JAARGANG 22 NUMMER 4 DECEMBER 2018

GEOkunst

ONAFHANKELIJK VAKBLAD
VOOR GEBRUIKERS VAN
GEOKUNSTSTOFFEN

11TH ICG CONFERENTIE: GEOKUNSTSTOFFEN IN SEOUL, ZUID-KOREA

TOEPASSING VAN LICHTE OPHOOGMATERIALEN VOOR DE RECONSTRUCTIE VAN HET VOORHUIS TE KAMERIK

GEOKUNST WORDT MEDE MOGELIJK GEMAAKT DOOR:

Sub-Sponsors

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

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

Mede-ondersteuners

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

Ooms Construction / Strukton Civiel
Scharwoude 9
1634 EA Scharwoude
Tel. +31 (0)229 54 77 00
info@ooms.nl
www.ooms.nl

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, Den Dungen.
GID Milieutechniek, Velddriel
Huesker Synthetic BV, Den Dungen
InfraDelft BV, Delft
Intercodam Infra BV, Almere
Juta Holland BV, Oldenmarkt
Kiwa NV, Rijswijk
Kwast Consult, Houten
Low & Bonar, Arnhem
Movares Nederland BV, Utrecht
Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp-Fiestel
Ooms Civiel BV, Avenhorn
Prosé Geotechniek BV, Leeuwarden
Quality Services BV, Bennekom
Robusta BV, Genemuiden
S&P Clever Reinforcement Company Benelux, Aalsmeer
T&F Handelsonderneming BV, Oosteind
Ten Cate Geosynthetics Netherlands BV, Nijverdal
Tensar International, 's-Hertogenbosch
Terre Armee BV, Waddinxveen
Vulkan-Europe BV, Gouda
Witteveen + Bos, Deventer

Enka® solutions

Enkagrid ® voor stabilisering van funderingslagen en grondlichamen

Enkagrid kent een breed assortiment van stijve en flexibele geogrids tot zeer hoge treksterkte en staat voor efficiëntie en betrouwbaarheid voor elk project waar grondstabilisering een vereiste is.

Progress through performance
A Low&Bonar solution

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

BESTE GEOKUNST LEZERS,

In een eerder voorwoord van GeoKunst meldden we al dat de activiteiten van SBRCURnet per 1 januari 2018 zijn gestopt en dat CROW een deel van de activiteiten heeft overgenomen. Inmiddels is duidelijk dat de CROW de portfolio Waterbouw, Geotechniek en Beton verder gaat ontwikkelen. Daarvoor is steun en inbreng van de gehele sector onontbeerlijk. Om aan die inbreng invulling te geven is de Programma Advies Raad Waterbouw+Geotechniek (PAR-W+G) opgericht waar de sector breed in vertegenwoordigd is. Ook de voorzitter van NGO heeft zitting in deze adviesraad en kan de gewenste ontwikkelingen op het gebied van geokunststoffen inbrengen. Belangrijke taak van de PAR-W+G is het bepalen van de noodzaak en de prioritering van publicaties, zowel de actualisering van bestaande als het opstellen van nieuwe. Mogelijk zal daar ook een nieuwe digitale omgeving voor ontwikkeld worden. Vanuit het NGO-bestuur zullen we eenmaal per jaar onder onze leden inventariseren welke publicaties op het gebied v an geokunststoffen aan actualisering toe zijn en welke nieuwe publicaties gewenst zijn.

De GeoKunst die voor u ligt bevat weer twee interessante artikelen: een verslag van de 11e Internationale Geokunststoffen Conferentie in Seoul en een projectbeschrijving van de reconstructie Voorhuis te Kamerik met toepassing van lichte ophoogmaterialen.

Om de vier jaar is er een internationale conferentie over geokunststoffen. De 11e in de reeks was in Seoul, Zuid-Korea, in september van dit jaar met ruim 1200 deelnemers. In het artikel van Suzanne van Eekelen, Adam Bezuijen en Max Nods worden de hoogtepunten van het congres belicht.

In het tweede artikel beschrijven Erik Kwast, Ed Pollemans en Ed Rodewijk de toepassing van lichte ophoogmaterialen voor de reconstructie van het Voorhuis te Kamerik. Het veelvuldig terugkerende onderhoud van wegen, openbare ruimte, riolering en kabels & leidingen is aanleiding geweest voor een nieuwe aanpak binnen de gemeente Woerden. Zowel bij nieuwbouw als bij reconstructie wordt in de voorfase een variantenstudie uitgevoerd, inclusief de bepaling van de levenscyclus-kosten, teneinde een onderbouwde keuze te maken voor het type ophoging. Voor de reconstructie van de straat Voorhuis te Kamerik leidde dit tot de keuze van een combinatie van de lichtgewicht ophoogmaterialen Bims en EPS voor de wegconstructie.

Veel leesplezier met deze GeoKunst,

Erik Kwast
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 **E. Kwast**
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

prof. dr. ir. Adam Bezuijen
Universiteit Gent en Deltares

dr. ir. Suzanne van Eekelen
Deltares

ir. Max Nods
Gesyso, GE Systems & Solutions bv

11TH ICG CONFERENTIE: GEOKUNSTSTOFFEN IN SEOUL, ZUID-KOREA

Om de vier jaar is er de internationale conferentie over geokunststoffen. De 11e in de reeks was in Seoul, Zuid-Korea, in september van dit jaar. Ruim 1200 deelnemers kwamen naar het immense COEX-gebouw in Seoul, waar je eindeloos kan (ver)dwalen. Voor ons is Seoul ver weg, dus waren er dit keer wat minder Europeanen, en meer Aziaten. Net als altijd presenteerden verschillende Aziatische landen mooi onderzoek: grote proefopstellingen en geavanceerde berekeningstechnieken.

Het Nederlandse Chapter van de International Geosynthetics Society heeft zich goed geprofileerd. Op de eerste dag gaf Suzanne van Eekelen een hele dag cursus over het ontwerpen van paalmatrassen. Lars Vollmert van NAUE Duitsland verzorgde daarbij een presentatie met praktijkvoorbeelden en tips & tricks. De cursus was goed volgeboekt: 87 deelnemers uit 32 landen.

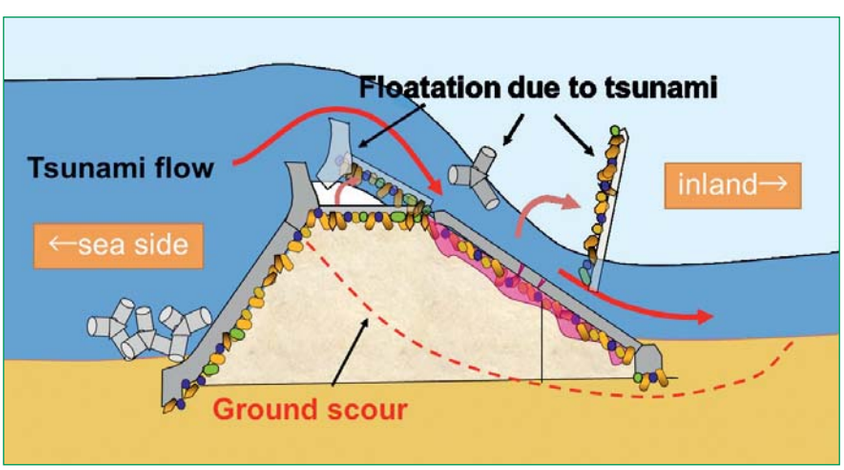
Daarnaast gaf Adam Bezuijen twee presentaties: eentje over vallende stenen op geotextiel, binnenkort volgt daarover een artikel in de Geokunst. Een tweede over nat-en-droog cycli bij een bentonietmat (GCL, Geosynthetic Clay Liner). Adam liet een vergelijking zien tussen de prestaties van een normale bentonietmat en één die is gemaakt van met polymeer verbeterde bentoniet. De klei is daarbij met een polymeer versterkt volgens het zogenaamde HYPER Clay-procedé. De bentonietmat met deze versterkte klei blijkt tijdens vijf nat- en droog-cycli met zeewater, een orde lagere doorlatendheid te hebben dan een bentonietmat met gewoon bentoniet. De versterkte klei presteert dus beter. Na de vierde cyclus was de doorlatendheid voor de niet behandelde bentoniet orde 10^{-8} m/s en voor met polymeer versterkte bentoniet lager dan 10^{-9} m/s.

