

GPS 変位計測に基づくフィルダム堤体の変位特性の評価

山口大学大学院 学生会員 ○須磨優樹
山口大学大学院 正会員 中島伸一郎, 清水則一
土木研究所 正会員 小堀俊秀, 山口嘉一

1. はじめに

フィルダム安全管理の合理化・高度化を目指して、堤体外部変形計測への GPS システムの導入が進められている¹⁾。GPS 変位計測システムは、多点の 3 次元変位を高精度に、自動的かつ連続的に観測することが可能で、地震時などの緊急時における即応性や作業安全性にも優れている^{例えば 2)}。本研究では、GPS システムにより得られる時間的に高密度な 3 次元変位データを活かして、フィルダム堤体の変位特性を評価することを目的とする。貯水位の変化とダム堤体変位の関係に着目し、その内、GPS によるダム堤体上下流方向変位結果と貯水位の関係の勾配を求め、その経年変化に着目することにより、フィルダム堤体の変位特性の評価を検討した。

2. 現場概要

計測現場は堤高 66.0m、堤頂長 445.0m の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、ダム堤体の下流斜面に 7 点、天端に 8 点、上流斜面に 7 点設置され、基準点はダム堤体から離れた右岸に設置されている。GPS による変位計測は築堤中の 2006 年から始まり、試験湛水を経て、2016 年現在まで継続中である。本研究では、図-2 に示す GPS 変位計測システムを適用している。本システムでは、スタティック法により基準点に対する各計測点の 3 次元変位が 1 時間ごとに得られる。このデータを用いて基線解析を行い、1 時間ごとの 3 次元変位を算出する。基線解析結果にトレンドモデルによる平滑化³⁾を行い変位の真値を推定する。座標系は図-1 に示すように、上下流方向を X 軸（上流向き正）、左右岸方向を Y 軸（左岸向き正）、高さ方向を H 軸（上向き正）と設定している。

3. 計測結果

計測結果の一例として、ダム軸中央断面に設置し

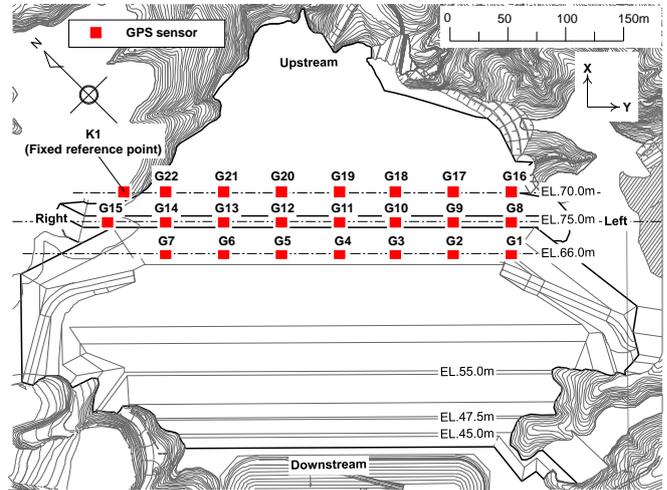


図-1 計測現場平面図および GPS センサ配置図

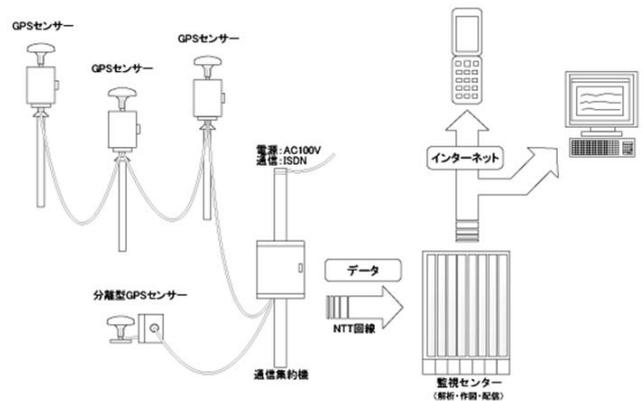


図-2 本研究で使用した GPS 変位計測システムの概要

た 3 点（下流斜面 G-4、天端 G-11、上流斜面 G-19）の GPS 変位（2009 年 4 月 1 日（データ起点）～2015 年 10 月 1 日）を図-3 に示す。試験湛水は 2009 年 4 月 22 日に開始し、2010 年 2 月 4 日に終了した。この図では、1 時間ごとの計測データを 24 時間平均し、その後、トレンドモデルによる平滑化処理した値を用いている。図-3 より、3 点ともに大きな欠測もなく、約 7 年間の長期にわたりダム堤体変位を連続的に計測することができている。他の計測点も同様である。図-3 (b) より、上下流方向変位に

注目すると、貯水位の上昇に伴い堤体は下流側へ変位し、貯水位が低下すれば変位は上流側に戻るといふ挙動が、滑らかに観測されている。図-3(d)より、高さ方向変位については、単調に沈下方向に変位し、試験湛水期間の満水期間に浮力によると思われる隆起方向変位（上流斜面 G-19 および天端 G-11）と、水位低下期間に若干大きな沈下が生じたことが確認できる。コアの直上に設置した天端計測点 G-11 では、上流斜面 G-19 や下流斜面 G-4 に比べて沈下が大きく、かつ長期間継続しているが、これはコア材の自重圧縮によるものである。

