

DI: 30501

Product-methodeblad

nrs 1 - 14

Afd IR

Mei 2000

ITAAL
IIKBAAR
ISPLEIN

**NIET UITLEENBAAR
BUITEN DWW**

6.1

6.1

Product-metho

nrs 1 - 14

Afd IR

Mei 2000

DIGITAAL
BESCHIKBAAR
KENNISPLEIN

279

I-VIV

PRODUCT-METHODEBLAD
nr. 4
POLYSTYREENSCHUIM OPHOGING
MET VOORBELASTING (ZAND)

Digitaal beschikbaar
 BIDOC | DWW

PDF-2004-10

CD-ROM 64

09 JAN 2004



VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1.0	9 november 1999	eerste concept	
1.1	12 november 1999	interne verificatie	
2.0	8 februari 2000	commentaar DWW verwerkt	
2.1	10 februari 2000	interne verificatie	
2.2	12 april 2000	tweede concept eindrapport	
3.0	16 mei 2000	definitief	

doc.: productbl 4 word95.doc

Inhoudsopgave

	<u>Blz.</u>
4.1 Algemeen	1
4.1.1 Principe methode	1
4.1.2 Technische levensduur	3
4.1.3 Voor- en nadelen	4
4.1.4 Beperkingen	4
4.2 Ontwerpfase	6
4.2.1 Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek	6
4.2.2 Geotechnische ontwerpaspecten	7
4.2.3 Ontwerpdetails	9
4.2.4 Effect op bestaande weg	12
4.2.5 Effect op omgeving	12
4.2.6 Relevante wetgeving en doorlooptijd vergunningen	13
4.2.7 Raming aanlegkosten	15
4.2.8 Risico's, monitoring en maatregelen	16
4.2.9 Duurzaam bouwen	18
4.2.10 Verdere aandachtspunten	19
4.3 Uitvoeringsfase	20
4.3.1 Uitvoeringsmethode	20
4.3.2 K.A.M.-zaken	21
4.3.3 Besteksteksten	23
4.4 Beheer en onderhoud	24
4.5 Ombouw / sloop	26
4.5.1 Toekomstige ombouw / uitbreiding	26
4.5.2 Sloop	26
4.6 Referenties	27
4.6.1 Ervaringen	27
4.6.2 Literatuur	27

Bijlagen:

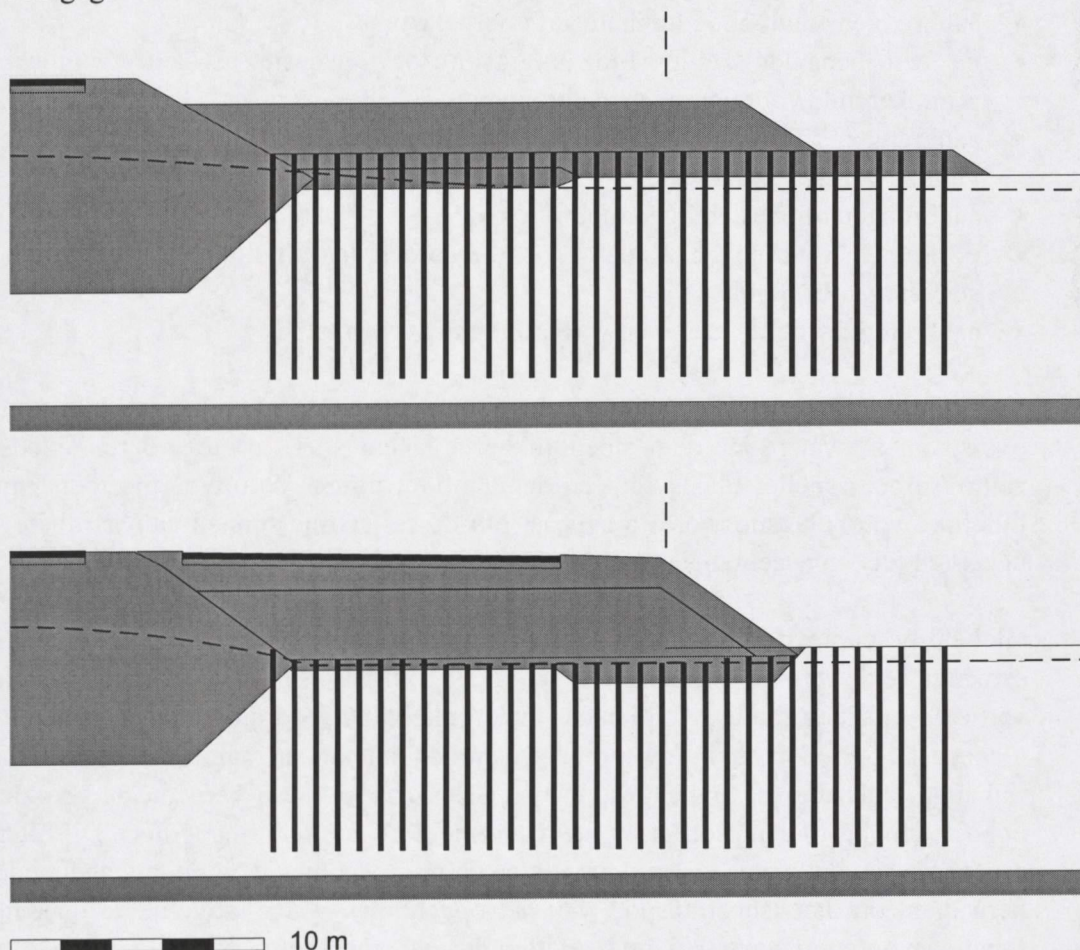
1. Voorbeeld bestekstekst
2. Specificaties geotechnische dimensioneringsberekeningen

4.1 Algemeen

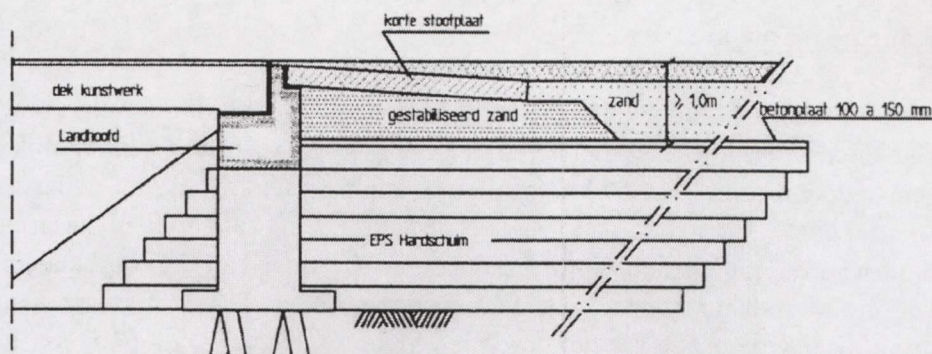
4.1.1 Principe methode

Bij de in dit product-methodeblad beschreven bouwmethode wordt de ondergrond eerst gedurende enige tijd voorbelast met een zandophoging waarna deze gedeeltelijk wordt vervangen door een zeer licht ophoogmateriaal (EPS, geëxpandeerd polystyreenschuim). Er worden verticale kunststofdrains aangebracht waarmee de consolidatie van de ondergrond wordt bespoedigd. Het doel van de voorbelasting met zand is de grond zodanig voor te belasten dat deze tijdens de gebruiksfase nagenoeg geen zetting meer vertoont onder het gewicht van de resterende zandophoging, EPS en bovenbouw.

De methode kan ook worden toegepast als maatregel bij een zandophoging met verticale drains indien tijdens aanleg blijkt dat de bouwtijd ingekort moet worden of de zettingen zich langzamer ontwikkelen dan in het ontwerp was voorzien. Door aan het eind van de bouwtijd een deel van het zand te vervangen door EPS wordt bereikt dat de restzettingen toch beperkt zijn. In figuur 4.1 is een voorbeeld van de ophogingsmethode weergegeven.



Figuur 4.1a: Schematische wijze van uitvoering



Figuur 4.1b: Voorbeeld EPS ophoging met zandbed en belastingspreidende betonplaat bij een overgangsconstructie naar een viaduct (uit [14])

De globale uitvoeringsvolgorde is als volgt:

- aanbrengen van een werkvloer van zand
- aanbrengen kunststof drains
- aanbrengen zandophoging inclusief voorbelasting
- na een bepaalde zettingstijd ontgraven tot gewenste niveau; eventueel eerst grondkerende voorzieningen aanbrengen
- aanbrengen EPS-ophoging; het EPS wordt geleverd in blokken die met de hand kunnen worden aangebracht
- aanbrengen oliebestendige afdekfolie
- eventueel: aanbrengen cementgebonden afdekplaat (betonplaat) of zandbed op stapeling EPS-blokken
- aanbrengen wegfundering en verharding; afwerken taluds.

Verticale drains worden bij zandophogingen hoofdzakelijk gebruikt om het overspannen water in de samendrukbare lagen snel af te voeren, zodat het zettingsproces sneller plaatsvindt en de stabiliteit tijdens de uitvoering toeneemt. Een tijdelijke voorbelasting wordt toegepast om de restzetting binnen aanvaardbare tijd te beperken tot een acceptabele waarde.

Globaal beschouwd zijn er twee soorten kunststofdrains beschikbaar, enkelvoudige en samengestelde drains. Gezien de huidige kwaliteitseisen die worden gesteld aan verticale kunststofdrains, worden de oude enkelvoudige drains zelden of nooit meer toegepast. Derhalve is in dit product-methodeblad alleen aandacht besteed aan de samengestelde drains. Samengestelde drains bestaan uit een kern die is voorzien van noppen, ribbels of een profilering met daaromheen een omhulling (filter). Dit filter moet ervoor zorgen dat water wordt doorgelaten en gronddeeltjes worden tegengehouden. De kern dient om het langstransport van het opgenomen water mogelijk te maken (deze functies worden in een enkelvoudige drain dus gecombineerd).

EPS is een witte, zeer lichte kunststof. Er bestaan verschillende typen die aangeduid worden met behulp van de droge volumieke massa. Als ophoogmateriaal wordt meestal een type gebruikt met een volumieke massa tussen 20 en 30 kg/m³.

De uiteindelijke ophoging (EPS + zandophoging) is in principe zettingsvrij. Op de EPS ophoging wordt een zandbed en de verhardingsconstructie aangebracht. In plaats van het zandbed kan een cementgebonden afdekplaat (betonplaat 0,2 m of schuimbeton 0,5 m) als lastspreidende laag op de EPS-ophoging worden aangebracht. Een dergelijke afdekplaat verspreidt de belasting zodat de verkeersbelasting geen ontoelaatbare spanningsconcentraties in het EPS veroorzaakt.

De kosten en bouwtijd van de hier beschreven methode liggen in tussen een zandophoging met verticale drains en tijdelijke voorbelasting en een EPS-evenwichtsconstructie met belastingspreidende betonplaat (beschreven respectievelijk in in de product-methodebladen nrs. 2 en 3). Ten opzichte van de EPS-evenwichtsconstructie heeft de methode bij wegverbredingen het voordeel dat geen diepe ontgraving naast de bestaande baan hoeft te worden gemaakt. Hierdoor zijn maatregelen ter voorkoming van instabiliteit van de bestaande baan niet nodig.

