

筑後大堰の老朽化調査における 水中部調査の有効性

下嶋 みか子¹・古賀 勝之²

¹独立行政法人水資源機構 筑後川下流総合管理所（〒830-0071 福岡県久留米市安武町武島 1063-2）

²独立行政法人水資源機構 室生ダム管理所（〒633-0315 奈良県宇陀市室生大野 3846）

筑後大堰施設は洪水疎通機能の確保、河床の安定、塩害の防除、新規水道用水の確保、取水位の安定を目的として、1985年より運用を開始して以来、37年が経過している。これまで大規模な補修はないものの、管理開始後30年程度経過すると、老朽化によるコンクリート部の補修が増加する傾向にあることから、「筑後大堰長寿命化計画」に定められている定期点検に加え、老朽化調査（UAVによる外観調査、コンクリート物性試験、水中部調査）を行った。

本稿では、老朽化調査のうち、水中部調査として実施したドローン、潜水、3Dスキャナのほか、毎年実施している深淺測量を含め、それら調査の有効性について報告する。

キーワード：水中部調査、水中ドローン、潜水調査、水中 3D スキャナ、深淺測量

1. はじめに

(1) 筑後大堰の概要

筑後大堰の施設概要を図-1に示す。筑後大堰は、有明海河口より約23kmの地点にある可動堰で、①洪水疎通機能の確保、②河床の安定、③塩害の防除、④新規水道用水の確保、⑤取水位の安定を目的として、1985年4月より運用を開始して以来、37年が経過している。

(2) 長寿命化計画における点検計画

水資源機構は、2014年10月に管理する施設の維持管理・更新等を着実に推進するための中長期的な取組の方向性を明らかにするために「インフラ長寿命化計画（行動計画）」を策定しており、筑後大堰においても、この行動計画に基づく個別施設計画として、「筑後大堰長寿命化計画」を策定している。

堰の安全性及び機能を長期的に保持するため、「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領」¹⁾（以下「要領」という。）を参考とし、項目及び頻度を定めている。

要領に定められている点検手法は、目視点検が基本とされており、筑後大堰の日常巡視や定期点検においても土木施設の劣化や損傷等の確認は主に目視で実施している。しかし、堰施設は不可視部分が多く、目視点検のみで機能の状態を評価することは容易ではない。

筑後大堰ではこれまでに大規模な補修はないものの、ダムの事例では管理開始後30年程度経過すると、老朽化によるコンクリート部の補修が増加する傾向にある²⁾。このため、筑後大堰では、「筑後大堰長寿命化計画」に定められている定期点検に加え、目視点検では確認が容易でない箇所の老朽化にかかる調査（UAVによる外観調査、コンクリート物性試験、水中部調査）を実施した。

