

Verlag TC211 Symposium Brussel 29 mei – 2 juni Onderdeel Geokunststoffen

Prof. Dr. Ir. Adam Bezuijen,
Deltares, Universiteit Gent



Ir. Suzanne van Eekelen
Deltares en TU Delft



Figuur 1 - Schematische weergave van 'traditionele' boogwerkingsmodellen (Van Eekelen en Bezuijen, 2012).

Rigid inclusions

Interessant is een groot onderzoek van de Fransen. In Frankrijk verscheen in juni 2012 een richtlijn (ASIRI 2012) over 'rigid inclusions'. Paalmatrasen met geokunststof wapening (GR) is een klein onderdeel van deze ontwerprichtlijn. De Fransen hebben voor het maken van hun richtlijn een behoorlijk omvangrijk onderzoek (het ASIRI onderzoek) uitgevoerd met centrifugeproeven, numerieke berekeningen en veldproeven. Ze gebruiken de 'rigid inclusions' vooral als fundering onder betonplaten. Ze zetten dan palen zonder paaldeksel in het wat slappe zand, daarover een zandlaag en vervolgens een betonnen plaat. Ze gaven voorbeelden van toepassingen van deze

relatief aardbevingsbestendige constructie onder de pijlers van een grote brug in Griekenland en onder Franse windturbines. Verder gebruiken zij de 'rigid inclusions' ook onder aardebanen, vaak zonder geokunststof. De bodem naast de paal moet dan voor de nodige tegendruk zorgen. Deze constructie is voor de lezers van GeoKunst minder interessant, maar de bezwijkmechanismen die men heeft onderzocht zijn dat wel.

Alle rekenregels op het gebied van paalmatrasen hebben een model om de boogwerking te berekenen. Hiermee wordt vastgesteld welk gedeelte van de bovenbelasting naar de palen gaat en welk gedeelte naar het GR en/of de ondergrond. De

Fransen gebruiken hier niet de traditionele modellen, zoals gebruikt in EBGEO en de Nederlandse norm die van bogen uit gaan, zoals schematisch getekend in figuur 1, maar ze beschouwen een omgekeerde Prantl wig zoals die ook gebruikt wordt om staalfunderingen te berekenen, zie figuur 2 (maar dan staat deze dus andersom).

Deze Prantlbenadering heeft interessante aspecten. De in EBGEO en de Nederlandse norm gebruikte berekening gaat uit van de gegeven bovenbelasting. Dan wordt aangenomen dat de boog die wordt gevormd (zie figuur 1) nog net in evenwicht is en daaruit wordt de kracht op de GR en de ondergrond berekend. De Franse rekenmethode werkt andersom. Daarmee kan dus worden berekend of, bij een gegeven belasting op de GR en/of de ondergrond, de grond boven de paalpunten plastisch gaat deformeren of dat er alleen elastische vervormingen zijn. In principe is, uitgaande van bogen, dezelfde berekening te maken, alleen wordt dat bijna nooit gedaan. In de toekomst zal worden onderzocht of beide methoden ook kwantitatief met elkaar overeenstemmen. Volgens de Franse rekenmethode zou er bij een wat hoger wrijvingshoek een heel hoog percentage van de belasting naar de palen gaan. Helemaal overtuigd zijn we overigens nog niet van deze omgekeerde Prantl benadering. De meeste proeven lijken een wat ander bezwijkpatroon op te leveren.

Kritische hoogte in de paalmatras

Een ander aspect dat veel aandacht kreeg was de zogenaamde 'kritische hoogte'. Hoe hoog moet

Inleiding

TC211 is Technische commissie binnen de ISSMGE (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering) die zich bezig houdt met grondverbetering. Op een congres van deze technische commissie wordt veel gesproken over grouten op verschillende manieren (jetgrouten, permeationgrouten, compactiongrouten, compensationgrouten etc.) en over 'groundmixing' (het mengen van grond met cement).