Key notes

Na de eerste dag met short courses, volgden de tweede dag alle key notes op een rij. Dat was heel overzichtelijk. Voor de key notes waren vooral oude bekenden gevraagd. Veel mensen kenden hen, en vaak ook hun verhaal al wel. Toch waren er ook wat nieuwe geluiden. Zo ging de Franse Nathalie Touze-Foltz in haar Giroud-lezing in op de millennium doelen van de VN, waarbij ze vooral inging op de vraag: 'Welk onderzoek aan geokunststoffen levert winst voor deze doelen?' Touze-Foltz analyseerde recente lezingen en papers over geokunststoffen om te zien waar geokunststoffen kunnen bijdragen aan voldoende water en voedsel van goede kwaliteit voor iedereen, het beschermen van het milieu, het mitigeren van de gevolgen van natuurrampen en economische oplossingen. In de wandelgangen heeft Adam nog wat met haar nagepraat over de vraag in hoeverre geosynthetica zelf een onderdeel van het milieuprobleem kunnen worden, met de verhalen over plastic-soep in het achterhoofd. Volgens Touze-Foltz zou dat kunnen, maar kon ze daar nog niets over melden omdat er nog nauwelijks onderzoek naar is gedaan. Misschien is er over 4 jaar meer over te zeggen bij het volgende congres.

Figuur 1 – Suzanne in actie (foto: Lars Vollmert)

Figuur 2 – Dit gaat mis: een dijk bekleed met beton. Het beton 'drijft' weg bij een tsunami (Bron: Kuwano et al., 2018).



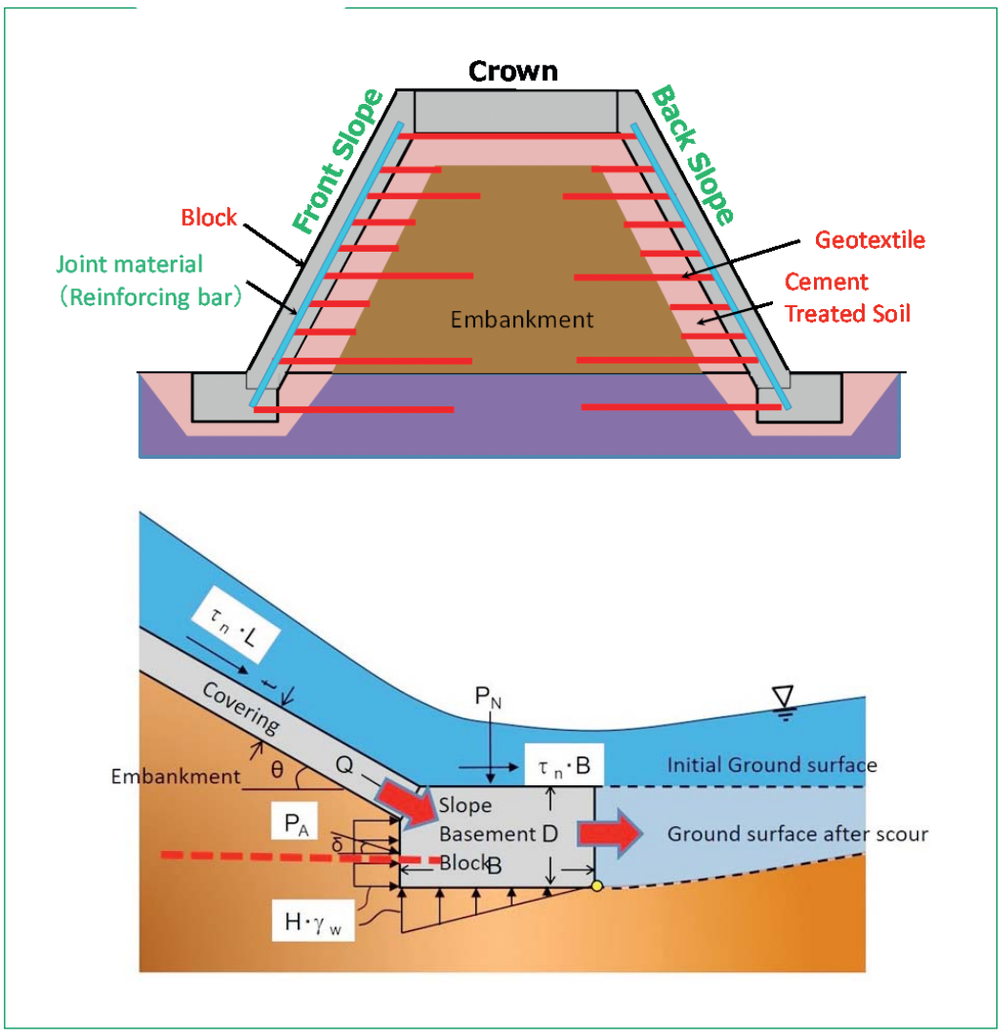
SAMENVATTING

De 11e Internationale Geokunstoffen Conferentie in Seoul had 1200 deelnemers, 600 presentaties, honderden posters en een beurs met meer dan 100 bedrijven. Zo'n groot congres is onmogelijk samen te vatten in één Geokunst artikel en als je aan deelnemers vraagt wat zij vermeldenswaardig vinden, zal dat verschillende antwoorden opleveren. Hieronder de subjectieve keuze van de auteurs wat zij interessant vonden. Het is dus niet echt een verslag, maar wel een aanmoediging om de proceedings eens door te bladeren. Helaas niet open source beschikbaar maar u weet vast iemand te vinden die ze heeft. Een aantal papers wordt gepubliceerd in speciale uitgaven van de tijdschriften Geotextiles and Geomembranes, Geosynthetics International, en Soil & Foundation.

Vanuit Japan kwamen twee grote verhalen. Prof. Jiro Kuwano van de Saitama Universiteit begon met een overzicht van de rampen die Japan hebben getroffen de afgelopen jaren. Je krijgt tranen in je ogen van zoveel aardbevingen, tsunami's en andere overstromingen en dijkdoorbraken door extreme regenval (tot 1,8 meter regen in een paar dagen tijd!). 'Tsunami' is niet voor niets een Japans woord dat in iedere andere taal is overgenomen. Bijna altijd zijn er veel doden te betreuren bij deze rampen. Alleen al bij de tsunami van 2011 kwamen rond de 20.000 mensen om.

