



Rolbanen voor bezinktanks in zuiveringsstations

30 % van alle 700 openbare waterzuiveringsstations in België werd tijdens de laatste 15 jaar opgericht. Deze waterzuiveringsstations vormen, samen met hun bijgebouwen en -constructies (zoals opvangbekkens), een vakgebied van de burgerlijke bouwkunde waarin beton een belangrijke rol speelt.

1 Het doel van dit artikel

Dit artikel heeft als doel om technische oplossingen voor te stellen om het risico op beschadiging aan rolbanen van bezinktanks in zuiveringsinstallaties te beperken. Alleen de uitvoering en de eigenschappen van de gebruikte materialen zullen hier behandeld worden. De afmetingen en de minimale noodzakelijke wapening om scheurvorming te beheersen worden hier niet besproken. Dit document zal ten slotte een mogelijke methodologie aanreiken voor de herstelling van eventuele betonschade.

Naast de ervaringen van de ingenieurs van SECO, is het artikel hoofdzakelijk gebaseerd op de volgende documenten:

- de normen NBN EN 206-1, NBN B 15-001, prNBN B 15-400 en NBN EN 13670 [4, 2, 9, 8]
- de 'Aanbevelingen voor de bouw van waterzuiveringsinstallaties in beton' [10]
- de TV 247 [11].

2 Mogelijke schadeoorzaken en aanbevelingen

Naast de gebruikelijke omgevingsinvloeden waaraan gewapend beton blootgesteld is, ondergaan de rolbanen ook belastingen van mechanische, chemische en thermische aard. Deze belastingen kunnen allemaal gelijktijdig optreden en specifieke spanningen veroorzaken die de keuze voor de betoneigenschappen, de wapening en de te gebruiken rollende uitrusting kunnen beïnvloeden.

2.1 Mechanische belastingen

De loopwielen van de raketbrug met bodemschraper, de roerstaven, enz. brengen grote spanningen met zich mee door afschuiving op het oppervlak (het schuren van het rollende loopwiel op de rolbaan), alsook door verticale drukken (die afhankelijk zijn van

het gewicht aan de brug, het contactoppervlak en de hardheid van de loopwielen). De spanningen zijn meestal groter bij harde loopwielen dan bij rubberen loopwielen.

De slijtage van het oppervlak van de rolbanen is afhankelijk van de mechanische weerstand van het beton die afhankelijk is van de materiaalsamenstelling en de kwaliteit van de uitvoering. Bepaalde oppervlaktebehandelingen (gebruikmakend van kwarts of producten op basis van korund) kunnen de slijtweerstand verhogen.

Aanbevelingen

- Een beton gebruiken met een minimumsterkte C_{30/37}, dat een oppervlaktebehandeling heeft ondergaan met toevoeging van een mengsel van kwarts of korund en cement (5 tot 6 kg/m², 1 cementdeel voor 2 kwartsdelen of delen van gedroogde korund).
- Het watergehalte beperken.

2.2 Chemische belastingen

Zoals elk beton is gewapend beton onderworpen aan omgevingsbelastingen (carbonatie, regen en vorst), maar het ondergaat ook chemische belastingen die verbonden zijn aan het specifieke gebruik. Deze belastingen kunnen voorkomen ofwel door de behandelde effluënten in de bezinktanks (agressieve dampen of agressief water, projecties, ...) ofwel door seizoensgebonden behandelingen aan het oppervlak van het bouwwerk (gebruik van dooizouten om te vermijden dat de loopwielen doorslippen).

De weerstand van de rolbanen tegen chemische agentia is ook afhankelijk van de betoneigenschappen en de kwaliteit van de uitvoering.

Aanbevelingen

- Kiezen voor een omgevingsklasse EE₃ (zonder gebruik van dooizouten) of EE₄

(met gebruik van dooizouten) gecombineerd met een minimale chemische omgevingsklasse EA₂ (gemiddelde chemische agressiviteit) of EA₃ (sterke chemische agressiviteit).

- Een waterabsorptieklasse (*water absorption by immersion*) WAI (0,50) of WAI (0,45) gebruiken voor respectievelijk de omgevingsklassen EE₃ of EA₂ en EE₄ of EA₃.
- Gebruik van een continue korrelverdelingscurve voor het zand, bij voorkeur gerold. Afbeelding 1 (p. 2) toont de korrelverdelingscurve die behaald zou moeten worden.
- Een cement gebruiken met een hoge bestandheid tegen sulfaten als het sulfaatgehalte van het water hoger is dan 500 mg/l.

