
Product-methodeblad nummer 5

Schuimbeton evenwichtsconstructie

Inhoudsopgave

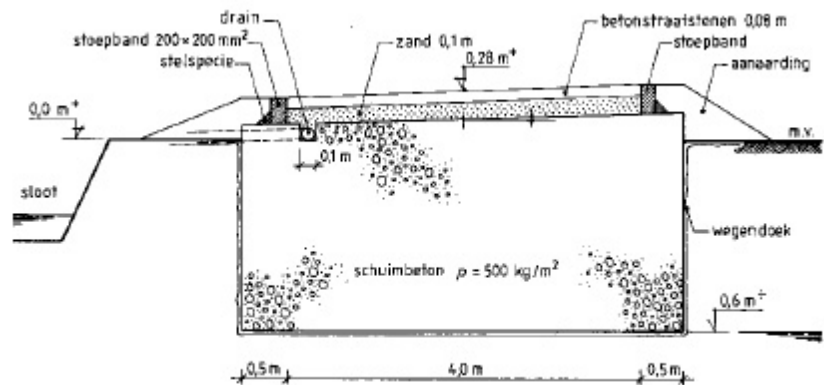
5.1	Algemeen	93
5.1.1	Principe methode	93
5.1.2	Technische levensduur	94
5.1.3	Voor- en nadelen	95
5.1.4	Beperkingen	95
5.2	Ontwerpfase	96
5.2.1	Benodigd grond- en laboratoriumonderzoek	96
5.2.2	Geotechnische ontwerpaspecten	98
5.2.3	Ontwerpdetails	99
5.2.4	Effect op bestaande weg	102
5.2.5	Effect op omgeving	102
5.2.6	Relevante wetgeving en doorlooptijd vergunningen	102
5.2.7	Raming aanlegkosten	104
5.2.8	Risico's, monitoring en maatregelen	104
5.2.9	Duurzaam bouwen	106
5.2.10	Verdere aandachtspunten	107
5.3	Uitvoeringsfase	107
5.3.1	Uitvoeringsmethode	107
5.3.2	K.A.M.-zaken	108
5.3.3	Besteksteksten	109
5.4	Beheer en onderhoud	109
5.5	Ombouw / sloop	110
5.5.1	Toekomstige ombouw / uitbreiding	110
5.5.2	Sloop	110
5.6	Referenties	110
5.6.1	Ervaringen	110
5.6.2	Literatuur	111

Schuimbeton evenwichtsconstructie

5.1 Algemeen

5.1.1 Principe methode

Bij toepassing van een evenwichtsconstructie met behulp van schuimbeton wordt ernaar gestreefd de spanningen voor het creëren van een ophoging wordt ernaar gestreefd de spanningen in de ondergrond niet te verhogen, zodat de ophoging niet aan zetting onderhevig zal zijn. Er is dus evenwicht tussen de spanningen vóór en na het aanbrengen van de constructie. In figuur 5.1a is een schets van de constructie gegeven; figuur 5.1b geeft een voorbeeld van een toepassing..



Figuur 5.1a Principe van de methode (uit [1])



Figuur 5.1b Aanbrengen schuimbeton ophoging voor wegverbreding (uit [8])

Het principe van de methode berust op het geringe gewicht van het schuimbeton en eventueel de opwaartse druk van het grondwater. Om het gewicht van de bovenbouw te compenseren wordt een evenwichtsconstructie ingegraven in de bestaande grondslag. Hierbij wordt grond vervangen door schuimbeton. Soms moet, om evenwicht te maken worden ontgraven tot beneden het grondwaterpeil zodat de opwaartse druk van het water in rekening kan worden gebracht.

De methode is toepasbaar voor de aanleg van nieuwe wegen, van wegverbredingen en voor het verder ophogen van een bestaande, niet of nauwelijks aan zetting onderhevige aardebaan. In het laatste geval wordt de bestaande aardebaan gedeeltelijk vervangen door schuimbeton.

In grote lijnen geschiedt de uitvoering als volgt:

- eventueel aanbrengen van eventuele tijdelijke grondkerende constructies
- eventueel ontgraven aanwezige grond inclusief droogmalen bouwput
- bouwputbodem vlak afwerken en eventueel een uitvullaag / drainagelaag van zand aanbrengen; op de zandlaag een vloeiendfolie aanbrengen
- storten van de schuimbetonspecie met behulp van een pomp en slangen
- aanbrengen wegfundering en verharding; afwerken taluds.

Dit product-methodeblad is niet van toepassing op de bouwmethode waarbij eerst een zandophoging met verticale kunststofdrains wordt aangebracht, die vervolgens gedeeltelijk wordt vervangen door schuimbeton. Dit product-methodeblad is wel van toepassing in situaties waar een bestaande zandophoging gedeeltelijk wordt vervangen door schuimbeton

De ontgravingsdiepte volgt uit de evenwichtsberekening van de ophoging. De vrijkomende grond kan in principe gebruikt worden voor het later afwerken van de taluds. Het droogmalen van de bouwput zal over het algemeen kunnen geschieden met een lichte bemaling. Vanwege de korte bouwtijd is de bemaling ook van korte duur.

Schuimbeton wordt vervaardigd door aan een basisspecie, bestaande uit een mengsel van cement, water en toeslag-/vulstoffen, een afzonderlijk geproduceerd schuim toe te voegen. Het is een cementgebonden materiaal met een instelbare volumieke massa. In de praktijk varieert de volumieke massa tussen 500 en 1600 kg/m³. De relatief lage volumieke massa van schuimbeton wordt bereikt door het schuim.