De methode komt in aanmerking als er te weinig tijd beschikbaar is om de ondergrond volledig te laten aanpassen aan de gewenste zandophoging. In de beschikbare tijd wordt bewerkstelligd dat de ondergrond zich gedeeltelijk aanpast aan een beperkte zandophoging. Na afgraven van een deel van de zandophoging (de voorbelasting) wordt het 'ontbrekende' deel van de ophoging in EPS uitgevoerd. Ondanks de relatief korte bouwtijd kan op deze wijze toch een zettingsvrije ophoging worden gerealiseerd.

Een constructie met een cementgebonden afdekplaat is lichter dan een constructie met een zandbed tussen EPS en verharding. Daardoor heeft een cementgebonden afdekplaat als voordeel dat de voorbelasting minder groot en minder lang aanwezig hoeft te zijn. Daarentegen heeft de uitvoeringswijze met een zandbed als voordeel dat het wegmeubilair op de gebruikelijke wijze kan worden gefundeerd. Ook zijn geen bijzondere maatregelen nodig bij aanpassingen langs de weg in de gebruiksfase.

4.1.2 Technische levensduur

De gevraagde levensduur van de verticale kunststofdrains bedraagt in het algemeen minder dan 2 jaar en is vrijwel altijd korter dan de technische levensduur. De effectieve levensduur van de drain is afhankelijk van het dichtslibben van de drain met fijne deeltjes en het knikken als gevolg van zetting. Gedurende de gebruiksfase blijft echter altijd voldoende drainerende capaciteit over.

In principe is de technische levensduur van EPS onbeperkt. Uit laboratoriumproeven is gebleken dat lage temperaturen, wateropname en blootstelling aan vries/dooi cycli, afzonderlijk of gecombineerd, geen negatieve invloed hebben op het mechanisch gedrag

van EPS. De cementgebonden laag boven de EPS ophoging heeft een gunstig effect op de levensduur, enerzijds vanwege de belastingspreidende werking, anderzijds doordat deze laag het EPS beschermt tegen mechanische aantasting. Aantasting door aardoliederivaten wordt tegengegaan door een oliebestendige folie.

4.1.3 Voor- en nadelen

De voor- en nadelen van de methode ten opzichte van de conventionele zandophoging met verticale drains zijn gegeven in tabel 4.1.

4.1.4 Beperkingen

De in §4.1.3 genoemde nadelen kunnen een beperking voor toepassing vormen. Daarnaast kent de toepassing van verticale drains de volgende beperkingen.

- toepassing van verticale drains is weinig zinvol bij samendrukbare lagen met een geringe dikte (3,0 à 4,0 m)
- kunststofdrains zijn moeilijk te installeren bij dichtgepakte tussenzandlagen doordat de drukkracht van de installatiemachine beperk is en door optredende trekkrachten in de drain bij het doorponsen van de tussenzandlagen
- bij een conusweerstand (sondering) $q_c > \text{circa } 6 \text{ MPa}$ en een laagdikte van $> 0,2 \text{ m}$ kan het moeilijk zijn een tussenzandlaag te penetreren
- ook kan een tussenzandlaag met een van het polderpeil afwijkende stijghoogte een beperking voor de toepassing van verticale drainage vormen; verticale drains tot in de tussenzandlaag kunnen in een dergelijk geval leiden tot een blijvende wijziging in de geohydrologie van het gebied; als ervoor wordt gekozen de drains boven de tussenzandlaag te beëindigen, worden de slappe lagen onder de tussenzandlaag niet door de drains ontwaterd.

Aspect	Voordeel	Nadeel	Toelichting
kosten		hoog	EPS is duur; maatregelen ter voorkoming stabiliteitsverlies bestaande weglichaam zijn kostbaar
bouwtijd	relatief kort		beperkte zettingstijd
zetting gebruiksfase	gering		constructie is nagenoeg zettingsvrij, mits grond-waterstand en bovenbelasting niet wijzigt
ruimtebeslag	klein		geen overhoogte met taluds
complexiteit uitvoering		gevoelig	slechte draagkracht ondergrond en hoge grondwaterstand; gevaar voor opbarsten / opdrijven veenlaag; geen zwaar equipment toegestaan (dus meer werkgangen nodig)
ervaring met uitvoering	veel ervaring		
aanwezigheid van risico's *)		beperkt gevoelige constructie	onzekerheid omtrent horizontale doorlatendheid- en consolidatiecoëfficiënt van de grond; eventueel oprijfgevaar bij hoge grondwaterstand of verwijderen bovenbouw
levensduur	lang		
status in relatie tot Bouwstoffenbesluit	bekend		kunststoffen vallen niet onder Bouwstoffenbesluit
risico schade bestaande weg		matig	tijdens voorbelasting met zand
risico schade kabels/leidingen		matig	tijdens voorbelasting met zand
risico belendingen		matig	tijdens voorbelasting met zand
overig		ontwerp details	toekomstige verbredingen ook zettingsvrij aanleggen; soms aangepaste fundering wegmeubilair nodig
*) waaronder begrepen onzekerheid in de grondparameters, onvolkomenheid van ontwerpmodellen, uitvoeringstechnische onzekerheid / beheersbaarheid; een verdere uitsplitsing staat in §4.2.8			

Tabel 4.1 Mogelijke voor- en nadelen polystyreenschuim ophoging met voorbelasting (zand)

4.2 Ontwerpfase

4.2.1 Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek

Het benodigd grondonderzoek is afhankelijk van de Geotechnische Categorie waarin een object valt. Rijkswegen vallen in het algemeen in Geotechnische Categorie 2 volgens NEN 6740 art. 6.2 [9]. Aanbevelingen voor het grondonderzoek zijn gegeven in hst. 4.7.3 van *Construeren met grond* [2]. Het doel van het grondonderzoek is het vaststellen van de bodemopbouw, de grondwaterpeilen, het volumieke gewicht van de grondlagen, de samendrukkings- en de schuifweerstandseigenschappen.

Sonderingen

De onderlinge afstand tussen de sonderingen is met name afhankelijk van de samendrukbaarheid van de grond en de variatie van de bodemopbouw. De gemiddelde afstand tussen de sonderingen ligt tussen de 50 en 100 m. De sonderingen dienen ten minste tot de bovenkant van de draagkrachtige laag te worden doorgezet. De aanwezigheid van 'tussenzandlagen' in het slappe lagenpakket kan leiden tot een intensivering van het grondonderzoek.

Voor een goede karakterisering van de laagopbouw dient naast de conusweerstand ook de plaatselijke wrijving te worden gemeten. De elektrische sondeermethode met sonderingen volgens klasse 2 volgens NEN 5140 [7] dient te worden toegepast.

Boringen

Door middel van boringen dienen ongeroerde monsters te worden gestoken ten behoeve van laboratoriumproeven. De gemiddelde afstand tussen de boringen ligt tussen de 250 en 500 m. De boringen dienen te reiken tot de onderkant van de slappe lagen. Afhankelijk van de resultaten van de sonderingen en van de veiligheid tegen opbarsten van de ontgraving dienen aanvullende boringen te worden uitgevoerd.

In aanvulling op bovenstaande dienen om de 50 tot 100 m boringen te worden uitgevoerd tot een diepte van enkele meters. Er grond dienen ongeroerde monsters te worden gestoken voor de nadere bepaling van de grondeigenschappen in het laboratorium, aangezien het ontwerp van de evenwichtsconstructie kritisch is ten aanzien van de grondeigenschappen.

Bepaling grondwaterstand

De grondwaterstand is van grote invloed op het ontwerp. Een indicatie omtrent het polderpeil kan worden verkregen met behulp van Waterstaatskaarten, bodemkaarten van Stiboka, gegevens van TNO-NITG-Grondwaterverkenning en door waterpassing van het slootpeil.

De lokale grondwaterstand en de verwachte fluctuaties daarvan in de tijd dienen te worden vastgesteld met behulp van ondiepe peilbuizen (landbouwbuizen). Er kan van uitgegaan worden dat de hoogste grondwaterstand gelijk is aan bovenzijde maaiveld. Inzicht in de fluctuatie van de waterstanden is te verkrijgen indien dergelijke metingen over geruime tijd (meerdere jaren) worden uitgevoerd.

Daarnaast dient de stijghoogte van het grondwater en de fluctuatie daarvan in het onderliggende watervoerend pakket (veelal pleistocene zand) te worden vastgesteld. Hiervoor zijn diepe peilbuizen benodigd.

Bij wegverbredingen dient ook de grondwaterstand in het weglichaam te worden vastgesteld. Hiervoor zijn peilbuizen in het weglichaam nodig (hart-op-hart afstand circa 250 m).

Laboratoriumonderzoek

Op de ongeroerde monsters dienen de volgende proeven te worden gedaan:

- de classificatie volgens NEN 5104 [5]
- bepaling van het volumiek gewicht en het watergehalte volgens NEN 5112 [6]
- de samendrukkings- en consolidatie-eigenschappen (samendrukkingsproeven) volgens NEN 5118 [18]
- indien de bruto zandophoging meer dan 3,0 m bedraagt: de schuifweerstandseigenschappen (triaxiaalproeven) volgens NEN 5117 [17].

Een eerste schatting van de sterkteparameters kan worden ontleend aan tabel 1 van NEN 6740 [9].

De hoeveelheid proeven is afhankelijk van de variatie in bodemopbouw, de dimensies, de ervaring in de omgeving en de geotechnische categorie waarin het project is geplaatst.

Een belangrijke parameter voor het ontwerpen van een drainageplan is de horizontale doorlatendheid van de grond. Deze wordt in het algemeen bepaald aan de hand van samendrukkingsproeven en literatuur (zie ook bijlage 2).

In verband met lozing van het vrijgekomen drainagewater op het oppervlaktewater, kan het nodig zijn de milieu-hygiënische samenstelling van het grondwater te bepalen. Hiertoe kan worden besloten als uit verkennend bodemonderzoek is gebleken dat de bouwlokatie verdacht is volgens NEN 5740 [16].

4.2.2 Geotechnische ontwerpaspecten

Het ontwerp van de bovenbouw gaat vooraf aan het geotechnisch ontwerp.

Het ontwerp van de verharding bepaalt de belasting op de ondergrond in de gebruiksfase. Voor de dimensionering van de verharding worden de standaard methoden toegepast. In de berekening dient de ondergrond te worden gemodelleerd als een meer-lagen-systeem. Voor het EPS dient een lage stijfheid gehanteerd te worden. Voor de cementgebonden afdekplaat een hoge stijfheid.

Indien tussen verharding en EPS een zandbed wordt toegepast, dient de dikte hiervan ten minste 1 m te bedragen.

Bij toepassing van een cementgebonden afdekplaat geldt dat voor de hoofdrijbanen de dikte van deze plaat (betonkwaliteit B20) ten minste 0,2 m dient te bedragen. Voor toegen afritten volstaat een dikte van 0,15 m. De plaat dient te worden voorzien van een krimpwapening. Dimensionering van de betonplaat volgens de voorschriften voor het ontwerp van brugdekken leidt tot een veel te zware constructie. Indien de plaat wordt uitgevoerd in schuimbeton (volumiek gewicht 500 kg/m^3) dient de dikte minimaal 0,5 m te bedragen.

