

GEO KUNST

19E JAARGANG NUMMER 2 APRIL 2015
ONAFHANKELIJK VAKBLAD VOOR
GEBRUIKERS VAN GEOKUNSTSTOFFEN



*Bioafbreekbaar geotextiel is
doeltreffend tegen bodemerosie*

*Lichtgewicht wegophoging
voor N201 bij Uithoorn*

KATERN VAN

GEO
TECHNIEK

Beste Geokunst lezer,

Bouwen voor de eeuwigheid, zonder stil te staan bij de levensduur van constructies, was een uitgangspunt van 'ontwerpers' tot aan de technologische revolutie in de tweede helft van de negentiende eeuw. Constructies werden meer op gevoel en ervaring dan op basis van beproefde rekentechnieken ontworpen. Vandaag de dag is de ontwerplevensduur een belangrijk aspect bij het ontwerpen van constructies. Daartoe beschikken wij over rekenmodellen, waarin het effect van dynamische of statische krachten die op de constructie zullen werken, kunnen worden voorspeld. Voor een wegconstructie gaat men uit van een aantal equivalente standaard aslasten van 100 kN, die de constructie in zijn leven moet kunnen opnemen. De invloed van een gemiddelde personenauto hierop praktisch te verwaarlozen: 260.000 personenauto's tellen voor één standaard aslast. Het zware verkeer is dus maatgevend. Er worden ook eisen gesteld aan (rest)zettingen. Een grondonderzoek op maat, om betrouwbare gegevens over de ondergrond in kaart te brengen, is essentieel om restzettingen nauwkeurig te kunnen voorspellen. Restzettingen treden op, omdat de ondergrond plaatselijk extra wordt belast door het gewicht van de constructie. Bij ophogingen is de toename van het gewicht op de ondergrond ten opzichte van de maagdelijke situatie bepalend voor de restzettingen.



In het artikel van Milan Duškov, Henk van Wijngaarden en W.J. Erkelens wordt een praktijkvoorbeeld gegeven van een lichtgewicht ophoging op slappe grond. Door toepassing van een 2,5 m laag van EPS blokken in de ophoging, in combinatie met een beperkte voorbelasting en verticale drainage, konden de restzettingen ten gevolge van de ophoging praktisch worden geëlimineerd. De restzettingseis voor het weggedeelte is maximaal 10 cm en in de directe omgeving van de op palen gefundeerde constructieonderdelen mag nagenoeg geen restzetting optreden (rekenwaarde 0). De gewichtsbesparing van de EPS blokken ten opzichte van

een klassieke ophoging met zand voor die laag, bedraagt 99%. Deze constructie is berekend met een ontwerplevensduur van 20 jaar, maar het zal wellicht wat langer meegaan.



In ons tweede artikel van onze Belgische collega's Frans de Meerleer en Sabine Victor staat levensduur centraal, maar speelt een heel andere rol, dan we misschien gewend zijn. Dit artikel gaat over materialen, die als tijdelijke erosiebescherming worden toegepast en in een later stadium moeten vergaan. Door het aanbrengen van een bio afbreekbaar geotextiel aan de oppervlakte van een afgewerkt talud en het talud door gaten in het geotextiel te beplanten, wordt erosie van de oppervlakte in de beginfase van de constructie door het geotextiel voorkomen. In de loop van de tijd nemen de plantenwortels geleidelijk de functie van erosiebescherming over van het geotextiel. De wortels van de volgroeide planten vormen een natuurlijke erosiebescherming van de toplaag, terwijl het geotextiel langzaam vergaat. In dit geval wordt gebruik gemaakt van geotextielen uit polymelkzuur (PLA). Andere voorbeelden zijn kokos- of stromatten.

U ziet het: met geokunststoffen kunnen we alle kanten uit en omdat het kunststoffen zijn, kunnen ze ontworpen worden voor lange duur, hoge sterkte, korte duur en in het voorbeeld van Frans en Sabine laten we zien dat ze zelfs een zelfoplossend vermogen kunnen hebben, letterlijk dan.

