

## Triaxialversuchsgerät nach Terzaghi und Rendulic

LEO RENDULIC publizierte bereits im Jahre 1935 die Wirkungsweise einer einfachen Apparatur zur Aufbringung eines allseitig gleichen Druckes auf Bodenproben, mit deren Hilfe erstmals die Gültigkeit des „Grundgesetzes der Tonmechanik“ versuchstechnisch bestätigt wurde. Demnach setzt sich „der totale Spannungszustand aus den beiden Summanden, dem wirksamen Spannungszustand und dem Porenwasserdruck zusammen“. Im Jahr 1937 entwickelte er „einige Zusatzeinrichtungen“, die einen zweiachsigen totalen (äußeren) Spannungszustand auf den zylindrischen Probekörper sowie die Messung des Porenwasserüberdruckes ermöglichte.

Die auch als „Öldruckapparat“ bekannte Versuchseinrichtung verfügte über einen zentral in der Probe installierten Drainagekern. Auf eine Idee TERZAGHIS zurückgehend wurde eine plastische Drainage in Form eines Sand-Glimmer-Gemisches zur Ableitung des Porenwassers verwendet. Diese Methode wurde als notwendig erachtet, um zu verhindern, dass der Drainagekern den aufgezwungenen Formänderungen einen Widerstand entgegensetzt.



Von links / from the left: Leo Rendulic, Frau Rendulic, Wilhelm Steinbrenner, Karl Terzaghi, Ruth D. Terzaghi, Peter Siedek, Karl Kienzl. 1933.



Triaxial compression test apparatus, combined with pore water pressure measuring equipment, 1937.

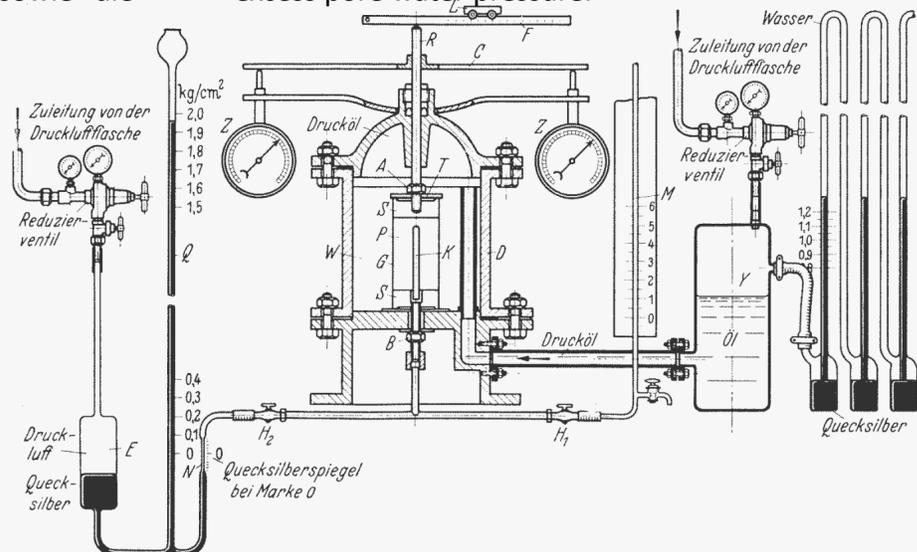
Auf diese Art konnte erstmals eine anisotrope Konsolidation des Probekörpers erreicht werden. Die Beobachtungsdauer einzelner Laststufen wurde von RENDULIC auf Basis der Erkenntnisse von HVORSLEV über das Fließen bindiger Böden vor dem Bruch abgeleitet.

