

ロックフィルダム の 原 粒 度 ロック 材 料 を 用 い た 表 層 す べ り 試 験

(独) 土木研究所

正会員 山口嘉一, 正会員 佐藤弘行,

正会員 ○林 直良, 正会員 吉永寿幸

国土交通省東北地方整備局 佐々木健一, 中野博英

1. はじめに

フィルダムについては、将来のより実際に近い荷重、強度状況を採用した設計法を視野に入れ、耐震性の照査法として、1991 年に「フィルダムの耐震設計指針(案)」¹⁾ が策定され、地震時の堤体の応答を考慮した地震荷重の設定、ロック材料のせん断強度の拘束圧依存性を考慮した ϕ_0 法を組み合わせた修正震度法に基づく安定解析方法が提案されている。これを受けて、安定解析結果に大きな影響を与えると考えられるロック材料の低拘束圧条件下におけるせん断強度の評価手法として、静的安息角を評価する方法の適用が検討されている²⁾。本研究では、ダム建設現場において原粒度のロック材料を使用した大規模な表層すべり試験を実施してその静的安息角を求め、室内における三軸圧縮試験、一面せん断試験および表層すべり試験²⁾の結果と比較し、静的安息角による低拘束圧条件下のせん断強度評価の適用性について考察した。

2. 現地表層すべり試験

ロックフィルダムの盛立てに使用されている原粒度ロック材料の低拘束圧条件下におけるせん断強度を評価するのに必要な静的安息角を得るために、国土交通省東北地方整備局により建設中の胆沢ダムにおいて、現地表層すべり試験を実施した。

胆沢ダム堤体は図-1 に示すゾーン区分がなされている。本研究で使用した材料は、ダム表層付近の低拘束圧部に使用される「外部ロック」材料で、表-1 に各種設計値を示す。また、現地試験で使用したロック材料の粒度(室内試験用材料の粒度も併記)は、図-2 に示すとおりである。これらの材料を使用して、図-3 に概略を示す2種類の現地表層すべり試験を実施した。

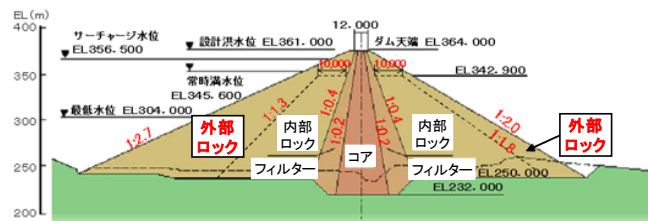


図-1 胆沢ダム堤体のゾーン区分

表-1 外部ロック材料の設計値

材料	乾燥密度 (g/cm ³)	湿潤密度 (g/cm ³)	飽和密度 (g/cm ³)	粘着力 (kPa)	内部摩擦角 (°)
外部ロック	1.92	2.01	2.11	0	41.5

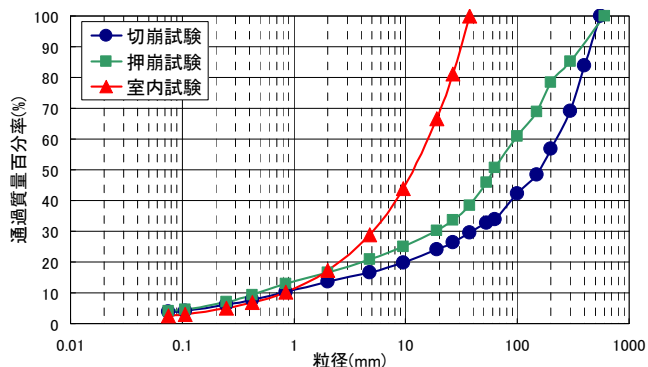


図-2 試験に供したロック材料の粒度分布

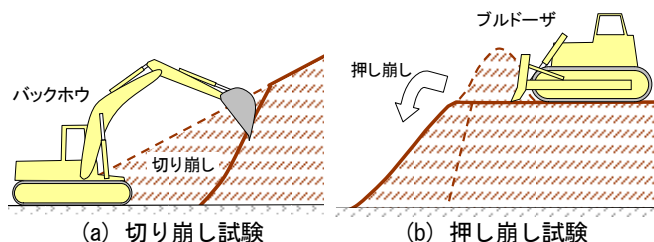


図-3 現地表層すべり試験の概略

2.1 切り崩しによる表層すべり試験

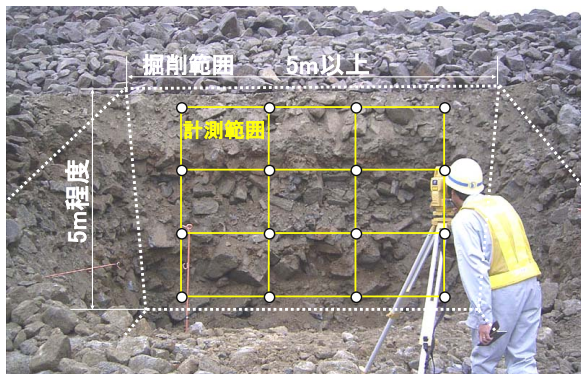
2.1.1 試験方法

本試験は、堤体下流面部において締め固められた外部ロック材料を用いて実施した。バックホウにて堤体下流面の一部を掘削しておよそ 5m 四方の斜面を形成し、そこからさらに急勾配に切り崩し、斜面に崩落を発生させ、その状態における残存斜面の角度を安息角として計測した。安息角の測定は、作業の安全性に配慮しノンプリズム測距機能を搭載したトータルステーションを使用し、図-4 に示すイメージで斜面に格子状に設けた 16 の測点の座標を計測する方法を採用した。これを3ヶ所で実施した。

