

Analysetool SHANSEP

STOWA-database-proevenverzameling 4.2



Hoogheemraadschap van
Delfland

Hoogheemraadschap van Delfland
W.B. Ponsteen en J. Tigchelaar
14 april 2016

Inhoud

1. Inleiding	3
2. Werkwijze	3
3. Groepen maken	3
4. Schatten parameters	5
5. Bepaling karakteristieke waarden $S_{u,KAR}$ en m_{KAR}	7
6. Bepaling critical state phi	8
7. Toelichting en handleiding tool	9
8. Literatuur	13

1. Inleiding

In de waterbouw wordt bij het analyseren van de sterkte van dijken gebruik gemaakt van een proevenverzameling voor de grondeigenschappen. In de afgelopen jaren is gewerkt aan de uitwerking en implementatie van nieuwe inzichten in de modellering van het sterktegedrag van Nederlandse grondsoorten klei en veen. Dit sterktegedrag bepaalt in grote mate de stabiliteit van grondlichamen, waaronder dijken.

De belangrijkste inzichten hierbij zijn het gebruik van het critical state soil model (CSSM) in plaats van het Mohr-Coulomb model (MC) en het rekenen met gedraineerd dan wel ongedraineerd gedrag. Ook op macro schaal zijn nieuwe inzichten: toepassing van het Spencer glijvlakmodel is hierbij de belangrijkste ontwikkelingen.

De verschillende schuifsterkte modellen worden gevormd door de combinatie van fundamentele grondparameters. Voor het CSSM-model zijn dit de ongedraineerde schuifsterkte ratio S , de sterkte exponent m en de critical state wrijvingsconstante M (relatie met de hoek van inwendige wrijving ϕ_{cs}). De parameters worden afgeleid uit laboratorium testen. Voor klei wordt hierbij de triaxiaalproef gebruikt, voor veen de direct simple shearproef, beide conform de Stowa protocollen [4, 5, 6].

De schuifsterkte van grond varieert per grondsoort, grondlaag, spanning, diepte, voorgeschiedenis, verzadigingsgraad, temperatuur etc. In praktijk is het vrijwel ondoenlijk om de ruimtelijke spreiding van de schuifsterkte volledig in beeld te krijgen. Daarom wordt gewerkt met veilige schattingen gebaseerd op (combinatie van) vuistregels, laboratoriumonderzoek en in-situ veldonderzoek.

In samenwerking tussen de waterschappen en de STOWA is een format 'STOWA-databaseproevenverzameling_versie_4.2' opgesteld. Hierin zijn alle relevante in het laboratorium gemeten resultaten van de triaxiaalproeven en DSS-proeven opgenomen. Voor de analyse van de SHANSEP parameters S en m voor grondsoorten heeft het Hoogheemraadschap van Delfland een spreadsheet ontwikkeld.

2. Werkwijze

Aan de hand van een veldonderzoek of een verwachting (stochastisch ondergrondmodel) wordt de ondergrond (en waterspanningen) geschematiseerd. Vervolgens worden grondparameters voor de schuifsterkte van grond (vuistregels) aan de verschillende grondsoorten toegekend. Dit kunnen zijn c en ϕ' of σ - τ (voor het Mohr-Coulomb model) of S , m en M (voor het CSSM-model). Aan de hand van informatie van de locatie of door veilige aannamen wordt de karakteristieke waarde van de sterkte aan de grondsoort toegekend. Voor ongedraineerd rekenen zijn dat S en m . Voor gedraineerd rekenen is dat c , ϕ' (MC) of ϕ_{cs}' (CSSM). Deze sterkteparameters vormen dan de input voor de berekening.

Voor het toekennen van de sterkteparameters worden vuistregels op regionaal of lokaal niveau gehanteerd. Deze vuistregels zijn gebaseerd op landelijke-, regionale – of lokale datasets (proevenverzamelingen).

In voorliggend document wordt alleen de benaderingswijze voor het CSSM-model beschreven.

3. Groepen maken

Om te komen tot sterkteparameters worden eerst groepen gemaakt op basis van de proefuitkomsten [2]. Meerdere steekproeven uit de gehele populatie worden statistisch in een geprogrammeerd iteratief proces met elkaar vergeleken. Hierbij is aangesloten bij de methode Wilcoxon, zoals beschreven in [1]. De methode Wilcoxon beoordeelt of een nulhypothese 'steekproeven behoren tot dezelfde populatie' verworpen wordt of niet. Indien de hypothese verworpen wordt, is sprake van een aparte groep. De steekproeven komen tot stand door keuzes in watergehalte of nat volume gewicht. Aangenomen wordt dat dit een pragmatische en bepalende parameter is om de sterkte van grond te bepalen. Andere aspecten als bijvoorbeeld organisch stofgehalte zijn impliciet hierin opgenomen. Gezocht wordt naar zoveel mogelijk te onderscheiden groepen in het iteratieproces. Vervolgens worden kleine optimalisaties uitgevoerd door groeps grenzen licht aan te passen zodat de mate van onderscheidend vermogen tussen de groepen toeneemt.

