

HET NIEUWE OPDRACHT NEMMEN

1 | Voor de betonnen kunstwerken in de A59, zoals hier bij Maliskamp, geldt een levensduur van tachtig jaar



ir. A.Q.C. van der Horst en ir. W.J. Bouwmeester-van den Bos, Delta Marine Consultants

In het vorige artikel is ingegaan op het nieuwe opdracht geven. Door deze andere manier van marktbenadering verandert ook de inhoud van het verwerven en realiseren van projecten. Infrastructurele projecten worden via nieuwe contractvormen als D&C (design en construct), DBM (design, build en maintain) en DBFM (design, build,

finance en maintain) aanbesteed. In deze nieuwe contractvormen worden de eisen veelal op een abstract niveau geformuleerd. De opdrachtnemer zal deze eisen moeten omzetten naar concrete specificaties.

In dit artikel wordt ingegaan hoe specificaties kunnen worden gemaakt aan de hand van eisen uit het PvE (programma van eisen). Gezien het thema van dit nummer van Cement is de aandacht gericht op de verhardingsbeheersing van beton.

In het PvE zijn de eisen aan de constructie gedefinieerd. Het abstractieniveau hiervan kan zeer hoog zijn. Het is mogelijk dat zelfs de materiaalkeuze voor de constructie vrij wordt gelaten. Het woord beton kan dan zelfs in het PvE ontbreken, hooguit een generieke verwijzing naar normen en richtlijnen die moeten worden gebruikt.

Wat voor eisen worden dan wél aangetroffen in een PvE? Veel contracten die op de markt zijn, bevatten een eis aan de levensduur van de betonnen kunstwerken. Daarnaast bevatten contracten waarbij de constructie gedurende een periode instandgehouden moet worden, een eis aan de beschikbaarheid van de infrastructuur.

Eisen uit PvE

De eis aan de levensduur houdt in dat constructies gedurende de gevraagde tijdsperiode voldoen aan alle eisen die gesteld zijn. Omdat degradatiemechanismen vroeg of laat tijdens de levensduur worden geïnitieerd, moet de ontwerper weten welke degradatie zich zal voordoen, hoe het verloop ervan zal zijn en hoe daarop door ontwerp-, uitvoerings- of onderhoudsmaatregelen moet worden geanticipeerd om te voldoen aan de abstracte eisen van het PvE.

In de huidige normen (VBC) is als referentieperiode voor de belastingen vijftig jaar gegeven. Er wordt vanuit gegaan dat een constructie die gebouwd is op basis van de eisen uit de VBT en VBU, in staat moet zijn ten minste te voldoen aan deze levensduur.

In het PvE van HSL-Zuid staat als eis genoemd dat de kunstwerken een ontwerplevensduur van honderd jaar moeten hebben. In de later op de markt gekomen bestekken, zoals de ombouw van de snelweg A59 bij Rosmalen is een levensduur van tachtig jaar gevraagd voor de betonnen kunstwerken (foto 1). Deze eis komt ook terug bij het PvE van de verdubbeling van rijksweg 31 Leeuwarden-Drachten (foto 2).

Om een constructie te bouwen met de gevraagde levensduur, zal mogelijk een aanpassing van de eisen uit de normen noodzakelijk zijn. In geval van een contract met onderhoud moet worden gezocht naar het optimum in kosten, beschouwd over de gehele levensduur of overeengekomen periode. Onder die omstandigheden speelt vaak ook de complexe relatie tussen de onderhoudsstrategie en beschikbaarheid van de constructie een prominente rol.

In een contractvorm, waarin ook het onderhoud van de infrastructuur is opgenomen, wordt een eis gesteld aan de beschikbaarheid. In het contract van de bovenbouw van de HSL-Zuid is bijvoorbeeld een beschikbaarheid van 99,46% gevraagd (foto 2). In het contract van de ombouw van de snelweg A59 bij Rosmalen is de beschikbaarheid

in het contract verwerkt door per rijstrookafzetting een reductie op de beschikbaarheidsvergoeding in rekening te brengen.

De beschikbaarheid van de infrastructuur is daarmee de basis voor de betaling van het project. Bij voldoende beschikbaarheid wordt het overeengekomen bedrag betaald, bij onvoldoende beschikbaarheid wordt het bedrag met een korting betaald. Een betrouwbare prognose van de beschikbaarheid is dan ook van groot belang. En daardoor speelt de betrouwbare beschrijving van de degradatiemechanismen een prominente rol om tot een optimale afweging te komen inzake de onderhoudsstrategie. Daarmee is Life Cycle Management van ontwerp tot sloop (of overdracht) prominent aanwezig in het nieuwe opdracht nemen van civiele constructies.