Ik wens u veel leesplezier met deze GeoKunst,
Shaun O'Hagan, Eindredacteur GeoKunst.

Colofon

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

Tekstredactie
Eindredactie
Redactieraad

C. Sloots
S. O'Hagan
C. Brok
A. Bezuijen
M. Duškov
J. van Dijk
F. de Meerleer
Uitgeverij Educom BV

Productie

Een abonnement kan worden
aangevraagd bij:
Nederlandse Geotextielorganisatie (NGO)
Postbus 358
3840 AJ Harderwijk
Tel. 085 - 1044 727

www.ngo.nl

Lichtgewicht wegophoging voor N201 bij Uithoorn

dr. ir. M. Duškov
InfraDelft BV



H. van Wijngaarden
Provincie Noord-Holland
Directie UAV-wegen



W.J. Erkelens
Provincie Noord-Holland
Projectmanager



Inleiding

Als onderdeel van de uitvoering van het Masterplan N201+ is nabij Uithoorn, op de grens tussen de provincie Noord-Holland en provincie Utrecht, een deel van de omlegging van de N201 gerealiseerd. Onder de projectnaam 'Omlegging Amstelhoek' is deze nieuwe weg bestaande uit 1 rijbaan met 2 rijstroken met daarin het Amstel aquaduct als passage van de Amstel, aangelegd. Vanwege lokale zettingsproblematiek en de noodzakelijke hoogteligging van het aquaduct als waterkering is er op Noord-Hollands grondgebied een 200 m lange lichtgewicht wegophoging gerealiseerd noordwestelijk van de op palen gefundeerde en dus zettingsvrije betonnen constructie van het aquaduct. Het maximale hoogteverschil bedraagt 4,12 m ten opzichte van

het maaiveld. Dit artikel beschrijft de randvoorwaarden en ontwerpberekeningen voor het ontwerp van deze weg.

Situatiebeschrijving en ontwerponderbouwing

De grond van het lokale polderlandschap is zettinggevoelig ten gevolge van aanwezige slappe veen- en kleilagen. Een dergelijke ongunstige bodemgesteldheid vormt een probleem op zich voor de aanleg van een meer dan 4 m hoge wegophoging op de locatie. Ter plaatse is de grond draagkracht enigszins vergroot door meerdere lagen zand als voorbelasting aan te brengen. Het voorziene ophogingontwerp door een traditionele voorbelasting + overhoogte gaf tijdens de uitvoering onwenselijke grote nevenzettingen op de nabij gelegen objecten. De over-

hoogte van het zandlichaam kon daardoor niet onbelemmerd meer over de gehele lengte van 200 m van het onderhavige wegvak worden gerealiseerd. Zelfs plaatselijke grondverbetering bood geen soelaas bij de lokale grondgesteldheid. Een oorzaakgerichte lichtgewicht ontwerp-oplossing conform het principe van minimale extra bovenbelasting was noodzakelijk voor een adequate zettingreductie en is ondertussen gerealiseerd. De sinds mei 2014 in gebruik zijnde wegconstructie sluit zonder zettingverschillen drempelloos aan op zowel de ten noordwesten liggende betonnen overkluizing als het ten zuidoosten liggende aquaduct.

De ontwerponderbouwing betrof zowel het constructieve als het zettingsgedrag van de desbetreffende lichtgewicht wegophoging met EPS-blokken en de bijbehorende verhardingsconstructie. Dankzij de toegepaste pakketten van ultra lichtgewicht EPS-blokken met een volumieke massa van slechts 20 kg/m³ kon verticale belasting op de ondergrond, en daarmee de invloed op het naburige kassencomplex, geminimaliseerd worden. Het ontwerp van de lichtgewicht ophoging houdt optimaal rekening met alle relevante specifieke aspecten. "Optimaal" heeft hier betrekking op de vereiste ontwerplevensduur van de weg, maximaal toelaatbare zettingen, toegestane spanningswaarden en de benodigde afmetingen van EPS-pakketten.