Het geotechnisch ontwerp betreft in hoofdzaak:

- het bepalen van de mogelijke zandophoging binnen de gegeven bouwtijd; bepalende factoren zijn het ophogtempo (in verband met stabiliteit) en de rusttijd (aanpassingstijd);
- het bepalen van het verloop van zetting en consolidatie in de tijd
- tijdens de uitvoering wordt aan de hand van de meetresultaten (aanpassing ondergrond) de ontgravingsdiepte definitief vastgesteld tot waar de zandophoging moet worden afgegraven (= onderkant EPS-ophoging) zodanig dat na aanbrengen van de bovenbouw een zettingsvrije constructie wordt verkregen.

De ontgravingsdiepte wordt geoptimaliseerd, waarbij de volgende aspecten van het geotechnisch ontwerp maatgevend zijn:

- het verifiëren van de stabiliteit van de ontgraving en van de bestaande weg tijdens aanleg; zo nodig dient de stabiliteit van het bestaande weglichaam tijdens aanleg te worden verzekerd door toepassing van tijdelijke grondkerende constructies; deze constructies zijn echter kostbaar
- het verifiëren van het horizontaal evenwicht van de EPS-ophoging indien waterstandsverschillen aanwezig zijn aan weerszijden van de ophoging
- het verifiëren van de veiligheid tegen opbarsten van de bodem van de ontgraving tijdens aanleg
- het verifiëren van de opdrijfveiligheid van de constructie indien de onderkant van de EPS-ophoging zich beneden de hoogst waarschijnlijke grondwaterstand bevindt.

Daarnaast omvat het geotechnisch ontwerp:

- bepaling van de stabiliteit van de voorbelasting tijdens aanleg.

Bij wegverbredingen dient bovendien te worden aangegeven:

- het effect op de bestaande weg in het geval van een wegverbreding.

Bij belendingen, kabels en leidingen dient bovendien te worden aangegeven:

- het effect op de omgeving, zoals kabels en leidingen en belendingen.

Het geotechnisch ontwerp resulteert in een advies omtrent:

- drainafstand, drainlengte en draintype
- bruto zanddikte van de tijdelijke voorbelasting
- taludhelling tijdens aanleg en ophogtempo / dwarsdoorsnede van tijdelijke voorbelasting

- te hanteren wachttijden
- te verwijderen zandlaag dikte (voorbelasting) / aan te brengen dikte EPS / aan te brengen zandbed of cementgebonden afdekplaat
- taludhelling / dwarsdoorsnede in de eindsituatie
- het traject waarvoor het advies geldt en de wijze waarop de overgangen naar trajecten waar andere methoden zijn gebruikt, moeten worden uitgevoerd
- te verwachten verhardingsonderhoud in de gebruiksfase
- geotechnische risico-analyse, monitorings- en maatregelenplan tijdens uitvoering conform §4.2.8
- geotechnische risico-analyse, monitorings- en maatregelenplan tijdens gebruiksfase conform §4.2.8
- te verwachten omvang van, en maatregelen tegen de schade aan kabels en leidingen en belendingen
- te verwachten omvang van, en maatregelen tegen de schade aan de bestaande weg.

Verdere specificaties van de geotechnische ontwerpberekeningen zijn gegeven in bijlage 2.

4.2.3 Ontwerpdetails

Verticale drainage

Geen opmerkingen.

Stapeling EPS-blokken

Als onderdeel van het ontwerp dient een legplan te worden gemaakt waarin de plaatsing van de EPS-blokken is vastgelegd. Belangrijke aspecten hierin zijn, dat:

- geen boven elkaar liggende voegen voorkomen
- langsvoeegen niet onder een wielspoor liggen
- een half-steens verband wordt toegepast
- eventuele verbindingen tussen EPS-blokken met kramplaten geschieden.

Indien er open en doorlopende voegen aanwezig zijn, worden deze door toepassing van een cementgebonden afdekplaat op de EPS-blokken afgedicht.

Taludhelling en vorm blokkentalud

De stapeling EPS-blokken kan met een relatief steile helling worden opgezet, bijvoorbeeld tot 1,5:1. De uiteindelijke ophoging krijgt een flauwer talud door een laag afwerkgrond aan te brengen met een variabele dikte. Ook is een verticale begrenzing, bekleed met plaatmateriaal (staal, beton, hout) mogelijk.

Bij begrenzing van de blokkenstapeling door een stalen damwand moet er 0,3 à 0,5 m zand of schuimbeton tussen het EPS en de stalen damwand worden aangebracht, om te voorkomen dat (toekomstige) laswerkzaamheden aan de damwand schade aan het EPS teweegbrengen.

Beschermingslaag

EPS is niet bestendig tegen aardoliederivaten zoals olie, diesel en benzine. Indien er risico bestaat dat aardoliederivaten het EPS kunnen bereiken, is een beschermingslaag benodigd. De verharding en de cementgebonden afdekplaat beschermen het EPS in voldoende mate zodat alleen boven de taluds van de blokkenstapeling een bescherming nodig is in de vorm van een oliebestendige kunststoffolie, bijvoorbeeld HDPE, dikte 1 mm, met gelaste naden. Gezien de nadelen, moet een dergelijke folie alleen worden toegepast als er een daadwerkelijke kans bestaat dat aardoliederivaten het EPS kunnen bereiken.

EPS is niet bestendig tegen aardoliederivaten zoals olie, diesel en benzine, welke o.a. vrij kunnen komen bij calamiteiten. Daarom wordt geëist dat de gehele EPS-constructie afgedekt wordt met een oliebestendige kunststoffolie, bijvoorbeeld HDPE, dikte 1 mm, met gelaste naden. Nadeel van een folie is dat deze nogal glad is waardoor extra aandacht moet worden besteed aan de plaatsing van de afdeklaag en de taludbekleding. In dat kader kan geprofileerde folie een uitkomst bieden.

Overgangsconstructies

Voor de oplegging van de stootplaten van een kunstwerk op de EPS-ophoging geldt:

- Bij toepassing van een cementgebonden afdekplaat worden de stootplaten direct op de betonplaat geplaatst. Deze dient van zwaardere kwaliteit te zijn dan de betonplaat in het reguliere weglichaam.
- Bij toepassing van een zandbed dient onder de stootplaten gestabiliseerd zand te worden aangebracht, zie figuur 4.1
- Bij toepassing van een afdekplaat van schuimbeton dient ter plaatse van de oplegging van de stootplaat een betonplaat op het schuimbeton te worden aangebracht.

Aansluiting op traditionele aardebaan

De overgang in dwarsrichting van een traditionele aardebaan in zand naar een EPS-ophoging mag aan de bovenzijde niet ter plaatse van een wielspoor komen te liggen om te voorkomen dat scheurvorming in de verharding ontstaat doordat een EPS-ophoging zich onder dynamische belasting anders gedraagt dan een in zand uitgevoerde aardebaan.

Bij de aansluiting in lengterichting van een lichtgewicht constructie op een conventionele constructie in zand, die nog aan zetting onderhevig is, dient de dikte van de EPS-blokkenstapeling geleidelijk (helling onderkant EPS 1:10 à 1:20) verminderd te worden.

Riolering

In stedelijke gebieden worden vaak rioleringen in het weglichaam opgenomen. Bij een EPS-ophoging kunnen sleuven worden vrijgehouden waarin de rioleringsbuizen worden geplaatst. Om een plaatselijke verstoring van de evenwichtsconstructie te voorkomen, kan de overblijvende vrije ruimte om de riolering gevuld worden met licht materiaal zoals ketelzand (E-bodemas) of geëxpandeerde kleikorrels.

Drainage

Het EPS zelf is niet waterdoorlatend. De blokkenstapeling laat, vanwege de voegen, echter wel water door. De cementgebonden afdekplaat is echter vloeistofdicht. Voorkomen moet worden dat water zich kan verzamelen op de afdekplaat. Veelal is een aanvullende drainage voor de afvoer van water uit de bovenliggende wegconstructie vereist.

Daarnaast kan het nodig zijn dat onder of naast de blokkenstapeling een drainagesysteem wordt aangelegd om de waterstand, en daarmee de opdrijvende kracht, te beheersen. Een dergelijk drainagesysteem kan met name nodig zijn bij een wegverbreding indien in het bestaande weglichaam opbolling van de grondwaterstand optreedt. Het onderhoud van de drainage vergt speciale voorzieningen.

Ook dient bij wegverbredingen het ontwerp zodanig te zijn dat opeenhoping van water in het bestaande weglichaam niet mogelijk is.

Ondergrondse infrastructuur

Kabels en leidingen kunnen via buizen door de EPS-blokken gevoerd worden. Deze buizen kunnen in de bouwfase worden aangelegd, bijvoorbeeld door het uitzagen van de benodigde ruimte uit de EPS-blokken. Ook is het mogelijk een buis, voorzien van een gloeidraad, door een bestaande blokkenstapeling heen te drukken. Belangrijk is dat de folie-aansluiting op de buis hersteld wordt.

Aanbrengen verkanting

Om de gewenste verkanting van het wegdek te realiseren zijn er een diverse methoden mogelijk:

- Standaard is de bouwput en de EPS-blokkenstapeling horizontaal te houden. Door een variabele dikte van de zandophoging (en/of wegfunderingsmateriaal) kan de verkanting gerealiseerd worden. In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met het verschil in bovenbelasting op het EPS door de variabele dikte van de zandophoging en/of funderingslaag. In theorie kan dit leiden tot een variabele dikte van het EPS. Veelal wordt voor de bepaling van de dikte van het EPS echter uitgegaan van de gemiddelde bovenbelasting in de dwarsdoorsnede.
- Mogelijk alternatief op de standaardmethode is de bovenkant van de EPS-blokken dezelfde helling te geven als die van het toekomstige wegdek. In de opwaartse druk van het water tegen de onderzijde van het EPS zit nu echter wat verschil. De bovenbelasting op het EPS is echter nu overal even groot. Het op de juiste helling plaatsen van de bovenzijde van de EPS-blokken is enigszins gecompliceerd.
- Ander alternatief op de standaardmethode is om de bouwput en de bovenkant van de EPS-blokken dezelfde helling te geven als die van het toekomstig wegdek. De EPS-ophoging wordt nu dus in zijn geheel onder een helling aangelegd. In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met het verschil in opwaartse waterdruk tegen de onderzijde van het EPS door de variabele diepteligging van de EPS-ophoging. In theorie kan dit leiden tot een variabele dikte van het EPS. Veelal wordt voor de bepaling van de dikte van het EPS echter uitgegaan van de gemiddelde opwaartse waterdruk in de dwarsdoorsnede.

