

Wat wij nu nog van Keverling Buisman kunnen leren:

De betekenis van klassieke matrassen in de wegenbouw voor de paalmatras van vandaag

Keverling Buisman

Keverling Buisman was de stichter van het Laboratorium voor Grondmechanica, één van de voorlopers van de bedrijven die zijn opgegaan in het nieuwe Deltares. Hij leefde van 1890 tot 1944, een tijd waarin het verkeer over de weg aan betekenis won. Overal werden ontsluitingswegen aangelegd, vaak in slappe terreinen. De Provincie Zuid-Holland is in dat opzicht rijk bedeeld, maar zo slap als in de omgeving van Gouda is het nergens. Hoe slecht de ondergrond daar is blijkt uit een

van Keverling Buisman afkomstige brief uit 1936 van de Dienst Weg en Werken aan de Provincie met betrekking tot pogingen een tramlijn aan te leggen van Schoonhoven naar Gouda: *'Zooals U bekend zal zijn werd de aanleg als trambaan stopgezet toen de zandstorting, te Schoonhoven begonnen, Gouda juist bereikt had. Even benoorden den IJssel werd nog een klein baangedeelte gestort, dat geweldig zakte. Het geld was toen op en het gemaakte gedeelte bleef liggen (eigenlijk zakken) totdat de tramweg in 1911 door het rijk werd genaast en de maatschappij tot*

Ongeveer 70 jaar geleden begon het ontsluiten van de Krimpenerwaard voor het moderne wegverkeer met de aanleg van Provinciale Wegen. De ondergrond van de Krimpenerwaard heeft veel overeenkomsten met een moeras en het bouwen van een weg is er geen sinecure.

De Provincie schakelde prof. A.S. Keverling Buisman in, de grondlegger van de grondmechanica in Nederland, om oplossingen en argumenten voor de keus daartussen zichtbaar te maken. De argumenten zijn nog steeds actueel, maar voor ons is de keus wel wat eenvoudiger.

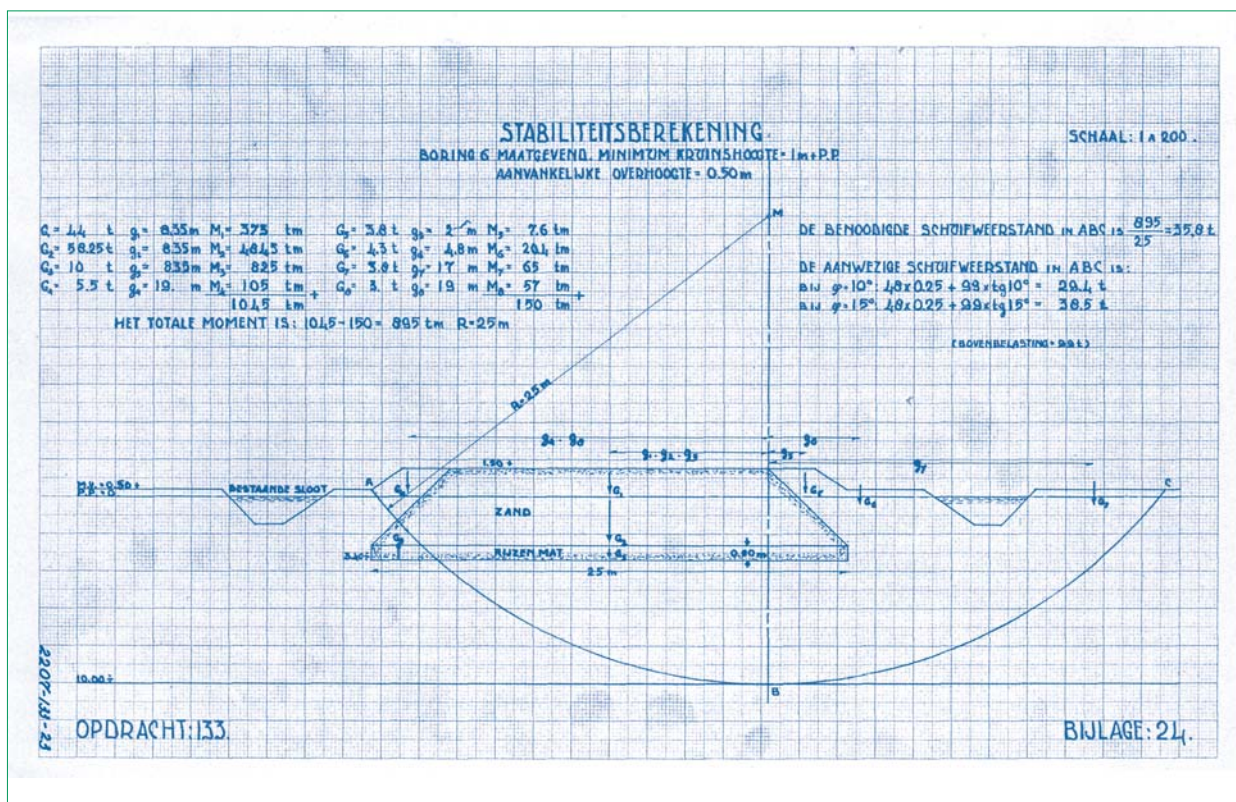
exploitatie van Staatspoorwegen verzocht werd deze als normaalspoorbaan af te bouwen en te exploiteeren. Totaal waren ruim 200.000m³ zand verwerkt.

