

5.3 長期供用中の重力式コンクリートダムにおける計測合理化に関する検討

研究年度：令和元年度～令和2年度

研究分野：ダムの計測合理化に関する研究

調査研究名：ダム計測継続箇所の検討

研究者：梅園拓磨*、工藤宏樹

【要約】

重力式コンクリートダムの安全管理における必要な計測項目は、河川管理施設等構造令¹⁾において規定されている。計測項目の計測頻度等の基本的な考え方については、河川砂防技術基準 維持管理編(ダム編)²⁾に示されており、計測頻度を安全管理上の期間の区分段階が進むに従って低減させてよいとしている。

当該ダムでは第1期経過後30年運用されており、ダム点検基準で定めた計測項目における計測値の挙動が安定していることから、第3期への移行について検討を行った。

また、建設時に比較的多数の計測機器が設置され、現状においても供用開始時とほぼ同程度の計測を継続しているダムであるため、計測の合理化の観点から継続して計測を実施すべき箇所について検討を行った。

【キーワード】

ダム安全管理、計測、合理化

【背景・目的】

重力式コンクリートダムの安全管理に必要な計測項目は、河川管理施設等構造令¹⁾において規定されている。計測項目の計測頻度等の基本的な考え方については、河川砂防技術基準 維持管理編(ダム編)²⁾に示されており、計測頻度を安全管理上の期間の区分段階が進むに従って低減させてよいとしている。

ダムの安全管理期間は第1期、第2期、第3期の3段階に区分されており、第1期はダムの試験湛水中の期間、第2期は第1期経過後のダムの挙動が安定した状態に達するまでの期間、第3期はダムの挙動が安定した状態に達した後の期間を示している。

当該ダムでは第1期経過後30年運用されている。同基準での第3期への移行判断は、『第1期経過後、貯水位等の変化に計測値が正しく追随し、その値が妥当と判断されることにより、ダムの挙動が安定したと確認されるまでの期間』としていることから、当該ダムの第3期への移行について検討を行った。

また、建設時に比較的多数の計測機器が設置され、現状でも供用開始時とほぼ同程度の計測が継続しているダムであるため、測定の合理化から、継続して計測を実施すべき箇所について検討を行った。

【令和2年度の研究成果】

(1) ダムの計測設備状況

対象としたダムは、1989年に竣工した堤高34m、堤頂長372m、堤体積116,000m³の重力式コンクリートダム(以下Mダム)である。同基準の計測項目に基づいたMダムの堤体計測設備一覧表を表-1に、堤体横断面を図-1に、堤体右岸監査廊内計測設備の配置を図-2に示す。Mダムにおける計測は、漏水量の計測は右岸と左岸の計測2箇所、基礎排水孔による基礎排水量と揚圧力の計測は7つのブロックに計13箇所、継目排水孔からの漏水量の計測が各継目位置(計22箇所)で実施されている。

表-1 Mダムの堤体計測設備一覧表

項目	計測設備	計測箇所	観測方法
漏水量計	三角堰	右岸1箇所 左岸1箇所	手動計測
基礎排水孔による孔別排水量と揚圧力の計測	基礎排水孔 (排水量、ブルドン管圧力計)	13箇所	手動計測
継目排水孔からの孔別漏水量の計測	継目排水孔	22箇所 左岸8箇所 右岸14箇所	手動計測

