## フィルダムのロック材料の不飽和特性と浸水沈下現象について

- 東京電力(株) 正会員 内田善久 鶴田滋
- (独)農業工学研究所 非会員 向後雄二 浅野勇
  - 東電設計(株) 正会員 星野吉昇 鈴木朋和

### <u>1.はじめに</u>

フィルダムの湛水過程において,上流側ロックゾーンでは,水没によって浮力が発生しながらも沈下現象となることが確認されている。この現象は,「浸水沈下現象」として知られており,粘性土~砂質土までの細い材料については,不飽和特性を考慮した弾塑性モデルを用いることにより,その挙動が数値解析的に説明できることが向後らによって報告されている<sup>1),2)</sup>。この報文では,最大粒径の大きな粗い材料(ロック材料)を用いて浸水試験を行い、その挙動が向後らの提唱する弾塑性モデルで説明できることが分かったので,これについて報告する。

### <u>2.不飽和特性試験</u>

南相木ダム (東京電力(株);建設中)のロック材料4 岩種を 採取し,大型圧密容器(直径 30cm,高さ 30cm)を用いて大 型圧密試験を行った。試験に先立ち, ロック材料は最大粒径 53mmのせん頭粒度に調整し,薄く敷き広げて気乾状態とし た。代表例として泥岩の基本特性値を表-1に,粒径加積曲線 を図-1 に示す。試験に用いた供試体は,振動締固め装置によ り気乾で締め固めを行った。浸水の条件は表-2 に示すとお リ,また載荷の方法は,20~5120kN/m<sup>2</sup>の荷重を9段階に 分けて昇圧した後,40kN/m<sup>2</sup>まで除荷するパターンとした。 最大圧密圧力 5120kN/m<sup>2</sup>は,100m 超級のロックフィルダム の最大鉛直土圧を十分に上回るように設定したものである。 各載荷段階での圧密時間は,供試体の沈下が落ち着くまで放 置することとし 30 分とした。載荷試験装置は,荷重制御が 可能な Instron 社製の Instron8506 を使用した。図-2 に試験 装置の概念図を示す。この試験では,供試体側壁の摩擦によ ってその底部では載荷圧が減少することが想定されたため, 供試体下部にも荷重計を設置している。

	表-2 大型圧密試験の条件
ケース	大型圧密試験の条件
А	気乾状態
В	載荷試験装置へのセット時に供試体を水浸し飽和させる
С	上載圧密圧力が 320kN/m <sup>2</sup> の時に水浸し飽和させる
D	上載圧密圧力が 2560kN/m <sup>2</sup> の時に水浸し飽和させる

# 3. 不飽和特性試験結果とその評価

#### 表-1 試料(泥岩)の基本特性値



### 図-2 大型圧密試験装置の概念図

4岩種において,ほぼ類似の試験結果を得た。代表例として,泥岩の圧密曲線を図-3 に示す。同図では,供試体下面の圧力が上載圧密圧力の40%程度まで低減していることが分かったことから,上載圧密圧力と供試体下面の圧力の平均値を用いて圧縮曲線をプロットしている。同図より,下記の ~ の傾向が確認できる。このことは, 向後らが提唱する弾塑性モデル<sup>2)</sup>を用いて,粗粒材料の浸水沈下現象を説明できることを示している。

キーワード:フィルダム,浸水沈下,不飽和土

連絡先:110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 東電設計(株)第一土木本部 開発環境部 土質構造グループ TEL:03-4464-5170 FAX:03-4464-7565 サクションが発生しているケース A の方が, サクションが発生していないケース B より圧密降伏応力が大きい。 ケース A の正規圧密曲線は , ケース B のそれよりも上側にあり , その傾き ( ) はケース A の方が小さい。 弾性領域(除荷過程)での圧縮曲線の傾き()はケースA~Dでほとんど差がない。 載荷途中で浸水・飽和させたケース(C,D)の挙動は,浸水前は終始気乾状態としたケースAの挙動に,浸水後は初

0.30

期より飽和状態としたケースBの挙動に一致する。

## 4.不飽和特性試験の再現解析

粗粒材料においても、向後らが提唱する弾塑性モデルによ って,浸水沈下現象を解析的に表現できると考えられること から,同モデルを用いた有限要素法による不飽和土の圧密解 析手法を用いて試験の再現解析を行った。解析モデルを図-4 に,物性パラメータ(泥岩)を表-3 に,力学的境界条件を図 -4 に示す。水理学的境界条件は,モデル上面のみを侵出条件 とし,浸水過程ではサクションの変化に見合う間隙水圧の値 を各節点に与えた。図-5 は代表例として泥岩の再現解析結果 を示したものである。同図より,解析による試験の再現性は, 非常に精度の良いことが分かった。なお、他の3岩種のシミ ュレートにおいても,ほぼ同様の精度の解析結果を得ている。



		S <sub>e</sub>	( kN/m <sup>2</sup> )	0.00
		$S_{re}$	(%)	91.0
		ce		$1.08 \times 10^{-3}$
(DL/#+.4+	間するパラメータ	$\mathbf{s}_{\mathbf{m}}$	( kN/m <sup>2</sup> )	2.60
保水特性に		$S_m$	(%)	50.0
(Tangential model)		c <sub>m</sub>		$2.50 \times 10^{-1}$
		$\mathbf{s}_{\mathrm{f}}$	( kN/m <sup>2</sup> )	9.00
		$S_{rf}$	(%)	10.0
		Cf		$8.33 \times 10^{-3}$
		k.	(cm/sec)	$5.00 \times 10^{-1}$
透水特性に関するパラメータ		np		3.00
		8		
有効応力に	関するバラメータ	ae	( kN/m <sup>2</sup> )	0.00
				0.086
				0.487
11.45		s*		
状態凹に関	りるハラメータ	a*1		3.04
		* <sub>f1</sub>		-0.018
		e 01		0.333
		e <sub>0</sub>		0.285
				0.006
		Ki	( kN/m <sup>2</sup> )	$2.90 \times 10^4$
弾性に関するパラメータ		G	( kN/m <sup>2</sup> )	$1.34 \times 10^{4}$
				-238.8
		n		227.3
塑性に関するパラメータ		;	( DEG )	40.3
		, (5	( DEG )	41.7
		I.	( kN/m <sup>2</sup> )	-369.0
		p.	( kN/m <sup>2</sup> )	-274.1
下負荷面モデルに関するパラメ		h		$2.5 \times 10^{5}$
-9		h		$1.5 \times 10^{4}$
エの曲	初期餉和度	s	(%)	6.0

入力パラン ている。



図-5 大型<br />
圧密試験の再現解析結果(泥岩)

1000

10000

100

中間圧密圧力(kN/m2)

10

## 5.まとめ

南相木ダムのロック材料を用いて大型圧密試験(不飽和特性試験)を行うと共に,試験の再現解析を行った結 果,フィルダムのロック材料のような粗粒材料においても,向後らが提唱する不飽和特性を考慮した弾塑性モデ ルによって,浸水沈下現象を説明できることが分かった。このことは,湛水時における「浸水沈下現象」が解析 的に予測可能であること示唆している。今後は、試験データと実ダムの挙動再現解析の事例を蓄積し、この弾塑 性モデルの適用性をより明確にして行くこととしたい。

0.30

0.27

0.24 ÷

0.21

0.15

参考文献 1) 向後雄二, 不飽和土の力学特性と土質構造物の安定性の解析について, 農工報34p39~162, 1995 2) 向後雄二 他,二つのサクション効果を考慮した修正弾塑性モデル,農業土木学会論文集 No.217,2002