

## GPSによるロックフィルダム3次元堤体変位計測と測量による天端高さ方向変位

山口大学大学院 学生会員 ○竹田匠吾  
 山口大学大学院 正会員 中島伸一郎, 清水則一  
 (独)水資源機構 非会員 出尾陽一  
 正会員 陳翔

## 1. はじめに

GPS 変位計測システムの導入によりフィルダムの堤体変位を自動的かつ連続的に観測できるようになってきている<sup>1)</sup>。従来の光波・水準測量による堤体外形変形計測<sup>2)</sup>では、最も密に計測を行う試験湛水期間でも1週間に1回であることに対して、GPS システムでは1時間に1回の高い頻度で変位が自動計測される。GPS システムの活用は、地震時や洪水時など緊急時の迅速対応という観点からも、また、常時の堤体変形挙動の詳細分析という観点からも堤体の安全管理において有意義である。

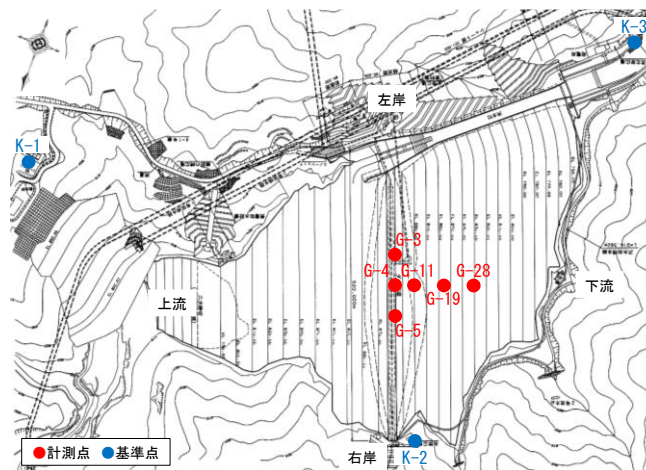
本稿では、2018年度からGPS計測を開始した大型ロックフィルダムの計測結果の概要を述べ、特に高さ方向変位の変化に着目しながら、測量結果も交えて考察する。

## 2. 現場概要

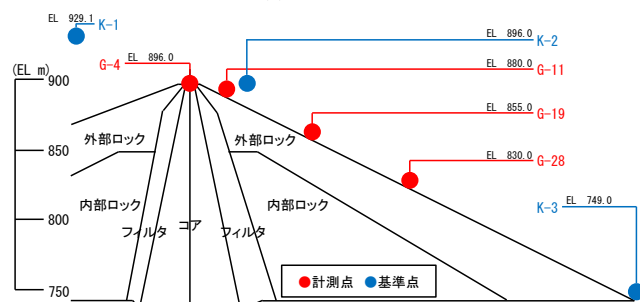
対象現場は堤高158m中央土質遮水壁型ロックフィルダムである。GPSセンサは、図-1に示すように天端に3点(G-3~G-5)、下流斜面に3点(G-11, G-19, G-28)で、基準点は堤体外の左岸に2点、右岸に1点である。GPS計測は運用開始から27年経過後の2018年11月に開始し現在まで約3年間継続している。計測方法はL1波(1575.42MHz)を用いたスタティック測位法<sup>4)</sup>であり、1時間ごとに計測される各計測点の3次元座標から変位を求め、トレンドモデル<sup>5)</sup>による平滑化処理を行って真の変位を推定している。

## 3. GPS連続計測結果および測量結果との比較

図-2は天端計測点G-4のGPS変位計測結果(基準点はK-2を使用)である。3次元変位のうち、上下流方向変位は下流向きを正、左右岸方向変位は左岸向きを正、高さ方向変位は隆起方向を正としている。図より、上下流方向変位の変化は、貯水位の変化と同期的であり、2018年12月から2019年3月にかけての約40mの貯水位低下に対して、25mm程度上流側に

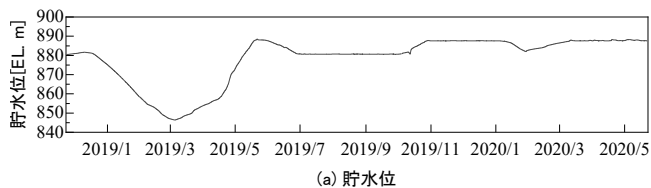


(a) 平面図

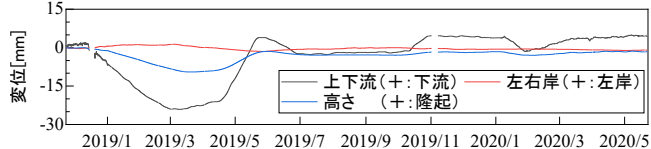


(b) 断面図

図-1 GPS センサ配置



(a) 貯水位



(b) 各方向変位

図-2 天端計測点 G-4 の GPS 変位計測結果 (基準点 K-2)

変位し、その後、2019年5月までの約45mの貯水位上昇に対して30mm程度の下流側への変位を示している。堤体に作用する水圧荷重の増減によって堤体

キーワード GPS ロックフィルダム 高さ方向変位  
 連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL(0836)85-9334

が弾性的に水平に押し・戻しされている様子が、滑らかな計測変位として観測されている。同期間の高さ方向変位についても、貯水位の下降・上昇に対して、10 mm 程度の沈下方向・隆起方向の変位を示している。当ダムは運用開始から 27 年経過しており、堤体変位が安定した弾性的挙動を示していることが確認される。特に、高さ方向変位について、弾性的な沈下・隆起方向変位を示す点は特徴的である<sup>6)</sup>。