Wegmeubilair

De relatief lage stijfheid van EPS heeft tot gevolg dat aan de fundering van wegmeubilair extra aandacht moet worden besteed. Conventionele funderingsoplossingen zijn niet altijd toepasbaar, zodat aanpassingen nodig zijn. Met adequaat gedimensioneerde betonplaten kunnen zelfs zware portalen direct op de EPS-laag gefundeerd worden. Hetzelfde geldt voor geluidsschermen. In *Toepassingsrichtlijn voor EPS in de wegenbouw* [1] is een nadere beschrijving gegeven van funderingsoplossingen van panelen en geluidsschermen, (licht)masten en geleiderails.

Isolerende werking

EPS heeft sterke warmte-isolerende eigenschappen. In het ontwerp van auto(snel)wegen speelt dit in normale gevallen geen rol. Bij een zeer dunne bovenbouw op het EPS kan echter eerder bevriezing optreden dan bij een soortgelijke weg zonder EPS. Voor verdere bijzonderheden wordt verwezen naar §3.4.4 van *Wegen op PS-hardschuim* [4].

4.2.4 Effect op bestaande weg

Het aanbrengen van een zandlichaam veroorzaakt horizontale en verticale vervormingen van de bestaande weg. Deze kunnen leiden tot scheurvorming in de verharding. Door het toepassen van verticale kunststofdrains zal de zetting van de verbreding versneld optreden. Dit geldt ook voor de scheurvorming in de bestaande weg, mits daar ook verticale drains aanwezig zijn.

In veel gevallen is onder de bestaande rijksweg geen verticale drainage aanwezig. Dit dient ook zo in de berekeningen te worden ingevoerd. Een groot deel van de vervormingen van de bestaande weg treedt op tijdens de aanleg van de verbreding. Vanwege het ontbreken van verticale drainage kan de bestaande aardebaan nog geringe vervormingen ondergaan nadat de verbreding gereed is.

Voor het aanbrengen van de EPS-ophoging moet een deel van de zandophoging worden afgegraven. Er kunnen maatregelen noodzakelijk zijn om de stabiliteit van de bestaande weg te waarborgen in die fase zoals een tijdelijke grondkerende constructie. Hierdoor kan tijdens de aanleg enige hinder voor het verkeer ontstaan.

Het effect van een eventuele bouwputbemaling op de bestaande weg kan worden beperkt door in korte secties te werken.

4.2.5 Effect op omgeving

Het aanbrengen van het zandlichaam leidt tot verticale en horizontale grondvervormingen, waardoor de volgende effecten kunnen optreden:

- zetting van belendingen
- buigend moment in funderingspalen
- vervorming of breuk van kabels en leidingen.

Kortsluiting van verschillende watervoerende lagen, mogelijk resulterend in een verstoring van de waterhuishouding in de omgeving, is in het algemeen niet toegestaan. In het ontwerp van de verticale drainage dient hiermee rekening te worden gehouden.

4.2.6 Relevante wetgeving en doorlooptijd vergunningen

Op de volgende pagina is in tabelvorm weergegeven welke vergunningen naar alle waarschijnlijkheid moeten worden aangevraagd en wat daarbij de te verwachten doorlooptijd is.

Opmerking

Indien de onderkant van de EPS-ophoging minder dan 0,3 m boven de grondwaterspiegel ligt, is een lichte bouwputbemaling benodigd. Gezien de beperkte onttrekking van grondwater in tijdsduur en hoeveelheid is vrijwel nooit vergunning benodigd. Wel moet de bemaling worden aangemeld bij de Provincie.

Product-methodeblad 4 Polystyreenschuim ophoging met voorbelasting (zand)

[illegible]

Tabel 4.2 Naar alle waarschijnlijkheid benodigde vergunningen bij toepassing van een EPS-ophoging met voorbelasting (zand)

4.2.7 Raming aanlegkosten

De onderstaande kosten zijn exclusief BTW en betreffen prijspeil 1999.

De volgende aanlegkosten worden onderscheiden:

• levering en installatie verticale kunststofdrain ¹⁾	f	1,30 / m
• werkvloer / draineerlaag (draineerzand) in het werk	f	40,- / m ³
• ophoogzand, in het werk	f	15,- à 25,- / m ³
• afgraven en afvoeren van ophoogzand naar depot	f	5,- / m ³
• levering en installatie EPS-blokken, kwaliteit EPS15	f	70,- / m ³
• levering en installatie EPS-blokken, kwaliteit EPS20	f	85,- / m ³
• levering en installatie EPS-blokken, kwaliteit EPS25	f	105,- / m ³
• levering en installatie EPS-blokken, kwaliteit EPS30	f	125,- / m ³
• aanbrengen cementgebonden verhardingslaag op EPS-blokken schuimbeton, dikte 0,5 m, gewicht 500 kg/m ³	f	40,- à 50,- / m ²
beton, dikte 0,2 m, kwaliteit B20	f	50,- à 60,- / m ²
• beschermende folie, levering en installatie (HDPE 1,0 mm)	f	6,50 / m ²

Het afgraven van zand (verwijderen tijdelijke extra overhoogte) geschiedt meestal kosten neutraal (geen kosten voor de opdrachtgever).

In de bovengenoemde prijs zijn niet opgenomen de kosten voor:

- ontgraven, afvoeren en tijdelijk opslaan aanwezige grond
- bemaling bouwput en eventuele bemalings- en lozingsvergunning
- waterbeheersing (zowel kwalitatief als kwantitatief), dat wil zeggen de maatregelen voor het afvoeren van het uit de drains vrijkomende water en de eventuele maatregelen in verband met de chemische samenstelling van het water (bijvoorbeeld een te hoog zoutgehalte)
- voorzieningen om terrein bereikbaar te maken
- leveren en aanbrengen van dekgrond.

¹⁾ De gemiddelde prijs voor een verticale kunststofdrain inclusief installatie bedraagt ongeveer f 1,30 per meter. Voor de drainlengte wordt aangehouden de lengte tussen onderkant werkvloer en voet van de drain. Harde bovenlagen worden met een aparte machine, voorzien van een avegaar, spuitlans of sloophamer, voorgeboord. Dergelijke maatregelen werken kostenverhogend. Verticale kunststofdrains zijn een massa-artikel en dus relatief goedkoop. De kosten zijn afhankelijk van de installatiesnelheid die weer afhankelijk is van de drainlengte, de bodemopbouw en de bereikbaarheid. Een project met korte drains zal tot een kleine dagproductie leiden door het vele stelwerk. Bij zeer lange drains kan de productie ook afnemen door de noodzaak omzichtiger om te gaan met het materieel en door de grotere gemiddelde grondweerstand. Harde bovenlagen worden met een aparte machine, voorzien van een avegaar, spuitlans of sloophamer, voorgeboord. Dergelijke maatregelen werken kostenverhogend. Belangrijk is dat een aannemer de juiste gegevens krijgt ter bepaling van de prijs. Zo kan het voorkomen dat bij een sterk wisselende grondopbouw een prijs wordt afgegeven per grondopbouw.

4.2.8 Risico's, monitoring en maatregelen

Risico's

De risico's worden veroorzaakt door:

- onzekerheden in de bepaling van de samendrukkings eigenschappen van de slappe lagen
- onzekerheden in de bepaling van de doorlatendheid van de slappe lagen
- onzekerheden in de bepaling van de sterkteparameters van de slappe lagen
- onzekerheden in de bepaling van de stijfheidseigenschappen van de slappe lagen
- onzekerheden in de bepaling van de grondwaterstanden
- onvolkomenheden in de gangbare ontwerpmodellen, met name voor de bepaling van de vervorming van de bestaande baan bij een verbreding
- onzekerheden omtrent de mate waarin de verharding op de bestaande baan, kabels, leidingen en belendingen de extra belasting van de ophoging kunnen weerstaan
- de gevoeligheid van de constructie voor grondwaterstandverhoging.

De risico's bestaan uit:

- een te grote zetting in de gebruiksfase, waardoor onvoorzien verhardingsonderhoud nodig is
- instabiliteit van de voorbelasting tijdens ophogen
- instabiliteit van het bestaand weglichaam tijdens de ontgraving van de grond ernaast
- opbarsten van de bodem van de ontgraving / activeren van wellen
- schade aan kabels en leidingen en belendingen
- schade aan de bestaande weg in het geval van wegverbredingen
- opdrijven van de constructie, indien de onderkant van de constructie zich beneden de hoogst waarschijnlijke grondwaterstand bevindt
- bij toepassing bouwputbemaling: beïnvloeding van de omgeving.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een geotechnische risico-analyse gemaakt. Hierbij wordt nagegaan of een realistische variatie van de meest onzekere parameters er toe leidt dat het ontwerp niet meer voldoet aan het Programma van Eisen. In dat geval wordt voor de desbetreffende risico een monitorings- en maatregelenplan opgesteld, of wordt het ontwerp of het Programma van Eisen bijgesteld.

Monitoring

Om de risico's tijdens de uitvoeringsfase te beheersen worden metingen verricht:

- een te grote zetting in de gebruiksfase: extrapolatie van de metingen van zakbaken ter bepaling van de eindzetting; het meten van het tijd-zettingsverloop met behulp van zakbaken en waterspanningsmeters in het hart van de ophoging
- instabiliteit van de voorbelasting tijdens ophogen: het meten van de waterspanning in de ondergrond ter plaatse van de teen van de ophoging; het plaatsen en waarnemen ('doorzichten') van perkoenpalen in de teen van de ophoging
- instabiliteit van het bestaande weglichaam: visuele inspectie, zo mogelijk in combinatie met de perkoenpalen en meetboutjes; meting van de horizontale deformatie met behulp van inclinometerbuizen

- opbarsten van de bodem van de ontgraving / activeren van wellen: meting grondwaterstand en stijghoogte in pleistocene zand
- schade aan de bestaande weg bij verbreding: het regelmatig inmeten van meetboutjes; visuele inspectie van de toestand van de bestaande weg
- schade aan kabels, leidingen en belendingen: het meten van de horizontale deformaties met inclinometerbuizen, verticale deformaties met meetboutjes of zakbaken, in combinatie met de zakbaken en waterspanningsmeters ter bepaling van de stabiliteit van de verbreding
- opdrijven van de constructie: waterpassing van de bodem van de ontgraving en van de bovenkant van de EPS-ophoging (met name zolang nog geen bovenbelasting is aangebracht)
- beïnvloeding omgeving door bouwputbemaling: registratie van de stijghoogten van het grondwater (diep en ondiep); registratie van het bemalingsdebiet (waterbezwaar); het regelmatig inmeten van peilboutjes in bestaande weg; visuele inspectie van de toestand van de bestaande weg; het inmeten en fotograferen van gevoelige belendingen.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een monitoringsplan gemaakt. Hierin wordt beschreven wat, hoe, waar, wanneer en door wie wordt gemeten, hoe de gegevens worden opgeslagen en gepresenteerd. Ook wordt voor elke meting vooraf aangegeven, wat de verwachtingswaarde van de te meten grootte is, en wat de grenswaarde is waarbij sprake is van een ontoelaatbare afwijking.