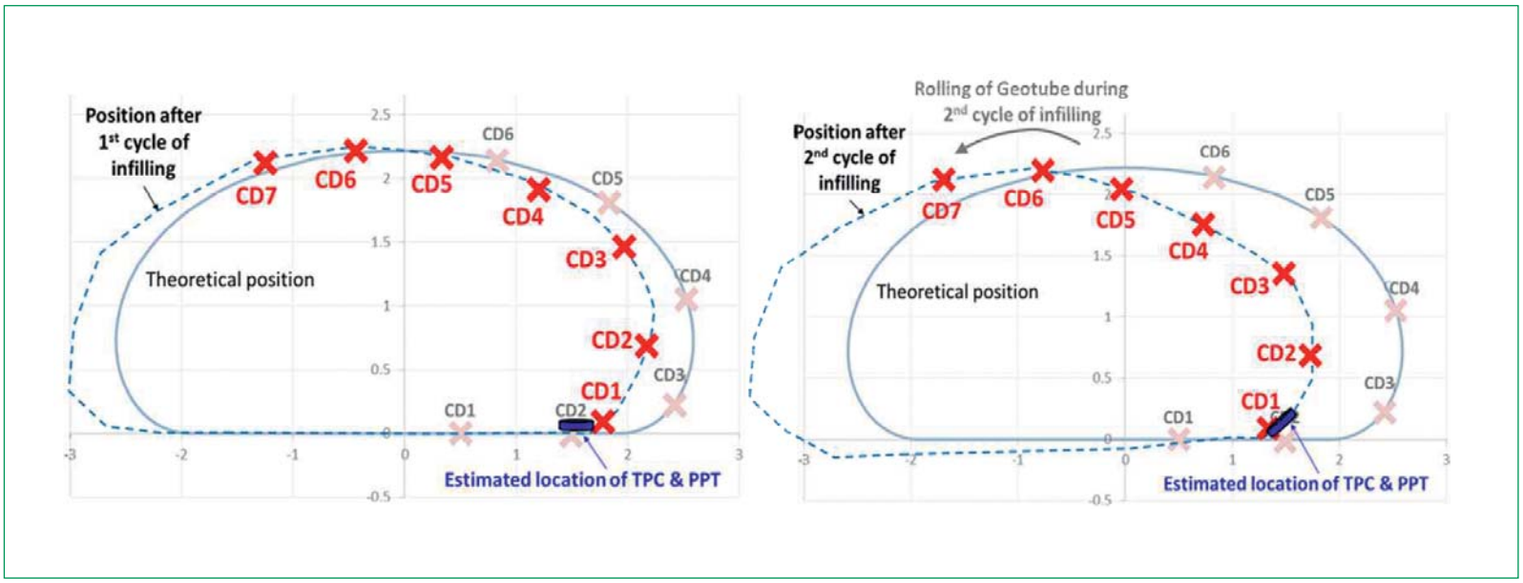
Japan heeft enorm geïnvesteerd in onderzoek en ontwikkeling om de gevolgen van deze rampen te bestrijden. Maar hoe maak je 30.000 km zeekust tsunami-bestendig? Japan onderzoekt en leert veel van de veelvuldige rampen en de bijbehorende schadegevallen of juist de constructies die heel blijven. Zo ondervonden ze dat een zeedijk die is bekleed met beton niet heel blijft bij een tsunami, en al helemaal niet in combinatie met een zware aardbeving (figuur 2). Een alternatieve constructie waarbij geokunststof de betonplaten op een flexible manier vasthoudt (figuur 3) werkt wel goed. Zelfs bij een zware aardbeving en/of een tsunami blijft deze constructie intact.

Nog een les: de voet van een gewapende wand moet minimaal 1,5 meter onder maaiveld liggen, en alle aansluitingen van de gewapende wand moeten goed dicht zijn gemaakt. Anders worden dit de plekken waar erosie leidt tot ontgronding, wat alsnog snel kan leiden tot een dijkdoorbraak.
Helpt zo'n erosiebestendige dijk? Zeker wel: de energie van de tsunami wordt gereduceerd. Maar het is niet genoeg. Achter de zeedijk van gewapende grond volgt idealiter nog een weg of een spoorbaan op een hoge, tsunami-bestendige aardebaan. Ook deze grondlichamen worden overspoeld bij een tsunami, dat kan ook moeilijk anders met een 15 meter hoge vloedgolf. Maar ze moeten wel heel blijven en de energie van de tsunami zo goed mogelijk breken. In het ideale plaatje volgt dan nog een stuk landbouwgrond, om de energie van de tsunami verder te breken. Maar Japan is te dicht bevolkt om overal dat ideale plaatje waar te kunnen maken.
Prof. Fumio Tatsuoka uit Tokyo verzorgde de tweede Japanse key note. Tatsuoka heeft heel veel ervaring in het aardbevings- en tsunami-bestendig bouwen van spoorwegen. Al een poosje mag in Japan een steilwand voor het spoor alleen worden gebouwd met gewapende grond. Betonnen L-muren bezwijken bij een aardbeving, waar met geokunststof gewapende grond heel blijft. Nu heeft Tatsuoka ook een integraal-brug ontwikkeld. Daarbij wordt het brugdek geïntegreerd met steilwanden van gewapende grond met daaraan verankerd een meedragende betonwand over de volle hoogte. Deze constructie is aardbevings- en tsunami-bestendig. Daarmee gebouwd zullen de bruggen en viaducten niet meer massaal wegspoelen bij een tsunami, wat tot nu toe wel gebeurde. De constructie is niet toepasbaar voor heel grote overspanningen, omdat dan de thermische spanningen te hoog zouden worden. Volgens Tatsuoka voldoet de constructie heel goed bij overspanningen tot 60 m en hij denkt dat ook 100 m haalbaar is.



Figuur 3 – Dit gaat wel goed: de betonnen platen worden verankerd met geokunststof (Bron: Kuwano et al., 2018).

Prof. Kerry Rowe van Queens University in Canada gaf een mooi overzicht over het onderzoek dat is uitgevoerd aan bentonietmatten (Geosynthetic Clay Liner, GCL). Een interessant aspect was hoe hij de vochtuitwisseling tussen de GCL en de ondergrond uitwerkte. Een GCL moet vochtig worden om een afdichtende werking te hebben. Omdat bentoniet heel hygroscopisch (water-aantrekkend) is, wordt over het algemeen aangenomen dat vocht uit het onderliggende zand naar de bentoniet wordt getrokken. Hierbij zijn



Figuur 4 – Deformatie van de geotube na de eerste en tweede keer vullen met baggerslib. (Chew et al., 2018)

echter volgens Rowe twee kanttekeningen te maken:

- Wanneer de ondergrond uit grof zand bestaat is de capillaire werking gering. Als de freatische lijn dan onder de GCL ligt wordt het vochtgehalte in het grove zand zo laag dat het bentoniet heel weinig vocht op zal nemen en dus niet goed zal werken als afdichting.
- Als het water in het zand veel ionen bevat, zal de doorlatendheid juist toenemen als dit water door de bentoniet wordt opgezogen, omdat de eigenschappen van de bentoniet door de ionen worden aangetast.

