

Kassen op zwaar water

Een moerasachtig gebied in Noord-Duitsland wordt bouwrijp gemaakt om er een kassencomplex op te laten verrijzen. De draagkracht wordt geleverd door een drijvende funderingsplaat met geocomposieten en geogrids in combinatie met granulaat- en zandlagen.

E.H. FURSTNER

In het uiterste noorden van Duitsland, in de omgeving van Hemmingstedt, ligt een voormalig moeras, een gebied waar de grond ook wel wordt aangeduid als 'zwaar water'. Het is natte grond met een deklaag van ongeveer een halve meter, bestaand uit turf en ander organisch materiaal. Het 'zware water' eronder reikt tot circa 12 meter diepte. De gemeente Hemmingstedt wil van dit voormalig moeras een economisch renderend gebied maken, maar stuitte tot vorig jaar telkens op de veel te geringe draagkracht van de grond.

Draagkracht

Nu wordt het gebied bouwrijp gemaakt als voorbereiding voor een 12 hectare groot kassencomplex, compleet met waterbassins en aan- en afvoerwegen. Een oplossing voor het draagkrachtprobleem is gevonden door het creëren van een drijvende funderingsplaat met inzet van een hoogwaardig geocomposiet, geogrids en scheidingsvliezen in combinatie met granulaat- en zandlagen. Alleen de draagconstructie van de kassen wordt op palen gefundeerd.

Waar de sterkte van een ondergrond onvoldoende is om een wiellast of strookbelasting direct te ondersteunen, is een granulaat- of aan-



Platform van geogrids voor de kassen in het Duitse Hemmingstedt, links (het gele zanddeel) een toeleveringsstraat.

vullaag vereist. Het materiaal van die laag moet voldoende sterkte hebben om de verwachte lading te steunen zonder intern te bezwijken. Ook moet het voldoende dikte hebben, om de verticale belastingen over een groter gebied van de ondergrond te verdelen en deze te verlagen tot minder dan het maximale draagvermogen van de ondergrond.

Enige mate van spoorvorming in granulaatlagen is onvermijdbaar en tot bepaalde hoogte aanvaardbaar, want deze lagen zijn met nieuwe aanvullingen herstelbaar. Diepe spoorvorming kan echter leiden tot vermenging van de aanvullaag met de ondergrond, gevolgd door volledige vervanging van de aanvullaag. Zonder inzet van geokunststoffen zou vermenging van lagen in Hemmingstedt aan de orde zijn.

Geogrids – gemaakt van polymeren – zorgen dankzij hun geometrie en (zeer) hoge treksterk-

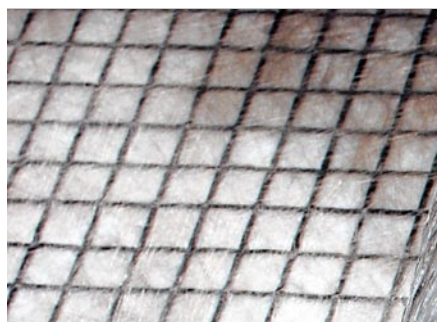
ten voor absorptie en spreiding van de bovenbelasting. Ze voorkomen of verminderen spoorvorming, die wordt veroorzaakt door het bezwijken van het draagvermogen van de aanvul- en/of ondergrond, en verhogen de stabiliteit. Het gebruik van geogrids vermindert de benodigde laagdikte en is economisch en bouwkundig aantrekkelijk. De treksterkte en het langetermijngedrag van verschillende typen geogrid worden onder meer bepaald door het materiaal waarvan ze zijn vervaardigd.

Hemmingstedt

In Hemmingstedt heeft de grond een aantal kenmerkende geologische eigenschappen: de natuurlijke draagkracht is gering tot nihil, een tot 12 meter dikke laag veen ligt tussen een 0,5 meter dikke afdeklaag humus en wisselende lagen zand en turf, en het grondwater wordt voor een

IN 'T KORT - ONTWERP

- Fundering voor Duits kassencomplex lastig door moerasachtig gebied
- Bij onvoldoende sterkte ondergrond is granulaat/zandlaag met geogrids vereist
- Geogrids verhogen stabiliteit en verminderen benodigde dikte van granulaatlaag
- Toegepaste ontwerpmethodologie en formule voor bepalen van laagdikte



Aramide geogrid, gelamineerd tussen twee lichte thermisch gebonden vliezen (links) en biaxiale geogrids van geëxtrudeerde, aan elkaar gelaste polypropyleenstrips.

