せん断変形を受けた土質しゃ水材料の透水特性に関する実験的研究

電源開発㈱	正会員	○久野	彰大
電源開発(株)	正会員	高畠	正治

<u>1. はじめに</u>

断層変位に伴う地表面変位が生じた場合、変位箇所直上およびその周辺の構造物が被害を受ける可能性があ る。特に、フィルダムなどの貯水機能を有する盛土構造物が地表面変位により変形した場合、構造物内部の変 形と、浸透流への影響について検討することが必要である。著者らはこれまでに、遠心載荷実験装置を用いた 変形実験及び再現解析を行い、強制変位を受ける盛土構造物の変形状態の把握を試みている¹⁾。本稿では、変 形を受けた土質しゃ水材料の透水特性を把握することを目的に、著者らが製作したせん断透水実験装置を用い たせん断透水実験の結果について報告する。

2. 実験材料

実験材料は、土質しゃ水材料の一例として、実ロックフィルダム の原石山周辺にて採取したコア材料を用いた。実ロックフィルダム の粒度分布と実験用に粒度調整した調整粒度の粒度分布を図-1 に示 す。また、実験材料の基本物性を表-1 に示す。締固め度を 95%に設 定し、供試体(外径 \operatorname 100mm) ×高さ H37.5mm)を作成 した。



3.1 実験装置

実験装置の系統図を図-2 に示す。透水実験時の漏水を防ぎ、大きなせん断ひずみを与えることができる実験装置として、中空円筒供 試体に対するねじりせん断方式を採用した。実験装置の主な仕様は 次の通りである。

a. せん断実験

①鉛直応力:油圧シリンダーを介して載荷する。②ねじりせん断力:底部回転台の回転によって与える。

b. 透水実験

①定水位方式

②透水方向:供試体内側から外側へ水平方向に透水

3.2 実験方法

実験は、中空円筒供試体にねじりせん断変位を順次作用させ、そ の時の排水量を基に透水係数(水平方向)を算出するものである。 供試体内の流れは、二次元放射浸透流であると仮定すると、透水係 数は次式²⁾により算出される。

$$k_h = 0.366 \frac{Q}{Lh(t_2 - t_1)} \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

ここで、 k_h は水平方向透水係数(cm/s)、Qは排水量(cm³)、Lは供 試体の高さ(cm)、hは水頭差(cm)、 t_2 - t_1 は計測時間(s)、 r_1 は供試 体の内径(cm)、 r_2 は供試体の外径(cm)である。

キーワード:土質しゃ水材料、変形、透水、実験

連絡先:〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-88 電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 TEL0467-88-7854 FAX0467-87-1905

(1)



表-1 実験材料の基本物性

実験材料		コア材
土粒子密度 ρ_s	(g/cm ³)	2.614
液性限界 wL	(%)	69.6
塑性限界 wp	(%)	39.4
塑性指数 Ip		30.2
最適含水比 Wopt	(%)	31.9
最大乾燥密度 ρ_d	(g/cm ³)	1.353
透水係数 k ₁₅	(cm/s)	5.4 $\times 10^{-7}$



表-2 実験条件

実験材料	供試体の締固め度	せん断時の	透水圧	透水方向	せん断速度
	(%)	排水条件	(kPa)		(rpm)
コア材料	95	排水	0.1~400	水平	0.0015

実験条件は表-2に示すとおりである。

4.結果

せん断ひずみと透水係数の関係を図-3 に示す。実験結果に示すせ ん断ひずみ ()) は、次式で算出した。

 $\gamma = \frac{r\Delta\theta}{dr}$ H

(2)

ここで、Hは供試体高さ(cm)、rは中空円筒供試体の平均半径(cm)、 $\Delta \theta$ は中空円筒供試体の回転角(ラジアン)である。

実験は、異なる拘束圧条件下(0kPa~2,000kPa)にて行った。な お、本実験材料において拘束圧 2,000kPa は土被り圧 100m に相当す る。また、せん断ひずみ 5~15%の範囲で、水平方向にせん断面が 1 つ形成された。

図-3に示す通り、せん断に伴い、透水係数は概ね小さくなった。 また、拘束圧が大きくなるに伴い、圧密後の透水係数は小さくなっ た。

図-4 に、鉛直変位とせん断ひずみの関係を示す。供試体はせん断 に伴い、次第に鉛直下方に変位した。これは、せん断に伴う負のダ



図-3 透水係数とせん断ひずみの関係



図-4 鉛直変位とせん断ひずみの関係

イレイタンシーにより供試体の体積が小さくなり、より締まった状態になったためであると考えられる。この ことは、せん断に伴い、透水係数が小さくなったことと整合的である。また、概ね拘束圧が大きくなるに従い、 鉛直下方への変位量も大きくなる傾向がある。その他の特徴として、せん断ひずみが概ね30%まではせん断に 伴い次第に鉛直下方に変位するものの、せん断ひずみがさらに大きくなると、供試体はほとんど変位しなくな る傾向がある。

無拘束圧条件では、せん断に伴い、供試体はほとんど変位しなかったものの、透水係数は次第に小さくなっ た。この一因として、細粒分の移動に伴う供試体内の空隙や目詰まりの発生が考えられる。

5. まとめ

本稿では、せん断変形を受けた土質しゃ水材料の透水特性の把握を目的として、せん断透水実験装置を製作 し、一例として粒度調整した実ダムのコア材料に対し、透水実験を行った。その結果、以下の知見が得られた。 1) せん断に伴い、実験材料の透水係数は概ね小さくなり、その値は拘束圧に反比例して小さくなった。本実験

においては、せん断に伴う土質しゃ水材料のしゃ水性の低下はみられなかった。 2) せん断に伴い、実験材料は概ね鉛直下方に変位し、その変位量は概ね拘束圧に比例して大きくなった。

上記の通り、本実験条件においては、せん断を受ける土質しゃ水材料を模した実験材料は、せん断に伴い水 平方向にせん断面を形成したものの、透水係数はほとんど変わらないかむしろ小さくなるという結果を得た。 ただし、本実験で使用した実験材料は最大粒形 2mm となるように粒度調整したものであり、実際の土質しゃ水 材料は最大で100mm程度の大きな粒径をもつため、せん断に伴う変形状態に相違がある可能性がある。 粒度分 布の違いによる、せん断に伴う透水性への影響については今後の検討課題である。

参考文献

1)森、久野ほか: FLAC3D を用いた弾完全塑性解析による逆断層問題への適用性評価、土木学会第71回年次学術講演会概要集、 Ⅲ-088、 p. 175-176、 2016.

2) 酒井、川北: 放射流式透水試験機の試作実験について、土木学会論文集第64号、p. 39-47、1959.

-251