



Kompressionsverhalten von Böden nach einer Suffosion

Judith Winker

Einleitung

Eine Suffosion stellt einen inneren Erosionsprozess dar, bei dem feine Partikel innerhalb eines größeren Korngerüsts mit Hilfe von Sickerströmung durch das Porensystem der Skelettstruktur transportiert werden. Suffosion kann die Vorbereitung für weitere Erosionsprozesse in Erdbauwerken darstellen, die wiederum ein Stabilitätsversagen bspw. von Dämmen und Deichen zur Folge haben können.

Die Anfälligkeit von Böden gegenüber einer Suffosion kann mit Hilfe verschiedener Verfahren bewertet werden, wobei die Korngrößenverteilung eine bedeutende Rolle spielt. Besonders anfällig sind Böden mit Ausfallkörnung aufgrund ihres Mangels an Körnern mittlerer Korngrößen.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden verschiedene Materialmischungen in Bezug auf deren Suffosions- und Kompressionsverhalten untersucht und ein Versuchsgerät für entsprechende Untersuchungen weiterentwickelt.

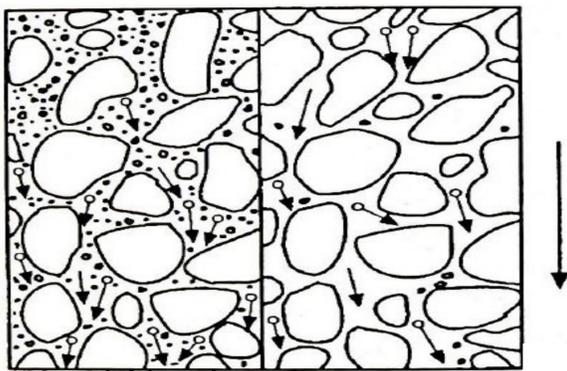


Abb. 1: Innere Suffosion, Schematische Darstellung (Striegler, 1998)

Versuchsmaterialien

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden an drei Materialmischungen Modellversuche durchgeführt:

- **Material A:** Hierbei handelt es sich um eine Materialmischung mit 15% Feinkorngehalt, deren Korngrößenverteilung an eine Sandmischung angelehnt ist, an der Ke & Takahashi bereits ähnliche Untersuchungen durchgeführt haben.
- **Material B:** Diese Materialmischung besitzt einen Feinkorngehalt von 30% aus Quarzsand und ist insgesamt etwas gröber als das Material A.
- **Material C:** Die feine Kornfraktion entspricht der des Materials B, die grobe Kornfraktion wurde durch Glaskugeln mit einem Durchmesser von 6 mm ersetzt.

Es wurde für alle Materialien die Suffosionsanfälligkeit bewertet, die Korndichte und die Lagerungsdichten bestimmt.

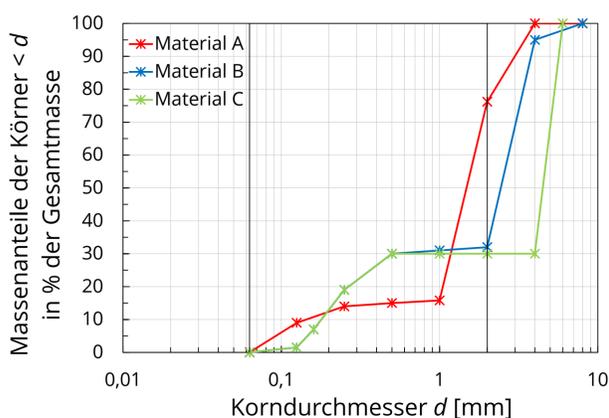


Abb. 2: Korngrößenverteilungen der untersuchten Materialien

Versuchsgerät und Modellversuche

Für die Modellversuche wurde ein Versuchsgerät verwendet, das eine Mischung aus einer Durchlässigkeitszelle und einer Triaxialzelle darstellte. So konnten die untersuchten Probekörper sowohl mit Wasser durchströmt werden, als auch einer triaxialen Belastung ausgesetzt werden. Während der Erosionsversuche wurde die Durchlässigkeit der Probekörper gemessen und das ausgespülte Feinmaterial portionsweise aufgefangen.

Auf Grundlage der Modellversuche wurden verschiedene Komponenten der modifizierten Durchlässigkeitszelle weiterentwickelt. Dazu gehören unter anderem die innere Kopfplatte und das Sammel- und Auffangsystem für Feinmaterial und Wasser.

Versuchsablauf

Probekörperherstellung: Nach dem optimierten Verfahren wurde das Versuchsmaterial teilgesättigt und portionsweise in einen teilbaren Zylinder gefüllt, in dem das Material stufenweise verdichtet wurde. Der Probekörper wurde daraufhin eingefroren und in gefrorenem Zustand in das Versuchsgerät eingebaut.

Sättigungsphase: Dem eingebauten Probekörper wurde von unten mit aufwärtsgerichtetem Wasserstrom bei niedrigem Gradienten Wasser zugeführt, bis sich keine Luftblasen mehr darin befanden. Daraufhin wurde über Nacht ein Sättigungsdruck aufgebracht.

