

湛水によるロック材料の応力変形特性への影響について

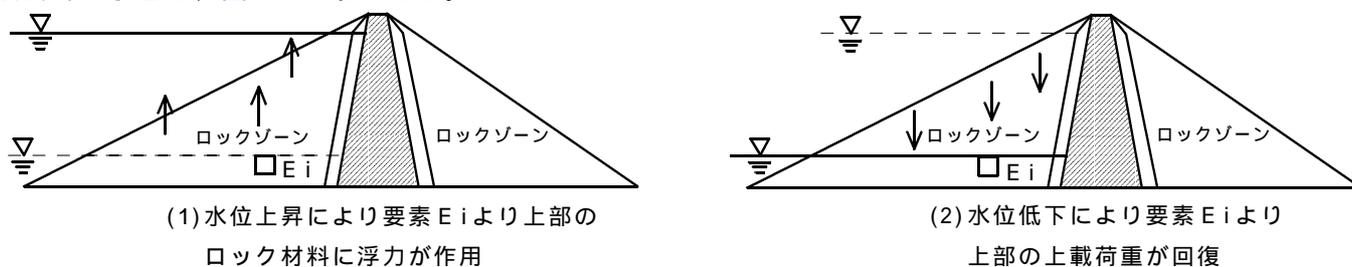
独立行政法人 水資源機構 技術研究研修センター 正会員 大本 家正
 独立行政法人 水資源機構 管理事業部 正会員 大前 智敬
 独立行政法人 水資源機構 技術研究研修センター 正会員 坂本 信也
 株式会社 アイ・エヌ・エー 正会員 村山 邦彦

1. まえがき

筆者らは、ロックフィルダムの初期湛水時における浸水・飽和時の挙動について既に報告を行っている¹⁾。本報告では、管理運用時における貯水位変動によるロック材料の応力変形特性への影響について、大型三軸圧縮試験(30cm)による除荷・載荷試験を行い新たな知見を得たのでここに報告する。

2. 湛水によるロックゾーンへの影響について

ロックフィルダムの堤体上流側ロックゾーンの要素 E_i に注目し、貯水による堤体の内部応力への影響を模式的に示せば、[図-1](#)のようになる。



[図-1](#) ゾーン型ロックフィルダムのロックゾーンにおける貯水位変動の影響

(1)貯水位上昇による浮力の作用：貯水位の上昇により、水面下のロックフィル部には浮力が作用し、内部の有効応力が次第に減少していく。

(2)貯水位低下による応力の回復：水位低下により浮力が減少し、堤体内部の有効応力が回復する。

貯水池の運用期間中はこのような貯水位の上下動により、堤体内部では有効応力の減少とその回復が繰り返されていると考えられる。

3. 試験材料の基本的物性

試験材料は、実際の施工で使用されているロック材料(CL級粘板岩)である。試験粒度は最大粒径を63.5mm、50%粒径を約10mm、10%粒径を約1mmの現場粒度の相似粒度とした。気乾試料($e_v=0.290$)による三軸圧縮試験では $\phi=40.9^\circ$ であり、双曲線モデルによる初期接線変形係数は $E=173(\sigma_3)^{0.0723}$ (MN/m²)であった。

4. 除荷・載荷試験方法

浸水・飽和後の、貯水位の上下動による有効応力の減少と回復過程を下記の手順により再現した。

- 1)水位上昇(浮力)による有効応力の減少を想定し、最大主応力 σ_1 を除荷する(σ_3 ;一定)。
- 2)次に σ_3 を除荷する(σ_1 ;一定)。このことにより、主応力比を当初設定した σ_1/σ_3 に回復させる。
- 3) σ_1 、 σ_3 一定で5分圧密(試料のなじみを良くするため)。
- 4)貯水位上昇後再び水位が低下し、有効応力が回復することを想定し、主応力比一定($\sigma_1/\sigma_3=3$)で載荷する。
- 5)所要の応力レベルに到達後5分圧密する。
- 6)1)から5)の過程を5回数繰り返す。

今回の試験においては、除荷前の初期応力レベルを3ケース設定した。試験ケースの一覧を[表-1](#)に示す。

キーワード：ロック材料、湛水試験、除荷、載荷、弾性係数

連絡先：〒338-0812 埼玉県さいたま市桜区大字神田936番地 TEL:048-853-1785 FAX:048-855-8099

5. 試験結果

(1)除荷・載荷時の応力ひずみ関係

浸水時の除荷時、載荷時のヒステリシスループの例(試験ケース3)を図-2に示す。これらの除荷・載荷過程で応力ひずみ関係は、 σ_3 一定で σ_1 を除荷、 σ_1 一定で σ_3 を除荷、主応力比一定載荷の各段階で線形関係に近似できる。そこで、弾性係数を次のように定義し各試験ケースでの弾性係数を求めた。

- 1)除荷時弾性係数； σ_3 を一定に維持して σ_1 のみを除荷する時の弾性係数。
- 2)載荷時弾性係数；主応力比(σ_1/σ_3)を一定(今回は3とした)として載荷した時の弾性係数。

