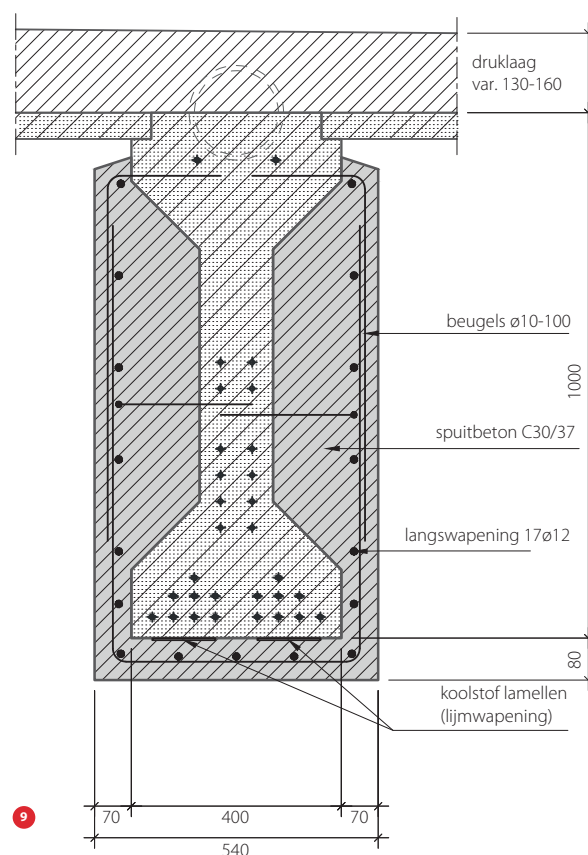
foto: Mourik

van 2 of 4 lamellen over de gehele overspanning (foto 8). De lamellen zijn verlijmd met epoxy en aan het begin en einde van de lamel verankerd door middel van koolstofvezel sheets (foto 8). Het op deze schaal toepassen van koolstoflijmwapening op voorgespannen liggers, waarbij het verkeer doorgaand gebruik blijft maken van de brug, is uniek in Nederland.

Versterking liggers - dwarskrachtcapaciteit

De dwarskrachtcapaciteit van de I-liggers is verhoogd door de liggers rondom op te dikken met een gewapende schil van spuitbeton en stalen wapeningsbeugels. De versterking is alleen daar aangebracht waar overschrijdingen zijn. Dit betekent dat de versterking is aangebracht op 470 mm vanaf de oplegging. Vlakbij de oplegging vindt geen dwarskrachtoverschrijding plaats door directe afdracht naar de oplegging. De versterking is aangebracht over een lengte van 6,2 m. Aangezien de versterking niet tot boven het steunpunt doorloopt, was het niet nodig de constructie te vijzelen. De liggers zijn aan de bovenzijde voorzien van L-vormige stekken $\text{Ø}10$ en aan de onderzijde is de beugel gesloten door $\text{Ø}10$ in U-vorm (fig. 9).

De voordelen van de toepassing van spuitbeton zijn de goede hechting, goede verdichting, eenvoudige bekisting en de transporteerbaarheid van het beton over de bouwplaats van de silo naar de locatie van verwerking.



11 Inzet van hydrodemolition robot ten behoeve van het saneren van de betonreparaties,

foto: Mourik

12 Vervangen van de overspanning over de Slingerweg,

foto: Mourik

● PROJECTGEGEVENS

Project Renovatie Nijkerkerbrug

Opdrachtgever Rijkswaterstaat Midden-Nederland

Noord (interne opdrachtgever)

Projectteam DOEN projectteam Rijkswaterstaat

Opdrachtnemer Combinatie NU

(Aannemerscombinatie Mourik + BESIX)

Engineering ABT

Betononderhoud Vogel

Aanpak brugdek

De wegingdeling, bestaande uit twee fietspaden aan de buitenzijden en een rijbaan van 7 m in het midden van de brug, blijft behouden. Als afscheiding tussen rijbaan en fietspaden blijven de huidige barriers aanwezig. Van het bestaande brugdek is met aanvullende berekeningen aangetoond dat constructieve versterking niet nodig was.

De fietspaden zijn voorzien van nieuw asfalt en de afwatering is verbeterd. Het brugdek onder de fietspaden is waar nodig gerepareerd en voorzien van kathodische bescherming in de vorm van opofferingsanodes ten behoeve van verlenging van de levensduur van de reparaties. Ten behoeve van de reparatiewerkzaamheden is een robot ingezet om slechte delen door hydrodemolition, ook bekend als watersaneren, met zeer hoge druk, weg te spuiten (foto 11).

De voegconstructies zijn vervangen voor renovatievoegen.

Overspanning Slingerweg

Het brugdeel boven de Slingerweg is compleet vervangen (foto 12). Dit brugdeel had te kampen met forse aanrijdschades. Er is besloten de liggers van dit veld te vervangen door kokerliggers en de doorrijdhoogte te vergroten waardoor deze 4,5 m zal zijn. Hiermee is de hoogtebeperking ter hoogte van de Slingerweg opgeheven en zijn daarom de hoogteportalen op de Slingerweg verwijderd.

De beschreven constructieve versterkings- en beschermingswerkzaamheden vonden plaats onder de brug en zijn uitgevoerd terwijl het verkeer op de brug doorgang vond. Hierdoor bleef de hinder voor personenauto's, vracht- en landbouwverkeer zeer beperkt.

Voor het vervangen van de voegovergangen en het plaatsen van het nieuwe brugdeel boven de Slingerweg is de brug een regulier weekend in mei 2018 en een lang weekend in juni 2018 afgesloten geweest voor verkeer.

De uitvoering van de gehele brug is gestart in september 2017.

De openstelling zal eind augustus 2018 plaatsvinden.



11



12

Tot slot

Project Renovatie Nijkerkerbrug, bekend als project DOEN, is een uniek project waarbij door de samenwerkingsvorm de technische kennis vanuit de marktpartijen en Rijkswaterstaat is gecombineerd. Het ontwerpproces heeft ervoor gezorgd dat er technische oplossingen konden worden bedacht door inzet van kennis en ervaring van diverse vakmensen. Zo is gezamenlijk tot een werkend en uitvoerbaar ontwerp gekomen met als gevolg dat de brug blijft gespaard en de omgeving veel hinder blijft bespaard. De samenwerkingsvorm biedt vele voordelen voor de toekomst. De toegepaste technische oplossingen voor de renovatie van de Nijkerkerbrug en de uitvoeringsperiode met minimale hinder zijn veelbelovend, zeker gezien de onderhoudsopgave die Nederland de komende decennia te wachten staat. ☒

Meer informatie

Meer informatie, de laatste stand van zaken en foto's staan op www.projectdoen.nu.

