



Renovatie De Muinck Keizerbrug met kathodische bescherming

Stroom beschermt wapening

De J.M. de Muinck Keizerbrug vormt de overbrugging van de Vecht in de J.M. de Muinck Keizerlaan in Utrecht. De betonnen, deels voorgespannen brug, is een belangrijke verbinding in het noordelijke deel van de stad, tussen de wijken Zuilen en Overvecht. Medio 2006 werd schade aan de brug geconstateerd ter plaatse van de tandopleggingen van de voorgespannen aanbruggen. Dit artikel gaat in op het onderzoek en de reparaties die inmiddels zijn uitgevoerd.

De J.M. de Muinck Keizerbrug werd aan het einde van de jaren '60 van de vorige eeuw gebouwd en is in 1970 opgeleverd. Hij is – evenals de laan – vernoemd naar J.M. de Muinck, een belangrijk Zuilens industrieel. Hij was het die hier op steenworp afstand in 1914 'De staalgietery De Muinck Keizer' vestigde. De brug bestaat uit vier steunpunten en drie overspanningen. De beide aanbruggen zijn uitgevoerd in voorgespannen beton. De middelste overspanning, over de rivier, is opgebouwd uit zogenoemde preflex-liggers waarop een gewapend betonnen druklaag is aangebracht. Deze preflex-liggers bestaan uit voorgebogen 700 mm hoge stalen HE-profielen waarbij fabrieksmatig alleen de onderflenzen van de profielen met beton zijn omhuld (foto 2 en 3, fig. 4). Op het werk zijn de preflex-liggers met rubber oplegmateriaal op de tandoplegging van beide

ing. Frank van der Vaart

Stadswerken, Stedelijk Beheer Gemeente Utrecht

Wiljan de Moor

Movares Nederland B.V.

dr. Rob Polder

TNO Bouw en Ondergrond/TU Delft, fac. CiTG

1 J.M. de Muinck Keizerbrug, een belangrijke interwijkverbinding in Utrecht-Noord

2,3 Betonschade aan de onderzijde zichtbaar

aanbruggen opgelegd (foto 3, fig. 5). Na de montage van de preflex-liggers zijn de flenzen van de HE-profielen met beton omhuld en zijn de bovenflenzen in de druklaag opgenomen.

Aanleiding

Tijdens een inspectie werd ter plaatse van beide tandconstructies van de middenoverspanning forse betonschade geconstateerd (foto's 4, 5). Aan de onderzijde van de tandconstructie was het beton op diverse plaatsen afgedrukt en lag wapening bloot. Visueel onderzoek wees uit dat de betonschade was ontstaan door lekkage van de dilatatievoegen ter plaatse van beide tandopleggingen. Door slijtage van de voegconstructies hebben vocht en doozouten (natriumchloride, NaCl), afkomstig van gladheidsbestrijding, het onderliggende beton kunnen bereiken. Door indringing van de chloriden in het beton, in combinatie met de aanwezigheid van vocht en zuurstof, is na verloop van tijd de wapening gaan corroderen. Dit ging gepaard met een sterke volumevergroting van de wapening, waardoor uiteindelijk de betondekking werd afgedrukt en de wapening bloot kwam te liggen.

Onderzoek

Om de ernst en de omvang te bepalen is nader onderzoek verricht. Een groot probleem bij een tandconstructie is dat constructiedelen niet of nauwelijks inspecteerbaar en bereikbaar zijn.

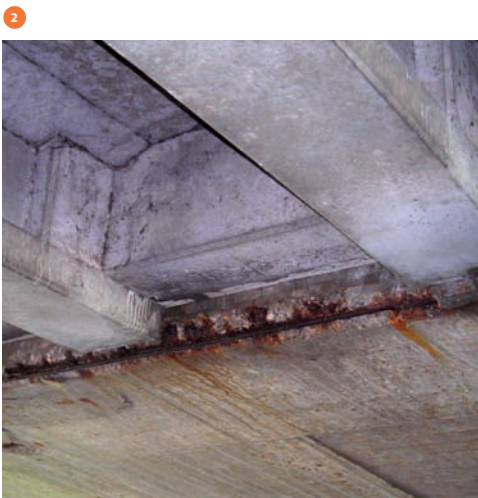
Bovendien waren de dilatatievoegen tussen de aanbruggen en de middenoverspanning vanuit de bouwperiode nog volledig met polystyreen gevuld.

Het onderzoek richtte zich in eerste instantie op de bereikbare constructiedelen van de tandconstructie. Op verschillende locaties en dieptes zijn boorstofmonsters genomen ter bepaling van het chloridepercentage in het beton. Dit aan de onderzijde van de tandconstructie van de beide voorgespannen aanbruggen, in de onderzijde van de preflex-liggers nabij de tandconstructie en bij de twee dichtstbijzijnde steunpunten.