5.1.2 Technische levensduur

De levensduur van schuimbeton is in principe onbeperkt. Schuimbeton is ongevoelig voor de inwerking van vocht, schimmels en ongedierte. Ten aanzien van de technische levensduur wordt het volgende vermeld:

- Schuimbeton is vorstbestendig mits het materiaal niet volledig is verzadigd met water. In de praktijk wordt vrijwel altijd aan deze eis voldaan.
- Schuimbeton is gevoeliger voor chemische aantasting dan grondbeton. Zo nodig worden beschermingsmaatregelen genomen (zie §5.2.3).

- Eventuele metalen delen, die in het schuimbeton zijn opgenomen, worden onvoldoende tegen corrosie beschermd en dienen geconserveerd te worden (zie §5.2.3).

5.1.3 Voor- en nadelen

De voor- en nadelen van de methode ten opzichte van een zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains zijn gegeven in tabel 5.1.

5.1.4 Beperkingen

De in §5.1.3 genoemde nadelen kunnen een beperking voor de toepassing vormen. Daarnaast zijn er de volgende beperkingen.

Bij een grondslag die bijna geheel uit veen bestaat, is de uitvoering gecompliceerd. Om opdrijven van het veen te voorkomen zijn maatregelen nodig, zoals het installeren van een spanningbemaling in het diepe zand.

De methode is het meest geschikt voor wegen waarbij bovenkant verharding ongeveer overeenkomt met maaiveldniveau (zogenaamde maaiveldliggingen). Bij grotere ophogingen in schuimbeton wordt het gewicht van de ophoging vaak zodanig hoog dat een grote ontgravingsdiepte nodig is om evenwicht te maken. Vanwege het gevaar voor opbarsten van de bouwputbodem en stabiliteitsverlies van de wanden van de ontgraving is er een praktische grens aan de ontgravingsdiepte.

Aspect	Voordeel	Nadeel	Toelichting
kosten		hoog	schuimbeton is duur; maatregelen ter voorkoming stabiliteitsverlies bestaande weglichaam zijn kostbaar
bouwtijd	kort		
zetting gebruiksfase	nihil		constructie is zettingsvrij, mits grondwaterstand en bovenbelasting niet wijzigen
ruimtebeslag	klein		geen overhoogte met taluds
complexiteit uitvoering		complex	slechte draagkracht ondergrond en hoge grondwaterstand; gevaar voor opbarsten / opdrijven veenlaag
ervaring met uitvoering	veel ervaring		uitvoering geschiedt met licht materieel
aanwezigheid van risico's *)		gevoelige constructie	oprijfgevaar bij hoge grondwaterstand of verwijderen bovenbouw
levensduur	onbeperkt		
status in relatie tot Bouwstoffenbesluit	bekend		
risico schade bestaande weg	nihil		schuimbeton ophoging oefent nagenoeg geen horizontale belasting uit op belendende constructie; tijdens uitvoering evenwel maatregelen nodig ter voorkoming stabiliteitsverlies
risico schade kabels/leidingen	nihil		
risico belendingen	nihil		
overig		ontwerp details	toekomstige verbredingen ook zettingsvrij aanleggen; vaak aangepaste fundering wegmeubilair nodig; leidingen zijn moeilijk bereikbaar

*) waaronder begrepen onzekerheid in de grondparameters, onvolkomenheid van ontwerpmodellen, uitvoeringstechnische onzekerheid / beheersbaarheid; een verdere uitsplitsing staat in §5.2.8

Tabel 5.1 Voor- en nadelen schuimbeton evenwichtsconstructie

5.2 Ontwerpfase

5.2.1 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 [14]. Het standaard grondonderzoek staat vermeld in hst. 4.7.3 van *Construeren met grond* [9] en in §2.4 van *Bepaling geotechnische parameters* [17]. Het doel van het grondonderzoek is het vaststellen van de bodemopbouw, de grondwaterpeilen, het volumieke gewicht van de grondlagen, de samendrukkings- en de schuifweerstandseigenschappen.

Bij wegverbredingen dient het grondonderzoek ook informatie te verschaffen over de uitgestrektheid van het bestaande weglichaam in de ondergrond.

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.

Voor een goede karakterisering van de laagopbouw dient naast de conusweerstand ook de plaatselijke wrijving te worden gemeten. Sonderingen dienen volgens klasse 2 NEN 5140 [12] 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 het DINO-loket van TNO-NITG (www.nitg.tno.nl) 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. Meestal is hiervoor niet voldoende tijd. Gegevens van DINO vormen dan een goed alternatief, indien peilbuizen in de buurt zijn.

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 te ontgraven grond dienen ten behoeve van de evenwichtsberekening de volgende proeven te worden gedaan:

- de classificatie volgens NEN 5104 [10]
- bepaling van het volumiek gewicht en het watergehalte volgens NEN 5112 [11].

Bedacht moet worden dat de ophoging vrijwel geen spanningsveranderingen in de ondergrond teweeg brengt. Het uitvoeren van samendrukkingsproeven is alleen nodig als in de ondergrond een geringe spanningsverhoging ten opzichte van de oorspronkelijke toestand wordt toegestaan. Met de samendrukkings-proeven kan de grensspanning van de grondlagen worden bepaald. Triaxiaalproeven zijn alleen noodzakelijk als de stabiliteit van de ontgraving tijdens aanleg kritisch is. Een eerste schatting van de sterkteparameters kan worden ontleend aan tabel 1 van NEN 6740 [14].