Maatregelen

Eerdergenoemde risico's kunnen op verschillende manieren worden beheerst:

- ter voorkoming van te grote zetting in de gebruiksfase: in het geval van een tegenvallend zettingsverloop (consolidatiesnelheid is lager dan verwacht) de voorbelasting vergroten; de bouwtijd verlengen; een groter deel van de ophoging in EPS uitvoeren; indien de onderkant van de EPS-ophoging beneden het grondwaterpeil ligt, de grondwaterstand op hoger peil handhaven
- ter voorkoming van instabiliteit van de ophoging tijdens uitvoering: ophoogtempo verlagen; steunbermen aanbrengen; een deel van het ophoogzand weer verwijderen en EPS aanbrengen
- ter voorkoming van instabiliteit van het bestaand weglichaam: ontgraven in korte secties; grondkerende constructie aanbrengen
- ter voorkoming van het opbarsten van de bouwputbodem en het activeren van wellen: ontgraven in korte secties; onmiddellijk aanbrengen van (tijdelijke) belasting; eventueel als uiterste maatregel, verlagen stijghoogte in pleistocene zand
- ter voorkoming van schade aan de bestaande weg bij verbreding: een deel van het ophoogzand weer verwijderen en vervangen door EPS
- ter voorkoming van schade aan kabels, leidingen en belendingen als gevolg van verticale en/of horizontale grondvervormingen: damwandschermen aan de polderzijde aanbrengen; het ophoogzand deels verwijderen en vervangen door EPS
- ter voorkoming opdrijven constructie: stijghoogte beneden de EPS-ophoging beheersen (bemaling en drainage systeem); onmiddellijk aanbrengen van een belasting op het EPS

- verhinderen beïnvloeding omgeving door bouwputbemaling: werken in korte secties; retourbemaling installeren; eventueel: tijdelijke waterkerende schermen aanbrengen.

Als onderdeel van het ontwerp wordt een maatregelenplan opgesteld. Hierin wordt aangegeven welke van bovengenoemde maatregelen wordt toegepast als uit de monitoring blijkt dat de grenswaarden van één van de gemeten grootheden wordt overschreden.

4.2.9 Duurzaam bouwen

Opgemerkt wordt dat met het begrip duurzaamheid in dit document niet zozeer de levensduur bedoeld wordt, maar met name de milieu-duurzaamheid.

Typering gebruikte bouwstoffen

Kunststoffen (verticale kunststofdrains, EPS en HDPE afdekfolie) vallen niet onder de werkingssfeer van het Bouwstoffenbesluit.

De cementgebonden afdekplaat (beton) is een categorie 1 bouwstof.

Voor het zand wordt verwezen naar de *Leidraad Bouwstoffen* [19]. Natuurlijk zand is veelal als schone grond of categorie 1 bouwstof aan te merken. Bij zeezand is de categorie-indeling afhankelijk van het succes van de ontziltingsstap (chloride kan kritisch zijn). Toegepast ontzilt zeezand is meestal categorie 1 bouwstof. Bij zand uit baggerspecie is de categorie-indeling afhankelijk van de herkomst en scheidingsresultaat van de baggerspecie.

Terugwinbaarheid / hergebruik

In de praktijk is het onmogelijk verticale drains terug te winnen en her te gebruiken.

EPS is, mits niet te sterk vervuild, voor 100% recycleerbaar. Eenmaal teruggewonnen, kan het materiaal moeiteloos en zonder noemenswaardig energiegebruik een nieuwe bestemming krijgen. Gebruikt EPS is te beschouwen als een grondstof (goed bruikbare reststof) in plaats van afval. Ook is het mogelijk door smelten en granuleren de basisgrondstof polystyreen terug te winnen.

Het materiaal van de betonplaat, waarmee de stapeling EPS-blokken is afgedekt, is als betongranulaat te gebruiken in de wegfundering of in beton. Granulaat van schuimbeton (volumieke massa 500 kg/m³) is te zacht om als betongranulaat te worden verwerkt. Het materiaal is wel toepasbaar als ophoogmateriaal.

De afdekfolie is meestal beperkt geschikt voor hergebruik. Het materiaal is grotendeels recycleerbaar.

Het ophoogzand is eenvoudig terugwinbaar. Kostentechnisch gezien is het de vraag of het zinvol is, daar transportkosten hoog zijn in verhouding tot de zandprijs.

Extra milieumaatregelen

Bij de toepassing van zeezand dient, indien het zand moet voldoen aan categorie 1 volgens het Bouwstoffenbesluit, te worden ontzilt.

Voorkomen moet worden dat verticale drainage een kortsluiting maakt tussen het oppervlaktewater en het grondwater in het diepe, pleistocene zand. Gebruikelijk is de draindiepte te beperken tot 1,0 à 1,5 m boven het diepe zand.

4.2.10 Verdere aandachtspunten

Niet van toepassing.

4.3 Uitvoeringsfase

4.3.1 Uitvoeringsmethode

De werkvloer, die op maaiveld wordt aangebracht alvorens met het installeren van de drains te beginnen, moet voldoende doorlatend zijn om het vrijgekomen water uit de verticale kunststofdrains te kunnen afvoeren. Bij een grote initiële drooglegging (bijvoorbeeld 1,5 m) kunnen bovendien drainsleuven met horizontale drains nodig zijn. Daarnaast dient de werkvloer voldoende dik te zijn om het bouwverkeer en de stelling waarmee de verticale drains worden aangebracht te kunnen dragen. In principe is een laag van 1,0 m hiervoor toereikend.

De installatie van kunststofdrains geschiedt met behulp van een dragline, een hydraulische kraan of een heistelling die is voorzien van een makelaar waarlangs de inbrenglans verticaal op en neer kan bewegen. Gebruik van een spuitlans of iets dergelijks is slechts nodig als de drains door een dik en vast zandpakket moeten worden geïnstalleerd. De drainlengte bepaalt de lengte van zowel de stelling als de inbrenglans. Een rol, waarop de drains zijn gewikkeld, wordt geplaatst in een magazijn dat aan de stelling is bevestigd. Van daaruit wordt de drain over een geleiderol door de inbrenglans geleid. Onderaan de inbrenglans wordt een ankerplaatje aan de drain bevestigd. Vervolgens wordt de lans met de drain naar de gewenste diepte gedrukt. Na het trekken van de lans wordt de drain door het ankerplaatje op diepte gehouden. De drain wordt vervolgens boven het maaiveld afgeknipt, waarna de gehele procedure kan worden herhaald op de volgende drainlocatie.

Tijdens het aanbrengen van de kunststofdrains kan de inbrengdiepte op de installatie worden afgelezen.

Het draineer- en ophoogzand wordt in het algemeen door middel van vrachtwagens of dumptrucks aangevoerd, waarna het door bijvoorbeeld een bulldozer of laadschop in dunne lagen van 0,5 à 0,75 m wordt uitgereden. Daarbij dienen de voertuigen versporend te rijden, zodat het zand wordt verdicht. Het belangrijkste voordeel van inrijden is dat het zand een laag watergehalte heeft, waardoor de verwerkbaarheid en de weerstand tegen afschuiven relatief hoog zijn. Vaak zal een trilwals ingezet moeten worden om te voldoen aan de verdichtingsgraad zoals vermeld in §22.02.06 van de *Standaard RAW Bepalingen* [3]. Een alternatieve wijze van ophogen is het hydraulisch ophogen (nat aanbrengen of spuiten). Deze methode voorkomt dat slecht begaanbaar terrein moet worden bereiden en maakt een hoge productie mogelijk. Het gedeponeerde materiaal is echter inhomogeen, heeft een geringe stabiliteit tijdens de uitvoering en kan grotere schadelijke gevolgen hebben op de omgeving door het waterbezwaar en/of de uitslag van zout en fijn materiaal. Voor een verdere omschrijving wordt verwezen naar hst. U van *Handleiding Wegenbouw, Ontwerp Onderbouw* [13].

Het aanbrengen van een EPS-ophoging geschiedt in den droge. In grote lijnen verloopt de aanleg als volgt:

- aanbrengen van eventuele tijdelijke grondkerende constructies

- ontgraven aanwezige grond inclusief droogmalen bouwput tot een peil van 0,3 m beneden de bodem
- bouwputbodem vlak afwerken (afwijkingen in vlakheid kleiner dan 10 mm gemeten met een rei van 3 m); eventueel een uitvullaag van zand toepassen (dikte 0,1 à 0,2 m, statisch verdicht) als drainagelaag en voor het verkrijgen van een vlakke werkvloer; eventueel op de zandlaag een grond dicht geokunststof doek aanbrengen
- aanbrengen EPS blokken volgens tevoren opgesteld legplan; door de EPS-blokken in ten minste 2 à 3 lagen met verspringende naden te leggen, krijgt de ophoging een zeker verband; om wegwaaien van de blokken te voorkomen eventueel een verbinding aanbrengen (kramplaten)
- aanbrengen cementgebonden afdekplaat (betonplaat) op stapeling EPS-blokken
- aanbrengen wegfundering en verharding
- een afdekfolie (bestendig tegen aardolie-derivaten) aanbrengen boven de blokkenstapeling in het talud
- afwerken taluds; aanbrengen teelaarde en beplanting.

Opmerking

Voorkomen moet worden dat het EPS in de bouw fase te zwaar wordt belast door bouw materieel aangezien anders de eigenschappen in nadelige zin worden beïnvloed. De EPS dient niet te worden bereden met materieel waarvan de contactspanning groter is dan de belasting van de toekomstige bovenbouw; deze bedraagt circa 16 kN/m².

4.3.2 K.A.M.-zaken

In deze paragraaf worden de K.A.M.-zaken beschouwd die betrekking hebben op de uitvoering (K.A.M. staat voor Kwaliteits-afname controle, Arbo en veiligheidszaken en Milieu).

Kwaliteits-afname controle

Voor een kwalitatief verantwoorde verticale drainage is het noodzakelijk dat, naast een goed ontwerp, eisen worden gesteld aan het materiaal van de drains en de wijze waarop de drains worden geïnstalleerd. De eisen waaraan de verticale drains moeten voldoen, zijn gegeven in de *Standaard RAW Bepalingen* [3]. De belangrijkste eisen zijn de afvoercapaciteit en de karakteristieke poriegrootte:

- afvoercapaciteit gestrekte drain moet ten minste $50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ zijn
- afvoercapaciteit geknikte drain moet ten minste $37,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ zijn
- karakteristieke poriegrootte O_{90} van het drainfilter mag niet groter zijn dan 80 μm .

Opgemerkt kan worden dat door ontwikkelingen in de productiesfeer, de kostenbesparingen door toepassing van kunststofdrains met minder goede eigenschappen, niet meer relevant zijn.

De aannemer dient een bewijs van oorsprong van de door hem geleverde kunststofdrain (van de producent) te leveren. Op dit bewijs dienen een aantal zaken te worden vermeld

zoals de naam van de producent, de datum van fabricage en enkele productspecificaties, zie *Verticale drainage, uitbreiding van het onderdeel drainage* [11] blz. 23.

In §22.06.01 en .02 van de *Standaard RAW Bepalingen* [3] worden eisen gesteld aan draineerzand en ophoogzand. Hierover wordt het volgende opgemerkt.