In de tool is voor de Wilcoxon toets gekozen omdat die geschikt is bij onduidelijkheden over verschillen tussen type kansverdelingen en spreidingsverschillen in de data. Het maakt het een objectieve reproduceerbare methode om data te vergelijken. De aanpak vraagt wel om een aanzienlijke dataomvang.

Pas recent zijn in Nederland de mogelijkheden van het critical state soil model (CSSM) bij dijkontwerp onderzocht. In het model wordt aangenomen dat ieder monster bij doorgaand vervormen/belasten in een toestand komt waarbij de verhouding tussen de aangebrachte schuifspanning en isotrope spanning $(q/p' = M)^1$ niet meer verandert: de critical state. Deze verhouding is – net zoals ϕ' – een materiaaleigenschap, dus voor iedere monstersamenstelling (grondsoort) uniek. Voor zowel monsters met een normaal geconsolideerde als overgeconsolideerde toestand. De mogelijkheid om alle normaal geconsolideerde en overgeconsolideerde data te bundelen en hier vervolgens groepen mee te maken is erg waardevol omdat bij het maken van schattingen de aantallen een grote invloed hebben op de spreiding.

Voor het maken van de groepen wordt daarmee gebruik gemaakt van zoveel mogelijk data. Hierbij is gekozen bij triaxiaalproeven voor M , zodat zowel normaal geconsolideerde als overgeconsolideerde proeven kunnen worden gebruikt bij het maken van groepen. Voor veen is de τ_h/σ_v' enkel in normaal geconsolideerde toestand gebruikt. Deze parameter is uitgezet tegen volumiek gewicht en/of watergehalte.

¹ q is de invariant voor de deviatorspanning $(\sigma'_1 - \sigma'_3)$ en p' is de invariant voor de effectieve isotrope spanning $(\sigma'_1 + 2 \cdot \sigma'_3)/3$

4. Schatten parameters

Bij het bepalen van de parameter voor het CSSM-model worden de eindwaardes van de sterktes gebruikt om monsters in de 'critical state' met elkaar te kunnen vergelijken. Voor triaxiaalproeven bij grote rekken; rekniveau's van 20-25% of meer. Of de monsters werkelijk de critical state hebben bereikt blijft een aanname. Bij dergelijke rekniveau's wordt de spanningsbepaling ook minder betrouwbaar door vervormingsmodus van het monster. Bij direct simple shearproeven is de werkelijke spannings- en rektoestand in het monster niet bekend en wordt aangenomen dat de critical state wordt bereikt bij eindrekken van de τ/σ'_v relatie (bij normaal geconsolideerde monsters).

Bovenstaande werkwijze is geïmplementeerd de tool waarbij handmatig de groepsgrenzen worden opgegeven. Per groep wordt vervolgens een nadere analyse gemaakt om de grondparameters S en m te bepalen. Hiervoor wordt een analyse gemaakt van normaal geconsolideerde en overgeconsolideerde monsters.

De uitgevoerde laboratoriumonderzoeken en de tool leveren grondparameters voor zowel het gedraineerd rekenen met het CSSM-model (ϕ'_{cs}) als voor het ongedraineerde rekenen volgens het CSSM-SHANSEP-model (S, m).

Gedraineerd rekenen CSSM, ϕ'_{cs}

Voor het gedraineerd rekenen met het CSSM-model wordt de hoek van inwendige wrijving bepaald (ϕ'_{cs}) in de critical state toestand. De ϕ'_{cs} wordt bepaald op basis van M (= q/p') van de eindwaarde.

In de werkwijze is het meenemen van de ruimtelijke spreiding niet nodig omdat parameters zijn gekoppeld aan volumiek gewicht of watergehalte als input. Verondersteld wordt dat de sterkte van de grond onafhankelijk is van de locatie. De parameters die bepaald worden zijn fundamentele sterkteparameters die niet afhankelijk zijn van spanningstoestand en belastingsgeschiedenis.

Voor de schematisatie ten behoeve van macrostabiliteitsberekeningen wordt lokaal informatie over volumiek gewicht / watergehalte en OCR ingewonnen. Hiermee is koppeling te maken met karakteristieke waarden van S en m welke aan het volumiek gewicht / watergehalte is gekoppeld.

Ongedraineerd rekenen CSSM-SHANSEP, S en m

Per grondsoort worden de grondparameters S en m bepaald op basis van de STOWA-database-proevenverzameling. Voor de bepaling van de parameters worden de eindwaarden uit de proeven gebruikt voor triaxiaal- en DSS-proeven. In de bepaling van de sterkte wordt de ongedraineerde schuifsterkte-ratio per proef bepaald.