In verband met de mogelijk aantasting van het schuimbeton dient de grondwaterkwaliteit te worden bepaald, met name de zuurgraad en het gehalte aan sulfaten, zie NEN 5996 [15].

5.2.2 Geotechnische ontwerpaspecten

Het ontwerp van een ophoging met schuimbeton betreft in hoofdzaak:

- de dimensionering van de wegconstructie (dikte asfaltverharding en fundering, zie hoofdstuk 5.3 van *Wegen en terreinen op schuimbeton* [2]); het gewicht van de bovenbouw is bepalend voor het ontwerp van de evenwichtsconstructie
- het bepalen van de dikte en de ligging van de onderkant van het schuimbeton zodanig dat de verticale korrelspanning in de ondergrond niet wijzigt (evenwichtsprincipe)
- het verifiëren van de oprijfveiligheid van de constructie
- het verifiëren van het horizontaal evenwicht van de schuimbeton-ophoging indien waterstandsverschillen aanwezig zijn aan weerszijden van de ophoging
- het verifiëren van de stabiliteit van de ontgraving tijdens aanleg
- het verifiëren van de stabiliteit van de bestaande weg tijdens aanleg; het dimensioneren van eventuele tijdelijke grondkerende constructies
- het verifiëren van de veiligheid tegen opbarsten van de bodem van de ontgraving tijdens aanleg.

Het evenwichtsprincipe houdt in dat het effectief gewicht van de ophoging inclusief de wegconstructie gelijk is aan het effectief gewicht van de oorspronkelijke grond. Als alternatief is het mogelijk toch enige spanningsverhoging in de ondergrond toe te staan, mits de spanning lager blijft dan de grensspanning. De dan te verwachten zetting is gering (elastische vervorming) zodat sprake is van een nagenoeg zettingsvrije oplossing.

In principe wordt de bouwtijd als een vaste randvoorwaarde voor het ontwerp opgevat.

Naast bovengenoemde zaken dient in het geotechnisch advies te worden aangegeven:

- taludhelling ontgraving / dwarsdoorsnede van ontgraving / diepte van de ontgraving
- opbouw en dwarsdoorsnede van de definitieve ophoging
- fasering
- het traject waarvoor het advies geldt en de wijze waarop overgangen naar trajecten waar andere methoden zijn gebruikt, moeten worden uitgevoerd
- eventuele maatregelen tijdens de uitvoering (bijvoorbeeld: beheersen grondwaterstand)
- eventuele maatregelen tijdens gebruiksfase (bijvoorbeeld: controleren grondwaterstand)
- geotechnische risico-analyse, monitorings- en maatregelenplan voor de uitvoering conform §5.2.8
- geotechnische risicoanalyse, monitorings- en maatregelenplan voor de gebruiksfase conform §5.2.8.

Bij wegverbredingen dient bovendien te worden aangegeven:

- benodigde maatregelen om de stabiliteit van de bestaande wegconstructie tijdens de uitvoering te waarborgen.

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

- benodigde maatregelen tijdens de uitvoering om schade aan belendingen, kabels en leidingen te voorkomen.

5.2.3 Ontwerpdetails

Dwarsprofiel en taludhelling

Om voldoende stabiliteit (belastingspreiding) te verkrijgen, dient de schuimbeton-ophoging minimaal 0,5 m buiten de wegconstructie te worden doorgezet. De schuimbeton-ophoging kan verticaal of onder een steile helling (grootste breedte aan bovenzijde) worden afgewerkt.

Voegen en dilataties

In het schuimbeton kunnen krimpvoegen noodzakelijk zijn om ongewenste scheurreflectie te voorkomen. Dit geldt met name bij twee-lagensystemen. Het volgende is van toepassing:

- als een asfaltverharding hechtend op het schuimbeton wordt aangebracht, is het noodzakelijk in het schuimbeton voegen aan te brengen (over 1/3 van de laagdikte) op een maximale h.o.h.-afstand van 15 m; om reflectiescheuren in het asfalt te voorkomen, moet de voeg worden overbrugd met een membraan, tenzij de dikte van het asfalt meer is dan 120 mm
- als tussen asfaltverharding en schuimbeton een funderingslaag van zand of ander materiaal wordt gebruikt, kunnen voegen in het schuimbeton achterwege blijven
- bij een verharding in ongewapend beton is het aan te bevelen de voegen in het schuimbeton overeen te laten komen met de voegen in het beton; hierdoor worden de verschillen in beweging tussen beide constructies beperkt
- bij een verharding van gewapend beton zijn geen voegen in het schuimbeton noodzakelijk

- bij een elementenverharding moet een zandbed (straat-zand) op het schuimbeton worden aangebracht; voegen zijn dan niet nodig.

Aantasting schuimbeton en metalen delen door agressief grondwater

Bij een te hoge zuurgraad of een te hoog gehalte aan sulfaten zijn beschermende maatregelen nodig om de aantasting van het schuimbeton te voorkomen. Gedacht kan worden aan het inpakken van het schuimbeton in een bestendige folie.