高さ方向変位と貯水位の関係について長期的な傾向を調べるため、GPS 計測を開始する以前の、天端水準測量結果を示したのが図-3 である。図より、経年的には単調な沈下傾向であるが、貯水位の上昇に連携した隆起方向の変位もわずかに確認できる。

図-4 は年ごとに切り出した貯水位と高さ方向変位（6月時点の変位をゼロとしている）である。図より、貯水位の低下・上昇に対して沈下・隆起方向に変位していることが確認できる。図-5 は、各年の貯水位低下量と天端沈下量、貯水位上昇量と天端隆起量の関係図である。図より、沈下量ほど顕著ではないものの、貯水位上昇量と天端隆起量には正の相関関係があることが確認できる。すなわち、貯水位変化量に応じて隆起・沈下が生じていることが確認できる。

以上より、GPS で計測された貯水位上昇に対する天端の隆起現象は、当ダムでは長年継続してきたことが確認された。貯水位上昇に伴う天端の隆起は、浮力の変化などが原因として考えられる。

#### 4. まとめ

- 1) GPS 変位計測システムにより、貯水位変化に伴う大型ロックフィルダム堤体の弾性的な変位挙動が連続的に捉えられていることを確認した。
- 2) 天端計測点の高さ方向の GPS 変位は、貯水位が上昇すれば隆起方向に変位を示した。このような水位変化に伴う天端の沈下・隆起は、GPS 計測開始以前の測量成果にも表れており、当ダムにおいて長年継続してきたことが確認された。弾性的な変位挙動から、堤体変位は安定しているといえる。

#### 参考文献

- 1) 岩崎智治, 小堀俊秀, 増成友宏, 山口嘉一, 清水則一: フィルダム外部変形計測への GPS 自動変位計測システムの適用に関する研究, *ダム工学*, 22(1), pp. 4-15, 2012.
- 2) ダム管理研究会編著: *ダム管理の実務*, ダム水源地環

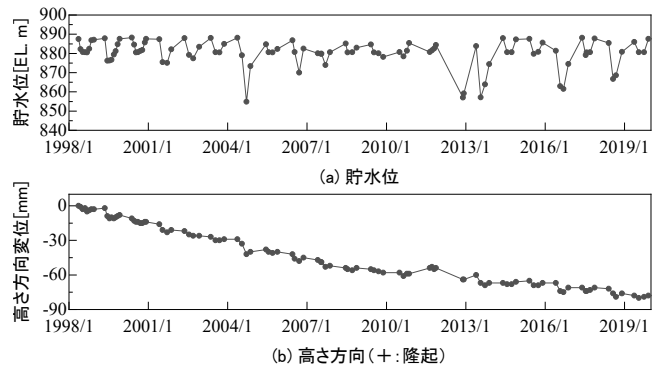


図-3 天端水準測量結果

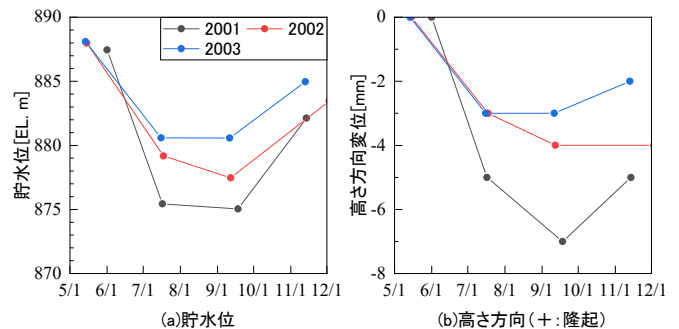


図-4 2001年から2003年にかけての天端水準測量結果

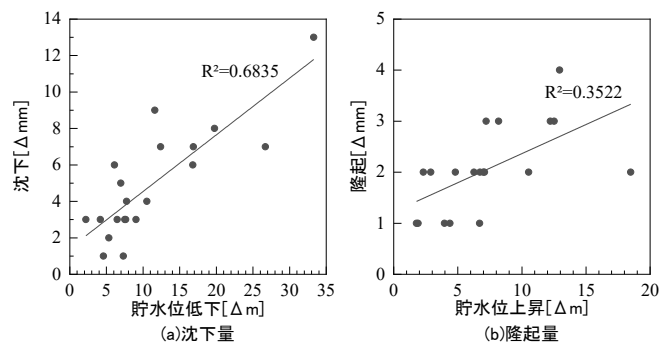


図-5 各年の貯水位低下量と天端沈下量および貯水位上昇量と天端隆起量の関係

境整備センター, pp.215-243, 1999.

- 3) 小堀俊秀, 山口嘉一, 岩崎智治, 中島伸一郎, 清水則一: フィルダム天端堤体内部に設置する GPS アンテナの変位計測性能実験とダム外部変形計測への適用性, *土木学会論文集 F3*, vol.70, pp.18-28, 2014.
- 4) 中島伸一郎, 川崎秀明, 久保田昇助, 中野太郎, 清水則一: GPS および振動弦型間隙水圧計によるフィルダム挙動の観察事例, *土木研究所資料第 4185 号*, pp.151-160, 2010.
- 5) 北川源四郎: *FORTRAN77*, 岩波書店, 390p, 1993.
- 6) 佐藤信光, 市川滋己, 津田守正: GPS 計測によるロックフィルダム堤体の変形挙動の新たな知見と取り組み, 第 55 回地盤工学研究発表会講演集, 21-7-3-07, 2020.