De eisen gesteld aan ophoogzand zijn dermate ruim, dat slecht drainerend materiaal met veel fijne deeltjes zou mogen worden toegepast (§22.06.01 50% mag kleiner zijn dan 63 µm). Gebruik van zand dat aan deze eisen voldoet, kan leiden tot taludinstabiliteit vanwege verzadiging met water. Uit dit oogpunt zijn voor het ophoogzand strengere eisen noodzakelijk dan in §22.06.01 van de *Standaard RAW Bepalingen* [3] worden aangegeven.

Aan de andere kant zijn de eisen gesteld aan draineerzand volgens §22.06.02 van de *Standaard RAW Bepalingen* [3] voor toepassing in de werkvloer nogal streng. Gebruik van dergelijk zand werkt daardoor kostenverhogend. Ten aanzien van het zand voor de werkvloer kunnen daarom minder strenge eisen worden gesteld, mede gezien het feit dat de drainerende functie van de werkvloer van ondergeschikt belang is. Het is aan te bevelen voor het zand van de drainagelaag, eventueel in combinatie met horizontale drainage, een waterdoorlatendheid te eisen van $k \geq 1,4 \cdot 10^{-4}$ m/s, blz. 44 van *Verticale drainage* [10].

Uit ervaring is bekend dat zowel voor de draineerlaag (werkvloer) als de zandophoging het beste matig fijn tot matig grof zand met maximaal 5 à 10 % fijne deeltjes (<63 µm) kan worden gebruikt.

Eisen voor de verdichting van de zandophoging zijn gegeven in §22.02.06 van *Standaard RAW Bepalingen* [3].

Op de bouwplaats dient gecontroleerd te worden of de aangevoerde EPS-blokken de juiste kwaliteit (eigenschappen) hebben, zie §22.83.01 en 22.86 van *Standaard RAW Bepalingen* [3]. Na plaatsing dient de aangebrachte hoeveelheid en de geometrie te worden gecontroleerd. Overige werkzaamheden (aanbrengen cementgebonden afdekplaat, wegfundering etc) volgens standaard procedures.

Arbo en veiligheidszaken

Verticale kunststofdrains worden machinaal aangebracht. De drainrol, achterop de stelling, dient regelmatig met handkracht te worden vervangen. Het afknippen van de aangebrachte drains gebeurt meestal eveneens met handkracht. Er is geen sprake van zware fysieke arbeid.

Het aanbrengen van de zandophoging geschiedt ook machinaal. Ook hier is geen sprake van zware fysieke arbeid.

De EPS blokken worden met de hand gelegd. Door het lage gewicht is er echter geen sprake van zwaar, belastend werk. Het materiaal is hygiënisch, niet giftig, geeft geen gevaarlijke deeltjes af. Bij het verwerken van EPS zijn persoonlijke beschermingsmiddelen nodig, onder andere tegen vrijkomend stof bij het zagen (stofkapje) en tegen verblinding bij felle zon (zonnebril).

Op de bouwplaats dienen voorzieningen te worden getroffen om de brandveiligheid van de EPS blokken te verzekeren. Opgestapelde EPS-blokken op een niet bewaakte bouwplaats kunnen een aantrekkelijk doelwit vormen voor vandalen. Toepassing van brandvertragend, gemodificeerd EPS wordt aanbevolen.

Milieu

Geen opmerkingen.

4.3.3 Besteksteksten

Belangrijk voor de aannemer is dat deze de juiste grondgegevens heeft ter bepaling van het in te zetten materieel. Zo kan het vóórkomen dat bij een sterk wisselende grondopbouw een prijs wordt afgegeven per grondopbouw.

Een voorbeeld van een bestekstekst is gegeven in bijlage 1.

4.4 Beheer en onderhoud

Aandachtspunten voor de beheerder betreffen:

- mogelijke vervormingen tijdens de gebruiksfase
- bewaken en beheersen van de waterhuishouding
- verwijderen van de bovenbouw bij reconstructie
- voorkómen van extra belastingen
- Instandhouding bescherming EPS.

Mogelijke vervormingen tijdens de gebruiksfase

Bij goede uitvoering zal de aardebaan in de gebruiksfase vrijwel geen zetting ondergaan.

Ondanks het feit dat de ophoging weinig vervorming meer zal ondergaan, verdient het aanbeveling bij overdracht van uitvoering naar beheerder een prognose te maken van de verwachte zettingen en vervormingen in de gebruiksfase, en de consequenties daarvan voor het verhardingsonderhoud. De prognose dient te worden gebaseerd op zettings- en vervormingsmetingen tijdens de aanleg. Ook verdient het aanbeveling het geotechnisch ontwerp te evalueren aan de hand van de metingen en ervaringen tijdens de aanleg. De evaluatie dient aanbevelingen te bevatten ten aanzien van de grondparameters en rekenmodellen die moeten worden gebruikt bij het ontwerp van een eventuele toekomstige reconstructie of verbreding van de weg.

In bijlage 2 zijn onder het hoofd 'prognose van verhardingsonderhoud tijdens de gebruiksfase' enige richtlijnen gegeven voor het opstellen van een prognose van het verhardingsonderhoud op basis van geotechnische grootheden.

Tijdens de gebruiksfase dient de weg regelmatig te worden geïnspecteerd op schade. In het kader van de meerjarenplanning verhardingsonderhoud gebeurt dit tweejaarlijks. Afhankelijk van de verwachte zettingen en vervormingen in de gebruiksfase kan het nodig zijn om vaker een inspectie uit te voeren. De toestand van de verharding wordt hierbij getoetst aan de volgende interventiewaarden:

- de Immediate Roughness Index (IRI-waarde) mag maximaal 3,5 bedragen
- zettingsverschillen in langsricting mogen maximaal 0,05 m over een lengte van 25 m bedragen
- het verschil in langshelling tussen de verharding op de stootplaten van een kunstwerk en de verharding op het kunstwerk mag maximaal 1:100 bedragen
- de afwatering van de rijbaan mag niet worden belemmerd als gevolg van zetting van de verharding
- de dwarshelling van de rijstroken in rechtstanden dient minimaal 1 % en maximaal 5 % te zijn
- scheuren in de verharding mogen maximaal 20 mm breed zijn
- het hoogteverschil over de scheuren mag maximaal 10 mm zijn.

Indien één van deze interventieniveau's wordt overschreden, dient direct verhardingsonderhoud te worden uitgevoerd om te voorkomen dat de verkeersveiligheid in het geding komt.

Bewaken en beheersen van de waterhuishouding

Indien de onderkant van de EPS-ophoging beneden de hoogst waarschijnlijke grondwaterstand ligt, dient het beheer gericht te zijn op het bewaken en handhaven van het grondwaterpeil. Zowel een te laag peil als een te hoog peil zijn ongewenst. Een te laag peil kan leiden tot zetting van de gehele ophoging. Bij een te hoog peil kan de constructie opdrijven.

Ook dienen de drainagevoorzieningen in stand te worden gehouden.

Naast een periodieke controle, zoals in poldergebieden gebruikelijk is, is waakzaamheid geboden tijdens belendende werkzaamheden vooral indien deze gepaard gaan met een bemaling.

Verwijderen van de bovenbouw bij reconstructie

Indien tijdens het onderhoud (een deel van) de bovenbouw tijdelijk wordt verwijderd, bestaat het gevaar dat de constructie opdrijft, met name als deze werkzaamheden vallen in een periode met een hoge grondwaterstand.

Voorkómen van extra belastingen

Elke voorgenomen wijziging in de bestaande situatie van een lichtgewicht constructie dient grondig geanalyseerd te worden ten aanzien van de stabiliteit en het verticale evenwicht. Dit geldt ook voor wijzigingen in de zone grenzend aan de EPS-ophoging, zoals het aanbrengen van ophogingen of het plaatsen van bemalingen.

Instandhouding bescherming EPS

In principe is het EPS voldoende beschermd door de bovenliggende constructie (verharding, taludbekleding) tegen mechanische, chemische en biologische invloeden. Als het EPS wordt blootgesteld aan ongunstige invloeden zoals hoge temperaturen of aardolie-derivaten, verliest de ophoging zijn constructieve eigenschappen met alle nadelige gevolgen van dien (grote gevolgschade). Hieruit volgt dat het beheer en onderhoud gericht moeten zijn op de handhaving van de bescherming van het EPS door de bovenliggende constructie. Gebreken in de afdeklaag of HDPE-folie ten gevolge van bijvoorbeeld maaiwerkzaamheden dienen op korte termijn te worden hersteld.

4.5 Ombouw / sloop

4.5.1 Toekomstige ombouw / uitbreiding

Wordt de toekomstige ombouw / uitbreiding uitgevoerd als EPS-ophoging met voorbelasting in zand, dan ontstaat een spanningsverhoging in de samendrukbare lagen, zodat rekening moet worden gehouden met deformaties (verticaal en mogelijk ook horizontaal) van de dan aanwezige ophogingen. Deze deformaties kunnen leiden tot scheurvorming in de verharding.

Om schade te voorkomen, dient voor toekomstige ombouw / uitbreiding te worden gekozen voor een methode die geen spanningsverhoging in de samendrukbare lagen veroorzaakt. In aanmerking komen een evenwichtsconstructie (met EPS of schuimbeton) en een ophoging op palen.

4.5.2 Sloop

De verticale kunststofdrains zijn in principe als verloren te beschouwen. De aardebaan kan eenvoudig worden verwijderd.

De cementgebonden afdeklaag kan met sloophamers en dergelijke gesloopt worden.

De EPS-blokken, folie en geokunststof doek kunnen met de hand worden verwijderd.

Voor het hergebruik van de vrijkomende materialen wordt verwezen naar §4.2.9.

4.6 Referenties

4.6.1 Ervaringen

In Nederland is in de afgelopen jaren heel veel, en in het algemeen positieve, ervaring opgedaan met de toepassing van verticale kunststofdrains en deze methode wordt dan ook beschouwd als standaard bouwmethode.

EPS-ophogingen worden al geruime tijd in binnen- en buitenland toegepast, in Nederland echter veelal zonder cementgebonden afdekplaat. In Noorwegen zijn vele EPS-ophogingen toegepast met een dunne betonplaat als afdekking.

Een voorbeeld van een EPS-ophoging met voorbelasting is de verbreding van de autosnelweg A4 te Leidschendam. De constructie bestaat van boven naar beneden uit:

- 0,27 m asfaltpakket
- 0,30 m betongranulaat 0 / 40
- 1,00 m zandbed
- 0,50 m schuimbeton SB500 (500 kg/m³)
- 1,75 m EPS20
- resterende ophoogzand van de vroegere voorbelasting.

In onder andere *Toepassingsrichtlijn voor EPS in de wegenbouw* [1] is een nadere beschrijving van dit voorbeeld gegeven.

