


# Geometrische variatie Pre-Overburden Pressure

POV

MACRO  
STABILITEIT



Auteur: RBJ Brinkgreve

Datum: 3 maart 2017

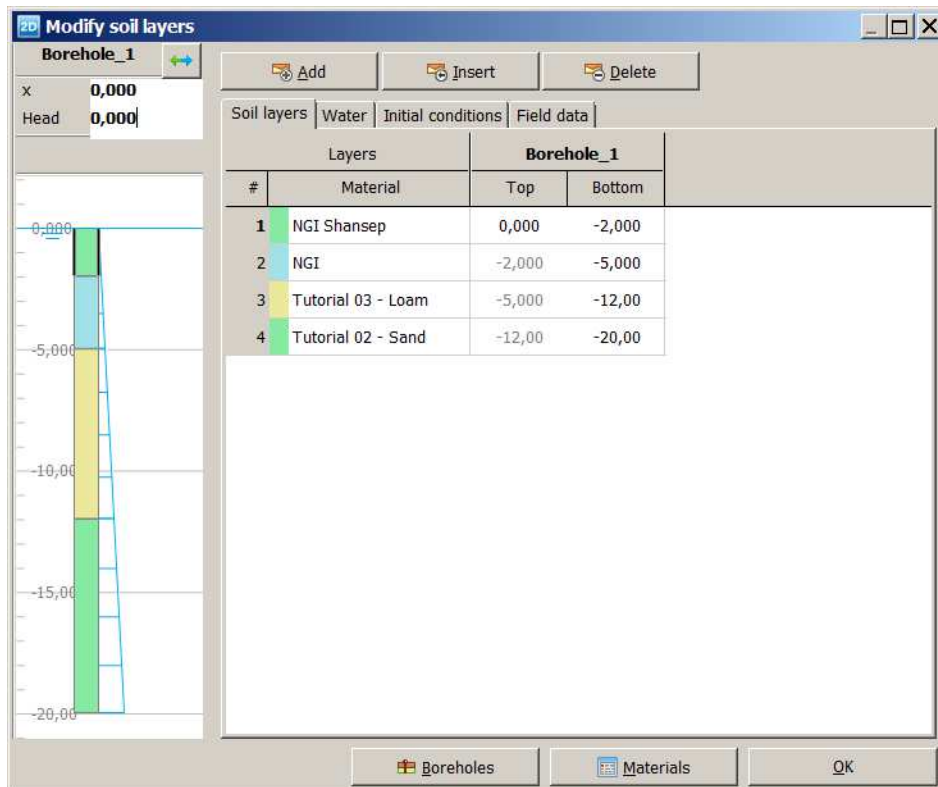
Versie: 2.0

## Introductie

In het kader van een vorige POVM project is, in aanvulling op het eerder ontwikkelde SHANSEP MC model, een geavanceerd constitutief model voor ongedraineerd grondgedrag ontwikkeld, het zogenoemde SHANSEP NGI-ADP model. In dit model wordt de ongedraineerde schuifsterkte bepaald aan de hand van de initiële spanningstoestand, inclusief de spanningshistorie zoals weergegeven door de grensspanning (voorconsolidatiespanning). Dit model is uitgebreid getest en gevalideerd, waaruit is gebleken dat het model correct functioneert en toepasbaar is voor praktijksituaties betreffende waterkeringen.

Inmiddels is echter ook gebleken dat voor dagelijks gebruik van dit model in praktijksituaties behoefte is aan meer flexibiliteit ten aanzien van het (geometrisch) kunnen definiëren van de voorconsolidatiespanning op basis van de zogenoemde Pre-Overburden Pressure (*POP*). Hoewel de *POP* een invoerparameter in het model is, kan in de huidige situatie slechts één *POP*-waarde per grondlaag (of materiaalset) worden opgegeven, hetgeen voor praktische toepassingen als een zware beperking wordt ervaren. Bijvoorbeeld, bij onbelaste klei- en veenlagen in het achterland achter een dijk wordt een sterk variërende *POP*-waarde gevonden die met de diepte afneemt, terwijl diezelfde grondlagen onder de dijk geen *POP* meer hebben ten gevolge van het aangebrachte dijklichaam.

