

Bestimmung von kleinen Bodenverschiebungen im Erddruckmodellversuchsstand

(Investigations of small displacements in a earth pressure model)

Andre Filipe Pires Fernandes

Einleitung

Der Wunsch Verformungen innerhalb des Bodens messen zu können, ist schon lange Bestandteil der Geotechnik. Bis in die 1990er Jahre wurden Verformungen am Erdboden noch manuell gemessen. Ab den 1990er Jahren wurde, durch die Entwicklung der „Particle Image Velocimetry“ (PIV) -Methode für die Geotechnik durch R. J. Adrian, die Erfassung von Verformungen mittels Photographien möglich. Dabei werden, unter Anwendung verschiedener Algorithmen, Partikel-positionen in aufeinanderfolgenden Bildern gesucht und miteinander verglichen. Aus der resultierenden Positionsveränderung lassen sich dann Verschiebungsvektoren bestimmen. Im Rahmen dieser Diplomarbeit sind Erddruckversuche mit zur Hilfenahme des im geotechnischen Institut Dresden vorliegenden Modelversuchsstandes durchgeführt wurden. In den Versuchen wurde eine Versuchswand parallel zum Modelboden verschoben. Für diese vorgegebenen Verschiebungen sind die Erddruckkraft und über die PIV-Methode auch die dazugehörige Verformung im Boden bestimmt wurden. Zur Bestimmung der Verschiebungswerte wurden aktive und passive Erddruckversuche durchgeführt. Ein weiterer Bestandteil der Arbeit liegt in der Bestimmung von kleinen Verschiebungen bei der Ausübung von zyklischen Wandbewegungen. Zudem wurden die in den Versuchen ermittelten Erddrücke mit ausgewählten Literaturwerten verglichen. Dabei wurden ebenfalls die theoretischen Gleitflächen und die aus den Versuchen ermittelten Gleitflächen, die mit Hilfe von PIV ermittelt worden, berücksichtigt. Für die durchgeführten Versuche wurden zwei verschiedene Sande (Dresdner Sand und Filtersand) mit unterschiedlichen Lagerungsdichten (locker und dicht) verwendet.

Einflüsse auf die Erddruckbestimmung

Um die gemessenen Kräfte aus den Versuchen mit denen aus der Literatur ermittelten Erddruckkräften zu vergleichen, war eine Korrektur der gemessenen Kraft notwendig. Bei der Korrektur wurden die Einflüsse aus der Messtechnik und dem Versuchskasten (Abb. 1) berücksichtigt.

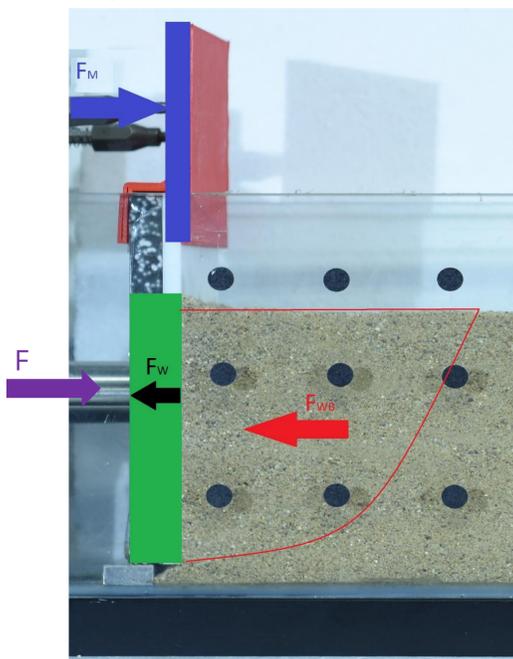


Abb. 1 Einflüsse auf die Erddruckbestimmung (hier Messung eines passiven Erddruckes)