Overgangsconstructies

Stootplaten kunnen niet direct op het schuimbeton worden geplaatst vanwege de hoge spanningen die dan ontstaan in het schuimbeton. Op het schuimbeton dient een last spreidende laag te worden aangebracht zoals een betonplaat, een laag hydraulisch funderingsmateriaal of een laag gestabiliseerd zand.

Aansluiting op traditionele aardebaan

De overgang in dwarsrichting van een traditionele aardebaan in zand naar een schuimbeton-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 schuimbeton-ophoging zich onder dynamische belasting anders gedraagt dan een in zand uitgevoerde aardebaan.

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

Riolering en ondergrondse infrastructuur

In stedelijke gebieden worden vaak rioleringen en dergelijke in het weglichaam opgenomen. Bij een schuimbetonophoging kunnen met behulp van een bekisting sleuven worden vrijgehouden waarin later de buizen en leidingen 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 flugsand, argexzand of geëxpandeerde kleikorrels.

Aanbrengen verkanting

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

- Standaard is de bouwput en de schuimbeton-ophoging 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 de schuimbeton-ophoging door de variabele dikte van de zand en/of funderingslaag. In theorie kan dit leiden tot een variabele dikte van het schuimbeton. Veelal wordt voor de bepaling van de dikte van het schuimbeton echter uitgegaan van de gemiddelde bovenbelasting in de dwarsdoorsnede.

- Mogelijk alternatief op de standaardmethode is de bovenkant van de schuimbeton-ophoging dezelfde helling te geven als die van het toekomstig wegdek. Door de eigenschappen van het schuimbeton is de hellingshoek echter beperkt, zie §5.3.1 (afschot). Met behulp van een frees kan aan de bovenzijde van de schuimbeton-ophoging de juiste verkanting worden aangebracht.
- Een ander alternatief op de standaardmethode is de bouwput en de bovenkant van de schuimbeton-ophoging dezelfde helling te geven als die van het toekomstig wegdek. De schuimbeton-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 schuimbeton door de variabele diepteligging van de schuimbeton-ophoging. Veelal wordt voor de bepaling van de dikte van het schuimbeton echter uitgegaan van de gemiddelde opwaartse waterdruk in de dwarsdoorsnede.

Om de bovenkant van de schuimbeton ophoging onder afschot aan te leggen of om een schuimbeton ophoging op een helling aan te leggen kan gebruik worden gemaakt van Incomatten. Deze matten (een product van Huesker Synthetic) zijn te vergelijken met 'luchtbedden' van wegendoek, waarin schuimbeton in plaats van lucht wordt ingebracht. De Incomatten vormen de bekisting van het schuimbeton. Een beschrijving van een toepassing met Incomatten is gegeven in *Toepassing schuimbeton in afrit 23, Rijksweg 27* [8].

Wegmeubilair

De beperkte hoogte boven de schuimbetonconstructie is over het algemeen onvoldoende voor de fundering van wegmeubilair. Daarom worden vooraf in het schuimbeton sparingen aangebracht. Ook is het mogelijk om na verharding van het schuimbeton sleuven of gaten te hakken, zagen of boren.

Drainage boven het schuimbeton

Een geringe dwarsverkaning aan de bovenkant van het schuimbeton moet ervoor zorgen dat het regenwater voldoende afstroomt in zijdelingse richting. Hiertoe moet zo nodig voor de bovenste laag schuimbeton een aangepaste samenstelling worden gebruikt, zie §5.3.1. Ook kan worden overwogen na verharding sleuven in het schuimbeton te frezen waarin drains worden geplaatst. Bij wegverbredingen kan, afhankelijk van de lokale omstandigheden, een aanvullende drainage nodig zijn om te voorkomen dat zich water verzamelt in de wegfundering.

Drainage beneden het schuimbeton

Onder of naast het schuimbeton is een permanent drainagesysteem noodzakelijk om de waterstand te beheersen. Een dergelijk drainagesysteem kan met name nodig zijn bij een wegverbreding indien door gebrekkige drainage van het bestaande weglichaam opbolling van de grondwaterstand optreedt. Het onderhoud van de drainage vergt speciale voorzieningen.

Isolerende werking

Schuimbeton heeft sterke warmte-isolerende eigenschappen. Bij het ontwerp van hoofdrijbanen of aansluitingen hoeft hiermee geen rekening te worden

gehouden. Bij een zeer dunne bovenbouw op het schuimbeton kan echter eerder bevrozing optreden dan in het vrije veld. 's Zomers kan de temperatuur van het wegdek sterk oplopen.

5.2.4 Effect op bestaande weg

Een ophoging met een schuimbeton evenwichtsconstructie heeft in principe geen effect op de bestaande weg. Om ook ter plaatse van het talud van de bestaande weg een evenwichtsconstructie te maken, moet een laag met een dikte van circa 1 m van het talud worden afgegraven. Dit vergt enige ruimte naast de bestaande weg. Ook kunnen maatregelen noodzakelijk zijn om de stabiliteit van de bestaande weg te waarborgen tijdens het ontgraven van de grond naast de weg, zoals grondkerende constructies. Hierdoor kan tijdens de aanleg enige hinder voor het verkeer ontstaan.

Het effect van de bouwputbemaling op de bestaande weg kan worden beperkt door in korte secties te werken en snel aan te vullen.

5.2.5 Effect op omgeving

Het effect van de bouwputbemaling op de omgeving kan worden beperkt door in korte secties te werken.