Conclusie van het onderzoek was een bevestiging van de visuele inspectie: de schade was ontstaan door indringing van chloriden (dooizouten) in combinatie met een te lage betondekking op de wapening. Vooral aan de onderzijde van de voorgespannen aanbruggen, nabij de tandconstructie zijn hoge concentraties chloriden in het beton gemeten. Het maximaal gemeten chloridepercentage was 1,9% (t.o.v. de cementhoeveelheid (massa/massa)). Als maximaal toelaatbare percentage chloride is voor de voorgespannen aanbruggen 0,2% aangehouden en voor het gewapende beton maximaal 0,4%. In het beton van de preflex-liggers en de twee steunpunten werden geen overschrijdingen aangetroffen.

Aanvullend onderzoek

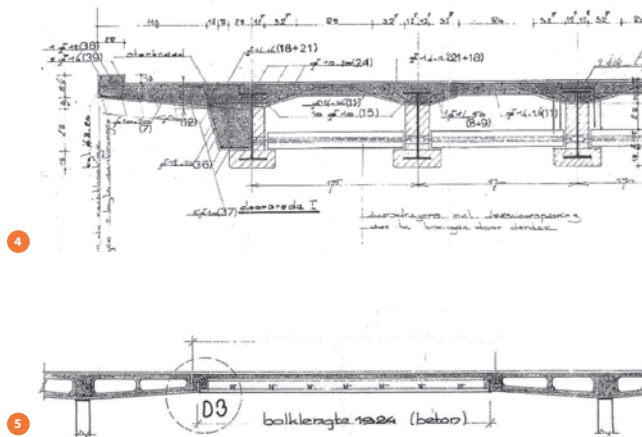
Het onderzoek was alleen uitgevoerd aan het zichtbare en het bereikbare beton nabij de tandconstructie. Het daadwerkelijke oplegvlak van de tandconstructie was door de constructievorm



Stroom beschermt wapening



- 4 Dwarsdoorsnede waarop principe van Preflexbalken duidelijk zichtbaar is.
- 5 De middelste overspanning is op de tandoplegging van beide aanbruggen opgelegd
- 6 Inspectiegat
- 7 Uitvoering van KB



niet bereikbaar en door de aanwezigheid van polystyreen in de dilatatie ook niet met een endoscoop inspecteerbaar. Veront-rust door de gemeten hoge percentages ingedrongen chloride en door de belangrijkheid van het constructieonderdeel, is besloten een deel van de tussenoverspanning te verwijderen. Het doel hiervan was het zichtbaar maken van het oplegvlak van de tandconstructies, zodat dit ook kon worden geïnspecteerd en er chloridebepalingen konden worden genomen. Op twee plaatsen zijn met overlappende kernboringen twee (inspectie)gaten gecreëerd met een afmeting van ongeveer 1000 x 450 mm². Na het uithijzen van beide vrij geboorde delen van de middenoverspanning was het oplegvlak van de tandconstructie (gedeeltelijk) bereikbaar (foto 6).

Het oplegvlak kon zo visueel worden geïnspecteerd en de chloridebepalingen konden worden uitgevoerd. Op beide locaties werd er visueel geen schade aan het oplegvlak geconstateerd. Ook het resultaat van het chlorideonderzoek was in vergelijking met het eerder uitgevoerde onderzoek gunstig. Het percentage chloride in het oplegvlak was beduidend lager dan de hoeveelheid chloride die in de onderzijde van de tandconstructie werd aangetroffen. Het maximaal toelaatbare percentage chloride werd hier slechts licht overschreden. De eindconclusie is dan ook dat de chloride-indringing in de onderzijde van de tandconstructie veel hoger is dan de chloride-indringing ter plaatse van het oplegvlak. Vermoedelijk is door het spoelen van regenwater over het oplegvlak heen, de indringing van chloride beperkt gebleven.

Herstelplan tandconstructie

Ondanks het gunstige resultaat van het aanvullende onderzoek, bleef het feit bestaan dat er forse betonschade was aan de onderzijde van de tandconstructie met hoge percentages ingedrongen chloride in het beton. Het repareren van de beide tandconstructies was noodzakelijk. Twee opties waren beschikbaar.

Traditioneel handmatig repareren

Een eerste mogelijkheid was het handmatig repareren. Echter door de vorm van de tandconstructie en de geringe afmetingen van de dilatatie was er twijfel of al het chloridehoudende beton

wel voldoende ver kon worden verwijderd en – zeker zo belangrijk – of het beton weer goed met een reparatiemortel kon worden gerepareerd.

