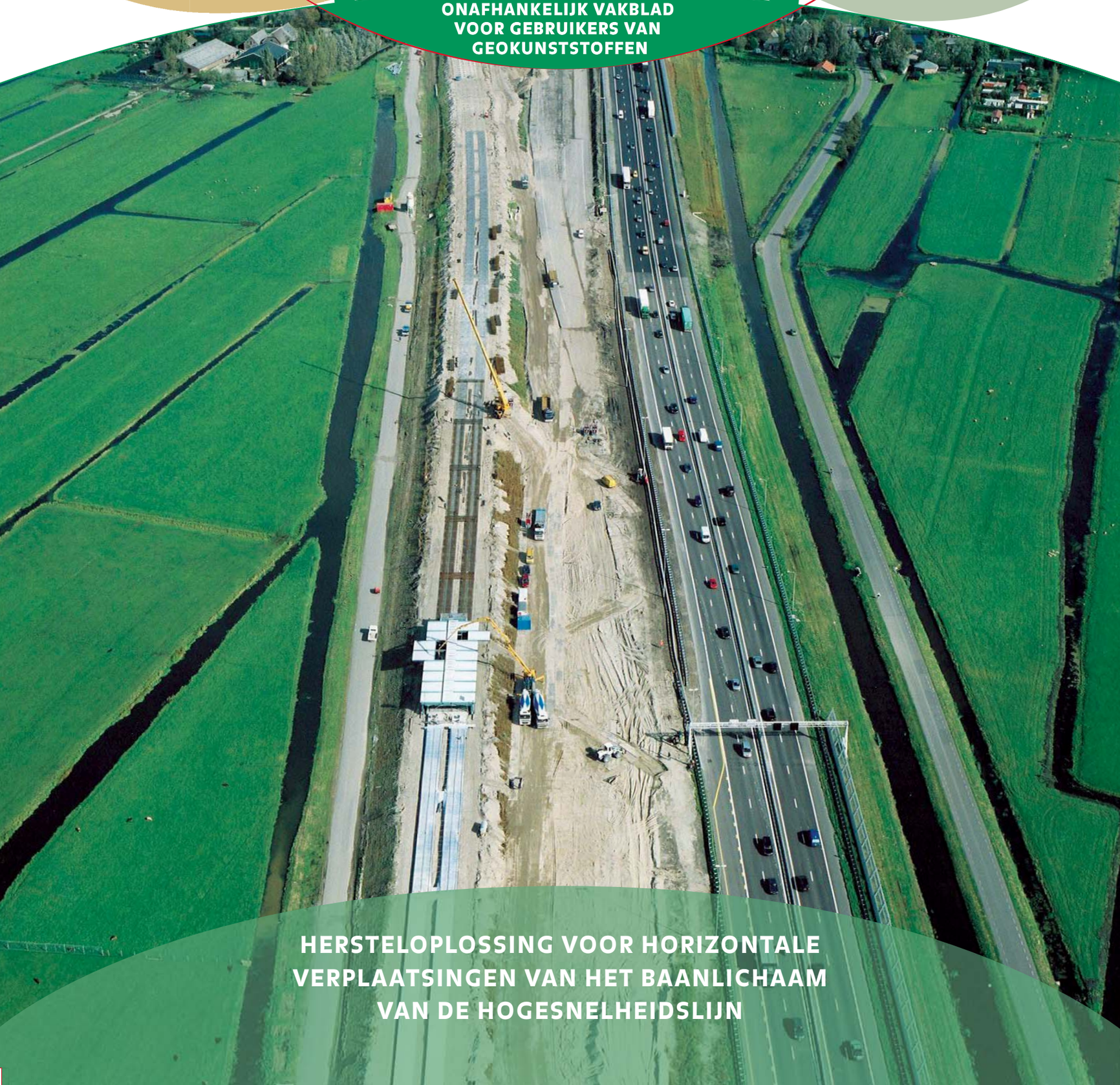
JAARGANG 24 NUMMER 3 AUGUSTUS 2020

GEOkunst

ONAFHANKELIJK VAKBLAD
VOOR GEBRUIKERS VAN
GEOKUNSTSTOFFEN



HERSTELOPLOSSING VOOR HORIZONTALE VERPLAATSINGEN VAN HET BAANLICHAAM VAN DE HOGESNELHEIDSLIJN

GEOKUNST WORDT MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR:

Sub-Sponsors

Low & Bonar
Progress through performance

Low & Bonar
Westervoortsedijk 73
6827 AV Arnhem
Tel. +31 (0) 85 744 1300
Fax +31 (0) 85 744 1310
info@lowandbonar.com
www.lowandbonar.com

NAUE

NAUE GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp – Germany
Tel. +49 5743 41-0
Fax +49 5743 41-240
info@naue.com
www.naue.com

TENCATE
materials that make a difference

TenCate Geosynthetics
Netherlands BV
Europalaan 206
7559 SC HEengelo
service.nl@tencategeo.com
www.tencategeo.eu

Mede-ondersteuners

enviro QUALITY CONTROL BV

Enviro Quality Control B.V.
Daalseweg 1-B
3611 AA Oud-Zuilen
Tel. +31 (0)30 244 1404
mail@enviro-quality-control.nl
www.eqc.nu

Strukton Civiel

Strukton Civiel Regio West
Scharwoude 9
1634 EA Scharwoude
Tel. +31 (0)229 54 77 00
info@struktonciviel.com
www.strukton.com

De collectieve leden van de NGO zijn:

CDR International BV, Rijssen
Cofra B.V., Amsterdam
Deltares, Delft
Enviro Quality Control BV, Maarssen
Fugro NL Land B.V., Leidschendam
Genap BV, 's Heerenberg
Geopex Products (Europe) BV, Gouderak
GeoTec Solutions BV, Culemborg
GID Milieutechniek, Velddriel
Huesker Synthetic BV, Rosmalen
InfraDelft BV, Delft
Juta Holland BV, Oldenmarkt
Kiwa NV, Rijswijk
Kwast Consult, Houten
Low & Bonar, Arnhem
Movares Nederland BV, Utrecht
Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp
Prosé Geotechniek BV, Leeuwarden
Quality Services BV, Bennekom
Robusta BV, Genemuiden
Rijkswaterstaat, Utrecht
S&P Clever Reinforcement Company Benelux, Aalsmeer
Strukton Civiel, Scharwoude
Stybenex, Nijmegen
T&F Handelsonderneming BV, Oosteind
Ten Cate Geosynthetics Netherlands BV, Nijverdal
Tensar International, 's-Hertogenbosch
Terre Armee BV, Waddinxveen
Witteveen + Bos, Deventer

Enka® Solutions

EnkaGrid®

Voor een stabiele fundering van wegen en kraanopstelplaatsen bij windmolens

EnkaGrid MAX funderingswapening bij Windpark WP Energiek, Waardpolder

Low & Bonar

Low & Bonar
Westervoortsedijk 73, 6827 AV Arnhem | T +31 85 744 1300
www.enkasolutions.com | info@enkasolutions.com

VAN DE REDACTIE

BESTE GEOKUNST LEZERS,

Vanuit het bestuur van de Nederlandse Geotextiel Organisatie ben ik gevraagd om de functie van eindredacteur op mij te nemen. Jeroen Ruiter is een andere uitdaging aangegaan buiten ons vakgebied. We willen Jeroen bedanken voor zijn inzet en enthousiasme voor ons blad.

