

フィルダムの安全監視への GPS 変位計測システムの適用事例

山口大学 正会員 ○清水則一, 中島伸一郎, 岩本貴弘
土木研究所 正会員 小堀俊秀, 山口嘉一

1. はじめに

ダムの安全性を総合的に評価する上で、堤体外部変形は重要な計測項目であり¹⁾、安全管理の合理化および高度化の観点から、計測の自動化や高精度化が求められている。GPS 変位計測はそのような要求に応える方法として期待され、フィルダム変位計測への利用マニュアルが作成されている²⁾。GPS 変位計測システムを用いると貯水位の変化に伴うダムの3次元変位を多点同時に高精度に連続計測できるため、フィルダムに対しより合理的な安全管理ができる可能性がある。

本研究は、ダム堤体外部変位を長期連続計測し、計測の安定性、および、計測変位と貯水変位変化の関係を調べることを目的とする。

2. 計測概要

(1) GPS 計測システムの概要 本研究では、図-1に示す GPS 変位計測システムを適用している³⁾。基準点と計測点に GPS 受信機を設置し、30 秒ごとに人工衛星からの電波の位相を観測し、1 時間の計測データを用いて基線解析を行い計測点の座標（基準点からの相対位置）を求め、一時間毎に3次元変位を算出する。基線解析結果にトレンドモデルを適用して平滑化を行い変位の真値を推定する^{2),3)}。

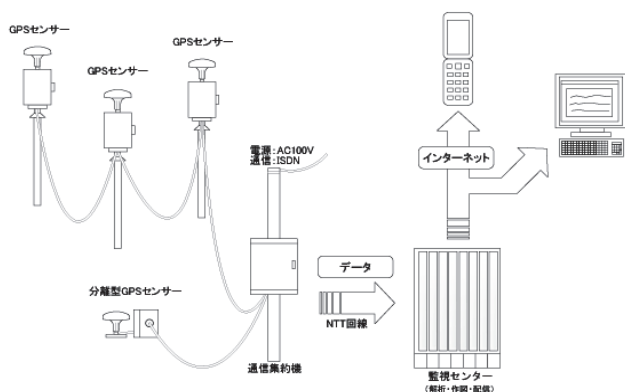


図-1 本研究で使用した GPS 変位計測システムの概要³⁾

(2) 現場概要 計測現場は堤高 66.0m のロックフィル

ダムである。図-2 に示すように GPS センサは計測点 22 点と基準点が設置されている。これらのセンサのうち、堤体上・下流面と基準点のセンサはポール上設置されている。一方、堤頂の計測点では 8 箇所のマンホール内にセンサが設置されている。変位の座標軸は、上流向きを X 軸正方向、左岸向きを Y 軸正方向、鉛直上向きを H 軸正方向とする。

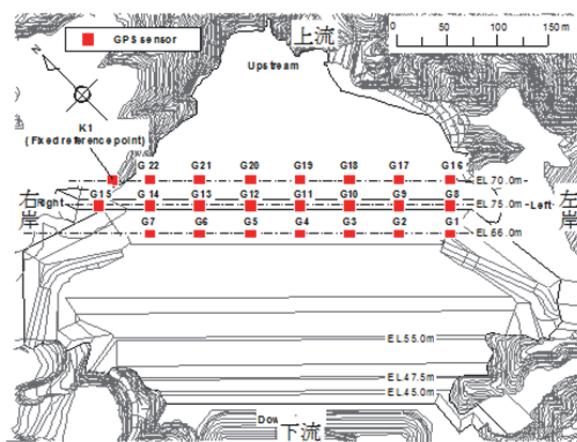


図-2 GPS センサ配置図

3. 計測結果および考察

(1) 堤頂計測点における計測変位の乱れと原因

計測期間 2014 年 4 月 1 日～2014 年 12 月 12 日の計測点 G1～G22 の 22 点の上下流方向、左右岸方向、高さ方向の計測変位を求めた。図-3 に中央断面の下流面 (G4)、堤頂 (G11)、上流面 (G19) の高さ方向の結果を示す。図より、堤頂 (G11) の変位は他の 2 点と比べて計測精度（標準偏差）がやや悪い⁴⁾。これはマンホール内に設置しているため、マンホール蓋等に起因する影響があるように考えられる。ただし、同様にマンホール内に設置されている G15 と比較すると、G11 のほうが不規則なばらつきを示す時期があるのが特徴的である。G11 と G15 のハードウェア的な差はマンホールの蓋の仕様である。G11 は蓋に滑り止め用の溝が刻まれているのに対して、G15 のマンホールの蓋には溝がない。