Programma van eisen

De door de provincie Noord-Holland opgestelde randvoorwaarden en uitgangspunten voor de lichtgewicht ophogingconstructie van de N201 werden voornamelijk bepaald door a) de terrein(hoogte)ligging, b) het benodigde hoogteverschil en de daarmee gepaard gaande

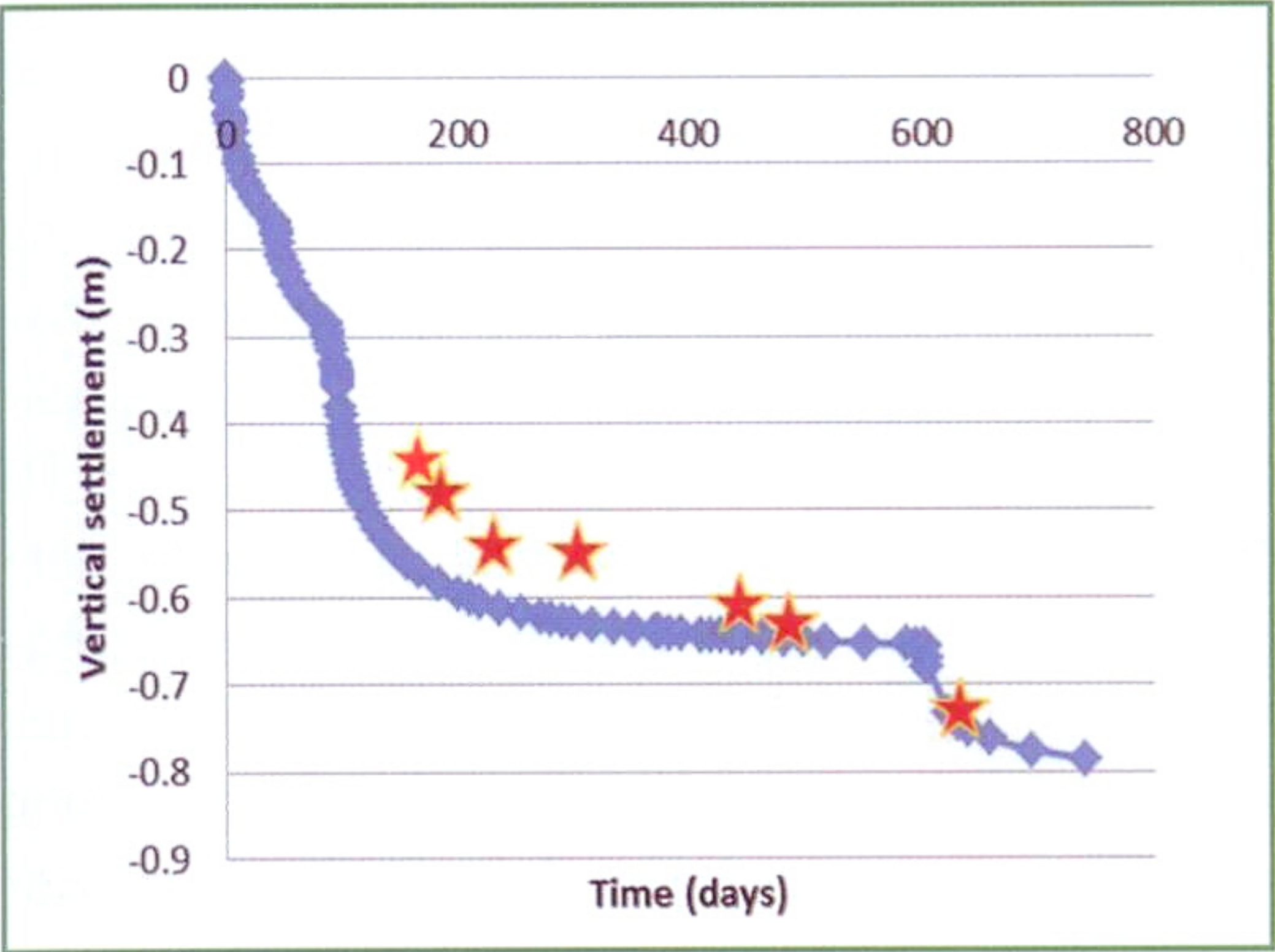


Figuur 1 - Lichtgewicht ophoging van de N201 en het aquaduct onder de Amstel in uitvoering