他の各試験ケースにおいても同様に、除荷時及び載荷時の応力ひずみ関係の相関係数は非常に高く、除荷時・載荷時ともに応力ひずみ関係は、線形関係で表されることが分かった。

(2)初期平均主応力と弾性係数

図-3に除荷前の初期平均主応力と、くり返し回数5回の除荷・載荷時の平均弾性係数の関係を示す。今回の試験範囲において、初期平均主応力と除荷・載荷時の平均弾性係数は概ね線形関係で表現できることがわかる。

6. まとめ

今回の試験により、以下の知見が得られた。浸水飽和後、 σ_3 を一定として、 σ_1 を除荷した場合の応力ひずみ関係は、線形関係で示される。同様に、主応力比を一定として、載荷した場合も応力ひずみ関係は線形関係で示される。除荷直前の初期平均主応力と除荷時及び載荷時の弾性係数は、今回の試験の範囲内では、線形関係で示される。また、初期接線変形係数に比べて、除荷・載荷時の弾性係数は数倍程度大きいことがわかった。なお、除荷時及び載荷時の弾性係数の違いについては今後発表したい。

7. 謝辞

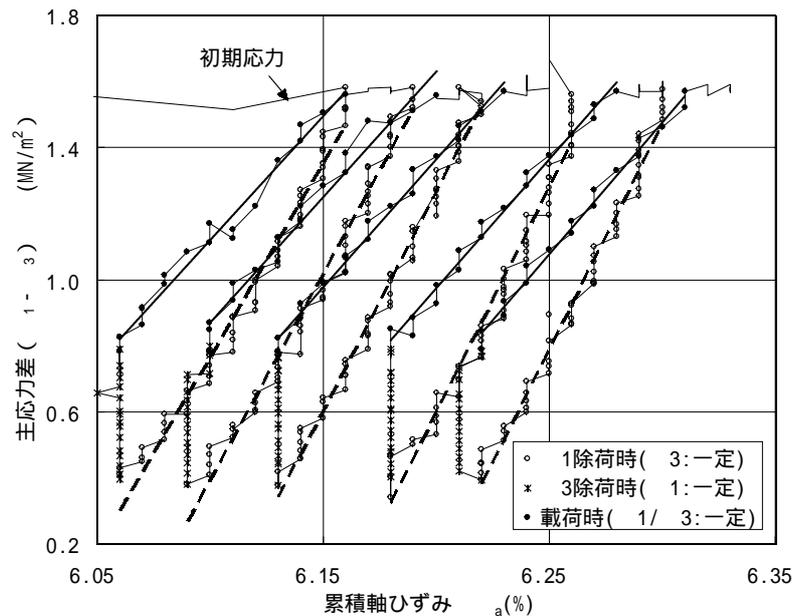
本研究のとりまとめにあたっては、故渡辺啓行先生(前埼玉大学教授)に貴重なご助言を頂きました。ここに謝意を表します。

(参考文献)

- 1)大本、斉藤、青木、向後；ロック材の浸水飽和時における除荷物性、第22回土質工学研究発表会、1987

表-1 除荷・載荷試験のケース

試験ケース	応力レベル	除荷前初期応力(単位: MN/m ²)		
		1	3	m
1	step1	0.588	0.196	0.327
2	step2	1.177	0.392	0.654
3	step3	2.354	0.785	1.308



除荷時平均弾性係数； $E=1,282\text{MN/m}^2$

相関係数(R^2)； $R^2=0.973$

載荷時平均弾性係数； $E=773\text{MN/m}^2$

相関係数(R^2)； $R^2=0.981$

図-2 ヒステリシスループの例(試験ケース3)

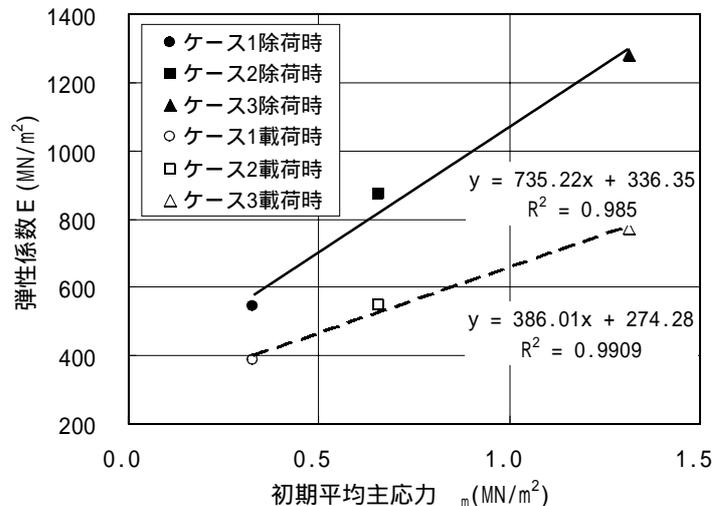


図-3 初期平均主応力と弾性係数の関係