In de werkwijze is het meenemen van de ruimtelijke spreiding niet nodig omdat parameters zijn gekoppeld aan volumiek gewicht of watergehalte als input. Verondersteld wordt dat de sterkte van de grond onafhankelijk is van de locatie. De parameters die bepaald worden zijn fundamentele sterkteparameters die niet afhankelijk zijn van spanningstoestand en belastingsgeschiedenis.

Alle sterkteparameters zijn uit sterktetesten bepaald. Alle parameters uit één type proef en uit één monster. Grondparameter S wordt bepaald door per groep alle monsters te selecteren met OCR <1,05 (default ligt de grens voor normaal geconsolideerd gedrag op 1,05), het gemiddelde en standaarddeviatie worden vervolgens bepaald (steekproef). Hiermee wordt de 5% ondergrens (karakteristieke waarde) van de verwachtingswaarde geschat met een betrouwbaarheid van 90% (default 90%). Grondparameter m wordt bepaald door per groep voor ieder meetpunt (OCR>1,05) de m te bepalen uit de helling van de lijn met een verwachtingswaarde (50%) van S. Vervolgens wordt

de gemiddelde en standaarddeviatie van m bepaald (steekproef). Hiermee wordt de 5% ondergrens (karakteristieke waarde) van m geschat met een betrouwbaarheid van 90%. De 5% ondergrenslijn van de sterkte wordt verkregen door de 5% ondergrenslijn van S te combineren met de 5% waarde van m . De S en m zijn de vuistregels voor de sterkte van de grondsoorten (groepen). De koppeling tussen de vuistregels en de berekening wordt gemaakt na analyse van sonderingen en (hand) boringen ter plaatse. Het volumiek gewicht (of watergehalte) is belangrijk bij het maken van de schematisatie ten behoeve van de macrostabiliteitsberekening.

Voordelen en nadelen

Voordelen SHANSEP methode:

- Minder gevoelig voor monsterverstoring in het veld omdat de monsters tot boven de grensspanning worden belast in de proeven. Dus meerdere steektechnieken mogelijk- Vuistregels zijn geldig voor het beheergebied (regionaal).
- Het is niet nodig om op per project uitgebreid laboratoriumonderzoek uit te voeren
- De SHANSEP procedure geeft minder spreiding in fundamentele grondparameters doordat in de procedure de mate van overconsolidatie wordt opgelegd in plaats van geschat (Norwegian style)
- Door veel monsters in SHANSEP procedure bij $OCR=1$ te beproeven is de fundamentele grondparameter S met weinig spreiding te schatten
- Sterkteparameters (S en m) worden statistisch geschat uit sterktetesten (en niet indirect uit stijfheidstesten). De afzonderlijke sterkteparameters worden verkregen uit één monster en uit één proef waardoor S en m met zekerheid uit het zelfde monster (grondsoort) zijn bepaald
- Weinig keuzes nodig op basis van expert judgement bij het bepalen van de sterkteparameters S en m . Bij het maken van de groepen voor vuistregels worden de grenzen handmatig gekozen. De Wilcoxon-toets wordt automatisch vanuit de tool gedaan en leidt tot een reproduceerbaar resultaat voor de gekozen groepen
- Met eenvoudige veilige aannames (bv. $OCR=1$) is al een stabiliteitsberekening mogelijk. Een hogere overconsolidatiegraad moet worden onderbouwd
- Sluit aan bij werkwijze voor het maken van stabiliteitsberekeningen voor regionale keringen en proevenverzamelingen gebaseerd op celproeven
- De informatie (proevenverzamelingen) zijn tussen de waterschappen uitwisselbaar waardoor uitbreiding van de verzameling mogelijk is. Extra eigen onderzoek is dan alleen nodig op specifieke (en minder) locaties

Nadelen:

- Geen koppeling te maken met in-situ metingen (zoals GEF-sonderingen) omdat lokale invloeden niet in de vuistregels worden verwerkt. Wel met volumiek gewicht en/of watergehaltes
- In schematisatie van macrostabiliteitsberekeningen moeten de lokale spanningssituatie en mate van overconsolidatie worden geschat
- De waarde van m kan als gevolg van beperkte dataomvang afwijken van de waarde die op basis van de theorie wordt verwacht (in de orde 0,7-0,9).
- De gegevens van de SHANSEP-methode en NORWEGIAN-style zijn niet zondermeer uitwisselbaar. Wanneer maatwerk nodig is moet een keus gemaakt worden tussen het opzetten van een lokale proevenverzameling volgens één van beide methoden
- Als het volumiek gewicht of watergehalte ter plaatse van de berekeningslocatie niet beschikbaar is, zal met expert judgement een inschatting moeten worden gemaakt van het volumiek gewicht per grondlaag

5. Bepaling karakteristieke waarden $S_{u;KAR}$ en m_{KAR}

De karakteristieke waarden voor S en m worden in de tool berekend volgens formule {1}.