4. 上下流方向変位に基づく堤体の変形特性の評価

ダム軸中央断面天端の G-11 の上下流方向変位と貯水位の関係を図-4 に示す。図より堤体は、貯水位の増加過程で下流方向へ変位し、減少過程では上流方向へ回帰する。この時の勾配は、ダム堤体の変形特性を表している。そこで、貯水位 EL.60~EL.70m 間の貯水位上昇期間に対して曲線の割線勾配（図中の α ）を求めた。これを図-5 に示す。 α の負の値が大きいほど図-4 の曲線が急勾配、すなわち剛性が高いことを意味する。図より、試験湛水時（1st）には計測点の場所による α のばらつきが大きいものの、時間の経過とともに（貯水位の上下回数の増加とともに）ばらつきが小さくなること、また、 α は時間の経過とともに上昇傾向にあることが確認できる。堤体全体の変形特性が空間的に均質かつ安定に向かっていることを示していると考えられる。

5. まとめ

GPS 変位計測システムにより、フィルダム堤体の動きを高精度かつ連続的にモニタリングすることが可能となっている。約7年間の貯水位—上下流方向変位関係から堤体の変形特性を評価した結果、本ダムでは経年とともに変形特性の空間的なばらつきが小さくなるとともに、全体として剛性が高まる傾向にあることがわかった。

参考文献

- ダム工学会計測管理研究部会：フィルダムの変位計測に関する GPS 利用マニュアル，一般社団法人ダム工学会，pp.3-1~3-3，2004.
- 小堀俊秀，山口嘉一，中島伸一郎，清水則一：GPS を用いたロックフィルダム堤体の地震時変位挙動計測，ダム工学，Vol.25，No.1，pp.6-15，2015.
- 北川源四郎：FORTRAN77 時系列解析プログラミング，岩波書店，p390，1993.

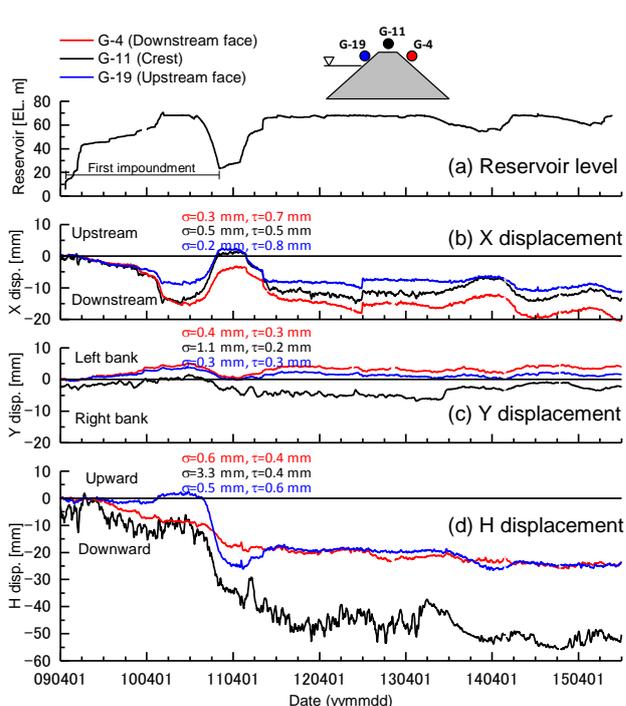


図-3 GPS 変位計測結果 (G-4, G-11, G-19),

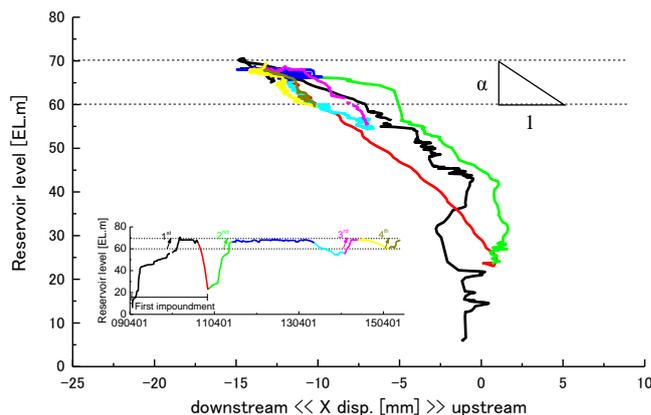


図-4 計測点 G-11 の上下流方向と貯水位の関係

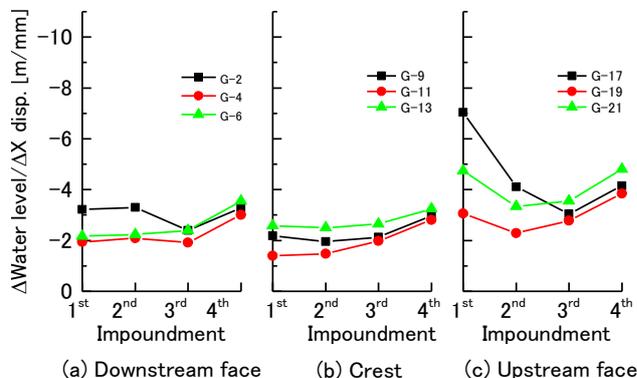


図-5 貯水位—上下流方向変位図の勾配 (貯水増加期間のみ)