

Konsolidierte triaxiale Kompressionsversuche an wassergesättigten Böden nach DIN EN ISO 17892-9: 2018

Versuchsauswertung

Probenhöhe nach der Konsolidation ist entweder messtechnisch oder rechnerisch nach Gleichung zu ermitteln. Die Querschnittsfläche des Probenkörpers A_{kor} in cm^2 variiert mit der Versuchsdauer und ergibt sich wie in Gleichung (1) dargestellt aus der Höhen- und Volumenänderung des Probenkörpers.

$$A_{kor} = \frac{V_i - \Delta V}{H_i - \Delta H} \quad (1)$$

Dabei ist:

H_i	die Anfangshöhe des Probenkörpers in cm
V_i	die Anfangsvolumen des Probekörpers in cm^3
ΔH	die Änderung der Höhe des Probekörpers in cm
ΔV	die Volumenänderung des Probekörpers in cm^3

Des Weiteren ist rechnerisch eine Korrektur für die durch Gummihüllen auf den Probekörper aufgebrachten Spannungen zu bestimmen. Für die Abscherphase muss bei Verwendung vertikaler Filterstreifen eine Korrektur der totalen Vertikalspannungen während der ersten 2 % Dehnung erfolgen. Die entsprechenden Gleichungen sind DIN EN ISO 17892-9 zu entnehmen. Im Rahmen dieser Übung wird auf Spannungskorrekturen verzichtet.

Insbesondere wenn ein Aufnehmer zur Messung der Kraft außerhalb der Triaxialzelle liegt, entspricht die gemessene Kraft nicht der Kraft, die in die Probe geleitet wird. Die Vertikalspannung σ_v in kN/m^2 ergibt sich daher unter der Annahme einer isotropen Konsolidierung vereinfacht nach:

$$\sigma_v = \frac{\Delta P_c}{A_{kor}} + \sigma_h \quad (2)$$

Dabei ist:

σ_h	die Horizontalspannung in kN/m^2
ΔP_c	die Änderung der aufgebrachten Kraft bezogen auf die Konsolidierungsphase in kN/m^2

Die totale Vertikaldehnung ϵ_v ergibt sich als Verhältnis von totaler Volumenänderung während des gesamten Versuchs bezogen auf die Anfangshöhe des Probenkörpers, siehe Gleichung (3). Die Vertikaldehnung während des Abscherens ϵ_{sv} ergibt sich nach Gleichung (4) als Verhältnis von Volumenänderung nach der Konsolidation bezogen auf die Höhe des Probenkörpers nach der Konsolidation. Die totale volumetrische Dehnung ϵ_{vol} wird nach Gleichung (5) bestimmt. Die volumetrische Dehnung während des Abscherens ϵ_{svol} ergibt sich aus Gleichung (6).

$$\epsilon_v = \frac{\Delta H}{H_i} \quad (3)$$

$$\epsilon_{sv} = \frac{\Delta H - \Delta H_c}{H_i - \Delta H_c} = \frac{\Delta H_{ci}}{H_c} \quad (4)$$

$$\epsilon_{vol} = \frac{\Delta V}{V_i} \quad (5)$$

$$\epsilon_{svol} = \frac{\Delta V - \Delta V_c}{V_i - \Delta V_c} = \frac{\Delta V_{ci}}{V_c} \quad (6)$$

Dabei ist:

H_c	die Höhe des Probekörpers am Ende der Konsolidation in mm
ΔH	die totale Höhenänderung in mm
ΔH_c	die vertikale Höhenänderung während der Konsolidation, einschließlich jedweder vertikalen Höhenänderung während der Sättigung (falls gemessen) in mm
ΔH_{ci}	die Änderung der Höhe des Probekörpers nach Sättigung und Konsolidation in mm
ΔV	die totale Volumenänderung in cm^3
ΔV_c	die Volumenänderung bis zum Ende der Konsolidation in cm^3
ΔV_{ci}	die Volumenänderung nach Sättigung und Konsolidation in cm^3

Ein Versuchsbericht für einen Triaxialversuch beinhaltet in der Regel neben den beschreibenden Kenngrößen eine Darstellung des Versuchsablaufs über alle Versuchsphasen inklusive der Versuchsdaten, Diagrammen, Informationen zum Bruchzustand und den effektiven Scherfestigkeitsparameter. Typische Diagramme zur Beschreibung der Versuchsablaufs sind:

- Volumen während der Konsolidation über der Quadratwurzel oder dem Logarithmus der Zeit;
- Scherspannung $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ oder Deviatorspannung $(\sigma_1 - \sigma_3)$ über Vertikaldehnung beim Abscheren ϵ_{sv} ;
- Änderung des Porenwasserdrucks Δu beim Abscheren über Vertikaldehnung ϵ_v (für undrained Versuche);
- volumetrische Dehnung beim Abscheren ϵ_{svol} über Vertikaldehnung ϵ_v (für drained Versuche)

Für die Ingenieurspraxis sind insbesondere die effektiven Scherparameter c' und ϕ' von Relevanz, welche in der Regel aus mindestens drei Teilversuchen abgeleitet und mittels verschiedener Grafiken ermittelt werden. In der Regel verwendet man:

- a) die Mohr'schen Kreise im Bruchzustand für jeden der Teilversuche und die Ableitung der Tangente an den Mohr'schen Kreisen (vgl. Bild 1).
- b) die Spannungspfade $(\sigma'_1 - \sigma'_2)/2$ über $(\sigma'_1 + \sigma'_2)/2$ und die anschließende Ableitung des Gradienten der Bruchlinie nach dem Punkt des Bruchs (Bild 2) und Gleichungen (7) und (8).

$$\sin \phi' = \tan \alpha' \quad (7)$$

$$c' = \frac{k}{\cos \phi'} \quad (8)$$

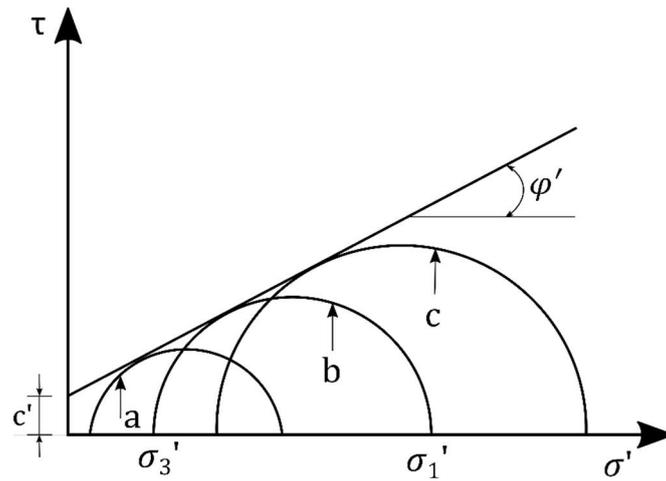


Bild 1: Effektive Mohr'sche Spannungskreise im Bruchzustand (eigene Darstellung nach DIN EN ISO 17892-9: 2018, S. 30)

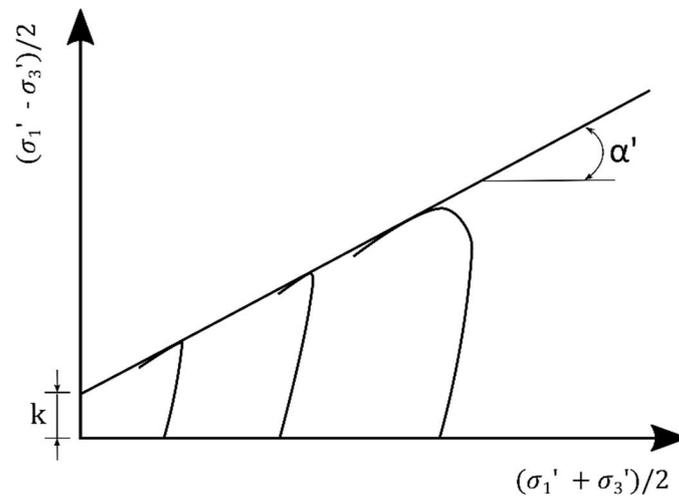


Bild 2: Beispiel von effektiven Spannungspfaden während des Abscherens (eigene Darstellung nach DIN EN ISO 17892-9: 2018, S. 31)