MAATGEVENDE WAARDEN			
aanvul-materiaal:	granulair	modulus	150 MPa
ondergrond (veen):	ongedraineerde schuifsterkte (cu)	zeer zacht	12 kN/m ²
wielbelasting (aslast 2 – 12 ton):			10 - 60 kN
hoeveelheid as-lastovergangen (tijdens bouwtermijn):			10000
maximaal toegestane spoordiepte:			50 mm

Maatgevende waarden zoals gehanteerd voor het project in Hemmingstedt.

GEOGRID/GEOCOMPOSIT							
Ondergrond (kN/m ²)	Enkagrid	Wielbelasting (ton)	Radius wiel (mm)	Voertuig	Totaal (mm)	Laagdikte (mm)	Aantal lagen
Ongedraineerde schuifsterkte, c _u = 12	geogrid 30	2,5	300*	beglazingstrekker in kas	380	380	1
	geogrid 30 + geocomposiet 30	6	200	zandauto in kas	720	360	1+1
	geocomposiet 30	6	200	zandauto op bouwplaats	840	420	2

* extra breed en langwerpige contactvlak

Voorgestelde type geogrid/geocomposiet bij de per berekening aangenomen omstandigheden.

deel tot op maaiveldhoogte opgestuwd.

De toegepaste producten voor het bouwrijp maken van het gebied zijn: biaxiaal geogrid van geëxtrudeerde, aan elkaar gelaste polypropyleenstrips van gelijke treksterkte (30 kN/m) zowel in lengte- als breedterichting, met de functie versterking; multifunctioneel hoog-modulus biaxiaal geocomposiet opgebouwd uit een 30 kN/m sterk aramide grid, gelamineerd tussen twee lichte thermisch gebonden vliezen, met de functies versterking, scheiding en filtering (aramide kenmerkt zich door een zeer hoge treksterkte bij minimale verlenging en is vijf keer zo sterk als staal); en tot slot polypropyleen scheidingsvlies.

Om te bepalen welke geogrids en lagen granulaat nodig zouden zijn om de grond in Hemmingstedt van voldoende draagkracht te voorzien, werd gebruikgemaakt van een in 2004 door Giroud en Han ontworpen berekeningsmethode. Hierbij werd rekening gehouden met verschillende deelgebieden in het kassencomplex, die elk een eigen functie gaan vervullen en een eigen draagkrachtbehoefte kennen. De gebruikte berekeningsmethode is speciaal ontworpen voor ingenieurs die wegenontwerpen maken voor veleisende bouwwerken.

Oplossingen

Per deelgebied kwam men in Hemmingstedt tot diverse oplossingen.

Het vloeroppervlak van de kassen fungeert tijdens de bouw als bouwplatform. Op het soms geëgaliseerde maaiveld wordt zowel biaxiaal polypropyleen geogrid als een scheidingsvlies geplaatst, met daarboven een zandlaag van minimaal 0,4 meter dikte.

Gezamenlijk worden het polypropyleen geogrid en het scheidingsvlies uitgerold, met daarop een laag zand van 0,36 meter. Dan volgt een laag geocomposiet met aramide grid met daarop 0,36 meter zand.

De toeleveringsstraten fungeren tijdens de

bouw als bouwplatform. De toeleveringsstraten vragen om een nog hogere belastbaarheid dan de verdeelstraten. Hier is gekomen tot een oplossing met twee lagen aramide geocomposiet. Op de eerste laag wordt 0,42 meter zand geplaatst en op de tweede laag 0,42 meter gebroken steenslag. Deze laag zal uiteindelijk, uit esthetisch oogpunt, worden geasfalteerd.