Dit enthousiasme wil ik graag voortzetten en aan jullie doorgeven. De toepassing van geokunststoffen in het vakgebied van waterbouw en geotechniek is zeer veelzijdig, met aspecten als grondwapening, drainage, erosiebescherming, afdichtingen, etc. Deze aspecten en de zeer brede toepassingen hiervan hebben mij persoonlijk altijd zeer geboeid. Vanaf het moment dat ik ben gaan werken bij Royal Haskoning (nu RHDHV) in 1998 en later bij Witteveen+Bos, ben ik mij vanuit de waterbouw en geotechniek steeds meer gaan specialiseren in het ontwerp en de toepassingen met geokunststoffen. Hiermee ben ik betrokken geweest bij zeer mooie projecten in binnen- en buitenland. Sinds September 2018 ben ik werkzaam bij Colbond / Enka Solutions in Arnhem, producent van verschillende type geokunststoffen en gespecialiseerde non-wovens. We zijn daarbij onderdeel van Freudenberg.

Mijn functie binnen Enka Solutions is 'Application manager Civil & Hydraulic Engineering'. Dagelijks richt ik mij in teamverband op technisch inhoudelijke vragen voor het gebruik van geokunststoffen in de grond-, weg- en waterbouw. Dat doe ik voor Nederland, maar ook voor vele landen in Europa en ver daarbuiten. Dit maakt mijn werk ontzettend interessant en afwisselend. Oefening baart kunst. Geokunst.

En nu dus eindredacteur. In deze editie vinden jullie een artikel van Jeroen van Wessem. Hij heeft een zeer boeiend artikel geschreven over een mogelijke hersteloplossing voor horizontale verplaatsingen van het baanlichaam van de Hogesnelheidslijn. In het artikel worden 2 oplossingen beschouwd met een voorgespannen stalen damwand en een gewichtsreductie door middel van EPS.

Het zijn ook andere tijden, ook in ons werkveld. De impact van Covid-19 heeft ook zeker zijn weerslag op de NGO vereniging en onze leden. In het voorjaar organiseren we altijd een inspirerende creatieve sessie, waarbij in een workshop een specifiek onderwerp wordt behandeld. De geplande dag op 18 juni konden we helaas niet door laten gaan. We hadden wel een zeer leuk en actueel onderwerp bedacht, namelijk 'Circulariteit bij geokunststoffen'. We informeren jullie met een nieuwe datum in het voorjaar 2021.

Het congres Eurogeo7 in Warschau is ook doorgeschoven. Dit betreft de 7e editie van het Europese congres op het gebied van geokunststoffen, welke zou plaatsvinden van 6-9 September 2020. De nieuwe conferentie-datum is 16-19 mei 2021. Noteer deze data alvast in jullie agenda!

Ik wens jullie heel veel leesplezier toe. Juist nu. *Stay strong – use geogrids.*

Rijk Gerritsen
Eindredacteur GeoKunst

COLOFON

Geokunst wordt uitgegeven door de Nederlandse Geotextielorganisatie. Het is bedoeld voor beleidsmakers, opdrachtgevers, ontwerpers, aannemers en uitvoerders van werken in de grond-, weg- en waterbouw en de milieutechniek. Geokunst verschijnt vier maal per jaar en wordt op aanvraag toegezonden.

Eindredactie **R. Gerritsen**
Tekstredactie **J. van Deen**
Redactieraad **A. Bezuijen**
P. van Duijnen
M. Duškov
S. van Eekelen
P. ter Horst
Productie **Uitgeverij Educom**

Een abonnement kan worden aangevraagd bij:
Nederlandse Geotextielorganisatie (NGO)
info@ngo.nl
www.ngo.nl

Jeroen van Wessem
Ontwerper Rail bij BAM Infraconsult

HERSTELOPLOSSING VOOR HORIZONTALE VERPLAATSINGEN VAN HET BAANLICHAAM VAN DE HOGESNELHEIDSLIJN

Inleiding

De hogesnelheidslijn in Nederland, gebouwd van 2002 tot 2006, is aangelegd voor een snelle verbinding tussen Amsterdam, Rotterdam en de Belgische grens. Het bijbehorende ingenieuze spoor is ontworpen voor een maximale treinsnelheid van 300 km/u. Het merendeel van de spoorconstructie bevindt zich in een gebied met typisch Nederlandse slappe grond bestaande uit holocene lagen van klei en veen. Vanwege de zeer hoge snelheden is een perfect alignement van de rails noodzakelijk. Daarom is het spoor op de meeste locaties gebouwd op een "zettingsvrije plaatconstructie" met daarbovenop een ballastloos Rheda 2000 spoor. Daarbij is het spoor direct aan de betonconstructie en momentvast aan de funderingspalen verbonden.

Bij het dorp Rijpwetering ligt de hogensnelheidslijn parallel aan de rijksweg A4 en vertoont hij horizontale verplaatsingen loodrecht op de spooras. Deze horizontale verplaatsingen treden al op sinds de bouw van het baanlichaam en nemen nog steeds toe, ondanks al uitgevoerde correctiemaatregelen. Om de oorzaak van deze problematische verplaatsingen te kunnen aanwijzen zijn de verzamelde meetresultaten van de probleemlocatie geanalyseerd met diverse Plaxis 2D modellen. Vervolgens is in het model een praktische oplossingsstrategie onderzocht om ontoelaatbare verplaatsingen in de toekomst te voorkomen. De verplaatsingen zorgen voor het optreden van een buigend moment in de kop van de funderingspaal. Het uiterst toelaatbaar buigend moment wordt bereikt bij een horizontale verplaatsing van circa 100 mm. Voor de veiligheid is de uiterste grenstoestand vastgesteld op 80 mm.