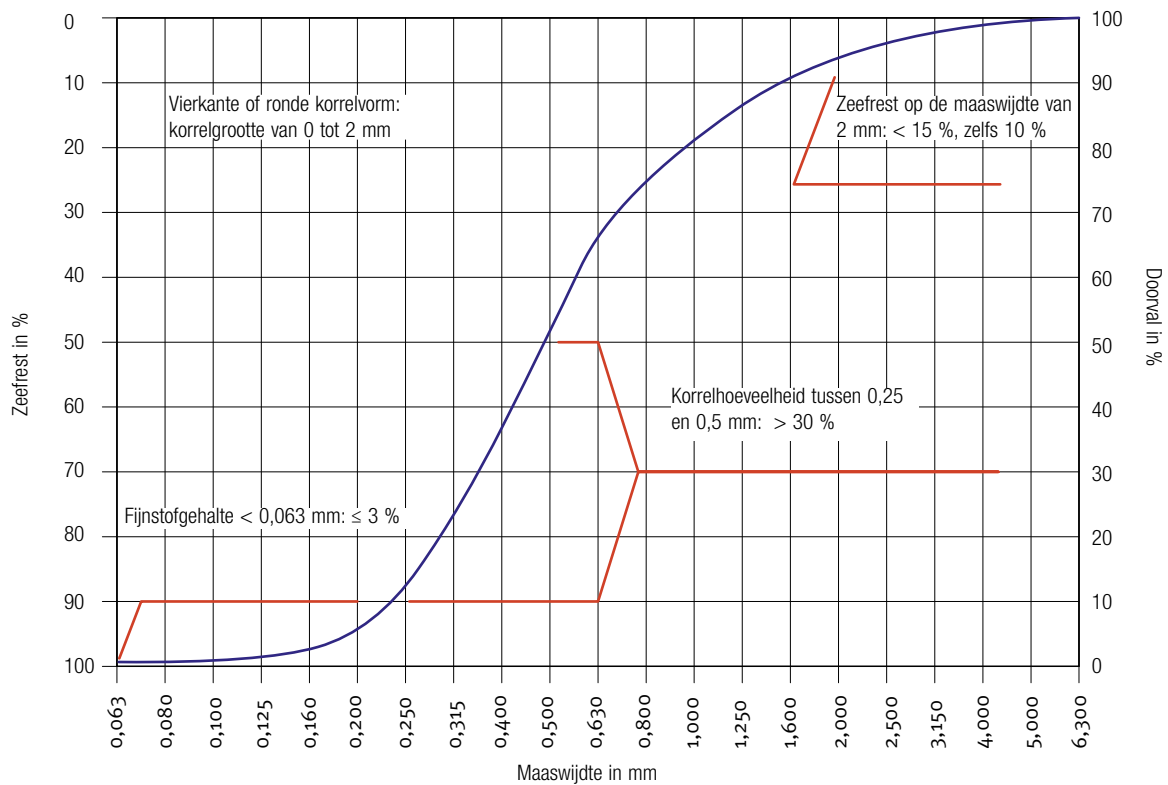
2.3 Thermische belastingen

Thermische belastingen kunnen veroorzaakt worden door:

- een klimatologisch temperatuursgradiënt (verschillende blootstelling aan de zon)
- een temperatuursgradiënt veroorzaakt door een verschil in temperatuur van het behandelde effluent en die van de omgeving
- een temperatuursgradiënt veroorzaakt door het gebruik (lamp of verwarmde draad en dooizouten die gebruikt worden om de rolbanen in de winter ijsvrij te maken).

De eerste twee oorzaken zijn opgenomen in de ontwerphypothese van het bouwwerk en worden in rekening gebracht bij de berekening van de wapening.

De thermische belastingen, verbonden met het gebruik, zijn afkomstig van het thermische effect dat teweeggebracht wordt door de ontdooiinstallatie van de rolbanen. Naast dooizouten kunnen we twee systemen onderscheiden: de verwarmingskabel in het



1 Aanbevolen korrelverdelingscurve voor zand [10].

beton en de verwarmingslampen (het meest gebruikte systeem).

2.3.1 Verwarmingskabels

De verwarmingskabel wordt ofwel geplaatst na het betonstorten van alle bekens – hiervoor moeten er sleuven aangebracht worden – ofwel vastgezet op de wapeningen vóór het betonstorten. Het vermogen is afhankelijk van de diepte onder het betonoppervlak. De plaatsing van een sneeuwborstel vóór het loopwiel verhoogt de efficiëntie van de verwarmingskabel.

Deze techniek heeft de volgende voor- en nadelen:

- geen onderhoud nodig
- constante temperatuursgradiënt
- moeilijke uitvoering die het betonstorten, de positionering t.o.v. de wapeningen en eventuele uit te voeren sleuven verwaren
- moeilijke en dure herstelling
- continue thermische belasting in het bouwwerk tijdens de winter.

Gezien de nadelen, wordt de verwarmingskabel minder en minder toegepast in België.

2.3.2 Verwarmingslampen

Een verwarmingslamp dient, om efficiënt te zijn, gecombineerd te worden met een sneeuwborstel die ervoor geplaatst wordt. Het aanbevolen lampvermogen is minimaal 500 W.

Dit systeem heeft de volgende voor- en nadelen:

- gemakkelijk onderhoud
- gemakkelijk toepasbaar (uitrusting in overeenstemming met de rakelbrug)
- een lokale temperatuursgradiënt beperkt tot het oppervlak
- het beton daarentegen is onderhevig aan een opeenvolging van vorst-dooicycli. De verwarmingslamp zorgt ervoor dat het oppervlak vóór het eerste loopwiel ontdooit, maar is echter niet voldoende om ook het oppervlak te drogen. Na de passage van het loopwiel zal het dooiwater op het oppervlak in het beton dringen en vervolgens opnieuw beginnen bevriezen, ontdooien, ... (bij trage rotatiesnelheid van de rakelbrug). Deze vorst-dooicycli tasten de duurzaamheid van de rolbaan aan. Het oppervlak wordt verzadigd met water, waardoor er bij bevroering barsten

kunnen ontstaan door de uitzetting van het ijs.

Bij herstellingswerken aan de rolbanen kan het thermische effect ten gevolge van bezonning, afhankelijk van het gebruikte herstellmateriaal (zie § 5), afschuifspanningen veroorzaken tussen het basisbeton en de herstelde zone. Herstelmortels op basis van hars warmen immers sneller op dan het beton en geven de geabsorbeerde warmte niet goed door aan de ondergrond. De temperatuursgradiënt is geconcentreerd in de mortel, waardoor er een buiging optreedt die hechtingsspanningen kan veroorzaken in het grensvlak, die de uiterste treksterkte van het beton benaderen.

Het systeem met de verwarmingslamp komt het vaakst voor. Dit systeem wordt soms gecombineerd met het gebruik van dooizouten. Deze combinatie verenigt echter twee agressieve parameters voor het beton. In de mate van het mogelijke, is het aangewezen om het gebruik van dooizouten te vermijden, want hun inwerking kan zware gevolgen hebben voor de duurzaamheid van het beton. De chloorionen in de dooizouten kunnen de wapening aantasten (corrossie) die zich na-



bij het oppervlak bevindt. De corrosie van de wapening gaat gepaard met uitzetting en het scheuren en het afdrucken van het beton. Deze ionen hebben eveneens een invloed op de saturatie van de poriën door water, dat langer vloeibaar blijft in de winter door onderkoeling. Hierdoor zijn de vorst-dooicycli veel strenger. Hoge concentraties van doozouten in het betonoppervlak kunnen bovendien barsten veroorzaken door hun kristallisatie bij de droging van het beton.