In dit plan van aanpak wordt een meer flexibele geometrische definitie van *POP* op basis van de PLAXIS borehole faciliteit voorgesteld welke als doel heeft om tegemoet te komen aan de eisen/wensen voor het efficiënt kunnen uitvoeren van eindige-elementenberekeningen voor waterkeringen conform de nieuwe 'Critical State' rekenmethode gebaseerd op ongedraineerde schuifsterkte die gebruik maakt van de nieuwe SHANSEP MC en SHANSEP NGI-ADP modellen.



Figuur 1. De PLAXIS Borehole faciliteit

## Initialisatie van de voorconsolidatiespanning

In PLAXIS kan de ondergrond met bijbehorende laagindeling eenvoudig worden gedefiniëerd aan de hand van zogenoemde Boreholes. Een Borehole geeft daarbij de verticale laagindeling op een bepaalde locatie aan, terwijl niet-horizontale gelaagdheid van de ondergrond door middel van meerdere boreholes met verlopende laagscheidingsniveaus kan worden aangegeven. Ook (verlopende) waterspanningen kunnen hierin eenvoudig worden gedefiniëerd. Na het aangeven van de grondlagen worden eigenschappen aan de verschillende grondlagen toegekend op basis van zogenoemde Material Data Sets. Hierin wordt normaalgesproken ook de berekeningwijze van de initiële spanningstoestand, inclusief de voorconsolidatiespanning, meegenomen.

De voorconsolidatiespanning  $p_g$  in relatie tot de initiële effectieve spanning  $\sigma'_v$  kan op twee manieren worden gedefiniëerd:

1. Op basis van een Overconsolidatiegraad (*OCR*):  $p_g = OCR \cdot \sigma'_v$
2. Op basis van een Pre-Overburden Pressure (*POP*):  $p_g = \sigma'_v + POP$

Deze laatste definitie is het meest eenvoudig en het meest toegepast in de praktijk. Echter, de *POP* is in veel gevallen (zeker ook bij de Referentieprojecten) geen constante per grondlaag en vertoont een grote mate van geometrische variatie; zowel in horizontale als in verticale richting.

Het idee is nu om middels het opgeven van de *POP* in de borehole (*POP*-waarde aan de boven- en onderzijde van elke laag, in elke borehole) meer gedetailleerde mogelijkheden te bieden om de verlopende voorconsolidatiespanning binnen de grondlagen te modelleren ten behoeve van de nieuwe SHANSEP MC en SHANSEP NGI-ADP modellen. Daarmee wordt tegemoetgekomen aan een sterke wens vanuit de Referentieprojecten.

In tegenstelling tot de oorspronkelijk SHANSEP formulering, die is gebaseerd op de verticale effectieve spanning  $\sigma'_v$ , zijn de SHANSEP modellen in PLAXIS gebaseerd op de grootste effectieve hoofdspanning  $\sigma'_1$ . Dat neemt niet weg dat de betekenis van de *POP* onveranderd blijft, namelijk gebaseerd op bovenstaande definitie 2 van de *verticale* voorconsolidatiespanning. Op basis van de verticale voorconsolidatiespanning  $\sigma'_v + POP$ , de twee horizontale spanningen  $\sigma'_{h1}$  en  $\sigma'_{h2}$ , en de bijbehorende schuifspanning worden de effectieve hoofdspanningen  $\sigma'_1$ ,  $\sigma'_2$  en  $\sigma'_3$  berekend, waarvan de grootste wordt opgeslagen als statusparameter  $\sigma'_{1,max}$ . De  $\sigma'_{1,max}$  wordt gedurende de verschillende rekenfasen bijgehouden en bij een toenemend spanningsniveau ge-update. De actuele  $\sigma'_{1,max}$  wordt gebruikt in de SHANSEP formule zodra de ongedraineerde schuifsterkte dient te worden ge(re-)initialiseerd.