Samenvatting

Medio mei 2014 is door de minister van Infrastructuur en Milieu, Melanie Schultz van Haegen en gedeputeerde Verkeer en Vervoer van de provincie Noord-Holland, Elisabeth Post, de Omlegging Amstelhoek als laatste deel van de nieuwe N201 geopend, met daarin het Amstel aquaduct als passage van de Amstel. Ten noordwesten van het (op palen gefundeerde) aquaduct is er vanwege lokale zettingsproblematiek een 200 m lange lichtgewicht wegophoging gerealiseerd. Het maximale hoogteverschil bedraagt 4,12 m ten opzichte van het maaiveld. De ontwerpon-

derbouwing betrof zowel het constructieve als het zettingsgedrag van de desbetreffende wegophoging met EPS-blokken. De daarvoor gebruikte Plaxis-modellen zijn op basis van de monitoringsresultaten opgesteld. Vanwege de complexiteit hiervan heeft de provincie Noord-Holland gebruik gemaakt van de specifieke kennis en expertise. Zulke gespecialiseerde technische assistentie zorgde voor tijdige en afdoende controles op het moment waarop dat nodig was, zodat er bijgestuurd kon worden op het gewenste scenario met benodigde compensatiemaatregelen.



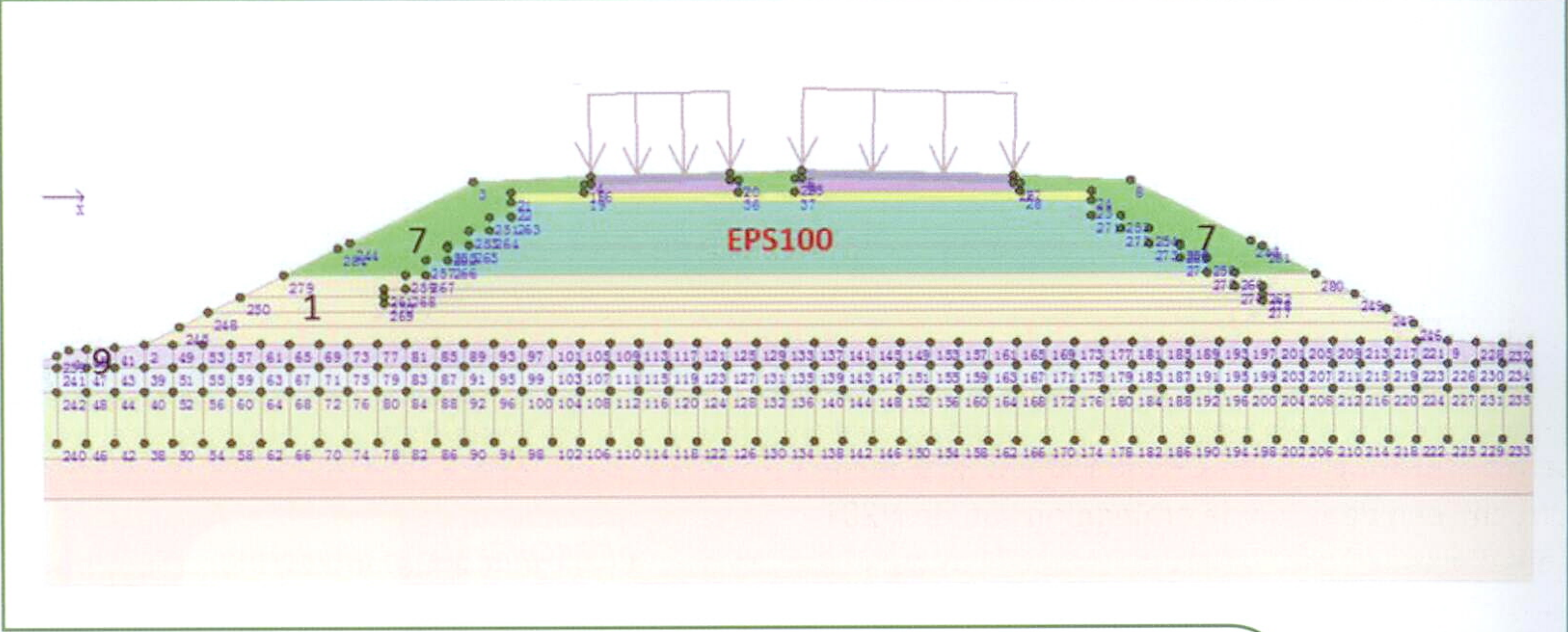
Figuur 2 - Middels zaakbakens gemeten zettingen versus het met Plaxis-model uitgerekende zettingverloop voor een dwarsprofiel van de N201

