

味噌川ダム堤体基礎の間隙水圧の評価

櫻井 彰大

水資源機構 木曽川上流ダム総合管理所味噌川ダム管理所 維持管理班
(〒399-6203 長野県木曽郡木祖村大字小木曽2058-22)

1996年12月に管理を開始した味噌川ダムでは、湛水初期から堤体基礎河床部付近の間隙水圧が高く、その後も徐々に上昇した。現在では上昇傾向はほぼ収束していると判断できるが、間隙水圧の高い状態が続いている。この間隙水圧が高い現象は、ダム建設時の調査資料などから河床部付近の地質分布の特徴が原因であると推定した。さらに、浸透流解析の結果、河床部の間隙水圧は、地質分布により大きく変化し、高間隙水圧になり得ることを確認できたことから間隙水圧が高い状態は地質分布の特徴が原因で特別異常な状態ではないと評価した。また、現時点において、堤体および基礎の安全性についても問題のないことを確認した。

キーワード フィルダム, ダム基礎, 間隙水圧, 浸透流解析

1. はじめに

味噌川ダムは、長野県木曽郡木祖村に位置し、木曽川本川最上流に建設された、洪水調節、新規利水、流水の正常な機能の維持、発電を目的とする、堤高140m、堤頂長446.9m、天端標高1130mの中央土質しゃ水壁型ロックフィルダムである。堤体の標準断面図を図-1に示す。

1993 年 12 月から 1996 年 8 月まで試験湛水を実施し、1996 年 12 月に管理を開始しているが、湛水初期から堤体基礎河床部付近の間隙水圧が高く、2000 年頃からさらに上昇傾向を示し、間隙水圧の高い状態が続いている。本稿では、この間隙水圧が高い現象について、その原因を推定し、浸透流解析を用いて評価した結果について報告する。

2. 味噌川ダム堤体基礎の間隙水圧

(1) 間隙水圧の計測

味噌川ダムでは、堤体基礎通廊内に浸透流観測孔を設置し、1回/月の頻度で手動により間隙水圧を計測している。

(2) 間隙水圧の経時変化

間隙水圧の計測結果として、試験湛水時（1994年1月から2025年5月までの堤体基礎河床部付近（BS-17～22）左岸側（BS-9、12～16）、右岸側（BS-23～28）における間隙水圧／貯水圧（以下、「間隙水圧比」という。）の経時変化を図-2に示す。河床部付近の間隙水圧比は、2000年頃から上昇し始め、2017年頃からはほぼ一定値で推移している。特にBS-19とBS-20の間隙水圧比は、2000年頃までは約60～70%であったが、2017年頃からは約88%で推移している。