4.6.2 Literatuur

- [1] *Toepassingsrichtlijn voor EPS in de wegenbouw*, CROW-rapport, concept d.d. juni/juli 1999
- [2] *Construeren met grond*, CUR handboek 162, 1993
- [3] *Standaard RAW Bepalingen*, 2000, CROW
- [4] *Wegen op PS-hardschuim. Een verkennende studie*, SBR rapport 176, 1988
- [5] NEN 5104 *Geotechniek. Classificatie van onverharde grondmonsters*, Nederlands Normalisatie-Instituut, Oktober 1990
- [6] NEN 5112 *Geotechniek. Bepaling van het watergehalte van grond in het laboratorium*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1995
- [7] NEN 5140 *Geotechniek. Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvings weerstand van grond. Elektrische sondeermethode*, Nederlands Normalisatie-Instituut
- [8] NEN 6702 *Belastingen en vervormingen. TGB 1990*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1993
- [9] NEN 6740 *Geotechniek. TGB 1990. Basiseisen en belastingen*, Nederlands Normalisatie-Instituut
- [10] *Verticale drainage*, CROW-publicatie 77, november 1993
- [11] *Verticale drainage, uitbreiding van het onderdeel drainage*, CROW-rapport, concept d.d. 1997 (behorende bij Standaard RAW Bepalingen 2000)
- [12] *Moderne funderingstechnieken*, A.F. van Weele, 1993

- [13] *Handleiding Wegenbouw. Ontwerp Onderbouw. Deel II Techniek*, RWS DWW, april 1991
- [14] *Handleiding Wegenbouw. Ontwerp Overgangsconstructies*, RWS DWW, april 1996
- [15] *Handleiding Wegenbouw, Ontwerp Verhardingen*, DWW, 1998
- [16] NEN 5740 *Bodem, Onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek, Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond*, Nederlands Normalisatie-Instituut, Oktober 1999
- [17] NEN 5117 *Geotechniek, Bepaling van de schuifweerstand- en vervormingsparameters van grond. Triaxiaalproef*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1993
- [18] NEN 5118 *Geotechniek, Bepaling van de een-dimensionale samendrukkingseigenschappen van de grond*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1991
- [19] *Leidraad Bouwstoffen* Rijkswaterstaat, RWS DWW, concept d.d. september 1999

PRODUCT-METHODEBLAD
nr. 4
POLYSTYREENSCHUIM OPHOGING
MET VOORBELASTING (ZAND)

Bijlage 1
Voorbeeld bestekstekst

RAW Bepalingen en resultaatsbeschrijvingen

In *Standaard RAW Bepalingen* [7] zijn voor een EPS ophoging met voorbelasting relevante bepalingen gegeven in de volgende paragrafen:

- §22 Grondwerken.
 - §22.02.06 Eisen en uitvoering. Ophoging en aanvulling.
 - §22.06.01 Bouwstoffen. Zand in aanvulling of ophoging.
 - §22.06.02 Bouwstoffen. Draineerzand.
 - §22.81 t/m 22.87 Grondwerken, ophoogmateriaal van kunststof
- §23.2 Verticale drainage.
 - §23.22 Eisen en uitvoering.
 - §23.26.02 Bouwstoffen. Kunststofdrain.

De belangrijkste RAW-resultaatsbeschrijvingen voor een EPS ophoging met voorbelasting zijn gegeven in de volgende werkcategorieën:

- §22 Grondwerken.
 - §22.03 Grond verwerken.
 - §22.04 Afscheiden, verdichten en profileren.
 - §22.08 Zakbaken.
 - §22.45 Grondwerken, ophoogmateriaal van kunststof
- §23 Drainage
 - §23.51.02 Verticale drainage. Aanbrengen kunststofdrains.

Voorbeeld bestekstekst

DWW zal deze leveren (indien mogelijk)

PRODUCT-METHODEBLAD
nr. 4
POLYSTYREENSCHUIM OPHOGING
MET VOORBELASTING (ZAND)

Bijlage 2
Specificaties geotechnische dimensioneringsberekeningen

Ontwerpberekening verhardingsconstructie

Richtlijnen zijn gegeven in §5.4 van *Toepassingsrichtlijn voor EPS in de wegenbouw* [1].

Ontwerpberekeningen

Richtlijnen voor ontwerpberekeningen van een zandophoging zijn bijvoorbeeld gegeven in hst. 5 van *Construeren met grond* [2].

Verticale kunststof drains

Bij het ontwerpen van drains gaat het voornamelijk om de drainafstand en de consolidatiegraad U . In §7.3.2 van *Construeren met grond* [2], hst.3 van *Verticale drainage* [10] en hst.9 van *Moderne funderingstechnieken* [12] staat uitvoerig beschreven hoe deze dient te worden bepaald.

Rekenen met smeerzone verticale drainage

Door het installeren van de verticale kunststofdrains treedt een verstoring van de ondergrond op en kan de horizontale doorlatendheid afnemen. Dit wordt ook wel aangeduid met de term smeerzone. Deze smeerzone leidt tot onzekerheden in de afvoercapaciteit van de drain. In een berekening kan voor de smeerzone in een bepaalde zone rondom de drain een gewijzigde horizontale doorlatendheid te nemen. Aanbevolen wordt de smeerzone niet afzonderlijk in de berekening mee te nemen maar het effect ervan te verwerken in de grootte van de horizontale consolidatiecoëfficiënt.

Minimale drainafstand

Door het optreden van een smeerzone rondom een verticale kunststofdrain is het effect van een zeer kleine drainafstand op het consolidatieproces beperkt. In het algemeen geldt dat een drainafstand van minder dan 1 m geen extra positief effect meer heeft. Derhalve wordt aanbevolen als minimale drainafstand 1 m te hanteren.

k_h / k_v

De verticale doorlatendheid is een grondparameter die gemakkelijker te bepalen is en beter bekend is dan de horizontale doorlatendheid. De horizontale doorlatendheid is vaak groter dan de verticale. De verhouding k_h / k_v kan variëren tussen 1 en 10. Aanbevolen wordt om $k_h = 2$ à $3 \cdot k_v$ aan te houden, tenzij uit onderzoek een andere waarde blijkt.

Voor de consolidatiecoëfficiënt geldt hetzelfde: $c_h = 2$ à $3 \cdot c_v$.

Bepaling $c_{v,eq}$

Bij een opeenvolging van grondlagen met verschillende waarden voor de consolidatiecoëfficiënt c_v wordt gerekend met een equivalente waarde $c_{v,eq}$. De formule is gegeven in §5.8.1 van *Construeren met grond* [2].

Stabiliteit

De taludstabiliteit kan berekend worden met de methode Bishop zie §5.9 van *Construeren met grond* [2]. RWS eist voor de stabiliteitsfactor van glijvlakken door de bestaande weg in de uitvoeringssituatie dezelfde waarde als in de gebruiksfase, dat wil

zeggen, uitgaande van rekenwaarden van de parameters volgens hst. 13 van NEN 6740 [9] een factor $\geq 1,0$ en uitgaande van representatieve waarden $\geq 1,3$. Voor het talud aan de polderzijde van de ophoging geldt voor de glijvlakken die niet door de bestaande weg gaan in de uitvoeringsfase een lagere eis voor de stabiliteitsfactor, namelijk respectievelijk $\geq 0,9$ (rekenwaarden) en $\geq 1,1$ (representatieve waarden).

Opgemerkt wordt dat de daadwerkelijke geometrie, dus met gezakt baanlichaam en samengedrukte lagen moet worden ingevoerd in de stabiliteitsberekeningen. Deze volgt uit de zettingsanalyses. Voor de berekening van de stabiliteit tijdens uitvoering dient te worden gerekend met de geometrie waarin de zetting is verwerkt, die ongeveer overeenkomt met het aanpassingspercentage dat in de stabiliteitsberekeningen wordt gebruikt. Voor de berekening van de stabiliteit in de eindsituatie dient te worden gerekend met de geometrie waarin de eindzetting is verwerkt.

Zettingstijd, ophoogtijd en bouwtijd

De verschillende begrippen zijn als volgt gedefinieerd:

- Ophoogtijd = tijdsduur benodigd voor het aanbrengen van de voorbelasting
 Zettingstijd = tijdsduur waarin zetting optreedt; bij schematisering van een gefaseerde ophoging tot een één-laags ophoging, kan voor het startpunt van de zettingstijd ($t = 0$) het tijdstip worden aangehouden waarop in werkelijkheid 2/3 van de voorbelasting is aangebracht
 Rusttijd = tijdsduur waarin de volledige voorbelasting aanwezig is
 Bouwtijd = ophoogtijd + rusttijd
 Restzetting = zetting die na de bouwtijd optreedt

Zettingsberekening

De grootte van de zettingen van een ophoging dienen te worden bepaald door middel van in Nederland geaccepteerde berekeningsmethodieken en computermodellen. In bijvoorbeeld hst. 5 van *Construeren met grond* [2] en hst. B van *Handleiding Wegenbouw* [13] worden de verschillende rekenmethodieken uitvoerig beschreven.

In het geval van zeer samendrukbare lagen, zoals veen, is het in theorie mogelijk om met de methode Koppejan een zetting te berekenen groter dan de laagdikte. In dergelijke gevallen wordt geadviseerd de met de methode Koppejan berekende zettingen te corrigeren met behulp van de volgende formule:

$$z_{cor} = \left(1 - \exp\left(-\frac{z_{Koppejan}}{H}\right) \right) \cdot H$$

waarin:

- z_{cor} = de gecorrigeerde zetting [m]
 $z_{Koppejan}$ = de met de methode Koppejan berekende zetting [m]
 H = de dikte van het slappe lagen pakket [m]

Als alternatief kan gebruik worden gemaakt van de methode 'Den Haan' zie bijl. E van *Construeren met grond* [2]. Deze methode is ook opgenomen in computerprogramma

MSETTLE en in het eindige-elementen programma PLAXIS (soft soil creep model). Er bestaat echter weinig ervaring met deze methode en ook hulpmiddelen voor parameterbepaling zijn nog niet algemeen beschikbaar.

Bij zettingsanalyses dient rekening te worden gehouden met het eventueel onder water zakken van het ophoogzand en de bovenste toplagen van de grond. Door de opwaartse grondwaterdruk worden bij het onderwater zakken van de ophoging de belastingen op de ondergrond minder, resulterend in geringere zettingen.

In eerste instantie kan ter berekening van de zettingen gebruik worden gemaakt van een éédimensionale benadering, zoals de methode Koppejan, rekening houdend met de invloed van de verticale drains. Wanneer echter de kleinste dwarsafmeting van het voorbelaste gebied minder dan 3 maal zo groot is als de dikte van het slappe lagenpakket dient met tweedimensionale effecten rekening te worden gehouden (zie hierna onder 'Schade aan de bestaande weg bij wegverbreding').