Zur Ermittlung der Erddruckkraft E werden die Einflussfaktoren und die gemessene Kraft F verwendet:

$$E = F - (F_W + F_M) - F_{WB} \quad (1)$$

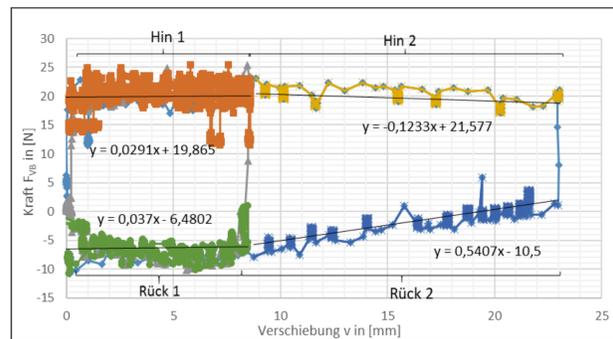


Abb. 2 Reibungsfunktion F_{VB} aus Vorversuchen

Aus Vorversuchen wurde die Reibungsfunktion F_{VB} ($F_W + F_M$) bestimmt (siehe Abb. 2). Mit Hilfe von GeoPIV-RG wurde die Gleitfläche bzw. der Gleitkörper bestimmt. Die Gleitfläche wurde zur Bestimmung der Reibungskräfte zwischen Versuchswand und Boden (F_{WB}) verwendet.

Aktiver und passiver Erddruck

Nach der Korrektur und Bestimmung der passiven und aktiven Erddruckkraft wurden diese Werte mit denen in der Literatur angegebenen Werten verglichen. Für den Vergleich wurden unter anderem Ansätze nach Coulomb, Streck und Sokolovski mit einbezogen. Neben dem Vergleich der aktiven und passiven Erddruckkraft (Abb. 3) wurden auch die Ansätze zur Bestimmung der passiven Grenzverschiebung (Abb. 4) und einige Mobilisierungsansätze miteinander verglichen.

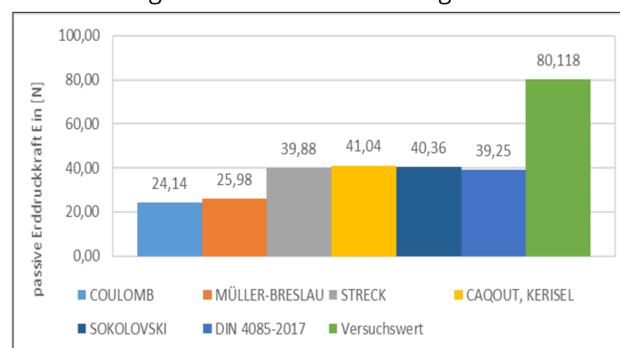


Abb. 3 Vergleich der passiven Erddruckkraft (Dresdner Sand, dichter Lagerungszustand)

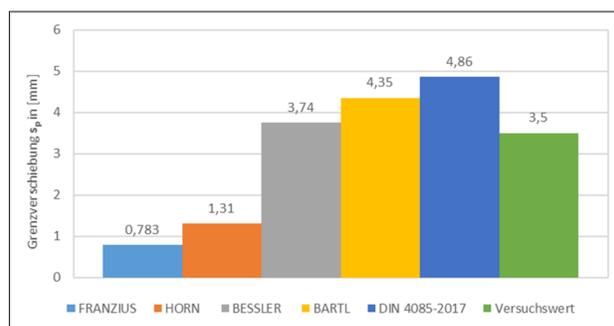


Abb. 4 Vergleich der passiven Grenzverschiebung (Dresdner Sand, dichter Lagerungszustand)

Zyklischer Erddruck

Neben aktiven und passiven Erddruckversuchen wurden auch zyklische Erddruckversuche durchgeführt. Hierbei wurden insgesamt drei aktive und passive Phasen mit zwei unterschiedlichen Amplituden (3 mm, 6 mm) gefahren. Hierbei wurden die Kräfte ebenfalls korrigiert und der Kraft-Verschiebungsverlauf dargestellt (Abb. 5). Anschließend wurden die Versuche untereinander verglichen. Neben der Darstellung des Kraft-Verschiebungsverlaufes wurden ebenfalls die inneren Bodenverformungen in Form von zwei ausgewählten Punkten durch GeoPIV-RG dargestellt.