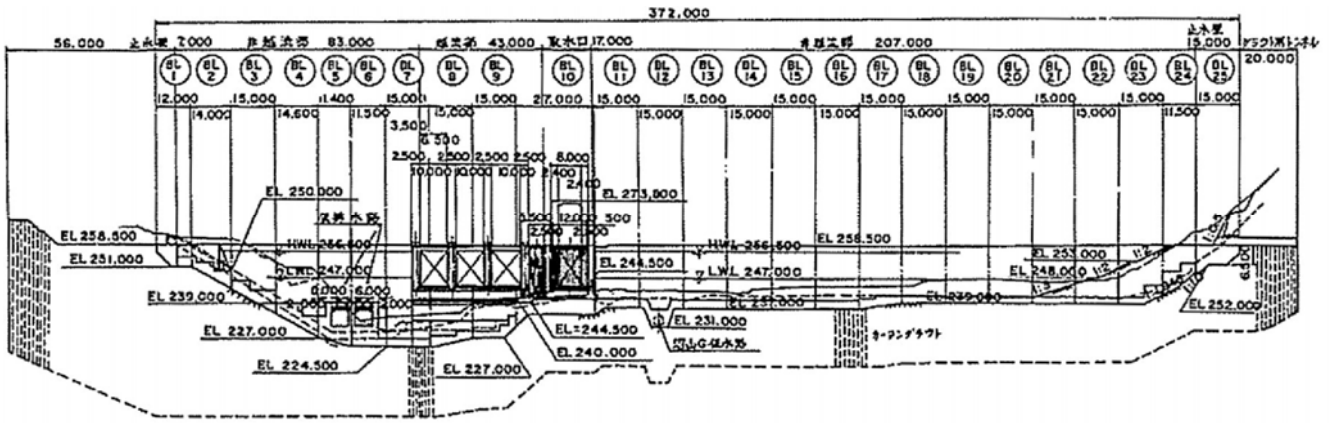


図-1 Mダム横断面図

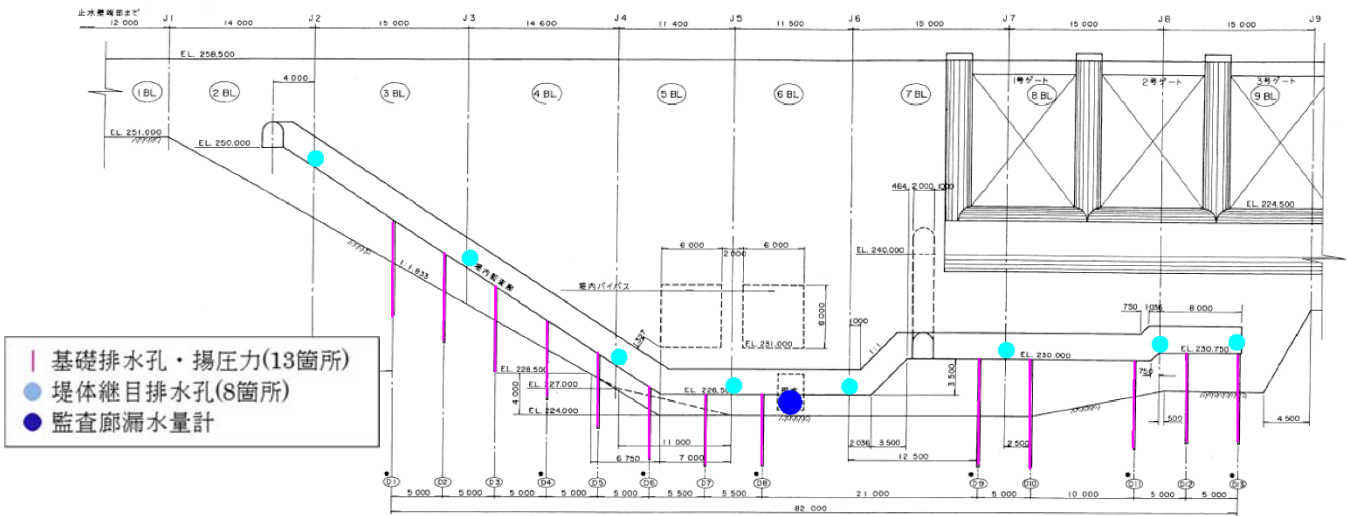


図-2 Mダム堤体左岸監査廊内計測設備設置位置図

(2) 計測結果による堤体・基礎地盤の評価

基礎地盤や堤体の挙動の安定性について、各計測結果から検討を行った。

(2) - 1 基礎地盤の評価

①基礎排水孔からの漏水量 (左岸)