De aanwezigheid van een oppervlaktelaag die minder bestand is tegen vorst, doordat het verzadigd is met chloorionen, draagt bij tot de vorming van een temperatuursgradient tussen de oppervlaktezone en de dieperliggende zone met risico op scheurvorming (verschuiving van het vriespunt afhankelijk van de chlorideconcentratie en de diepte).

Aanbevelingen

- De minimale wapeningshoeveelheden respecteren om scheuren te vermijden
- Bij voorkeur het systeem met de verwarmingslamp toepassen
- Een sneeuwborstel aanbrengen vóór het rolsysteem
- Indien mogelijk het gebruik van doozouten vermijden
- Het cement in functie van het type chemische agressiviteit kiezen. De sterkteklassen, opgenomen in tabel A, zijn minimumklassen. Het cementtype *low heat* is noodzakelijk voor wanden met dikten groter dan 50 cm.

2.4 Uitvoering

De kwaliteit van de uitvoering van het beton is zonder twijfel een van de sleutelfactoren die de duurzaamheid en functionaliteit van het bouwwerk bepalen.

Het beton kan teveel water bevatten, onvoldoende getrild zijn, uitgevoerd worden ter-

wijl de binding al gestart is, niet voldoende compact zijn of geen bescherming of nabehandeling hebben gekregen tijdens de eerste uren of dagen die volgen op het storten.

2.4.1 Aan het beton gerelateerde invloedsfactoren

Een teveel aan water is vaak verbonden met de wens om de verwerkbaarheid van het beton te verbeteren. Men voegt water toe op het einde van het betonstorten omdat het mengsel al begint te verstijven door de start van de binding of doordat de superplastificeerder uitgewerkt is. Het teveel aan water kan ook het gevolg zijn van de initiële betonsamenstelling, in het bijzonder een te hoog W/C-gehalte. Hoe hoger dit gehalte is, hoe groter de hydraulische krimp (door de trage droging van het beton) zal zijn en hoe groter de scheurvorming. Dergelijke omstandigheden verhogen zowel de porositeit als de zetting van het beton (fenomeen dat zich vertaalt door scheuren en kleine welvingen ter hoogte van de bovenste beugels van de wanden).

Aanbeveling

- Een W/C-factor van maximaal 0,50 respecteren en bij voorkeur van 0,45 (voor omgevingsklasse EE4 of EA3). Bovendien wordt er best gebruikgemaakt van een superplastificeerder om een goede verwerkbaarheid te bekomen.

De compactheid van het beton draagt bij tot de chemische en mechanische weerstand ervan. De compactheid is gerelateerd aan de samenstelling van het mengsel (korrelverdelingscurve en korrelgrootte) en de consistentie. Een continue korrelverdelingscurve en granulaten met een zo groot mogelijke nominale afmeting verminderen de porositeit.

Aanbevelingen

- Een waterabsorptieklasse WAI (0,45) of

WAI (0,50) gebruiken in overeenstemming met de opgelegde omgevingsklasse.

- De nominale afmeting van de granulaten zo groot mogelijk nemen, maar steeds compatibel met de afstand tussen de wapeningsstaven en met de betondekking. Ze bedraagt maximaal 1/5 van de minimale dikte van het element en 3/4 van de kortste afstand tussen de wapeningsstaven. Dit heeft ook een positieve invloed op de druksterkte.
- Een consistentieklasse S3 of S4 kiezen. Om deze klasse te kunnen bereiken, zal het gebruik van een superplastificeerder nodig zijn.
- Bij voorkeur kalksteengranulaten gebruiken, omdat gerold siliciumhoudend grind de thermische uitzetting van het beton vergroot en zo ook het risico op scheurvorming.

2.4.2 Leidraad voor een goede algemene uitvoering

Het is aangewezen de uitvoeringsregels uit de normen prNBN B 15-400 en NBN EN 13670 toe te passen. Hieronder worden er enkele van deze regels opgesomd.

Het trillen van beton beïnvloedt ook de compactheid en de homogeniteit ervan. Als het mengsel te sterk getrild wordt, komt er te veel cementmelk aan het oppervlak en vindt er ontmenging plaats. Als er echter te weinig getrild wordt, vertoont het beton een te lage compactheid.

Aanbeveling

- De triltijd, de diameter van de trilnaalden en hun gebruiksvoorschriften te respecteren.

Bij overschrijding van de theoretische uitvoeringstijd van het beton, heeft men een materiaal waarbij de binding al gestart is.

A Cementkeuze in functie van de omgevingsomstandigheden.

| Agressieve omgeving voor wat betreft sulfaten, MET gebruik van doozouten | Agressieve omgeving voor wat betreft sulfaten, ZONDER gebruik van doozouten | Niet-agressieve omgeving voor wat betreft sulfaten, MET gebruik van doozouten |
|--|---|---|
| Het cement moet bestand zijn tegen sulfaten (SR) | Het cement moet bestand zijn tegen sulfaten (SR) | Het cement moet niet noodzakelijk bestand zijn tegen sulfaten |
| CEM I 42,5 N LA | CEM III/B 42,5 N LA | CEM III/A 42,5 N LA |
| | CEM V/A (S-V) 32,5 N LA (zonder toevoegingen type II) | CEM I 42,5 N LA CEM I 42,5 R LA |
| | CEM I 42,5 N LA | |

