

- Gruppe Geotechnik
- Forschung
- Beratung
- Lehre

Forschungsprojekt TCDyn



Kooperationsprojekt zwischen dem Forschungs- und Transferzentrum Leipzig e.V. (FTZ) und der Firma GEOMATION GmbH

Gefördert durch BMWi, KF 2180220SA4

Laufzeit: 01.07.2015–31.08.2017

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hintergrund

Es ist von baupraktischer Bedeutung, Aussagen über die mechanischen Spannungszustände von Bodenproben unter mehraxialer Belastung gewinnen zu können. Die Beschreibung und Bewertung dieser Spannungszustände im Labor erfolgt durch die statischen Triaxialversuche nach DIN 18137-2. Bei der Durchführung einer statischen Triaxialuntersuchung wird die Bodenprobe mit den Umgebungsspannungen in einer bestimmten Tiefe simuliert. Dabei erfolgt eine stetige Erhöhung der axialen Belastung, was zu reversiblen und irreversiblen Verformungen des Dreiphasensystems Boden-Wasser-Luft führt. Der axiale Vorschub wird soweit erhöht, bis das zu untersuchende Bodenelement keine Belastung mehr aufnehmen kann; es kommt zum Scherversagen der Probe. Von großem baupraktischem Interesse sind dabei plastische und elastische Verformungsvorgänge, die durch komplexe dynamische Anregungen hervorgerufen werden. Diese dynamischen Belastungen können sowohl gewollt (Verdichtungsvorgang) als auch parasitär (Maschinen-Baugrund-Interaktion) sein. Eine Einkopplung einer hochfrequenten Last im Bereich von 20–80 Hz kann dabei von einer Überlagerung der Bewegungsrichtung sowie einer zeitlich verzögerten Rückwirkung des Porenwasserdrucks im teilgesättigten Boden begleitet werden.

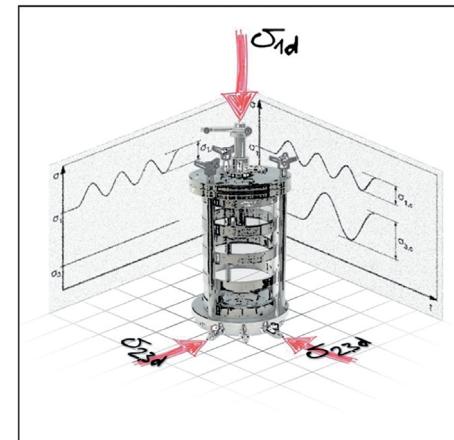


Abb. 1: Schematische Darstellung dynamischer Triaxialuntersuchungen

Das Forschungsvorhaben

Der innovative Kern des Forschungsvorhabens bestand in der Entwicklung einer neuartigen hochfrequenten Belastungsprüfung von Böden. Vor diesem Hintergrund hatte das durch das BMWi geförderte Forschungs- und Entwicklungsprojekt »TCDyn« die technische Neuentwicklung von zusätzlichen Anlagenkomponenten für eine Triaxialanlage zum Ziel. In Kooperation zwischen dem FTZ Leipzig und der Firma GEOMATION wurden eine Hochfrequenz-Triaxialzelle sowie eine neuartige Presse (Druckerzeuger) zur Generierung eines hochdynamischen Drucks bzw. Volumenstroms geplant, gebaut und erfolgreich getestet. Das Herzstück der Hochfrequenz-Triaxialzelle bildet der volumenkompensierte Druckausgleicher (Abb. 2). Durch den Einsatz des Druckausgleichers ist eine vollständige Entkopplung des Einflusses der axialen Spannung $\sigma_{1,dyn}$ auf die radiale Spannung $\sigma_{2,3,dyn}$ möglich. Nur unter dieser Voraussetzung ist eine reine axiale Belastung der Bodenprobe im hochfrequenten Spektrum möglich. Um eine, bezogen auf die dynamische Axial-



Abb. 2: Hochfrequenz-Triaxialzelle mit volumenkompensierten Druckausgleicher

G² Gruppe Geotechnik
an der HTWK Leipzig

HTWK Leipzig
Karl Liebknecht Straße 132
04277 Leipzig

Ansprechpartner
Prof. Dr.-Ing. R. Thiele
Tel.: 0341-3076 6950
Fax: 0341-3076 6404
ralf.thiele@htwk-leipzig.de

Prof. Dr.-Ing. S. Al-Akel
Tel.: 0341-3076 6439
said.al-akel@htwk-leipzig.de

Dr.-Ing. F. Sandig
Tel.: 0341-3076 6636
friedemann.sandig@htwk-leipzig.de

Besucheradresse
Karl Liebknecht Straße 143
Forschungscampus
Aufgang A, EG (rechts), ME 05
04277 Leipzig

- Gruppe Geotechnik
- Forschung
- Beratung
- Lehre

Forschungsprojekt TCDyn



belastung, synchrone oder auch asynchrone Radialbelastung gewährleisten zu können, muss dabei eine große Flüssigkeitsmenge bewegt werden, dies zeigt die Notwendigkeit dieses neuen Druckerzeugers. Die Besonderheit bildet dabei der rein elektro-mechanische Antrieb des Druckerzeugers.