Restzetting bij toepassing van een tijdelijke voorbelasting

De restzetting van representatieve punten van het dwarsprofiel kan met de methode Koppejan als volgt worden berekend:

1. berekening 1: bereken de verwachte eindzetting z_{eind} (na 10000 dagen) van de uiteindelijke ophoging (dus exclusief de voorbelasting); een gefaseerde ophoging kan hierbij eventueel worden geschematiseerd tot een ophoging in één of meerdere lagen
2. berekening 2: bereken de verwachte zetting $z_{\text{eind aanleg}}$ aan het eind van de tijdelijke voorbelasting (inclusief de tijdelijke extra overhoogte)
3. bepaal de verwachte restzetting met onderstaande formule:

$$z_{\text{rest}} = z_{\text{eind}} - \frac{z_{\text{eind aanleg}}}{\alpha} \quad \text{waarbij } z_{\text{rest}} \geq 0$$

waarin:

- | | |
|--------------------------|--|
| z_{rest} | = de verwachte restzetting [m] |
| $z_{\text{eind aanleg}}$ | = de berekende zetting aan het eind van de tijdelijke voorbelasting [m] |
| z_{eind} | = de berekende eindzetting van de ophoging zonder tijdelijke voorbelasting [m] |
| α | = praktijk-factor waarvoor veelal 1,05 wordt aangehouden |

Kruip in EPS

Om te voorkomen dat vervormingen optreden door kruip van het EPS dient de elastische rek in het EPS beperkt te worden tot 0,4 %. In de gangbare ontwerppraktijk wordt de elastische rek van het EPS berekend, uitgaande van de permanente belasting en de dynamische elasticiteitsmodulus zoals gegeven in tabel 4.3.

Type	Droge volumieke massa [kg/m ³]	Natte volumieke massa [kg/m ³]	Dynamische elasticiteitsmodulus E _{dyn} [MPa]
EPS15 ¹⁾	15	70	4
EPS20	20	70	6
EPS25	25	70	8
EPS30	30	70	10
¹⁾ Als geen cementgebonden afdekplaat wordt toegepast, dit type bij voorkeur niet gebruiken vanwege de lage sterkte en de grote kruip.			

Tabel 4.3 Belangrijkste eigenschappen EPS bij gebruik in de wegenbouw

Controle oprijven

Naast de evenwichtsberekening, moet de oprijfveiligheid van de constructie worden geverifieerd. Hierbij wordt uitgegaan van de hoogste te verwachten grondwaterstand gedurende de gebruiksduur van de constructie. In principe wordt hierbij uitgegaan van de hoogst waarschijnlijke grondwaterstand (HWG). Voor de bepaling hiervan wordt verwezen naar *Toepassingsrichtlijn voor EPS in de wegenbouw* [1]. Veelal wordt de HWG gelijk aan maaiveld genomen, tenzij een lagere stand onderbouwd kan worden. De ervaring heeft uitgewezen dat in poldergebieden met beperkte afvoercapaciteit het slootpeil gedurende zware regenbuien snel kan stijgen tot maaiveldniveau. Alleen indien voldoende afvoercapaciteit aanwezig is kan een afwijkende maatgevende hoogste grondwaterstand worden gehanteerd.

De partiële factoren volgens NEN 6702 [8] zijn hier niet van toepassing omdat bij EPS-constructies sprake is van een afwijkende situatie. Door de CROW-werkgroep 'EPS' (zie *Toepassingsrichtlijn voor EPS in de wegenbouw* [1]) is een minimaal vereiste oprijfveiligheid van 1,2, of een belastingfactor op het eigen gewicht van 0,83 (=1/1,2) voorgesteld.

Bij de oprijfberekening moet voor het EPS de minimale waarde van de volumieke massa worden aangehouden, dat wil zeggen zonder de toename door de wateropname.

Opgemerkt wordt dat de beide eisen (evenwichtsprincipe en oprijfveiligheid) tegenstrijdig zijn. Het ontwerpproces verloopt daardoor iteratief.

Tijdens de bouwfase, als het gehele gewicht van de constructie nog niet aanwezig is, wordt de oprijfveiligheid verzekerd door een bemaling toe te passen.

Schuifweerstand EPS

De schuifweerstand van een blokkenstapeling van EPS is niet bekend. De wrijvingshoek tussen afzonderlijke blokken bedraagt circa 30°. Een EPS-ophoging levert vrijwel geen bijdrage aan het aandrijvend moment in de stabiliteitsberekening. In de glijvlakberekening worden veiligheidshalve voor de EPS-blokkenstapeling volumiek gewicht, cohesie en wrijvingshoek gelijk aan nul verondersteld.

Controle op opbarsten van de bodem van de ontgraving

Bij de controle op opbarsten van de bouwputbodembodem moet worden uitgegaan van de actuele stijghoogte in het pleistocene zand en het actuele polderpeil. De belastingsfactoren volgens NEN 6702 [8] zijn van toepassing, dat wil zeggen 0,9 op het volumiek gewicht en 1,0 op de waterdruk (geotechnische constructie, niet zijnde een fundering).

Waterstandsverschillen (horizontaal evenwicht)

Door de lage korrelspanningen aan de onderzijde van de EPS-ophoging is ook de schuifweerstand in horizontale richting gering. Een horizontale belasting, bijvoorbeeld door een verschil in waterstand ter weerszijden van de ophoging, zou daarom kunnen leiden tot het horizontaal verschuiven van de gehele ophoging.

Met name bij een wegverbreding in EPS kan een waterstandsverschil ontstaan als de grondwaterstand in het bestaande weglichaam hoger is dan het polderpeil. Met een drainage in het bestaande weglichaam kan worden verhinderd dat een verschil in waterstand ontstaat.

Schade aan de bestaande weg bij wegverbreding

De verticale vervorming van de bestaande weg wordt in eerste instantie berekend met behulp van zettingsberekeningen gebaseerd op analytische formules (Buisman - Koppejan en dergelijke). Deze geven echter in het algemeen een te lage schatting van de werkelijk optredende verticale vervormingen. Met eindige elementen berekeningen kan een meer realistische verwachting van de verticale vervormingen worden verkregen. Bovendien geven deze berekeningen ook de horizontale vervormingen. Opgemerkt dient te worden dat de modellering en parameterkeuze behorende bij de eindige elementen berekeningen veel aandacht vragen en een groot effect op de berekende vervormingen hebben.

Het is moeilijk uit berekende verticale vervormingen een schadebeeld aan fundering en verharding op te stellen. De opbouw van de fundering en de verharding spelen hierbij een grote rol. In tabel 4.4 is een indicatie gegeven van de schade die optreedt bij een wegverbreding. De schadeverwachting is gekoppeld aan de zetting die wordt berekend ter plaatse van de kant verharding van de bestaande weg als gevolg van het aanbrengen van de verbreding. De werkelijk optredende vervormingen kunnen groter zijn dan de berekende waarden. De tabel heeft slechts tot doel in de ontwerpfase de consequenties van de wegverbreding voor de wegbeheerder duidelijk te maken. De indicaties in de tabel dienen slechts als globale richtlijn; op basis van waarnemingen bij lopende werken zal de tabel aangepast moeten worden.

berekende zetting ter plaatse van kant verharding van de bestaande weg	indicatie van te verwachten schade
Minder dan 20 mm	lichte schade; mogelijk enige scheurvorming die binnen de interventiewaarden blijft
20 tot 50 mm	matige schade; scheurvorming zal de interventieniveau's te boven gaan, waardoor verhardingsonderhoud tijdens de aanleg van de verbreding noodzakelijk is; overlaging is waarschijnlijk niet noodzakelijk
Meer dan 50 mm	ernstige schade; scheurvorming zal de interventieniveau's te boven gaan, waardoor meermalen verhardingsonderhoud tijdens de aanleg van de verbreding noodzakelijk is; plaatselijke overlaging van de gezakte delen van de verharding is mogelijk noodzakelijk al dan niet in combinatie met toepassing van zaagsnede

Tabel 4.4 Indicatie van de te verwachten schade bij berekende zetting

Voor de werkelijk optredende schade gelden de volgende interventieniveau's:

- de dwarshelling van de rijstroken in rechtstanden dient minimaal 1 % en maximaal 5 % te zijn
- scheuren in de verharding mogen maximaal 20 mm breed zijn
- het hoogteverschil over de scheuren mag maximaal 10 mm zijn
- de afwatering van de rijbaan mag niet worden belemmerd als gevolg van zetting van de verharding
- zettingsverschillen in langsrichting mogen maximaal 0,1 m over een lengte van 25 m bedragen.

Indien één van deze interventieniveau's wordt overschreden, dient direct verhardingsonderhoud te worden uitgevoerd om te voorkomen dat de verkeersveiligheid in het geding komt.

Prognose van verhardingsonderhoud tijdens de gebruiksfase

De gevolgen van zettingen en vervormingen voor verhardingsonderhoud in de gebruiksfase zijn als volgt te omschrijven:

In trajecten zonder vast gefundeerde kunstwerken of grote heterogeniteiten in de ondergrond (zoals zandgeulen) dient het langsprofiel te worden geherprofileerd indien de zettingsverschillen over 25 m groter worden dan 0,05 m, of de Immediate Roughness Index (IRI) groter is dan 3,5 zie *Handleiding wegenbouw - ontwerp verhardingen* [15]. In het algemeen is de eerste eis maatgevend. Voor de prognose van het moment van onderhoud moet de eis worden vertaald naar een absolute zetting. Ter indicatie kan hiervoor een waarde van 0,10 à 0,15 m worden aangehouden.

Bij de aansluiting van de aardebaan op vast gefundeerde kunstwerken dient het langspanprofiel te worden geherprofileerd indien de langshellingverschillen tussen de verharding op het kunstwerk en de verharding boven de stootplaten groter is dan 1:100, zie *Handleiding Wegenbouw, Ontwerp Overgangsconstructies* [14]. Indien de lengte van de stootplaten bekend is kan de eis worden vertaald naar een zettingseis. Bijvoorbeeld bij een standaard stootplaatlengte van 5 m wordt de interventiewaarde voor het langshellingverschil bereikt na een zetting van 0,05 m. Deze waarde kan worden verdubbeld door de verharding boven de stootplaten bij aanleg een tegenhelling van maximaal 1:100 te geven ten opzichte van de verharding op het kunstwerk.

Bij wegverbredingen kunnen zettingen en horizontale vervormingen van de verbreding ten opzichte van het oude weglichaam leiden tot schade aan de verharding. Er zijn op dit moment geen duidelijke criteria voor de prognose van de schade als functie van de vervormingen van de onderbouw. Voor een deel hangt de schade af van de opbouw van de verharding; eventuele schade zal zich het eerst manifesteren ter plaatse van naden in fundering en asfaltlagen. Verschilzettingen en horizontale vervormingen veroorzaken horizontale rek aan de bovenkant van de aardebaan. De grootte van deze rek kan als indicatie worden gebruikt voor scheurvorming in de verharding. Als de rek groter is dan 0,5 % (in trek, overeenkomend met één scheur van 2 cm breedte per rijstrook) dan zal onderhoud nodig zijn. Onderhoud is ook nodig indien het hoogteverschil over een scheur groter is dan 1 cm. Het is op dit moment niet goed mogelijk hiervoor een prognose te doen.

Met name bij wegverbredingen kunnen ongelijkmatige zettingen in de gebruiksfase leiden tot een verandering van de dwarshelling of verkanting. Indien de dwarshelling of verkanting ten gevolge van zetting kleiner wordt dan 1 %, is de afwatering onvoldoende en moet onderhoud worden uitgevoerd. Dit moet ook gebeuren indien in rechtstanden de dwarshelling ten gevolge van verschilzetting groter wordt dan 5 %. De maximale verkanting in bochten dient per geval te worden vastgesteld. Deze eisen worden vertaald naar eisen aan de zetting op basis van het dwarsprofiel van de verharding bij aanleg.