基礎排水孔からの漏水量については、至近 10 年では、全孔を併せても最大で 0.50 ㊦分程度であり少ない。また、1 孔あたりの漏水量についても最大で 0.10 ㊦分程度と少ない (D-9 孔)。この値は、試験湛水時の最大値 (D-9 孔 : 0.60 ㊦分程度) と比較して 17%程度に減少している。また、基礎排水孔からの漏水に濁りは認められていない。

地震発生の影響を受けて、基礎排水孔の漏水の増加が認められた孔があるが、絶対量は少ない。地震発生後、時間経過に伴い基礎排水孔の漏水は、漸減傾向を示している。

以上より、基礎排水孔からの漏水量は現在に至る

まで安定した挙動を示していると評価できる。

②基礎排水孔の揚圧力

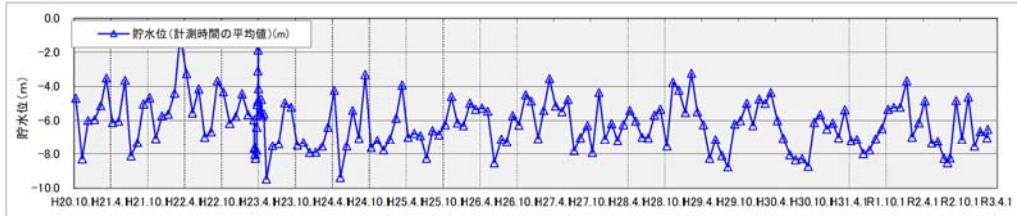
揚圧力の値は、各孔ともに小さく安定した挙動を示しており、比較的揚圧力の高いD-7、8孔においても近年は0.035MPa程度以下の値である。D-8孔最大値 0.055MPa (H23.5.10) は、平成23年3月11日東北地方太平洋沖地震の影響によるものと考えられ、この値は、試験湛水時の最大値 (D-8 : 0.06 MPa程度) と比較して同程度であり、貯水位との明確な相関は認められない挙動であった。

なお、平成 23 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震以外の地震発生後において、幾つかの孔において揚圧力の増加が確認された。特に増加が顕著であったのは、D-9 孔 (0.012 MPa 程度 → 0.023 MPa 程度)、D-10 孔 (0.012 MPa 程度 → 0.024 MPa 程度) であり、これは基礎排水孔からの漏水量の増加が顕著であった孔と一致する。

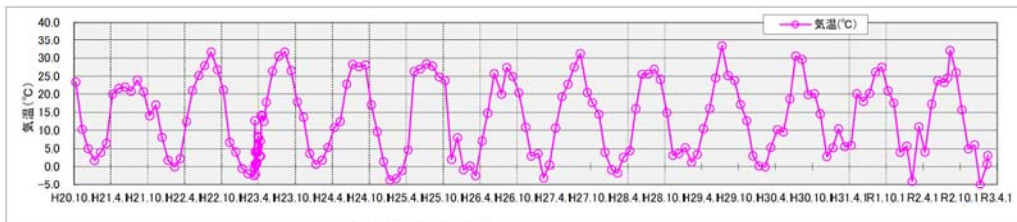
地震の後に揚圧力の増加が認められた孔では、時間経過に伴い減少傾向を示し、現時点では概ね地震前と同程度の値で推移している。

以上より、各孔の揚圧力は、地震発生の影響を受けて増加が認められたが、何れの孔も概ね地震前と

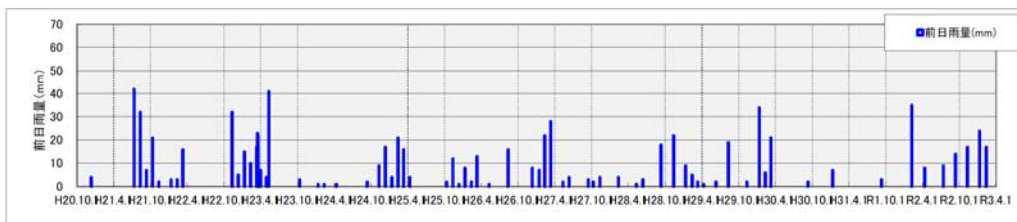
同程度の値まで減少しているとともに、設計値（貯水池水圧の40%）以下の値であることから、現状においては安定した挙動を示していると評価できる。



