



Bestimmung der Konsistenzzahl und der undrainierten Scherfestigkeit von gemischtkörnigen Böden

Yukyung Park

Einleitung

Gemischtkörnige Böden kommen in der Natur aber auch im künstlichen Baugrund häufig vor. Um die Konsistenzgrenzen der gemischtkörnigen Böden zu bestimmen, werden die Böden abgesiebt [DIN 17892-12]. Durch Absieben verändern sich die Konsistenzgrenzen und damit die plastischen Eigenschaften. Damit werden auch die Schereigenschaften im drainierten und undrainierten Zustand verändert. Der gleiche Effekt, wie beim Absieben, kann auch durch Mischen von Fein- und Grobkorn erzeugt werden. Er kommt z.B. beim Abbau von verschiedenen Bodenschichten vor, wenn diese vermischt verkippt werden.

Versuchsmaterialien

In dieser Arbeit werden Versuchsmaterialien gemischt (Serie künstlich erzeugter gemischtkörniger Boden) bzw. abgesiebt (Serie natürlicher gemischtkörniger Boden). Ein Boden jeder Serie hat unterschiedliche Korngrößenverteilungen.

- Natürlicher gemischtkörniger Boden (RK)
1) Rohkaolin mit Korngröße d < 2 mm (RK 2)
2) Rohkaolin mit Korngröße d < 1 mm (RK 1)
3) Rohkaolin mit Korngröße d < 0,4 mm (RK 4)
4) Rohkaolin mit Korngröße d < 0,125 mm (RK 125)
Künstlich erzeugter gemischtkörniger Boden (GD)
1) Guttauer Ton 100 % (GT)
2) Guttauer Ton 75 % & Dresdner Sand 25 % (G3D1)
3) Guttauer Ton 50 % & Dresdner Sand 50 % (G1D1)
4) Guttauer Ton 25 % & Dresdner Sand 75 % (G1D3)

Es werden die Konsistenzgrenzen mit allen Kornfraktionen (anders als in der Norm, dort mit 0,4 mm) bestimmt. Die Abb. 1 zeigt dabei die Ergebnisse der Fließgrenzen, die mit dem Fallkegel (FK), der Casagrande Schale (CSG) und der Ausrollgrenze (AG) bestimmt wurden.

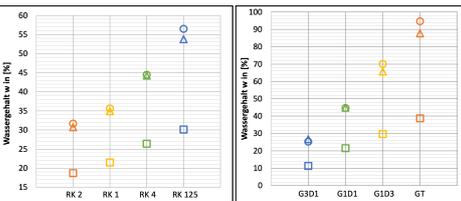


Abb. 1: Fließ- und Ausrollgrenzen der Serien (links: RK-Serie, rechts: GD-Serie / Dreieck: FK, Kreis: CSG, Viereck: AG).

TDR-Messverfahren

Die TDR-Messmethode ist ein Messverfahren, mit dem der Wassergehalt des Bodens bestimmt werden kann. Es wurde in der Arbeit neben der Ofentrocknung erstmalig am Institut für Geotechnik eingesetzt. Das Gerät „TRIME PICO 32“, das von der IMKO GmbH entwickelt wurde, wurde verwendet. Das Messverfahren begründet sich auf der Messung der Laufzeit t von elektromagnetischen Wellen. Diese gemessene Laufzeit t kann mit der Basiskalibrierung in die Pseudolaufzeit tp umgerechnet werden, die eine Beziehung zum volumetrischen Wassergehalt theta hat.

Aus Vorversuchen mit dem Dresdner Sand konnten die folgenden Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Messwerte sind anfangs sprunghaft und stabilisieren sich mit der Zeit. Daher sollte der Wassergehalt erst nach mehr als 15 Minuten gemessen werden.
Die Trockendichte des Bodens beeinflusst tp (siehe Abb. 2)
PLA als Behälter (Rohmaterial aus dem 3D Drucker) beeinflusst die Messung geringfügig. (siehe Abb. 3)

- Metallische Materialien wie Edelstahl oder Aluminium bzw. Wasser beeinflussen die Messung. (siehe Abb. 3)
Die Kontaktfläche der beiden Sonden beeinflusst die Messung. Wenn die Sonden den Behälter nicht berühren, verkleinert sich der Einfluss des Materials (siehe Abb. 3, vgl. ganze Länge vs. Spitze).
Die Kalibrierfunktion jedes Bodens ist notwendig zur präzisen Auswertung. Die Bestimmung der Kalibrierfunktion ist sehr aufwendig.
Das Messvolumen soll nicht zu groß sein, um eine Homogenität der Bodenprobe zu gewährleisten.

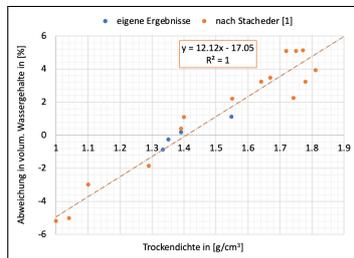


Abb. 2: Einfluss der Trockendichte des Bodens auf die TDR-Messung mit der Korrekturfunktion von Stacheder [1].