Life Cycle Management

Life Cycle Management heeft de volgende kenmerken:

- door de koppeling van de kosten in de tijd kan een optimalisering van de integrale kosten (som van de kosten van de aanleg en het onderhoud) bereikt worden;
- het gedrag van de constructie in het gebruiksstadium moet voorspelbaar en betrouwbaar in de tijd aangegeven worden;
- op basis van het gedrag moeten onderhoud- en herstelstrategieën ontwikkeld worden.

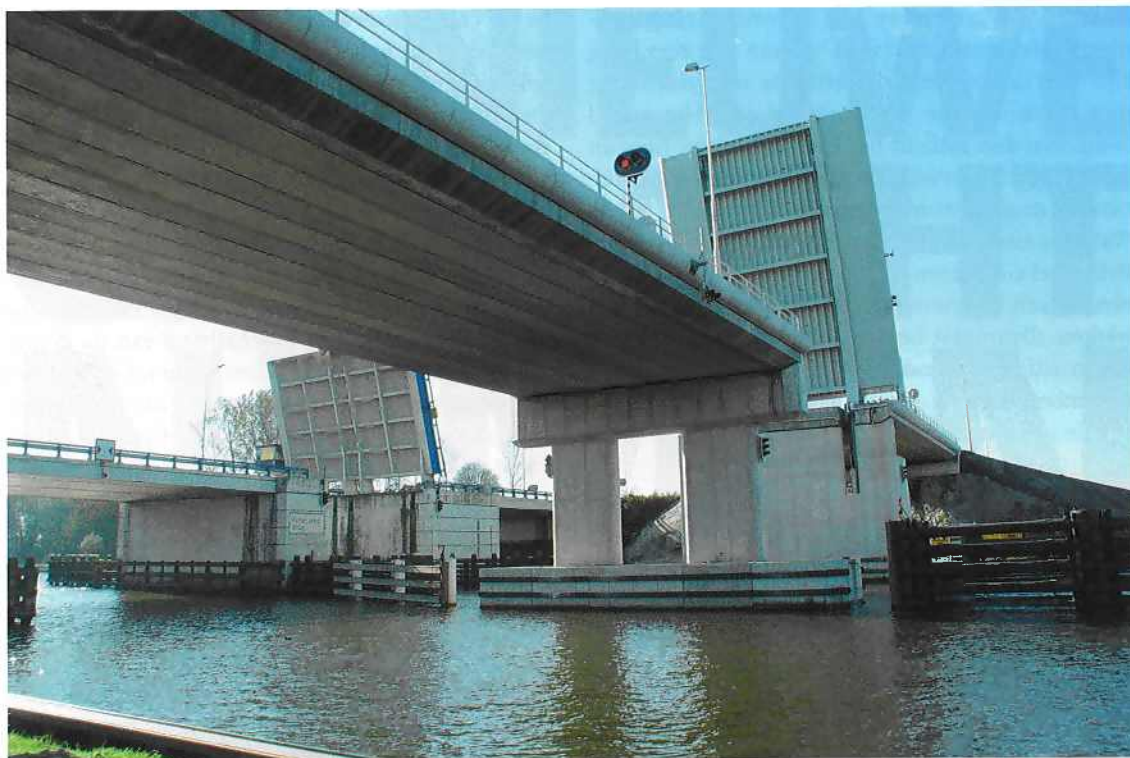
LCM is daarmee het antwoord op de vraag die in de eisen zit opgesloten.

Het vernieuwende van LCM is de integrale levenscyclusbeschouwing: een optimalisatie door integratie van ontwerp, uitvoering en instandhouding van constructies. Dit is in tegenstelling tot traditionele contracten, waar de tijdas de informatiestroom en consequenties van beslissingen domineerde. Bij de nieuwe contractvormen behoren kennis en inzicht van alle fasen te worden ingebracht, direct bij aanvang van de conceptvorming, om de optimalisatie over de levensduur mogelijk te maken. En daarmee wordt de tijdas doorbroken en ontstaan cyclische ontwerpprocessen. De beheersing daarvan is een specifiek aandachtspunt, maar valt buiten de context van dit artikel.

