

# Modellen helpen bij keuze voor

Zettingsberekeningen zijn onmisbaar voor een afweging tussen technieken voor bouwen op slappe grond. Diverse hulpmiddelen zijn beschikbaar die een vergelijking maken tussen traditionele, zettingreducerende en zettingforcerende bouwmethoden.

IR. A.A.M. VENMANS / DR.IR. C. ZWANENBURG /  
IR. H.L. JANSEN

Het aanbod van ophoogmethoden voor het bouwrijp maken en voor de aanleg van infrastructuur op slappe bodem is groot. Vergeleken met het traditioneel ophogen met een tijdelijke overhoogte van zand maken zettingforcerende methoden zoals IFCO en Beaudrain snellere aanleg en een hogere kwaliteit van het werk na oplevering mogelijk. Ook toepassing van lichtgewicht ophoogmateriaal is een beproefde oplossing.

Hoe moeten opdrachtgevers een keuze maken uit deze mogelijkheden? Een aantal overwegingen speelt een rol bij deze keuze en verschillende hulpmiddelen staan de beslisser ten dienste.

## Afweging

Niet alleen moet de opdrachtgever een keuze maken tussen verschillende bouwmethoden, ook moet hij een balans vinden tussen de technische prestatie, aanlegtijd en aanleg- en onderhoudskosten. Bij het bouwen op slappe bodem zal een snelle aanleg en onderhoudsarm bouwen in het algemeen kostenverhogend werken. Ook is, zonder speciale maatregelen, de aanlegtijd omgekeerd evenredig met de technische prestatie: hoe korter de aanlegtijd, des te groter de zetting na oplevering en des te hoger de onderhoudskosten.

Meestal zal de eerste afweging van de opdrachtgever een globaal karakter hebben, maar daarna zijn berekeningen nodig om een verantwoorde keuze mogelijk te maken. Dit geldt ook in contractvormen zoals Design & Construct, waarbij de aannemer een zekere mate van vrijheid heeft om de uitvoeringswijze te kiezen. Eisen aan de aanlegtijd en de technische prestatie moeten passen bij het budget dat de opdrachtgever vaak vroegtijdig moet reserveren. In vergelijking met

bouwen op een goede ondergrond zijn bij een slappe ondergrond meerkosten in de orde van 50 procent geen uitzondering. Ook onderhandelingen over de grondaankoop en het verleggen van kabels en leidingen in het invloedsgedebied van het werk vragen veel tijd en hebben een eigen, moeilijk stuurbare dynamiek. Het is zaak dat de opdrachtgever deze zaken ruim vóór de aanbesteding heeft onderzocht en geregeld.

In de eerste stap van een afweging bedenkt de opdrachtgever welke aspecten hij in de keuze wil betrekken. Waar vroeger op de laagste prijs werd gegund, is tegenwoordig een snelle oplevering veel belangrijker. Dit geldt voor bouwrijp maken, maar ook voor de aanleg van infrastructuur, waar de oplevering vaak een – tijdelijke – verlichting betekent van het fileleed. Ook wordt het steeds minder geaccepteerd dat kort na oplevering al onderhoud nodig is.

In de toekomst zullen ook duurzaamheidsaspecten een grotere rol in de afweging gaan spelen, zoals CO<sub>2</sub>-emissie, energie-inhoud en uitputting van schaarse grondstoffen. Voor alle bouwmethoden zal men voor de duurzaamheid indicatoren, beoordelingsmodellen en een betrouwbare set basisgegevens moeten vaststellen. Dit is niet alleen nodig voor de afweging vooraf, maar ook om de verschillende aanbiedingen te kunnen vergelijken. Op dit moment zijn basisgegevens en modellen nog niet voor alle bouwmethoden voorhanden.

Veranderingen in het latere gebruik van het werk zijn niet denkbeeldig. De afweging moet dus rekening houden met eventuele beperkingen die de ophoogmethode oplegt aan het toekomstig gebruik van het werk. Zo zijn bijvoorbeeld ophogingen van geëxpandeerd polystyreen (EPS of piepschuim) en ophogingen op palen zeer gevoelig voor latere ophogingen op of naast het werk.

Een goede afweging voor het bouwrijp maken en de aanleg van infrastructuur op slappe bodem vraagt om een betrouwbaar grondonderzoek voor de bepaling van prestatie en kosten en de inschatting van de risico's die de bouwmethoden met zich meebrengen. Zettingsberekeningen zijn meestal het belangrijkste onderdeel van de kwantitatieve afweging. De zettingen na oplevering zijn bepalend voor een belangrijk deel van de technische prestatie, met name de vlakheid van wegen en de verschilzettingen met vast ge-

## ZETTINGFORCERENDE TECHNIEKEN

Dit artikel is het laatste in een serie van drie over zettingforcerende technieken. De eerste twee artikelen in *Land+Water* 12/2007 en 1-2/2008 beschreven het toepassingsgebied en de sterke en zwakke punten van de technieken.

fundeerde objecten. De zettingen tijdens aanleg hebben direct invloed op de hoeveelheid ophoogmateriaal en daarmee op de kosten.

