

GPS 変位計測システムによるフィルダム堤体変形計測事例とその結果の評価

山口大学大学院 学○殿村 奏, 正 中島伸一郎
 山口大学大学院 正 川崎秀明, 正 清水則一
 常盤地下工業(株) 中野太郎
 山口県土木建築部 久保田昇助

1. はじめに

フィルダムの安全管理において、堤体外部変形は重要な観測項目である。堤体変形の計測は、従来、光波・水準測量によって行われてきたが、計測の煩雑さや人件費の負担、緊急時の迅速対応などの観点から計測の自動化・迅速化が望まれている。これに対して、GPS 変位計測システム^{1), 2)}は、視距の確保を必要とせず、多点の3次元変位を自動的・連続的に計測可能なシステムであり、フィルダムの安全管理への適用が進みつつある³⁾。本研究では、比較的小規模なフィルダムの堤体変形計測にGPS 変位計測システムを適用した事例⁴⁾を報告する。試験湛水期間を含め約3年半の計測結果を示し、貯水位や浸透量とGPS による堤体変位との関係について考察する。

2. 現場概要

現場は山口県・真締川ダムの本川堤体（ゾーン型アースフィルダム、堤高21.9 m、堤頂長368.0 m）である。図1は、堤体平面図である。計測点のGPS センサは、堤体の上流面、天端、下流面にそれぞれ3点ずつ計9点設置した。また、基準点のGPS センサは左岸下流側K1点に設置している。本現場のGPS 変位計測システムでは、30秒に1回の頻度で衛星からの電波（L1波）の位相を計測し、1時間のデータを用いて基線解析を行い1時間ごとの3次元変位を求めている。得られた変位の時系列データにトレンドモデル⁵⁾を適用して変位の真値を推定している。GPS 計測は、試験湛水開始2ヶ月前よりセンサ3基で開始し、5ヶ月の試験運用を経て、2007年9月より計9基に増設して本格運用を開始した。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。

3. GPS 変位計測結果と貯水位・浸透流量との関係

図2は、試験湛水期間を含め約3年半の貯水位・堤体

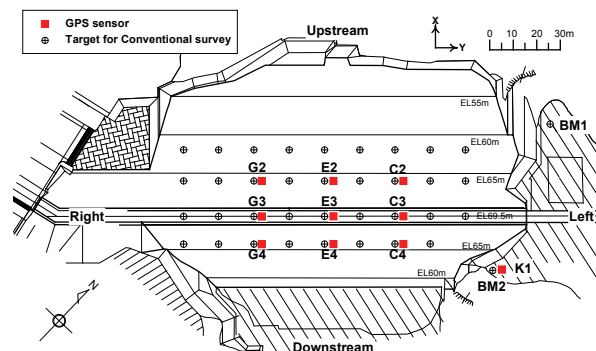


図1 真締川ダム平面図とGPS センサ設置位置

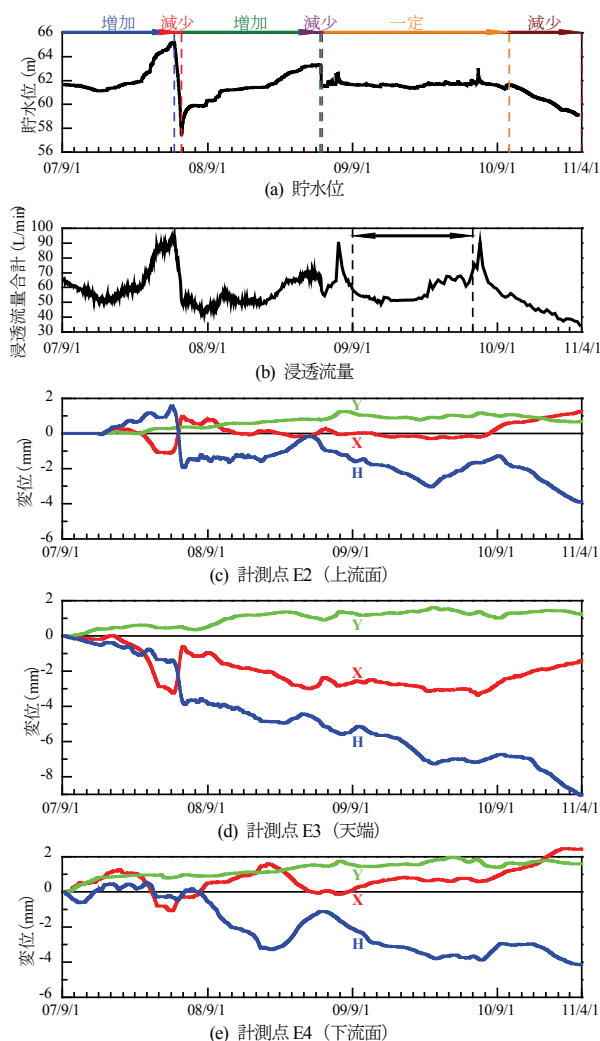


図2 E断面のGPS 変位計測結果

キーワード GPS, フィルダム, 堤体外部変形

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科 TEL: 0836-85-9334

浸透量の経時変化と、ダム軸中央断面（E 断面）における GPS 変位計測結果を示している。ここに示す GPS 変位は、トレンドモデルにより平滑化処理を行った結果である。図より、上流面 E2 および天端 E3 の X 軸方向変位は、貯水位が上昇すると下流側に変位し、低下すると上流側に戻る挙動を示しており、静水圧の増減による堤体の前後運動が明確に現れている。図 3 は、E2 と E3 について貯水位と X 軸方向変位の関係を示したものである。各ラインの色分けは、図 2(a)の貯水位の増減に応じた区間分けに対応する。図より、上流面 E2 および天端 E3 の X 方向変位は、貯水位の変化に対して同一直線上を繰返し移動していることから、貯水位の変化に伴う堤体の前後運動が弾性的であることがわかる。