$$\{1\} \quad S_{u;KAR} = S_{eind;NC;KAR} \cdot \sigma'_{v;i} \cdot OCR^{m_{KAR}}$$

Waarin:

$S_{u;KAR}$	karakteristieke ongedraineerde schuifsterkte bij spanningsniveau $\sigma'_{v;i}$ en OCR
$S_{eind;NC;KAR}$	karakteristieke ongedraineerde schuifspanningsratio bij OCR = 1, formule {2}
$\sigma'_{v;i}$	effectieve verticale spanning
OCR	overconsolidatie ratio van monster (bij SHANSEP-methode opgelegd)
m_{KAR}	machtsfactor voor extra sterkte bij overgeconsolideerde gronden

$$\{2\} \quad S_{eind;NC;KAR} = \mu - (T_{5\%}^{n-1}) \cdot \sigma \cdot [(1 - \alpha) + 1 / (n-1)]^{0.5}$$

$$\{3\} \quad m_{KAR} = \mu - (T_{5\%}^{n-1}) \cdot \sigma \cdot [(1 - \alpha) + 1 / (n-1)]^{0.5}$$

Alle proeven met een OCR $\leq 1,05$ worden beschouwd als normaal geconsolideerd en gebruikt voor de bepaling van S. Alle proeven met een OCR $> 1,05$ worden beschouwd als overgeconsolideerd en gebruikt voor de bepaling van m. De grens van 1,05 is default ingesteld en kan eventueel bij de instellingen aangepast worden.

μ	Verwachtingswaarde van S of m
σ	Standaardafwijking van S of m
n	Aantal normaal geconsolideerde proeven (S) of overgeconsolideerde proeven (m)
$T_{5\%}^{n-1}$	Student-T factor
α	Ruimtelijke spreiding voor proevenverzameling gerelateerd aan volumiek gewicht of watergehalte is deze factor 1.0 (geen ruimtelijke spreiding). Indien de proevenverzameling gebaseerd is op (geologische) grondlagen zonder lokaal onderzoek is de factor 0.75.

Voor de schatting van de verwachtingswaarde wordt default uitgegaan van een betrouwbaarheid van 90% en het aantal vrijheidsgraden van n-1. Met de student-T factor kan vervolgens de karakteristieke waarde bepaald worden (=5% ondergrenswaarde). Per proef wordt de m bepaald op basis van $S_{eind;GEM}$, de consolidatiegraad van de proef, ongedraineerde schuifsterkte en de consolidatiespanning tijdens de proef. Hiervoor wordt de formule {4} gebruikt.

$$\{4\} \quad m_{proef} = \log(S_{eind;proef} / S_{eind;GEM}) / \log(OCR)$$

Waarin:

m_{proef}	factor m van afzonderlijke proef aan de hand van de verwachtingswaarde voor de schuifspanningsratio
m_{GEM}	Verwachtingswaarde van de factor m (μ_m), formule { 5}
$S_{eind;proef}$	Schuifspanningsratio uit proef is schuifsterkte in verhouding tot de consolidatiespanning
$S_{eind;GEM}$	Verwachtingswaarde van de schuifspanningsratio (μ_s), formule {6}

$$\{5\} \quad \mu_m \text{ is } (\sum m_{proef}) / n$$

$$\{6\} \quad \mu_s \text{ is } (\sum S_{eind;proef}) / n$$

$$\{7\} \quad \sigma_s^2 \text{ is } (\sum S_{eind;proef} - S_{eind;GEM})^2 \cdot [(1 - \alpha) + 1 / (n-1)]^{0.5}$$