**B** Minimale nabehandelingstijd.

| Omgevingsomstandigheden | Temperatuur aan het betonoppervlak | Evolutie van de betonsterkte | | | |
|--|---|------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | | Snel | Gemiddeld | Traag | Heel traag |
| GOED: geen rechtstreekse blootstelling aan de zon of wind. Relatieve vochtigheid $\geq 80\%$ | $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ $< 10\text{ }^\circ\text{C}$ | 1 dag 2 dagen | 2 dagen 4 dagen | 3 dagen 5 dagen | 4 dagen 6 dagen |
| NORMAAL: gemiddelde bezonning en/of relative vochtigheid $\geq 50\%$ | $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ $< 10\text{ }^\circ\text{C}$ | 2 dagen 4 dagen | 3 dagen 6 dagen | 4 dagen 8 dagen | 6 dagen 12 dagen |
| SLECHT: sterke bezonning en/of sterke wind en/of relatieve luchtvochtigheid $< 50\%$ | $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ $< 10\text{ }^\circ\text{C}$ | 3 dagen 5 dagen | 4 dagen 8 dagen | 7 dagen 10 dagen | 10 dagen 15 dagen |

Dit heeft gevolgen voor de verwerkbaarheid (dalend), de sterkte (dalend) en de porositeit (stijgend).

De gegarandeerde verwerkingstijd, die aangegeven wordt op de leveringsbon, is de tijd vanaf het eerste contact tussen het cement en het water, waarbinnen de binding van het mengsel in geen geval zal beginnen. Gedurende deze periode kan het beton bewerkt worden, d.w.z. dat het gestort en verdicht kan worden en een nabehandeling kan ondergaan zonder dat zijn druksterkte en duurzaamheid aangetast worden. De producent vermeldt de verwerkingstijd in minuten op de leveringsbon, waarbij er rekening gehouden wordt met de samenstelling en de temperatuur van het beton. Deze termijn houdt geen verband met de betonconsistentie. Hiervoor geldt het volgende: de consistentieklasse moet behouden blijven gedurende ten minste 30 minuten na aankomst op de bouwplaats, te beginnen na de eventuele toevoeging van superplastificeerders op de bouwplaats en de bijkomende mengtijd.

Aanbeveling

→ De voorschriften i.v.m. de verwerkbaarheid van het beton respecteren, alsook de gegarandeerde verwerkingstijd.

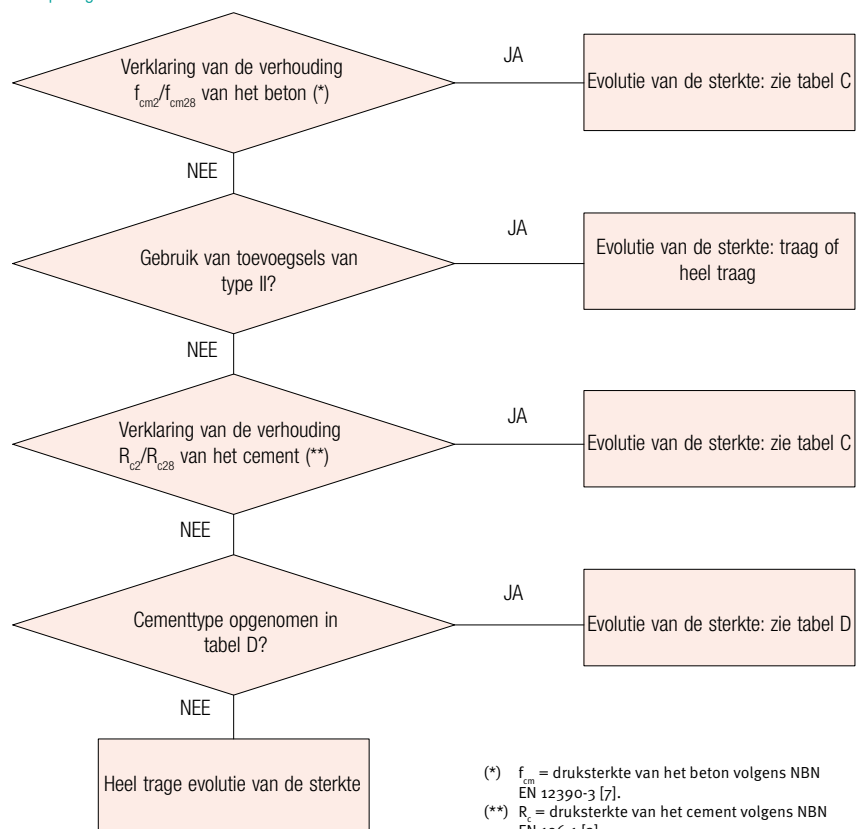
Door het beton van de rolbanen te bedekken met een zeil of met planken of door nabehandlungsproducten toe te passen kunnen de plastische en hydraulische krimp door uitdroging van de blootgestelde oppervlakken beperkt worden en bijgevolg ook de scheurvorming. De beschermingstijd hangt af van de weersomstandigheden, de evolutie van de sterkte en de temperatuur aan het betonoppervlak.

De minimale nabehandelingstijd varieert

van 1 dag (gunstige omstandigheden) tot 15 dagen (ongunstige omstandigheden). De tijd kan oplopen door factoren die bijdragen tot de uitdroging van het beton: bezonningsgraad, wind, lage relatieve vochtigheid. De nabehandelingstijd daalt bij een stijgende evolutiesnelheid van de betonsterkte. De nabehandelingstijd is ook afhankelijk van de temperatuur aan het betonoppervlak: ze is korter bij temperaturen boven $10\text{ }^\circ\text{C}$ en langer bij temperaturen onder $10\text{ }^\circ\text{C}$.