なお、左岸側および右岸側の間隙水圧比については河部付近のような上昇は見られない。

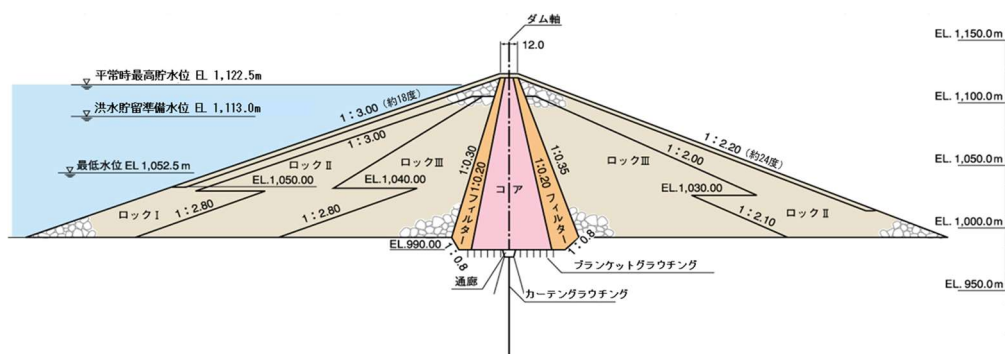


図-1 味噌川ダム標準断面図

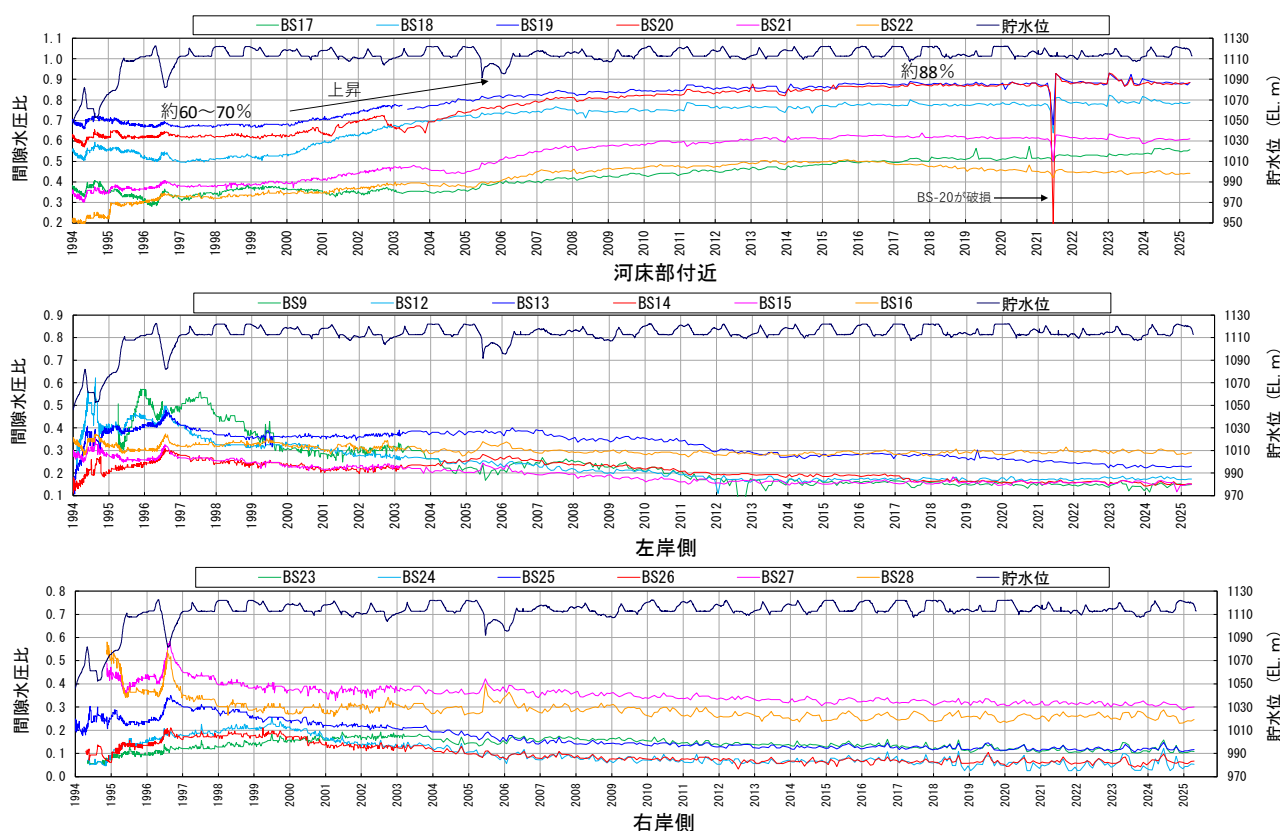


図-2 間隙水圧比の経時変化

3. 間隙水圧が高い原因の推定

河床部の間隙水圧が高い原因について、建設時の地質調査資料およびグラウチングの施工結果から以下の二つの原因によると推定した。

(1) 地質分布の影響

ダムサイトの地質は砂岩と粘板岩で構成され、おおまかには、左岸側およびダム軸下流側では粘板岩が優勢、右岸側は砂岩が優勢となっている。

図-3および図-4はダムサイト全体の地質別のルジオン値の深度分布¹⁾である。これらの図のとおり、砂岩よりも粘板岩のルジオン値の方が小さい傾向があることが分かる。

また、図-5に示すとおり、河床部付近ではダム軸上流側に砂岩が、下流側に砂岩よりも透水性が低い粘板岩が分布しており、浸透流観測孔BS-17～20は、下流側で断層F-3とF-8に囲まれている。これらの水理地質構造により、下流側へ水が流れにくくなりダム軸付近の地下水位を上昇させていると考えられる。