## Hulpmiddelen

Berekeningen zijn noodzakelijk om de technische prestatie te beoordelen in relatie tot bouwtijd en kosten. De afgelopen jaren zijn hiervoor hulpmiddelen ontwikkeld die de basisgegevens en rekenmodellen op gebruikersvriendelijke wijze ontsluiten en de afweging transparant en minder subjectief maken.

Het Afwegingsmodel Wegen van CROW stelt de gebruiker in staat om een afweging te maken voor de bovenbouw van lagere en hogere orde wegen op basis van aanleg- en onderhoudskosten, duurzaamheidsindicatoren en overige criteria, zoals hinder tijdens aanleg en veiligheid. Deze aspecten kan men door weefactoren in een multicriteria-analyse vergelijken. Het model bevat geen ontwerp hulpmiddelen voor de dimensionering van constructies; deze moet de gebruiker zelf invoeren. In de nabije toekomst zal dit afwegingsmodel worden uitgebreid met de onderbouw.

Het Keuzemodel Wegconstructies van CROW bevat deze ontwerp kennis wel en maakt een globaal voorontwerp mogelijk van boven- en onderbouw van lagere en hogere orde wegen. Het model kan de zetting na oplevering bepalen als functie van de aanlegtijd en andersom. Kostenaspecten zijn niet opgenomen. De bouwmethoden in dit keuzemodel zijn de traditionele methode met en zonder tijdelijke overhoogte, de IFCO-methode, lichtgewicht ophoogmateriaal en EPS ('piepschuim'). Het bovenbouwontwerp van het model vult het Afwegingsmodel Wegen goed aan.

Het afwegingsmodel MRoad is ontwikkeld door Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart en het Delft Cluster-programma Blijvend Vlakke Wegen. MRoad is bedoeld voor afwegingen in het voorontwerp stadium van boven- en onderbouw van hogere orde wegen op slappe grond. De afweging vindt plaats op basis van functionele vlakheidseisen, aanlegtijd, aanlegkosten en – later in 2008 – onderhoudskosten. De bouwmethoden in MRoad zijn de traditionele methode met en zonder tijdelijke overhoogte, IFCO, BeauDrain en EPS.

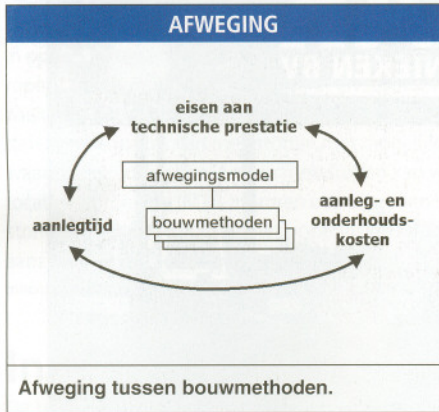
Hoewel het Keuzemodel Wegconstructies en

## In 't kort

### PRAKTIJK

- ▶ Hoe korter de aanlegtijd, des te groter de zetting en benodigd onderhoud
- ▶ Zettingsberekeningen belangrijkste onderdeel van kwantitatieve afweging
- ▶ Tabel geeft globale vergelijking op onderdelen van diverse bouwmethoden
- ▶ Rekenmodellen maken afweging transparant en minder subjectief

# geforceerde consolidatie



MRoad zijn opgesteld voor wegen, zijn beide modellen ook bruikbaar voor afwegingen voor gebiedsophogingen.

Het afwegingsmodel Balans is specifiek bedoeld voor reconstructie van gemeentelijke wegen op slappe grond, met integrale beschouwing van ondergrondse infrastructuur, zoals kabels, leidingen en riolen. Balans is een product van het Delft Cluster-programma Duurzame Onderhoudsstrategie voor Voorzieningen op Slappe Bodem. Een multicriteria-analyse maakt een afweging mogelijk tussen aanleg- en onderhoudskosten, duurzaamheidsindicatoren en overige criteria. De bouwmethoden in Balans zijn traditioneel aanvullen met zand, toepassing van lichtgewicht ophoogmaterialen en EPS.