Aanbrengen van kathodische bescherming (KB)

CUR-Aanbeveling 45 – Kathodische bescherming van wapening in betonconstructies – maakte tot dusver alleen reparatie van gewapend beton met KB mogelijk. Met de komst van de Europese norm NEN EN 12696: 2000 - Kathodische bescherming van staal in beton – was het nu ook toegestaan voorgespannen beton met KB te beschermen. Dit bood nieuwe perspectieven.

Uiteindelijk is gekozen beide tandconstructies van de aanbruggen te repareren door het aanbrengen van een KB-systeem. In principe kan op basis van opgedrukte stroom altijd voldoende bescherming van de (voorspan-)wapening worden bereikt.

Ontwerp KB-systeem

Uitgangspunten bij het ontwerp van KB waren: bescherming van zachtstaal- en voorspanwapening in de aanbruggen ter plaatse van de tandopleggingen. Gewenste levensduur van het KB-systeem bedroeg ten minste 25 jaar.

De levensduur van een KB-systeem wordt bepaald door de gebruikte materialen en componenten en door de stroomdichtheid. 20 jaar ervaring in Nederland leert dat het anodesysteem het meest kritisch is. Geactiveerd titanium in goed uitgevoerd spuitbeton geeft ten minste 25 jaar gebruiksduur; de levensduur wordt dan voornamelijk bepaald door het spuitbeton. Anodes op basis van geleidende coating hebben een gebruiksduur van 10 tot 15 jaar. Daarom is gekozen voor titaniumgas in spuitbeton. Voedingen en regelsystemen moeten mogelijk na ongeveer 15 jaar worden vervangen. Naast de elektrische controles moet een KB-installatie ten minste éénmaal per jaar visueel worden geïnspecteerd en gecontroleerd op afwijkingen en defecten. Deze controles en vervanging van onderdelen kunnen in een onderhoudscontract worden geregeld.

De kwaliteit van de bescherming wordt bepaald met de depolarisatieproef met behulp van referentie-elektroden (RE) in het beton nabij de wapening. Hierbij wordt de verandering van de



6



7

● PROJECTGEGEVENS

project Renovatie De Muinck Keizerbrug, Utrecht

opdrachtgever Stadswerken gemeente Utrecht

eerste onderzoek en directievoering IBU-stadsingenieurs

nader & aanvullend onderzoek Nebest

second opinion, aanvullend onderzoek, advies en bestek

Movares Nederland B.V.

ontwerp kathodische bescherming en ondersteuning directie

TNO Bouw en Ondergrond

aannemer Combinatie Vogel - Eco Remain

staalpotentiaal gemeten over 4 tot 24 uur na uitschakelen van de stroom. Het potentiaalverval over die periode is de depolarisatie. Een depolarisatie van 100 mV geldt als ondergrens voor goede bescherming. De spanning van de voeding wordt zo afgesteld dat deze op alle meetpunten ten minste 100 mV bedraagt. Na een controle kan de voeding indien nodig worden bijgesteld.

Bij voorgespannen constructies gelden aanvullende eisen. Bij extreme polarisatie van de voorspanning kan namelijk waterstof worden gevormd, dat waterstofverbrossing zou kunnen veroorzaken. Bij normale polarisatie, die voldoende is om corrosie te stoppen, is dit niet aan de orde. Volgens NEN-EN 12696:2000 is de veilige grens een potentiaal positiever dan -900 mV ten opzichte van zilver-zilverchloride (Ag/AgCl). Ter controle hiervan moet de potentiaal ten minste vier keer per jaar worden gemeten met RE's die nabij de voorspanning worden geplaatst.

De capaciteit werd berekend op basis van de aanwezige wapening, rekening houdend met de beperkte hoeveelheid actieve corrosie (alleen in het ondervlak). De ontwerpstroom kwam neer op ongeveer 15 – 20 mA/m² betonoppervlak. Verwacht werd dat in werkelijkheid slechts ongeveer een derde daarvan nodig zou zijn. Door regelmatig te controleren kan de stroom zo laag mogelijk worden gehouden (met toch voldoende bescherming). Dit is gunstig voor de levensduur van het KB-systeem. Het systeem wordt in twee zones verdeeld: één zone op de

noordelijke en één op de zuidelijke aanbrug, elk van ongeveer 25 m² betonoppervlak.

Aanbesteding

In overleg met de adviseurs zijn de vereisten bepaald waaraan de in te schrijven aannemers moesten voldoen. De belangrijkste betrof ervaring met KB in het algemeen (projecten) en een KB-systeem toegepast bij een voorgespannen constructie in het bijzonder, beide gekoppeld aan een omzeteis per project. Het was voor de inschrijvende aannemers toch lastig aantoonbaar aan deze eisen te voldoen. De eerste twee inschrijvers moesten om deze reden worden afgewezen. De derde inschrijver voldeed en kreeg de opdracht.

