



Development of a portable in-situ direct shear box test apparatus and its application to residual strength estimation of volcanic soils



可搬式原位置繰返し一面せん断試験装置の開発とその適用による火山性土の残留強度の推定

概要 Overview

日本には火山性土が広く分布し、大規模な斜面災害を引き起こすことが指摘されている。火山性土は、多孔質な粒子がセメンテーションによる弱い結合によって保持された非常に脆い構造を有することが多い。一般的な室内試験は、土の採取、運搬等の過程で構造が乱れるため、原位置で土粒子構造を保持したまま試験を行うことが望ましい。残留強度を測定するための試験手法として繰返し一面せん断試験があるものの、変位振幅の値や打ち切りのタイミングが一般化されてない。本研究では、火山性土の残留強度を測定するための繰返し一面せん断試験手法の検討と、既往の研究によって開発された試験装置を改良し繰返し機構を追加することによって新たな可搬式原位置試験装置の開発を行った。さらに、検討した試験手法と開発した装置を用いて、原位置にて火山性土を対象とした残留強度の推定を行った。

Volcanic soils are widely distributed in Japan and have been noted to cause large-scale slope disasters. Volcanic soils are characterized by a very fragile structure of porous particles held together by weak bonds. Since common laboratory tests to determine strength properties disturb the structure during soil sampling, transportation, and other processes, it is desirable to conduct tests while the soil particle structure is retained in situ. A cyclic direct shear test can measure residual stresses but has not been generalized in terms of displacement amplitude values and timing of termination.

In this study, we investigated a cyclic direct shear test method for measuring the residual strength of volcanic soils and developed a new portable in-situ test apparatus by modifying the previously developed device. In addition, the residual strength of volcanic soils was estimated in-situ using the developed apparatus and the test method studied.

繰返し一面せん断試験手法の検討

Examination of cyclic direct shear testing methods

対象とした土試料 Targeted soil sample



Ta-dの様子

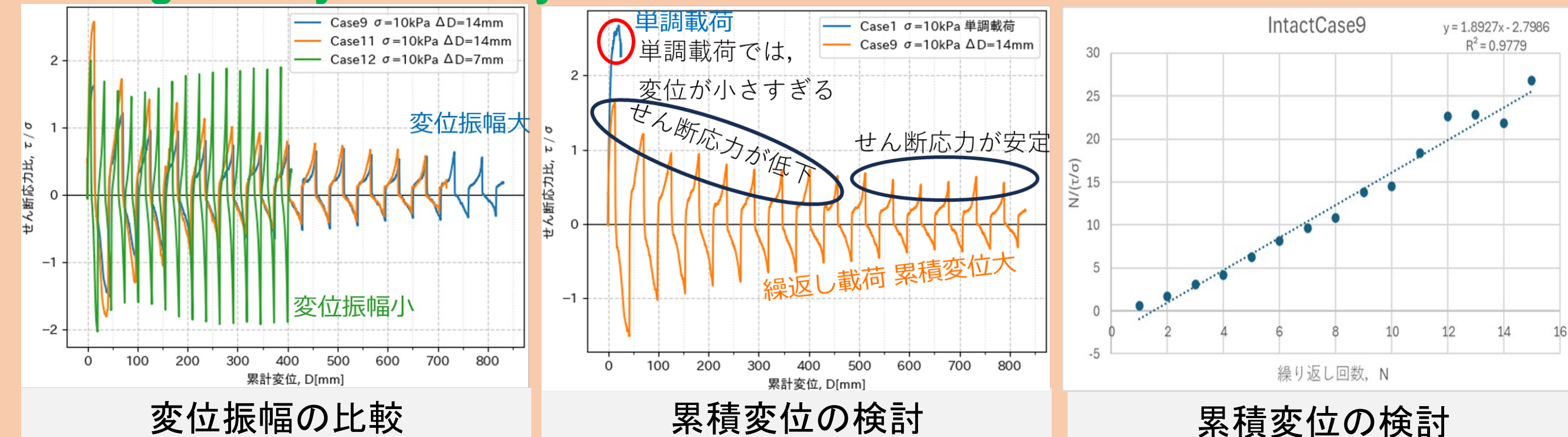


不かく乱試料採取の様子

- 北海道胆振東部地震により大規模な斜面崩壊が発生
Large-scale slope collapse caused by the Hokkaido Eastern Iburi Earthquake.
- 斜面崩壊の原因とされるのは火山性軽石土 (Ta-d)
Volcanic pumice soils (Ta-d) are the most common cause of slope failure.
- 自然含水比が液性限界より高いという特徴がある
Characterized by a natural moisture content ratio higher than the liquid limit.

