

ダムの試験湛水程度の注水压増加速度での水圧破碎試験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○佐藤弘行、山口嘉一

1. まえがき

フィルダムや堤防など、土などの地盤材料を用いて構造物を設計する際には、局所的な水みちの発生に起因する構造物の破壊に対する安全性を確保する必要がある。水圧破碎は、1976年のTetonダムの決壊事故以降注目を集め、水圧破碎に関する実験的・解析的な検討が様々に行われてきたが、水圧破碎のメカニズムや発生条件については未解明な部分が多い。また、水圧破碎に対する安全性を確保すべき構造物の中でも比較的大規模な構造物であるフィルダムの築堤材料を用いた実験による水圧破碎の検討は少ないのが現状である。近年、ロックフィルダムの建設においてコアゾーン幅の縮小が検討されることもあり、水圧破碎に関する研究を進める必要がある。

そこで本研究では、ロックフィルダムのコア材料を用いて、外径30cmの大型円筒供試体を作製し、ダムの試験湛水程度の注水压増加速度での水圧破碎試験を行った。

2. 試験方法

試験に用いた材料は、ロックフィルダムのコア材料を、 $D_{\max}=19\text{mm}$ でせん頭粒度に調整し、さらにその試料を $D_{\max}=2\text{mm}$ にせん頭粒度調整したものである。それぞれの粒度分布を図1に示す。詳細な物性は参考文献1)を参照されたい。試験の手順は以下のとおりである。①内径30cm、高さ30cmのモールドの中心に、直径1.5cmのロッドを設置する(写真1)。②①のモールドに、締固め度95%(1Ec)、最適含水比で締固めて供試体を作製する。締固め層厚は3cmとした。③ロッドを引き抜いた後、中空部に透水性のよい豊浦砂を充填する。④水圧破碎試験用に改良した大型三軸圧縮試験装置に供試体を設置する。この時、試験中に供試体端部からの漏水を防ぐために、トップキャップおよびペDESTALに高さ約1.5cmのウナギ止めを設置するとともに、トップキャップおよびペDESTALと供試体の境界にはベントナイトを塗布した。⑤供試体を飽和させ、 98kN/m^2 で3t法により圧密を行う。⑥豊浦砂を充填した注水孔より $0.98\text{kN/m}^2/2\text{hour}$ の速度で注水压を増加させる。⑦注水量が急増した時点、あるいは試験装置の注水压の限界の約 800kN/m^2 で試験を終える。試験状況を写真2に示す。 800kN/m^2 は、約80mの水圧に相当する。

なお、注水压増加速度 $0.98\text{kN/m}^2/2\text{hour}$ は、試験湛水の水位上昇速度 1m/day とほぼ同等である。

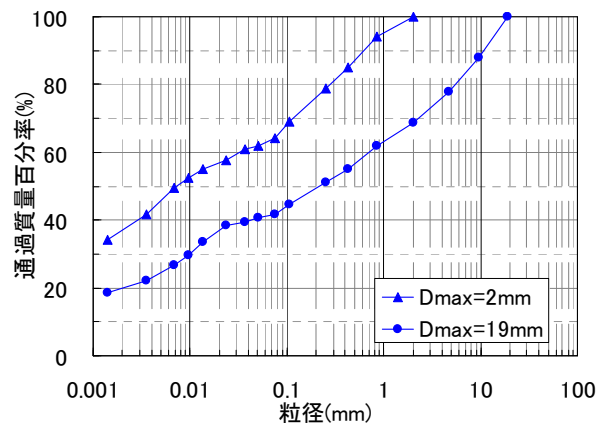


図1 試料の粒度分布

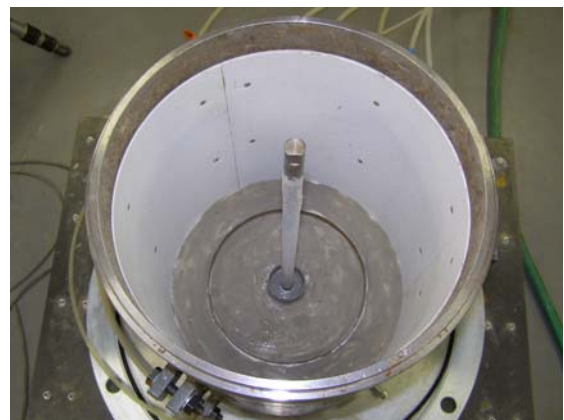


写真1 供試体作製モールドとロッド



写真2 試験状況

【キーワード】ロックフィルダム、コア材料、水圧破碎

【連絡先】〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 Tel.0298-79-6781 Fax.0298-79-6737