Geokunststoffen hadden ook een plaatsje op dit congres gekregen. Er was een 'short course' over 'rigid inclusions' waarin Suzanne van Eekelen de nieuwste ontwikkelingen op het paalmatrasen-gebied heeft verteld. Tijdens het congres hield zij ook een presentatie (Van Eekelen en Bezuijen, 2012) en waren er ook enkele presentaties op het gebied van geokunststoffen. Daarnaast waren er nog een aantal interessante geokunststof-papers die niet werden gepresenteerd.

de aardebaan op de palen zijn, zodat de vervorming aan de bovenkant uniform is, en dus de positie van de palen aan de bovenkant van de aardebaan niet is terug te vinden (zie Figuur 3). Dit aspect is van belang als er na de aanleg nog verdergaande vervormingen zijn te verwachten. De groep van prof. George Filz van Virginia Tech, USA, had hier onderzoek naar gedaan en was tot een afwijkende formule gekomen dan gebruikelijk (McGuire et al., 2012). Tot nu toe is er voor de bepaling van de kritieke hoogte een 'geometrisch' principe gevolgd. Er werd gekeken hoe hoog de boog wordt tussen vier palen. Sommige modellen (de Nederlandse CUR226) gaan uit van de hart-op-hart afstand van palen, andere modellen (Scandinavische modellen en Bush-Jenner) gaan uit van de dagmaat tussen de paaldeksels. De metingen van Filz laten zien dat ook de H/d een rol speelt, waarin H de hoogte van de matras is en d de diameter van de paal. Boven een relatief dikke paal wordt het zand omhoog gedrukt en is er dus een verschilzetting tussen het zand boven de paal en het zand naast de palen. Een dunne paal geeft een plastische vervorming in het zand boven de paal met als gevolg dat de kolom zand niet omhoog wordt gedrukt maar boven de paal even hoog blijft als daarnaast.

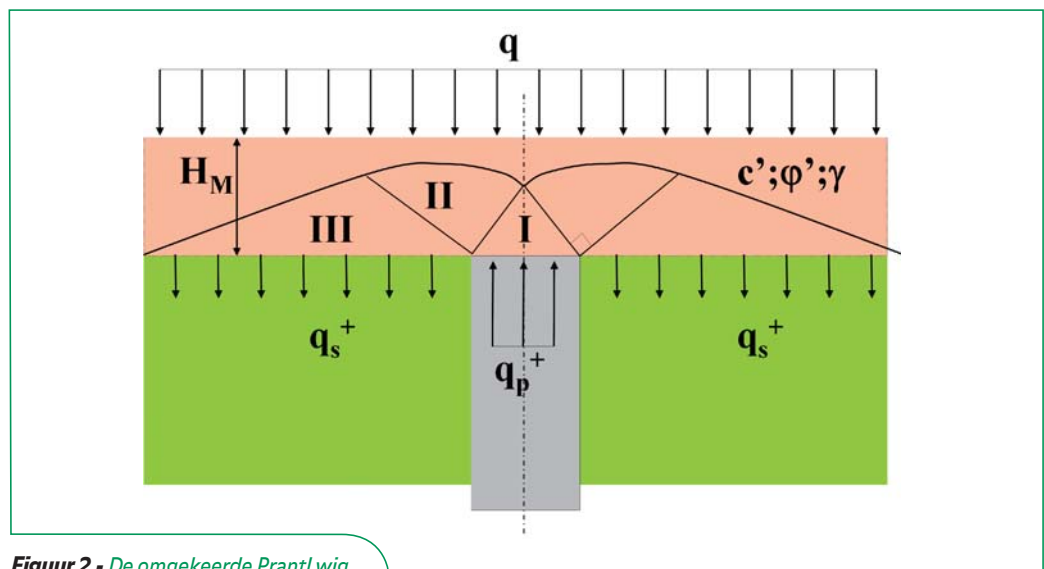
Filz voerde proeven uit zonder en met (een niet nader gespecificeerd) geokunststofwapening. Hij concludeert uit zijn proeven dat de kritische hoogte niet verandert door een geokunststof toe te passen, de gevonden verschilzettingen worden wel kleiner door het geokunststof. Hij heeft zijn modelproeven uitgevoerd zonder bovenbelasting, en de veldproeven met een zeer geringe bovenbelasting van een kleine 'loader'. Op basis van dit wat summier onderzoek constateert hij dat de kritische hoogte ten gevolge van verkeersbelasting 10 tot 20% toeneemt.

