



Delft University of Technology

Geautomatiseerde parameterbepaling in de geotechniek

Brinkgreve, Ronald

Publication date
2020

Document Version
Final published version

Published in
BIGnieuws

Citation (APA)

Brinkgreve, R. (2020). Geautomatiseerde parameterbepaling in de geotechniek. *BIGnieuws*, juni 2020, 50-51.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Geautomatiseerde parameterbepaling in de geotechniek

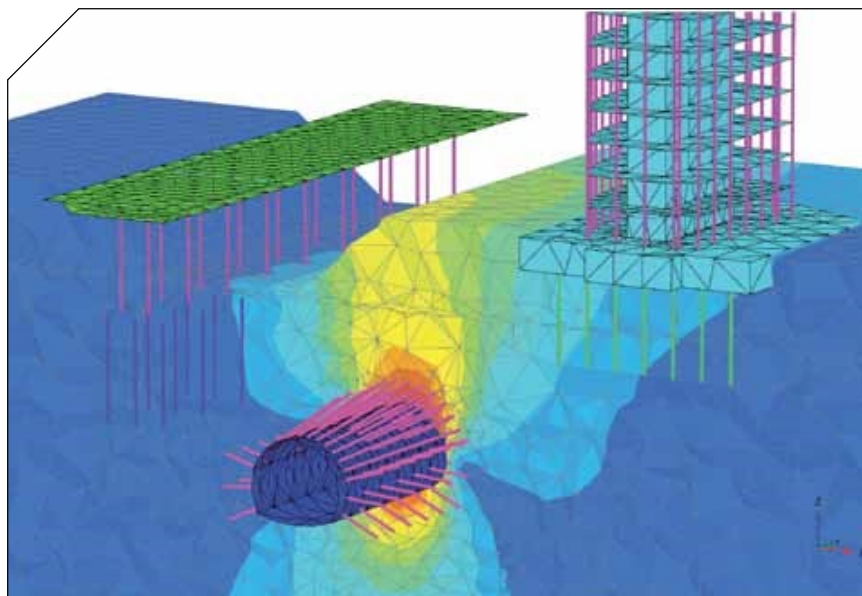
Door Ronald Brinkgreve

De grondmechanica of geotechniek is van oudsher een vakgebied van specialisten. Maar dit vakgebied staat ook bekend als 'conventioneel'. Veranderingen en technologische ontwikkelingen gaan vaak niet zo snel als in andere vakgebieden. En de geotechniek heeft een ander probleem: de processen in de ondergrond zijn weinig zichtbaar. Daar waar projectontwikkelaars vaak wel geld over hebben voor een mooi uiterlijk van een gebouw, wordt een investering in grondonderzoek meestal als 'kostenpost' gezien waarop zoveel mogelijk wordt bespaard. Toch is grondonderzoek van essentieel belang om ervoor te zorgen dat een gebouw of de constructie blijft staan en niet (te veel) verzakt.

Nadat in de jaren 70 van de vorige eeuw de eindige-elementenmethode (EEM) haar intrede deed als rekenmethode voor het berekenen van krachten en vervormingen in (staal)constructies, is deze methode pas sinds begin jaren 90 geleidelijk toegepast in de geotechnische ingenieurspraktijk. Dat neemt niet weg dat het vandaag de dag een onmisbaar instrument is bij de berekening van complexe bouwprojecten op en in de grond. Er is geen andere rekenmethode die zo dicht in de buurt kan komen bij de fysische processen die zich in werkelijkheid afspelen. Het computerprogramma PLAXIS is in Nederland ontwikkeld en uitgegroeid tot een internationaal toonaangevend eindige-elementenprogramma voor de geotechniek.

Constitutieve modellen

Net als staal en beton is 'grond' (zand, klei, silt en veen) een bouw materiaal met sterkte- en stijfheidseigenschappen. Alleen zijn grondeigenschappen zeer variabel en afhankelijk van de lokale omstandigheden, zoals tijd, belasting en aanwezigheid van grondwater. We beschouwen het grondgedrag dan ook als sterk niet-lineair. Binnen de EEM wordt dit gedrag beschreven door middel van constitutieve modellen. De modellen vormen de basis van het gesimuleerde grondgedrag in kwalitatieve zin, waarbij de modelparameters het gedrag kwantificeren. In het algemeen geldt: Hoe complexer het model (waarbij meer



Een 3D-tunnel in een bebouwde omgeving in PLAXIS.

aspecten van het niet-lineaire grondgedrag worden meegenomen), hoe meer parameters het model kent. De modelparameters dienen te worden bepaald op basis van het schaarse grondonderzoek dat voor een bouwproject beschikbaar is. Maar zelfs bij voldoende grondonderzoekgegevens is het bepalen van modelparameters niet triviaal, terwijl een juiste kwalitatieve en kwantitatieve modellering van het gedrag van groot belang is voor een betrouwbaar ontwerp. Dat maakt het ontwerpen op en in de grond op basis van de EEM lastig.

Parameterbepaling

Een vast onderdeel in een Nederlands grondonderzoeksprogramma is het uitvoeren van sonderingen. Uit sondeerresultaten kan het grondprofiel (grondlagen en -soorten) worden bepaald. Tevens bestaan vele correlaties met verschillende grondeigenschappen, waar uiteindelijk modelparameters uit kunnen worden afgeleid. Echter, de toepasbaarheid en nauwkeurigheid van correlaties hangt ook weer af van de grondsoort en van lokale omstandigheden. Doordat verschillende ontwerpers, elk met hun eigen kennis en ervaring,

hier hun eigen interpretatie aan geven, zijn de uitkomsten van EEM-berekeningen vaak niet eenduidig. Zo kan het zijn dat verschillende ingenieurs verschillende antwoorden geven op dezelfde vraag. Dat is niet bevorderlijk voor de acceptatie van de EEM door opdrachtgevers en stakeholders, terwijl die methode op zich het grootste potentieel heeft in het ontwerpproces.