Constructie

Het probleemgebied ligt tussen het viaduct over de rijksweg A4 en het viaduct over de Rijpwetering. Het tracé loopt parallel aan de rijksweg; aan de andere zijde bevindt zich grasland met vele sloten. Het gebied bestaat uit slappe grond van lagen veen en holocene klei tot de pleistocene zandlaag op 11,6 m diepte.

Tabel Grondopbouw

Grondopbouw	*km 32.58 – km 32.71*	
	Bovenzijde m NAP)	*Onderzijde (m NAP)*
Veen, kleiig	-1,2	-5,6
Klei, humeus	-5,6	-7,4
Klei, siltig	-7,4	-10,6
Veen Basisveen	-10,6	-11,6
Zand, Pleistoceen	-11,6	-35

Het spoor is gebouwd op een zettingsvrije plaatconstructie. Eerst is een zandlichaam van 4 m hoogte in fases aangelegd waarna vier voorgespannen betonnen funderingspalen (400x400 mm) zijn geplaatst per doorsnede, met een onderlinge afstand van 2 meter. Hier bovenop zijn vervolgens twee betonnen platen met een breedte van 3 m en een lengte van 30 m in het werk gestort en aan elkaar en de palen verbonden. De platen zijn zijdelings gekoppeld en hebben in lengterichting een dilatatievoeg. Het geheel ziet er zeer solide uit (figuur 2).

In de schematische doorsnede in figuur 3 is zichtbaar dat het naastliggende zandlichaam van de rijksweg A4 een zeer groot en zwaar grondpakket is. Het is een in de jaren 60 aangelegd cunet, waarbij de grond tot een relatief grote diepte is ontgraven en volgestort met zand. Het zand-

Figuur 1 –
HSL spoorbaan in aanleg
(bron: Beeldbank RWS).

Figuur 2 –
HSL zettingsvrije plaat in aanbouw
(bron: Beeldbank RWS).

SAMENVATTING

De van 2002 tot 2006 gebouwde hogesnelheidslijn in Nederland vertoont nabij Rijpwetering grote laterale (zijdelingse) verplaatsingen tot wel 65 mm. De verplaatsingen zijn een direct resultaat van asymmetrie in de ondergrond door het verschil in gedrag van slappe grond aan de ene kant en het stijve zandlichaam van de rijksweg A4 aan de andere kant. Door middel van Plaxis 2D simulaties is aangetoond dat deze asymmetrie in combinatie met eerder uitgevoerde aanpassingen zorgt voor grote laterale verplaatsingen, zowel op korte als lange termijn. Zonder adequate correctiemaatregelen zullen de verplaatsingen binnen 10 jaar tegen de grenswaarde van 80 mm aanlopen. In dit artikel worden twee oplossingsscenario´s onderzocht, de toepassing van een voorgespannen damwand en een gewichtsreductie door middel van EPS (geëxpandeerd polystyreen).

lichaam bevindt zich daardoor gedeeltelijk tot onder het nieuwe zandlichaam van de HSL. De precieze diepte en afmeting van het grondlichaam van de rijksweg zijn onbekend maar de verwachting is dat dit zandlichaam invloed heeft op de opgetreden zettingen en horizontale deformaties van de HSL.
Vanwege de verplaatsingen zijn in 2006 drie verankerde damwandschermen geplaatst op verschillende plaatsen langs het spoor. Deze damwanden zijn door middel van groutankers aangespannen waardoor tegendruk aan het baanlichaam wordt gegeven. Ondanks deze damwanden zijn de horizontale verplaatsingen echter niet volledig tot stilstand gekomen.

Metingen

Vanwege de sinds de bouw van het baanlichaam geconstateerde deformaties en afschuivingen is in 2005 begonnen met een halfjaarlijkse tachymetrie meting van de betonplaat. Deze monitoring is in 2009 vervangen door betrouwbaardere GNSS (Global Navigation Satellite System) metingen op verschillende observatiepunten over het traject (figuur 4).

Uit de meetresultaten blijkt het baanlichaam zich op de meeste stukken zijdelings te verplaatsen van de rijksweg af. De resultaten wijzen een duidelijk verschil uit tussen de locaties met en zonder ondersteuning van een damwand. De ondersteunde delen verplaatsen zich de laatste jaren gemiddeld met 0 tot 0,5 mm per jaar, terwijl niet-ondersteunde delen zich verplaatsen met een snelheid van gemiddeld 2,7 tot 3,3 mm per jaar. Hierdoor is de huidige verplaatsing opgelopen tot maximaal ongeveer 65 mm uit de originele positie.

Variantenstudie

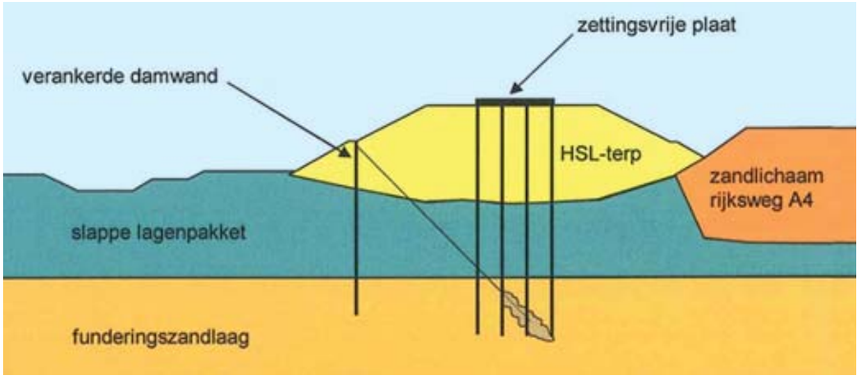
Voor het onderzoek naar de oorzaak van deze verplaatsingen zijn verschillende modellen gemaakt in Plaxis 2D. Het model bestond uit een Soft Soil Creep modellering voor de veenlagen en een Mohr-Coulomb model voor de overige lagen. Hierin is de geleidelijke opbouw van het baanlichaam gesimuleerd en vervolgens de verplaatsing van de betonconstructie nagebootst op basis van beschikbare meetdata. De betonconstructie in deze variantenstudie bestaat uit de funderingspalen die niet gekoppeld zijn gemodelleerd. In vervolgsimulaties is de werkelijke situatie in meer detail gemodelleerd.

Allereerst is een variantenstudie gedaan om de oorzaak van de verplaatsingen te verklaren. In deze studie zijn zeven varianten met geometrische verscheidenheid onderzocht om te toetsen op laterale verplaatsingen na de bouwfase.