LCM is dus het streven, maar dit is voor gewapend beton helaas nog niet in volle omvang beschikbaar. De ontwikkeling van een dergelijk systeem, gevalideerd en wel, zal nog jaren in beslag nemen. Toch wordt op dit moment binnen de geldende beperking invulling gegeven aan de eisen van het PvE. Hierbij wordt uitgegaan van de LCM-systematiek in zijn algemeenheid en is deze voor zover mogelijk ingevuld op basis van de huidige stand der techniek. Voor gewapend beton houdt dit in dat er spe-

2 | De verdubbeling van de Friese N31 wordt uitgevoerd middels een PPS-contract. De in dit traject gelegen Fonejachtbrug wordt vervangen door een nieuwe brug die ruim 3 m hoger is dan de oude brug

(foto: Wäldwei)



cifieke aandacht is bij de conceptvorming en het ontwerp (design for servicelife) en tevens bij de uitvoering van de werken (construction for service life). In de interactie tussen ontwerp en uitvoering vinden we kritische succesfactoren, in het Engels bekend als de 'four critical C's':

- cover;
- concrete mix;
- curing / compaction;
- cracks.

Op deze vier factoren wordt kort ingegaan.

Cover

90% van de schadegevallen van gewapend beton betreft corrosie van wapening. Dit is daarmee het belangrijkste degradatiemechanisme. Corrosie van de wapening kan zowel door carbonatie (CO_2) als door chloriden (Cl^-) worden geïnitieerd. Beide stoffen moeten vanaf de buitenzijde het beton indringen en bij de wapening komen. Hoe langer deze weg is tot de wapening, hoe meer tijd voordat de corrosie zal starten. De dekking bepaalt de lengte van de weg en is daarmee een belangrijke parameter in het uitstellen van het tijdstip waarop corrosie wordt geïnitieerd.

Ofschoon de keuze van de grootte van de dekking een ontwerpaspect en het realiseren van de dekking in de praktijk een uitvoeringsaspect is, behoort bij de geïntegreerde aanpak inzicht in de gerealiseerde dekking onder vergelijkbare omstandigheden en de haalbaarheid om hiervan af te wijken mede een rol te spelen bij de keuze van de dekkingspecificatie door de ontwerper.

Concrete mix

Dit betreft de keuze van de grondstoffen en de mengselsamenstelling. Voor indringing van Cl^- en CO_2 is dichtheid van beton van belang. Hoe dichter het beton, hoe moeilijker deze stoffen kunnen indringen. Dit leidt daarmee tot een langere initiatiefase. Daarnaast zijn voor duurzaamheid van het beton ook andere degradatiemechanismen van belang, zoals ASR, vorstschade en eventuele chemische aantasting.

De keuze van de grondstoffen en de samenstelling van het mengsel zijn betontechnologische aspecten. Door keuzes in het ontwerp en uitvoering kunnen wel randvoorwaarden worden gegeven.

Curing/compaction

Curing/compaction staat voor verdichten en nabehandelen. Vooral van de nabehandeling van beton is de invloed bekend. Een goede nabehandeling, vooral bij hoogovencement, is noodzaak voor het verkrijgen van voldoende dichtheid. In de VBU zijn richtlijnen gegeven voor de nabehandeling en de verdichting.

Op welke wijze de nabehandeling wordt uitgevoerd en ook gedurende welke tijdsduur, zijn keuzes van de uitvoerende partij. Dit geldt ook voor de wijze van verdichten. Keuzes in het ontwerp en de technologie kunnen echter wel invloed uitoefenen op de nabehandeling en de verdichting.

Cracks

Scheurvorming in beton is onontkoombaar. Beton bevat wapening om de trekkrachten op te nemen.

De wapening functioneert echter pas wanneer het beton gescheurd is. Toch geeft scheurvorming geregeld aanleiding tot discussie.

De vraag hierbij is welke scheurwijdte nog toelaatbaar is, zonder effect te hebben op de duurzaamheid. Duidelijk is wel dat vanwege het risico op scheurvorming watervoerende scheuren niet gewenst zijn.

De toelaatbare maximale scheurwijdte en vertaling hiervan in wapening, zijn ontwerpaspecten. Wanneer het gaat om het nemen van maatregelen om scheurvorming ten gevolge van de verharding te voorkomen (doorgaande scheurvorming) betreft het voor het grootste deel uitvoeringsaspecten. Ten dele kunnen dit ook ontwerp- en technologische aspecten zijn.