Een nieuwe route

Om hier verbetering in te brengen is het idee ontstaan van geautomatiseerde parameterbepaling, zie voetnoot 1. Uitgaande van sondeergegevens, die meestal wel voorhanden zijn, wordt gewerkt aan software die op basis van de Grafentheorie 'paden' van correlaties zoekt vanuit de oorspronkelijke sondeergrootheden (de conusweerstand en de mantelwrijving of het wrijvingsgetal) tot aan de modelparameters. Dit vergt enige uitleg: De Grafentheorie is een methode die we kennen van het navigatiesysteem in onze auto. We beginnen bij A en willen naar Z; daarbij zoekt het navigatiesysteem 'paden' (routes) om van A naar Z te komen. Een route bestaat uit aaneengesloten verbindingen (edges) tussen knooppunten (nodes), waarbij, behalve de punten A en Z, meerdere tussenpunten kunnen worden gebruikt, afhankelijk van welke (mogelijke) verbindingen bestaan. Zo werkt het ook bij het geautomatiseerde parameterbepalingssysteem: Uit sondeergegevens (de conusweerstand en de mantelwrijving of het wrijvingsgetal) kunnen via correlaties grondeigenschappen of grondparameters (de 'nodes') worden bepaald, zoals de relatieve dichtheid of de hoek van inwendige wrijving. Dit zijn nog niet meteen de parameters van een (geavanceerd) grondmodel in de EEM, maar er bestaan ook correlaties om op basis van bijvoorbeeld de relatieve dichtheid andere grondparameters te bepalen, om uiteindelijk uit te komen bij de modelparameters, zie voetnoot 2.

Onderzoek

Er zijn twee problemen bij geautomatiseerde parameterbepaling in vergelijking met het navigatiesysteem. In de eerste plaats is er in een navigatiesysteem sprake van slechts één startpunt en is er telkens één verbinding nodig naar het volgende knooppunt, terwijl een correlatie afhankelijk kan zijn van meerdere invoerparameters; dus kunnen meerdere startpunten en verbindingen nodig zijn naar één knooppunt. In de tweede plaats gaat het bij een navigatiesysteem uiteindelijk om één route (de kortste of de snelste), terwijl bij parameterbepaling niet per definitie het kortste pad de beste uitkomst geeft; het beste ant-



Ronald Brinkgreve: "De eindige-elementenmethode is een onmisbaar instrument bij de berekening van complexe bouwprojecten op en in de grond."

woord kan een combinatie zijn van meerdere uitkomsten.

In samenwerking met afstudeerders aan de Technische Universiteit Delft en geotechnici bij ingenieursbureau Witteveen+Bos is en wordt dit idee verder onderzocht. Inmiddels is een algoritme ontwikkeld op basis van de Grafentheorie dat correlaties verbindt aan de hand van hun invoer- en uitvoerparameters, zie voetnoot 3. De correlaties en hun parameters, inclusief hun geldigheidsgebied en nauwkeurigheid, staan in een database, die eenvoudig uitbreidbaar is. Op deze manier worden alle mogelijke paden gevonden, vanaf de sondeerparameters tot aan de parameters van geavanceerde constitutieve modellen. Het algoritme is in Python geprogrammeerd, waarbij informatie via die paden kan worden doorgegeven, zoals parameterwaarden en nauwkeurigheden. De volledige 'Graaf' wordt getoond met bijbehorende parameterwaarden en nauwkeurigheden, zodat in tegenstelling tot een 'black-box'-benadering volledig inzichtelijk is hoe parameterwaarden tot stand zijn gekomen. Het tweede probleem wordt momenteel door een tweede afstudeerder onderzocht in het kader van een

validatiestudie. Ondertussen wordt bij Bentley Systems in Delft gewerkt aan koppelingen met het geotechnische eindige-elementenprogramma PLAXIS. Daarnaast zijn koppelingen voorzien met Bentley's BIM en Digital Twin-oplossingen voor infrastructurele projecten.

Vooruitzicht

Het uiteindelijke doel van het systeem van geautomatiseerde parameterbepaling is om ingenieurs te ondersteunen bij het gebruik van geavanceerde ontwerpmethoden, waarbij meer eenduidigheid ontstaat in de resultaten. Dat zal de betrouwbaarheid en acceptatie van het gebruik van de eindige-elementenmethode in de geotechniek ten goede komen. Hiervan kan de bouwwereld als geheel profiteren.

Voetnoten Literatuur

- 1) Brinkgreve R.B.J. (2019). Automated model and parameter selection: Incorporating Expert Input into Geotechnical Analyses. *Geostrata* 23, nr. 1, 38–45.
- 2) Brinkgreve R.B.J., Engin E., Engin H.K. (2010). Validation of empirical formulas to derive model parameters for sands. In: *Numerical Modelling in Geotechnical Engineering* (eds. T. Benz, S. Nordal). Leiden: CRS Press, 137–142.
- 3) Berkom I.E. van (2020). An automated system to determine constitutive model parameters from in-situ tests. *Afstudeerrapport*, Technische Universiteit Delft. ■

Dr. Ronald B.J. Brinkgreve is distinguished scientist bij Bentley Systems in Delft, en is daarnaast parttime universitair hoofddocent aan de TUDelft. Brinkgreve heeft tijdens en na zijn studie Civiele Techniek, met specialisatie Geotechniek, gewerkt aan onderzoek en ontwikkeling rondom het eindige-elementencomputerprogramma PLAXIS.