Methodik

Die Aufgabe des FTZ bestand in der technischen Überprüfung der bestehenden Triaxialanlage sowie der Neuentwicklung und dem Entwurf wissenschaftlicher Untersuchungsansätze für die dynamischen Triaxialversuche. Dabei wurden systematisch Anlagenparameter geprüft und die Ergebnisse mit dem Hersteller GEOMATION abgeglichen. Eine systematische Prüfung erfolgte dabei in mehreren Schritten. Zuerst wurde die Prüfung an einem Testdummy (Stahlzylinder oder Gummizylinder) durchgeführt. Diese Herangehensweise führte zu reproduzierbaren Ergebnissen, die eine gute Diskussionsbasis bildeten. Anschließende Untersuchungen mit baupraktischem Hintergrund wurden am vollgesättigten »Karlsruher Sand« sowie an teilgesättigten Schluffböden durchgeführt. Eine besondere Hürde stelle dabei der Sättigungsvorgang dar. Ein Lösungsansatz, der zukünftig verfolgt wird, ist das Durchströmen der Bodenprobe mit CO₂ Gas, was eine bessere Löslichkeit in Wasser aufweist als Luft. Eine weitere Aufgabe war die Schaffung einer schnelleren Datenerfassung für eine zielgerichtete dynamische Triaxialuntersuchung. Mit der Umrüstung der Anlage ist aktuell eine Messwert erfassung der axialen Auflast oder der Setzung von bis 1000 Messwerten pro Sekunde möglich.

Entwicklungen

Das Projekt wurde am 31.08.2017 erfolgreich abgeschlossen. Die angestrebten Entwicklungsziele, der volumenkompensierte Druckausgleicher und eine Hochfrequenz-Triaxialzelle, wurden erreicht. Außerdem sind bei der Erarbeitung des Vorhabens weitere Hilfsmittel entwickelt worden, die auch nach dem Projektende genutzt werden. Dies ist zum Beispiel eine detaillierte Übersicht über alle statischen und dynamischen Triaxialversuche mit den für die Messung notwendigen Tests (Abb. 4). Die Übersicht steht auch auf unserer Internetseite (www.g2-gruppegeotechnik.com) zum kostenlosen Download zur Verfügung. Außerdem wurde die ebenfalls kostenlose Auswertungs- und Visualisierungssoftware »Mohr-Coulomb'sche Bruchbedingung« für die Bearbeitung der erhobenen Daten von statischen und dynamischen Triaxialmessungen erstellt.



Abb. 3: Dynamische Triaxialanlage mit Druckerzeuger und Druckausgleicher

	Triaxialversuche			
	Statische Triaxialversuche	Dynamische Triaxialversuche*	CU-Versuch	CD-Versuch
Anwendung	statische Belastung mit konstantem oder schwellendem druck auf konstante Vorbelastung	statische Belastung und schwellende Belastung mit konstantem oder schwellendem druck auf konstante Vorbelastung	statische Belastung und schwellende Belastung mit konstantem oder schwellendem Druck auf konstante Vorbelastung	statische Belastung und schwellende Belastung mit konstantem oder schwellendem Druck auf konstante Vorbelastung
Zielgruppen	gründig	gründig	gründig	gründig
Schneckenart	Standard-Schnecke (S)	Elasto-Schnecke (E)	Elasto-Schnecke (E)	Elasto-Schnecke (E)
Spannungsarten	gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung) gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung)	gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung) gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung)	gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung) gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung)	gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung) gleichzeitige Axial- und Radialspannung (Gleichspannung)
Max. Frequenz	ca. 1 Hz	ca. 1 Hz	ca. 1 Hz	ca. 1 Hz
Konsole/Druckzylinder	-	-	-	-
Volumen	U, L, h, R _u , R _d	U, L, h, R _u , R _d	U, L, h, R _u , R _d	U, L, h, R _u , R _d

*TCDyn ist eine Abkürzung für Triaxialversuch mit Druckerzeuger und Druckausgleicher. Der Begriff TCDyn steht für Triaxial-Dynamik.

Übersicht über die verschiedenen Versuchsanordnungen im TCDyn. Die Versuchsanordnungen sind in verschiedene Gruppen unterteilt: Statische Triaxialversuche, Dynamische Triaxialversuche*, CU-Versuch, CD-Versuch, und Differenzdruckversuch. Die Tabelle zeigt die Anwendung (gründig), Zielgruppen, Schneckenart, Spannungsarten, Max. Frequenz, Konsole/Druckzylinder, und Volumen für jede Gruppe.

Allgemeiner Ablauf				
1. Proben vorbereiten	2. Spannungsaufbau	3. Konsolidieren	4. Abnehmen	
• Proben vorbereiten	• Spannungsaufbau	• Konsolidieren	• Abnehmen	
• Vorbereitung	• Vorbereitung	• Vorbereitung	• Vorbereitung	
• Vorbereitung	• Vorbereitung	• Vorbereitung	• Vorbereitung	

Übersicht über die verschiedenen Versuchsanordnungen im TCDyn. Die Versuchsanordnungen sind in verschiedene Gruppen unterteilt: Statische Triaxialversuche, Dynamische Triaxialversuche*, CU-Versuch, CD-Versuch, und Differenzdruckversuch. Die Tabelle zeigt die Anwendung (gründig), Zielgruppen, Schneckenart, Spannungsarten, Max. Frequenz, Konsole/Druckzylinder, und Volumen für jede Gruppe.

Abb. 4: Übersicht Triaxialversuche