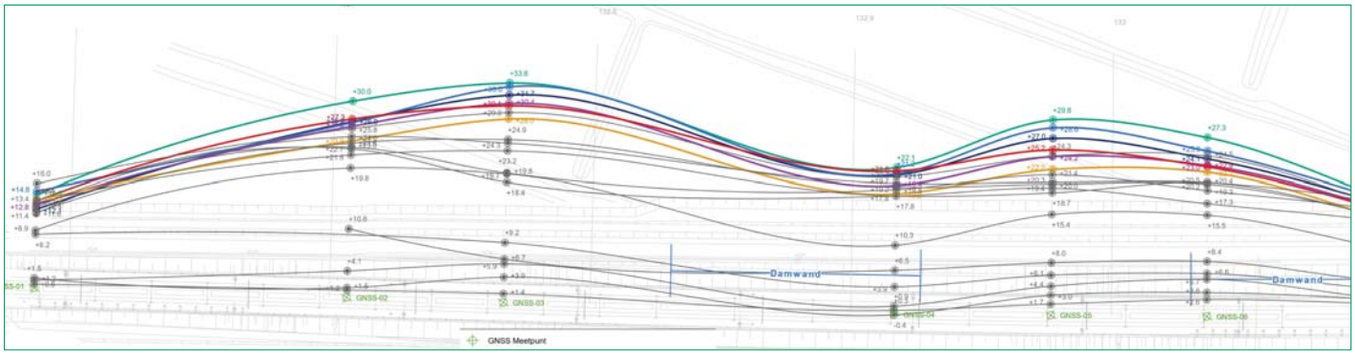
VARIANTEN IN MODEL

- Symmetrisch model.
- Sloot aan de westzijde.
- Rijksweg grondlichaam aan de oostzijde.
- Asymmetrische ondergrond door rijksweg cunet (2 varianten).
- Asymmetrische ondergrond met een voorgespannen damwand.
- Combinatie van de sloot, rijksweg grondlichaam en asymmetrische ondergrond.

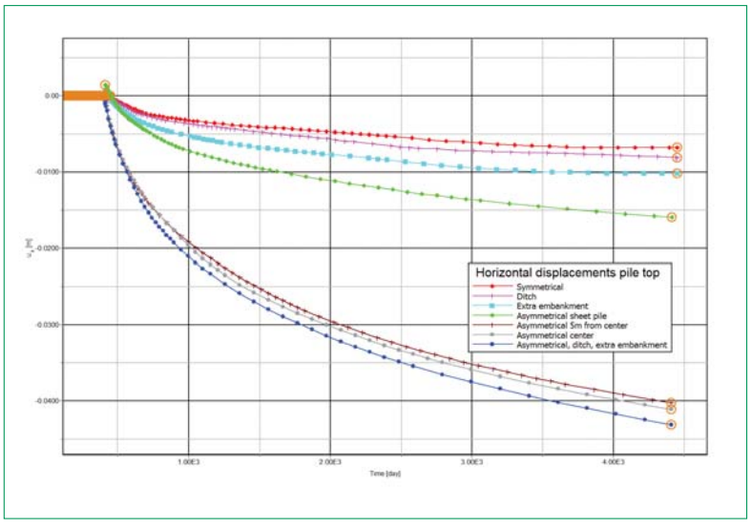
In figuur 5 zijn de horizontale verplaatsingen van de top van de meest linkse funderingspaal weergegeven. De horizontale verplaatsingen zijn een direct gevolg van asymmetrische zettingen als gevolg van kruip in de slappe lagen. Uit de resultaten is duidelijk zichtbaar dat de asymmetrie in de ondergrond een zeer grote invloed heeft op de horizontale verplaatsingen. Door het verschil van stijfheid aan beide zijden van het baanlichaam zakt het westelijk deel meer dan het oostelijk deel. Dit resulteert in een draaimechanisme waarbij de betonconstructie zijdelings wordt belast. Niet alleen de totale verplaatsing na een simulatie van 4000 dagen was evident veel groter bij een asymmetrische ondergrond, maar ook gaan de verplaatsingen significant door. Naar verwachting zullen de verplaatsingen in werkelijkheid dus ook doorzetten.



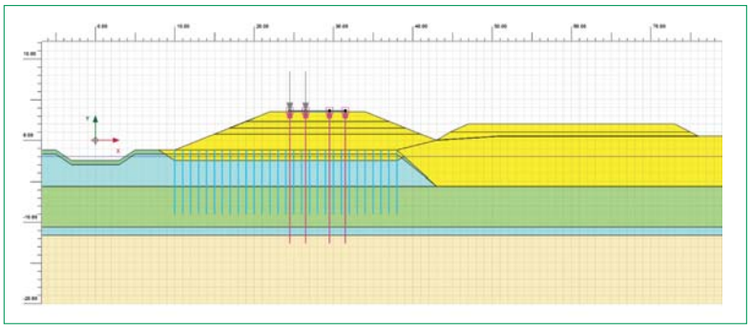
Figuur 3 – Schematische doorsnede ondergrond.



Figuur 4 – Bovenaanzicht van de GNSS metingen van HSL bij het dorp Rijpwetering.



Figuur 5 – Horizontale verplaatsing van de meest linkse funderingspaal.



Figuur 6 – Plaxis 2D model van de HSL bij Rijpwetering.

Tabel Horizontale verplaatsingen simulering

Case	*Metingen verplaatsingssnelheid*		*Simulatie verplaatsingssnelheid*		*Extra verplaatsing na 10 jaar*
	mm/dag	*mm/jaar*	*mm/dag*	*mm/jaar*	
Niet ondersteund	0,0048	1,752	0,0051	1,8615	14,68 mm
Ondersteund	0,0012	0,438	0,0014	0,511	2,45 mm

Simulatie van het model

Vervolgens is de bestaande situatie gedetailleerder gemodelleerd met het doel de meetresultaten te benaderen en een praktische oplossing met geverifieerde modellen te simuleren. Het grondmodel bestond uit Soft Soil Creep modellering voor de slappe lagen en Hardening Soil voor de zandlagen. Onder het aangebrachte zandpakket is verticale drainage toegepast volgens het Beaudrain-principe waarbij verticale drains onder vacuüm de consolidatie versnellen. Daaromheen zijn de geometrische invloeden gemodelleerd. Aan de westzijde bevindt zich de afwateringssloot en aan de oostzijde het lichaam van de rijksweg. De railconstructie bestaat uit twee gekoppelde betonplaten, star verbonden aan de funderingspalen geplaatst tot in het pleistocene zand. De simulering is gestart na afloop van de constructiefase om de resulterende verplaatsingen te observeren.

