

山口大学大学院 学 ○上田和男 殿村奏  
山口大学大学院 正 清水則一 中島伸一郎  
(独) 土木研究所 正 山口嘉一 小堀俊秀

## 1. はじめに

GPS 変位計測システムは地盤や構造物の 3 次元変位の連続自動計測が可能である<sup>1)</sup>。本システムはフィルダムの堤体外部変形計測に導入が進む一方<sup>2), 3)</sup>、重力式コンクリートダムの適用事例は少ない<sup>4)</sup>。本研究は、GPS 変位計測システムを重力式コンクリートダムに適用した結果に基づき、試験湛水期間における貯水位の変動に伴う堤体変位挙動を考察した。また、上空障害物の影響が見られる計測点ではマスク処理<sup>5)</sup>の適用による精度改善の有効性を検証した。

## 2. 長井ダムの現場概要

長井ダムは山形県に位置する堤高 125.5 m の重力式コンクリートダムである。図-1 に長井ダムの平面図を示す。試験湛水は 2009 年 11 月 30 日に開始し、2010 年 4 月 3 日に常時満水位、4 月 30 日にサーチャージ水位に到達後、水位を下げ 5 月 29 日に再び常時満水位に到達した。9 月 22 日には最低水位まで下げ、試験湛水を完了している。GPS 受信機は図-1 に示すように堤頂に計測点を 3 点、左岸に基準点を設置している。GPS 観測は湛水開始の約 1 ヶ月前 (2009 年 10 月 28 日) から開始した。

## 3. GPS 計測結果

### (1) 上空障害物による周期的誤差の発生とマスク処理による精度改善

基線解析の結果、最大断面の計測点 G-1 の変位に 24 時間周期の特徴的な異常値が表れた。図-2(a) は 2010 年 5 月 1 日から 15 日間の鉛直方向の変位計測結果である。図より青色の□で示すように、毎日同時刻 (2:00~3:00) に飛び値が生じている。これまでの研究から、このような日周期的な飛び値は上空障害物による電波の乱れが原因であることが多い<sup>5)</sup>ことが分かっている。そこで当該時間帯の衛星軌道と計測点 G-1 の上空写真を重ね合わせたところ、図-3 のように 28 番衛星の軌道が GPS 受信機周辺の構造物の陰に隠れていることがわかった。さらに 28 番衛星の残差を調べると、図-4 のとおり、変位に飛び値が発生する時間帯 (2:00~3:00) の残差が他の時間帯に比べて顕著に大きい。すなわち 28 番衛星の電波の受信状

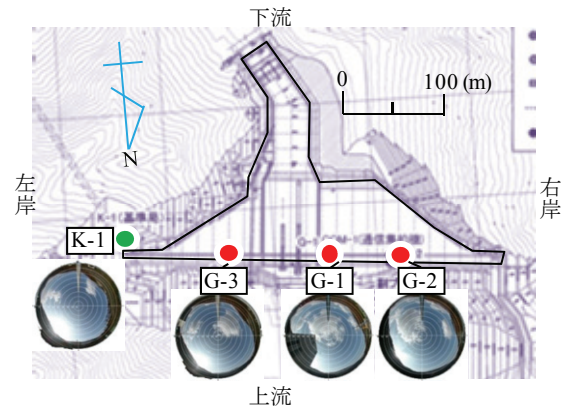
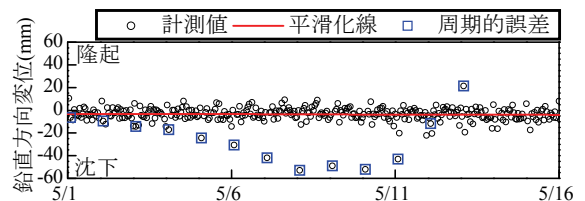
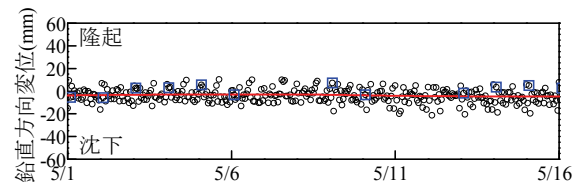


図-1 長井ダム平面図と各計測点の上空写真



(a) 計測結果 (マスク処理適用前)



(b) 計測結果 (マスク処理適用後)

図 2 マスク処理適用前後の計測結果 (G-1)

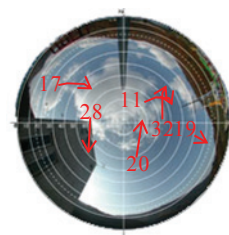


図-3 衛星軌道と上空写真 (G-1)

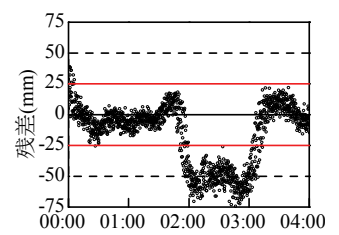


図-4 28 番衛星の残差

表-1 マスク処理適用前後の標準偏差

| 計測点 | 軸方向 | 標準偏差(mm) |          |
|-----|-----|----------|----------|
|     |     | マスク処理適用前 | マスク処理適用後 |
| G-1 | X   | 3.7      | 3.3      |
|     | Y   | 3.9      | 2.3      |
|     | H   | 7.6      | 6.1      |

況が変位計測値に飛び値をもたらしている可能性が高い。そこで、28 番衛星データを除外して基線解析を行うマスク処理<sup>5)</sup>を実施した。マスク処理後の結果を図-2(b)に示す。図よりマスク処理により飛び値であった計測値は、通常のばらつきの範囲内に収まっていることが確認できる。G-1 の全期間における計測値の標準偏差は、表-2 のとおりマスク処理によって全方向の精度が改善された。

