

Betondriehoek verenigd

Vijf presentaties tijdens gezamenlijke bijeenkomst Stubeco, Stutech en Stufib



Foto 1 Presentatie van Jurgen Clephas (links) tijdens bijeenkomst Betondriehoek bij Boskalis in Papendrecht

Op 25 mei vond er een gezamenlijke bijeenkomst plaats van Stubeco met Stutech en Stufib (foto 1). Het thema: het raakvlak tussen uitvoering van betonconstructies, betontechnologie en het constructieve aspect van betonconstructies, oftewel de Betondriehoek. In vijf presentaties werd ingegaan op vijf verschillende onderwerpen die zich op dit raakvlak bevinden.

De presentaties tijdens de bijeenkomst Betondriehoek:

Nabehandelen van beton van *Marc Ottele – TU Delft*

Jong beton in de praktijk: Fehmarnbelt Fixed Link van *Bas Albers – BAM Infraconsult*

Fietsenstalling IJboulevard van *Jurgen Clephas – Van Hattum en Blankevoort*

Verdiepte ligging N206 van *Wim Verloop – Boskalis*

Invloed autogene krimp op constructie van *Jeroen Meijdam – Mobilis*

Nabehandelen van beton

Presentatie Marc Ottele – TU Delft

Het belangrijkste doel van nabehandelen is te voorkomen dat de verhardende betonspecie en vervolgens het jonge beton voortijdig uitdrogen. Dat is nodig voor beton met een lange levensduur en een mooi uiterlijk. Toch is er in de praktijk vaak te weinig aandacht voor, ondanks alles wat erover staat in normen en richtlijnen. Dat gegeven was voor Stutech aanleiding het thema nogmaals te bestuderen. Resultaat is een nieuw studierapport met daarin concrete aanbevelingen om het proces van nabehandelen en de toepassing van nabehandelingenproducten (curing compounds) te verbeteren.

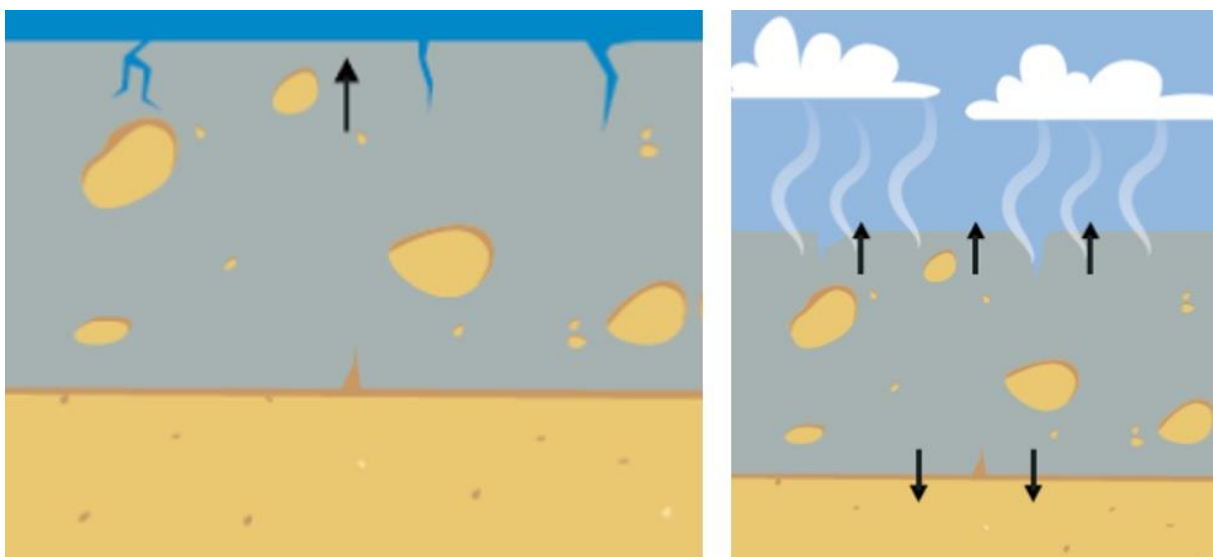
Belangrijk is om alles duidelijk vooraf te omschrijven in uitvoeringsspecificaties. Specifieke aanbeveling in het rapport is het aanstellen van een 'Coördinator nabehandeling'. Die is verantwoordelijk voor het gehele proces van nabehandelen. In dat proces is communicatie essentieel. Zo moet de betonproducent de afnemer attenderen op de gevoeligheid van specifieke betonmengsels, bijvoorbeeld bij toepassing van secundaire grondstoffen of klinkerarme mengsels. En zeker als curing

