

水中ロボットによるダム堤体等 点検調査についての紹介

野村ダム管理所 専門官 田村 剛
専門官 志摩道寛
電気通信係長 山内貴雄

野村ダムは、洪水調節、流水の正常な機能の維持、利水補給、水力発電の多様な目的をもった重力式コンクリートダムです。ダムの施設の機能と安全を長期に維持するため、ダムの状況を把握し、補修等を効率的・効果的に実施していく必要があります。今回、ダム堤体の漏水やゲート周辺状況の水中調査にあたって、調査の省力化、効率化、状況の把握記録を目的にロボットでの調査の取り組みについて報告する。

キーワード 水中ロボット, ダム堤体等点検調査

1. 野村ダムの概要

野村ダムは、愛媛県の西部を流れている肱川の上流（西予市野村町）にあり、肱川の洪水調節と宇和島市、八幡浜市、西予市、西宇和郡伊方町へのかんがい用水や上水道の利水補給、水力による自家発電をする多目的ダムです。集水面積は168km²、湛水面積0.95km²、堤高60m、堤頂長300m、有効貯水容量12,700,000m³、洪水調節容量3,500,000m³（洪水期 6/16～10/15 内6/16～7/14は非洪水期の洪水貯留調節容量から洪水期の容量に移行期間）クレストゲート2門、コンジットゲート1門、ジェットフローゲート1門の設備のある重力式ダムであり、昭和48年に着工し、昭和57年に完成、平成31年3月で37年目を迎えている。

図 - 1 【下流面図】 堤頂長L=300m

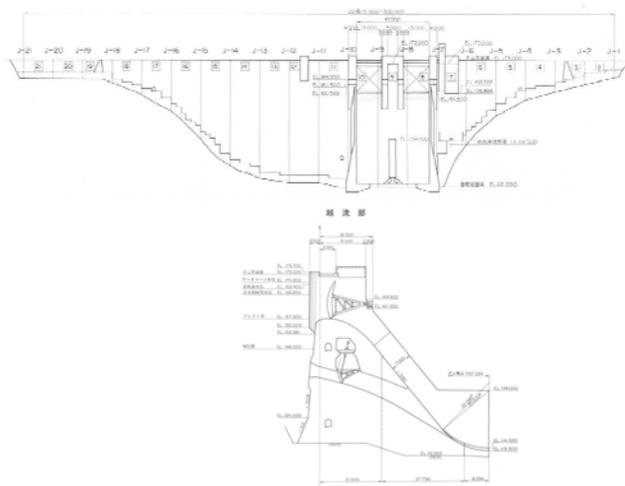


図 - 2 【標準断面図】 堤高L=60.0m

2. 調査の概要

【1】調査の目的

野村ダムは昭和56年（試験湛水時）より漏水が確認されており、昭和56年、平成22年、平成24年、平成27年にエポキシ樹脂にて表面コーキングや超微粒子セメントミルクまたは、ベントナイト充填等による対策を実施しているが現在もダム下流面においては、漏水が確認されている。

この漏水について状況を確認し、漏水対策を検討するための調査である。また、3年毎に実施しているダムの定期検査のためゲート周辺状況を調査した。

【2】調査の手法

漏水調査は、過去は潜水士による直接目視で、水平打ち継ぎ面のクラックを確認していた。今回は、過去の調査結果で特に漏水が多い箇所を対象にボーリング調査と水中ロボットによる調査を実施した。ボーリング調査では水平クラック深度の把握のため、採取コア及び孔内カメラによる確認と注水試験を実施した。水中ロボットの点検は、貯水位面以下の漏水口の確認及び過年度の対策効果の確認をした。

調査は画像によるクラック状況の確認や漏水口と思われる箇所を絞りトレーサ材【色水等】の吸い込みについて確認し画像で記録する。

ゲート周辺の状況調査は、水中ロボットのカメラで施設の劣化状況を目視確認した。

【3】調査の範囲

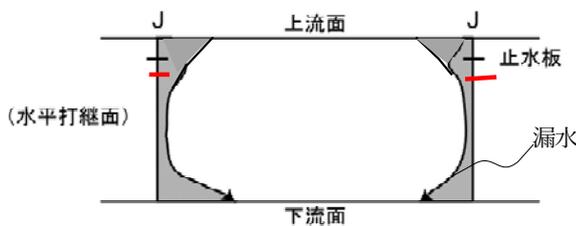
漏水の流入口調査はある程度の流量がなければ、確認することが難しいため、既往の調査結果から主要な漏水箇所を調査対象箇所とした。