RENDULIC konnte mittels seiner Versuchsanordnung nachweisen, dass ausschließlich die wirksamen Spannungen für die Formänderungen maßgebend sind. Weiters konnte er den signifikanten Einfluss des Porenwasserüberdruckes auf die Festigkeit bestätigen:

*Alle, die bereits Scherversuche mit Tonen durchgeführt haben, wissen, dass man praktisch jeden beliebigen Winkel der inneren Reibung bei Zugrundelegung des totalen Spannungen experimentell erhalten kann, je nach dem Zeitintervall, in welchem die einzelnen Laststufen aufeinander folgen.*

## Triaxial compression apparatus by Terzaghi and Rendulic

LEO RENDULIC published as early as 1935 the principle of a simple apparatus for maintaining hydrostatic pressure on soil samples. By means of this system he was able to verify the “basic law of clay mechanics” for the first time by experimental studies. Following this theory, the “total stress state is the sum of the effective stress state and the pore water pressure”. In the year 1937 he developed some – what he called – “auxiliary devices”, which provide a two-axial total state of stress on cylindrical specimen and allow the measurement of excess pore water pressure.



Schematische Darstellung der Versuchsanordnung des ersten Triaxialapparates: „Öldruckapparat“ von TERZAGHI / RENDULIC [10, 11]; Wien 1933

Rechts: Spezialmanometer zur Messung des Zellen-druckes (5-fach Manometer – vgl. Abb. 22)

P zylindrischer Probekörper (d = 5 cm, h = 8 cm), meist aus Wiener Tegel (Ton)

S Messingstempel

G dünne Gummihaut

W äußeres Druckwasser

K Kern von 0,8 cm Durchmesser aus stark wasser-durchlässigem Sand-Glimmergemisch, zur Ableitung des Porenwassers

H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> Ventile

M Meßrohr

Q Quecksilbermanometer, zur Messung des Porenwasserüberdruckes

D Druckgefäß (vgl. Abb. 21)

Y Ölbehälter

R Stahlstange

F Belastungshebel

L Laufgewicht

Z Meßbühren

E Quecksilberbehälter (mit Druckluftzufuhr)

N Kapillarrohr

Anstelle der Sand-Glimmer-Drainage war zunächst ein starrer Karborundumstift zur Entwässerung verwendet worden. Davon wurde ebenso wie von reinem Sand abgegangen, da sich letzterer unter allseitigem Druck ähnlich einem „starren“ Körper verhält. Sand-Glimmer-Gemische bleiben hingegen auch unter allseitigem Druck stets plastisch, setzen also aufgezwungenen Formänderungen ungefähr denselben Widerstand entgegen wie der Ton.

Schematic of the test setup for the first triaxial compression apparatus (“oil pressure device”) by K. TERZAGHI and L. RENDULIC [10, 11]; Vienna 1933

— on right: special fivefold pressure gauge to measure cell pressure (see Fig. 22)

P cylindrical test specimen (d = 5 cm, h = 8 cm), usually of Vienna clay

S brass piston

G thin rubber membrane

W outside water under pressure

K core (diameter 0.8 cm) of highly water-permeable mixture of sand and mica, to dissipate pore water

H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> valves

M gauge tube

Q mercury pressure gauge to measure excessive pore water pressure

D pressure vessel (see Fig. 21)

Y oil reservoir

R steel rod

F loading arm

L movable weight

Z dial gauges

E mercury reservoir (with compressed air supplied to it)

N capillary tube

Originally a rigid carborundum pin was used instead of the sand/mica cone to drain water off. Both carborundum and pure sand were abandoned, the latter tending to behave like a rigid body when under pressure from all sides. However, mixtures of sand and mica stay plastic also under confining pressure, so they resist deformations imposed from outside to roughly the same extent as clay.

This equipment was also known as “oil pressure apparatus” and provided a central drainage core. Following one of TERZAGHI’s ideas, a sand-mica-mixture was used for dissipating the pore water. This method was considered necessary to avoid any influence of the drainage core on the deformation of the specimen.

In this manner an anisotropic consolidation of the specimen was possible. RENDULIC derived the monitoring time of each load step from HVORSLEV’s knowledge about the plastic behaviour of cohesive soils before failure.

With his test apparatus RENDULIC was able to prove that the effective stresses alone are relevant for the displacement of the specimen. Furthermore, he could confirm the significant influence of excess pore water pressure on strength.

*All those, who have already performed shear tests on clayey soils know that, if total stresses are assumed, one can obtain practically any angle of internal friction, according to the interval between the individual load steps.*