compound wordt toegepast – een nabehandelingmethode die in de praktijk aan populariteit wint – is informatieoverdracht essentieel. Het aanbrengen van een curing compound leidt immers niet automatisch tot de gewenste eigenschappen in de betonhuid. Dat komt onder meer doordat er veel onduidelijkheden zijn over de prestatie-eigenschappen en juiste applicatie. Het is daarom belangrijk dat leverancier informatie versterkt over onder meer vochtvasthoudend vermogen, effectieve werkingsduur en de methode van aanbrengen. Belangrijk aandachtspunt is de lengte (tijdsduur) van nabehandelen. Afhankelijk van de nabehandelingsklasse moet er tot een bepaald percentage van de druksterkte worden nabehandeld. Slechts één keer aanbrengen van een curing compound is meestal niet voldoende.

Om het proces van nabehandelen in goede banen te leiden, heeft de studiegroep een stroomschema opgesteld dat als hulpmiddel kan worden gebruikt. In navolging van de Stutech-studie gaat er een CROW-werkgroep aan de slag met een nieuwe aanbeveling.

Link

[Studierapport op Stutech-site](#)



Figuur 2 Nabehandelen voorkomt uitdroging van beton

Jong beton in de praktijk: Fehmarnbelt Fixed Link

Presentatie Bas Albers – BAM Infraconsult

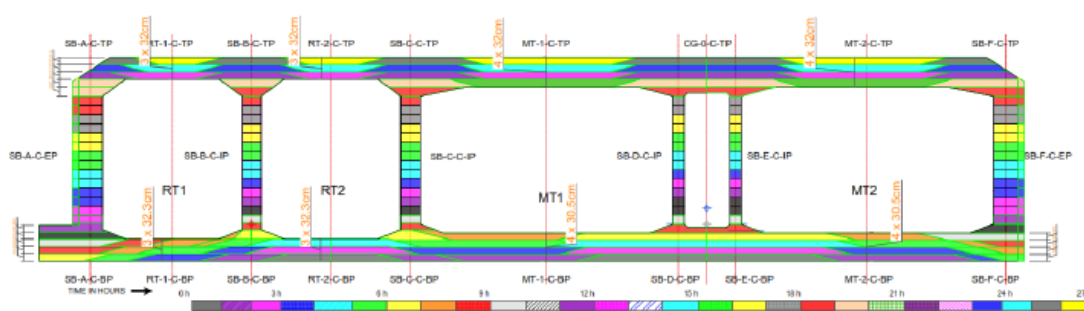
Een van de grootse projecten die momenteel in Europa in uitvoering zijn, is de is de *Fehmarnbelt Fixed Link*, een gecombineerde weg- en spoortunnel die Duitsland en Denemarken verbindt. Met 19 km wordt het 's werelds langste afgezonken tunnel. De tunnel is opgebouwd uit 89 betonnen elementen van elk 219 m lang, die weer zijn opgebouwd uit 9 segmenten. De elementen worden gebouwd in een speciaal opgerichte fabriek aan de Deense zijde van het project.

Belangrijk aandachtspunt bij de realisatie is de verhardingsbeheersing, een vakgebied dat zich bij uitstek in de betondriehoek bevindt: het is een samenspel tussen onder meer geometrie, belastingen, betoneigenschappen, bouwplanning, omgevingstemperatuur en bekistingsduur.

Verhardingsbeheersing is nodig omdat beton opwarmt tijdens het verharden en vervolgens ook weer afkoelt. Als de krimp die tijdens het afkoelen ontstaat wordt verhinderd, ontstaan trekspanningen. Door de verharding te beheersen, wordt voorkomen dat deze spanningen leiden tot watervoerende scheuren. Bij een tunnel die zich ligt 40 m onder de zeespiegel onder water bevindt, is dat uiteraard enorm belangrijk. In het project is als uitgangspunt gehanteerd dat de trekspanningen in het beton kleiner moeten zijn dan 0,7 x de gemiddelde treksterkte.

Doordat de elementen in één keer worden gestort, dus wanden en vloeren tegelijk, wordt de verhinderde vervorming voor een belangrijk deel voorkomen. Wel is er sprake van spanningen door interne verhindering, onder meer door dikteverschillen tussen wanden en vloeren en door temperatuurverschillen tussen het beton in de dekking en de kern. Deze spanningen komen bovenop de spanningen als gevolg van belasting tijdens de fabricage.