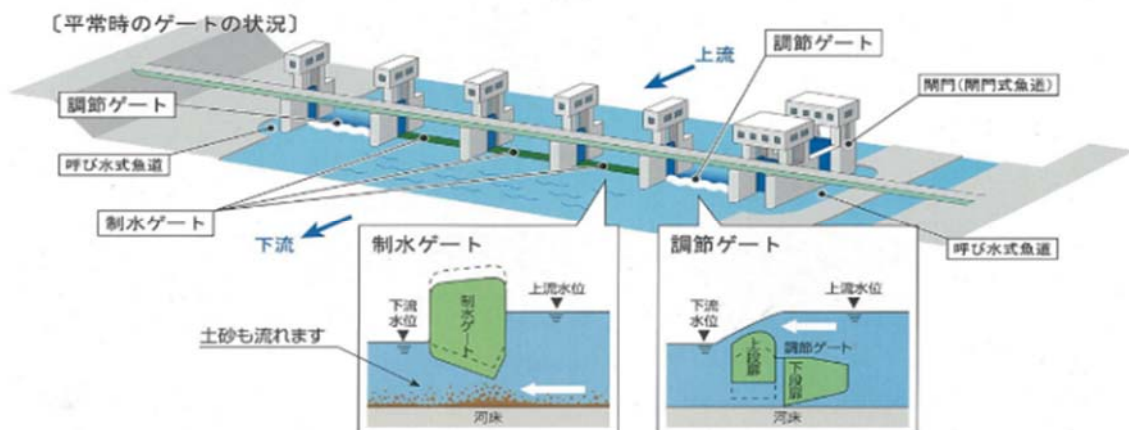


図-1 筑後大堰施設概要

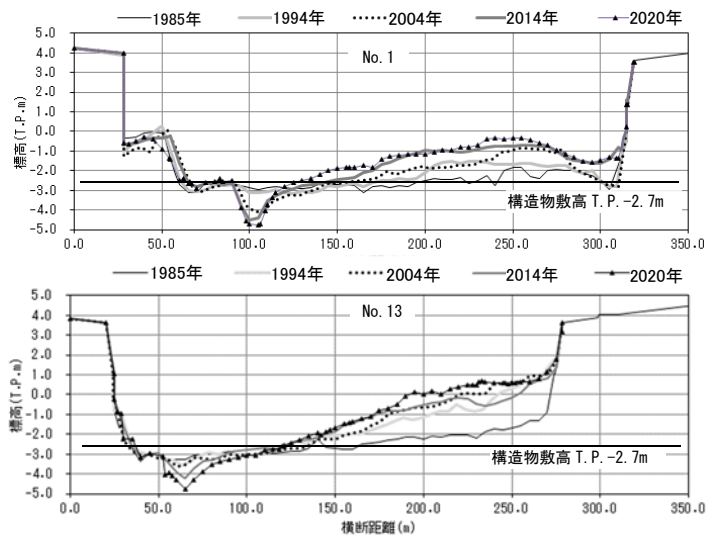
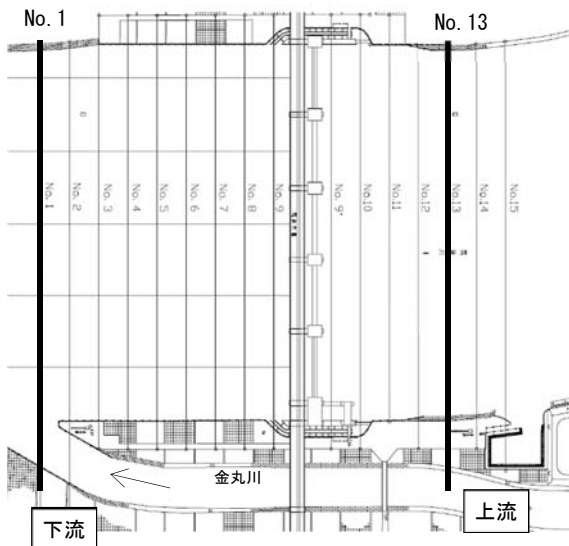


図-2 深浅測量結果（平面図及び横断面図）

特に、水中部は陸上部の施設に比べ、劣化や損傷の状態を把握することが難しく、効率的で安全に実施できる点検方法が求められている。そこで本稿では、水中部調査として実施したドローン、潜水、3D スキャナのほか、毎年実施している深浅測量を含め、これら調査の有効性について報告する。

2. 水中部調査の経緯及び調査方法

(1) これまでの調査

筑後大堰では、施設管理規程に定められている計測に深浅測量がある。管理開始以降、毎年実施しており、河川横断 16 測線（上下流測線 20m 間隔、各測線の測点 5m 間隔）毎の経年変化を比較し、施設の存する河川が良好な断面形状にあるかの確認を行っている。