De key notes uit Europa werden verzorgd door prof. Martin Ziegler van de Universiteit van Aken (Duitsland) en prof. Neil Dixon van de Loughborough Universiteit (Verenigd Koninkrijk).
Ziegler ging in op wapeningsfunctie van geokunststoffen. Hij wees op de vele jaren ervaring (al 50 jaar!) in de toepassing van vliezen (non-wovens) en weefsels in funderingslagen van wegen, en de toepassing in eerste instantie in kleinere steile taluds en keerwanden gewapend met geokunststoffen. Door de ontwikkeling van hogesterkte-weefsels en geogrids is de toepassing ervan de laatste jaren enorm toegenomen. Ziegler memoreerde de belangrijkste voordelen van geokunststoffen als wapening: minder kosten, minder moeite bij de bouw, minder energievraag, en minder gebruik van primaire grondstoffen. Daarnaast gedragen gewapende-grondconstructies zich zeer ductiel, ze hebben meer capaciteit om (ongelijkmatige) zettingen op te nemen dan starre constructies. Vaak blijkt in de praktijk dat gewapende-grondconstructies veel 'reserve'-capaciteit (meer sterkte en minder vervorming) hebben, meer dan op grond van het ontwerp verwacht mag worden. Ziegler heeft zich met zijn onderzoeksteam op deze extra capaciteit gestort en zich verdiept in de interactie op micro- en macroschaal van geogrids en grond. Modellen voor beide schalen worden voorgesteld. Ziegler sprak de hoop uit dat hun onderzoek zal leiden tot beter begrip van de interactie tussen geogrid en grond, en uiteindelijk tot verbeterde efficiëntie van bestaande rekenmodellen. Meer onderzoek is daarvoor nodig.

Dixon ging nader in op de grote uitdagingen waar de wereld zich snel op moet focussen: de verandering van het klimaat en het tekort aan grondstoffen, en op de bijdrage die geokunststoffen aan de oplossing kunnen leveren. De vraag is daarbij hoe de bijdrage van geokunststoffen kan worden gekwantificeerd. Bekend zijn inmiddels de methodes voor het vaststellen van de CO_2-voetafdruk (foot print) van infra-projecten. Hierbij wordt naar alle fasen gekeken, van grondstofwinning via logistiek en productie naar de bouwfasen en hergebruik na de gebruiksduur. Dixon ging een stap verder. Vele uitgevoerde constructies hebben een ontwerplevensduur van 100 of 120 jaar. Dixon vroeg zich af wat de gevolgen van de klimaatverandering over de resterende levensduur kunnen zijn, nu de uitgangspunten mogelijk anders zijn. Denk aan de rijzende zeespiegel, de kans op overstromingen, stormen en dergelijke. Dixon stelde dat de klimaatverandering al in de uitgangspunten voor het ontwerp van infrastructurele werken meegenomen zou moeten worden. Hier ligt nog een serieuze uitdaging, en Dixon nodigde ontwerpers uit om geokunststof-specialisten op een pro-actieve manier te betrekken.

Prof. Jorge Zornberg van de Universiteit van Austin (Texas) verzorgde de key note als afvaardiging van Noord- en Zuid-Amerika. Hij keek voornamelijk naar wegenbouwtoepassingen, en benadrukte de voordelen van geokunststoffen aan de hand van zes concrete toepassingen. Zornberg besprak de belangrijkste voordelen van de geokunststof-oplossingen, en legde daarbij nadruk op de duurzaamheidsvoordelen (sustainability). Zornberg vond dat er nog enorm veel te winnen is omdat er wereldwijd nog maar relatief weinig geokunststoffen in de wegenbouw worden ingezet.

Prof. Eun Chul Shin van de Incheon National University in Korea ging in een speciale voordracht in op de Koreaanse ervaringen met geokunststoffen. Korea blijkt al decennia een grootverbruiker te zijn, bijna 100 miljoen m^2 per jaar. Meer dan 40% zijn non-wovens en weefsels, maar ook geogrids en andere geokunststoffen worden veel gebruikt. Dit is mede gevolg van het feit dat Zuid-Korea voor meer dan 70% uit bergen bestaat, en aan drie zijden omringd wordt door zee. Dat betekent dat minder goede gronden door grondverbeteringstechnieken bruikbaar gemaakt moeten worden, en dat er veel aan landaanwinning wordt gedaan. Geokunststoffen zijn daarbij noodzakelijk, denk aan gewapende grond, verticale drains, wapening van aardebanen op slappe grond en kustverdediging. Zuid-Korea heeft ook een sterk ontwikkelde eigen geokunststoffen-industrie, die prominent vertegenwoordigd was op de beurs.

Technische sessies

Ook tijdens de technische sessies vielen ons een aantal interessante ontwikkelingen op. Traditioneel worden geotubes voor toepassingen in de kustwaterbouw gevuld met zand. Omdat in Singapore zand schaars is wordt daar geëxperimenteerd met geotextiele tubes die gevuld zijn met baggerslib met een watergehalte van 140 tot

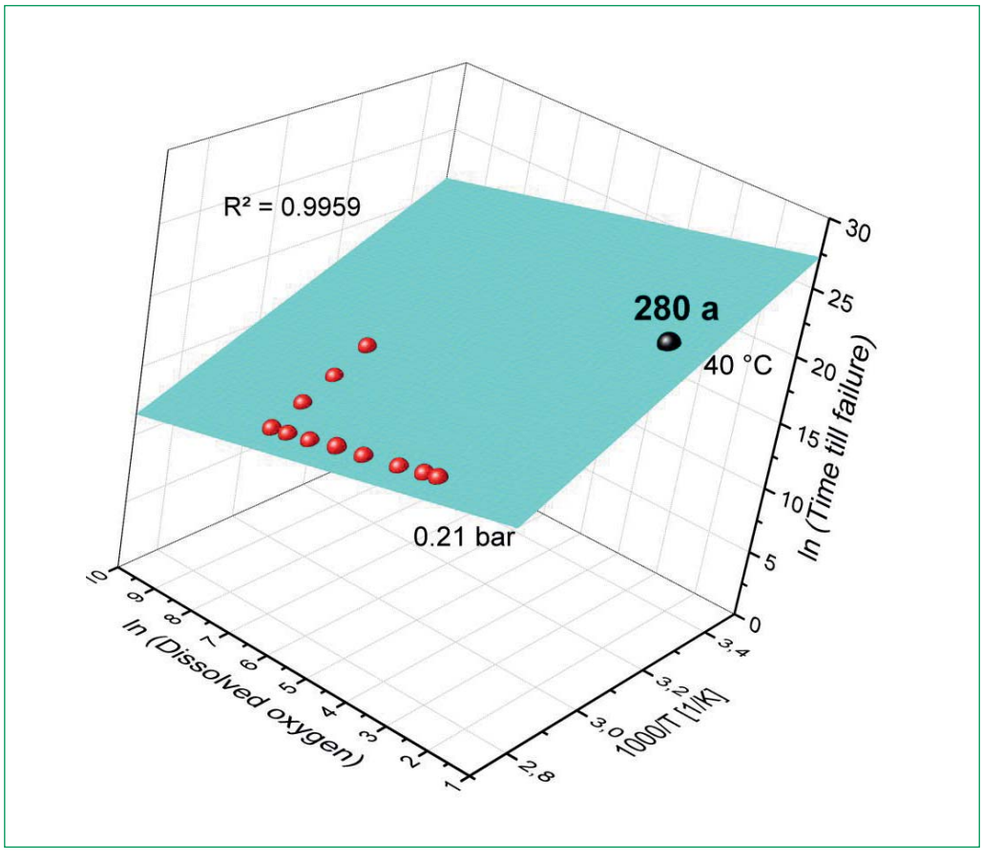
165% en een dichtheid van 12,5 tot 13,5 kN/m³ met daarin 5% cement (gewichtsprocent gebaseerd op het droge-stof gehalte). Vullen met baggerslib geeft een zeer weinig vormvaste tube. Door de toevoeging van 5% cement wordt dit op den duur beter. In eerste instantie heeft de cement echter nog niet veel invloed en is de tube dus nog steeds niet echt vormvast. Bij de experimenten bleek dit doordat de tube ging rollen (figuur 4). Het is dus wel zaak om de tube degelijk te verankeren.