Aanbevelingen

- De aangewezen nabehandelingstijden uit de norm prNBN B 15-400 respecteren. Voor het courant gebruikte beton in waterzuiveringsstations bedraagt deze termijn meestal 3 tot 8 dagen.
- Bij ontstentenis de nabehandeling uitvoeren volgens tabel B. De evolutie van de betonsterkte (snel, gemiddeld, traag of heel traag) wordt bepaald op basis van afbeelding 2. (p. 4)

2 Bepaling van de evolutie van de betonsterkte.



C Evolutie van de betonsterkte volgens f_{cm2}/f_{cm28} -verhouding. (*)

| f_{cm2}/f_{cm28} -verhouding van het beton (*) of R_{c2}/R_{c28} -verhouding van het cement (†) | Evolutie van de betonsterkte |
|---|------------------------------|
| $\geq 0,5$ | Snel |
| $\geq 0,3$ tot $< 0,5$ | Gemiddeld/matig |
| $\geq 0,3$ tot $< 0,5$ | Traag |
| $< 0,15$ | Heel traag |

(*) f_{cm} = druksterkte van het beton volgens NBN EN 12390-3 [7].
 (†) R_c = druksterkte van het cement volgens NBN EN 196-1 [3].

D Evolutie van de betonsterkte volgens het cementtype. (*)

| Cementtype | Evolutie van de betonsterkte |
|--|------------------------------|
| CEM I 52,5 N of R CEM I 42,5 N of R | Snel Gemiddeld |
| CEM III/A 52,5 N of 42,5 N | Gemiddeld |
| CEM III/B 42,5 N | Traag |
| CEM V/A 32,5 N | Traag |

De valhoogte van het beton mag niet groter zijn dan 1 m. Indien dit echter toch het geval zou zijn, is het aangewezen om hulpmiddelen te gebruiken zoals een hijskraan met een kubel, uitgerust met een stortbuis.

Aanbeveling

→ Een stortbuis gebruiken voor het storten van het beton.

2.4.3 Regels voor de goede uitvoering van de slijtlaag

Aan het betonoppervlak voor rolbanen wordt vaak een product op basis van cement-korund of cement-kwarts toegevoegd om zijn sterkte te verhogen (meer bepaald de slijtsterkte) en om eventuele scheuren, door de zetting van het beton, weg te werken. Deze toevoeging gebeurt ongeveer een uur na het betonstorten.

Voor deze bewerking moet men een bekisting voorzien die hoger is dan het theoretische niveau van de wand. Men dient deze verhoging enigszins te beperken om later geen moeilijkheden te ondervinden bij de afwerking (inschuren, gladstrijken van het mengsel cement-kwarts of cement-korund).

Aanbevelingen

→ Een extra hoogte van 5 tot 10 cm bekisten

en deze extra verhoging ongeveer 1 uur na het betonstorten verwijderen.

- Het oppervlak inschuren (waardoor men de zettingsscheuren van het beton verwijdert) en glastrijken, met toevoeging van een mengsel van cement-kwarts of cement-korund (5 tot 6 kg/m²) in een verhouding van één cementdeel voor twee delen droog zand.
- De bekisting zal het theoretische niveau van de betonwand met niet meer dan 20 tot 30 cm overschrijden.

2.5 Metalen rolbanen

Een andere oplossing is de rolbanen uit te voeren in roestvrij staal.

Het beton van de rolbaan is bij deze uitvoering bedekt met een metalen beplating. De ruimte tussen het metaal en de top van wand wordt geïnjecteerd met een krimprijke mortel.

Voor wat de keuze van de metalen platen betreft, laten de volgende voorzorgsmaatregelen toe om de duurzaamheid van het bouwwerk te verbeteren en het risico op schade te beperken:

- de platen zijn vervaardigd uit austenoferritisch roestvrij staal (duplex) 1.4462 (2205), als er gebruik gemaakt wordt van dooizouten en uit roestvrij staal 1.4301

Opmerking

Om het risico op het bekomen van een slechte kwaliteit aan de bovenkant van de wand te beperken (einde mixer, segregatie door teveel aan water, overschrijding uitvoeringstijd) of het verwijderen van die bovenlaag te vermijden, zou men de laatste 20 cm in een tweede fase kunnen betonneren (1 uur na de laatste storting) en op dezelfde manier te werk gaan als voor de afwerking (inschuren, toevoegen van het mengsel cement-kwarts of cement-korund, enz.). Hoewel deze techniek het nadeel heeft het einde van het betonstorten te verplaatsen, laat ze echter wel toe om de kwaliteit van de laatste storting beter te controleren (vaak het meest belaste beton).

(304), 1.4311 (304 LN) of 1.4597 als er geen dooizouten gebruikt worden. Ze kunnen eventueel ook op een andere manier beschermd worden tegen corrosie, op voorwaarde dat de efficiëntie van de bescherming aangetoond kan worden, rekening houdend met de slijtage

- ze moeten uitgerust zijn met een traanvormig patroon op het oppervlak (om het risico op doorslippen van het loopwiel van de mobiele uitrusting te beperken)
- er worden bij voorkeur platen met een beperkte lengte gekozen, waarbij de uiteinden in een hoek van 45° uitgesneden zijn
- ze zijn uitgerust met twee metalen randen die voor de zijdelingse bevestiging zorgen door middel van bouten in roestvrij staal
- ze worden voorzien van gaten om de injectie met een opvulmortel onder de platen mogelijk te maken
- eens de metalen beplating geplaatst en vastgemaakt is, wordt de ruimte tussen de beplating en het beton gevuld met krimprijke mortel door injectie langs de hiervoor voorziene gaten (ten minste twee: een injectiepunt en een luchtkanaal).

3 Suggesties voor de betonkeuze

De verschillende aanbevelingen die tot nog toe in dit artikel opgesomd werden, leiden tot volgende suggesties voor de betonkeuze.

(*) De definitie van de evolutie van de betonsterkte op basis van de tabel C of D is niet vergelijkbaar met de definitie van de klassen S, N en R die opgegeven zijn in de norm NBN EN 1992-1-1 (§ 3.1.2.(6) [6].