深浅測量結果のうち、河床部の堆砂及び洗掘の状況が著しい測線 No. 1 及び 13 の結果を図-2 に示す。構造物敷高 T.P. -2.7m に対して、左岸側は局所的に約 2m の洗掘、右岸側は約 3m の堆砂となっており、河床部の二極化が確認されている。左岸側の洗掘は、筑後川湾曲の影響により、堰地点から堰下流一帯にかけて水当たりが強く、河床の流速が早いことが原因で生じていると推察される。

深浅測量結果より河床部の二極化の状況を確認しているものの、全体的かつ詳細に把握することは難しく、洗掘の進行や近年の豪雨が護床工や堰構造物に与える影響も懸念されることから、水中部調査を行うこととした。

(2) 水中部調査方法

水中部調査は 3 つの方法を採用した。まず、ドローンにより河川内の状況を概略的に確認した後、3D スキャナにて面的に変状及び損傷を把握し、潜水調



写真-1 水中ドローンによる画像

査にてそれらを近接目視にて確認する計画とした。

調査範囲は、堆砂測量範囲と同様に、堰軸より上流 120m、下流 160m とし、堰本体、護床工及び河床状況（堆砂・洗掘）を対象とした。

3. 水中部調査結果

(1) ドローン調査

ドローンによる撮影画像を写真-1 に示す。堆砂が確認されている測線 No. 13 の横断距離 220m 地点にて、船上から遠隔操作により撮影したもので、砂が厚く堆積していることが分かる。

LED 照明を使用したものの、視界が悪く、河床や構造物の状況を全体的に把握するに至らなかった。また、水深最大 6m 程度と浅く、流速がある中で機体を制御することは難しく、河床部に接触する度に堆砂を巻き上げてしまうため、撮影効率が上がらない状況であった。

(2) 水中 3D スキャナ

次に、水中 3D スキャナにて河床の面的な状態把握

を行った。その結果を図-3 に示す。コンター図は T.P. 0m を基準としており、構造物敷高 T.P. -2.7m に対して、最大で約 3m の堆砂と約 2m の洗掘が発生していることが分かる。また、今回の調査により、深淺測量では把握が難しいコンクリートブロックの形状等詳細な部分を可視化したことで、水中部の状況確認が可能となった (図-4 参照)。

左岸側の洗掘は建設時から懸念されていたことから、沈下に追随可能な屈撓性のあるコンクリートブロック及び吸出し防止シートを設置³⁾して対策している。洗掘の影響により、コンクリートブロックの沈下が懸念されていたが、図-4 に示す調査結果より、ブロックが直線的に配置されていること、標高に大きな差がないことから、洗掘の影響は護床工まで達しておらず、健全であることが確認できた。また、下流の洗掘についても同様の傾向であった。

(3) 潜水調査

潜水調査では洗掘及び堰ゲート周辺を重点的に行った。潜水調査による撮影画像 (写真-2) より、上流左岸側の洗掘箇所では細粒分が流出し、礫が露出し

ていることが分かる。また、潜水士からの聞き取り及び動画映像より、ゲート戸当り周辺で変形・欠損等の損傷は認められず、健全であることが確認できた。

そのほか、上下流にある水位塔水中部の鋼材の変状 (腐食、亀裂、損傷等) を把握するため、潜水士により水位塔表面の付着物を除去した後、目視確認及び肉厚調査 (写真-3) を実施した。港湾鋼構造物防食・補修マニュアルを参考に評価した結果、水中部の鋼材に変状はなく、腐食速度も遅いことを確認した。しかし、気中部の鋼材劣化が著しいことから、水位塔全体の健全度評価としては今後も継続監視が必要と判断した。