Er waren nog verschillende andere toepassingen van geotextiele tubes en zandzakken. Bij één sessie was de voorzitter, een man met decennia ervaring op dit gebied, van mening dat er duidelijk vooruitgang wordt geboekt. Adam was minder onder de indruk en sprak hier de voorzitter na afloop van de sessie op aan. Met de microfoon uit schetste deze een minder rooskleurig beeld. Inderdaad, aan teenconstructies wordt bij veel constructies nog te weinig aandacht besteed. Ernstiger was volgens hem dat dit soort constructies nog te vaak 'ad hoc' constructies zijn: in een delta ontstaat ergens te veel erosie, er worden wat zandzakken of een tube neergelegd, met als gevolg dat de erosie zich verplaatst. Er is volgens hem geen overall-visie op erosie-beperking in een hele delta.

Op het gebied van verouderingsonderzoek presenteerde het Duitse SKZ – German Plastic Center een studie over de autoclaafproef en een vergelijking met de oventest. Deze experimenten worden gebruikt om de gevoeligheid van kunststoffen voor oxidatie vast te stellen. Bij een oventest wordt alleen de temperatuur verhoogd. Een hogere temperatuur leidt tot een snellere veroudering. Bij de autoclaafproef is het mogelijk om ook de zuurstofdruk te verhogen en agressieve vloeistoffen toe te voegen. Een hogere zuurstofdruk levert een snellere veroudering. De resultaten kunnen worden omgerekend tot wat te verwachten is bij kamertemperatuur en normale zuurstofspanning met behulp van de uit de chemie bekende Arrhenius-relatie voor reactiesnelheden.

Met de autoclaafproeven bepaalden de onderzoekers de temperatuur- en zuurstofconcentratieafhankelijkheid van de tijd tot falen (de veroudering). In figuur 5 is de relatie weergegeven tussen de logaritme van de concentratie, de inverse van de temperatuur 1/T (T in K) en de logaritme van de verouderingstijd (in seconden). Verder bleek dat de veroudering in een autoclaaf met een monster in water met een pH van 10 veel sneller gaat dan in een oventest, waarbij het monster aan lucht is blootgesteld. De tests zijn dus niet 1-op-1 vergelijkbaar.

Het was voor ons uit Europa deze keer een verre reis, de vorige Internationale Geokunststoffen Conferentie was in Berlijn. Door de vele contacten



Figuur 5 – Meetpunten (rode stippen) en extrapolatie naar levensduur in de praktijk. (Martin & Zanzinger, 2018). Bij het zwarte bolletje is de levensduur 280 jaar.

en het overzicht dat werd geboden over de nieuwste ontwikkelingen in de geokunststoffenwereld, was het zeker de moeite waard. De auteurs hopen dat deze impressie een aanmoediging is om de proceedings eens door te bladeren. Helaas zijn deze niet open source beschikbaar maar een aantal papers wordt gepubliceerd in speciale uitgaven van de tijdschriften Geotextiles and Geomembranes, Geosynthetics International, en Soil & Foundation.

Bronnen

Alle bronnen komen uit de Proceedings of the 11th International Conference on Geosynthetics (Proc. 11ICG, Korea, september 2018).

-Bezuijen, A., Izadi, E., Damage of geotextile due to impact of stones, S18-02.
- Chew S.H., Yim H.M.A., Koh J.W., Eng Z.X., Chua K.E., Tan S.E.D. Performance of pilot test of geotextile tube filled with lightly cemented clay, S24-01.
- De Camillis, m., Di Emidio, G., Bezuijen, A., Verastegui-Flores, R.D. Impact of wet-dry cycles on the swelling ability and hydraulic conductivity of a polymer modified bentonite. S04-04.
- Dixon, N., Postill, H., Fowmes, G., Global challenges, geosynthetic solutions, counting carbon and climate change impacts, Keynote 5.
- Kuwano, J., Mohri, Y., Kikuchi, Y., Nihei, Y., Koseki, J., Watanabe, K., 2018. Geosynthetics for natural disaster prevention and mitigation – Japan's challenge. Keynote Lecture 3.
- Martin A. & Zanzinger H. Comparative study: Oven tests and high-pressure autoclave tests (HPAT) on one commercially available PE-HD material. S30-04.
- Rowe, R.K., 2018. Geosynthetic clay liners: Perceptions and misconceptions. Keynote 1.
Shin, E.C., Lee, I.H., Kim, D.B., Practical applications of various geosynthetics in Korea. Welcome lecture.
- Tatsuoka, Fumio, 2018. Geosynthetic-reinforced soil technology in railway applications - from walls to bridges. Prestigious Lecture.
Touze-Folz, Nathalie, 2018. Healing the world: A geosynthics solution. Giroud lecture.
- Van Eekelen, S.J.M., Vollmert, L. The design guideline basal reinforced piled embankments; The Dutch CUR226:2016 and the German EBGEO:2010; A comparison of design models and safety approaches. S34-03
- Ziegler , M., 2018. Reinforcement with geosynthetics – how they work in soil, Keynote 2.
- Zornberg, J.G., Roodi, G.H., Sankaranarayanan, S., Hernandez-Uribe, L.A. Geosynthetics in roadways: Impact in sustainable development. Keynote 4.

Ing. E. Kwast
Kwast Consult

E. Pollemans
Gemeente Woerden

Ing. E. Rodewijk
Ingenieursbureau Rodewijk

TOEPASSING VAN LICHTE OPHOOGMATERIALEN VOOR DE RECONSTRUCTIE VAN HET VOORHUIS TE KAMERIK

Het dorp Kamerik is gelegen in de gemeente Woerden in het veenweidegebied van het Groene Hart. Kenmerkend voor de bodem in het veenweidegebied is het dikke pakket sterk samendrukbare veenlagen, in combinatie met een hoge grondwaterstand. De bebouwing en kunstwerken in deze omgeving worden op palen gefundeerd. De wegen, riolering en kabels en leidingen (K&L) worden normaliter niet onderheid en zullen onderhevig zijn aan zettingen ten gevolge van de aangebrachte belasting door ophogingen en de autonome bodemdaling die optreedt in het gehele gebied. Op basis van historische gegevens bedraagt de autonome bodemdaling in dit stedelijk gebied circa 10 mm per jaar

De zettingen van de wegen, riolering, K&L en openbare ruimte leiden tot ongewenste gevolgen, waarvan de belangrijkste zijn:

- De drooglegging van de weg is onvoldoende, waardoor het draagvermogen afneemt, spoorvorming optreedt en vorstschade kan optreden.
- de drooglegging van de openbare ruimte is onvoldoende, waardoor de vegetatie onvoldoende kan groeien en de begaanbaarheid afneemt.
- De drooglegging van K&L is onvoldoende, waardoor onderhoud aan K&L lastiger uitvoerbaar wordt omdat bemaling nodig is.
- Het optreden van zettingsverschillen in dwars- en langsrichting van de weg leidt tot onvlakheid, wat het rijcomfort vermindert en de waterafvoer kan belemmeren.
- De zetting van de riolering kan leiden tot het breken van de huisaansluitingen; zettingsverschillen in de riolering kunnen leiden tot verminderde prestaties van de riolering en tot lekkage van het riool waardoor de kans op funderingspaalproblemen toeneemt.
- het optreden van zettingsverschillen ter plaatse van overgangen naar onderheide kunstwerken leidt tot verminderd rijcomfort, plasvorming en scheurvorming in de wegverharding.
- Het optreden van zettingsverschillen tussen de weg en op palen gefundeerde bebouwing veroorzaakt beperkingen in het gebruik en leidt tot een rommelig straat- en tuinbeeld (zie figuur 1).