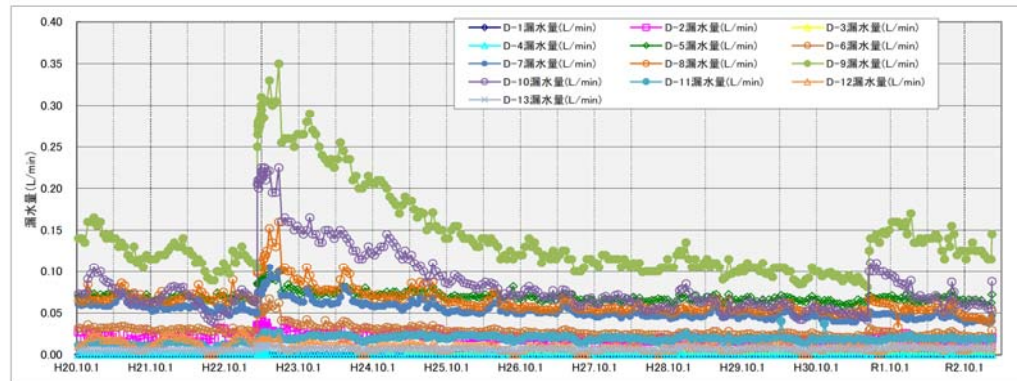
(1) 貯水位の経時変化図



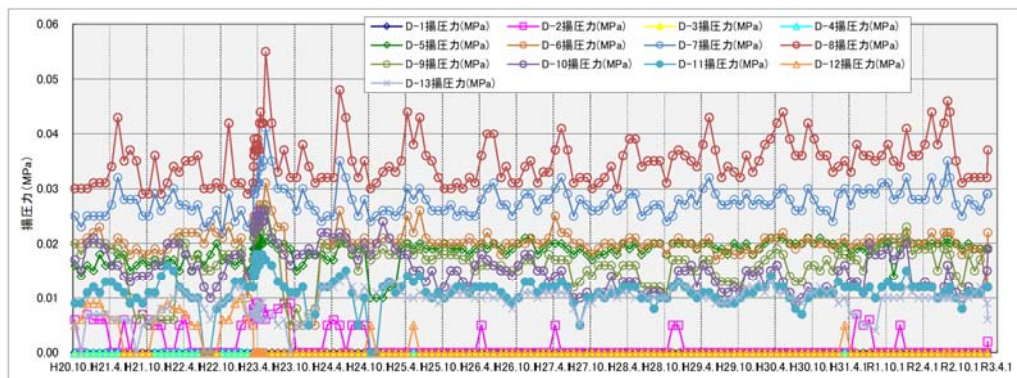
(2) 気温の経時変化図



(3) 前日雨量の経時変化図



(4) D-1～13基礎排水孔別漏水量の経時変化図



(5) D-1～13揚圧力の経時変化図

図-3 基礎排水孔の孔別排水量と揚圧力計測結果

③基礎地盤の安定性

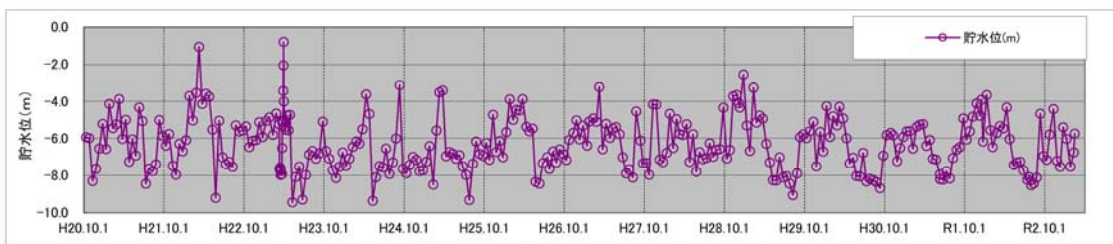
地震発生の影響により、基礎排水孔漏水量の増加、揚圧力の増加が計測されたが、漏水量、揚圧力の計測評価結果より、地震発生後のそれぞれの挙動は安定している。また、地震発生後の臨時点検、通常の巡視点検結果より異状は認められていない。