キーワード GPS, ロックフィルダム, 堤体変位, 貯水位変動

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL: 0836-85-9334

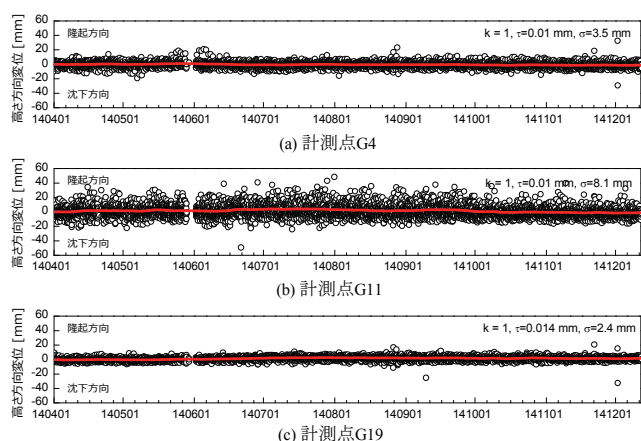


図-3 中央断面の計測点での高さ方向変位計測結果
(横軸の日付はYYMMDD)

マンホールの蓋の溝の影響を調べるために、蓋を交換して計測を行った。図-4、図-5はそれぞれ蓋の入れ替え前後の高さ方向の計測結果と日雨量である。蓋の入れ替え前の結果では蓋に溝がない計測点 G15 が、蓋の入れ替え後の結果では蓋に溝がない計測点 G11 が良好であった。一方、蓋に溝のある計測点 G11、計測点 G15 はともに平滑化線に乱れが見える。この乱れは降雨時期とおおむね一致している。一般に GPS は雨天・晴天にかかわらず観測可能であることを考慮すると、マンホール蓋の溝に雨水が滞留した影響と考えられる。以上のことから、マンホール内に GPS センサを設置する場合には、雨水の滞留しないタイプの蓋を用いることが推奨される。

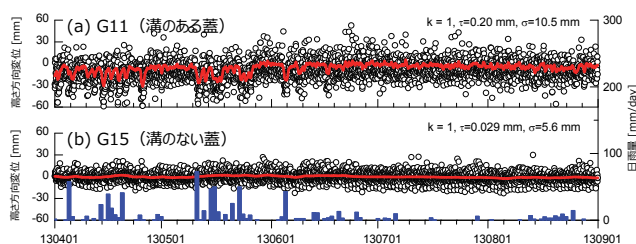


図-4 蓋の入れ替え前の高さ方向の計測結果と日雨量

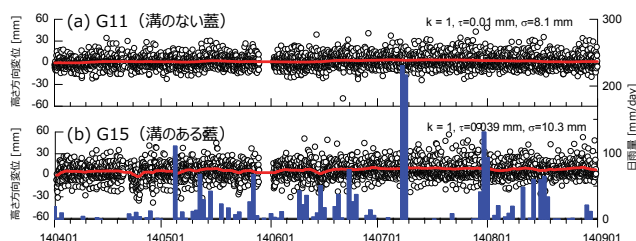


図-5 蓋の入れ替え後の高さ方向の計測結果と日雨量

(2) 貯水位と堤体変位の関係

ダム堤体変位の主要因は貯水位の変動である。そこで GPS 計測結果と貯水位との関係の考察を行った。図-6 に堤頂の計測点 G11 における上下流方向変位と貯水位の関係を示す。貯水位が上昇するにつれて、ダム堤体は下流方向へと変位し、水位低下過程に入ると上流方向へと回帰している。しかし貯水位上昇過程の変位と比べ、変位の変化の傾きと変位の値が異なっていることがわかる。その後の過程においても貯水位の変動とともにダム堤体の変位は増加傾向にある。

このような貯水位と堤体変位の勾配は、ダムの剛性に関係するものと考えられる。経年的にこの傾きを調べることによって、ダムの剛性の変化を監視することができ、その結果からダムの健全性を評価できる可能性がある。

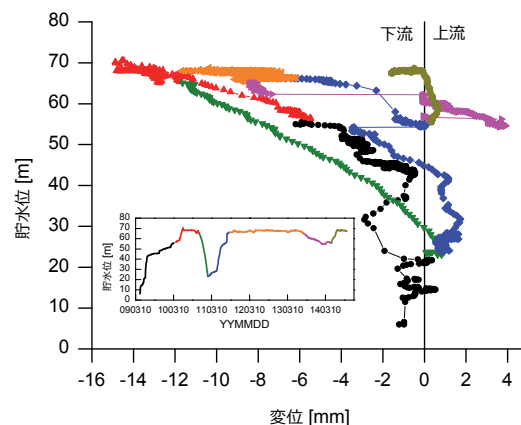


図-6 計測点 G11 上下流方向変位と貯水位関係

4. まとめ

ダム堤体の長期計測において、ダム天端のマンホール内に設置した GPS センサによる計測結果は、雨水の滞留しないタイプの蓋を用いれば、計測誤差を減少させ得ることが分かった。また、貯水位と堤体変位の関係を経年的に監視することで、ダム堤体の健全性の変化を評価できる可能性を指摘した。

参考文献

- (財)国土技術研究センター編：改定 解説・河川管理施設等構造令，山海堂，pp.95-97，2000。
- ダム工学会：フィルダムの変位計測に関する GPS 利用マニュアル，2014。
- 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，ダム工学会誌「ダム工学」，Vol.22，No.1，pp.4-15，2012。
- 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，No.1，pp.18-28，2014。