次に、H 軸方向変位については、図 2(c)より上流面 E2 は、貯水位の上昇・低下に対応して、それぞれ隆起・沈下を示す。また、図 4(a)より貯水位の変化に対する堤体の上下運動はほぼ同一直線上にある。このことから貯水位の昇降に伴う浮力の増減が影響しているものと推測される。ただし、図 2(a)および図 2(c)より、2009 年 7 月から 2010 年 10 月にかけては、貯水位がほぼ一定であるにもかかわらず、上流面 E2 の H 軸方向変位は、2010 年 3 月までは沈下、その後は隆起を明確に示している。この原因は明確ではないが、図 2(b)より、この期間の浸透流量が E2 の沈下・隆起に対応して減少・増加を示していることから、地山などからの堤体への浸透量の増減が堤体の上下運動に影響を及ぼしているものと推測される。図 5 は、堤体の浸透流量と E2 の H 軸方向変位との関係を示している。図より、浸透流量と H 軸方向変位には明確な相関関係が認められる。

図 2(d)より、天端 E3 の H 軸方向変位は貯水位の昇降によらず一貫して沈下を示しており、特に、2008 年 7 月の貯水位急低下時には急速な沈下を示している。これらは、堤体コアの自重による圧縮と貯水位急低下による水締め効果を示しているものと推測される。図 4(b)より、天端 E3 の H 軸方向変位は、貯水位の昇降にはほとんど依存せず、一貫して沈下を示すことが確認できる。

4. まとめ

真締川の堤体変位は3年半の計測期間中で最大でも 10 mm に満たないが、GPS 変位計測システムは貯水位や浸透流の変化に伴う堤体のわずかな変位を詳細かつ滑らか

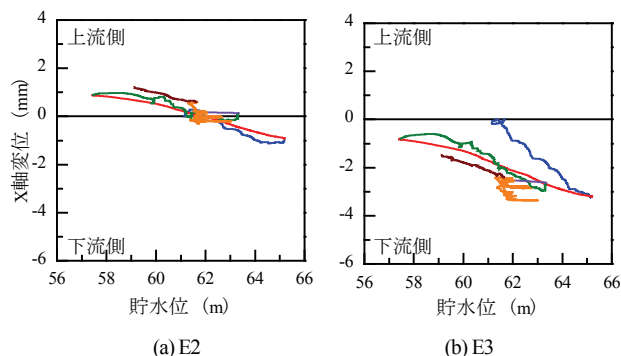


図 3 GPS による E2 および E3 の X 軸方向変位と貯水位との関係 (ラインの色分けは、図 2(a)の期間区分に対応)

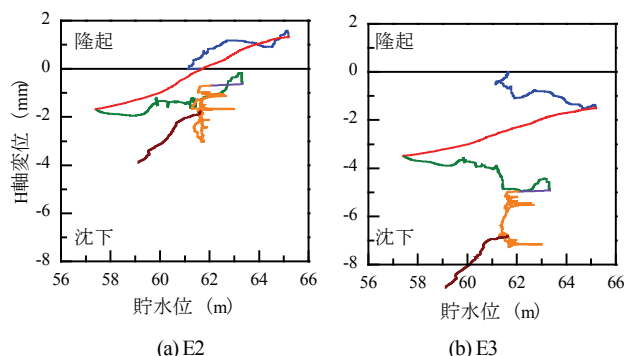


図 4 GPS による E2 および E3 の H 軸方向変位と貯水位との関係 (ラインの色分けは、図 2(a)の期間区分に対応)

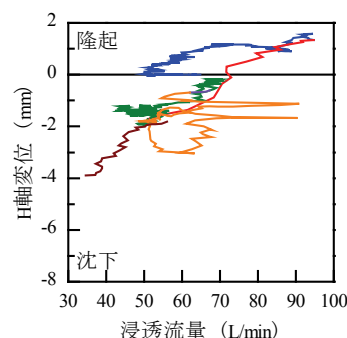


図 5 GPS による E2 の H 軸方向変位と堤体浸透流量との関係 (ラインの色分けは、図 2(a)の期間区分に対応)

に捉えることができおり、フィルダム計測における有効性が確認された。単なる安全管理にとどまらず、堤体内部の変形を非破壊的・非接触的に観測する手法として今後発展することが期待される。

参考文献

- 1) T.増成ら：GPS Continuous Displacement Monitoring System, Int. Symp. Field Measurements in Geomech., FMGM03, pp.537-543 2003.
- 2) 岩崎ら：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, Vol.50, No.6(533), pp.25-27, 2002.
- 3) 例えば、山口ら：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, Vol.15, No.2, pp.120-136, 2005.
- 4) 川田ら：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, 2009.
- 5) 北川源四郎:FORTRAN77 時系列解析プログラミング, 岩波書店, 390p., 1993.