(2) - 2 堤体の評価

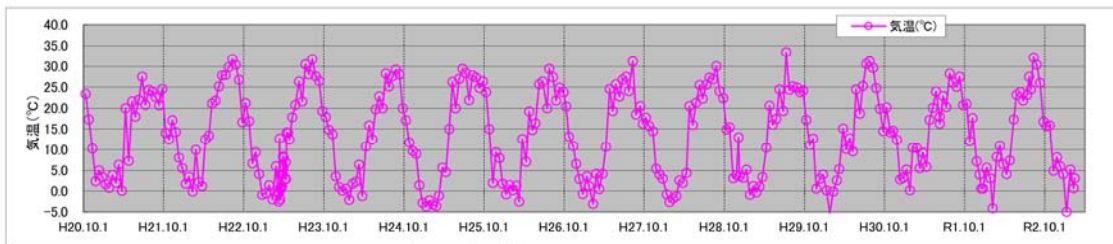
①左岸側横継目からの漏水量

左岸横継目からの漏水量は、8箇所の横継目ごとに計測を実施している。全孔合わせての合計量は、近

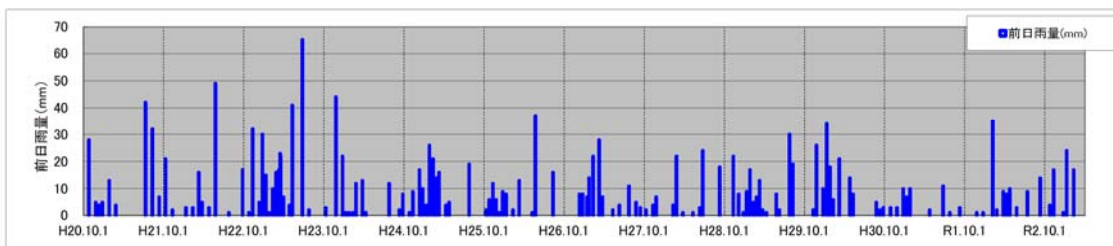
年において最大で 13.00 L/min 程度であり、1孔当たりの漏水量の最大は8.76L/min 程度である(6-7 BL間)。至近年において、5-6BL間、6-7BL間において、既往データをわずかに超える漏水が確認されているが、漏水量の増加は微量かつ一時的で、その後の増加傾向等は認められない。これまでの傾向でも、継目漏水量は気温低下時且つ高水位時に増量することが確認できており、冬期の貯水位が例年より「高め」で運用している状況で、これが要因として考えられる(図-4参照)。