Nieuwe aanpak gemeente Woerden

De gemeente Woerden heeft de afgelopen jaren de aanpak van aanleg en beheer van infrastructuur op slappe bodem gewijzigd. Het veelvuldig terugkerende onderhoud voor de wegen, openbare ruimte, riolering en K&L was aanleiding voor deze andere aanpak. Zowel bij nieuwbouw als bij reconstructie wordt in de voorfase met behulp van een variantenstudie een onderbouwde technische keuze gemaakt voor het soort ophoogmateriaal, mede op basis van de levenscyclus-kosten. In de variantenstudie worden lichtgewicht materialen als Bims (vulkanisch gesteente), EPS (geëxpandeerd polystyreen) en Argex (geëxpandeerde kleikorrels) maar soms ook alternatieven als een zettingsvrije betonplaat, Schuimglas (gerecycled glas), grondvervanging (veen vervangen door klei of zand) of Massa-stabilisatie (veen mengen met cement) vergeleken.

Door het berekenen van de levenscycluskosten in LocationCalC (softwaretool van Sweco) kunnen verschillende levensduurverlengende technieken met elkaar vergeleken worden. Hierdoor ontstaat er inzicht in de economische effectiviteit van verschillende technieken inclusief onderhoudsscenarioís (Kwast et. al., 2018). Binnen de gemeente Woerden wordt regelmatig gekozen voor een bredere afweging op basis van een Multi Criteria Analyse, waarbij de levenscycluskosten dan één criterium vormt naast bijvoorbeeld de MKI-score (Milieu Kosten Indicator) uit DuBoCalc of de uitvoerbaarheid van de maatregel. Aan de verschillende criteria worden dan wegingsfactoren

Figuur 1 – Verzakt trottoir naast op een palen gefundeerde woning.

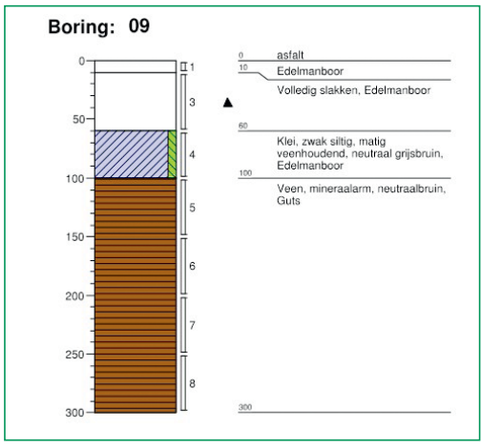
Figuur 3 – Bestaande situatie Voorhuis.

Figuur 2 – Locatie Voorhuis te Kamerik (gemeente Woerden).

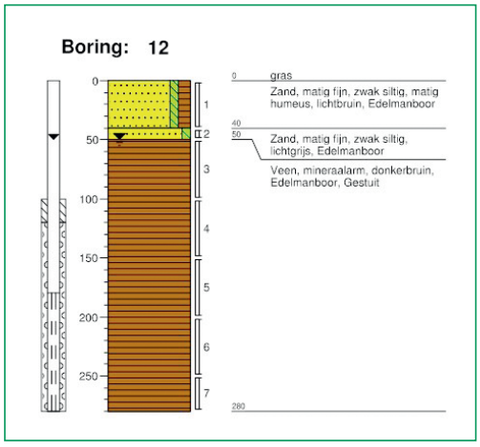
SAMENVATTING

De gemeente Woerden heeft de afgelopen jaren de aanpak van aanleg en beheer van infrastructuur op slappe bodem gewijzigd. Het veelvuldig terugkerende onderhoud van wegen, openbare ruimte, riolering en kabels & leidingen is aanleiding geweest voor de nieuwe aanpak. Zowel bij nieuwbouw als bij reconstructie wordt in de voorfase een variantenstudie uitgevoerd inclusief bepaling van de levenscycluskosten, teneinde een onderbouwde keuze te maken voor het type ophoging. Voor de reconstructie van de straat Voorhuis te Kamerik leidde dit tot de keuze van een combinatie van Bims en EPS voor de wegconstructie.

Figuur 4 – Inrichting bovengrond reconstructie Voorhuis.



Figuur 5 – Representatieve boring ter plaatse van de rijbaan.



Figuur 6 – Representatieve boring ter plaatse van het trottoir.

toegekend op basis van lokale omstandigheden en de ambities. De ambitie kan verder worden geanalyseerd met het ambitieweb uit de aanpak Duurzaam GWW. In dit artikel wordt niet verder ingegaan op de levenscycluskosten en de Multi Criteria Analyse.

Na de keuze van het type lichte ophoogmateriaal in de voorfase wordt de voorkeursoplossing nader uitgewerkt in een Definitief Ontwerp en vervolgens gespecificeerd in een RAW-bestek. Tijdens de uitvoering is een technisch toezichthouder vanuit de gemeente regelmatig op het werk aanwezig om de werkzaamheden te controleren en af te stemmen met de aannemer bij afwijkingen. Een traditionele werkwijze die voor de gemeente Woerden nog steeds prima functioneert.

De gemeente Woerden is opdrachtgever voor de voorbereiding en uitvoering van de werkzaamheden. Het geotechnisch advies en de geotechnische uitvoeringsbegeleiding zijn verricht door Kwast Consult te Houten. Ingenieursbureau Rodewijk te Lisse verzorgt de planuitwerking, het opstellen van het bestek en het technisch toezicht. De aannemer Van Leeuwen GWW uit Harmelen realiseert het project.

Ontwerp lichtgewicht funderingswijze in Kamerik

Projectbeschrijving

De gemeente Woerden is voornemens om de straat Voorhuis te Kamerik te reconstrueren (zie figuur 2). De bebouwing en infrastructuur zijn rond 1970 gerealiseerd. De bebouwing is grotendeels gefundeerd op houten palen met betonnen oplangers. Sinds de aanleg is een zetting van 0,4 tot 0,6 m opgetreden zodat reconstructie noodzakelijk is. De bestaande situatie is weergegeven in figuur 3. Voor de wijk is reconstructie voorzien van de wegen, K&L-strook, riolering HWA (hemelwaterafvoer) en DWA (afvalwaterafvoer), en openbaar groen (zie figuur 4).

Geotechnisch advies lichtgewicht funderingswijze
De restzettingseis voor dit project bedraagt maximaal 0,05 m na 10 jaar en 0,10 m na 30 jaar, exclusief autonome bodemdaling. De restzettingseis is bepaald aan de hand van de vastgestelde onderhoudsniveaus openbare ruimte van de gemeente Woerden. Voor de bouwtijd is 3 maanden beschikbaar.
De bovenkant van de bestrating is voorzien op NAP -1,25 tot -1,5 m. De gemiddelde grondwaterstand bedraagt NAP -2,2 m, zodat de minimale drooglegging in de nieuwe situatie gelijk is aan 0,7 m. Het huidige maaiveld is op circa NAP -1,8 m gelegen, zodat de gemiddelde netto ophoging gelijk is aan circa 0,5 m.