3. 試験結果

図2に試験経過時間と注水量および注水圧の関係を示す。注水圧が試験装置の限界の約 800kN/m^2 に達したため、試験は約 65 日で終了した。注水量は試験経過約 30 日頃から上に凸な曲線となっており、長時間の試験により供試体の透水係数が減少したものと考えられる。水圧破碎試験において供試体が破碎すると、通常は注水量が一気に増加するとともに注水圧が上昇しなくなるが、今回の試験ではそのような傾向は見られなかったことから、供試体は水圧破碎をしなかったと判断される。

写真3は試験後の供試体の外観である。供試体の外側表面を目視により確認したが、亀裂は見つからなかった。写真4は試験後の供試体を解体した状況であるが、中心部にある豊浦砂は上部まで残っており、供試体へ豊浦砂が流れた形跡は見られなかった。なお、試験前の材料の色は写真4のような茶色であったが、写真3のように試験後の供試体の外側表面は黒っぽくなっており、特にろ紙を貼っていた部分は黒っぽさが強くなっていた。この原因は現在調査中である。

4. まとめ

ダムの試験湛水程度の注水圧増加速度で、ロックフィルダムのコア材料を用いて大型円筒供試体による水圧破碎試験を行った。今回の試験条件では、供試体は水圧破碎をしなかったと判断される。

試験時間が約 65 日と、非常に長期間にわたる試験のため、試験数が 1 本しかなく、まだ断定的なことは言えないものの、ダムの試験湛水程度の注水圧増加速度においては、通常のフィルダムの締固め基準である締固め度 95% を満足し、今回作製した供試体のように均質に締固めれば、コアに水圧破碎は発生しないと考えられる。これまで著者が実施した室内水圧破碎試験^{2,3)}においては、供試体は全て水圧破碎したが、試験が数十分～数時間程度で終了するかなり早い注水圧増加速度の試験であった。今後はどの程度の注水圧増加速度であれば水圧破碎が発生するのか、などの水圧破碎発生条件についての試験を実施する必要があるものと考えている。

参考文献

- 1) 佐藤・山口：亀裂形成後の圧密がコア材料の割裂引張強度に与える影響、ダム技術、No. 262、pp. 28-35、2008.
- 2) 佐藤・山口・林・吉永：大型円筒供試体によるハイドロリック・フラクチャリング試験、第 64 回土木学会年次学術講演会、III-006、pp. 11～12、2009.
- 3) 山口・佐藤・林・吉永：中型円筒供試体によるハイドロリック・フラクチャリング試験、第 64 回土木学会年次学術講演会、III-005、pp. 9～10、2009.

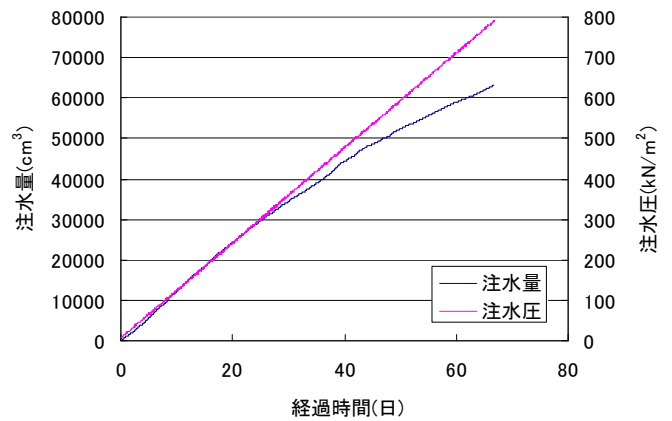


図2 経過時間と注水量および注水圧の関係

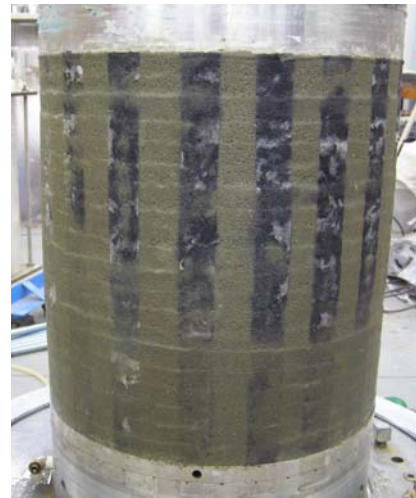


写真3 試験後の供試体の状況

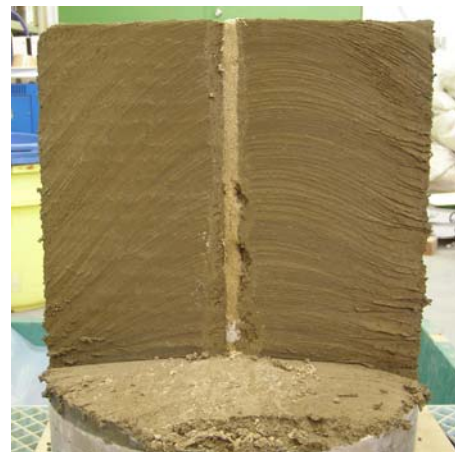


写真4 試験後の供試体を解体した状況