Om de continuïteit en de controle van de kwaliteit te verzekeren, is het belangrijk dat het beton conform is met de normen NBN EN 206-1 en NBN B 15-001 en dat het voorzien is van een BENOR-kwaliteitslabel of een equivalent hiervan.

Voorschriften voor een beton dat bestand is tegen sulfaten, vorst en doozouten:

- sterkteklasse: C35/45
- toepassingsdomein: GB (gewapend beton)
- omgevingsklassen: EE4 (met doozouten) + EA2 (gemiddelde chemische agressiviteit) of EA3 (sterke chemische agressiviteit)
- consistentieklasse: S3 of S4
- de maximale afmeting (D_{max}) van de granulaten bedraagt 22 mm
- bijkomende eisen:
 - gebruik van kalkhoudende granulaten
 - cement CEM I LA met een minimale sterkteklasse van 42,5 N en met een hoge bestandheid tegen sulfaten (SR)
 - waterabsorptieklasse WAI (0,45) (want EE4) volgens de bijlage O van de norm NBN B 15-001.

Voorschriften voor een beton dat bestand is tegen sulfaten en vorst, zonder doozouten:

- sterkteklasse: C35/45 (omgevingsklasse EA3) of C30/37 (omgevingsklasse EA2)
- toepassingsdomein: GB (gewapend beton)
- omgevingsklassen: EE3 + EA2 (gemiddelde chemische agressiviteit) of EA3 (sterke chemische agressiviteit)

- consistentieklasse: S3 of S4
- de maximale afmeting (D_{max}) van de granulaten bedraagt 22 mm
- bijkomende eisen:
 - gebruik van kalkhoudende granulaten
 - waterabsorptieklasse WAI (0,50) of (0,45) (als EA3) volgens de bijlage O van de norm NBN B 15-001.
 - cement LA met een hoge bestandheid tegen sulfaten (SR).

Voorschriften voor beton in een omgeving zonder sulfaten, maar met doozouten:

- sterkteklasse: C35/45 (EA3)
- toepassingsdomein: GB (gewapend beton)
- omgevingsklasse: EE4
- bijkomende eisen:
 - consistentieklasse: S3 of S4
 - gebruik van kalkhoudende granulaten waarvan de maximale afmeting (D_{max}) 22 mm bedraagt
 - waterabsorptieklasse WAI (0,45) volgens de bijlage O van de norm NBN B 15-001
 - cement CEM I of CEM III/A LA.

Voorschriften voor beton met een matige weerstand tegen chemische stoffen in afwezigheid van sulfaten en doozouten:

- sterkteklasse: C35/45
- toepassingsdomein: GB (gewapend beton)
- omgevingsklasse EE3
- consistentieklasse: S3 of S4
- bijkomende eisen:

- gebruik van kalkhoudende granulaten waarvan de maximale afmeting (D_{max}) 22 mm bedraagt
- cementtype: alle cementen van het type LA zijn toegelaten.

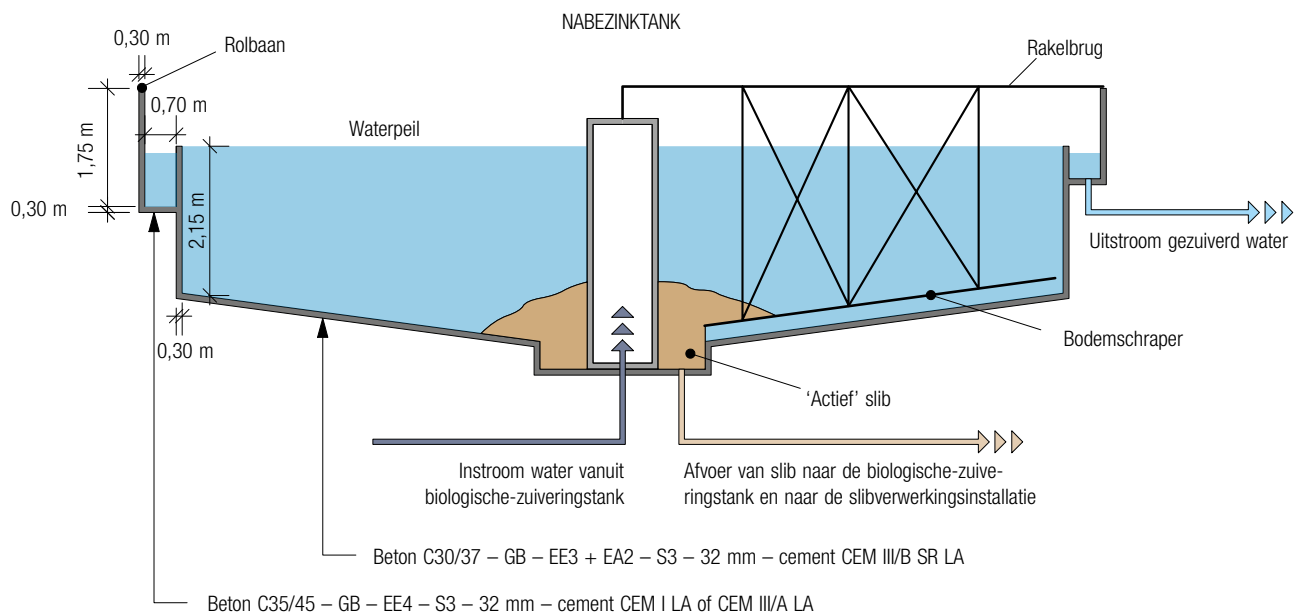
4 Suggesties rond het ontwerp van het bouwwerk

Nieuwe technieken zouden kunnen helpen om de keuze van het cementtype en het betontype – rekening houdend met de agressies – te optimaliseren.

