

AKTION

Wissenschafts - und Erziehungskooperation Österreich - Tschechische Republik

Abschlußbericht

Projekt 36p15: Particle Image Velocimetry (PIV) zur Vermessung von Triaxialproben

Forschungskooperation und Studien- und Forschungsaufenthalt
von Studierenden und jungen Wissenschaftlern



Prof. Dr. D. Kolymbas

Ing. Jan Boháč, CSc.

Institut für Geotechnik und Tunnelbau
Universität Innsbruck
Techniker Str. 13
A-6020 Innsbruck
Tel.: +43/512/507 6670
Fax: +43/512/507 2996
dimitrios.kolymbas@uibk.ac.at

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky,
Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta
Albertov 6
CZ-12 843 Praha
Tel.: +420/2/21 95 2205
Fax: +420/2/21 95 2180
bohac@natur.cuni.cz

3. August 2004

1 Ziel

Triaxialversuche werden zur Bestimmung bodenmechanischer Parameter, wie Reibungswinkel und Kohäsion, benutzt. Zur Bestimmung dieser Parameter ist es erforderlich die Stauchung, Volumenänderung und Belastung der Triaxialprobe zu messen. In herkömmlichen Triaxialversuchen wird die Probe, die sich in einer unter hohem Druck stehenden Zelle befindet, von außen vermessen (*globale Wegmessung*). Durch die globale Wegmessung entstehen große Meßfehler, die z.B. durch Bettungsfehler, Systemnachgiebigkeit und Probeninhomogenitäten entstehen. Für wissenschaftliche Untersuchungen sind sie deshalb zu ungenau. Particle Image Velocimetry (PIV) wird zur direkten Wegmessung genutzt. Der Vorteil in der Anwendung von PIV liegt eindeutig in der Möglichkeit der Messung über die gesamte Probenhöhe, da die Messung mit den lokalen Wegaufnehmern nur punktuell ist, und die Aufbringung der Wegaufnehmer die Probeneigenschaften z.B. durch lokale Auflockerung beeinflussen kann.

- ▷ Installation der Kameras zur gleichzeitigen Aufnahme von Bildern der Proben in Triaxialzellen und Vermessung mit Hilfe von LVDT's
- ▷ Kalibrierung der Messungen
- ▷ Programmieren von Software zur Auswertung der Triaxialversuche
- ▷ Durchführung von Versuchsreihen zur Untersuchung des bodenmechanischen Verhaltens unter Berücksichtigung der lokalen und der globalen Verformungsmessung und der Anwendung von PIV
- ▷ Vergleichen der Ergebnisse aus der Wegmessung mit LVDT's, außen befestigten Wegaufnehmern und PIV

2 Projektteilnehmer

Österreich

- ▷ Prof. Dr.-Ing. Dimitrios Kolymbas, Institut für Geotechnik und Tunnelbau, Universität Innsbruck (Institutsvorstand)
- ▷ Dipl.-Ing. Andreas Laudahn, Institut für Geotechnik und Tunnelbau, Universität Innsbruck (Doktorand)
- ▷ cand. ing. Wessam Rinawi, Institut für Geotechnik und Tunnelbau, Universität Innsbruck (Diplomand)

Tschechische Republik

- ▷ Ing. Jan Boháč, CSc., Institut für Hydrogeologie, Ingenieurgeologie und Geophysik, Karls-Universität Prag (Wissenschaftlicher Assistent)
- ▷ Mag. Karel Sosna, Institut für Hydrogeologie, Ingenieurgeologie und Geophysik, Karls-Universität Prag (Doktorand)

3 Projektablauf

▷ **07.07.-09.07.2003**

”Kick-Off meeting” in Prag

- ▷ erstes Treffen aller Projektteilnehmer
- ▷ Besprechungen der Projektinhalte

▷ **06.07.-28.09.2003**

Arbeiten des österreichischen Diplomanden Wessam Rinawi und des tschechischen Doktoranden Mag. Karel Sosna in Prag am Projekt. Die ursprünglich geplante Dauer für die Arbeiten von zwei Monaten war nicht ausreichend. Deshalb blieb Herr Rinawi länger in Prag.