Geotextiel omhulde kolommen

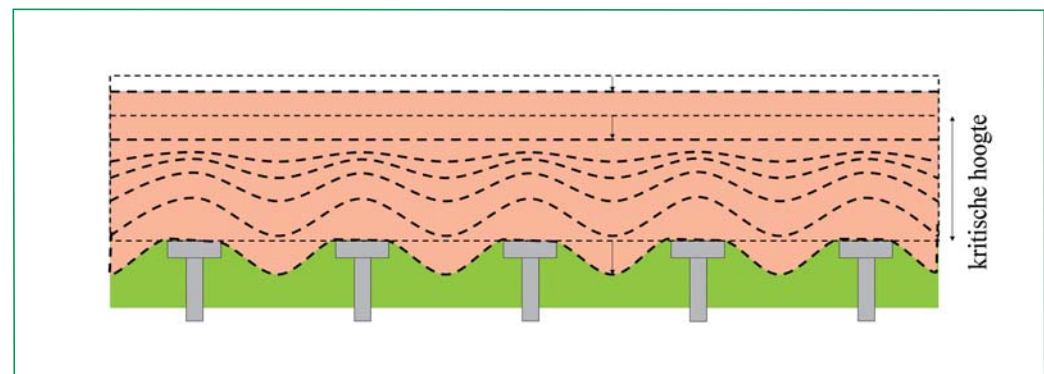
Alexiew et al. (2012) gaven een samenvatting van 15 jaar geotextiel omhulde kolommen. Zij laten enkele interessante projecten zien en vatten de ontwerpmethodes die in de Duitse EBGeo is opgenomen samen. Ze presenteren de nieuwste ontwikkelingen, waaronder het waterdicht maken van de paal, zodat er geen kortsluiting ontstaat tussen diepe watervoerende laag en het oppervlak. Bovendien kan het lange-termijn gedrag van het systeem nu beter worden voorspeld.

Vezelversterkte grond

Twee artikelen van Ekinci en Ferreira uit England (2012) en Flora en Lirer uit Italy (2012) schreven onafhankelijk van elkaar over vezel-versterkte grond. Ekinci en Ferreira sneden klei in kleine blokjes, mengden de blokjes met PP vezels, en verdichten



Figuur 2 - De omgekeerde Prantl wig.



Figuur 3 - De relatie tussen een vervormde paalmatras (gestippelde lijnen) en de kritische hoogte in een paalmatras, zoals George Filz van Virginia Tech die beschouwt.

het mengsel tot een samenhangend geheel (figuur 4). Op het versterkte resultaat en op ongewapende klei voerden ze één dimensionale samendrukkingsproeven uit. De auteurs laten zien dat de gewapende monsters een constante deviatorische spanning hebben bij toenemende rek, terwijl de deviatorische spanning in de ongewapende monsters na de piek afneemt.

Flora en Lirer (2012) vergelijken een analytisch model dat de schuifsterkte van het versterkte materiaal kan voorspellen met experimenten. Het model houdt rekening met schaafeffecten: hoe groot zijn de korrels ten opzichte van de vezels. Bovendien breidden de auteurs het model uit met anisotroop gedrag. De versterkte grond is namelijk heel anisotroop; door het verdichten gaan de vezels vrijwel horizontaal liggen, iets dat een gunstige invloed heeft op de schuifweerstand van de grond. Ze laten zien dat het versterken van grond met dergelijke vezels effectiever is in fijnkorrelige grondsoorten dan in grofkorrelige grondsoorten.



Figuur 4 - Geokunststofvezel-versterkte grond (Ekinci en Ferreira, 2012).