(2) 透水性の低下

ダムの貯水により新たな地下水環境となった基礎岩盤は、地下水中の微粒子による目詰まりによって時間の経過で徐々に透水性が低下していくものと考えられる。

これにより、河床部付近では、透水性が低い下流の粘板岩から目詰まりが進行し、時間の経過とともにダム軸付近の地下水位が徐々に高くなってきていると考えられる。

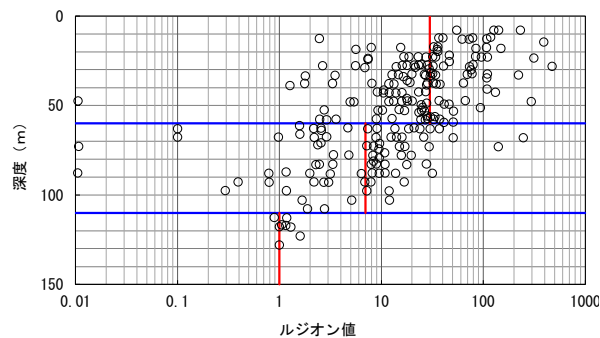


図-3 ルジオン値の深度分布（砂岩）

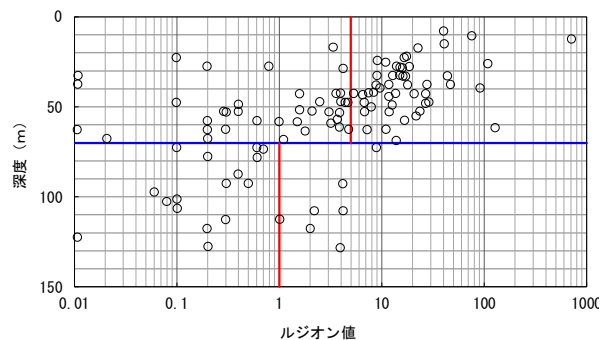


図-4 ルジオン値の深度分布（粘板岩）

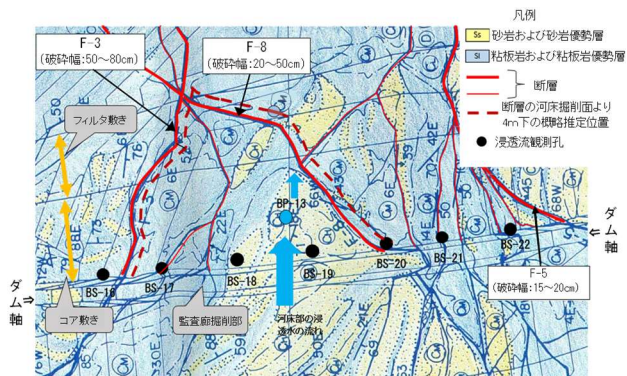


図-5 河床部付近の地質構造

4. 浸透流解析による確認

(1) 浸透流解析の内容

3. で推定した間隙水圧が高い原因についての仮説を確認するため、河床部中央付近の鉛直断面をモデル化して、二次元有限要素法による浸透流解析（飽和、定常）を行った。解析モデルを図-6に示す。本解析においては、各ゾーンの透水性は表-1のとおり設定し、下流側粘板岩（EL. 930m以上）の透水性を8ケース、下流側ブランケットゾーンの透水性を4ケースで変化させ、 $4 \times 8 = 32$ ケースの解析を行った。

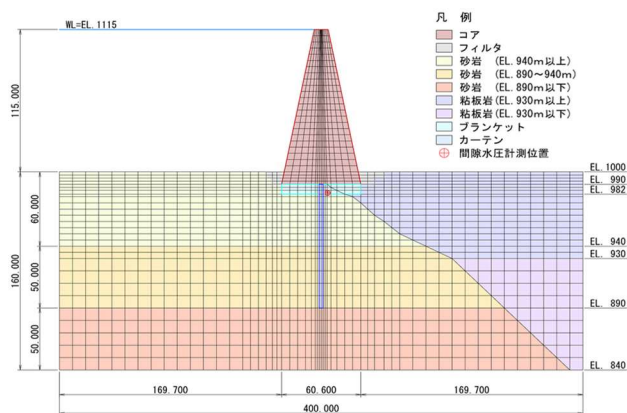


図-6 解析モデル

表-1 各ゾーンの透水性

材質	ケース数	透水係数またはルジオン値	設定根拠
コア	1	$1.07 \times 10^{-7} \text{ m/s}$	品質管理値の平均
フィルタ	1	$2.04 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	品質管理値の平均
砂岩 (EL. 940m以上)	1	30Lu	図-3
砂岩 (EL. 890～940m)	1	7Lu	
砂岩 (EL. 890m以下)	1	1Lu	
粘板岩 (EL. 930m以上)	8	0.1～10Lu	図-4
粘板岩 (EL. 930m以下)	1	1Lu	
上流側ブランケット注	1	3Lu	チェック孔における非超過確率50%値程度
下流側ブランケット注	4	0.5～3Lu	透水性の違いによる間隙水圧等の変化を確認
カーテン	1	1Lu	チェック孔における非超過確率50%値程度

