

リングせん断試による験土の強度特性に関する研究 (Measurement of Shearing Strength Using a Ring Shear Apparatus)

○君嶋 美優*・毛利 栄征*

(Miyu Kimijima・Yoshiyuki Mohri)

1. はじめに

近年、2011 年東北太平洋沖地震や 2017 年九州北部豪雨などの自然災害により、斜面崩壊やため池堤体の決壊など土構造物の被害が頻発している。農業施設等の被害予測と技術の開発は喫緊の課題である。

現在のため池の整備指針は極限平衡法によって求まる安全率 $F_s \geq 1.2$ を満たすことを基準としており、三軸圧縮試験等の土質試験で得られる強度を用いている。しかし、田中 (2015) は、ため池などの安定解析において、堤体の破壊現象を定量的に予測するためにはピーク強度から残留強度までを合理的に取り入れた解析法の開発と適応の重要性を指摘している。このことは土の真の残留強度の把握や繰り返しせん断による強度低下減少の解明が重要であることを示唆している。

2. 研究目的

本研究では大変形までの強度測定が可能なリングせん断試験を実施し、その試験方法の確立と精度の検証を行った。また、繰り返しせん断によるダメージ累積がピーク強度や軟化挙動に与える影響を明らかにする。

3. 実験手法

試験機全景を Fig.1 に、せん断リングと上下ロードセル部分を Fig.2 に示す。上下リングは内径 9cm、外径 15cm のドーナツ形で深さは 6cm の寸法を持っており、毎分 0.0002~0.8mm でせん断可能である。供試体は上下リングで拘束されたせん断リング内に高さ 4cm で作成し、せん断面は中央部、



Fig.1 試験機全景 Fig.2 ロードセルとせん断リング

すなわち底面から 2cm の面にできる。試験条件を Table 1 に示す。試料は佐原砂($\rho_{dmax} = 1.762\text{g/cm}^3$, $w_{opt} = 15.60\%$)を使用した。平均せん断速度 0.2mm/分、定体積条件で試験を実施した。繰り返し試験はせん断変位 $\pm 4\text{mm}$ で反転し、繰り返し回数を 5 回とした。その後連続して単調せん断を実施している。

試験名	締固め度	含水比	圧密応力 σ_c (kPa)		
	Dc (%)	w (%)	50	100	150
RNG3	83	15.42	50	100	150
RNG4	93	15.42	50	100	150
RNG5	83	6.19	50	100	
RNG6	93	9.49	50	100	
RNG7	93	21.70	50	100	
RNG8	100	15.42	50	100	
RNGC(繰り返し)	93	15.68		100	

Table 1 試験条件

4. 実験結果

Fig.3 に含水比と密度がなる条件で実施した試験の応力経路を示す。同一含水比で密度が異なる試験 (RNG3,4,8) を比較すると、緩詰では体積収縮、密詰では体積膨張の挙動を示している。これは、せん断に伴うダイレタンスの影響によるもので、砂がせん断時に

* 茨城大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Ibaraki University

キーワード: リングせん断試験、残留強度、繰り返しせん断

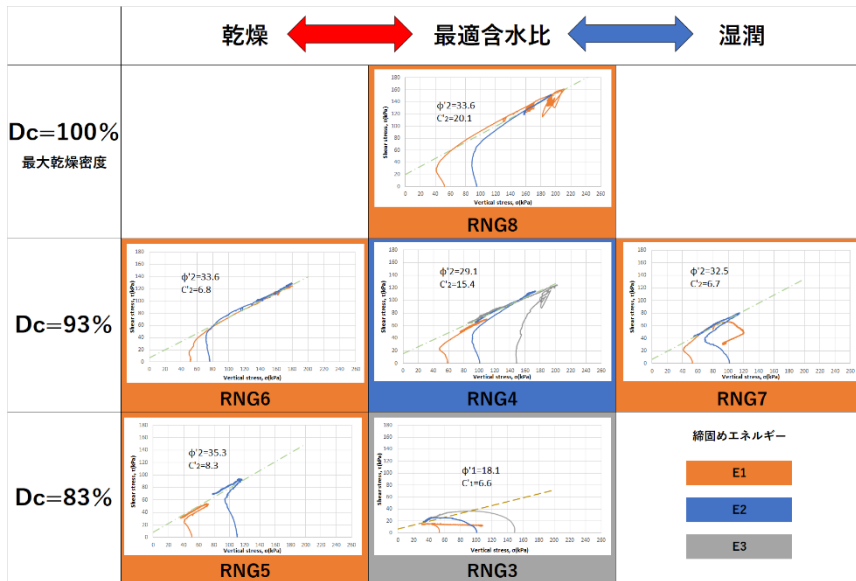


Fig. 3 締固めエネルギーと締固め曲線の関係

示す典型的な挙動を捉えられている。また、同一締固め曲線上の条件で試料を作成した試験 (RNG5,6,7,8) を比較すると、最適含水比よりも乾燥側でピーク強度が最大となっている。一般的に最適含水比よりもやや乾燥側で強度が最大となるが、今回の試験でも同様の関係を得た。このことから、使用したリングせん断試験機はせん断時の土の挙動を評価できると考えられる。

Fig.4 に繰り返しせん断時のせん断応力-せん断変位の関係を示した。1 回目の正の方向のせん断では 50kPa を示したが、2 回目は 48kPa、3 回目は 37kPa と回数を重ねるごとに強度が低下している。両振幅でせん断を繰り返すごとに順次強度低下が累積しておりせん断面で劣化が進行していると判断できる。Fig.5 に繰り返し試験と単調载荷せん断のせん断応力-せん断変位の関係を示す。繰り返しせん断試験後の単調せん断試験で得られるピーク強度は単調せん断試験のピーク強度の 55%、せん断変位 60mm での残留強度は 74%まで低下しており、繰り返しせん断による強度低下の影響が確認できた。また、単調せん断試験はピーク強度から急激に強度が低下しているのに対し、繰り返しせん断を実施した場合にはなだらかに強度低下し

ており、せん断面の劣化の影響を確認できる。

5. まとめ

大変形時の強度が測定可能なリングせん断試験によって、繰り返しによる強度低下を確認した。今後は多様な条件での繰り返しせん断による土の劣化特性を明らかにする。

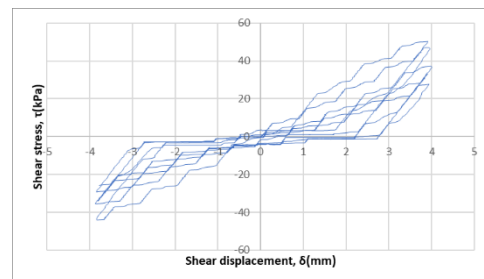


Fig. 4 繰り返しせん断

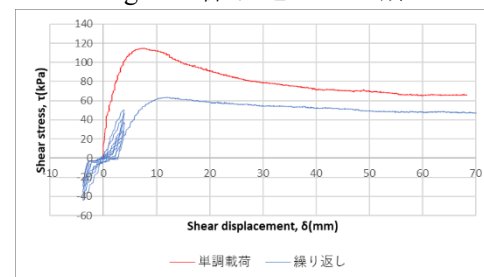


Fig. 5 せん断変位-せん断応力

参考文献

- 1) 田中忠次 (2015) 「堤体の地震時の安定性評価法の問題点、新しい評価法」地盤工学会誌, 63-3(686), p33-49