Hoewel elk cement zijn specifieke eigenschappen heeft, kan men beschouwen dat de cementsoorten CEM III/B en CEM I 42,5 met een hoge bestandheid tegen sulfaten het meest geschikt zijn voor de bekens die in dit artikel aangehaald worden, voor zover ze in contact komen met sulfaten. Het cement CEM III/B met een hoge bestandheid tegen sulfaten kan verkozen worden niet enkel wegens omgevings- en economische redenen maar ook om de thermische scheuren te beperken, wanneer men te maken heeft met een betonnering op een verharde vloer of wanneer de wanden dikker zijn dan 50 cm.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat het cement CEM III/B een traag cement is: de nabehandeling dient dus verlengd te worden

3 Voorbeeldontwerp van een bezinktank waarvoor twee verschillende betontypes gebruikt werden. Hierdoor kon het cementtype beter aangepast worden aan de effectief aanwezige aantasting.





en dit type wordt best niet toegepast voor betonstorten bij lage temperaturen (onder de 5°C), wanneer er een vorstrisico is.

Als het bekken volledig aangemaakt is met het cementtype CEM III/B, gebruikt men best ook dit cementtype voor het uitvoeren van de rolbaan. Een beton met cementtype CEM III/B heeft een aanzienlijk lagere weerstand tegen dooizouten dan een beton met cement CEM I of CEM III/A. In het bovenste gedeelte van de bezinktank wordt het water gezuiverd en is het dus minder agressief: het gebruik van een cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten is dan niet meer gerechtvaardigd. Men kiest dus bij voorkeur het cementtype CEM I LA of CEM III/A LA voor de uitvoering van de rolbanen.

Als de rolbaan bovendien blootgesteld wordt aan dooizouten, dient men rekening te houden met een omgevingsklasse EE4. In het onderste gedeelte van het bekken dient men niet noodzakelijk te voldoen aan dezelfde omgevingsklasse.

Het is dus aan te raden om twee verschillende betonsoorten toe te passen om aldus rekening te houden met de blootstellingsomstandigheden. Er wordt een oversteek voorzien waar de rolbaan op rust:

- het bovenste gedeelte (inclusief oversteek) wordt uitgevoerd met een beton T (0,45) (conform EE4) en een cement CEM III/A LA of CEM I LA
- het onderste gedeelte wordt uitgewerkt in beton T (0,50) (conform EE3) met een cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten zoals (eventueel) CEM III/B LA, CEM V LA of CEM I LA (SR).

Deze werkwijze wordt onder meer toegepast door AQUAFIN.

Het voorzien van een oversteek in een bekken waar met twee betonsoorten gewerkt wordt, is niet noodzakelijk. In dit geval zal het bouwwerk echter minder esthetisch zijn, omdat de betonsoorten een groot kleurverschil vertonen.

5 Mogelijke herstellingstechnieken

5.1 Algemene context

Door de belastingen die ze ondergaan, zijn de rolbanen vaak het zwakke punt in het bouwwerk en vereisen ze een regelmatig onderhoud met eventuele herstellingen. Voor



deze herstellingen kan men gebruikmaken van verschillende materiaaltechnieken:

- een dikke laag hydraulische mortel
- een dunne laag epoxygebonden mortel (< 5 mm)
- een dikke laag epoxygebonden mortel
- een oppervlaktebehandeling en bescherming door metalen omhulling.

De materiaalkeuze en de grootte van de herstelling zijn afhankelijk van de omvang van de aantasting, hun aard en de mogelijkheden tot het stilleggen van de werken.

5.2 Herstelling met een dikke laag hydraulische mortel

Het principe van deze techniek bestaat erin om het beton van de rolbaan te verwijderen over een dikte van minimaal 4 tot 6 cm om aldus de bovenste beugels van de wand vrij te maken tot ongeveer 2 tot 3 cm diep. Bij het verwijderen dient men erop toe te zien dat het gezonde beton niet beschadigd geraakt (scheurvorming door trillingen). Hierbij merken we op dat het verwijderen onder een hoge hydraulische druk toelaat om de vorming van microscheuren te beperken.

Het afgestoken oppervlak wordt vervolgens gereinigd om losse delen en stof te verwijderen. Met kan rekening houden met eventuele scheuren en hernemingsvoegen in de wanden door ze te laten overeenkomen met de structurele voegen (*) in de herstellingszone.

Het verwijderde deel wordt vervangen door een hydraulische mortel met een hoge sterkte en een beperkte krimp van klasse R4 volgens de norm NBN EN 1504-3 [5] en de PTV 563 [1] of equivalent; deze mortel bevat hydraulische bindmiddelen en wordt eventueel versterkt met metalen vezels. Het product kan gestort worden in een bekisting die voldoende stevig is (bv. uit metaal) en waterdicht aan de zijkanalen om lekken op de wanden te vermijden. Het gebruik van metalen vezels kan roest veroorzaken aan het oppervlak, waardoor het geheel minder esthetisch wordt en ook de loopwielen beschadigd kunnen geraken (in het bijzonder rubberen loopwielen).

Opmerking

Als blijkt dat de beugels dieper zitten dan de theoretische betondekking van 4 cm, dienen er om de ± 25 cm in het beton halve kaders (ø 8 mm minimum) bevestigd te worden met behulp van een aangepast hars, waarbij de voorschriften voor verankering gerespecteerd worden. Men plaatst dan ook dunne staven in de langsrichting (ten minste 2 ø 8 mm) in de hoeken van de halve kaders die gevormd worden door de nieuw geplaatste beugels.

(*) Deze voegen zijn niet verplicht bij hydraulische mortels, maar zijn aangewezen bij harsmortels.



De mortel wordt aangebracht terwijl men zo veel mogelijk de verschijning van vezels aan het oppervlak vermijdt. Vanaf de binding wordt er een nabehandelingsproduct toegepast.