Wij hebben toen nog ruim 600.000 m³ verwerkt, waarvan een zeer groot gedeelte in de reeds door de tramweg Mij opgeworpen baan.'

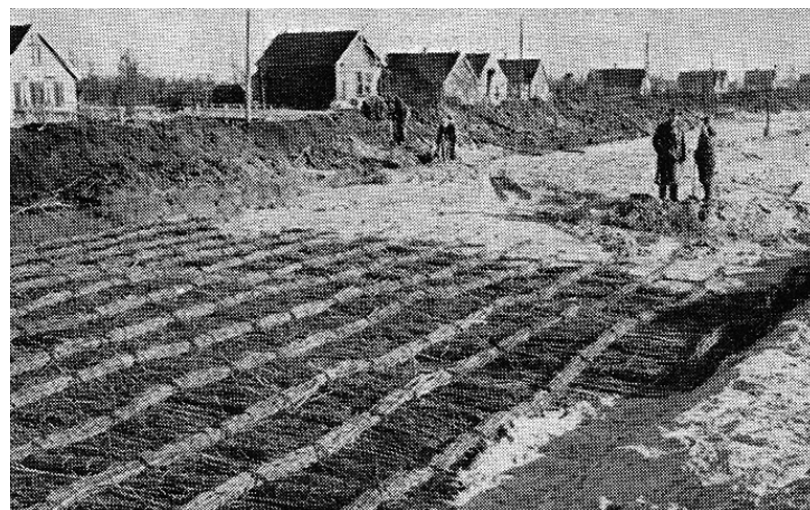
Voor de Provincie, die van plan was een weg van Schoonhoven naar Gouda aan te leggen, had Keverling Buisman in februari 1934 een proefvak bij Stolwijk gebouwd. Vermeld is dat de arbeiders er tot hun knieën in de

grond zakten. Het proefvak werd aangelegd op een rijzenbed, een zinkstuk met wiepen van rijshout.

De functie van het zinkstuk is het spreiden van de belasting. Het krachtenspel is wat vreemd, het staat ook wel bekend als het probleem van de waslijn. Een waslijn kan de was alleen dragen als de lijn een beetje doorknikt. Een zinkstuk mag niet knikken, maar het buigt wel. Om de krachten goed te kunnen spreiden, is het daarom erg belangrijk dat de zandvulling op het zinkstuk goed wordt verdicht. In de tijd van Keverling Buisman rekende men nog niet aan de sterkte van het rijzenbed zelf: men maakte, afhankelijk van de betekenis van de weg, alleen een keus tussen een lichte constructie, een zware constructie en een zeer zware constructie.



Figuur 1 Stabiliteitsanalyse toegangsweg Gouda.



Foto's 1 Rijenbed bij Stolwijk 1950 (1).