2.1.2 試験結果

試験結果を表-2 に示す。なお、表中の傾斜角度は、斜面の格子点上の測点から斜面形状を描き、ほぼ 1m 間隔で斜面直交方向に設定した 6 断面の平均勾配角度の平均として求めた。また、緩勾配角度は、各設定断面において相対的に緩勾配になっている箇所の平均角

度として求めた。この結果から、斜面の傾斜角度の3ヶ所の平均は 75.9° 、緩勾配角度でも 66.7° と大きい角度となっていることがわかる（現場密度 $2.046\text{g}/\text{cm}^3$ 、含水比約6%）。なお、本試験の実施中は小雨が降っていたため、ロック材料が湿潤状態となり若干崩壊しづらい状況にあった可能性がある。



図ー4 切り崩し試験の安息角の計測イメージ

表ー2 切り崩し試験による安息角

試験場所	現地計測結果(°)			
	傾斜角度	平均	緩勾配角度	平均
①	80.2	75.9	70.7	66.7
②	77.6		68.9	
③	69.8		60.4	

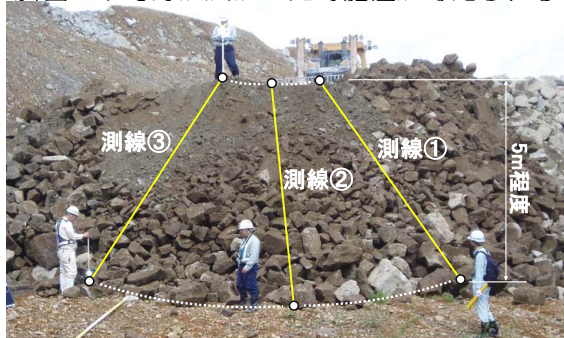
2.2 押し崩しによる表層すべり試験

2.2.1 試験方法

本試験では、外部ロック材料をブルドーザで静かに谷に押し崩す方法により、締め固めていない状態での安息角を計測した。安息角の計測は、図ー5に示すイメージのとおり押し崩してできた斜面の上と下の端部座標を測量する方法とした。試験は2回実施して平均的な安息角を求めた。

2.2.2 試験結果

試験結果を表ー3に示す。各測線で 40° 前後の安息角となり、全体平均で 38.5° であった（現場密度 $1.924\text{g}/\text{cm}^3$ 、含水比5.2%）。この値は想定していたよりも若干小さい値であった。この原因として、崩れて斜面を落下する際に粒径の大きいロック材料が転がり落ち、斜面のすそ野が広がった可能性が考えられる。



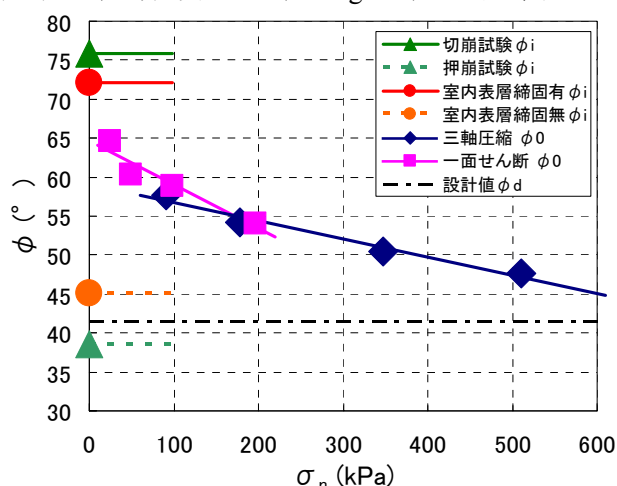
図ー5 押し崩し試験の安息角の計測イメージ

表ー3 押し崩し試験による安息角

試験	現地計測結果(°)				
	測線①	測線②	測線③	各平均	平均
1回目	37.3	39.3	40.8	39.1	38.5
2回目	35.8	40.8	36.8	37.8	

3. 室内試験結果との比較と考察

現地試験に先立ち、気乾状態の胆沢ダム外部ロック材料を用いて三軸圧縮試験、一面せん断試験および表層すべり試験を室内で実施した。今回の現地試験および室内表層すべり試験で得られた静的安息角 ϕ_i 、三軸圧縮試験の ϕ_0 法より得られた ϕ_0 および一面せん断試験から得られた ϕ_0 とせん断面に直交する応力 σ_n との関係を図ー6に示す。なお、室内試験に用いた外部ロック材料は、最大粒径 37.5mm 、絶乾密度 $2.394\text{g}/\text{cm}^3$ 、含水比2.3%であり、表層すべり試験の締固め無しの条件を除き相対密度90%（ $1.816\text{g}/\text{cm}^3$ ）で締め固めた。



図ー6 $\sigma_n - \phi$ の関係

この結果より、締め固めた条件での室内表層すべり試験結果と現地の切り崩し試験結果は、共に 70° 以上の大きい角度となっている。これらの値は、低拘束圧域で実施した三軸圧縮試験および一面せん断試験から得られた ϕ_0 と比べても大きな値となっている。これらにより、ダム表層部付近の低拘束圧条件下では大きなせん断強度が得られること、また、室内せん断試験により、低拘束圧条件下も含めて設計上安全側の強度評価ができることを確認できた。

今後は、室内および現地におけるせん断試験を継続するとともに、拘束圧依存性を考慮したロック材料の設計強度設定方法についての研究を進めていく予定である。

参考文献：

- 1) 建設省河川局開発課：フィルダムの耐震設計指針（案），1991.6.
- 2) 山口嘉一，佐藤弘行，中村洋祐，林 直良，倉橋 宏：低拘束圧条件下におけるロック材料強度の評価，ダム技術，No.249，pp.22-37，2007.6.