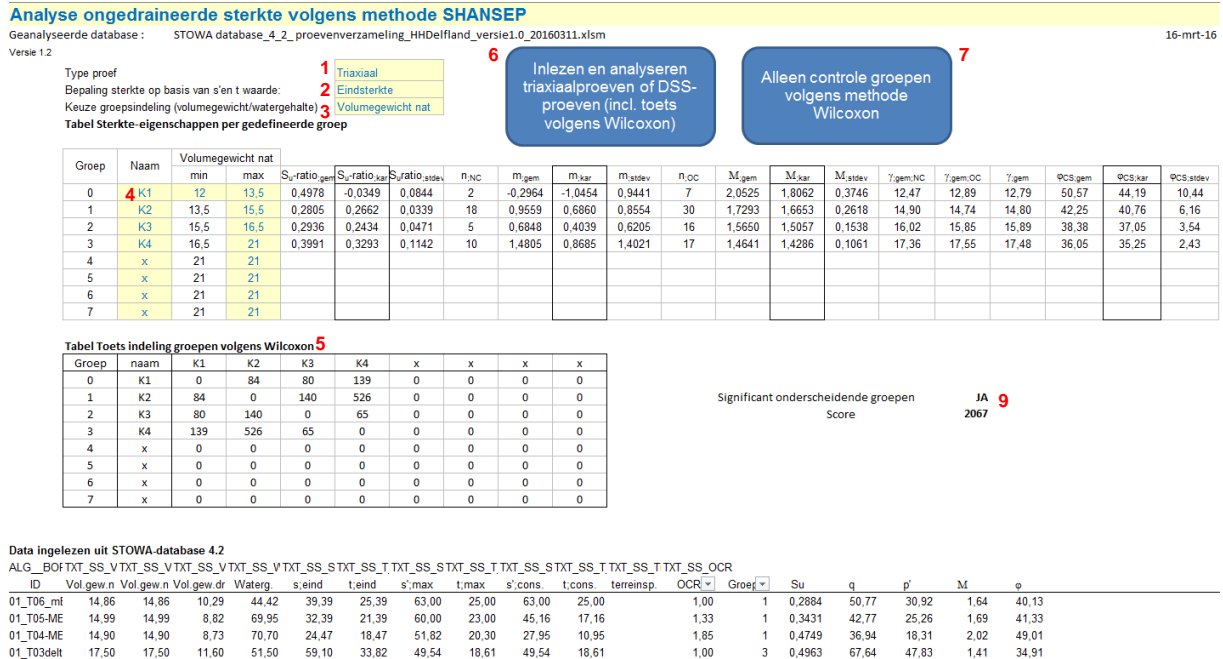
$$\{8\} \quad \sigma_m^2 \text{ is } (\sum m_{proef} - m_{GEM})^2 \cdot [(1 - \alpha) + 1 / (n-1)]^{0.5}$$

6. Bepaling critical state phi

Formule:	$\sin(\phi_{CS}) = t_{eind}/s'_{eind}$
ϕ_{CS}	hoek van inwendige wrijving o.b.v. eindsterkte (critical state)
t_{eind}	schuifsterkte bij eindwaarde
s'_{eind}	verticale effectieve spanning bij eindwaarde van de schuifsterkte

7. Toelichting en handleiding tool (versie 1.2 / 1.2.1)

Analyse ongedraineerde sterkte



Figuur 1 Invoerscherm van analyse sheet en tevens printvoorbeeld van resultaten

- Keuze mogelijkheid voor inlezen triaxiaalproeven of DSS-proeven
- Keuze mogelijkheid voor bepalen ongedraineerde sterkte op basis van eindsterkte [default], andere rekken zijn in principe niet bruikbaar voor SHANSEP maar zouden eventueel wel geanalyseerd worden. In de spreadsheet is de mogelijkheid aanwezig om een analyse uit te voeren met de piekwaarden.
- Keuze mogelijkheid om te groeperen op volume gewicht [default] of watergehalte. Ook is de mogelijkheid aanwezig om analyses te maken van reeds vastgestelde groepen, bijvoorbeeld op groepsnaam [PV_NAAM], bijvoorbeeld de geologische naam van de afzetting of SOS-naam, of grondsoort [TXT_SS_NEN5104 of DSS_NEN5104]
- Naamgeving groepen, ondergrens en bovengrens per groep. Bovengrens is ondergrens van volgende groep. Bij reeds vastgestelde groepen is het niet mogelijk / nodig om de ondergrens en bovengrens van de groep aan te geven. De selectie gebeurt namelijk aan de hand van de naam van groep of grondsoort
- Resultaten van de toets op gekozen indeling volgens de methode Wilcoxon. De hoogste onderscheidend vermogen (zie ook 9) geeft de meest optimale groepsindeling (let op, alleen geldige groepen gebruiken waarvan de sterkte bepaald moet worden uit de betreffende proeven)
- Knop om parameters uit database 4.2 in te lezen en een check te doen op de gedefinieerde groepen volgens de methode Wilcoxon.
- Knop om alleen een check te doen op de gedefinieerde groepen volgens de methode Wilcoxon, data wordt ingelezen uit STOWA-database 4.2.
- Uit de database 4.2 ingelezen data welke gebruikt wordt bij de analyse van de sterkte en de toets van de groepenindeling. In de gehele tabel staan alle gebruikte proeven. Bij groep is een snelfilter ingesteld zodat een specifieke groep gekozen kan worden. De grafiek OCR x S_v-ratio bevat alleen de proeven van de hier gekozen groep(en).
- Weergave of opgegeven groepen significant onderscheidend zijn en de score geeft inzicht in de mate van onderscheiding ten opzicht van andere mogelijke gekozen groepen (gelijk aantal significant onderscheidende groepen). Meer groepen resulteert in principe in een hoger onderscheidend vermogen. Bij meer groepen neemt het aantal monsters binnen de groepen af en kan de spreiding toenemen.

