Forschung Xpress

Variabilität von Scherfestigkeits- und Verformungskennwerten bindiger Böden

1 Aufgabenstellung und Ziel

Das Verformungs- und Scherfestigkeitsverhalten des Baugrunds wird anhand von Feld- und Laborversuchen beschrieben. Anschließend werden mit diesen Informationen von der Ingenieurin oder dem Ingenieur repräsentative Kennwerte für Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsbetrachtungen festgelegt. Allerdings weist Boden als natürliches Baumaterial eine inhärente räumliche Variabilität auf. Baugrundaufschlüsse liefern hingegen Informationen beschränkt auf den jeweiligen Beprobungsort. Zudem genügt die für einzelne Baumaßnahmen verfügbare Anzahl an Versuchen selten für eine detaillierte statistische Datenauswertung.

Die übliche Zuordnung von homogenen Bodeneigenschaften in einer horizontalen Bodenschicht ist daher eine Vereinfachung einer oftmals viel komplexeren, räumlich heterogenen Bodenrealität (Phoon et al. 2022). Dementsprechend bestehen Unsicherheiten bei der Herleitung der repräsentativen Kennwerte, denen in der Praxis mit Erfahrungswissen, technischem Urteilsvermögen und lokalen Datenbeständen begegnet wird.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, die Variabilität typischer „deutscher“ Böden zu ermitteln. Eine detaillierte multivariate Analyse vorhandener Daten aus Feld- und Laborversuchen soll die Grundlage für eine erweiterte datenbasierte Empfehlung von standortspezifischen Bodeneigenschaften und deren Variabilität liefern. Um dieses Ziel zu erreichen, werden folgende Forschungsfragen definiert:

- Wie groß ist die Variabilität der Kompressibilitäts- und Scherfestigkeitseigenschaften innerhalb einer pseudohomogenen Bodenschicht?
- Welche Aussagen hinsichtlich Datenqualität und Datenquantität lassen sich aus den Analysen ableiten?
- Wie wirkt sich die Variabilität von Scherfestigkeit und Kompressibilität auf für WSV-Projekte typische Bemessungssituationen aus?

2 Bedeutung für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

Im Forschungsvorhaben wird die These verfolgt, dass eine zunehmend datengestützte Festlegung repräsentativer Bodeneigenschaften für die Planung und Instandhaltung geotechnischer Bauwerke zu einer nachhaltigeren

Auftragsnummer:

B3952.05.04.70430

Auftragsleitung:

Dr. Julia Sorgatz
julia.sorgatz@baw.de

Laufzeit:

2022 bis 2025

Bemessung führen kann. Die im Forschungsvorhaben erzielten Ergebnisse sollen die WSV bei einem optimalen Einsatz ihrer Ressourcen unterstützen. Die Grenzen der Sicherheit oder eine Veränderung der Gefährdungslage stehen dabei nicht zur Disposition.

Je besser die Kenntnis des Baugrundes und je größer das Wissen hinsichtlich der prägenden Baugrundeigenschaften, desto zutreffender sind Planung und Bemessung durchführbar. Die Konstruktion kann wirtschaftlich und nachhaltig ausgebildet werden. Durch die transparente Herleitung der Bodenkennwerte können Rechtstreitigkeiten reduziert werden. Wird der Baugrund hingegen unzutreffend beurteilt, steigt das Risiko für Kostensteigerungen und Verzögerungen durch die Wahl unvorteilhafter Bauverfahren oder Bauteile.

Die Ergebnisse werden in zukünftige Baugrundgutachten und geotechnische Planungen sowie die Weiterentwicklung bestehender Normen, z. B. EAU oder DIN EN 1997-1, Nationaler Anhang, einfließen. Darüber hinaus können die Erkenntnisse auf weitere Boden- (und Fels-)arten, Bodeneigenschaften und Bemessungssituationen übertragen werden

3 Untersuchungsmethoden

Die Datenbasis besteht aus Laborergebnissen verschiedener durch die BAW begleiteter WSV-Projekte sowie aus ergänzenden Laborversuchen. Es handelt sich um Ergebnisse aus Klassifikationsversuchen (z. B. Siebkurven, Wassergehalt, Konsistenzgrenzen, Kalkgehalt und Glühverlust) und höherwertigen bodenmechanischen Versuchen (z. B. Triaxialversuche, Kompressionsversuche und Einaxiale Druckversuche). Des Weiteren konnten Daten aus lokalen Beständen der WSV sowie durch Kooperationen mit anderen Forschungsinstitutionen herangezogen werden. Hier liegen auch einzelne Versuchsspuren vor.