室内試験による検討

Investigation by laboratory test



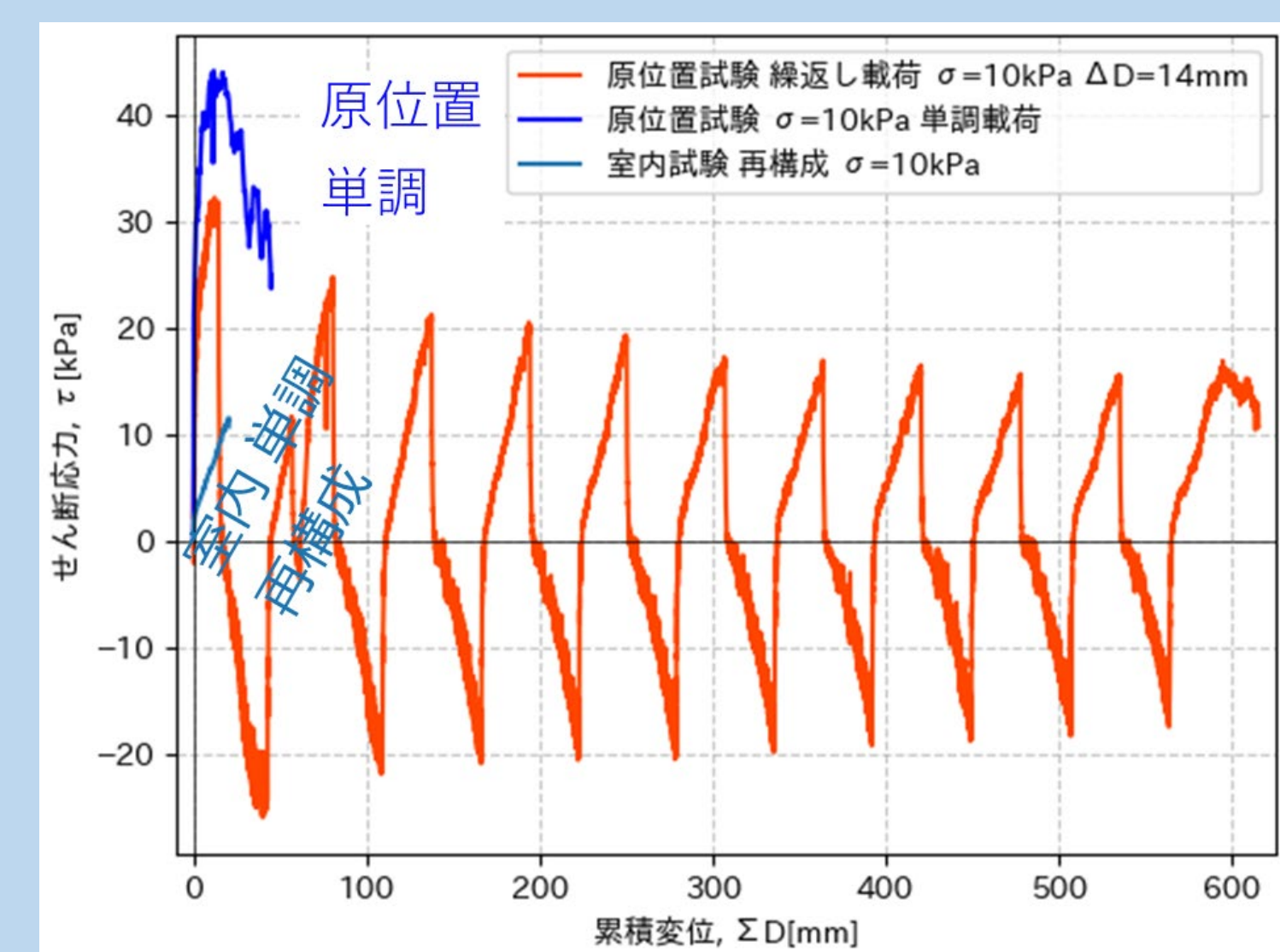
原位置試験にて行うべき繰返し一面せん断試験の手法は以下のとおり

In-situ cyclic direct shear test technique to be performed is as follows

- ピーク強度となる変位よりも大きな変位振幅が必要である
A displacement amplitude must be larger than the displacement of peak stress.
- 残留強度の測定には累積変位500mm以上が必要である
Cumulative displacement of 500 mm is required to measure residual strength.
- 粘土の残留強度を測定する際に用いられる双曲線近似法を火山性土にも適用できる
The hyperbolic approximation method used to determine the residual strength of clay can be applied to volcanic soils..