5.2.6 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.

Opmerkingen

Gezien de beperkte onttrekking van grondwater in tijdsduur en hoeveelheid is vrijwel nooit een vergunning benodigd. Wel moet de bemaling worden aangemeld bij de Provincie.

Indien het Pleistocene zand wordt bemalen om opbarsten van de bouwputbodem te voorkómen zal waarschijnlijk wel een bemalingsvergunning nodig zijn.

Tabel 5.2 Naar alle waarschijnlijkheid benodigde vergunningen bij toepassing van een ophoging met schuimbeton

WW	Woningwet	OGW	ontgrondingenwet	BSB	Bouwstoffenbesluit																			
GBV	Gemeentelijke bouwverordening	WA	wet afvalwater	PWV	provinciale wegenvoerordening																			
BB	Bouwbesluit	WVO	wet verontreiniging oppervlaktewateren	WOT	wet op de telecommunicatievoorzieningen																			
WBR	wet beheer rijkswaterstaatswerken	WBB	wet bodembescherming	WVW	wegenverkeerswet																			
WM	wet milieubeheer	PMV	provinciale milieuverordening	Bos	boswet																			
IVB	Inrichtingen en vergunningenbesluit	PGV	provinciale grondwaterverordening	Kap	kapverordening																			
GWV	Grondwaterwet	WWH	wet op de waterhuishouding	GW	Gemeentewet																			
WGH	wet geluidhinder	Keur	keurverordening (waterschap, hoogheemraadschap)	APV	Algemene Politieverordening																			
Maximum behandelingsduur ca. (in maanden)																								
Benodigde vergunning/verordening	WW	GBV	RWS	WBR	WM	IVB	GGW	WGH	OGW	WA	WVO	WBB	PMV	PGV	WWH	Keur	BSB	PWV	WOT	WVW	Bos/	GW	APV	
			4				7	3	6/9	3	7	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3
Sloopwerkzaamheden, duikers, portalen, geleiderail, geluidsschermen, viaducten, overkluizingen	•	•																						
Werkzaamheden aan bestaande rijksweg			•																					
Werkzaamheden aan bestaande provinciale weg																		•						
Vervoer/opslag van grond (droog)									> 3m MV															
Verwerken van zand en grond																								
PTT-kabels																								
Geluidshinder tijdens werkzaamheden									•															
Rooien van bomen en struweel																								
Lozen van water op oppervlaktewater																								
Onttrekken van water																								
Peilbesluit wijzigen i.v.m. tijdelijke verlaging waterstand																								
Gebruik van diverse bouwstoffen																								
Aanleg van watergangen, duikers, overkluizingen en wegsloten																								
Lozen van grondwater op riolering																								
Reconstructiewerkzaamheden ... (vergunning eigen dienst)																								
Verkeersbesluiten bij uitvoering																								

5.2.7 Raming aanlegkosten

De onderstaande kosten zijn, tenzij anders vermeld, exclusief BTW, VAT (Vorbereiding-Administratie-Toezicht) en winst en risico en betreffen prijspeil 2004.

De volgende aanlegkosten 'in het werk' worden onderscheiden:

- schuimbeton, volumieke massa 500 kg/m³ € 47,- / m³
- schuimbeton, volumieke massa 600 kg/m³ € 53,- / m³
- schuimbeton, volumieke massa 800 kg/m³ € 64,- / m³
- schuimbeton, volumieke massa 1000 kg/m³ € 68,- / m³

De kostprijs is afhankelijk van de grootte van het werk en de fasering.

In de bovengenoemde prijs zijn niet opgenomen de kosten voor:

- ontgraven, afvoeren en tijdelijk opslaan aanwezige grond
- bemaling bouwputten eventuele bemalings- en lozingsvergunning
- voorzieningen om terrein bereikbaar te maken
- leveren en aanbrengen van dekgrond.

5.2.8 Risico's, monitoring en maatregelen

Risicofactoren

De risicofactoren zijn:

- onzekerheden in de bepaling van de oorspronkelijke spanningen in de ondergrond: volumieke gewichten, grondwaterstanden in het verleden, oude belastingen
- onzekerheden in de grondwaterstand gedurende de gebruiksfase
- onzekerheden in de sterkteparameters van de bestaande aardebaan
- gevoeligheid van schuimbeton voor aantasting.

Deze onzekerheden leiden tot de volgende ongewenste gebeurtenissen tijdens de aanleg:

- opbarsten van de bodem van de ontgraving, inclusief het activeren van wellen (rivierengebied Zuid-Holland), of het opdrijven van veenlagen
- stabiliteitsverlies van het talud van de ontgraving aan de polderzijde
- opdrijven van de ophoging, met name als de bovenbouw nog niet is aangebracht.

Bij wegverbredingen:

- stabiliteitverlies van het bestaande weglichaam tijdens de ontgraving van de grond ernaast, bezwijken van de grondkerende constructie
- effect bemaling resulterend in zetting van de bestaande weg.

Bij aanwezigheid van kabels, leidingen en belendingen:

- effect bemaling resulterend in zetting van kabels, leidingen en belendingen.