Verticale wanden en steile taluds

Twee artikelen gaan in op Plaxis-simulaties van metingen op geogrid-gewapende verticale wanden. Deze artikelen sluiten dus goed aan op het artikel van Constant Brok in de vorige GeoKunst en het artikel dat volgende keer in de GeoKunst zal verschijnen. De Chileen Ruiz-Tagle en Villalobos (2012) voerden schaalproeven uit, achter een plexiglas wand en visualiseerde de deformaties en rotaties in de grond bij het aanbrengen van een horizontale grondbelasting. Hun numerieke en

gemeten horizontale verplaatsen kwamen redelijk overeen, maar hun numeriek gevonden plastische zone was een stuk breder en had een flauwere hoek dan de gemeten plastische zone. Deze plastische zone werd in de proeven overigens gehalveerd door het toepassen van geokunststof.

De Portugezen Carlos et al. (2012) laten zien hoe ze een BS8006-ontwerp voor een steil talud maakten. Hun wand bestaat uit slecht consoliderend, fijn-korrelig materiaal. Vervolgens laten ze met Plaxis zien hoe de water-overspanning zich gedurende de constructie van het steile talud opbouwt, en hoe die weer wegconsolideert. Ze concluderen dat deze Plaxis berekeningen een handige tool kunnen zijn bij de controle van de stabiliteit van de constructie gedurende de constructie- en consolidatiefase. Ze geven aan het einde zelf ook aan dat hun werk nog moet worden gevalideerd met praktijkmetingen.

Literatuur

– Alexiew, D., Raithel, M., Küster, V., Detert, O., 2012, *15 years of experience with geotextile encased granular columns as foundation system,*

ISSMGE-TC211 Int. Symp. On Ground Improvement IS-GI Brussels 31 May & 1 June 2012; part IV; 3-20.

– Ekinci, A., Ferreira, P.M.V., 2012, *The undrained mechanical behaviour of a fibre-reinforced heavily over-consolidated clay,* ISSMGE-TC211 Int. Symp. On Ground Improvement IS-GI Brussels 31 May & 1 June 2012; part IV; 53-62.

– Flora, A., Lirer, S., 2012, *A simple expression of the shear strength of anisotropic fibre-reinforced soils,* ISSMGE-TC211 Int. Symp. On Ground Improvement IS-GI Brussels 31 May & 1 June 2012; part IV; 63-74.

– Ruiz-Tagle, L. en Villalobos, F., 2012, *Laboratory study of displacements in a geogrid reinforced soil model under lateral earth pressures,* ISSMGE-TC211 Int. Symp. On Ground Improvement IS-GI Brussels 31 May & 1 June 2012; part IV; 133-140.

– Carlos, D.M., Pinho-Lopes, M., Lopes, M.L., 2012, *Numerical Analysis of walls constituted by fine soil reinforced with geosynthetics,* ISSMGE-TC211 Int. Symp. On Ground Improvement IS-GI Brussels 31 May & 1 June 2012; part IV; 41-51.

– ASIRI, Franse ontwerprichtlijn, *Recommendations for the design, construction and control*

of rigid inclusion ground improvements, Presses des Ponts, in het Frans, met in de bijlage een CD met een Engelstalige versie, juni 2012.

– McGuire, M. Sloan, J., Collin, J. en Filz, G.M., 2012, *Critical Height of Column-Supported Embankments from Bench-Scale and Field Tests,* ISSMGE-TC211 Int. Symp. On Ground Improvement IS-GI Brussels 31 May & 1 June 2012; part III, 481-490.

– Van Eekelen, S.J.M. en Bezuijen, A., 2012, *Basal reinforced piled embankments in the Netherlands, Field studies and laboratory tests,* ISSMGE-TC211 Int. Symp. On Ground Improvement IS-GI Brussels 31 May & 1 June 2012; part III, 539-550. ●

Kijkend naar de toekomst

Geotechniek met Geokunststoffen















infrastructuur
geogrid



civiele techniek

www.citeko.com

afdichting en
installatie



BOEMBESCHERMENDE VOORZIENINGEN

www.prosekunststoffen.nl

NAUE GmbH & Co. KG · Gewerbestrasse 2 · 32339 Espelkamp-Fiestel · Duitsland · Tel: +49 5743 41-0 · Fax: +49 5743 41-240 · info@naue.com · www.naue.com