Untersuchungen zur Variabilität erfolgen mithilfe verschiedener Methoden der statistischen Datenauswertung, welche durch Verfahren aus den Bereichen der Zuverlässigkeitstheorie und des Machine Learnings ergänzt werden. Bei der Datenanalyse ist ein Fokus auf die Auswertung einzelner Laborversuche sowie die Korrelation einzelner prägender Bodenparameter innerhalb einer geologischen Einheit zu legen. Die Ergebnisse sind in das bisherige Erfahrungswissen einzuordnen und zu bewerten. Abschließend werden die Effekte der Variabilität anhand einfacher Bemessungsbeispiele, u. a. unter Verwendung zuverlässigkeitsbasierter Ansätze, illustriert. Die Auswahl der Beispiele orientiert sich an typischen WSV-Projekten.

4 Ergebnisse

In einer ersten Vorstudie (Sorgatz et al. 2022) konnte gezeigt werden, dass einfache Methoden des Machine Learnings bei einer Auswertung der Daten unterstützen können. Mittels K-Means-Clustering wurden glazilimnische Sedimente unterschiedlicher Eiszeiten identifiziert (siehe Bild 1). Anschließend wurden innerhalb dieser Gruppen Mittelwert und Varianz für Scherfestigkeit und Steifigkeit ermittelt.

Im 3. und 4. Quartal 2022 wurde mit der vertieften Literaturstudie begonnen, welche Klarheit über die Anwendbarkeit bestimmter Methoden oder Algorithmen bringen soll. Obwohl statistische und maschinelle Lernmethoden bereits auf verschiedene geotechnische Datensätze angewandt wurden, müssen bei der Auswahl geeigneter Methoden und Algorithmen Einschränkungen, wie z. B. fehlende Informationen über die erforderliche Datenqualität und Daten, berücksichtigt werden.

Des Weiteren wurde die Sichtung und Ergänzung der Daten aufgenommen. Es ist u. a. zu prüfen, inwieweit Daten von unzureichender Qualität oder fehlerhafte Daten aus dem Datensatz entfernt werden müssen. Ausreißer müssen identifiziert werden. Weiterhin ist zu beachten, dass es sich bei den untersuchten Bodeneigenschaften um spannungsabhängige Parameter handelt. Daher müssen Auswerteverfahren gewählt werden, die mit Trends umgehen können. Auch eine Normalisierung der Daten muss in Betracht gezogen werden.

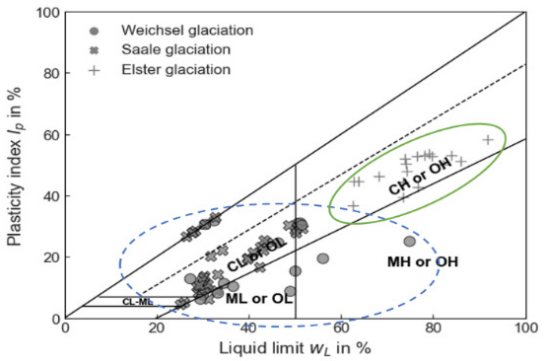

Bild 1: Identifikation von zwei Clustern innerhalb der glazilimnischen Sedimente über die Konsistenzeigenschaften.

Literatur:

Phoon, K.-K.; Ching, J.; Shuku, T. (2022). Challenges in data-driven site characterization. In: Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 16(1), S. 114–126. DOI: 10.1080/17499518.2021.1896005

Sorgatz, J.; Pohl, M., Kayser, J. (2022): Variability of shear strength and compressibility properties of Glaciolacustrine sediments in Northern Germany. In: Rahman und Jaksa (Hg.): Proceedings of 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.

CC BY 4.0