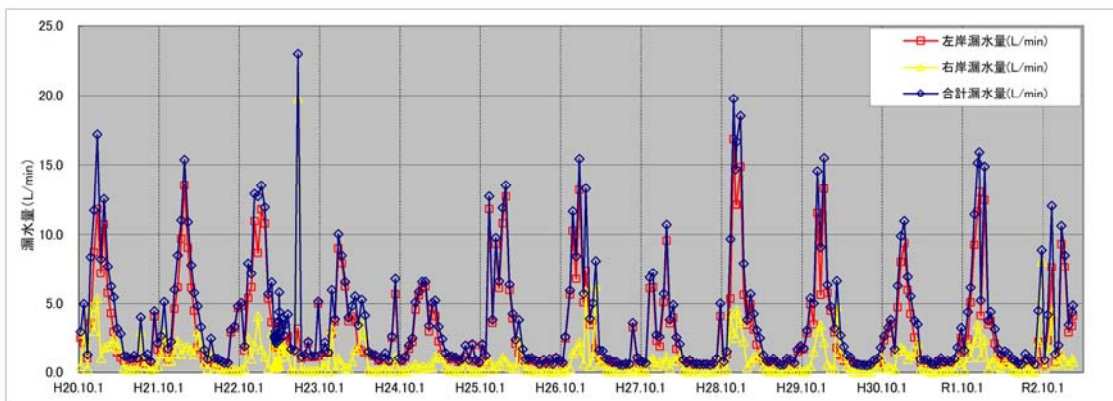
(1) 貯水位の経時変化図



(2) 気温の経時変化図



(3) 前日雨量の経時変化図



(4) 漏水量(合計、左岸、右岸)の経時変化図

図-4 漏水量計測結果

また、地震発生による顕著な影響は確認できず、その後の余震発生前後の変化も無く、現在に至るまで安定した挙動を示していると評価できる。

②右岸側横継目からの漏水量

右岸横継目からの漏水量は、14箇所横継目の合計量を計測している。これまでの期間では東北太平洋沖地震時に最大で20.0%程度と少ない。また、その他地震や出水発生による顕著な影響は確認できず、絶対量は少なく、現在に至るまで安定した挙動を示していると評価できる(図-4参照)。

③漏水に対する堤体の安定性

前述の通り、継目からの漏水量は、地震発生による顕著な影響が確認できず、絶対量は少なく、その後の余震発生前後の変化も無く、現在に至るまで安定した挙動を示していると評価できる。

(2) - 3 第3期への移行の可能性について

基礎地盤および堤体の挙動に地震発生の影響による顕著な異常は認められず、現状に至るまで概ね安定していると評価できることから、Mダムの第3期管理区分への移行は妥当であると考えられる。

(3) 計測設備箇所の計測妥当性評価

計測設備の設置箇所について、地形・地質条件や堤体の構造から検討を行った。

(3) - 1 漏水量計 (三角堰等)

①ダムの構造からの検討

Mダムでは、左右岸の漏水量を分離して計測を行っている。堤頂長が372mと長いため、仮に漏水量の計測箇所を1箇所(全漏水量のみ)とした場合には、現状よりも異状箇所の特定に時間を費やす可能性が考えられる。

②基礎地盤からの検討

Mダムの設計資料等によれば、Mダムでは基礎地盤は全般的に中硬岩の泥岩であるが、比較的軟質な砂質凝灰岩の薄層を挟在している(図-5参照)。仮に漏水に濁りが確認された場合、その発生箇所が基礎排水孔からの漏水である場合には、このような地質的条件との関係からその原因箇所の絞り込みを可能とするためにも、少なくとも現状のまま左右岸で別漏水量の計測の継続が妥当と考えられる。