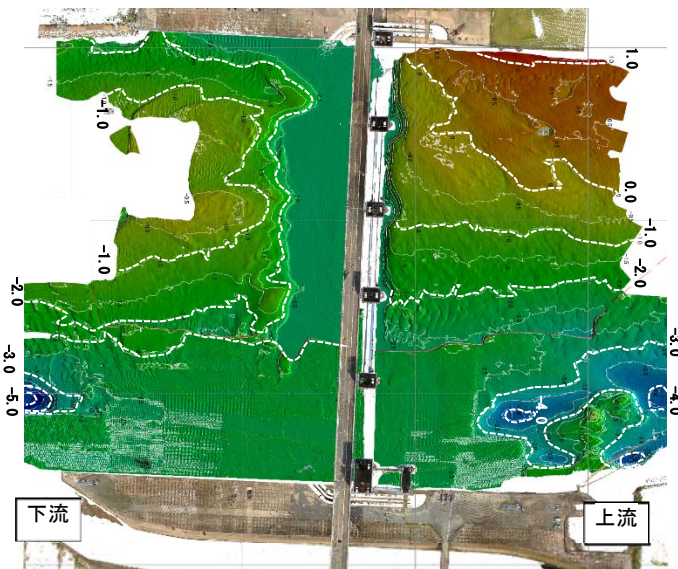


図-3 水中 3D スキャナ結果 (平面コンター図)

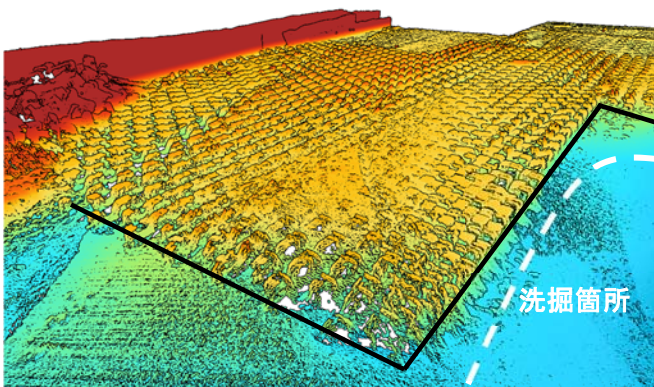


図-4 水中 3D スキャナ結果 (上流部左岸)



写真-2 潜水調査画像 (上流洗掘部)



写真-3 潜水士による水位塔肉厚調査

4. 水中部調査結果

今回実施した各調査方法について、調査費用及び特徴等を比較したものを表-1 に示す。調査費用については今回実施した調査範囲 (上下流 280m×幅員 260m) を単独で実施した場合の費用として算出した。

水中ドローンは、安全性が高く、最も経済的なため、概略踏査の目的で利用しやすいが、濁度や流速等の影響を受けやすい。これら課題のうち、画像については、画像鮮明化機能を有する設備等で撮影することで解消されると思われるが、流速や水深に伴う操作性の課題が残る。

筑後大堰周辺は水深が浅い上に、干満差に伴う流

表-1 筑後大堰における水中部調査方法の比較

調査方法	水中ドローン	潜水調査	水中3Dスキャナ	深浅測量
調査範囲	広域（面）	局所的	広域（面）	広域（線）
調査費用 <small>上下流280m×幅員260mを単独で実施した場合</small>	約100万円	約180万円	約400万円	約250万円
班構成	作業員 2名 機器費 1式	指示員 1名 潜水士 3名 作業員 2名	作業員 4名 機器費 1式	作業員 3名 機器費 1式
特徴	遠隔操作により離れた場所での点検が可能であり、潜水調査より安全性で優れている。濁度や流速の影響を受けやすい。	少量の堆積物、付着物であればその場で除去が可能。大規模な変状全体を俯瞰することが困難。	客観的な3次元データ取得により、年変化等の定量的な評価が可能。データ取得の効率化（広範囲になるほどメリットが大きい）。	客観的な2次元データ取得により、経年変化等の定量的な評価が可能。

速の変化等の影響もある。水中では電波が使えないため、GPSによる位置情報の把握も難しく、利用は限定的になると考えられる。

次に、水中3Dスキャナは、広範囲を短時間で点群データとして記録するため、定量性、客観性が高く、効率的に面データを取得することが可能である。今回の調査でも水中部の状況を詳細に可視化することで、護床工等の健全性を確認することができた。また、今後経年変化を検討する上での基礎資料として活用が可能になる。