原位置試験における火山性土の残留強度の推定

Estimation of residual strength of volcanic soils in In-situ Tests



原位置にて実施した繰返し一面せん断試験の結果

せん断応力と相対変位率の関係

Relationships of shear stress and relative displacement

検討した試験手法と開発した試験装置を用いて、原位置にて一面せん断試験を行った

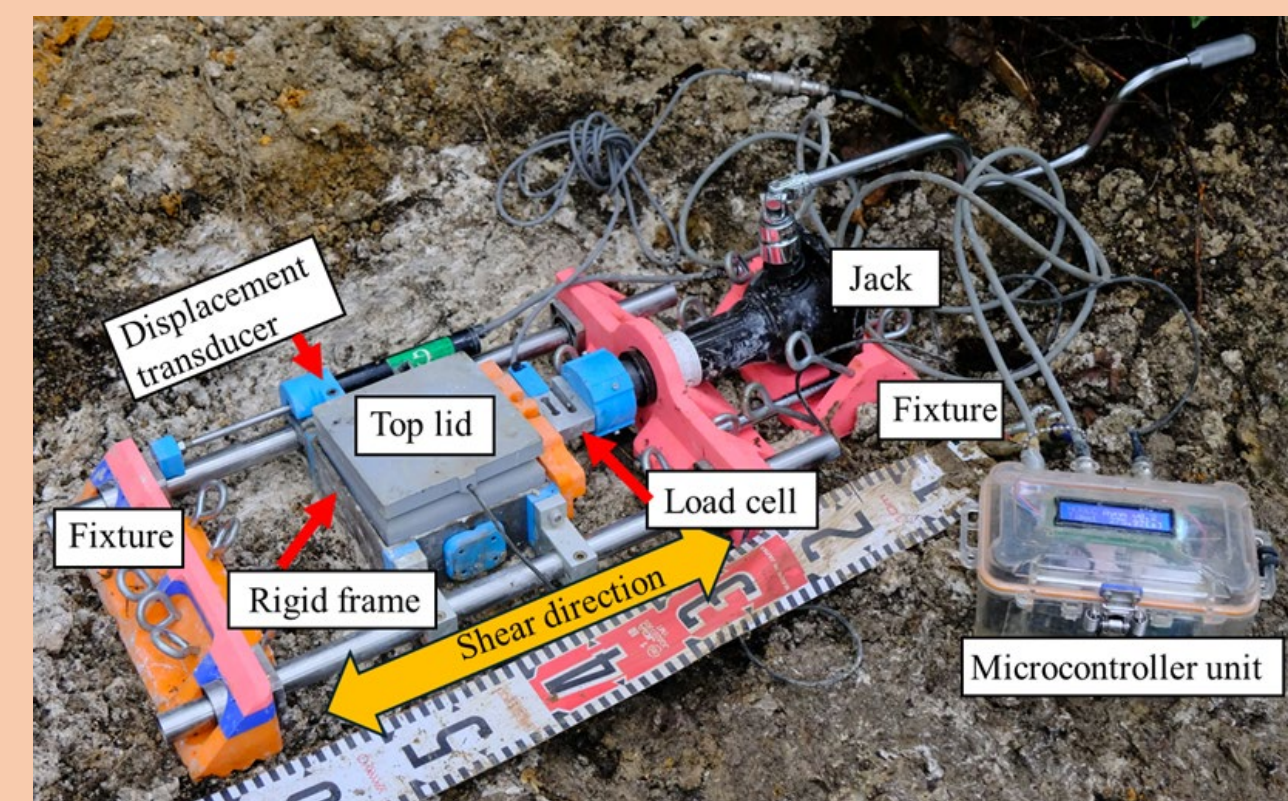
In-situ direct shear tests were conducted using the test apparatus developed.

装置の改善により、滑らかなグラフが得られるようになり、ピーク強度がより分かりやすくなった
The improved equipment provided smoother graphs, making peak stress more easily recognizable.
繰返し試験では、双曲線近似法を用いて残留強度が推定された
In cyclic tests, the hyperbolic approximation method was used to estimate the residual strength .