Suffosionsversuch: Der Wasserstrom erfolgte abwärtsgerichtet bei verschiedenen hydraulischen Gradienten. Für Volumenintervalle von 5 l durchströmter Sickerwassermenge wurde jeweils das erodierte Material aufgefangen und die Durchlässigkeit der Probekörper gemessen.

Kompressionsversuch: Die isotrope Belastung wurde stufenweise bis zu einer maximalen effektiven Spannung von $\sigma' = 350$ kPa erhöht. Dabei wurde die Volumenänderung des Probekörpers mit Hilfe eines Druckerzeugers gemessen.

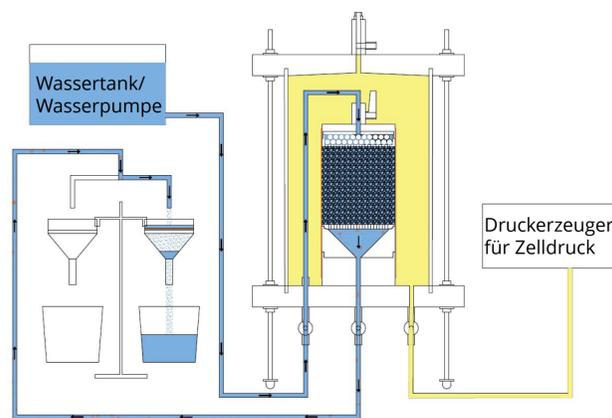


Abb. 3: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus für die Suffosionsversuche

Versuchsergebnisse

Während der Erosionsversuche erodierte zwischen 7,6 und 62,7 g Feinmaterial, was einem Anteil von 3 bis 11 Prozent des anfänglichen Feinkorngehaltes entspricht.

Es wurden Durchlässigkeitsbeiwerte k zwischen 0,18 und $1,44 \times 10^{-2}$ cm/s ermittelt.

Einen Einfluss auf das Erosionsverhalten hatten unter anderem die Lagerungsdichte, dynamische Einwirkungen auf das Versuchsgerät, der einwirkende hydraulische Gradient und das Gesamtsickervolumen, das den Probekörper durchströmte.

Die Durchlässigkeit wurde wesentlich durch die Lagerungsdichte und Veränderungen des hydraulischen Gradienten beeinflusst.

Einflüsse auf das Kompressionsverhalten

Vergleichend mit den Kompressionsversuchen in der modifizierten Durchlässigkeitszelle wurden zusätzlich konventionelle Triaxialversuche durchgeführt. Der Vergleich aller Kompressions- und Triaxialversuche zeigt, dass unter anderem das Versuchsmaterial und die Lagerungsdichte einen Einfluss auf das Kompressionsverhalten haben.

Wesentliche Auswirkungen hatte zudem die Masse erodierten Materials. Je mehr Material während der Durchströmung der Probekörper ausgespült wurde, umso größer war auch die gemessene Volumenänderung und der Kompressionsbeiwert der Probekörper. Somit wurde die Annahme bestätigt, dass sich eine Suffosion auf das Kompressionsverhalten von Böden auswirken kann.

Einen weiteren Einfluss auf die Messergebnisse hatte das verwendete Versuchsgerät. In allen Fällen wurden in der Triaxialzelle geringere Volumenänderungen gemessen als in der modifizierten Durchlässigkeitszelle. Die Grund hierfür war jedoch während der Bearbeitung der Diplomarbeit noch nicht bekannt und könnte verschiedene Ursachen haben.

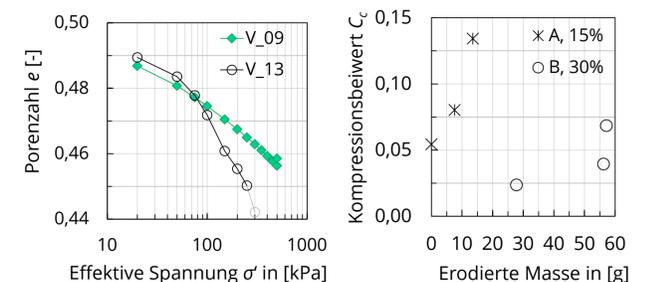


Abb. 4: Einfluss des Versuchsgerätes und der erodierten Masse auf das Kompressionsverhalten der untersuchten Probekörper. Grün: Triaxialversuche; Schwarz: Modellversuche

Zusammenfassung

Die Untersuchungen verschiedener Versuchsmaterialien bezüglich ihres Erosions- und Kompressionsverhalten haben gezeigt, dass diese durch verschiedene Aspekte wie die Lagerungsdichte, den Versuchsablauf oder das Versuchsgerät beeinflusst werden können.

Es konnte zudem ein wesentlicher Einfluss von Suffosion auf das Kompressionsverhalten der Probekörper gemessen werden.

Einige Zusammenhänge, die im Rahmen der Arbeit ermittelt wurden, konnten durch den Vergleich mit Ergebnissen anderer Autoren bestätigt werden.

Um in Zukunft verlässlichere Ergebnisse in der modifizierten Durchlässigkeitszelle messen zu können, sind weitere Optimierungen am Versuchsgerät erforderlich.

Projekt
Diplomarbeit

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

Wissenschaftliche Betreuung
Dipl.-Ing. Johannes Welsch, TU Dresden

Abgabe
September 2019