Om de risico's in kaart te brengen is de stortfasering gemodelleerd in een eindige-elementenprogramma (FeC3S). In kritische situaties kan op verschillende manieren worden bijgestuurd. Bijvoorbeeld door aanpassing van de betonsamenstelling, het aanbrengen van koeling of isolatie, het aanpassen van de tijd tussen het storten, het beïnvloeden van de temperatuur van de betonmix of het aanpassen van de ontkistingstijd.



Figuur 3 Modelling stortfasering

Fietsenstalling IJboulevard

Presentatie Jurgen Clephas – Van Hattum en Blankevoort

Aan de IJzijde bij Amsterdam Centraal is recent de IJboulevard opgeleverd, met daarin geïntegreerd een nieuwe ondergrondse fietsenstalling. Deze fietsenstalling bestaat uit een betonnen bak, opgelegd op stalen buispalen. Deze bak is opgebouwd uit drie elementen, die zijn voorgebouwd op het terrein van TMA Logistics in het Westelijk Havengebied, dicht bij de projectlocatie. Na de voorbouw zijn de drie elementen tijdens een non-stopoperatie van negen dagen één voor één van hun ondersteuning opgepakt en met SPMT's naar het afzinkponton gebracht (de zogenoemde *Roll-On*). Het oprijden gebeurde stapje voor stapje, waarbij de positie en het ballasten nauwkeurig op elkaar moesten worden afgestemd. Na het aflaten van een element van de ondersteuning van het afzinkponton, het onderuit rijden van de SPMT's en verwijderen van de oprijkleppen, kon worden gestart met het afzinkproces (*Float-Off*). Het afzinkponton zakte hierdoor langzaam naar beneden, een proces dat is gestuurd met *floating towers* op het ponton. Vanaf de Alaskahaven zijn de elementen naar een parkeerlocatie in de Amerikahaven gevaren en daar vervolgens geparkeerd. Van daaruit zijn ze één voor één naar de projectlocatie getransporteerd en afgelaten op de paalfundatie.

Om te voorkomen dat de elementen in de gebruiksfase zouden gaan opdrijven, was er naast een drukverbinding ook een trekverbinding met de palen nodig. De oplegging en verbinding zijn tot stand gebracht door de palen na het afzinken van de elementen van binnenuit aan te boren. Voor de oplegging is een soort rubberen 'donut-oplegging' ontwikkeld. Om het stellen van deze opleggingen 'in den droge' uit te kunnen voeren, is een DroogZetKist ontwikkeld.

Over dit onderwerp is een uitgebreid Stubeco-artikel verschenen: [Elementen fietsenstalling IJboulevard ingevaren](#).

Links

- [Video van het te water laten van de elementen van de fietsenstalling](#)
- [Video van het invaren van het eerste element](#)
- [Video van de invaaroperatie](#)