## (2) GPS による堤体の変位と貯水位との関係

図-5 に貯水位の推移、図-6 に GPS 変位計測結果を方向ごとに示す。この GPS 変位は基線解析結果にトレンドモデルを適用した結果である。図より貯水位の変動に対して、上下流方向については貯水位に連動して 30 mm 程度下流に変位する。一方で、左右岸方向および鉛直方向については変位は 10 mm 程度未満であり、貯水位の変動との関連性も薄い。

図-7 に、計測点 G-1 について貯水位と上下流方向変位の関係を示す。図より、最低水位から貯水位の増加に伴い下流方向へ変位している。その後、貯水位減少期間では上流方向に戻るが、常時満水位 EL.367 m で水位を保っている期間にも上流方向に変位しつつけるという特徴が見られる。この上流方向への変位は、水位を最低水位まで低下させる途中の EL.340 m まで続くものの、それ以降は再び下流方向への変位が発生し、計測開始時の値に近づくことが確認できる。貯水位増加過程と減少過程で変位の経路が異なるメカニズムについては、地質の影響等も含め、今後詳細に検討していく必要がある。

## 4. まとめ

本研究では、重力式コンクリートダムに GPS 変位計測システムを適用した。上空障害物のある計測点では、マスク処理による精度の改善が行われ、周期的に発生していた誤差が低減された。試験湛水期間中の GPS 変位から重力式コンクリートダムの変位が上下流方向に卓越し、左右岸方向および鉛直方向にはわずかであることを確認した。GPS 変位計測システムは重力式コンクリートダムの堤体外部変形計測についても有効であるといえる。

### 参考文献

- 1) 例えば、清水則一：GPS による変位計測技術の変遷と展望，ダム技術，No.296，pp.4-12，2011.
- 2) 山口嘉一，小堀俊秀，横森源治，大野誠，岩崎智治：GPS を用いたフィルダム外部変形計測に関する一考察，ダム工学 pp.137-148，2005.
- 3) 中島伸一郎，川崎秀明，久保田昇助，中野太郎，清水則一：フィルダムの堤体挙動観測への GPS 変位計測システムおよび振動弦型間隙水圧計の適用，土木学会論文集 F3，Vol.68，No.1，pp.1-12，2012.
- 4) 小堀俊秀，山口嘉一，大館渉，清水則一：重力式コンクリートダムの基礎岩盤の水平変位計測，第 41 回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要集，pp.111-116，2012.
- 5) 増成友宏，武地文明，田村尚之，船津貴弘，清水則一：GPS 変位計測における上空障害物の影響とその低減方法，土木学会論文集 F，Vol.64，No.4，pp.394-402，2008.

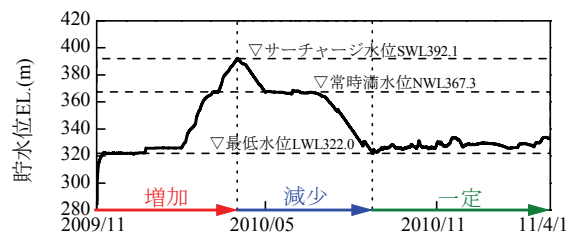
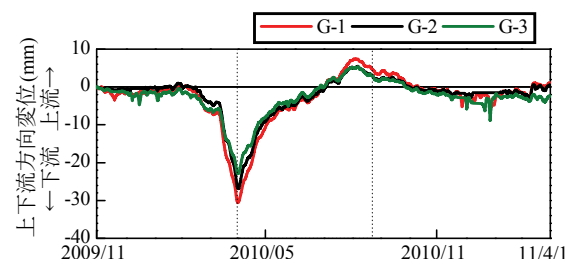
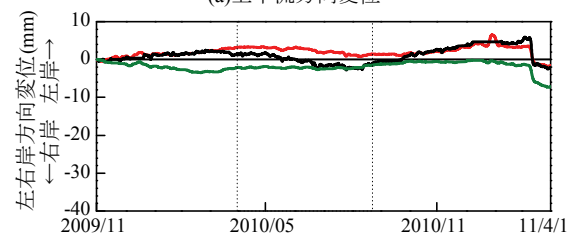


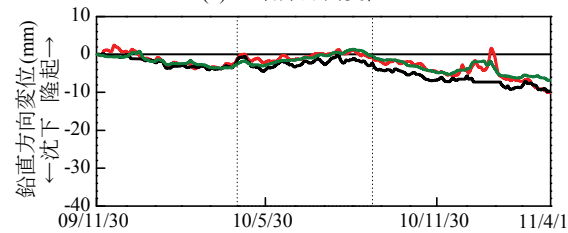
図-5 貯水位の推移



(a) 上下流方向変位



(b) 左右岸方向変位



(c) 鉛直方向変位

図-6 GPS 変位計測結果

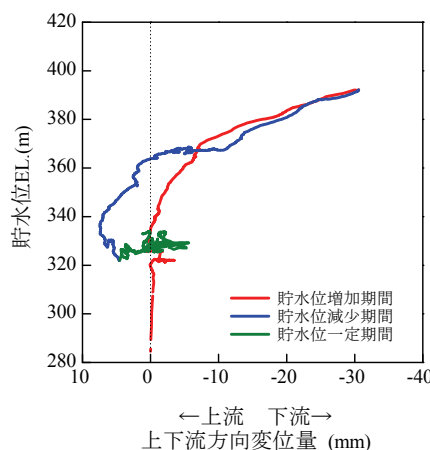


図-7 G-1 の上下流方向変位と貯水位の関係