注：断層を上流側ブランケットと下流側ブランケットの境界とした。

(2) 浸透流解析結果

浸透流解析結果の1例として、粘板岩 (EL. 930m以上) のルジオン値を0.5Lu、下流側ブランケットのルジオン値を1Luとした場合の結果を図-7に示す。この結果を含めた全32ケースの浸透流観測孔位置の間隙水圧解析値を基に、粘板岩 (EL. 930m以上) の透水性 (ルジオン値) と間隙水圧比との関係を整理したものを図-8に示す。

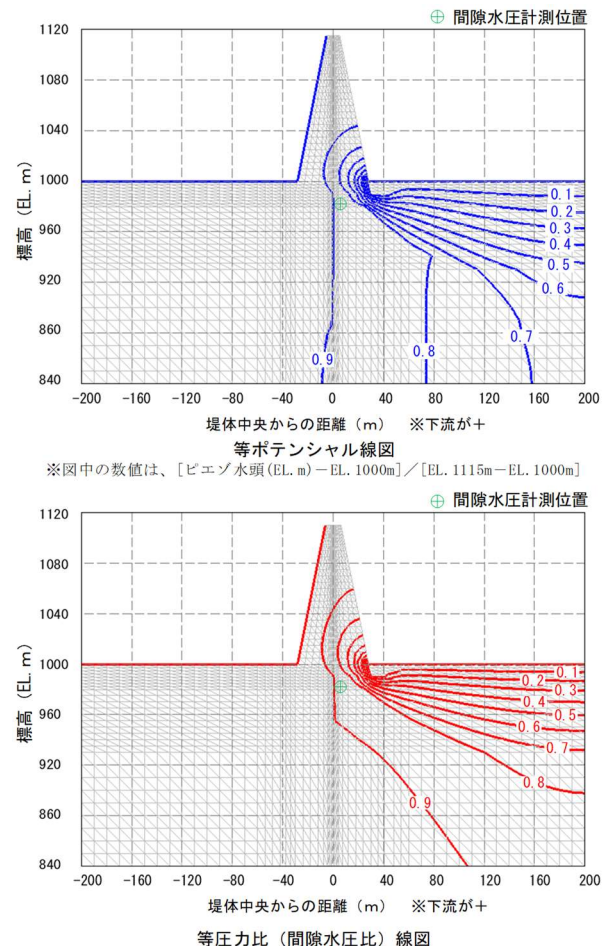


図-7 等ポテンシャル線図と等圧力比 (間隙水圧比) 線図
[粘板岩 (EL. 930m以上) : 0.5Lu, 下流側ブランケット : 1Lu]

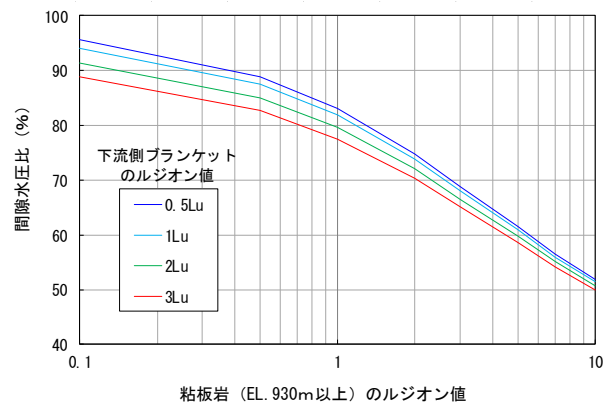


図-8 粘板岩・下流側ブランケットゾーンの透水性と間隙水圧比との関係

(3) 間隙水圧が高い原因の仮説に対する評価

浸透流解析の結果、粘板岩（EL. 930m以上）のルジオン値の違いにより、間隙水圧比は約 50%から 90%以上と大きく変化することが分かった。すなわち、河床部の間隙水圧は、基礎の透水性の条件によって大きく変化し、高い間隙水圧になることもあり得ることを確認できた。

このことから、堤体基礎河床部で確認される現象は水理地質構造に起因した自然な現象であり、新たな水みちが形成されて基礎を浸透する水が増加するような何か異常な現象が発生したことによるものでないと評価した。