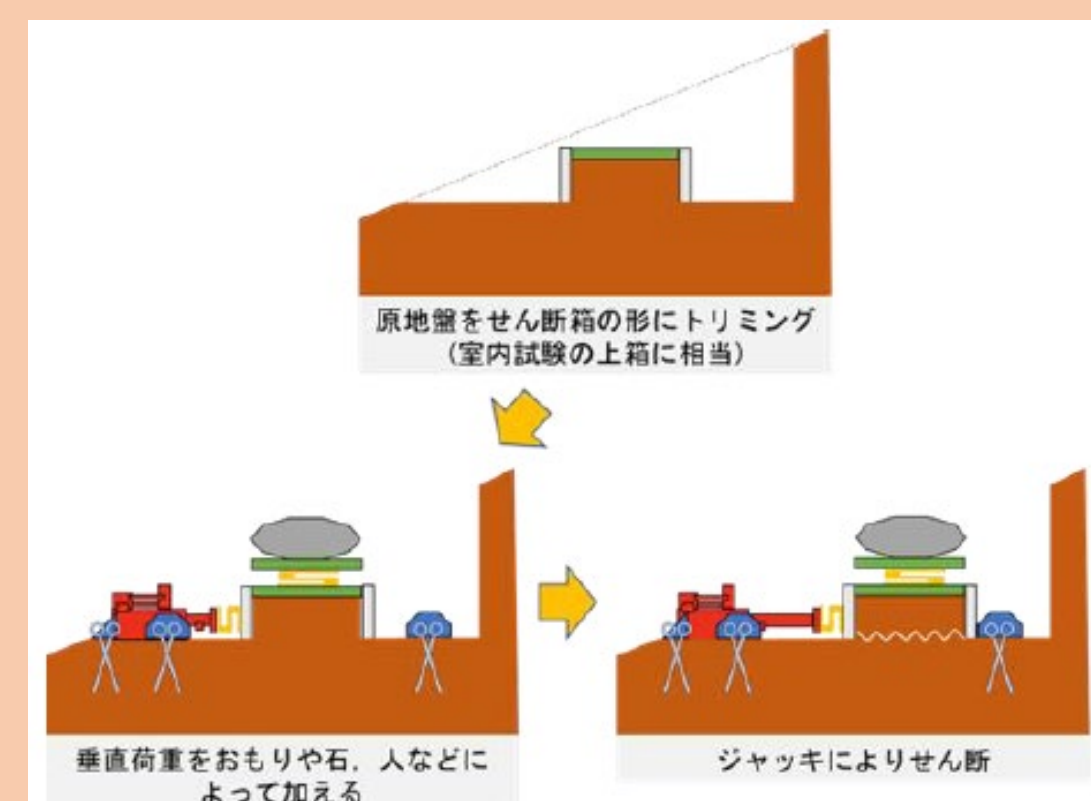
原位置試験装置の開発

Development of in-situ test apparatus

可搬式原位置試験装置のアップデート Update of portable in-situ test apparatus



開発した原位置試験装置



原位置試験の試験手順

既往の試験装置の問題点

Problems with existing test apparatus

- 油圧ジャッキによる非連続な载荷によってピーク強度の不正確な測定
Discontinuous loading by hydraulic jacks
- 限られた変位量により残留強度が測定不能
Range of displacement is limited.

主要な変更点

Major changes in test apparatus

- スクリージャッキにより連続的かつ両方向への载荷を可能にした
Screw jacks allow continuous loading in both directions
- 複雑な繰返し機構を3Dプリンタにより実現
Complex cyclic mechanisms are made by 3D printer.
- せん断箱の壁の厚みを12mmから3mmに変更し、供試体の乱れの影響を削減した
Shear box wall thickness was changed from 12mm to 3mm to reduce the effect of specimen disturbance.

総重量約8kgかつ各パーツの取り外しが可能であり、人力での持ち運びが可能

Total weight of approx. 8 kg and removable parts, allowing for human-powered transportation

For further information, contact below.

Prof Reiko Kuwano

Bw-304, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

TEL: +81-3-5452-6843

E-mail: kuwano@iis.u-tokyo.ac.jp

佐藤彬 (2025)

桑野研究室

東京大学 生産技術研究所 Bw-304

電話: 03-5452-6843

E-mail: kuwano@iis.u-tokyo.ac.jp

