

GPS 変位計測による大型ロックフィルダムの堤体変位挙動

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
国土技術政策総合研究所	正会員	小堀俊秀
ダム技術センター	正会員	山口嘉一

1. はじめに

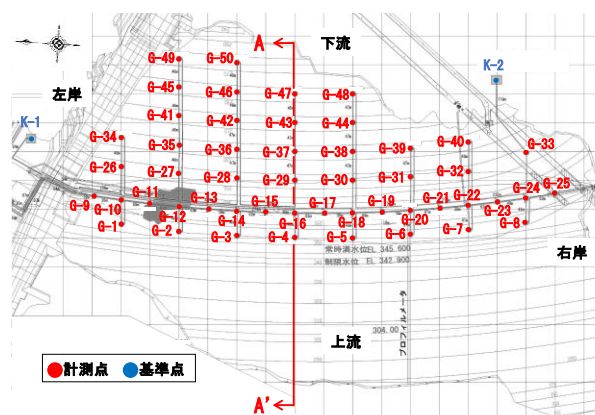
GPS 変位計測システムの導入により、ダム、特にフィルダムの堤体変位を自動的かつ連続的に観測できるようになってきている。フィルダムにおいて従来の光波・水準測量による手法²⁾では、最も密に計測を行う試験湛水期間でも1週間に1回であることに対して、GPS システムでは1時間に1回の高い頻度で変位が自動計測される。ダムの運用期間を通じて連続的な堤体変位が自動記録されることは、堤体の安全管理の観点から有意義である。本研究では、2013年に完成した大型ロックフィルダムのGPS変位計測結果を示し、堤体変位挙動を分析する。

2. 現場概要

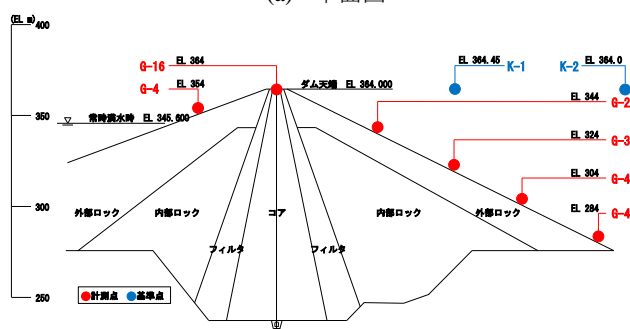
対象現場は堤高 132.0 m の中央コア型ロックフィルダムである。2012年12月3日から2013年10月11日まで試験湛水が行われ、2013年11月16日に竣工した。堤体変位を計測するGPSセンサは、図-1に示すように、上流側斜面に8点(G-1~8)、天端に17点(G-9~25)、下流側斜面に25点(G-26~50)設置されている。GPS基準点は堤体から離れた位置に、左岸側(K-1)と右岸側(K-2)にそれぞれ1点ずつ設置されている。GPSアンテナは、天端の計測点では図-2(c)のようなマンホール埋設型³⁾、その他の計測点および基準点では図-2(a), (b)ではポール型が用いられている。GPS計測は、試験湛水が始まる直前の2012年11月25日に開始し現在も継続中である。計測方法はスタティック測位法⁴⁾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る。また、計測結果にトレンドモデル⁵⁾による平滑化処理を行う。

3. 計測結果

図-3に基準点K-2が設置された2012年11月から2020年8月末までのA-A'断面における、連続計測して得られたGPS変位計測値にトレンドモデルを適用した平滑化結果を示す。図-3(b)より、上下流方



(a) 平面図



(b) A-A' 断面における断面図

図-1 対象ダムのGPSセンサ配置



(a) 基準点 K-1 (b) 計測点 G-29 (c) 計測点 G-16

図-2 対象ダムにおけるGPSアンテナ

向変位は図-3(a)の貯水位の変化に連動しており、貯水位が上昇すれば下流に変位し、貯水位が下降すれば上流側に戻る変位を示す。また、全期間を通じて徐々に下流側に変位しており、上流側斜面 G-4 は2020年5月10日時点で約90 mmの下流側変位となっている。下流側斜面では、試験湛水期間において天端近くのG-29の変位が大きく、斜面下方のG-47では変位が小さい。これは天端に近い地点は上流側

の水による水圧の影響を受けやすいためと考察する。図-3(c)より、左右岸方向変位は、A断面においては全期間通して目立った変化が見られない。図-3(d)より、高さ方向変位は天端 G-16 および上流側斜面 G-4 において、試験湛水期間の沈下が 100 mm 程度であるが、試験湛水期間以降の沈下は小さく、2020 年 8 月末時点で 126 mm である。