De rijbaan, de parkeervakken en het voetpad zullen worden voorzien van een zettingsarme funderingswijze tot aan de erfgrens. Onder de parkeervakken en het voetpad zijn bestaande K&L gelegen welke (voorlopig) niet worden verlegd. De bestaande K&L zijn gelegen op een diepte van 0,2 tot 0,8 m minus maaiveld. Een voor de toekomst geplande K&L-strook wordt opgehoogd met Granulight (een lichtgewicht restproduct uit verbrandingsinstallaties, vroegere benaming E-bodemas of ketelzand) in verband met voorwaarden van de kabel- en leidingbeheerders. De particuliere voor-

tuinen en bermen worden enigszins opgehoogd met vrijkomende veengrond en nieuwe teelaarde, maar niet voorzien van een zettingsarme fundering. De riolering wordt in het midden van de rijbaan aangelegd met de onderzijde op circa 1,5 m (hemelwater) en circa 2,5 m (vuilwater) onder het toekomstig maaiveld. De sleuven rondom de riolering worden opgevuld met Bims, een lichtgewicht vulkanisch aanvulmateriaal (zie figuur 8).

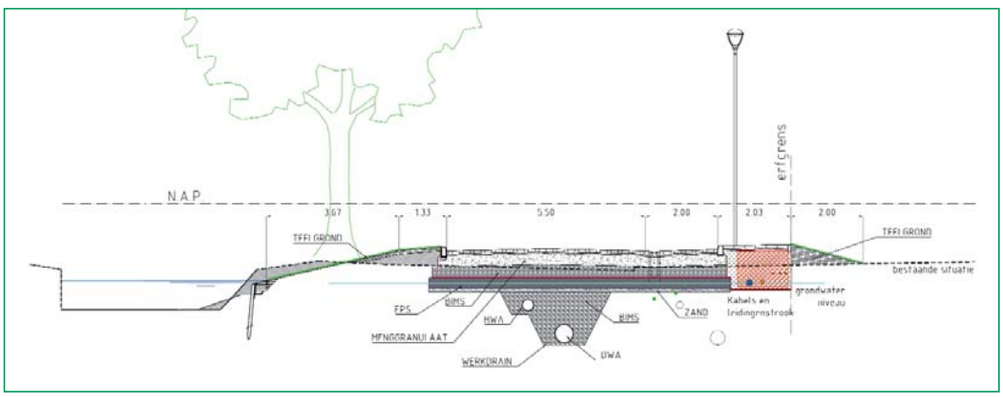
De bestaande verhardings- en bodemopbouw is geschematiseerd op basis van in het verleden verrichte sonderingen en recent uitgevoerde handboringen (zie figuur 5 en 6). De bestaande wegconstructie van de rijbaan bestaat uit een verhardingslaag (asfalt) en slakkenfundering met een dikte van 0,6 m tot soms 1,0 m. Het trottoir bestaat uit tegels op een zandlaag van circa 0,5 m. Opgemerkt wordt dat er wel erg veel variatie is in bodemopbouw in de toplagen (tot 1,5 m onder maaiveld) sterk varieert. Onder de wegconstructie en het trottoir wordt een circa 6,0 m dikke veenlaag aangetroffen tot aan de pleistocene zandlaag. Voor de wegconstructie is een zettingsarme duurzame oplossing gewenst, met gunstige levenscycluskosten. In de variantenstudie zijn vier varianten afgewogen, die in principe geschikt zijn voor toepassing in een bebouwde omgeving: ophoging met Bims, met Argex, met EPS of met Schuimglas.

Op basis van de bodemopbouw, de grondwaterstand, de bestaande en nieuwe wegconstructie (aanlegniveau circa 0,5 m hoger dan bestaande wegniveau) is met de verschillende lichtgewicht ophoogmaterialen een evenwichtsconstructie globaal gedimensioneerd voor de rijbaan, de parkeervakken en het voetpad. Op basis van de resultaten van de variantenstudie heeft de gemeente gekozen voor toepassing van een EPS-constructie voor de rijweg, de parkeervakken en het trottoir. De toekomstige K&L-strook wordt opgehoogd met Granulight en rondom de riolering vindt aanvulling met Bims plaats.
De dimensionering van de EPS-constructie is uitgevoerd volgens NEN 9997-1 en CROW-publicatie 325 voor de mechanismen:
- Zettingen en zettingsverschillen in de bouw- en gebruiksfase.
- Opdrijven in de bouw- en gebruiksfase.
- Bezwijken (permanente belasting in combinatie met kortdurende verkeersbelasting) voor de bouwfase en gebruiksfase (incidentele en reguliere belasting).
- Kruipvervorming (langdurige permanente belasting) voor de reguliere gebruiksfase.
- Cyclische verkeersbelasting (langdurige verkeersbelasting) voor de reguliere gebruiksfase.

Voor de EPS-ophoging is een detailontwerp voor een evenwichtsconstructie uitgewerkt waarmee voldaan wordt aan de gestelde restzettingseisen en is beoordeeld of de grondaanvulling (tuinen en groenstrook) aan weerszijde van de EPS-constructie niet leidt tot te grote zettingsverschillen. Op het EPS wordt een laag Bims aangebracht als spreidingslaag in plaats van zand om het gewicht van de constructie te beperken. Zodoende kan de benodigde ontgravingsdiepte en de omgevingsbeÏnvloeding ten gevolge van de bemaling worden geminimaliseerd. De dimensies van de evenwichtsconstructie ter plaatse van de rijbaan en parkeervakken zijn in tabel 1 gepresenteerd. Hierbij is uitgegaan van de standaardopbouw voor elementenverharding in de gemeente Woerden. In figuur 7 is een dwarsprofiel van de EPS-constructie met Bims-aanvulling weergegeven.

De opdrijfveiligheid in de bouw- en gebruiksfase is voldoende, indien een minimale constructieopbouw van 0,60 m boven het EPS is aangebracht. Tijdens de ontgraving en de aanleg van het EPS is een tijdelijke bemaling nodig, met een grondwaterstandsverlaging van 0,5 m ter plaatse van het wegcunet. Voor de aanleg van de riolering, met rondom aanvulling met Bims, is een grondwaterstandsverlaging van circa 2,0 m nodig is. Omdat deze grondwaterstandsverlaging maximaal 1 week aanhoudt is deze naar verwachting niet kritisch voor de bestaande bebouwing die gefundeerd is op houten palen met betonnen oplangers. Wel is de verlaging van de grondwaterstand gemonitord met peilbuizen om de werkelijke verlagingen nabij de bebouwing waar te nemen en eventueel tijdens uitvoering te kunnen bijsturen.

Voor de toetsing van de materiaalspanningen bij het ontwerp van de EPS-constructie zijn drie



Figuur 7 – Dwarsprofiel met EPS-constructie en Bims-aanvulling.

Figuur 8 – Aanleg riolering met kunststof putten en aanvullen met Bims.

Ophoogmateriaal	*Dikte [m]*
Bestrating en straatzand	0,13
Menggranulaat	0,30
Yali Bims o.g.	0,27
EPS 150	0,30

Tabel 1: Opbouw wegconstructie rijbaan/ parkeervakken met EPS-ophoging.

Figuur 9 – Aanleg LPDE-folie (rondom het EPS) en EPS-platen (EPS-type 150).

Figuur 10 – Ggefaseerde aanleg van de wegconstructie.

statische belastingsituaties beschouwd:
- Bouwfase: bouwverkeer op het menggranulaat, maximale representatieve aslast 100 kN (10 ton).
- Gebruiksfase regulier: wegconstructie als permanente belasting, regulier wegverkeer met een maximale representatieve aslast van 100 kN (10 ton).
- Gebruiksfase incidenteel: wegconstructie als permanente belasting, incidentele extreme verkeersbelasting (overbelading) met een maximale representatieve aslast van 200 kN (20 ton).

De aslast wordt vertaald naar een wiellast met een contactoppervlak. Vervolgens kan de spanning aan de bovenzijde van het EPS worden berekend op basis van spanningsspreiding in de wegconstructie.