▷ **20.10.-14.12.2003**

In dieser Zeit wurden weitere Versuche in Prag vom österreichischen Doktoranden Andreas Laudahn durchgeführt.

▷ **10.12.-17.12.2003**

Zwischentreffen in Innsbruck zur Besprechung der bisherigen Ergebnisse.

▷ **13.04.-31.05.2004**

In diesem Zeitraum arbeitete der tschechische Doktorand gemeinsam mit den österreichischen Teilnehmern an der Optimierung der Auswertung der Versuche. Die Erkenntnisse der Versuche in Prag wurden in Innsbruck zur Herstellung der notwendigen Vorrichtungen zur PIV-Vermessung der Triaxialproben angewendet.

▷ **27.06.-30.06.2004**

Abschlußtreffen in Prag.

4 Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe der Auswertung digitaler Fotos das mechanische Verhalten von Böden in Triaxialversuchen analysiert werden kann. Die notwendigen Modifikationen der vorhandenen Geräte konnten vorgenommen werden. Das entwickelte mathematische Modell zur Auswertung der Fotos weist derzeit noch einige Unzulänglichkeiten auf. Eine Überarbeitung ist notwendig, um den Einsatz von PIV zu vereinfachen, der z.Zt. eine sehr genaue Einrichtung der Digitalkamera erfordert. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Diplomarbeit Wessam Rinawi vom Juli 2004 am Institut für Geotechnik und Tunnelbau der Universität Innsbruck veröffentlicht.

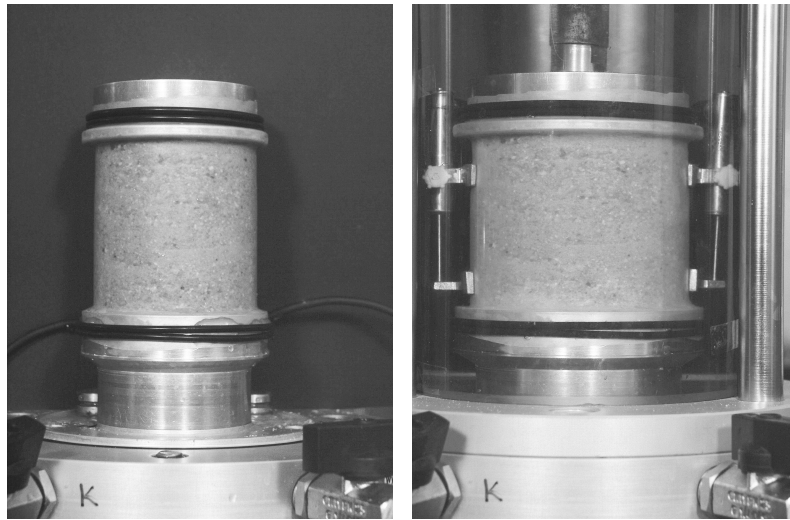


Abbildung 1: Triaxialprobe mit und ohne Triaxialzelle und Wasser

In Abb. 1 sind Fotos einer Triaxialprobe dargestellt, links normal fotografiert und rechts nachdem sie in der Triaxialzelle und Wasser eingeschlossen wurde. Man erkennt, dass sich das Bild verzerrt. Diese Verzerrungen entstehen durch die Brechung des Lichtes, wenn es durch optisch verschieden dichte Medien fällt und muß in den Berechnungen mittels PIV berücksichtigt werden.

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse eines Triaxialversuches, der sowohl konventionell, sowie mit PIV ausgewertet wurde. Der große Vorteil der Anwendung von PIV ist, dass Aussagen über die Verteilung der Verformungen über die gesamte Probe gemacht werden können. Deshalb ist in den Diagrammen ein oberer und ein unterer Wert des Spannungsdeviators q angegeben. In Abb. 3 sind noch einmal die berechneten Verformungen dieses Versuches dreidimensional dargestellt.