潜水士による潜水調査は、一般的に時間や労力を要し、危険を伴うため、調査前には十分な調査範囲や内容の選定が必要となる。先に広域な面的調査を実施することで、事前に調査対象を絞ることが可能となることから、今回の調査は3Dスキャナによる全体調査を先に実施したことで効率化を図ることができた。表面の付着物の除去や器具を使った計測、ゲート戸当り等の構造が複雑な箇所での点検には潜水調査が適していることから、劣化の早期発見のため、今後も定期的にも実施する必要があると思われる。

また、調査方法の選定においては、コストが制約になる場合も多く、調査目的や現地条件に応じて適切な調査方法の選定が重要になる。図-5に深浅測量のコンター図を示すが、3Dスキャナ（図-3）と同様の傾向を示している。深浅測量でも水中部の概要を捉えることは十分可能であることから、これを基本とし、必要に応じて3Dスキャナや潜水調査等の詳細調査を併用することが、構造物の状態を適切に把握するために有効であると考えられる。

5. 今後の方針

今回実施した水中部調査により、護床工及び堰構造物の健全性を確認することができた。今回の調査結果及び各調査方法の特徴を踏まえ、今後の水中部調査方針として、これまでと同様に深浅測量で堆砂や洗掘等の河床状況を把握することを基本とし、その結果より、河川断面に著しい変化が確認された場合や大きな外力（出水、地震等）の作用により構造物の損傷や変状等が懸念される場合には、速やかに詳細調査を実施することが適切だと考えられる。また、詳細調査はドローンが最も経済的であるが、筑後大

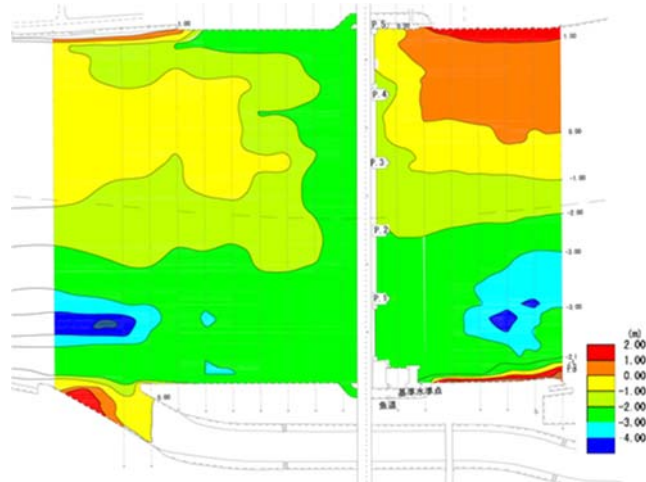


図-5 深浅測量結果（コンター図）

堰では操作性を確保することが難しいことから、潜水調査や水中3Dスキャナを採用するものとする。

6. まとめ

老朽化にかかる調査において実施した水中部の調査の有効性及び今後の調査方針について、以下にまとめる。

- ・水中3Dスキャナの活用により、水中部の状況を詳細に可視化することが可能となり、護床工の健全性を確認することができた。また、潜水調査は、濁度や流速等の環境条件に左右されるが、局所的な調査では有効な調査方法である。
- ・筑後大堰における水中部の調査方針として、深浅測量（年1回）を基本とし、その結果により著しい変化が確認された場合や大きな外力（出水、地震等）の作用により、構造物の損傷や変形等が懸念される場合には、速やかに潜水調査や水中3Dスキャナによる詳細調査を併用するものとする。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課. 2019. 4. 堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課. 2013. 10. ダム総合点検実施要領・同解説
- 3) 水資源開発公団筑後大堰建設所. 1985. 筑後大堰工事誌