漏水要因としては、水平打継ぎ面のクラックが流入経路である可能性が高いため、水平打継ぎ面の調査を行い

水平打継ぎ面で吸い込みが確認されなかった場合は横継ぎ目を調査対象とし、色水の吸い込み調査位置はクラックが発生しやすい水平打継ぎ面との交点【1.5m】を調査した。

推定される漏水経路

<漏水要因 A>



<漏水要因B>

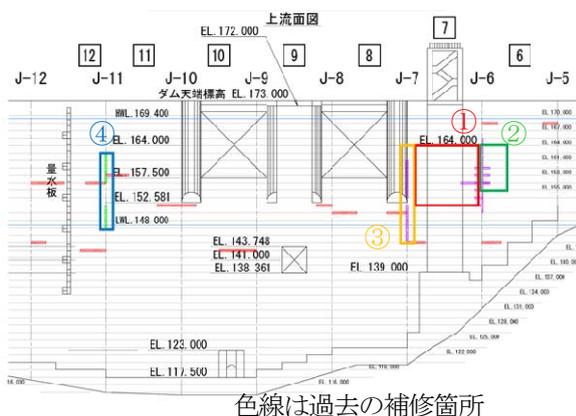
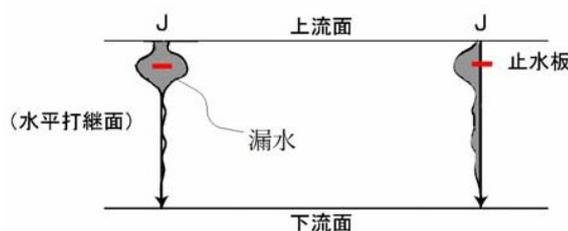


図 - 3 【上流面図】

【①BL7 調査範囲】

EL152.0m～EL164.0m
水平打継ぎ面を調査

【②J-6 左岸側 (-5.0m) の調査範囲】

EL155.0m～EL164.0m

※J-6 側より調査しクラック、色水の吸い込みがない範囲を確認。

水平打継ぎ面を調査

【③J-7 調査範囲】

EL144.5m～EL164.0m

横継ぎ目と水平打継ぎ面の交差部の調査

【④J-11 調査範囲】

EL147.5m～EL162.5m

横継ぎ目と水平打継ぎ面の交差部の調査

ゲート周辺の状況調査は深層曝気装置のエアール状況、コンジットゲート呑み口部の状況、選択取水設備 スクリーンの状況、水位計 給水口の状況を調査した。

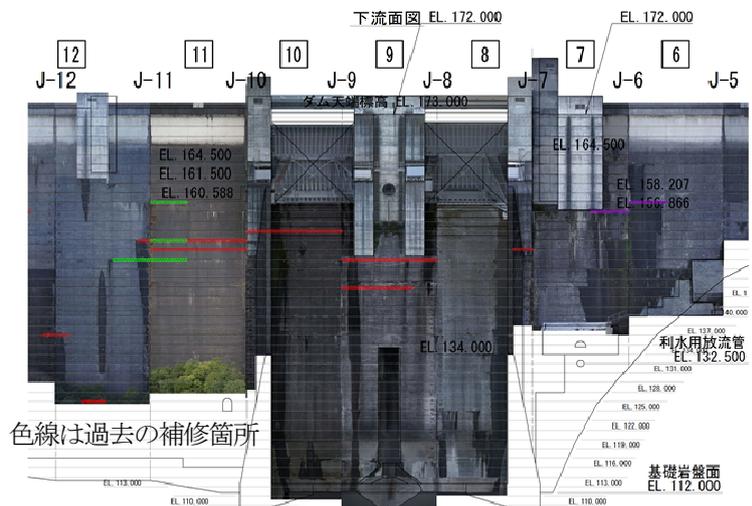


図 - 4 【下流面図】

3. ロボットの概要

ゲートの貯水池側等の設備の水中部分の点検については、従来では潜水士が水中に潜って確認をする必要があった。しかし、水中ロボットを使用することにより、水中の確認が安全で比較的容易に行うことができるようになった。

【1】ロボットの特徴と利点

まず、水上からのロボットの遠隔作業により、潜水作業に伴う減圧症などのさまざまな危険をなくすることができる。次に、ロボットによる調査のため、水深や潜水時間の制約が少ないため、点検作業効率を向上させることができ、コスト削減にもつながる。最後に、濁度の高い箇所においても、高度な映像処理を行うことで、調査箇所の状態をよりクリアに映し出すことが可能となる。

項目	仕様
照明	水陸共用
操作用カメラ	解像度 1280 * 720(15fps)
点検用(録画用)カメラ	解像度 1280 * 1080(30fps)
傾斜角	最大30度 * 壁距離一定制御が有効時の傾斜角
ソナー	正面4箇所各2個(計8個)
(壁面との距離測定用)	測定可能距離: 60cm~150cm(自立制御時)
(前後・左右・上下移動制御用)	各4個(計12個)
潜行能力	最大深度 200m
移動速度	0m/s~約0.3m/s
質量	約30kg(バッテリー込みで約42kg)
外形寸法(幅*奥行*高さ)	500mm * 620mm * 780mm
バッテリー	定格電力量: 479Wh 使用時間 約2時間(フル充電時) 脱着可能
使用温度	5℃~40℃