## Beoogde werkzaamheden

Om bovenstaand idee in PLAXIS te implementeren zijn de volgende werkzaamheden nodig:

1. Uitbreiding van de Borehole faciliteit in de PLAXIS 2D user-interface met de mogelijkheid om per borehole per grondlaag een *POP*-waarde aan de boven- en onderkant van de laag in te voeren.
2. Opslag van deze gegevens in de interne- en externe datastructuur van PLAXIS 2D.
3. Implementatie van een functie waarmee op basis van bovenstaande borehole gegevens op een willekeurige positie binnen een 2D eindige-elementenmodel de juiste *POP*-waarde kan worden geïnterpoleerd.
4. Initialisatie van de maximale effectieve hoofdspanning  $\sigma'_{1,max}$  in elke rekenfase die start vanaf de initiële fase volgens bovengenoemde omschrijving. Het laten 'meelopen' van  $\sigma'_{1,max}$  in elke rekenfase ongeacht welk constitutief model wordt gebruikt. Indien de actuele  $\sigma'_1$  groter is dan  $\sigma'_{1,max}$ , dan zal  $\sigma'_{1,max}$  worden geupdate.
5. Aanpassing van de berekening van de ongedraineerde schuifsterkte bij (re-)initialisatie volgens SHANSEP in het SHANSEP MC model en het SHANSEP NGI-ADP model op basis van de actuele  $\sigma'_1$  en  $\sigma'_{1,max}$ .
6. Uitbreiding van de PLAXIS post-processor met de mogelijkheid om de verdeling van *POP*-waarden in de geometrie te bekijken (zowel grafisch als tabellarisch), inclusief benodigde print and copy faciliteiten.
7. Testen van de *POP* voor een 8-tal basis testcases, variërend van eenvoudige tot complexere situaties met niet-horizontale en verlopende grondlagen als ook voor een realistische situatie met een dijk.
8. Testen van de resulterende ongedraineerde schuifsterkte bij gebruik van het SHANSEP MC model en het SHANSEP NGI-ADP model voor de onder punt 6 genoemde basis testcases.
9. Rapportage en documentatie van deze functionaliteit, inclusief testvoorbeelden.
10. Projectmanagement en meetings.

Bovengenoemde werkzaamheden vragen, naast de ontwikkeling van een geheel nieuwe functie, een forse ingreep in verschillende onderdelen van de bestaande PLAXIS 2D software (Input, Output, datastructuur, filestructuur, rekenhart, SHANSEP MC en SHANSEP NGI-ADP model).

## Beperking

De borehole faciliteit heeft alleen betrekking op de initiële situatie. Het zal dus niet mogelijk zijn om met de voorgestelde functionaliteit in latere rekenfasen een nieuwe *POP* te definiëren. De functionaliteit in het SHANSEP MC model en het SHANSEP NGI-ADP model om de ongedraineerde schuifsterke in een latere fase opnieuw te bepalen op basis van de dan geldende spanningstoestand blijft vanzelfsprekend gehandhaafd. Aangezien grondconstructies in PLAXIS ook buiten de borehole functionaliteit kunnen worden gedefinieerd (in de 'Structures' modus), zal de mogelijkheid om een minimale POP aan een materiaalset toe te kennen blijven bestaan.

De beschreven functionaliteit voor invoer van de POP via boreholes zal alleen worden geïmplementeerd voor het SHANSEP MC model en het SHANSEP NGI-ADP model, en dus niet voor andere modellen waarbij de *POP* een invoerparameter is (HS, HSsmall, SS, SSC).

## Planning

Bovengenoemde werkzaamheden zullen worden uitgevoerd door Plaxis bv in Delft. De doorlooptijd van dit project bedraagt maximaal 9 maanden na opdrachtverlening. Bij snelle opdrachtverlening (vóór 15 maart 2018) kunnen de uitbreidingen nog beschikbaar komen in PLAXIS 2D 2018. Er wordt naar gestreeft om een (interne) beta-versie beschikbaar te stellen ten behoeve van de te berekenen cases voor de eindrapportage van POVM commissie Rekentechnieken. Dit is echter geen garantie.

## Gebruiksvoorwaarden

Om deze functionaliteit te kunnen gebruiken gelden de algemene gebruiksvoorwaarden zoals vastgelegd in de Plaxis End-User License Agreement. Verder dient de eindgebruiker minimaal over een PLAXIS 2D VIP licentie te beschikken. De meeste bij POVM betrokken ingenieursbureaus hebben zo'n licentie.