

山口大学大学院 学○殿村 奏

常盤地下工業㈱ 中野太郎

山口大学大学院 学 川田陽介

山口大学大学院 正 中島伸一郎，川崎秀明，清水則一

山口県土木建築部 川島敏幸

1. はじめに

フィルダムでは安全管理のために堤体外部変位量が測定される¹⁾。従来、堤体外部変位量は光波測量や水準測量によって計測されてきたが、これらは日常管理において取り扱いが容易である反面、計測・結果整理に時間を要し、例えば、地震後などの非常時に外部変位量を測量する必要性が生じても、技術的、また、費用面から迅速な対応が困難な面もある。GPS 変位計測システム^{2), 3)}は、自動で連続的計測が可能で、その課題を克服する可能性がある。本研究では、フィルダムの堤体変位量計測に GPS 変位計測システムを適用し、光波・水準測量の変位計測結果との比較を行った。また貯水位の変化とダム外部変位との関係について考察を行った。

2. 現場概要

現場は山口県・真締川ダムの本川堤体（ゾーン型フィルダム、堤高 21.9 m、堤頂長 368.0 m）である（図 1）。GPS 変位計測システムの計測点受信機は、堤体の上流側法面、天端、下流側法面に 3 点ずつ合計 9 点設置した（図 1 の赤丸地点）。また、基準点受信機は左岸部下流側に設置した（図 1 の測量基準点 2 付近）。変位の計測間隔は 1 時間である。

従来測量として光波測量と水準測量を実施した。図 1 のように左岸部に設けた測量基準点 1, 2 から、本川堤体に格子上に設置された測量用標的を測量した。従来測量の頻度は 2009 年 6 月 17 日までは 1 回/週、それ以降は 1 回/月である。

変位の座標軸は、下流から上流を X 軸正方向、左岸から右岸を Y 軸正方向、鉛直上向きを H 軸正方向と定義する。従来測量では、X 軸、Y 軸方向変位は光波測量を、H 軸方向変位では水準測量を用いた。

3. GPS システムと従来測量による変位計測結果の比較⁴⁾

図 2 は、2007 年 9 月 7 日から約 2 年 4 ヶ月間の貯水位の推移と、計測点 E2 における GPS 変位計測と従来測量による 3 次元変位を示す。図より GPS 変位は、2008 年 3 月 19 日～同 6 月 9 日にかけての水位の上昇およびその後の水位の急減に応じて X 軸方向および Z 軸方向に変位を示しており、 ± 2 mm 以内の堤体外部変形のトレンドを明確に捉えていることが確認できる。一方で、従来測量結果は、特に X 軸・Y 軸方向において大きくばらついており、測量結果のみから堤体外部変形のトレンドを読み取ることは難しい。このような微小な変形トレンドを連続的かつ自動的に観測可能な GPS システムは、ダムの安全監視においては極めて有

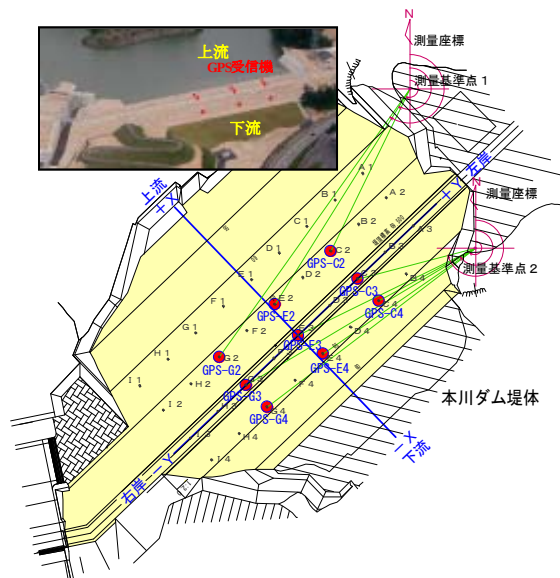


図 1 現場平面図

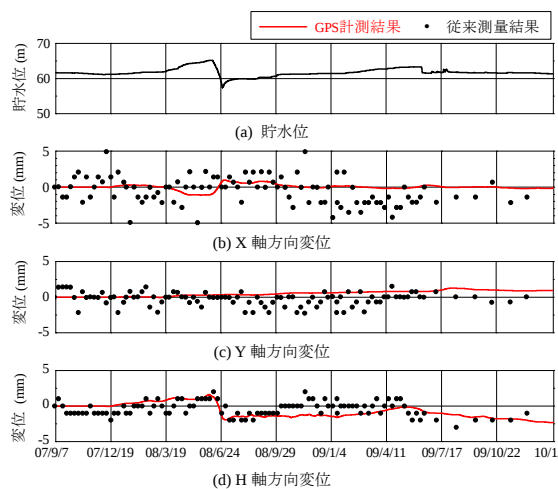


図 2 GPS 計測結果と従来測量結果 (E2)

