

繰返し荷重を受けた火山灰性粘性土の強度と剛性の劣化特性

茨城大学	フェロー会員	○安原一哉
茨城大学	正会員	小林 薫
応用地質	正会員	渡邊大樹
中央開発	正会員	荒井靖仁
東電設計	正会員	佐藤恭兵
山口大学	正会員	兵動正幸
報国エンジニアリング(株)	正会員	小川正宏
(株)セイコー	非会員	馬場敏和

1. はじめに

2016 年熊本地震で大きなダメージを受けた地域から採取された不攪乱火山灰質粘性土に対して、静的非排水せん断を伴う繰返し三軸試験実験を実施し、強度・剛性の劣化と強度定数の低下を調べ、結果に対して考察を加えた。なお、本文は、前報（第 53 回地盤工学研究発表会（2018、松山）の試験結果（シリーズⅠ）に、追試（シリーズⅡ）を行った結果を加えて再考察を行ったものである。

2. 静的非排水せん断を伴う繰返し三軸試験実験

実験で用いた不攪乱火山灰質粘性土は熊本県益城町から採取されたもので、地下10m以浅の火山灰質粘性土であり、その代表的物性は、 $\rho_s = 2.756\text{--}2.771 \text{ t/m}^3$; $w_i = 63.3\% \text{--}74.2\%$; $I_p = 31.1\text{--}35.0$ ）である。粒度試験結果も総合すると、VH₁-S or MHS-G に分類される。

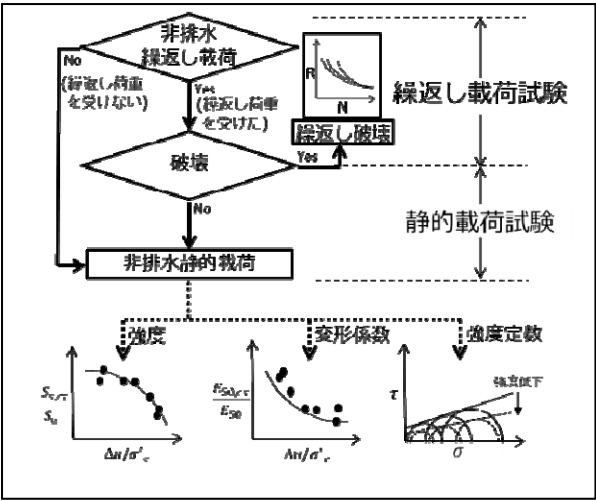


図 1 繰返し三軸試験の手順

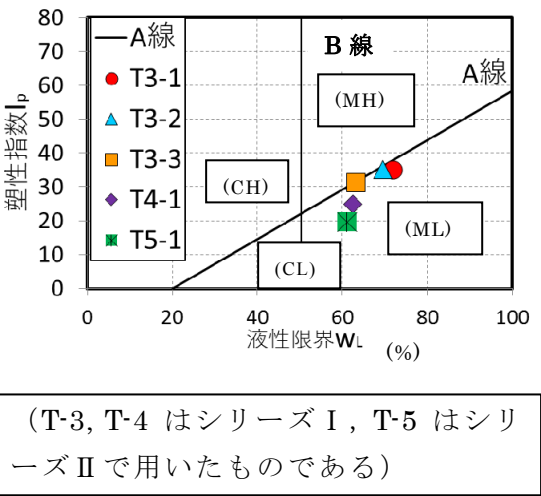


図 2 不かく乱試料の塑性図上の位置

非排水繰返し荷重試験（応力制御、周波数0.1 Hz、シリーズⅠでは繰返しせん断応力比は、0.25 ～0.35、荷重回数は過剰間隙水圧比 $\Delta u_c/\sigma'_c$ が0 ～1.0 の間に分布するよう、任意に選択、シリーズⅡでは、応力比は0.373に固定して所定の両振幅ひずみに達するまで荷重）の手順は図2の通りである。非排水繰返し荷重終了後はひずみ制御（ひずみ速度0.05%/min.）で非排水静的せん断試験を行った。

3. 試験結果と考察

3.1 非排水強度・変形係数の低下：同様に、図 3 の応力・ひずみ曲線から繰返し荷重前後のキーワード 火山灰性粘性土，繰返し荷重，強度定数, 連絡先〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1 茨城大学地球変動適応科学研究機関（ICAS） 安原一哉 kazuya.yasuhara.0927@vc.ibaraki.ac.jp

非排水強度と変形係数を繰返し時に生じた過剰間隙水圧比に対してプロットしたところ、図3と図4に示すように、繰返し履歴に伴って、強度と剛性ともに低下することが判明した。特に、強度より剛性の低下のほうが繰返し载荷に敏感であることが分かった。また、従来の提案式¹⁾が強度・剛性の低下傾向を程よく予測できることも分かった。