De onzekerheden leiden tot de volgende ongewenste gebeurtenissen tijdens de gebruiksfase:

- zetting van de evenwichtsconstructie als gevolg van een verkeerde schatting van de oorspronkelijke spanningen in de grond, een lagere

grondwaterstand dan voorzien (verkeerde schatting of door een naburige bemaling) en / of een hoger gewicht van de ophoging dan voorzien (of nabijgelegen belasting)

- opdrijven van de evenwichtsconstructie als gevolg van een hogere grondwaterstand dan voorzien (verkeerde schatting of inundatie van de dijkkring) en / of een lager gewicht van de ophoging dan voorzien (bijvoorbeeld tijdens een reconstructiefase)
- het aantasten van de cementsteen in het schuimbeton door zuren of sulfaten; bij een adequaat ontwerp (eventueel beschermingsmaatregelen) is dit risico nihil.

Indien tijdens de gebruiksfase de stabiliteit van de ophoging afhangt van het functioneren van drainagesystemen bestaat bovendien het risico:

- opdrijven gehele constructie door onvoldoende onderhoud drainagesystemen.

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 het desbetreffende risico een monitorings- en maatregelenplan opgesteld, of wordt het ontwerp of het Programma van Eisen bijgesteld.

Monitoring

Door monitoring kunnen de risico's vaak worden gesignaleerd:

- stijghoogte van het freatische grondwater; dit betreft zowel de gebruiksfase als de uitvoeringsfase.

Tijdens de uitvoeringsfase worden meer metingen verricht. In verband met het opbarstgevaar van de bouwputbodembodem en het activeren van wellen betreft dit:

- meting stijghoogte van het grondwater in het pleistocene zand
- waterpassing van de bodem van de ontgraving.

Ter bewaking van de stabiliteit van het bestaande weglichaam:

- visuele inspectie, zo mogelijk met behulp van perkoenpalen ('doorzichten') en meetboutjes in het wegdek
- meting van de horizontale deformatie met behulp van inclinometerbuizen.

Tijdens de fase dat de bouwputbemaling in werking is, wordt het effect op de omgeving bewaakt door:

- registratie van de stijghoogten van het grondwater (diep en ondiep)
- registratie van het bemalingsdebiet (waterbezwaar)
- het inmeten en fotograferen van gevoelige belendingen; visuele inspectie.

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

grootheid is, en wat de grenswaarde is waarbij sprake is van een ontoelaatbare afwijking.

Maatregelen

Mogelijke maatregelen ter voorkoming van het opbarsten van de bouwputbodem en het activeren van wellen, zijn:

- ontgraven in korte secties
- onmiddellijk aanbrengen van (tijdelijke) belasting (dunne zandlaag als werkvloer)
- bemalen pleistocene zand.

Om te verhinderen dat het bestaande weglichaam tijdens de ontgraving van de grond ernaast afschuift, kunnen de volgende maatregelen worden genomen:

- ontgraven in korte secties
- grondkerende constructie aanbrengen.

Om te voorkomen dat de constructie tijdens de uitvoeringsfase opdrijft, zijn de volgende maatregelen mogelijk:

- stijghoogte beneden het schuimbeton beheersen (bemaling en drainage systeem)
- indien van toepassing, onderhoud plegen aan het drainagesysteem
- zo snel mogelijk een belasting op het schuimbeton aanbrengen; in verband met verhardingstijd van het schuimbeton is altijd een zekere wachttijd nodig.

Om te voorkomen dat de bemaling een ongunstig effect heeft op kabels, leidingen en belendingen, zijn de volgende maatregelen mogelijk:

- bemaling zo kort mogelijk inschakelen en werken in korte secties waardoor de bemalingsduur beperkt is.

Om te voorkomen dat de constructie tijdens een reconstructie, waarbij tijdelijk een geringe bovenbelasting aanwezig is, opdrijft, zijn de volgende maatregelen mogelijk:

- de stijghoogte beneden het schuimbeton tijdelijk verlagen.

Om te voorkomen dat de cementsteen wordt aangetast door zuren of sulfaten:

- inpakken schuimbeton in een bestendige folie (zie §5.2.3).

Voor het tegengaan van zetting van de evenwichtsconstructie in de gebruiksfase zijn geen eenvoudige maatregelen voorhanden. Alleen met ingrijpende maatregelen, zoals het beheersen van het grondwaterpeil op een hoger peil of het wijzigen van de opbouw van de constructie (lichtere bovenbouw), kan het zettingsproces tot staan worden gebracht.

5.2.9 Duurzaam bouwen

Opgemerkt wordt dat met het begrip duurzaam bouwen in dit document niet zozeer de levensduur bedoeld wordt, maar met name de milieuduurzaamheid.

Typering gebruikte bouwstoffen

Schuimbeton is een categorie 1 bouwstof in de zin van het Bouwstoffenbesluit.

De gebruikte schuimmiddelen zijn biologisch afbreekbaar.

Terugwinbaarheid / hergebruik

Granulaat van schuimbeton (volumieke massa 500 kg/m³) is te zacht om als betongranulaat te worden verwerkt. Het materiaal is wel toepasbaar als ophoogmateriaal.

Extra milieumaatregelen

Uitloogonderzoek van schuimbeton, dat is uitgevoerd om te komen tot een classificatie van dit materiaal in het kader van het Bouwstoffenbesluit, heeft aangetoond dat wordt voldaan aan de eisen voor vormgegeven bouwstof met een toepassing onder continu vochtige omstandigheden, zie o.a.

Milieuhygiënisch onderzoek aan schuimbeton [4]. Extra milieumaatregelen zijn daarom niet vereist.

