

Aan het Expertise Netwerk Waterveiligheid,
de Werkgroep Techniek

Onderwerp:
Bepalen schuifsterkteparameters grond in relatie tot Leidraad Rivieren

1. Aanleiding en overwegingen:

Meerdere waterschappen staan in de komende jaren voor de opgave een aanzienlijk aantal kilometers dijk te verbeteren. Deze werken vinden plaats in het kader van het Ruimte voor de Rivier-project, het Hoogwaterbeschermingsprogramma en het Deltaplan Grote Rivieren. Bij het maken van de dijkverbeteringontwerpen dient te worden uitgegaan van de Leidraad Rivieren en het daar aan gekoppelde Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies.

Voor het toetsen van dijken en ontwerpen van dijkverbeteringen hebben verschillende waterschappen, voornamelijk in het benedenrivierengebied, decennia lang gebruik gemaakt van regionale proevenverzamelingen van celproefresultaten. Hierbij doen zich twee problemen voor.

Het eerste probleem is dat het Addendum niet voorziet in veiligheidsfactoren voor uit celproeven afgeleide schuifsterktes ten behoeve van controle van de macrostabiliteit van dijken. Hiervoor wordt verderop een aanbeveling gedaan.

Het tweede probleem is dat celproeven al ongeveer tien jaar niet meer worden uitgevoerd. Als voor stabiliteitscontrole van nieuw te ontwerpen dijken of dijkverbeteringen nieuw grondonderzoek nodig is voor het vaststellen van de schuifsterkte van grond, dan zal (voornamelijk) voor triaxiaalproeven worden gekozen. De resultaten van deze proeven kunnen niet op een logische manier worden ondergebracht in de bestaande proevenverzamelingen van celproefresultaten.

Verwacht mag worden dat er (geleidelijk aan) nieuwe regionale proevenverzamelingen, gebaseerd op triaxiaalproeven, zullen worden opgebouwd. Daarbij is er echter een keuzeprobleem.

In de Nederlandse adviespraktijk worden, vanuit praktische overwegingen, doorgaans zogenaamde "meertraps" triaxiaalproeven met isotrope consolidatie uitgevoerd. Hierbij wordt het grondmonster bij enkele opvolgende (begin)spanningsniveaus tot "bijna bezwijken" belast en bij de laatste "trap" tot feitelijk bezwijken. Met de proefresultaten worden stabiliteitsberekeningen op basis van effectieve spanningen uitgevoerd. De richtlijnen in de Leidraad Rivieren ten aanzien van aan te houden veiligheidsfactoren zijn afgestemd op de hiermee opgebouwde empirie.

Verwacht wordt, echter, dat in de nabije toekomst geleidelijk overgegaan zal worden op zogenaamde ongedraineerde analyses bij de beoordeling van taludstabiliteit. Internationaal is dit gebruikelijk en ook in Nederland worden steeds meer de (technisch wetenschappelijke) voordelen hiervan ingezien¹. Meertraps triaxiaalproeven zijn echter niet geschikt voor het bepalen van de hiervoor benodigde ongedraineerde schuifsterkte. Met triaxiaalproeven kan dit alleen goed wanneer deze eentraps, dat wil zeggen op één (begin)spanningsniveau, tot bezwijken worden uitgevoerd.

Waterschappen die nu nieuwe proevenverzamelingen willen gaan opbouwen kunnen dus kiezen voor de nu gebruikelijke meertraps triaxiaalproeven, of, anticiperend op de overgang naar "ongedraineerd rekenen", voor eentraps triaxiaalproeven. Voor veen is overigens geen van beide een goede optie, hiervoor is de *direct simple shear* proef een beter alternatief.

Voordeel van de eerste optie is dat aangesloten wordt aan de huidige Nederlandse praktijk. Een ander voordeel is dat het werken met meertraps proeven goedkoper kan zijn dan het werken met eentraps proeven. Nadeel is echter dat bij de overgang naar ongedraineerde analyses, die vroeg of laat komt, weer nieuwe proevenverzamelingen moeten worden opgebouwd.

¹ Wanneer de ongedraineerde schuifsterkte op een goede manier bepaald wordt, is een belangrijk voordeel is dat in deze analyses het effect van generatie van waterspanningen tijdens het (begin van) bezwijken automatisch wordt meegenomen. Bij de nu gebruikelijke effectieve spanningsanalyses is dat niet het geval.