Het model bestaat uit een niet-ondersteunde variant zonder damwandscherm en een ondersteunde variant met voorgespannen damwandscherm in de westelijke berm van het grondlichaam. Deze simulaties zijn uitgevoerd voor het in beeld brengen van de verplaatsing in de tijd. In de bovenstaande tabel zijn de verplaatsingen van de betonconstructie weergegeven. Het betreft de gemiddelde resultaten voor de laatste 2 jaar van metingen en simulatie. Daarna is de simulatie verlengd om de invloed voor de komende 10 jaar te evalueren.
De desbetreffende simulatie toont dat het damwandscherm de horizontale verplaatsingen zeer sterk doet afnemen, maar niet tot stilstand brengt. Echter de niet-ondersteunde delen van het baanlichaam zullen flink blijven verplaatsen de komende jaren. Uit de simulatie voor een periode tot 10 jaar na de huidige situatie blijkt dat de niet-ondersteunde delen 14,68 mm zullen gaan verplaatsen.
De horizontale verplaatsingen leiden tot grote kopmomenten in de verbinding tussen de betonplaat en de funderingspalen. De huidige verplaatsingen worden geschat op 65 mm. De totale verplaatsing binnen 10 jaar zal dus precies uitkomen op de maximaal toelaatbare waarde voor constructieve veiligheid van 80 mm. Aangezien dit ontoelaatbaar is, zal er tijdig een oplossing gevonden moeten worden.

Ontwerp van mogelijke oplossingen

In het onderzoek worden twee alternatieve oplossingen onderzocht: een verankerde voorgespannen damwand en een toepassing van lichtgewicht EPS als vervanging van een deel van het zandlichaam.
De damwand is een gebruikelijke oplossing die reeds op meerdere punten langs de HSL is toegepast. Door de damwand aan de westelijke zijde van het zandlichaam te plaatsen kan zijdelingse druk worden gegeven tegen de verplaatsing in. In het verleden zijn goede resultaten geboekt met deze conventionele methode. Vandaar is dit een aantrekkelijke optie. Het plaatsen van damwanden heeft echter ook nadelen. De damwanden zullen 14 meter diep moeten worden aangebracht. Voor het aanbrengen van dergelijke lange damwanden en voorgespannen ankers is groot materieel nodig, wat dichtbij een actief spoor onwenselijk is. Daarnaast belemmert een damwand niet alleen de verplaatsing van grond, maar wordt ook water tegengehouden in het zandlichaam.

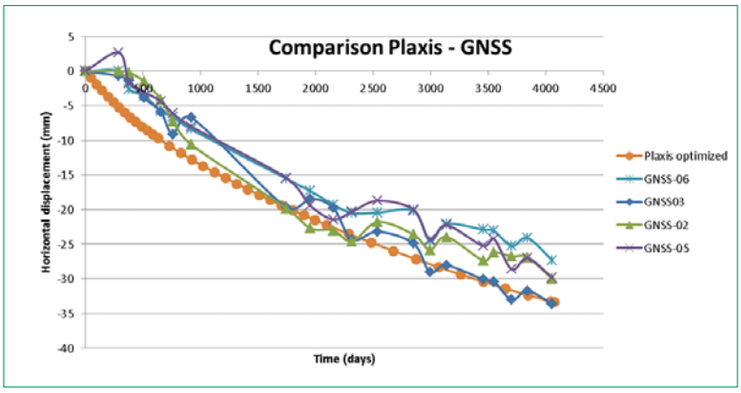
Een andere oplossing biedt de toepassing van lichtgewicht EPS in het talud van het zandlichaam. Door een gedeelte van het zandlichaam af te graven en te vervangen door lichtgewicht materiaal zullen de spanningen in de grond afnemen en daarmee ook de verplaatsingen. Aangezien de verticale zettingen de oorzaak zijn van de horizontale verplaatsingen is te verwachten dat een gewichtsreductie een doeltreffende oorzaakgerichte oplossing is. Mogelijk problematische aspecten bij de toepassing van EPS zijn dat het ontgraven van de grond rondom het spoor voor moeilijkheden kan zorgen voor de systemen rondom het spoor. Zo bevinden zich de palen voor de bovenleiding in het af te graven gebied. In het kader van dit onderzoek zijn drie varianten voor gewichtsreductie onderzocht. In de modellen is een variant voor gewichtsreductie aan de oostzijde en een variant aan de westzijde, door na een consolidatiefase een deel van het zand te verwijderen en te vervangen door EPS. De varianten zijn ofwel slechts aan één kant gewichtsreductie of aan beide zijden tegelijk. Het toegepaste materiaal in de simulatie heeft de eigenschappen van EPS60.

Plaxis-analyseresultaten

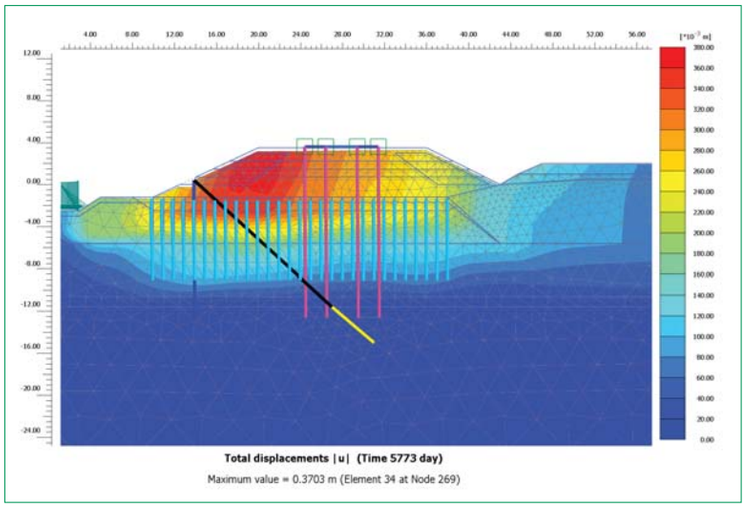
De mogelijke oplossingen zijn gemodelleerd in het Plaxis 2D model van de huidige situatie om de invloed ervan op toekomstige verplaatsingen te analyseren.

Figuur 8 geeft een contourplot van de verplaatsingen van het lichaam met een voorgespannen damwand weer. De optredende spanningen rondom de damwand zijn erg hoog. De grond wordt door de voorspanning samengedrukt waardoor verplaatsing wordt voorkomen. Deze oplossing is alleen effectief indien de voorspanning, zoals berekend in het numerieke model, ook in de praktijk haalbaar is.