Afleiding geotechnische groepen (methode Wilcoxon)

Op de gekozen groepsindeling wordt automatisch de Wilcoxon-toets uitgevoerd wanneer de triaxiaal- of DSS-proeven worden ingelezen en geanalyseerd. De knop boven de tabel 'Groepen volgens Wilcoxon' kan gebruikt worden om alleen de Wilcoxon toets uit te voeren.

De nulhypothese 'steekproeven behoren tot dezelfde populatie' wordt bij de methode Wilcoxon beoordeeld.

In het voorbeeld blijkt dat de steekproeven van de groep K1 niet tot dezelfde populatie van de groepen K2, K3 of K4 behoort (positieve waarden in de tabel 5). De steekproeven van de groep K2 behoren niet tot dezelfde populatie van de groep K3 en K4. Als laatste blijkt dat ook de steekproeven uit de groep K3 niet tot dezelfde populatie behoren als de populatie van de groep K4. Uit de tabel volgt dus dat de groepen K1, K2, K3 en K4 significant onderscheidende groepen zijn.

De score is het totaal van het aantal groepen. Een hogere score betekent dat de groepen meer onderscheidend zijn.

Toelichting instellingsmogelijkheden

- 10 Grens voor q/p' of τ/σ' waarop per proef getoetst wordt. Triaxiaalproeven met een q/p' boven deze waarde [default = 3] worden niet meegenomen in de analyse van de sterkte. Voor de DSS-proeven is de grens τ/σ' voor bepaling van de ϕ per proef en grondsoort [default = 1, grens waarbij $\phi' = 90^\circ$]
- 11 Grens voor de OCR tot waar de proeven als normaal geconsolideerd beschouwd worden. Proeven met een OCR boven deze waarden worden beschouwd als overgeconsolideerd.
- 12 Betrouwbaarheid voor de bepaling van de Student-T factor die gebruikt wordt voor het schatten van de karakteristieke waarde van het gemiddelde. Standaard staat deze waarde op 90% waar dus de 5% ondergrens en bovengrens van het gemiddelde geschat wordt.
- 13 Opgave van type verzameling. Default is alfa 1.0 omdat een analyse wordt gemaakt van de grondsoort en niet van een grondlaag. Bij analyseren van grondlagen moet bij regionale verzamelingen een alfa ingevoerd worden (bijvoorbeeld 0,75).
- 14 Verwijzing naar naamgeving op basis waarvan de sterkte wordt bepaald. Voor SHANSEP is dit default de eindsterkte. In de kolommen staan de benamingen die overeenkomen met de benaming in de database 4.2.
- 15 Invoer van locatie (folder) waar database 4.2 staat opgeslagen
Invoer van naam van bestand van database 4.2 die voor de analyse gebruikt wordt
Invoer van de naam van het tabblad waarin de data staat [default is DBase4.2]

Criteria of proeven toegelaten worden aan verzameling

$\tau/\sigma >$ [veen]	1
$q/p >$ [klei]	10 3

* Alleen proeven op basis van SHANSEP, NORWEGIAN-proeven niet meenemen. In database 4.2 in kolom triaxiaalproeven aangegeven ONWAAR/FALSE
* Voor klei wordt aanbevolen het volumegewicht op minimaal 12 kN/m³ te houden. Indien lager van 12 dan kan deze eventueel in een aparte groep (groep 0) opgenomen worden. Klei ligt dan 12 kN/m³ is eigenlijk geen klei is maar (kleilig) veen.

Scheiding tussen normaal en overgeconsolideerd

NC <=	11 1,05
-------	---------

Betrouwbaarheid voor bepaling Student-T factor t.b.v. bepaling karakteristieke waarde van het gemiddelde

	12 90%
--	--------

Alfa type verzameling

	13 1
--	------

[1 = default, 0,75 = regionaal indien van toepassing] Default is 1 omdat bij de methode SHANSEP de specifieke sterkte van een grondsoort

Keuze	Triaxiaal		naam in tabel		DSS-proef	
	s'	t	s'	t	s'	t
Eindsterkte	14	TXT_SS_S'_BUJ_T_EIND	TXT_SS_T_EIND	s,eind t,eind	DSS_S_BUJ_T_EIND	DSS_T_EIND
Pieksterkte		TXT_SS_S'_BUJ_T_PIEK	TXT_SS_T_PIEK	s,max t,max	DSS_S_BUJ_T_MAX	DSS_T_MAX