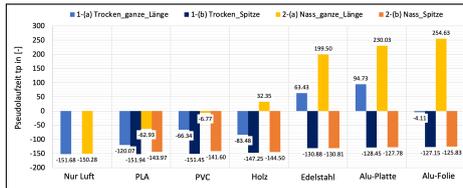


Abb. 3: Einfluss des Materials des Behälters und der Kontaktfläche der Sonden auf die TDR-Messung. 1-(a): trockenes Material mit dem Kontakt der gesamten Länge der Sonden; 1-(b): trockenes Material mit dem Kontakt der Spitze der Sonden; 2-(a): nasses Material mit dem Kontakt der gesamten Länge der Sonden; 2-(b): nasses Material mit dem Kontakt der Spitze der Sonden.

Der Wassergehalt während des Fallkegelversuches wurde mit der Ofentrocknung aber auch mit dem TDR-Messverfahren bestimmt. Die Pseudolaufzeit tp und der korrigierte (mit der Korrekturfunktion von Stacheder [1] in Abb. 2) volumetrische Wassergehalt theta_korrigiert haben eine Beziehung (Abb. 4).

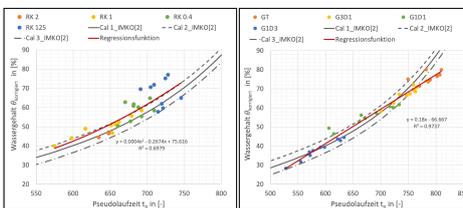


Abb. 4: Beziehung zwischen tp und theta_korrigiert. Regressionsfunktion (rote Linie) zeigt höchstes Bestimmtheitsmaß R^2. Die drei Referenzkalibrierungsfunktionen Cal 1, 2 und 3 aus IMKO [2].

Undrainierte Scherfestigkeit cu

Die undrainierte Scherfestigkeit kann mit verschiedenen Versuchen bestimmt werden. In dieser Arbeit wurde die undrainierte Scherfestigkeit mit den drei Laborversuchen: Handflügelsonde (HFS), Fallkegel (FK) und Laborflügelsonde (LFS) bestimmt.

Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang zwischen der Konsistenzzahl Ie und der undrainierten Scherfestigkeit. Die Handflügelsonde (blaue Punkte) ergibt immer die höchste undrainierte Scherfestigkeit. Bei hohen Konsistenzzahlen streuen die Werte stark, unabhängig von den Laborversuchen. Bei Verwendung der am Gesamtmaterial bestimmten Konsistenzgrenzen konnte innerhalb einer Serie kein Unterschied zwischen den Böden erkannt werden.

Die RK Serie hat höhere Scherfestigkeiten (bei gleichen Ie) als die GD Serie. Die Literaturgleichungen von Kiekbusch [4] und Koumoto & Houslyby [5] können die Versuche abbilden.

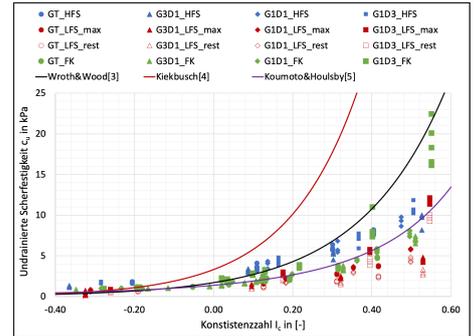
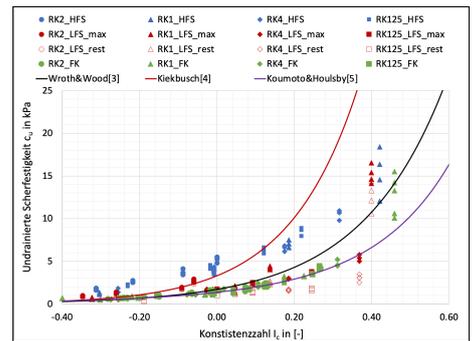


Abb. 5: Zusammenhang zwischen der Konsistenzzahl mit allen Kornfraktionen und der undrainierten Scherfestigkeit (Oben: RK Serie, Unten: GD Serie).

Fazit

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass sich die Konsistenzgrenzen (bestimmt am Gesamtmaterial, ohne Absiebung) maßgeblich mit dem Feinkornggehalt ändern. Auch konnte der Zusammenhang zwischen der Konsistenzzahl und der undrainierten Scherfestigkeit experimentell bestätigt werden. Dabei liegen die Ergebnisse einer Serie auf einer Kurve. Allerdings ergeben die Versuchsgeräte unterschiedliche Scherfestigkeiten. Das TDR-Gerät kann bei optimaler Kalibrierung ähnliche Ergebnisse wie eine Ofentrocknung erzielen. Es eignet sich allerdings nicht als Ersatz für eine Ofentrocknung, da das Verfahren durch zahlreiche Einflüsse (z.B. Trockendichte) beeinflusst wird.

Literatur

- [1] Stacheder: Die Time Domain Reflectometry in der Geotechnik, Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, 40, 1996.
[2] IMKO Micromodultechnik GmbH: Manual TRIME PICO 64/32, 2015.
[3] Wroth & Wood: The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils. Canadian Geotechnical Journal 15, Nr. 2, 1978.
[4] Kiekbusch: Beziehung zwischen Konsistenzzahl und undrainierter Scherfestigkeit. In: Bautechnik 76, Nr. 9, 1999.
[5] Koumoto&Houslyby: Theory and Practice of the fall cone test. Geotechnique 51, 2001.

Projekt

Diplomarbeit

Hochschullehrer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle, TU Dresden

Wissenschaftliche Betreuung

Dipl.-Ing. Markus Uhlig, TU Dresden

Abgabe

Januar 2022