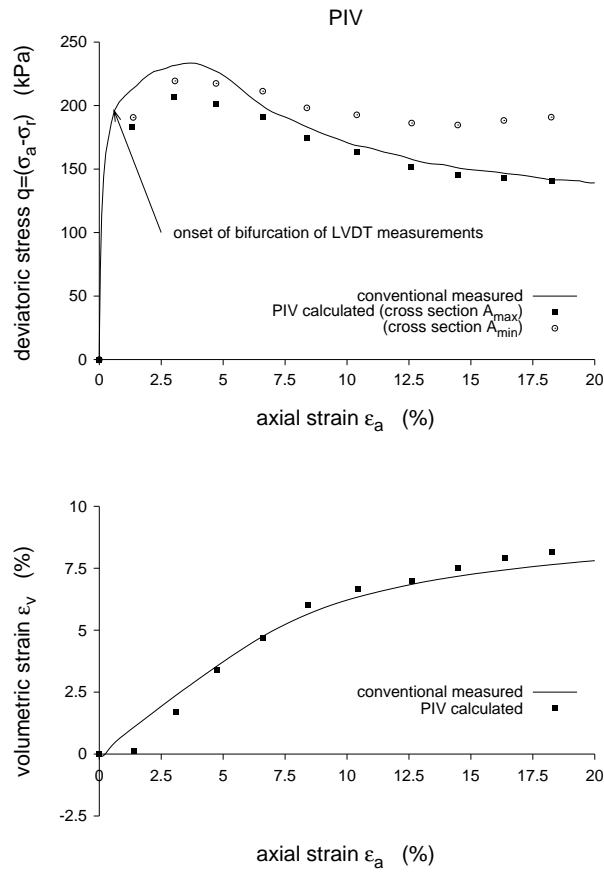


Abbildung 2: Ergebnisse eines Triaxialversuches, konventionell gemessen mittels Wegaufnehmern, sowie mit PIV-Analyse

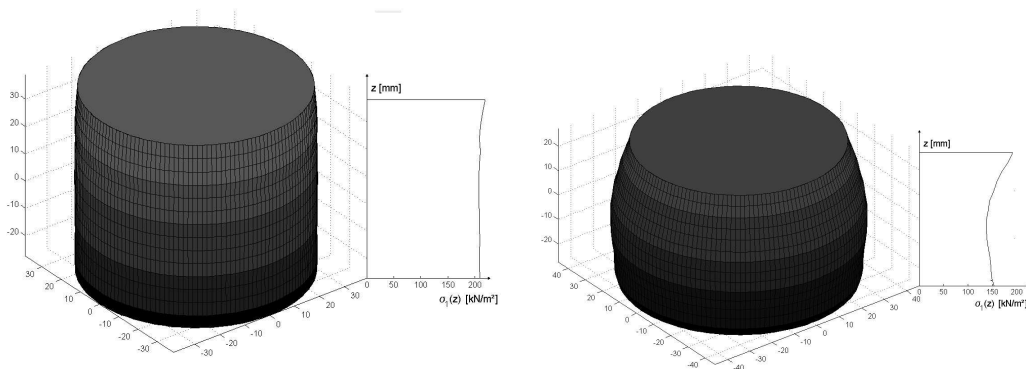


Abbildung 3: Ergebnisse eines Triaxialversuches mit PIV-Analyse

Die Versuche sind sehr anspruchsvoll, da mehrere Fehlerquellen unterdrückt werden mußten. Die Versuche wurden durch die moderne Ausstattung des bodenmechanischen Labors der Karls-Universität und die hervorragende Zusammenarbeit ermöglicht.

5 Publikationen

1. Rinawi, W.: Particle Image Velocimetry (PIV) applied on triaxial tests, MSc. thesis, Institut für Geotechnik und Tunnelbau, Universität Innsbruck, Juli 2004
2. Sosna, K. & Boháč, J.: Využití digitální fotografie pro měření deformací laboratorních vzorků zemin (Use of digital photography for measuring laboratory specimens of soils - in Czech), Proceedings of the Conference "Geotechnika 2004", Strbske Pleso, Orgware - in Press

Schlußwort

Die Zusammenarbeit zwischen den zwei beteiligten Instituten war sehr fruchtbar, so daß weitere Kooperationen entstanden und gegenseitige Besuche geplant sind. Ein weiteres interessantes Forschungsprojekt wurde wieder beim AKTION-Programm eingereicht.

Wir möchten uns bei AKTION für die großzügige finanzielle Unterstützung herzlich bedanken!

Stellvertretend für alle Beteiligten

Prof. Dr.-Ing. Dimitrios Kolymbas