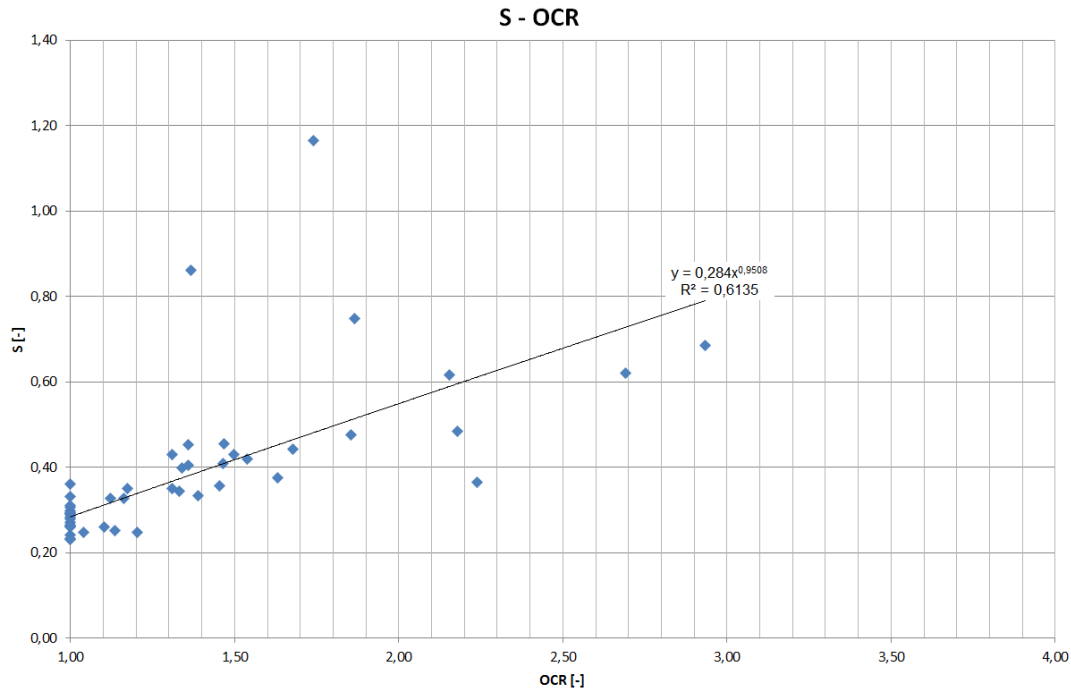
Keuze		Keuze
Volumegewicht nat	TXT_SS_VOLUMEGEWICH DSS_VOLUMEGEWICHT_NAT	Triaxiaal
Watergehalte voor proef	TXT_SS_WATERGEHALTE_DSS_WATERGEHALTE_VOOR	Direct Simple Shear
Groepsnaam	PV_NAAM PV_NAAM	
Grondsoort	TXT_SS_NEN5104 DSS_NEN5104	

Locatie database 4.2	15	\\atlas\usdata\S\wopsteen\Mijn documenten\Projecten\Proevenverzameling\tb\Helpdeskwater\
Naam database 4.2		STOWA_database_4_2_proevenverzameling_HHDeiland_versie1_0_20160308_xlsm
Naam tabblad		DBase4.2