## Kennisbundeling

De ontwikkelingen rond bouwen op slappe grond gaan snel. De afwegingen zullen de komende jaren steeds integraler worden, waarbij ook duurzaamheidsaspecten expliciet zullen worden gemaakt. Ondanks de inspanningen van de kennisontwikkelaars blijken mensen uit de praktijk de kennis van bouwmethoden en hulpmiddelen voor afwegingen moeilijk te kunnen vinden. Ook is vooral bij lagere overheden de uitwisseling van kennis en ervaringen beperkt. Daarom hebben gemeenten op slappe grond in West-Nederland – verenigd in het Intergemeentelijk Samenwerkingsverband Midden-Holland (ISMH) –, CUR Bouw en Infra en het Delft Cluster-programma Duurzame Onderhoudsstrategie een aantal jaren geleden een Community of Practice (CoP) 'Slappe bodem' opgericht. In de bijeenkomsten van deze CoP wisselen kennisontwikkelaars en kennistoepassers kennis en ervaringen uit en signaleren nieuwe behoeften (zie het artikel 'Community of Practice bewijst nut bij kennisontwikkeling' in *Land+Water* 4/2007). De grote opkomst bij workshops en symposia laat zien dat de CoP in de behoefte van de gebruikers voorziet.

Arjan Venmans en Cor Zwanenburg zijn adviseur bij Deltares/GeoDelft. Hein Jansen is adviseur bij Fugro Ingenieursbureau.

**VERGELIJKING**

Aspect	Indicator	Bouwmethode					
		Traditioneel	IFCO	Beau-Drain	Lichtgewicht	EPS	Ophoging op palen
Technische prestatie	vlakheid, verschildzetting	0	+	+	+	++	++
	ruimtebeslag (taludhelling, steunbermen)	0	+	+	+	+	+
	schade aan kabels & leidingen, gebouwen naast het werk	0	+	+	+	++	++
	schade aan een bestaande verharding (wegverbreding)	0	-	-	+	++	++
Kosten	aanlegkosten	0	-	-	-	--	--
	kosten voor maatregelen om het effect op de waterhuishouding te beperken (grondslagafhankelijk)	0	0/-	0/-	0	0/-	0
	onderhoudskosten	0	+	+	+	++	++
Tijd	aanlegtijd	0	+	+	+	++	++
	tijd nodig voor onderhoud	0	+	+	+	++	++
Overige	ervaring	0	0	0	0	0	-
	gevoeligheid voor goede uitvoering	0	-	-	-	--	-
	beperkingen voor aanleg van ondergrondse infrastructuur en wegmeubilair	0	0	0	-	--	-
	gevoeligheid voor latere ingrepen, zoals verandering van grondwaterstand of bovenbelasting	0	0	0	-	--	--
	werkfasering, logistiek	0	locatieafhankelijk				

+ = gunstig 0 = neutraal - = ongunstig

**Relatieve score van bouwmethoden vergeleken met de traditionele methode.** (BRON: DELTARES)

**SCHERMAFDruk MROAD**

Score: ■ <= 4    ■ = 5    ■ >= 6

Score:

Grondopbouwen	Restzetting Zand+kd [m]	Restzetting Zand+kd+eoh [m]	Restzetting Zand+Bd+eoh [m]	Restzetting EPS [m]
Meenemen in afweging	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
km 37.55	0.20	0.10	0.07	0.00
km 38.0	0.24	0.07	0.04	0.00
km 38.5	0.28	0.19	0.10	0.00
km 39.15	0.31	0.08	0.08	0.00
km 39.5	0.30	0.13	0.09	0.00
km 39.8	0.34	0.10	0.03	0.00
km 40.6	0.34	0.16	0.07	0.00
km 44.15	0.23	0.12	0.07	0.00

**Afweging voor een rijksweg met het afwegingsmodel MRoad.**  
 Zand+kd = traditionele ophoging in zand met kunststofdrains  
 Zand+kd+eoh = traditionele ophoging in zand met kunststofdrains en extra tijdelijke overhoogte  
 Zand+Bd+eoh = BeauDrain-methode met tijdelijke overhoogte  
 EPS = gewichtsneutrale ophoging met EPS

## HULPMIDDELEN

- Afwegingsmodel wegen: CROW-cd-rom D426
- Keuzemodel wegconstructies: CROW-publicatie 189 en cd-rom D189
- Afwegingsmodel rijkswegen MRoad: prototype via [sales@delftgeosystems.nl](mailto:sales@delftgeosystems.nl)
- Community of Practice: [www.slappebodem.nl](http://www.slappebodem.nl)
- IFCO en BeauDrain: CUR-rapport 2005-1 'Geforceerde consolidatie door het afpompen van water'
- Afwegingsmodel Balans, lichte ophoogmaterialen: [www.delftcluster.nl/website/nl/page121.asp](http://www.delftcluster.nl/website/nl/page121.asp)
- EPS: CROW-publicatie 150 'Toepassingsrichtlijn voor EPS in de wegenbouw'
- Ophoging op palen: [www.delftcluster.nl/website/nl/page376.asp](http://www.delftcluster.nl/website/nl/page376.asp)