De dubbellaags constructie wordt ook 'matrasconstructie' genoemd. Deze wordt toegepast wanneer de belasting zeer hoog is, terwijl het draagvermogen van de ondergrond net voldoende zal zijn. Ook voorkomt deze constructie een mogelijk intern bezwijken van de aanvullende laag.

Alternatieven

Vergaande maatregelen om de niet-draagkrachtige grond te vervangen door draagkrachtige grond zijn alleen al vanuit kostenperspectief onbestaanbaar. Verbetering van de bestaande ondergrond door drainage of door een vorm van zand-cementstabilisatie is uitgesloten door het hoog opstuwende grondwater, de weersinvloeden op de bovenlaag en het hoge organische gehalte van de bodem. Ook ophogen en daarna maar blijven aanvullen om de gewenste hoogte te handhaven is geen alternatief.

Stabiele constructie

Door de uitkomsten van de ontwerpmethodie te analyseren, was de conclusie dat de installatie van geogrids de begaanbaarheid van het terrein mogelijk maakt. De geogrids zullen zorgen voor een blijvend stabiele constructie, waarbij is te verwachten dat er nauwelijks tot geen ongelijkmatige zettingen zullen optreden. Weinig draagkrachtige, voor bouw altijd ongeschikt geachte grond is nu voor economische doeleinden te benutten.

Erik Furstner is design engineer bij Colbond in Arnhem.

ONTWERPMETHODIEK

Twee basisbeginselen liggen ten grondslag aan de ontwerpmethodie van Giroud en Han (2004): het bepalen van de spanningen bij het contactvlak tussen de aanvullaag en ondergrond, en het bepalen van de spoordiepte als functie van die spanningen en het draagvermogen van de ondergrond.

Een onverharde wegconstructie bezwijkt wanneer de spoordiepte een vooraf bepaalde waarde bereikt, de zogenaamd maximaal toelaatbare spoordiepte. De spoordiepte hangt af van de vervorming van de ondergrond. De vervorming van de ondergrond hangt af van de spanningen die op het oppervlak van de ondergrond worden uitgeoefend (de spanningen bij het contactvlak tussen de aanvullaag en ondergrond).

De ontwerpmethodie zelf is de uitkomst van meer dan dertig jaar kennisontwikkeling op het gebied van geotextiele versterking voor (onverharde) wegen. Nieuwe praktijk- en laboratoriergegevens werden telkens toegevoegd aan bestaande ontwerpmethodieken. In het ontwerpprogramma dat laagdikte en grid bepaalt, wordt een groot aantal voorwaarden overwogen: verdeling van krachten, sterkte van het vulmateriaal, koppeling tussen geogrid en vulmateriaal, en stijfheid werden als laatste toegevoegd aan al bestaande overwegingen zoals het verkeersaanbod, aslasten, bandendruk, de sterkte van de ondergrond, spoordiepte en de invloed van de aanwezigheid van een geotextiel of geogrid op het bezwijkvlak van de onverharde weg of het gebied.

SAMENGESTELDE FORMULE TER BEPALING VAN DE LAAGDIKTE:

$$h = \frac{0,868 + (0,661 - 1,006 \cdot J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1,5} \cdot \log N}{f_s} \left[\frac{P}{\pi \cdot r^2} \cdot \frac{1}{m \cdot N_c \cdot f_s \cdot CBR_{sg}} - 1 \right] \cdot r$$

- Laagdikte h
- Wielbelasting P
- Straal van contactvlak band r
- Asovergangen n
- Empirische factor f_s
- Toegestane spoordiepte s
- Factor draagvermogen ongewapende situatie N_c
- Factor draagvermogen gewapende situatie N_{c,r}
- Openingsstabiliteitsfactor geogrid J
- Mobilisatiedraagvermogencoëfficiënt m
- CBR voor ondergrond CBR_{sg}
- Ongedraineerde schuifsterkte van ondergrond c_u
- Veerkrachtmodulus ondergrond E_{sg}
- Veerkrachtmodulus aanvulmateriaal E_{bc}