In figuur 9 is de contourplot van de verplaatsingen met gebruik van EPS te zien. Duidelijk is de locatie van de EPS te zien in de berm aan de westzijde van het baanlichaam. De gewichtsreductie zorgt voor een vermindering van de verticale gronddruk en



Figuur 7 – Vergelijking van de simulatie met 4 GNSS metingen waarbij geen ondersteuning is toegepast.



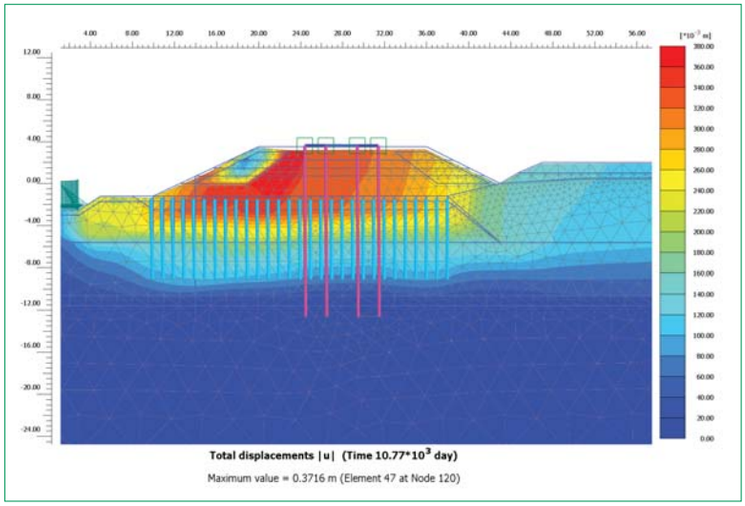
Figuur 8 – Contour plot verplaatsingen met voorgespannen damwand.

zettingen, voor de simulatie in figuur 9 dus een zettingsreductie aan de westzijde. Aangezien de horizontale verplaatsingen een direct gevolg zijn van de verticale zetting nemen deze ook af.

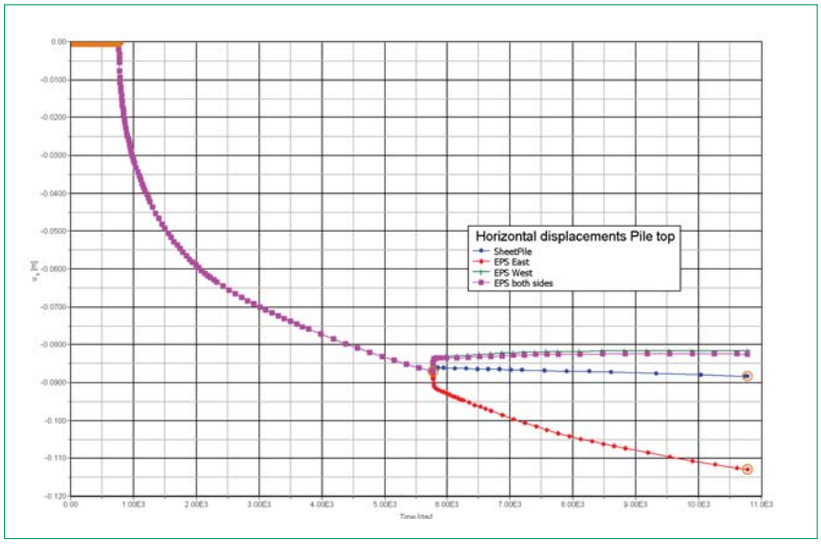
Zowel de toepassing van EPS als een voorgespannen damwand hebben veel potentie in het verminderen van horizontale verplaatsingen. Figuur 10 illustreert de verplaatsingen voor de vier verschillende oplossingen uitgezet tegen de tijd. Het doel is om de uiteindelijke deformatielijn zoveel mogelijk horizontaal te krijgen omdat er dan geen verplaatsing meer is. De toepassingen zijn gestart na 14 jaar om de huidige situatie te modelleren en de impact op de toekomst te bepalen. De toepassing van EPS aan de oostzijde van de constructie (zoals eerder toegepast bij de HSL) heeft een duidelijk zichtbare negatieve invloed op de horizontale verplaatsingen. Doordat de zettingen aan oostzijde minder worden, maar aan westzijde gelijk blijven neemt de rotatie toe. Toepassing van de damwand en EPS aan de westzijde hebben beide juist een positieve invloed en zullen de constructie zeer snel tot stilstand brengen. De resultaten van de damwand zijn weergegeven in blauw en laten zien dat de verplaatsingen als het ware worden geremd tot een minimale verplaatsing. De gewichtsreductie door EPS aan de westzijde is weergegeven met een groene lijn en die verplaatst de constructie terug in tegengestelde richting. De spanningsreductie leidt tot een onmiddellijke sprong terug en vervolgens een geleidelijke reductie van de originele verplaatsingen. Om de toekomstige verplaatsing naar nul te krijgen dient 144 kN/m gewicht te worden verwijderd. Dit kan door zand te vervangen door EPS60 over een oppervlakte van 12 m^2 per strekkende meter.

Daarnaast is een variant onderzocht waarbij de gewichtsreductie is toegepast aan beide zijdes. Deze is weergegeven met de roze lijn. Deze methode levert de beste resultaten op aangezien de spanningen in de grond aan beide kanten worden verlicht. De onmiddellijke terugsprong is kleiner en de toekomstige resultaten zijn stabieler. Het verschil in de resultaten is echter maar klein, terwijl de ingreep uiteraard stukken groter is. Aangezien zowel de voorgespannen damwand als de EPS-blokken aan de westzijde van het spoor een mogelijke oplossing bieden is het belangrijk om te kijken naar de verschillen. De spanningsreductie in de ondergrond die ontstaat door de gewichtsreductie zal op een eenvoudige wijze het probleem wegnemen. De toepassing van EPS is namelijk gemakkelijk uitvoerbaar door verwijdering van een gedeelte van het zandpakket en dat op te vullen met EPS blokken die eenvoudig snel en veilig stapelbaar zijn. Daarnaast biedt EPS geen waterobstructie in de diepere grondlagen.

Figuur 9 – Contourplot van de verplaatsingen met lichtgewicht EPS aan de westzijde.



Figuur 10 – Horizontale verplaatsingen van de paaltoppen tegen de tijd.



Het aanbrengen van een damwandconstructie brengt zowel tijdens de constructie als in de komende jaren meerdere risico's met zich mee. Door trillen van de damwanden kan het zettingsproces zich versnellen en damwanden met voorspanning vereisen regelmatige monitoring en onderhoud.