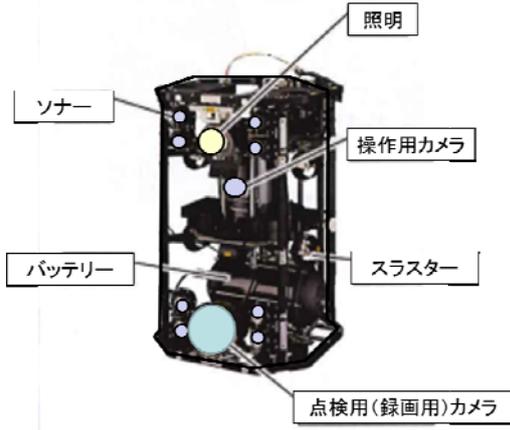


図-5 水中ロボットの仕様

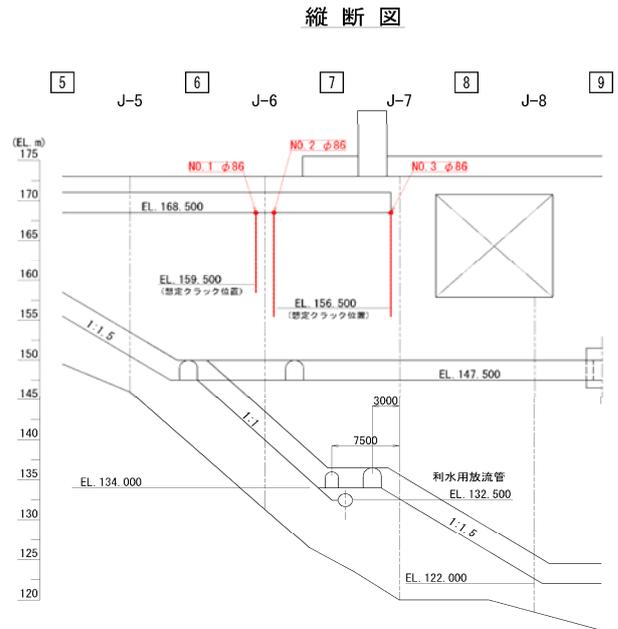


図-6 【縦断図】

水中ロボットによる映像を確認したが、J-6・J-7間のEL. 156.5mには亀裂は確認できなかった。

また、トレーサ材(赤色水)の吸い込み確認も併せて実施したがJ-6・J-7間のEL. 156.5mにおいて明確なトレーサ材の吸い込みは確認できなかった。



鮮明化前 鮮明化後

写真-1 画像処理



写真-2 EL156.5付近

4. 調査結果

水中ロボットを活用した調査結果について以下に示す。

【1】堤体漏水調査

調査は先行して実施したボーリング調査から、J-6とJ-7の間であるBL7にはEL. 156.5mの水平打継ぎ面沿いにクラックが確認され、また、BL6のEL. 159.5mにも水平打継ぎ面沿いにクラックがあり漏水経路であると考えられ、これらの亀裂位置を重点的に行った。



写真-3 トレーサ材吐き出し状況EL156.5付近 J-6

【2】ゲート周辺状況調査

コンジットゲート・選択取水設備スクリーン等の状況について水中ロボットにより撮影された映像を確認した結果、コンジットゲート呑み口部において一部発錆があるものの、選択取水設備スクリーンについては発錆等の劣化は確認されず、水中の設備において現状特に問題となるような劣化はないことが確認された。

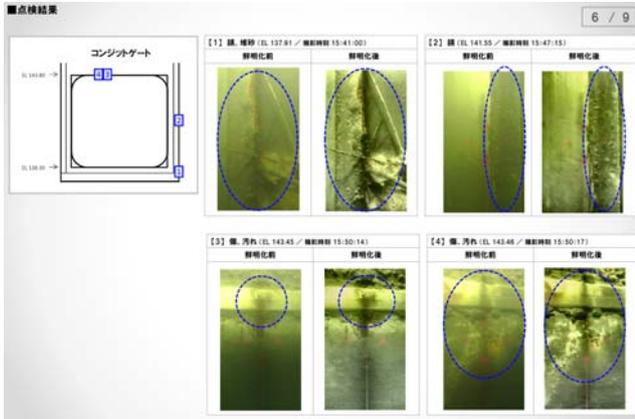


図-7 コンジットゲート調査状況

5. 課題・今後について（まとめ）

水中部の施設を点検するためには、画像記録において、非常に鮮明であり目視確認する上では十分な精度である。

また、調査箇所の位置情報が記録できることにより追跡調査が可能である。

ゲートや放流管、発電施設の取水口調査には十分適応可能であると考えられるが、漏水調査においては以下の課題が残った。

- ・水平打ち継ぎ面にエッジ処理がされていたため、常に水中ロボットが上流面に対して鉛直になっていないことから、クラックがあっても確認しづらい。
- ・トレーサ材散布後にトレーサ材が吸い込まれているか、画像からは判断が難しい。

これらの課題に対しては以下の対応が考えられる。

- ・水中部で今より水平保持できる制御機能の改良
- ・模擬的にトレーサ材の吸い込み状況のサンプル画像を撮影して評価指標を作成する。

なお、水中ロボット点検は現状ではコスト的にやや高額である。UAVのようにもっと普及すればコスト面も安価になってくるだろう。

今後ダム点検やダム再開発での使用が期待される。