Uitvoering herstelplan

De renovatie van de J.M. de Muinck Keizerbrug betrof een integraal project. Alle onderdelen van de brug die onderhoud nodig hadden, zijn aangepakt. Naast het aanbrengen van het KB-systeem zijn ook de locaties aangepakt waar betonschade was ontstaan door een dekkingstekort. De bestaande asfaltconstructie voor de weg en de elementenverharding voor de fietsen voetpaden zijn compleet verwijderd en geheel opnieuw opgebouwd. Ook de beide voegconstructies, die door slijtage mede de oorzaak waren van de lekkageschade, zijn compleet vervangen. Alle werkzaamheden zijn in een RAW-bestek beschreven.

KB-systeem

De uitvoering van het KB-systeem is grotendeels volgens plan verlopen. Losgedrukte stukken beton zijn verwijderd, het staal is licht ontroest en open plekken zijn vooraf met spuitbeton of handmatig gerepareerd. Het titaniumgaas met een totale breedte van 1,20 m is over 0,9 m aan de onderzijde van de aanbruggen aangebracht; een strook van 0,30 m werd verticaal omgezet tegen de voorkant van de aanbrug. Spuitbeton in een laagdikte van circa 25 tot 30 mm is over het titaniumgaas aangebracht. Aansluitingen, meetelektroden, regeleenheden (RE's) en bekabeling zijn zoveel mogelijk geplaatst voor het aanbrengen van het gaas.



8

- 8 Aanbrengen spuitbeton
- 9 Vertande voegovergang

Na het aanbrengen van gaas en spuitbeton werden vanaf de kopse vlakken schuin aflopend gaten geboord tot nabij de voorspanners. Hierin werden de RE's die bij de voorspanning nodig zijn, geplaatst met behulp van injectiemortel. De voedingskast werd op een kolom aan de waterkant geplaatst, om de kans op beschadiging door vandalisme te minimaliseren.

Herstel overig beton

Alle overige delen van de brug waarbij betonschade was geconstateerd, zijn met spuitbeton gerepareerd. De combinatie heeft ervoor gekozen de bestaande betondekking te saneren met hoge druk waterstralen. Deze techniek, die niet eerder was toegepast binnen gemeente Utrecht, leverde een goede ondergrond op om de laag spuitbeton op te bouwen, die als extra betondekking moest functioneren. Grote delen van het spuitwerk zijn niet afgewerkt om het oorspronkelijke betonoppervlak te benaderen, dat bij aanleg was verkregen door een rubberen structuurmat (foto 8).

Herstel wegdek

Zoals eerder aangegeven is de gehele wegverharding van de brug verwijderd. Op deze manier kreeg men ook goed zicht op de eventuele betonschades aan de bovenzijde van de brug. Het aantal schades viel mee en de schades die aanwezig waren konden snel worden hersteld. Om mogelijke indringing van water van bovenaf te voorkomen, is ervoor gekozen de hele constructie zo waterdicht mogelijk te maken. Het gehele dek is daarom voorzien van een 3 mm dikke verspuitbare rubberen waterdichte laag, die na het aanbrengen werd ingestrooid met fijn split. Deze waterdichte laag, die bij aanbrengen watergedragen is, is snel en eventueel onder vochtige omstandigheden aan te brengen. Vervolgens is hierop het asfaltpakket aangebracht. Ook de fiets- en voetpaden zijn geasfalteerd, om een zo waterdicht mogelijke constructie te verkrijgen. Als fundering is hier geen dicht asfaltbeton gekozen, maar een cementgebonden puinfundering. Het voetpad is afgewerkt met een zogenoemde 'streetprint'.

Herstel voegen

De keuze voor de voegconstructie werd bepaald door de criteria waterdichtheid en geluidsproductie. De waterdichtheid werd gerealiseerd door een ingeklemd rubberprofiel tussen staalprofielen. Reductie van het geluid werd bereikt door een stalen vertande overgang (foto 9). Hierdoor werd het typische voeggeluid voorkomen.

Conclusies

De herstelwerkzaamheden zijn afgerond en het werk is nagevoeg opgeleverd. De brug ziet er visueel weer mooi uit en tijdens de uitvoeringswerkzaamheden is de overlast voor de omgeving tot een noodzakelijk minimum beperkt gebleven. Het kon de brug blijven gebruiken. Het KB-systeem wordt op dit moment ingeregeld. De verwachting is dat, onder jaarlijkse controle door de aannemer, het KB-systeem minimaal 25 jaar zal blijven functioneren. De brug over de Vecht kan zo weer veilig decennia lang mee. ☒



9