Voordeel van de tweede optie is dat wordt geanticipeerd op de overgang naar ongedraineerd rekenen. Nadeel is, echter, dat nog geen (ENW-) richtlijnen bestaan ten aanzien van aan te houden partiële veiligheidsfactoren (materiaalfactoren). Binnen SBW wordt momenteel gewerkt aan het opstellen van richtlijnen. Tot de tijd waarop deze beschikbaar zijn, zouden voorlopige richtlijnen gehanteerd kunnen worden.

Een ander voordeel is dat bij eentrapsproeven (met anisotrope consolidatie, zie hieronder) een hogere (en theoretisch correcter!) waarde van de weerstand tegen vervorming (de elasticiteitsmodulus E_{50}) van de grond wordt gevonden dan bij de gebruikelijke meertraps triaxiaalproeven. Bij de te realiseren dijkverbeteringen geldt voor sommige dijktrajecten dat een aanzienlijk aantal constructies zal moeten worden gemaakt om de omgeving van de dijk te kunnen ontzien. Een hogere waarde van de weerstand tegen vervorming leidt bij het ontwerpen van nieuwe constructies tot lichtere ontwerpen. Bij het toetsen van bestaande constructies leidt dit tot kleinere berekende vervormingen en dus tot eerder goedkeuren.

Het werken met eentraps triaxiaalproeven biedt dus op langere termijn voordelen (i.v.m. de overgang naar ongedraineerd rekenen). Maar voor de korte termijn zullen voorlopige richtlijnen moeten worden opgesteld.

Triaxiaalproeven kunnen op verschillende manieren worden uitgevoerd. Meertraps triaxiaalproeven worden in de praktijk doorgaans met isotrope consolidatie uitgevoerd. Wanneer, met het oog op ongedraineerd rekenen in de toekomst, nu eentraps triaxiaalproeven worden uitgevoerd, verdient vanuit de theorie van de grondmechanica anisotrope consolidatie de voorkeur. De wijze waarop proeven worden uitgevoerd heeft invloed op de hieruit gevonden effectieve schuifsterkte parameters (cohesie en hoek van inwendige wrijving), de ongedraineerde schuifsterkte en de vervormingseigenschappen. Het is daarom sterk gewenst dat er op korte termijn algemeen gedragen protocollen komen voor uitvoeren en interpreteren van zowel eentraps als meertraps triaxiaalproeven.

In het bijgevoegde rapport is een en ander nader toegelicht.

2. Aanbeveling van de Werkgroep Evaluatie Grondmechanisch Onderzoek

Deze werkgroep houdt zich al enkele decennia bezig met grondmechanische zaken betreffende de uitvoering van dijkverbeteringen in het benedenrivierengebied. In de werkgroep zitten vertegenwoordigers van de Provincie Zuid-Holland, van waterschappen in het benedenrivierengebied (WS Rivierenland, HHS van Schieland en de Krimpenerwaard en WS de Hollandse Delta) en van Deltares. Specifiek voor het boven geschetste probleem is ook een vertegenwoordiger van Fugro Ingenieursbureau gevraagd deel te nemen aan de beraadslagingen. De werkgroep is unaniem tot de volgende aanbevelingen gekomen:

1. Wanneer voor het ontwerpen van dijken of dijkversterkingen gebruik gemaakt wordt van bestaande proevenverzamelingen van celproefresultaten, kunnen voor wat betreft de aan te houden veiligheidsfactoren de richtlijnen in de oude ontwerpleidraden (Leidraad Ontwerpen Rivierdijken, deel 1 en deel 2, uit 1985 en 1989) worden gebruikt. Het gaat hierbij uitsluitend om de zogenaamde materiaalfactoren en schadefactoren. Daarmee wordt voorkomen dat voor celproeven aangepaste criteria moeten worden afgeleid voor de Leidraad Rivieren. Een overweging daarbij is dat het werken met proevenverzamelingen van celproefresultaten in de toekomst zal afnemen.
2. Waterschappen kunnen bij het opbouwen van nieuwe proevenverzamelingen kiezen uit meertraps of eentraps triaxiaalproeven. Met de keuze voor de eerste wordt aangesloten aan de praktijk elders in Nederland. Met de keuze voor de laatste wordt geanticipeerd op de overgang naar ongedraineerde analyses.
3. Voor veen beveelt de werkgroep aan over te gaan op *direct simple shear* proeven (ook hiermee kunnen uiteraard regionale proevenverzamelingen worden opgebouwd).
4. De richtlijnen voor het werken met resultaten van meertraps triaxiaalproeven, in combinatie met effectieve spanningsanalyses, zijn gegeven in de Leidraad Rivieren (althans het addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies).
5. Voor het werken met resultaten van eentraps triaxiaalproeven, in combinatie met de nu gebruikelijke effectieve spanningsanalyses komen op korte termijn richtlijnen voor aan te houden veiligheidsfactoren. Deze hebben een voorlopig karakter, tot er breed gedragen richtlijnen zijn voor aan te houden veiligheidsfactoren voor ongedraineerde analyses (naar verwachting over enkele jaren).

6. Er worden protocollen opgesteld voor het uitvoeren zowel eentrap als meertrap triaxiaalproeven en interpreteren van uitkomsten ervan.

Het opstellen van de onder punt 5 bedoelde richtlijnen en de onder punt 6 bedoelde protocollen is op termijn van ongeveer een half jaar mogelijk.

3. Vragen aan ENW-Techniek

De werkgroep Techniek van het ENW wordt gevraagd zich uit te spreken over deze aanbevelingen van de Werkgroep Evaluatie Grondmechanisch Onderzoek.

Voor wat betreft aanbeveling 1 wordt instemming gevraagd, omdat hiermee formeel afgeweken wordt van de vigerende ENW Leidraad Rivieren.

Voor wat betreft de overige aanbevelingen wordt gevraagd of ENW-Techniek deze, en de achterliggende visie, deelt.

4. Voorgestelde proces

Ter voorkoming van vertraging stellen wij het volgende proces voor:

- Zo mogelijk wordt in de eerstkomende vergadering van ENW-Techniek deze brief behandeld en wordt groen licht gegeven voor waterschappen, die hiervoor kiezen, om eentrap triaxiaalproeven met anisotrope consolidatie voor klei en *direct simple shear* proeven voor veen uit te voeren en daarmee nieuwe (toekomstgerichte) proevenverzamelingen op te bouwen.
- In het najaar kan Deltares een voorlopige werkwijze opstellen voor waterschappen die gaan werken met eentrap triaxiaalproeven met anisotrope consolidatie voor klei en *direct simple shear* proeven voor veen. Dit zal een veilige werkwijze zijn op basis van effectieve schuifsterkteparameters, waarbij trendbreuk met de huidige adviespraktijk wordt voorkomen. De voorlopige werkwijze zal onder andere bestaan uit een modelfactor om het niet in rekening brengen van het effect van wateroverspanning op de schuifsterkte van de grond bij instabiliteit van een talud te compenseren.
- Parallel hieraan wordt gewerkt aan het opstellen van protocollen voor het uitvoeren en interpreteren van triaxiaalproeven. Deze actie kunnen Deltares en Fugro gezamenlijk oppakken.
- Aan het einde van dit jaar kunnen de voorlopige werkwijze en de protocollen worden besproken in ENW-Techniek.
- Met een brief kan ENW-Techniek (via ENW-Kern) de waterschappen op de hoogte stellen van de voorlopige werkwijze en de protocollen.
- Als resultaat van het onderzoeksprogramma Sterkte en Belastingen Waterkeringen zal een definitieve werkwijze voor stabiliteitsanalyses voor dijken worden opgesteld. Deze werkwijze zal gebaseerd zijn op ongedraineerd grondgedrag en ook uitgaan van eentrap triaxiaalproeven met anisotrope consolidatie voor klei en *direct simple shear* proeven voor veen. Deze werkwijze is eerst voor het toetsen van bestaande waterkeringen bestemd. Later kan deze werkwijze ook geschikt worden gemaakt voor het ontwerpen van dijkverbeteringen.

Wij vragen u deze brief te behandelen in uw werkgroepvergadering van 2 oktober 2009.

Hoogachtend,
De Werkgroep Evaluatie Grondmechanisch Onderzoek

Ir. W.G. Epema
Voorzitter