5.2.10 Verdere aandachtspunten

Niet van toepassing.

5.3 Uitvoeringsfase

5.3.1 Uitvoeringsmethode

Het aanbrengen van een ophoging van schuimbeton geschiedt in den droge. Schuimbeton wordt vrijwel altijd op de bouwplaats vervaardigd met behulp van een mobiele menginstallatie. Transport van de schuimbetonspecie op het werk geschiedt met pompen en slangen. In grote lijnen verloopt de aanleg als volgt:

- aanbrengen van eventuele tijdelijke grondkerende constructies (bekisting)
- ontgraven aanwezige grond inclusief droogmalen bouwput tot 0,3 m beneden de bouwputbodem;
- bouwputbodem vlak afwerken (maximale afwijkingen in vlakheid 10 mm); eventueel een uitvullaag van zand toepassen (dikte circa 0,1 m, statisch verdicht) als drainagelaag en voor het verkrijgen van een vlakke werkvloer; op de zandlaag een vloeistofdichte folie aanbrengen
- zo nodig, aanbrengen van een vloeistofdichte bekisting
- grote vakken eventueel verdelen in compartimenten
- storten van de schuimbetonspecie met behulp van een pomp en slangen; de specie wordt in fasen gestort met een maximale storthoogte van 0,5 m
- aanbrengen wegfundering en verharding
- afwerken taluds; aanbrengen teelaarde en beplanting.

Aandachtspunten ten aanzien van de uitvoering:

- de specie is zelfnivellerend waardoor verdichting en egalisatie niet nodig zijn. Het oppervlak zal na verharding praktisch horizontaal zijn; afschotlagen zijn zonder aanpassingen niet goed mogelijk; met aangepaste mengsels (hoger volumiek gewicht) is een afschot haalbaar

van maximaal circa 15 mm/m; als alternatief kan achteraf, na verharding van de specie, door frezen of schaven een afschot worden gerealiseerd; ook kan een afzonderlijk afschotlaag kunnen worden aangebracht

- voorkomen moet worden dat het schuimbeton in de bouwfase te zwaar wordt belast door bouwmaterieel aangezien anders de eigenschappen in nadelige zin worden beïnvloed; als richtlijn geldt dat de contactspanning onder het materieel niet hoger mag zijn dan de belasting van de toekomstige bovenbouw; veelal betekent dit dat zwaar beladen dump trucks niet zijn toegestaan maar dat met lichter materieel moet worden gewerkt; dit kan vertragend en kostenverhogend werken op het aanbrengen van de wegfundering
- eventuele beschermingsmaatregelen nemen tegen uitdroging, regenbui of vrieskou, zie §7.2 van *Werken met schuimbeton* [1]
- snelle uitdroging leidt tot een minder goede kwaliteit van het oppervlak
- een felle regenbui binnen 24 uur na storten kan leiden tot schade aan het schuimbeton
- vrieskou tijdens of kort na het storten kan leiden tot schade aan het schuimbeton zodat een tijdelijke afdekking nodig is.

5.3.2 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

De kwaliteits-afname controle van schuimbeton beperkt zich veelal tot het bepalen van het volumiek geicht aangezien veel eigenschappen hieraan gerelateerd zijn.

Daarnaast kunnen proeven worden gedaan op het verharde schuimbeton (bepaling druksterkte, buigtreksterkte, enz). Hiervoor kunnen monsters uit het werk worden genomen of afzonderlijke proefstukken worden vervaardigd. Richtlijnen zijn gegeven in hst. 75 van *Standaard RAW Bepalingen* [3] en *Vervaardiging en beproeving van schuimbeton* [6].

Bij bijzondere toepassingen van schuimbeton, waarmee nog niet eerder ervaring is opgedaan, kan een geschiktheidsonderzoek nodig zijn. Hierbij wordt nagegaan of met een bepaalde mengsamenstelling van het schuimbeton wordt voldaan aan de gestelde eisen.

Arbo en veiligheidszaken

De specie is vloeibaar en wordt via een stelsel van slangen in het werk gebracht. Omdat de specie licht van gewicht is, vormt het verplaatsen van de slang geen al te zware belasting.

Ter voorkoming van gezondheidsklachten op langere termijn wordt aanbevolen huidcontact met schuimbetonsoort zoveel mogelijk te voorkomen, bijvoorbeeld door het dragen van waterdichte handschoenen en hoge laarzen.

Zolang het schuimbeton onvoldoende verhard is dient het bouwterrein te worden afgezet en bewaakt in verband met verdrinkingsgevaar bij een stortlaagdikte van meer dan 0,4 m en een volumieke massa kleiner dan 1000 kg/m³.

Milieu

Geen bijzonderheden.

5.3.3 Besteksteksten

Belangrijk voor de aannemer is dat deze de juiste grondgegevens heeft ter bepaling van het in te zetten materieel.

5.4 Beheer en onderhoud

Het beheer van een lichtgewicht wegconstructie dient gericht te zijn op het waarborgen en handhaven van de ontwerpspunten.

Aandachtspunten voor de beheerder betreffen:

- bewaken en beheersen van de waterhuishouding
- verwijderen van de bovenbouw bij reconstructie
- voorkómen van extra belastingen
- instandhouding bescherming schuimbeton.

Verwachte zetting

De hier beschreven evenwichtsconstructie is in principe zettingsvrij, zodat ook geen onderhoud ten gevolge van schade door zetting is te verwachten.