Een zinkstuk gaat de horizontale vervorming van de grond tegen, maar een traditioneel zinkstuk moet wel onder de grondwaterstand zakken, anders zouden de wiepen verrotten. Keverling Buisman deed metingen aan de verticale vervorming die op de langere duur optrad bij gelijkblijvende belasting. Hier ontdekte hij het seculair effect (naar het woord saecula, eeuw). Hij vergeleek het zettingsgedrag met samendrukkingsproeven in een stijve ring waarin geen horizontale vervorming optreedt en kwam zo tot zijn samendrukkings-theorie. Pas de laatste tijd laten we enkele van zijn grondbegrippen los: de Rijk toonde aan dat het door Buisman veronderstelde superpositiebeginsel niet zo'n goed idee was en verder is de natuurlijke rek bij grote vervormingen een beter uitgangspunt dan de lineaire rek. Voor de rest is de huidige aanpak van samendrukking nog steeds gefundeerd op wat Buisman destijds ontdekte.

Jammer genoeg gaan de beschikbare waarnemingen slechts tot 1947. Toen was de ophoging zo ver gezakt dat verder ophogen en herstraten noodzakelijk was. Een voorspelling tot 1997 is er wel, maar latere metingen zijn er niet. Van de ophogingen voor het Amstelstation, dat iets later is gebouwd, zijn lange duur zettingsmetingen er wel: zij zijn in 1957 gepubliceerd door Geuze. Bij die metingen bleek dat het seculair effect ook op de langere duur evenredig met de logaritme van de tijd is. Opvallend daar was wel het grote seculaire effect.

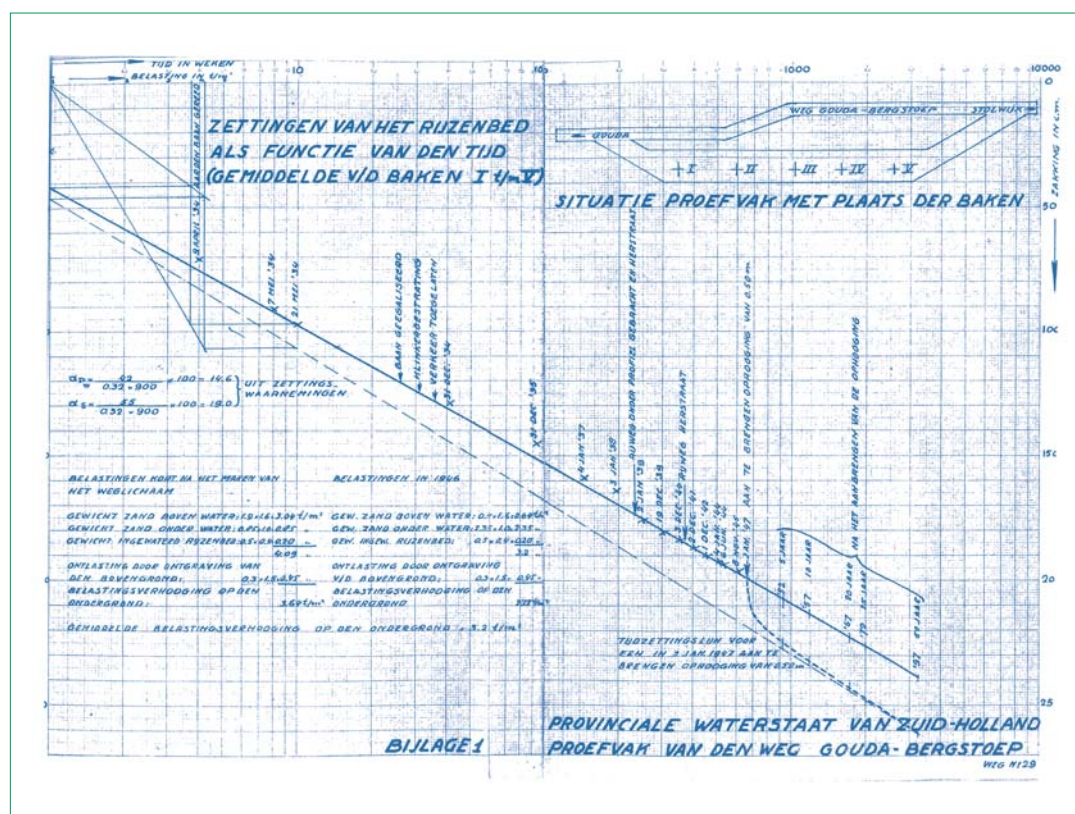
Keverling Buisman moest in de Krimpenerwaard een keus maken: een weg aanleggen met een doorpersing, op een zinkstuk of op een constructie op palen.