Zoals gebruikelijk voor wegconstructies is veiligheidsklasse RC1 aangehouden. De belastingfactor voor permanente belasting (eigengewicht wegconstructie) bedraagt 1,20 en voor de variabele verkeersbelasting 1,35. Bij toepassing van EPS-type 150 wordt voldaan aan de eisen voor de materiaalsterkte op bezwijken (korte duur), kruipvervorming (lange duur) en cyclische verkeersbelasting in de bouwfase en gebruiksfase (twee belastinggevallen).

Onder het EPS is een zandlaag van 0,10 m nodig voor het uitvlakken van de ondergrond en drainage van het wegcunet. Op verzoek van de gemeente wordt het EPS rondom voorzien van een vloeistofdicht folie (LDPE-folie van 0,5 mm) ter bescherming tegen chemische aantasting, vegetatieschade en graafschade; gewoonlijk wordt alleen de boven- en zijkant afgedekt met een vloeistofdicht folie. Voor de aansluiting van de nieuwe wegconstructie op de bestaande wegen is een overgangsconstructie uitgewerkt, met trapsgewijs afbouwen van het EPS.

Uitvoering

De uitvoering is gestart in mei 2018. Aangevangen is met het graven van de rioolsleuven, de aanleg van de riolering met kunststof putten en het aanvullen met Bims onder de wegconstructie (zie figuur 8). Onder in de sleuf en het wegcunet wordt een horizontale drain aangebracht om met een open bemaling de ontgraving droog te houden. Door de droge zomer kon het onttrekkingsdebiet beperkt blijven en heeft de bemaling slechts een beperkt effect gehad op de grondwaterstand in de omgeving. Aanvullende maatregelen (infiltratie nabij de woningen) zijn niet nodig gebleken.

De geoptimaliseerde EPS-dikte bedraagt slechts 0,30 m. De EPS-platen met een dikte van 0,15 m worden kruislings gelegd, zodat de voegen van de twee lagen niet boven elkaar liggen (zie figuur 9). Om onderling verschuiven van de losse platen te voorkomen, zijn kunststof kramplaten toegepast. Voor de aanleg van de EPS-platen is een legplan uitgewerkt.

De werkzaamheden worden gefaseerd verricht om de bereikbaarheid van de woningen zoveel mogelijk te behouden. De volgorde van de werkzaamheden (zie figuur 10) voor de wegconstructie is:
- uitvlakken van de ondergrond met 0,10 m zand;
- aanbrengen van de LPDE-folie;
- aanleg van de EPS-platen in twee lagen;
- terugslaan van de folie met overlap van 0,5 m;
- aanbrengen Bimslaag en verdichten met licht materieel;
- aanbrengen en verdichten van de wegfundering (menggranulaat).

Voordat de definitieve verhardingsconstructie, bestaande uit een laag straatzand van 0,05 m en klinkerverharding, wordt aangebracht, is een periode van 3 maanden voorzien om tijdens de bouwfase reeds enige verdichting (inklinken) en zetting te laten optreden.

De controle van het volumegewicht (verdicht, vochtig gewicht) en de verdichtingsgraad van de Bimslaag is uitgevoerd conform de Standaard RAW-bepalingen 2015. De gerealiseerde verdichtingsgraad in-situ van 96 tot 102% voldeed ruim aan de gestelde minimale eis van 90%. Het vastgestelde vochtig verdichte volumegewicht van 10,4 tot 11,5 kN/m^3 in het werk lag enigszins hoger dan de gestelde eis van circa 9,0 kN/m^3 (circa 20% afwijking). De gevolgen van deze afwijking zijn onderzocht met een gevoeligheidsberekening voor de zettingen, waaruit bleek dat ook nu wordt voldaan aan de gestelde restzettingseisen.

De werkzaamheden zijn redelijk voorspoedig verlopen en de oplevering van het werk is in januari 2019 voorzien. Met de nieuwe inrichting krijgt de omgeving van het Voorhuis weer een goede uitstraling en is naar verwachting voor de komende 40 jaar geen groot onderhoud benodigd.

Bronnen

- Kwast, E., Van Woerden, A., Visser, W., Vos, K., Keuze type ophoogmateriaal op basis van LCC-berekeningen, CROW Infradagen, juni 2018
- NEN 9997-1+C2, Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels (Eurocode 7), juni 2016/november 2017.
- CROW-publicatie 325, Lichte ophoogmaterialen in de wegenbouw, d.d. mei 2013.

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**

OOMS-VOEG

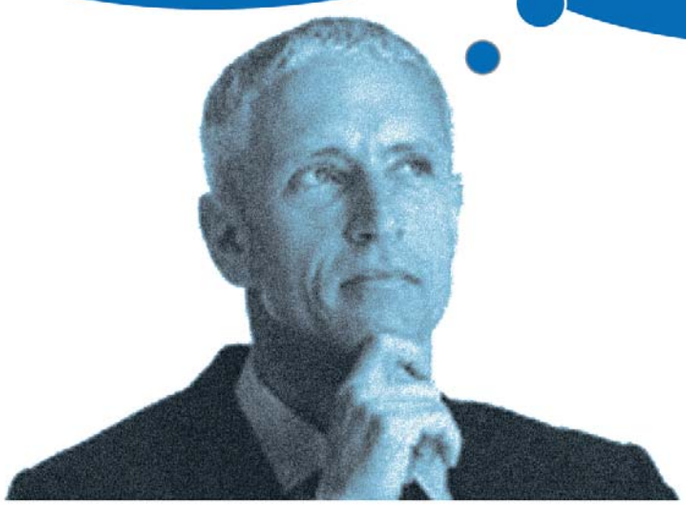
Toepassing van de Ooms-voeg bij bruggen, viaducten en tunnels heeft voordelen voor beheerder, gebruiker en omwonende. De eerste voeg is toegepast in 2003 op de A50 en de techniek heeft zich bewezen op tal van andere plaatsen in Nederland.

- 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

www.hoeheetdatbedrijftoch.nl



Een website is een *must*. Maar een must creëert geen **goodwill**. Onderzoek toont aan dat *bedrijfstijdschriften* dit wel voor elkaar krijgen. *Mits in handen van een ervaren partij.* Dan hebben we het over **Educom**. Met een track-record in redactie, vormgeving en marketing. Educom produceert al 25 jaar *communicatie voor verkoop*. Neem contact op als u goodwill kunt gebruiken.

Educom

Tel. +31 (0)10-425 6544
www.uitgeverijeducom.nl

OP ONS KUNT U BOUWEN

Projectondersteuning bij paalmatrassen

TenCate biedt kennis en ondersteuning bij het ontwerp en de realisatie van uw paalmatras project. Wereldwijde ervaring en uitvoerige kennis van de meest recente ontwerprichtlijn zorgen voor een economisch en betrouwbaar ontwerp. Onze oplossing bevat ontwerpadvies, hoge sterkte geogrids en geotextielen en installatie ondersteuning. TenCate, materials that make a difference!

TenCate Geosynthetics Netherlands bv
Hoge Dijkje 2
7443 AE Nijverdal
Postbus 9
7440 AA Nijverdal

Tel. +31 (0)546 544 811
Fax +31 (0)546 544 490

geonederland@tencate.com
www.tencategeosynthetics.com

TENCATE
materials that make a difference

Een veilige dijk zonder dikke kleilaag

Dijkversterking met Bentofix® geosynthetische klei afdichting (bentonietmat)

Professioneel projectadvies en projectbegeleiding

NAUE

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