Het verdient 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.

Bewaken en beheersen van de waterhuishouding

Een belangrijk aspect is het bewaken 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.

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

Als een drainage is toegepast ter beheersing van het grondwaterpeil, dient deze planmatig te worden gecontroleerd en zo nodig te worden hersteld.

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 schuimbeton-ophoging (zoals aanbrengen van ophogingen of toepassen van bemalingen).

Instandhouden bescherming schuimbeton

In principe is het schuimbeton voldoende beschermd door de bovenliggende constructie (verharding, taludbekleding) tegen mechanische, chemische en biologische invloeden. Als het schuimbeton wordt blootgesteld aan agressief grondwater (hoge zuurgraad of hoog gehalte aan sulfaten) kan de cementsteen worden aangetast met alle nadelige gevolgen van dien (grote gevolgschade). In het ontwerp dienen zo nodig beschermingsmaatregelen te zijn opgenomen. Het beheer dient gericht te zijn op de instandhouding van deze beschermingsmaatregelen. In normale gevallen is geen periodieke controle van de grondwaterkwaliteit nodig.

5.5 Ombouw / sloop

5.5.1 Toekomstige ombouw / uitbreiding

Een toekomstige ombouw kan bestaan uit een verbreding van de ophoging of uit het verhogen van de ophoging.

Een toekomstige verbreding van de ophoging kan, bij overigens ongewijzigde uitgangspunten, op dezelfde wijze worden uitgevoerd als de oorspronkelijke constructie. Uitvoering van een verbreding met een methode waarbij een belastingverhoging van de ondergrond optreedt zal leiden tot zetting van de schuimbetonophoging en schade aan de verharding.

Is een grotere hoogte van de constructie gewenst, dan zal deze moeten worden gerealiseerd door een laag schuimbeton toe te voegen. Hiervoor is het noodzakelijk de bovenbouw (wegverharding, wegfundering en cementgebonden afwerklaag) te verwijderen en later weer aan te brengen. Door het toegenomen gewicht van de ophoging dient evenwel gerekend te worden op zetting.

5.5.2 Sloop

Het schuimbeton kan eenvoudig (sloophamers, hydraulische kraan) gesloopt worden. Voor het hergebruik van de vrijkomende materialen wordt verwezen naar §5.2.9.

5.6 Referenties

5.6.1 Ervaringen

In Nederland is schuimbeton vele malen toegepast voor het ophogen en bouwrijp maken van terreinen en voor de zettingsvrije aanleg van wegen op slappe grond.

Als voorbeeld wordt genoemd de toepassing van schuimbeton in afslag 23 van rijksweg 27, zie figuur 5.1, *Verbreding afrit 23 RW27* [7] en *Toepassing schuimbeton in afrit 23, Rijksweg 27* [8]. De constructie bestaat van boven naar beneden uit:

- 0,05 m ZOAB 0/16
- 2 x 0,05 m STAB 0/22
- 0,25 m ongebonden steenfundering (menggranulaat)
- 0,75 m schuimbeton met volumiek gewicht 500 kg/m³.

De ondergrond bestaat tot een diepte van circa 11 m uit klei en veen. Daarbeneden bevindt zich de draagkrachtige zandlaag. De grondwaterstand bedraagt circa 0,75 m beneden maaiveld. De netto ophoging bedroeg maximaal 0,2 m boven het bestaande maaiveld.

5.6.2 Literatuur

- [1] *Werken met schuimbeton*, CUR / SSN publicatie 181, oktober 1995
- [2] *Schuimbeton voor wegen en terreinen*, CROW publicatie 173, 2002
- [3] *Standaard RAW Bepalingen*, CROW-publicatie, 2000, inclusief Wijziging december 2002
- [4] *Milieuhygiënisch onderzoek aan schuimbeton*, SSN, Intron Rapport nr. 96430 d.d. 20.11.1996
- [5] *Constructieve eigenschappen en wateropname van schuimbeton*, CUR rapport 160, september 1992
- [6] *Vervaardiging en beproeving van schuimbeton*, CUR Aanbeveling 59, januari 1998
- [7] *Verbreding afrit 23 RW27*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rapport nr. IRR-96.063, d.d. 1 juli 1996
- [8] *Toepassing schuimbeton in afrit 23, Rijksweg 27. 1e meetverslag*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rapport nr. IR-R-96.098, d.d. 20 januari 1997
- [9] *Construeren met grond*, CUR handboek 162, 1993
- [10] NEN 5104 *Geotechniek. Classificatie van onverharde grondmonsters*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1990
- [11] NEN 5112 *Geotechniek. Bepaling van het watergehalte van grond in het laboratorium*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1995
- [12] NEN 5140 *Geotechniek. Bepaling van de conusweerstand en de plaatselijke wrijvings weerstand van grond. Elektrische sondeer-methode*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1996
- [13] NEN 6702 *Belastingen en vervormingen. TGB 1990*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 2001
- [14] NEN 6740 *Geotechniek. TGB 1990. Basiseisen en belastingen*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1997
- [15] NEN 5996 *Beton. Bepaling agressiviteit van waterige oplossingen, gronden en gassen*, Nederlands Normalisatie-Instituut, 1988
- [16] *Duurzaamheid van beton in agrarische milieus*, CUR Rapport 167, 1993
- [17] *Bepaling geotechnische parameters*, CUR-rapport 2003-7, 2003