ophooghoogte, c) de verhardingsopbouw, d) voorbelasting in het verleden en e) de kosteneffectiviteit van het ontwerp (zonder gevolgen voor de duurzaamheid, zettinggedrag en stabiliteit). Zo bedraagt de door de provincie maximaal toegestane restzetting in het middelste weggedeelte 10 cm na 30 jaar ter beperking van (mogelijke) schade en/of hinder. Nabij de op palen gefundeerde constructies was er zelfs geen restzetting van betekenis toegestaan. Uiteraard mag een wegconstructie praktisch geen permanente deformatie ondergaan gedurende de ontwerplevensduur van 20 jaar.

De recent getelde verkeersintensiteit middelzware- en zware motorvoertuigen bedraagt circa 2.200 motorvoertuigen per etmaal in beide richtingen tezamen voor dit tracédeel van de nieuwe N201. Gelijke verkeersintensiteiten voor de oostelijke en westelijke rijrichting zijn aannemelijk. Het groeipercentage van de toename van de verkeersintensiteit is vastgesteld op 1,5% per jaar tot 2034 wanneer de levensduur van de verhardingsconstructie contractueel eindigt.

Plaxis-modellen

De voorbelastingdiktes zijn niet uniform geweest over het gehele onderhavige tracégedeelte van de N201. Wel zijn er overal verti-



Figuur 3 - Plaxis-model van een karakteristiek dwarsprofiel van de lichtgewicht ophoging van de N201 met het 2,5 m dikke EPS100-pakket

cale drains ingeboord. De zanddikte bereikte lokaal een hoogte van 3,5 m. De effecten van verschillende voorbelastingen en het gebruik van verticale drainages zijn bepaald met tweedimensionale Plaxis-modellen. Dit op eindige elementen gebaseerd programma maakt het mogelijk de werkelijke effecten van zulke consolidatieversnellende maatregelen bij verschillende diktes/lengtes/breedtes van de EPS-lagen te kwantificeren. Zulke inzichten resulteerden in een minimalisering van de totaal voor te schrijven materiaalhoeveelheden en daardoor tot een kostenreductie. Eveneens konden verschillende EPS-pakketten en verhardingslagen op zetting- en spanningwaarden worden gecontroleerd.

De Plaxis-modellen hielden rekening met bijzondere situaties per geselecteerd dwarsprofiel. Het finetunen van de parameters in Plaxis-modellen vond iteratief plaats op basis van beschikbare monitoringsresultaten. Figuur 2 illustreert de uiteindelijke matching tussen (met zaakbakens) gemeten en berekende zettingen. Beschikbare gemeten zettingwaarden wijzen op bijzondere voorspellingnauwkeurigheid van de opgestelde dwarsprofielmodellen. De Plaxis-resultaten waren tevens aan de conservatieve/veilige kant. Het ontwerp op basis van zulke modellen is door zulke beperkte veiligheidsmarge secuur en tegelijk veilig te noemen.

Stabiliteit en opwaartse krachten

Voor de berekening van de veiligheid voor alle gemodelleerde dwarsprofielen zijn de stabiliteitsfactoren berekend zowel tijdens de bouwactiviteiten als in de gebruiksfase tot het einde van de consolidatie na 10.000 dagen. Plaxis vergelijkt de sterkteparameterwaarden met de gereduceerde waarden die net voldoende zijn voor een minimale stabiliteit gedurende het zettingproces. Deze controle garandeert de stabiliteitsveiligheid tijdens het bouwproces en na de voltooiing van de lichtgewicht ophogingen.