De gewichtsreductie door toepassing van EPS is daarnaast kostentechnisch een zeer interessante oplossing. Het materiaal zelf is relatief goedkoop en ook de uitvoering is gemakkelijk en behoeft weinig zwaar materieel. Hierdoor zijn de kosten zeker vier keer lager in vergelijking tot een oplossing met voorgespannen damwanden. Daarnaast biedt de spanningsreductie ook een oplossing waarbij de oorzaak wordt weggenomen aan de belastingzijde in plaats van een mitigerende oplossing aan de weerstandzijde. Hiermee wordt de kans op toekomstige risico's en eventueel onderhoud kleiner. Het ontgraven van de grond rondom het spoor kan wel voor enkele uitdagingen zorgen voor de systemen rondom het spoor. Zo bevinden zich bijvoorbeeld de palen voor de bovenleiding in het af te graven gebied.

Conclusie

De hogesnelheid-spoorconstructie bij Rijpwetering verplaatst zich zijdelings. Uit Plaxis 2D modellen blijkt dat het zandpakket van de parallel gelegen rijksweg A4 leidt tot een asymmetrische belasting. Dit zandpakket, aangelegd in de jaren 60, is door de jaren heen geconsolideerd en gedraagt zich nu als een stijf lichaam naast de slappe holocene lagen in de ondergrond. De HSL baan is gebouwd op het grensvlak tussen deze verschillende stijfheden. De asymmetrie is de oorzaak van een rotatie van het baanlichaam en daarmee een laterale verplaatsing van de spoorconstructie in westelijke richting. Deze verplaatsing bedraagt ondertussen tot 65 mm en zet zich door in de tijd door kruip in de slappe lagen. Indien geen actie wordt ondernomen zal de constructie zich in de komende 10 jaar verder verplaatsen en bij 80 mm de toegelaten uiterste grenstoestand van de paalkopmomenten bereiken.

In het artikel worden twee oplossingsscenario's voorgesteld die beide de verplaatsingen kunnen stoppen. Een conventionele oplossing met voorgespannen damwanden, zoals eerder toegepast, heeft bewezen effectief te zijn. Echter, deze toepassing heeft ook nadelen wat betreft risico's en kosten. Daarnaast zijn op deze locatie al meerdere damwanden geplaatst, het hele gebied afsluiten kan problemen met de grondwaterstroming veroorzaken.

Gewichtsreductie door de toepassing van EPS in de westzijde van de constructie biedt betere resultaten op de lange termijn. Daarnaast zijn de kosten en toekomstige risico's (veel) lager. Het ontgraven van de grond rondom het spoor kan wel voor enkele moeilijkheden zorgen voor de systemen rondom het spoor. De simulaties met berekeningen zijn veelbelovend. De aanbeveling wordt daarom gedaan om de toepassing van EPS uitgebreider te onderzoeken en daarmee een gunstig alternatief te bieden tegenover de damwandmethode.

Dankwoord

Dit artikel is geschreven naar aanleiding van mijn afstudeerscriptie voor de master Structural Engineering met specialisatie railbouwkunde aan de TUDelft. De opdracht is uitgevoerd in samenwerking met Infraspeed Maintenance BV als beheerder van de hogesnelheidslijn.
Het afstudeerwerk was niet mogelijk geweest zonder mijn begeleiders Dr. V.L. Markine, Prof.dr.ir. R.P.B.J. Dollevoet en Dr. X. Liu van de TUDelft, Ir. A.A. Hertogs van Infraspeed Maintenance BV en Dr.ir M. Duškov van InfraDelft BV. Heel veel dank voor de vele hulp in het gehele proces.
Het volledige afstudeerrapport is terug te vinden op *http://repository.tudelft.nl/.* ●

YOUR KNOWLEDGE PARTNER IN GEOSYNTHETICS

Europalaan 206
7559 SC Hengelo
Nederland

+31 (0)546 544 811
geonederland@tencategeo.com
www.tencategeo.nl

twitter: @tencate_geo_nl

TENCATE GEOSYNTHETICS

GESLAAGDE DIJKVERBETERING MET BESPARING VAN RESOURCES, TIJD EN KOSTEN

Het Waterschap Limburg heeft voor de eerste keer besloten om voor een project gebruik te maken van een Geosynthetic Clay Liner (GCL) in plaats van de gebruikelijke materialen. Het project was een succes met indrukwekkende besparingen. Het feit dat het 200 transportwagens scheelt, is hiervan maar een van de voorbeelden.

De Maas stroomt door België, Frankrijk en Nederland. Mensen wonen graag langs haar oevers, maar aan het wonen in de buurt van waterwegen kleven ook risico's. Soms zijn de dijken niet hoog of sterk genoeg om de mensen erachter te beschermen.

Het project in het aan de Maas gelegen Neer werd opgestart om piping te voorkomen. Piping is het proces waarbij buisjes ontstaan in een zandhoudende aquifer onder rivierdijken. Tijdens hoge waterstanden wordt dit proces zichtbaar door de formatie van zandvulkanen – gevormd door zand dat wegsijpelt uit de aquifer – aan de landzijde van de dijk. Om een mogelijke dijkverzakking of -doorbraak te voorkomen, is het Waterschap Limburg begonnen aan een dijkverbeteringsproject.

Een manier om beschadiging van de dijk door piping te voorkomen, is het aanbrengen van een dikke kleilaag in het voorland van de dijk, onder het gras. Deze techniek vraagt echter aanzienlijk wat grondwerk en logistiek. De klei moet eerst worden opgegraven ter verbetering, en vervolgens moet nieuwe klei worden aangebracht.

De aannemer in Neer koos voor een methode die minder werk vereist, sneller klaar is en dus ook goedkoper is.
Hij plaatste 1200m² Bentofix® Geosynthetic Clay Liner van de Duitse fabrikant NAUE. Bentofix® Geosynthetic Clay Liners zijn vernaalde, versterkte composieten met twee stevige buitenlagen van geotextiel en een uniforme kern van sterk opzwellend natriumbentonietpoeder. Hierdoor ontstaat een uniforme, multidirectionele, schuifvaste waterkerende laag met zelfdichtende en zelfherstellende eigenschappen.

Voorafgaand aan dit project was er zeer nauwe samenwerking met de Innovatiemanager van Waterschap Limburg, Kees Dorst. 'Kees was de drijvende kracht achter dit project. Wij zijn er trots op dat wij deel uitmaken van deze ontwikkeling om de beste oplossing te vinden voor het waterschap. In dit geval zijn onze Bentofix® GCLs de meest efficiënte, duurzame en rendabele oplossing,' zegt Christian Psiorz, regionale Sales Manager bij NAUE.