Levensduurbeschouwing

Voor elk project moet een keuze worden gemaakt hoe ontwerp, technologie, uitvoering en instandhouding op deze aspecten worden gecombineerd. Hiervoor wordt een zogenoemde levensduurbeschouwing opgesteld. Dit is de onderbouwing van de gekozen combinatie; op basis hiervan worden de concrete specificaties opgesteld.

Een levensduurbeschouwing bestaat uit een aantal stappen [1].

De eerste stap bestaat uit het inventariseren door welke oorzaken het functioneren van een constructie in de loop van de tijd in gevaar kan komen. In het PvE kunnen aanvullende eisen staan over het optreden van belastende omgevingscondities. In het PvE van HSL-Zuid is bijvoorbeeld gegeven dat er rekening moet worden gehouden met een chloridenbelasting vergelijkbaar met de Noordzee. Andere belastende omgevingscondities moeten met nader onderzoek worden bepaald. Dit geldt bijvoorbeeld voor de agressiviteit van de bodem en het grondwater. Hiervoor zal laboratoriumonderzoek moeten worden uitgevoerd.

In een tweede stap worden de oorzaken per constructieonderdeel verder gespecificeerd. Dit kan inhouden dat oorzaken die in de eerste stap worden genoemd voor een constructieonderdeel niet van toepassing zijn. Aan de andere kant kunnen door het PvE oorzaken juist wel van toepassing worden verklaard. Bijvoorbeeld in de ROBK 5.0 [2], die vaak als verplichte richtlijn wordt voorgeschreven, is aangegeven dat dooizouten tot 1 m onder maaiveld kunnen voorkomen.

In de derde stap worden de maatregelen aangegeven om het functioneren van de constructie in de loop van de tijd te waarborgen. Hiertoe is het noodzakelijk dat het degradatiemechanisme betrouwbaar kan worden beschreven. Vanuit de beschrij-

ving kunnen dan maatregelen worden voorzien. Deze maatregelen kunnen variëren van het voorkomen van een degradatiemechanisme tot het beheersen van een degradatiemechanisme. Van beide een voorbeeld.

- ASR (Alkali Silica Reactie) is een goed voorbeeld van het voorkomen van een degradatiemechanisme. De maatregelen bestaan uit het kiezen van de juiste grondstoffen en mengselsamenstelling om het optreden van een ASR te voorkomen;

- een voorbeeld van degradatiemechanisme dat met maatregelen wordt beheerst, is de indringing van Cl⁻ in beton. Door voldoende tijd te reserveren voordat chloriden in een kritische concentratie bij de wapening aanwezig zijn, wordt de duurzaamheid gerealiseerd. Binnen de DuraCrete-methodiek zijn modellen beschikbaar die de indringing in de tijd beschrijven. In deze modellen wordt uitgegaan van een samenspel tussen ontwerp, technologie en uitvoering. Voor het berekenen van de indringing van chloriden zijn gegevens nodig over de dekking, de mengselsamenstelling (D_{RCM}) en de uitvoering (nabehandeling). Op basis van deze gegevens kan een keuze worden gemaakt welke maatregelen worden getroffen:

- een kleinere dekking bij een uitstekende nabehandeling en hoogwaardig mengsel;
- een grotere dekking bij een goede nabehandeling en een standaard betonsamenstelling.

Een levensduurbeschouwing zoals deze tot dusver wordt beschreven, lijkt wel wat op het bepalen van de milieuklassen volgens de nieuwe betonnorm, de NEN-EN 206. In deze norm moet een keuze worden gemaakt uit achttien milieuklassen op basis van degradatiemechanismen. De milieuklasse(n) is bepalend voor de eisen aan de betonsamenstelling. Een levensduurbeschouwing gaat echter verder,

3 | Aan de HSL-Zuid wordt een beschikbaarheid van 99,46% gevraagd. Een ballastloos spoor draagt hiertoe bij



doordat ook ontwerp, uitvoering en instandhouding erin worden betrokken.

Naast deze drie stappen zal ook scheurvorming in de levensduurbeschouwing moeten worden opgenomen. Ten aanzien van scheurvorming geldt dat de scheuren geen invloed hebben op duurzaamheid. Het uitgangspunt is dat de eisen uit de VBC ten aanzien van de maximale scheurwijde kunnen worden overgenomen.