De controleberekeningen van opwaartse krachten toonden veiligheidsfactoren hoger dan vereiste veiligheidsfactor 1,1 aan in alle gevallen van de N201. Wel zijn omwille van absolute zekerheid extra peilbuizen in de directe omgeving van het dwarsprofiel nabij het aquaduct geplaatst. Vanzelfsprekend moest er een absolute zekerheid omtrent het lokale grondwaterniveau bestaan vanwege onacceptabele consequenties indien opwaartse krachten problemen zouden veroorzaken. In de bouwfase stond ook de bemaling aan in lager gelegen tracégedeeltes.

Uitvoering en directievoering

In verband met optimale uitvoeringscontrole heeft de provincie Noord-Holland gebruik gemaakt van specifieke deskundigheid. De



Figuur 4 - Lichtgewicht wegophoging van de N201 met zichtbare EPS-blokken in uitvoering.



Figuur 5 - Luchtfoto van de N201 met zichtbare EPS-blokken en nog onvoltooide schuimbetonlaag

gebundelde ervaring en specialistische know-how stelde het uitvoeringsteam van 'Omlegging Amstelhoek' in staat om de (geplande) werkwijze van de aannemer doeltreffend te monitoren. De focus van de provincie Noord-Holland

lag op leverings-, stort-, verdichting- en laagdiktecontrole over de gehele lengte van het met EPS gebouwde tracé en de inbouwmethode voor het wegmeubilair. Behalve tijdige en afdoende controles zorgde de specialistische technische

assistentie voor benodigde compensatiemaatregelen wanneer zich tijdens de uitvoering correcties op het resultaat c.q. kwaliteitseisen noodzakelijk werden geacht.

Op die manier kon de provincie Noord-Holland tijdens de uitvoering bijsturen, zodat het eindresultaat voldeed aan de beoogde duurzaamheid en het vereiste zettingsgedrag. Het ging, onder andere, om de materiaaleigenschappen van leveranties en de aanleg. Ter controle heeft de provincie Noord-Holland door gecertificeerde keuringsinstituten controleproeven laten doen op de materialen in verschillende ophogings- en verhardingslagen. Mechanische testen op geboorde kernen in het EPS zijn de enige manier voor het vaststellen van de werkelijke druksterkte en elasticiteitsmodulus. Het aan de TU Delft uitgevoerde omvangrijke materiaalonderzoek op de lichtgewicht ophoog- en funderingsmaterialen diende als een belangrijke maatstaf. Dankzij deze bij het provinciale uitvoeringsteam aanwezige expertise bestond er zekerheid over het gedrag onder gecombineerde statische en cyclische drukbelasting van de desbetreffende constructielagen. De statische component bootst het eigen gewicht van de bovenliggende verhardingslagen na, terwijl de cyclische spanningen de belasting van over de weg rijdend vrachtverkeer simuleren.

Soms leidden als extra service bedoelde maatregelen, zoals het (functioneel onnodig) lijmen van opeenvolgende EPS-lagen tot onnodige complicaties. Bij correcties tijdens het stapelproces, laten gelijmde blokken zich moeilijk weer zonder schade los maken. Een ander aandachtspunt betrof het transport van bouwmaterialen over de nog niet voltooide funderingsconstructie van de N201. Eenmaal overbelast EPS (met diensgevolge beschadigde celstructuur) heeft minder goed mechanisch gedrag dan aangenomen voor het ontwerp. Het risico voor een inadequaate eindresultaat is echter minder groot op de middelste strook waar geen rijstroken maar de middenberm zijn geprojecteerd.

Aanbeveling

Vanwege het specifieke karakter van het aanbrengen van een EPS-wegconstructie bleek het inhuren/gebruik maken van de benodigde expertise door de opdrachtgever, in casu de provincie Noord-Holland, erg nuttig. Zulke gespecialiseerde technische assistentie zorgt voor tijdige en afdoende controles zodat voldaan wordt aan de gestelde eisen van de EPS-constructie.