NAUE GmbH & Co. KG is wereldwijd een van de toonaangevende producenten van geokunststoffen. Het bedrijf, met 500 medewerkers, is actief vanuit zijn hoofdkantoor in Duitsland en dochterondernemingen en kantoren overal ter wereld. NAUE heeft een eigen onderzoeksafdeling en een engineering-kantoor voor klant-specifieke ondersteuning.

NAUE GmbH & Co. KG
Gewerbestr. 2 – 32339 Espelkamp
Germany
Phone +49 5743 41-0
info@naue.com **www.naue.com**

Bentofix® is a registered trademark of NAUE GmbH & Co. KG in various countries.

NAUE

OOMS-VOEG

Toepassing van de Ooms-voeg bij bruggen, viaducten en tunnels heeft voordelen voor beheerder, gebruiker en omwonende. De eerste voeg is toegepast in 2003 op de A50 en de techniek heeft zich bewezen op tal van andere plaatsen in Nederland.

- Reductie van geluid en trillingen geeft comfort en minder omgevingshinder
- Geen spoorvorming maakt het wegdek veilig
- Hoge kosteneffectiviteit doordat onderhoud niet nodig is

Strukton Civiel

Meer informatie:
www.ooms.nl/specialismen
www.struktonciviel.nl

enviro QUALITY CONTROL BV

Kwaliteit met zekerheid

Geaccrediteerd sinds 2005 door de Raad voor Accreditatie als type A onafhankelijke inspectie-instelling op basis van de NEN-ISO/IEC 17020, RvA registratie I188 voor het uitvoeren van inspecties bij:

- Aanleg van onder- en bovenafdichtingen van stortplaatsen
- Aanleg van een werk waarin IBC-bouwstof wordt toegepast voor protocol AS6901
- Tijdens de gebruiksfase van een IBC-werk voor protocol AS6902
- Levensduuronderzoek op kunststoffolie en lasverbindingen

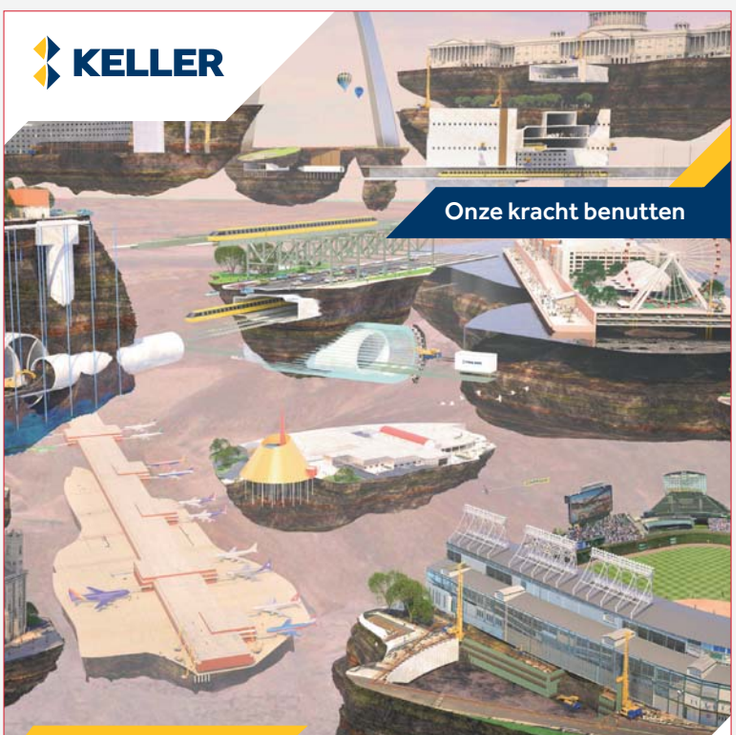
Inspectie in het werk

Testen op het werk

Beproeven in het laboratorium

+31 30 244 1404 www.eqc.nl

KELLER



Onze kracht benutten

Keller Funderingstechnieken B.V.
Europalaan 16 · Postbus 757
2400 AT Alphen aan de Rijn
Nederland

Telefoon +31 17 24 71-798

r.looij@kellergrundbau.com

Voor uw funderings-en grondwater opgaven creëren wij efficiënte oplossingen. Complexe geotechnische vraagstukken worden door Keller Funderingstechnieken vertaald in een solide basis voor uw projecten.

Uw vragen beantwoorden wij, met genoegen !

www.keller-funderingstechnieken.nl

VROOM
FUNDERINGSTECHNIEKEN

Vroom Funderingstechnieken is een allrounder in paalsystemen en prefab funderingsconstructies. Dankzij de brede expertise en jarenlange ervaring op funderingsgebied wordt Vroom vaak in een vroegtijdig stadium betrokken bij complexe en specialistische funderingswerkzaamheden. Bekijk onze projecten op vroom.nl.

- I.G.G. SCHROEFPALEN TYPE DPA, HEK, BETONSCHROEF EN BUISSCHROEF
- I.G.G. VIBROPALEN EN VIBRO-SD PALEN
- PREFAB BETONPALEN
- PREFAB BETONBOUW

CONTACT:
T. 0299409500
E. info@vroom.nl

VROOM.NL

Even weg van *bits en bites*...

We leven in digitale tijden, maar velen willen gewoon papier in handen hebben. Een **relatiemagazine** is zeer effectief als marketinginstrument. Het ultieme visitekaartje voor uw onderneming. U wekt vertrouwen en claimt autoriteit binnen uw vakgebied. U creëert bedrijfsherkenning, loyaliteit en binding bij al uw relaties.

Als uitgever van gerenommeerde tijdschriften (als Geotechniek/Geokunst) zijn wij dé partij om mee in zee te gaan. **Uitgeverij Educom** regelt van idee tot en met verspreiding. Biedt uw magazine digitaal aan en plaats het op uw website. Informeer naar de mogelijkheden via: info@uitgeverijeducom.nl

www.uitgeverijeducom.nl

DIJKVERSTERKING MET BENTOFIX®

Bentoniet mat

Toepassingsgebieden:
- Dammen en dijken
- Opslagtanks, binnenwatertanks, vijvers
- Stortplaatsen, mijnbouw, tunnelbouw
- Infrastructuurmaatregelen, kustbescherming
- Waterbouw

Voordelen:
- Eenvoudige, snelle en voordelige installatie
- Direct een hoog afdichtend effect
- Hoge duurzaamheid
- Robuust en ongevoeling voor zettingen
- Geschikt voor steilere taluds door hoge bond sterkte

NAUE

NAUE GmbH & Co. KG
Duitsland
Tel.: +49 5743 41-0
info@naue.com - www.naue.com