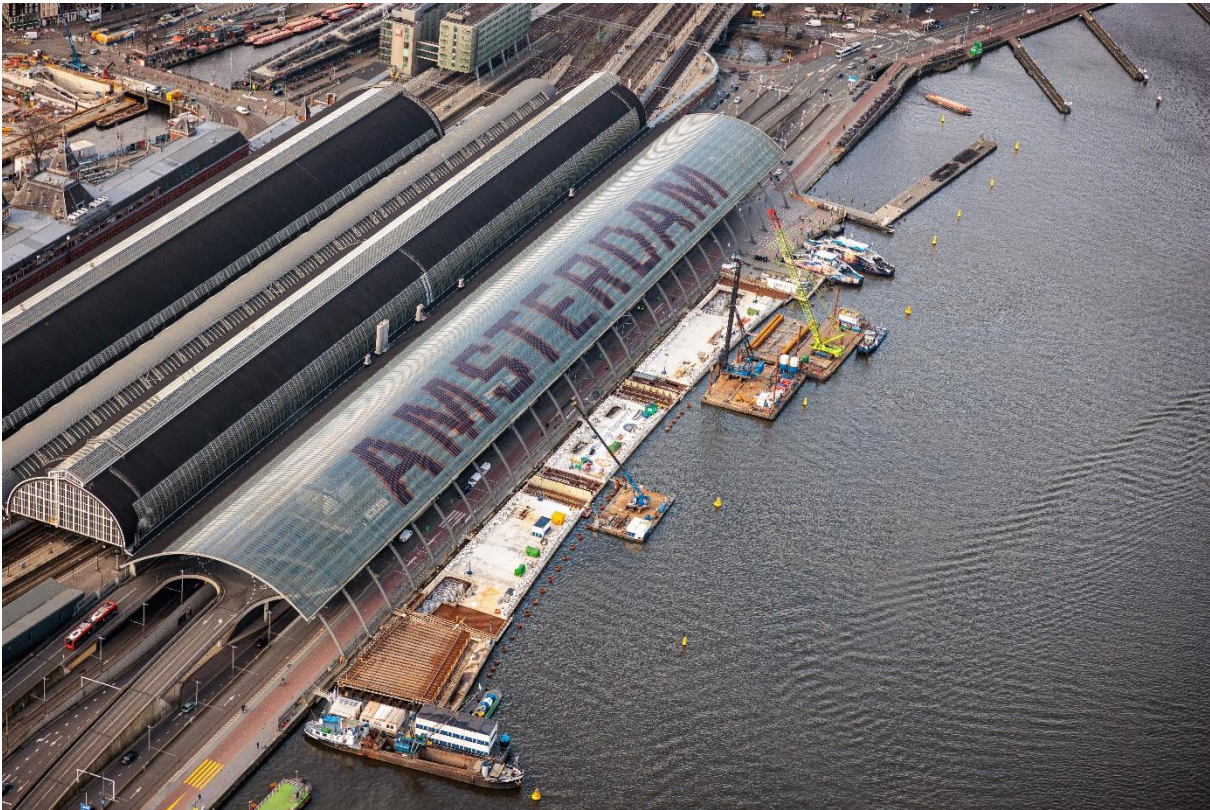


Foto 4 Elementen in eindpositie

Verdiepte ligging N206

Presentatie Wim Verloop – Boskalis

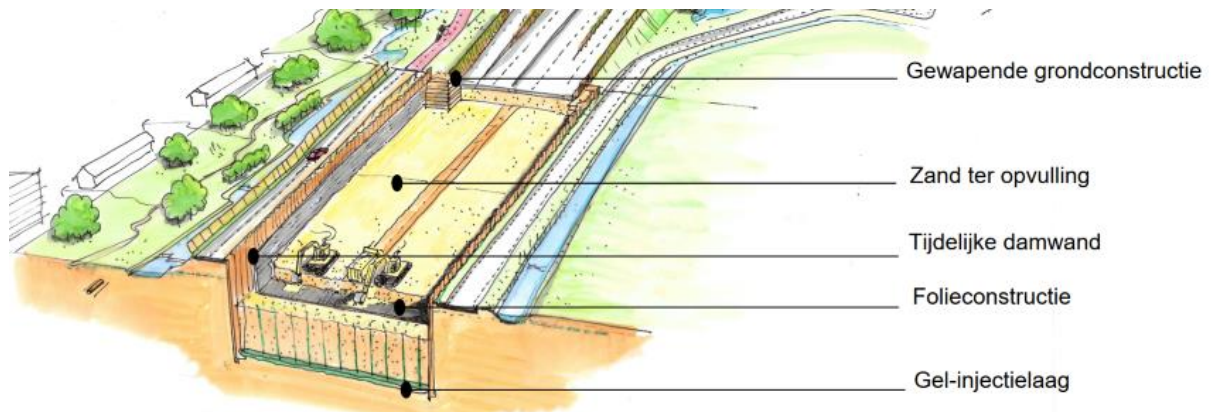
Onderdeel van de Rijnlandroute, de nieuwe weg van Katwijk naar de snelweg A4 bij Leiden, is de aanpassing van de N206, de Ir. G. Tjalpaweg. Deze weg wordt verbreed en gedeeltelijk verdiept aangelegd (over 1,9 km). De verdiepte ligging is gerealiseerd met een folieconstructie met verticale wanden. Het is een beproefde methode die op deze schaal in Nederland echter nog niet eerder is toegepast. Deze oplossing kreeg op basis van EMVI-criteria de voorkeur boven een traditioneel betonnen bak uit het referentieontwerp. Voordeel was onder andere minder transport en daardoor minder overlast. Belangrijker nog was de gunstige MKI-waarde door beperking van de toepassing van cement, beton en staal.