Verder zijn watervoerende scheuren niet acceptabel. Dit wordt vertaald in de specificatie dat scheurvorming ten gevolge van de verharding in (grond)waterkerende constructies niet toelaatbaar is. Dit houdt in dat (grond)waterkerende constructies moeten worden beoordeeld op het risico van scheurvorming. Hiervoor zijn verschillende modellen beschikbaar. Wanneer een risico wordt ingeschat kunnen op basis van deze modellen de maatregelen worden bepaald om de scheurvorming te voorkomen.

Naast de (grond)waterkerende constructies is het ook mogelijk dat er vanuit esthetische overwegingen in constructieonderdelen geen scheurvorming vanuit de verhardingsfase toelaatbaar is. Ook in die gevallen kunnen met de beschikbare modellen het risico en de eventuele maatregelen worden bepaald.

Specificaties

Op basis van de keuzen die in de levensduurbeschouwing zijn aangegeven, kunnen de specificaties worden opgesteld. Deze specificaties betreffen een breed gebied. Voor het ontwerp kan de dekking worden vastgelegd en worden door het bepalen van een maximaal toelaatbare scheurwijde randvoorwaarden aan de wapening gesteld. Wat de technologie betreft, kan uit de levensduurbeschouwing naar voren komen dat hoogovencement de voorkeur heeft. Voor de uitvoering kunnen algemene eisen worden gesteld aan de nabehandeling. Verder kan worden aangegeven voor welke onderdelen scheurvorming ten gevolge van de verharding niet acceptabel is. Dit zijn allemaal voorbeelden van specificaties. Elk project heeft door zijn eigen karakter een unieke set specificaties.

Nu is het niet zo dat met het opstellen van de specificaties geen afwijkingen meer mogelijk zijn. Natuurlijk moet het altijd mogelijk zijn gedurende het project andere keuzen te maken. Deze zullen echter ten opzichte van de specificaties moeten worden gemotiveerd. Daarbij zal nog steeds aan de achterliggende eisen uit het PvE moeten worden voldaan.

Verhardingsbeheersing in de specificaties

In het begin van het artikel is reeds aangegeven dat in dit nummer van *Cement* het thema verhardings-

beheersing centraal staat. In het nieuwe opdracht nemen is de verhardingsbeheersing niet verdwenen uit de specificaties. Integendeel, door de eisen uit het PvE en de gewenste ontwikkeling van LCM komt verhardingsbeheersing steeds nadrukkelijker naar voren. De beheersing van de verharding op een dusdanige wijze dat de betonconstructie de gewenste performance krijgt, nu en in de toekomst, is een essentieel onderdeel van LCM, en daarmee van het nieuwe opdracht nemen en geven.

Conclusie

De nieuwe contractvormen hebben een andere wijze van het stellen van eisen. Deze worden op een abstract niveau aangegeven. De eisen leiden tot een aantal uitgangspunten voor het ontwerp en de uitvoering en, bij een aantal contractvormen, de instandhouding. Voor een goede invulling van de eisen kan Life Cycle Management (LCM) het antwoord zijn. LCM in volle omvang is het streven, maar er moet worden gewerkt met de huidige stand van de techniek. Vanuit het verleden is bekend dat een betonconstructie relatief weinig onderhoud heeft, mits deze goed is ontworpen en uitgevoerd. Voor het maken van een dergelijke constructie staan de vier C's centraal: cover, concrete mix, curing/compaction en cracks. In een levensduurbeschouwing worden voor elk project opnieuw, de keuzen onderbouwd die een relatie hebben tot deze C's. Op basis van deze levensduurbeschouwing worden de concrete specificaties van het project gedefinieerd.

In de toekomst zal de levensduurbeschouwing zich moeten ontwikkelen tot een echt LCM van beton. Hiervoor zal een integratie van ontwerp, technologie, uitvoering en instandhouding noodzakelijk zijn. Dit is de grote uitdaging van Life Cycle Management. ■

Literatuur

1. *Betoniek* 12/30, Gevraagd: 100 jaar. ENCI Media, november 2003.
2. ROBK 5.0, Richtlijnen ontwerp betonnen kunstwerken. Bouwdienst Rijkswaterstaat, juli 2002
3. Horst, A.Q.C. van der, Life Cycle Management. fib-commissie 10, september 2004.