Van doorpersen moest Buisman niet veel hebben.

Hij schrijft: 'Het wel toegepaste doorpersen van zandlichamen is zeer kostbaar, doch geeft niet eens een eerste rangs oplossing, daar onder en vooral naast het weglichaam de samenpersingen blijven voortduren, waardoor de wegschouders blijven zetten.'

Voor de Centrale Ontsluitingsweg van de Krimpenerwaard, de weg van Bergambacht naar Krimpen, had Buisman, nadat er daar enkele boringen waren uitgevoerd, een constructie op een rijzen bed op het oog. Daarover zegt hij, in een zin waarvoor je even moet gaan zitten:

'Ingeval geen onderheide weg wordt toegepast geven we als draagconstructie de voorkeur aan een rijzen mat, uitgevoerd als zinkstuk; een houten roosterwerk geeft minder gewichtsbesparing en heeft een minder wapenende werking. De dikte van de mat hebben wij op 0,80 m vastgesteld, terwijl voor de breedte ons inziens het beste 18,5 à 25 m is aan te houden, al naar gelang de ondergrond minder of meer slecht is. Deze maten stellen de berekende basislengten der trapeziumvormige zandlichamen voor, welke dan bij taluds onder 45° na 25 jaar een bovenbreedte krijgen van 25 m.



Figuur 2 Proefvak Stolwijk, zettingsverloop 1934-1947 en extrapolatie naar 1997.

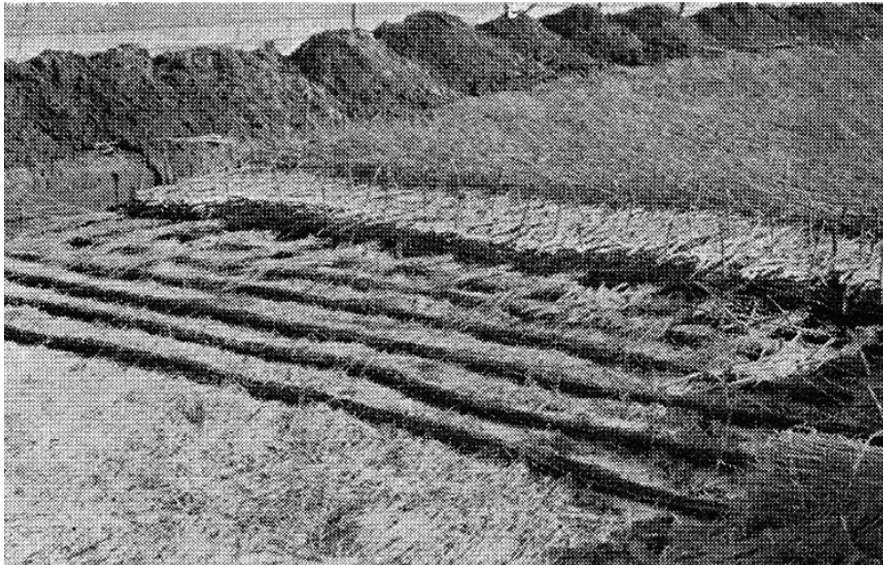


Foto 2
Rijzenbed
bij Stolwijk
1950 (1).

De samenstelling van de mat zal zoodanig dienen te zijn dat trekspanningen, zoowel in langs- als in dwarsrichting als gevolg van onregelmatigheden in samendrukbaarheid en draagvermogen van de ondergrond en verder als gevolg van de niet gelijkmatige belasting van de mat kunnen worden opgenomen.'