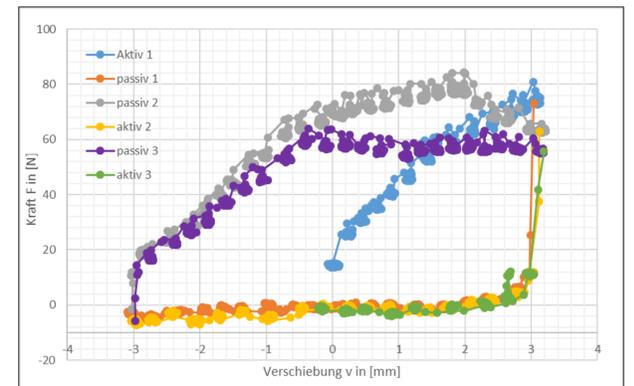


Abb. 5 Kraft-Verschiebungsverlauf des zyklischen Erddrucks (Dresdner Sand, dichte Lagerung, Amplitude: 6 mm)

Diese inneren Bodenverformungen wurden dabei miteinander verglichen und anschließend interpretiert.

Zusammenfassung

Die Ermittlung und Auswertung der Erddruckversuche und Randbedingungen zeigte, dass die Ermittlung der passiven und aktiven Erddruckkraft von vielen Faktoren abhängig ist. So haben Randbedingungen, wie die Reibung, einen großen Einfluss auf die erhaltenen Versuchsergebnisse. Die aus der Literatur ermittelten Werte weichen von denen im Versuch erhaltenen Werte teilweise ab. Große Unterschiede sind vor allem im dichten Lagerungszustand zu finden. Im Rahmen der Diplomarbeit ließen sich aber auch zahlreiche Ansätze bestätigen. So lieferte unter anderem die Bestimmung der Grenzverschiebung nach BESSLER gute Ergebnisse. Für die zyklischen Erddruckversuche waren komplexe Verhaltensmuster erkennbar. Es wurde festgestellt, dass bei zyklischen Erddruckbewegungen sich die aktiven und passiven Bewegungen gegenseitig beeinflussen und so eine Bestimmung der Erddruckkräfte erschweren. Es konnte zudem bei vielen Versuchen festgestellt werden, dass die Versuchsrandbedingungen bei den hier vorhandenen kleinen Erddruckkräften eine entscheidende Rolle spielen. So wurden z.B. negative aktive Erddruckkräfte bestimmt (vgl. Abb. 5), welche aufgrund einer zu großen Kraft F_{VB} entstand. Diese ist durch Sandeinlagerungen zwischen der Versuchswand und den Scheiben zu erklären. Bei den zyklisch ausgeführten Versuchen verschieben sich Bodenpartikel in Bereichen mit aktiver und passiver Gleitfläche für beide Bewegungsphasen, wobei hier vor allem eine Verschiebung in vertikaler Richtung nach unten bemerkbar wurde. In Bereichen mit nur der passiven Gleitfläche ist nur eine Bewegung der Bodenpartikel bei passiven Phasen bemerkbar. Hier verschieben sich die Bodenpartikel hauptsächlich horizontal in Bewegungsrichtung der Versuchswand, wobei auch eine vertikale Verschiebung nach oben erfolgt. Nach einer großen Anzahl abgeschlossener Zyklen ist eine Umwälzung des Bodens zu erwarten, da sich hinter der Wand eine Böschung einstellen wird, wonach bei passiven Phasen der Boden wieder in den aktiven Bereich (der Böschung hinab) rollt.

Projekt
Diplomarbeit

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

Wissenschaftliche Betreuung
Dipl.-Ing. Markus Uhlig, TU Dresden

Abgabe
November 2018