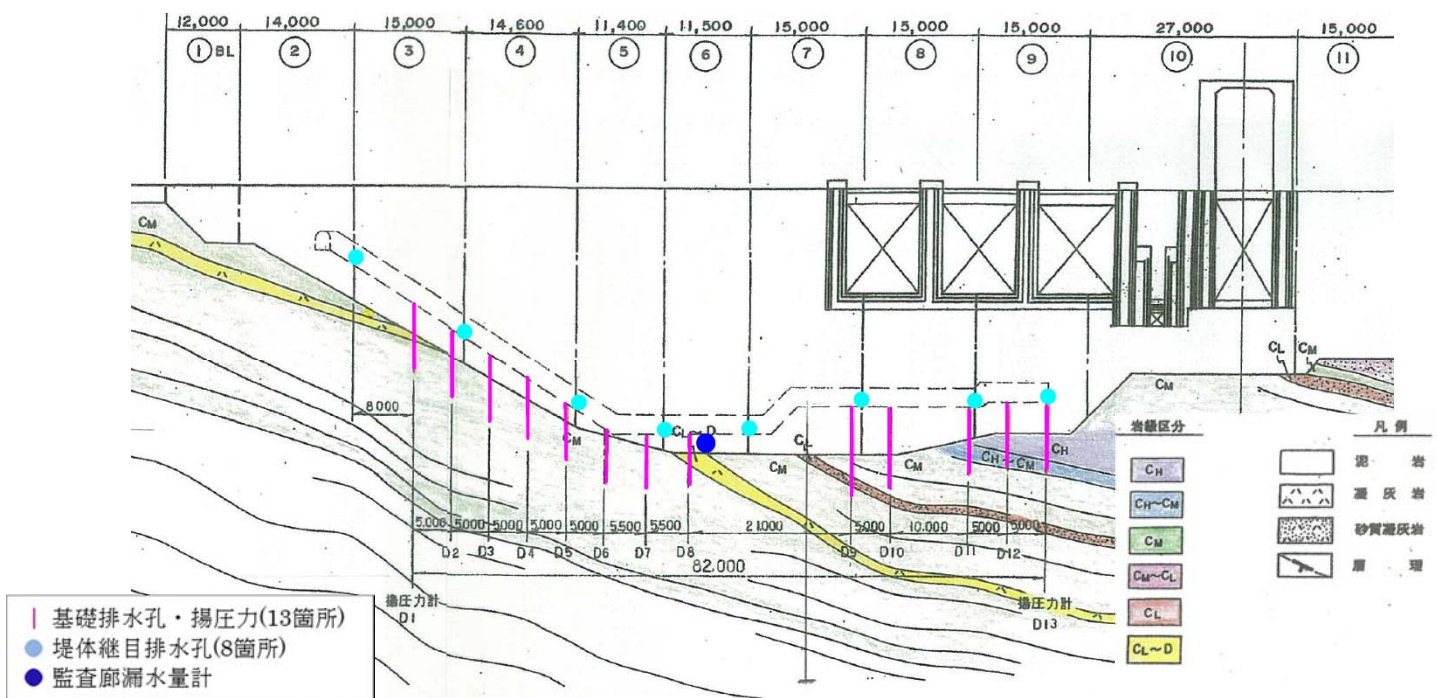


図-5 Mダム左岸岩級区分図

(3) - 2 基礎排水孔による孔別排水量と揚圧力

①ダム構造からの検討

Mダムでは、最大断面ブロックで基礎排水量と揚圧力の計測が実施されている。貯水位が最高となる最大断面位置での計測データは、ダムの安定性を評価する上で最も必要なデータであることから、計測の継続は適当と考えられる。

②基礎岩盤からの検討

Mダムの基礎岩盤では、**図-5**に示すように、その一部にやや透水性が高い砂質凝灰岩の薄層が挟在している。仮に異常が生じた場合にその箇所を早期に特定するためにも、現状どおりに計測を継続することが適当と考えられる。

(3) - 3 継目排水孔からの孔別漏水量

①ダム構造からの検討

Mダムは、**図-1**に示すように、ダム縦断方向における地形（掘削面）の急変箇所はない。このためMダムでは、ダム縦断方向における地形の急変点付近の継目排水孔の観点から、各継目排水孔での計測を行う必要性は低いと考えられる。

【結果のとりまとめ】

計測結果による堤体・基礎地盤の評価、計測設備箇所の計測妥当性評価から、計測設備箇所の計測合理化についてとりまとめる。

(4) - 1 漏水量計

右岸と左岸の2系統での堤体漏水の計測を継続することが妥当であると考えられる。

(4) - 2 基礎排水孔による孔別排水量と揚圧力

7ブロックに計13箇所の孔別排水量と揚圧力の計測を継続することが妥当であると考えられる。

(4) - 3 継目排水孔からの孔別漏水量

左岸部2～10BL間の継目排水孔8箇所のうち、地震時、外気温、貯水位等の影響で漏水量が増大する傾向があった横継目排水孔4箇所において計測を継続するのが望ましいと考えられる。

【参考文献】

- 1)財団法人国土技術研究センター編：改定解説・河川管理施設等構造令、山海堂、2000年
- 2)国土交通省 水管理・国土保全局：河川砂防技術基準 維持管理編（ダム編）、2016年3月