Het Laboratorium voor Grondmechanica staat in de kinderschoenen. Keverling Buisman heeft net een kostbaar verrijdbaar diepsondeerapparaat met handpomp en slangen aangeschaft nadat hij zich ervan verzekerd heeft dat de Provincie hem daarvoor wel voldoende werk wil leveren. In een

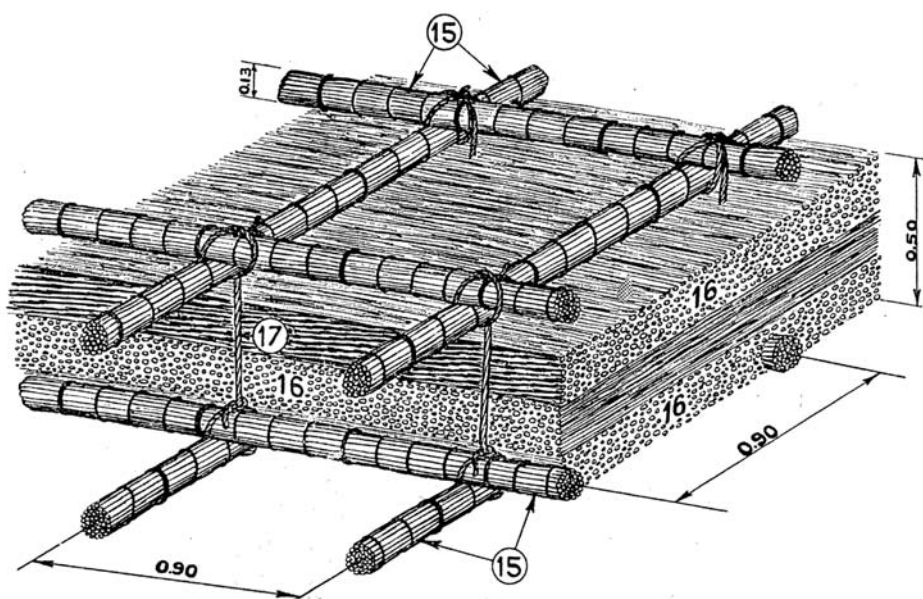
tempo van drie in de week laat hij dan zo'n 140 diepsonderingen maken en wordt 'getroffen door de omstandigheid, dat eenige van het zestal der vroeger over het tracé verdeeld uitgevoerde boringen ten dienste van het mechanisch onderzoek, thans achteraf beschouwd, blijken te zijn uitgevoerd op plaatsen die in vergelijking met hunne verdere omgeving ten aanzien van de bodemhoedanigheid gunstig afsteken.'

De gevolgen laten zich raden: de grond is nog beroerder dan hij gedacht had en het zal een weg op palen moeten worden. Van restvlakheid en restzakkingen heeft dan nog nooit iemand

gehoord, maar waar het om gaat weet hij in prachtige volzinnen te omschrijven.
'De omstandigheid dat, terwijl het grootste deel der uit te geven bedragen in alle gevallen onmiddellijk moeten worden uitgegeven en slechts een kleiner deel op lateren termijn, de voldoening die de weg aan de weggebruikers zal schenken bij de onderheide weg onmiddellijk aanwezig zal zijn, doch daarentegen bij den weg-op-zinkstuk juist in de eerste gebruiksperiode klachten en ongunstige commentaren zullen worden vernomen en eerst in latere perioden waarin minder gelden voor het verkrijgen van een bevredigend geheel zou worden vereischt, de niet onderheide weg meerdere waardering deelachtig zou worden.'

Keverling Buisman zou nog vaak voor de keus komen te staan. Nauwelijks bekend is dat voor de oorlog niet alleen de Centrale weg in de Krimpenerwaard, maar nog minstens zes andere wegen op houten palen zijn gebouwd. Verschillende daarvan functioneren nog zonder enig probleem. Ook zijn er verscheidene wegen op zinkstukken aangelegd.

In 1951 schreef van der Wal als rapporteur over de 'Vorderingen sedert het 8e Internationale Wegen Congres te 's Gravenhage in 1938 in de bestudering van de ondergrond der wegen' over de vergelijking tussen de verschillende systemen het volgende:
'In onderhoud, daarop zij hier met nadruk gewezen, is de weg op palen zeer bepaald de voordeligste. Het is toch duidelijk dat bij deze constructie geen



Schematische voorstelling van rijzenbed.

Verklaring:

- 15. Onder- en bovenroosterwerk van wiepen.
- 16. Rijshoutvulling.
- 17. Sjorring-touwen.