3.2 強度定数の低下：応力・ひずみ曲線のピーク時を破壊点と定義し、全応力にもとづくモール円を描いてみたところ、図5に示すように、非排水繰返し载荷によって内部摩擦角、粘着力ともに低下し、その程度は、図5から得られた結果を纏めた表1に示すように内部摩擦角、粘着力ともに、ほぼ6割に低減していることが分かる。2016年熊本地震で起きた益城町における住宅と近傍の擁壁の変状は、このような基礎地盤と裏込めを構成している火山灰性粘性土強度と剛性の低下が一因になっていると思われる。

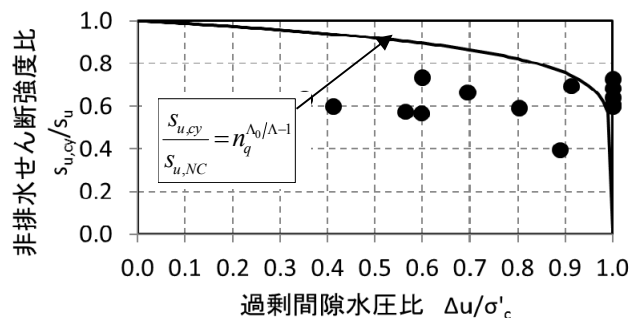


図3 非排水強度の劣化

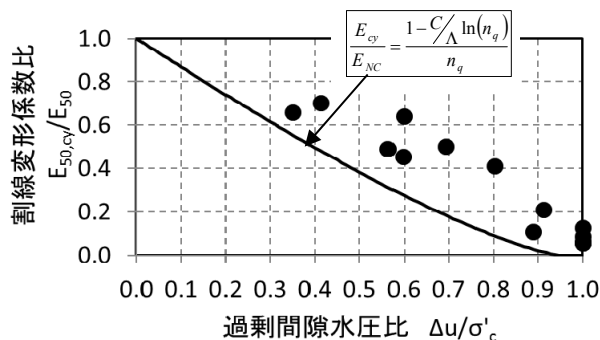


図4 変形係数の劣化

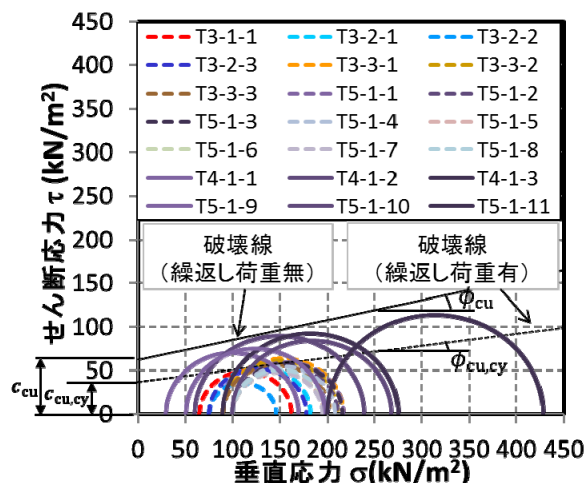


表1 強度定数の劣化

繰返し荷重	c_{cu} (kN/m ²)	ϕ_{cu} (°)
履歴なし	62.5	12.8
繰返し荷重	$c_{cu,cy}$ (kN/m ²)	$\phi_{cu,cy}$ (°)
履歴有り	37.5	7.7
低減比	0.6	0.602

図5 (左) 強度定数に及ぼす繰返し履歴影響
(全応力表示)

4. まとめ

- 繰返し荷重履歴を受けた火山灰性粘性土の応力ひずみ関係から、強度と剛性の劣化をもたらされると考えられる。また、強度の劣化よりは剛性の劣化のほうが顕著である。
- 全応力表示による火山灰性粘性土の強度定数も繰返し荷重履歴によって、約6割程度まで低下する。

2016年熊本地震で起きた益城町における住宅と近傍の擁壁の変状は、このような基礎地盤と裏込めを構成している火山灰性粘性土の強度と剛性の劣化が一因になっていると思われる。

謝辞：本研究は、文科省科研費基盤研究 A (課題番号 16H02362 研究代表者 安原一哉) の助成を受けて実施した。また、シリーズ I のサンプルは、産総研・吉見雅行博士にご提供戴いた。ともに付記して深甚の謝意を表する次第である。

参考文献：1) Yasuhara, K., Murakami, S., Toyota, N., and Hyde, A. F. L. (2001).: Settlements in fine-grained soils under cyclic loading, Soils and Foundations, Vol. 41, No. 6, pp.25~36.