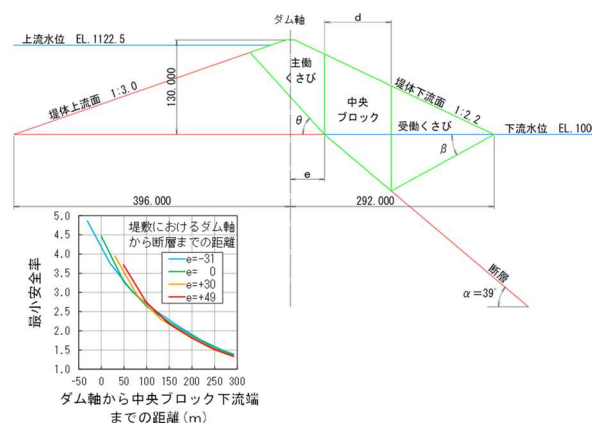


図-10 すべり面形状 1 とその最小安全率

5. 堤体および基礎の安全性に対する確認

高い間隙水圧状態における堤体および基礎の安全性について確認した。

まず、コア数（ブランケットグラウチングの範囲）において水みちの発生等の兆候がないか確認した。確認は、ルジオン値相当となる q/p （単位長さ当りの浸透量／間隙水圧，単位：Lu）の推移を見ることで行った。図-9 のとおり、 q/p は 2004 年以降、最大でもブランケットグラウチングの改良目標値である 10Lu 程度以下であり、増加傾向を示していないことから、安定した問題のない状態であると評価した。

次に、断層沿いのすべりに対する安全性について確認した。図-10 および図-11 に示す 2 種類のすべり面形状についてウェッジ法²⁾で安定計算を行った結果、どちらのすべり面形状においても最小安全率は 1.2 以上となり、すべりに対する安全性が確保されていることを確認した。

また、詳細は省略するが、堤体コア部の水圧破碎および基礎岩盤の浸透破壊に対する安全性についても問題ないことを確認した。

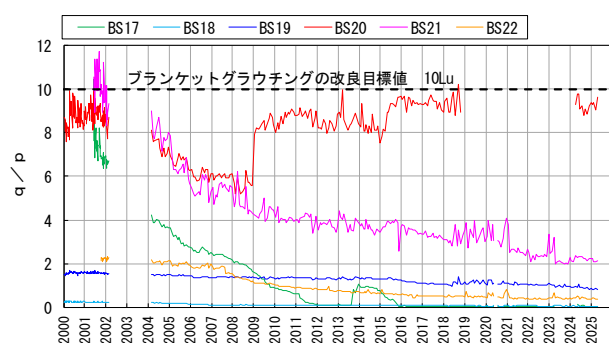


図-9 浸透量／間隙水圧 (q/p) の経時変化

6. 検討結果のまとめと今後の対応

味噌川ダムの堤体基礎河床部付近の間隙水圧比が湛水

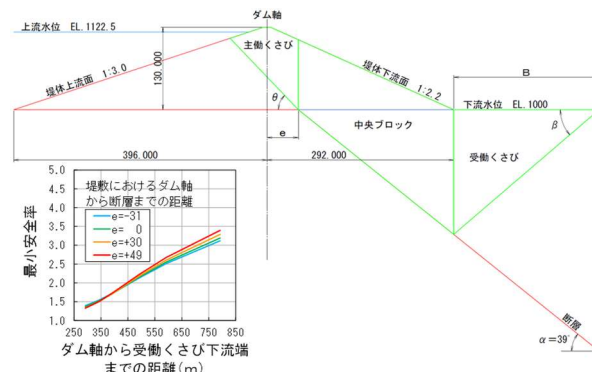


図-11 すべり面形状 2 とその最小安全率

初期から高かった原因および湛水初期から上昇した原因を推定し、代表的な断面を想定した浸透流解析を行った。その結果から、堤体河床部基礎で確認される高い間隙水圧については水理地質構造と経時的な目詰まりに起因した自然な現象であり、新たな水みちが形成されて基礎を浸透する水が増加するような異常な現象が発生したことによるものではないと評価した。また、現時点において、堤体および基礎の安全性についても問題のないことを確認することができた。

今後の対応としては、これまでと同様の計測項目、頻度で計測を継続するとともに、浸透量が多かったことから 2018 年以降、計測を中止していた BS-20 孔に対しては浸透量計測を試験的に再開し、今後も計測を継続する。さらに、高い間隙水圧が計測されている河床部の浸透流観測孔については電気式の圧力センサー等による常時計測を導入し、リアルタイムでの状態把握を可能とする予定である。

参考文献

- 1) 味噌川ダムダムサイト地質調査（その 4）報告書，八千代エンジニアリング株式会社，1979. 3.
- 2) 例えば，農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計 ダム 技術書 フィルダム編，pp. II-111～II-114，2003. 4.