効であるといえる。

4. 貯水位の変化に伴う堤体変形挙動の分析

全計測期間を貯水位の増減に応じて図3のような7期間に区分し、水位と堤体変形挙動（GPS変位）との関係を分析した。図4と図5はそれぞれE断面における水位－X軸方向変位関係と水位－H軸方向変位関係を示す。また、図6はE断面の変位ベクトル図である。

図4よりX軸方向は、天端も上・下流法面も、水位が上昇すると下流側に変位し、水位が低下すると上流側へ戻る傾向を示している。この変形は水位変化に伴って堤体に作用する水圧が増減するために生じていると考える。特に図4(a)より上流法面（E2）の挙動は弾性的である。

一方、図5よりH軸方向の変位は部位によって異なる。図5(a)より上流法面は水位が上昇すると隆起し、水位が低下すると沈下しており挙動は弾性的である。これは水位変化に伴う浮力の変化によるものと思われる。図5(b)および図6より天端（E3）は水位によらず単調に沈下していることから、コア材の自重による圧密沈下が継続しているものと推測される。最後に、図5(c)より下流法面は、期間4まではほとんど変位していないが、それ以降は水位変化と無関係に沈下・隆起を示している。この変位の原因は現在のところ不明であり、今後の検討課題である。

5. まとめ

本研究では、フィルダムの堤体外部変位量計測にGPS変位計測システムを適用し、従来測量との比較を行なった。その結果、GPS変位計測システムは貯水位の変化に伴う堤体変位の動向をミリオーダーで測定可能であることを確認した。自動で連続的な計測が可能であることからダムの安全監視には極めて有効であるといえる。

貯水位の変化とダム外部変位との関係について分析した結果、本研究の計測期間における堤体変形は、貯水位の変化に伴う水圧の変化や浮力の変化が影響していると推測される。今後は浸透流による影響等も考慮しながら、さらに詳細な挙動分析を行なう必要がある。

参考文献

- (1) (社)日本河川協会：改定 解説・河川管理施設等構造令，(財)国土技術研究センター編，山海堂，2000。
- (2) T.増成他：GPS Continuous Displacement Monitoring System, Int. Symp. Field Measurements in Geomech., FMGM03, pp.537-543 2003。
- (3) 岩崎智治他：道路斜面の維持管理を目的とした計測評価システムの開発，土と基礎，vo.50, No.6(533), pp.25-27, 2002。
- (4) 川田陽介他：湛水時におけるフィルダム堤体外部変位のGPSによる連続計測事例，第39回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.162-167, 2010。

貯水位状況	計測期間	線色
微減	2007年9月7日～2007年12月6日	→
微増	2007年12月6日～2008年3月19日	→
増加	2008年3月19日～2008年6月9日	→
急減	2008年6月9日～2008年6月27日	→
増加	2008年6月27日～2009年6月12日	→
急減	2009年6月12日～2009年6月14日	→
微増減	2009年6月14日～2010年1月30日	→

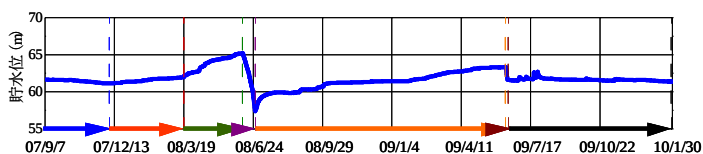


図3 貯水位の増減に応じた期間分け

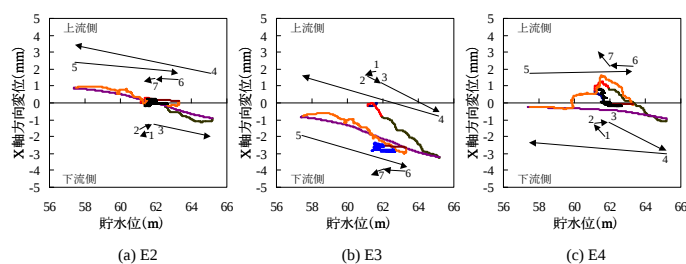


図4 貯水位－X軸方向変位関係（E断面）

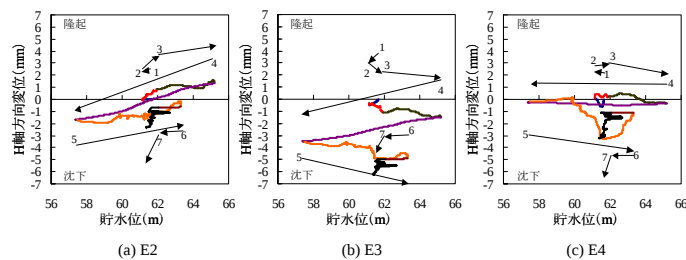


図5 貯水位－H軸方向変位関係（E断面）

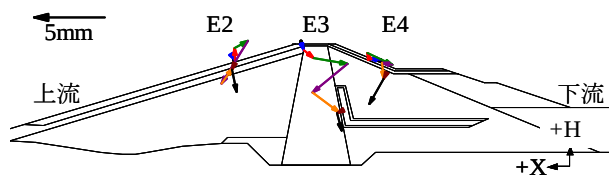


図6 GPS変位計測断面ベクトル図