Om de spanningen door thermische uitzetting en krimp te beperken, is het aangeraden om elke vier meter fijne voegen te voorzien in de nieuwe laag ter plaatse van de bewegende scheuren. Deze voegen worden met een diepte van 2 cm en onder een hoek van 45° t.o.v. de rijrichting uitgevoerd met de slijpschijf (niet in de beugels) in de 12 tot 24 uur die volgen op het plaatsen van de mortel. Ze worden vervolgens opgevuld met een vloeibare kit uit polysulfide die weerstand biedt tegen hydrocarburanten en een gemiddelde Shore-hardheidsgraad bezit.

In de huidige stand van zaken, lijkt deze herstelling het type met de minste nadelen te zijn. Een hydraulische mortel biedt het grote voordeel dat het een thermische uitzettingscoëfficiënt bezit die gelijk is aan deze van het beton en een aangrenzende elasticiteitsmodule als deze van het beton van de wand. Hierdoor zijn de afschuifspanningen in het grensvlak van de herstelling beperkt.

5.3 Herstelling met een dunne laag epoxymortel (< 5 mm)

Door zijn eenvoudige uitvoering, laat deze

techniek een snelle ingebruikname toe na herstelling. Of deze mortel in een dunne of dikke laag aangebracht wordt, ze breekt af met de tijd en het behoud van de herstelling is onzeker. Er zijn meerdere mogelijke redenen voor dit fenomeen:

- het verschil in de elasticiteitsmodulus en de thermische uitzettingscoëfficiënt tussen het beton van de ondergrond en de aangebrachte dunne laag veroorzaakt de onthechting van de oppervlaktelaag
- de veroudering van de epoxyhars (UV, vorst-dooicycli, regen, enz.)
- een onvoldoende weerstand bij de overbrugging van bewegende scheuren veroorzaakt een progressieve schilfering ter plaatse van de scheuren
- een lage porositeit van de epoxylaag vormt een dampscherm, waardoor er blaasvorming kan optreden door dampspanning.

5.4 Herstelling met een dikke laag epoxymortel

Deze techniek bestaat erin om een epoxy-mortel aan te brengen met een dikte van 20 tot 50 mm. Hoewel de verhoging van de dikte een gunstige invloed heeft op de bovenstaande effecten blijft de problematiek rond het verschil in elasticiteitsmodulus bestaan. Kleine mechanische verankeringen in het grensvlak laten toe om de afschuiving en de neiging tot buiging, wat lokaal voor onthechtingen kan zorgen te beheersen (zie. § 2.3).

Net zoals bij de hydraulische mortels, is het aangewezen om op regelmatige afstand voegen aan te brengen in de aangebrachte laag.

5.5 Herstelling door een oppervlaktebehandeling en een metalen omhulling

Dit type herstelling combineert een oppervlaktebehandeling van het beschadigde beton met een heropbouw van de rolbaan door middel van metalen platen.

De regels voor de keuze van de metalen platen zijn terug te vinden in § 2.5.

5.6 Besluiten i.v.m. de herstellingen

Met de kennis die momenteel voorhanden is, lijkt een herstelling met behulp van een hydraulische mortel in een dikke laag (uitgevoerd tot de bovenste 2 à 3 cm van de beugels van de top van de wanden) , eventueel in combinatie met het (in)gieten van een nieuw beton (heropbouw van de rolbaan), de beste resultaten op te leveren.

Voor deze techniek dient de bezinktank echter stilgelegd te worden, wat niet altijd mogelijk is met de werking van het waterzuiveringsstation. In dit geval kan het alternatief met de omhulling met metalen platen een betere oplossing zijn. ■

M. Demanet, ir., Services development manager, SECO

V. Pollet, ir., adjunct-departementshoofd, departement Materialen, technologie en gebouwschil, WTCB

C. Ployaert, ir., raadgevend ingenieur, FEBELCEM

Naast de hierboven vermelde auteurs, werd dit artikel opgesteld in samenwerking met:

B. Parmentier (WTCB)

F. Dury, J.-F. Gheysens, B. Gravis, A. Questiaux en S. Taminau (SECO)

C. Ladang (BOCA)

alsook medewerkers van de bedrijven AIDE, AIVE, IBW, IDEA, IGRETEC, INASEP en IPALLE.



LITERATUURLIJST

1. Belgian Construction Certification Association
PTV 563 Prescriptions techniques pour mortiers de réparation du béton. Brussel, BCCA, Prescriptions techniques – Technische Voorschriften, nr. 563, 2007.
2. Bureau voor Normalisatie
NBN B 15-001 Beton. Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. Nationale aanvulling bij NBN EN 206-1:2001. Brussel, NBN, 2012.
3. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 196-1 Beproevingmethoden voor cement. Deel 1: Bepaling van de sterkte. Brussel, NBN, 2005.
4. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 206-1 Beton - Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. Brussel, NBN, 2001.
5. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1504-3 Producten en systemen voor het beschermen en herstellen van betonconstructies . Definities, eisen, kwaliteitsborging en conformiteitsbeoordeling. Deel 3: Constructieve en niet-constructieve herstelling. Brussel, NBN 2006.
6. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1992-1-1 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies. Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen (+AC:2010). Brussel, NBN, 2005.
7. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 12390-3 Beproeving van verhard beton. Deel 3: Druksterkte van proefstukken (+ AC:2011). Brussel, NBN, 2009.
8. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 13670 Uitvoering van betonconstructies. Brussel, NBN, 2010.
9. Bureau voor Normalisatie
prNBN B 15-400 Uitvoering van betonconstructies. Nationale aanvulling bij NBN EN 13670:2010. Brussel, NBN, 2012.
10. Ployaert Cl.
Aanbevelingen voor de bouw van waterzuiveringsinstallaties in beton. Brussel, Federatie van de Belgische Cementnijverheid (FEBELCEM), 2006.
11. Wetenschappelijk en technisch centrum voor het bouwbedrijf
Ontwerp en uitvoering van vloeistofdichte betonconstructies. Brussel, WTCB, Technische Voorlichting, nr. 247, november 2012.