De constructie is gerealiseerd door vanaf een werkvloer via slangetjes een 1 m dikke gellaag te injecteren op 17 m diepte. Aan weerszijden zijn tijdelijke damwanden aangebracht. Na het wegpompen van het water is de bouwkuip uitgegraven en is over de bodem en langs de wanden een folie uitgerold. Op deze folie is 4 m ophoogmateriaal aangebracht dat zorgt voor tegendruk van het grondwater. De wanden zijn gerealiseerd met gewapende grond: lagen ophoogmateriaal afgewisseld met wapeningsdoek. Na het afsnijden van de folie op de gewenste hoogte zijn de damwanden verwijderd en is de weg aangebracht.

Belangrijk constructief uitgangspunt is dat horizontale druk uit de wanden wordt opgenomen door het ophoogmateriaal op de folie. Wanneer de folie zou opbarsten, betekent dit dat de wanden en de drukboog bezwijken. Dat zou leiden tot geheel bezwijken van de constructie. Daarom was meer veiligheid nodig tegen het opbarsten van de grond dan wanneer het opbarsten afzonderlijk zou zijn beschouwd.

In de verdiepte ligging zijn twee viaducten gebouwd, uitgevoerd als integraalviaduct met een in situ gestort voorgespannen dek. Een fundering dóór de folie was niet mogelijk, maar gelukkig bleek ook een fundering op staal mogelijk.

Verder is naast de bestaande Torenvlietbrug een nieuwe brug gebouwd. Met name de schuine ligging en de schuine onderslagbalken zorgden hierbij voor de nodige uitdagingen. Van de bestaande Torenvlietbrug is het beweegbare deel vervangen door een vast betonnen deel.



Figuur 5 Principe folieconstructie met injectielaag

Link

[Animatie verdiepte ligging N206 Tjalmaweg RijnlandRoute](#)

Invloed autogene krimp op constructie

Presentatie Jeroen Meijdam – Mobilis

Autogene krimp van beton is een fenomeen waarmee in zowel technologie, constructieberekeningen als de uitvoering rekening moet worden gehouden. Deze vorm van krimp is het gevolg van een inwendig 'uitdrogingsproces', waarbij er geen interactie plaatsvindt met de omgeving. We weten er echter nog lang niet alles over. Om een beter beeld te krijgen van welke factoren deze vorm van krimp beïnvloeden en wat de gevolgen zijn voor de constructie, is een Stutech-studiecel opgericht.

Uit het onderzoek van deze studiecel, waarbij naast de literatuur een grote hoeveelheid meetdata is geanalyseerd, is gebleken dat de gemiddelde autogene krimp in de praktijk aanzienlijk groter kan zijn dan volgens de Eurocode. Vooral opvallend is de enorme spreiding in de resultaten. Rekening houdend met een 5%-overschrijdingskans, zou op basis van de onderzochte data, de autogene krimp zelfs 5x zo hoog kunnen zijn als wanneer de Eurocode zou worden aangehouden.

Om enig gevoel te krijgen bij wat het gevolg hiervan is op constructieberekeningen, zijn in het onderzoek een aantal cases beschouwd. Zo is in een case bekeken wat de invloed van de autogene krimp is op de verplaatsing van een brugdek bij een oplegblok. In een andere case is de invloed op de capaciteit van een cretdeuvel ter plaatse van een dilatatie berekend. De mogelijke consequenties op het ontwerp blijken weliswaar niet schokkend groot, maar zijn wel iets om rekening mee te houden. Ook is de invloed op de krimpwapening bekeken. Uit een voorbeeldberekening blijkt dat als gevolg van de hogere autogene krimp tot 30% meer wapening zou moeten worden toegepast. Bij alle voorbeelden kunnen de nodige kanttekeningen worden geplaatst. Zo zijn verhinderingsgraad en kruip niet meegenomen. Algemene conclusies kunnen dan ook niet worden getrokken, maar duidelijk is wel dat de bevindingen niet kunnen worden genegeerd.

De commissie heeft een globaal stappenplan opgesteld dat aangeeft hoe je met de materie om kunt gaan. Afhankelijk van het risico moet worden gekeken naar mogelijk beheersmaatregelen zoals een andere stortfasering, aanpassing van wapening of het onderzoeken van het toe passen betonmengsel.

De Stutech-commissie stelt tot slot voor een vervolgonderzoek te starten samen met Stufib, om het stappenplan verder uit te werken en praktische handvatten op te stellen voor de constructeur.