図-3(a)のように試験湛水期間から 1 年ごとに色分けして図-4 に平面ベクトル図、図-5 に断面ベクトル図を示す。平面ベクトル図より、図-3(a)に示す①の期間においての変位が他の期間に比べて大きい。これは、試験湛水期間であることから貯水位の変位が大きいためである。また、傾向として、ダム軸中央の A-A' 断面に向けて変位していることが分かる。断面ベクトル図より、平面ベクトル図と同様に図-3(a)に示す①の期間において変位が他の期間に比べて大きい。また、傾向として下流方向かつ沈下方向へ変位している。中でも、天端と上流側斜面上の計測点において沈下が大きく、下流側へいくにつれて沈下が小さくなっている。天端および上流側斜面において沈下が比較的大きいのは、コアの圧縮と上流側ロック材の浸水沈下による影響と考えられる。天端 G-16 の断面ベクトルは、沈下方向のみを向いているが、これは天端の GPS アンテナが埋設型であることから、上空視界の狭さやマンホール蓋の影響によって GPS 電波の受信障害や減衰が生じている可能性があり、今後詳細な検討が必要である。

4. まとめ

大型ロックフィルダムの試験湛水開始から約 7.5 年間の GPS 変位計測結果を分析した。

- 1) 水平方向の GPS 変位は、上下流方向の変位が卓越し、貯水位が上昇すれば下流に変位し、貯水位が降下すれば上流側に戻る変位を示している。
- 2) 左右岸方向変位の GPS 変位は、上下流方向に比べて小さいが、平面ベクトル図によれば、ダム軸中央の断面に集まる方向に変位している。
- 3) 高さ方向の GPS 変位は、天端と上流側斜面で沈下が大きく、下流側斜面では小さい。天端の沈下はコアの圧密によるもの、上流側斜面の沈下はロック材の浸水沈下によるものと推測される。

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

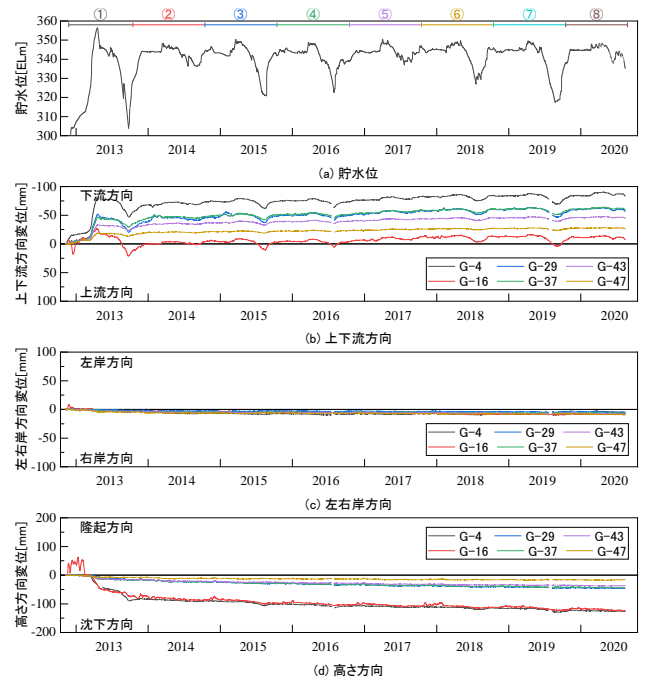


図-3 A-A' 断面の GPS 変位計測結果 (基準点 K-2)

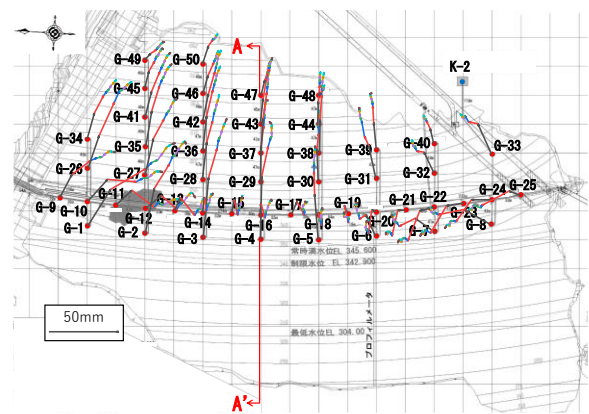


図-4 平面ベクトル図 (基準点 K-2)

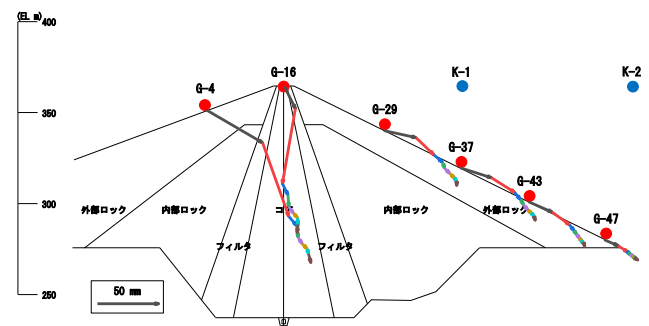


図-5 A-A' 断面の断面ベクトル図 (基準点 K-2)

- 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, ダム水源環境整備センター, 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.