Figuur 3 Rijzenbed.

verdere zakkings of verschuivingen meer zijn te verwachten, hetgeen bij de andere systemen nog wel het geval zal zijn. Wanneer men staat voor de keuze tussen enige systemen zal alzo hiermede - terdege rekening zijn te houden. Voor een juiste vergelijking zal het aanbeveling verdienen de geraamde gemiddelde onderhoudskosten van ieder systeem te kapitaliseren en bij de geraamde aanlegkosten op te tellen.'

Wij maken vandaag de dag een zinkstuk hier niet meer van rijshout maar van kunststof. Het hoeft niet meer onder water te blijven want het kan niet verrotten. Daarom mag het ook gerust op palen staan. Anders dan toen hoeven wij nu de keuze tussen een zinkstuk of palen niet meer te maken.

Het krachtenspel bij een paalmatras is wel anders. Er is geen sprake van buiging, met druk in de vulling en trek aan de onderkant, zoals in een zinkstuk. In een paalmatras worden de krachten naar de palen afgedragen via drukbogen.

De bijdrage van een simpel, niet op palen gefundeerd geotextiel aan het draagvermogen van slappe grond wordt echter wel bekeken aan de hand van de doorbuiging van een verend ondersteunde, niet geheel vlakke plaat. Toepassingen daarvan zijn bijvoorbeeld een werkweg op heel slappe ondergrond of een kortstondig, extreem zwaar transport op een ondergrond met beperkte draagkracht. De drukkracht van de doorbuigende 'plaat' moet dan bovenin door de vulling of het zandbed worden opgebracht.

Zelfs de door Keverling Buisman voor de Centrale Ontsluitingsweg in de Krimpenerwaard ontworpen, met zand gevulde betonbakken op – inmiddels overbelaste – houten palen blijken bij een dreigende calamiteit effectief te kunnen worden ondersteund door het samenspel van nieuw geheide palen langs de randen van de 'plaat', trek in de diepgelegen betonvloer van de bakken en druk in de hoger gelegen zandvulling. Het mechanisme dat er dan in de bakken optreedt en dat ertoe leidt dat buigen dan geen breken wordt heeft grote overeenkomsten met dat in de klassieke matras.



Foto 4 Aanvullen rijzenbed met zand, Stolwijk 1950.

Samengevat

Keverling Buisman leerde ons: bij het aanleggen van een zandlichaam op een extreem slappe ondergrond zonder verdere maatregelen moet rekening gehouden worden met een groot risico voor doorpersen. Een weg op een doorpersing is uit oogpunt van onderhoud een onaantrekkelijke optie.

Een weg op een klassiek zinkstuk vraagt minder onderhoud. Het moet onder water zakken, anders verrot het, maar het zakt eeuwig door, al neemt het tempo van zakken af met de logaritmie van de tijd.

Een weg op palen is uit oogpunt van onderhoud niet zo'n vreemde keus, ondanks de hoge aanvangskosten.

Ook al kunnen we nu matrassen maken die niet rotten en die we bijgevolg op palen kunnen zetten, de beweegredenen van Keverling Buisman zijn ook nu nog van betekenis. ■

Literatuur

- Keverling Buisman, prof. *A.S.Grondmechanica*, heruitgave Balkema 1996
- Keverling Buisman, prof. *A.S.correspondentie - archief Deltares*, Unit Geo Engineering
- Royer, J.A. *Aanleg van wegen in slappe terreinen*, *Wegen*, april 1950
- Wal, L.T. van der *Bijzondere methoden voor wegaanleg in terreinen met slappe ondergrond*, *Wegen*, 25e jaargang nr. 10, pag 251, oktober 1951
- Geuze, E.C.W.A. *Terreinzakkingen onder invloed van een bovenbelasting*, *LGM mededelingen* nr. 4, april 1958
- Rijk, L. de *The calculation of secondary Settlement in One-Dimensional Compression*, *Delft Prog. Rep.* 3, 1978
- Sellmeijer, J.B. *Design of geotextile reinforced paved roads and parking areas*, *Balkema* 1990
- Gilijamse, W. *Mensen in een Waard vol Wind en Water, de geschiedenis van de waterhuishouding in de Krimpenerwaard*, hoofdstuk *Wegbeheer*, Uitgave Stichting Cultuur-Historisch Overleg Krimpenerwaard SCHOK, 2004