Figuur 2 Invoerscherm van analyse sheet, mogelijke instellingen

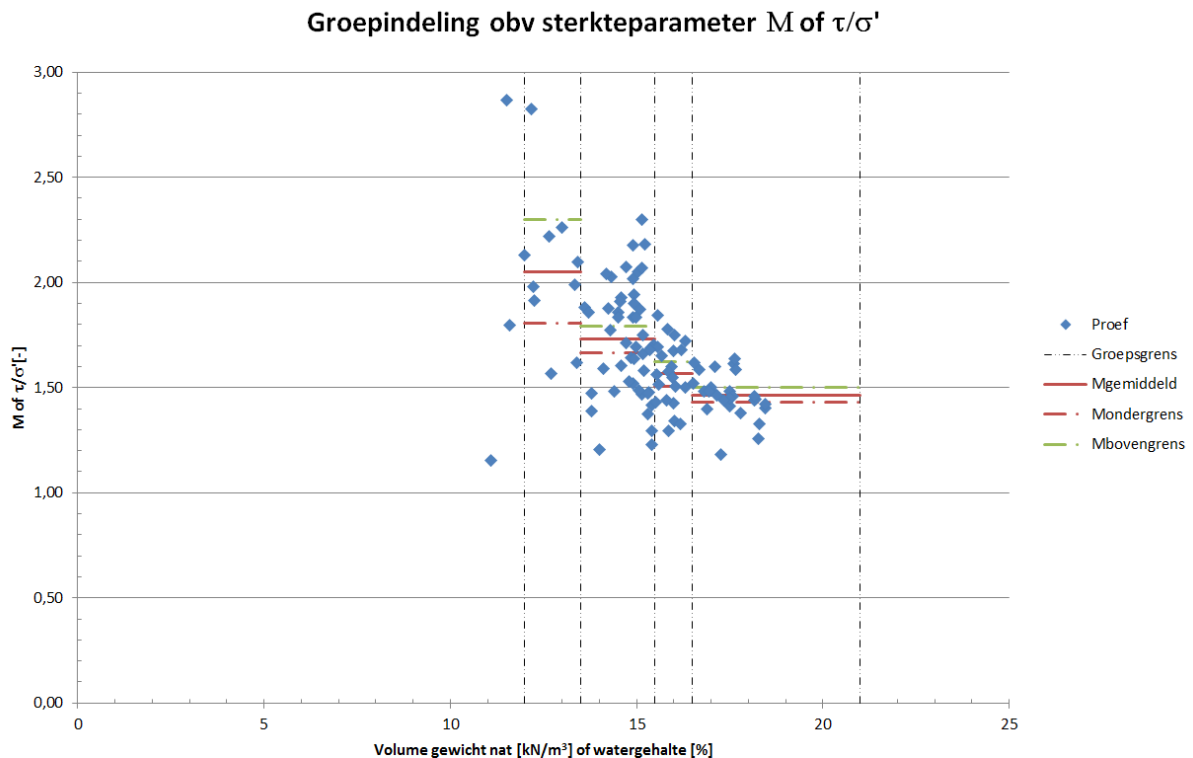
Presentatie grafieken

De analysesheet heeft twee grafiek. De eerste grafiek is de presentatie van de S (ongedraineerd schuifsterkteratio) tegen de OCR (overconsolidatiegraad) met daarin de trendlijn, zie figuur 3. De trendlijn is qua definitie niet gelijk aan de berekende waarden en zal/kan daarom afwijken. De trendlijn is gebaseerd op alle metingen in de geselecteerde groep(en)



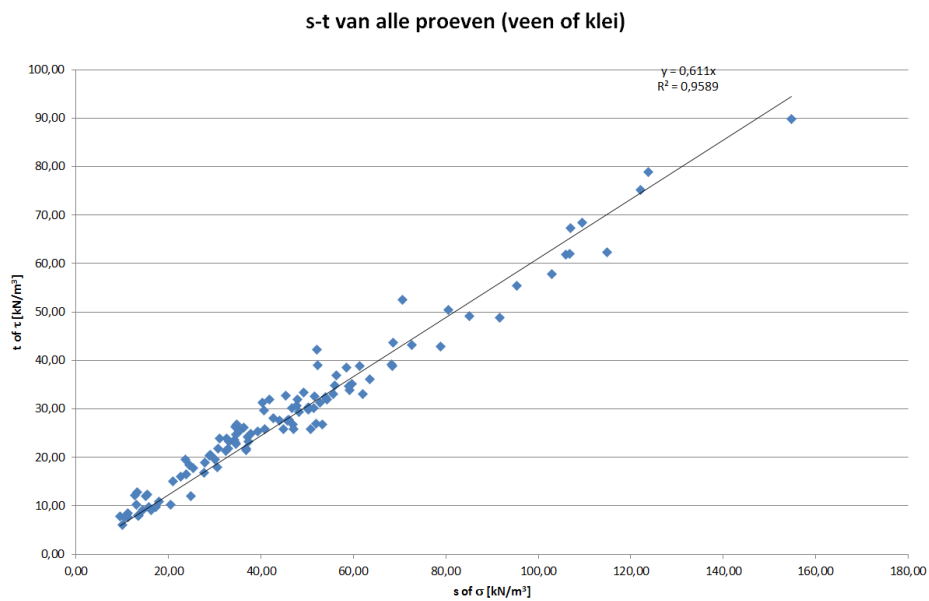
Figuur 3 Grafiek van proefresultaten van geselecteerde groep. S uitgezet tegen de OCR

Figuur 4 is een grafische weergave van de groepsindeling met de M of τ/σ' ten opzichte van het volumegewicht dan wel watergehalte. In de grafiek zijn de grenzen van de groepen, het gemiddelde M of τ/σ' en boven-/ondergrens van de M of τ/σ' weergegeven.



Figuur 4 Grafiek van de groepsindeling met de M of τ/σ' uitgezet tegen het volumegewicht of watergehalte (afhankelijk van de keuze).

In figuur 5 worden alle proeven (klei-triaxiaal of veen-DSS) weergegeven en geen onderscheid gemaakt in de groepsindeling. De effectieve verticale normaalspanning (s of σ) is in de grafiek uitgezet tegen de schuifsterkte (t' of τ).



Figuur 5 Grafiek van s-t' (klei) of σ - τ (veen) voor respectievelijk alle kleisoorten of veensoorten.

8. Literatuur

- [1] Inventarisatie van wrijvingseigenschappen ten behoeve van het kadeonderzoek, concept, Grondmechanica Delft, CO-280332/19, augustus 1987
- [2] Proevenverzameling 2.0, publicatie Geotechniek, Tigchelaar, Ponsteen, oktober 2015
- [3] Proevenverzameling Delfland, eindrapportage, CO-374520/14, Grondmechanica Delft, november 1997
- [4] Stowa protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven (versie 5), 16 juni 2011, Deltares.
- [5] Stowa toelichting bij het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven, 10 februari 2012, Deltares
- [6] Stowa aanvulling op het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven, 20 september 2012, Deltares