

豪雪地のフィルダムでの標的埋設型 GPS を用いた外部変形計測の実用性検証

	国際航業(株)	正会員	○佐藤 渉
	国際航業(株)	非会員	岩崎 智治
	(株)熊谷組 土木事業本部	非会員	山田 一宏
	独立行政法人水資源機構 徳山ダム管理所	正会員	山本 史朋
	独立行政法人水資源機構 徳山ダム管理所	正会員	曾田 英揮

1. はじめに

フィルダムの安全管理においては、堤体の外部変形計測を継続して実施することが重要である。堤体の外部変形計測は、従来、光波測量および水準測量を用いてきたが、計測にかかる労力やコスト、地震等の緊急時に迅速な対応ができないなどの課題があった。そこで、GPS 自動計測システムを堤体の外部変形計測に利用する試みが山口¹⁾、大家²⁾らにより行われ、その実用性が確認されている。

徳山ダムでは、これらの成果を基に、堤体挙動を代表する複数の外部標的に GPS 機器を設置し、本格的な運用を開始しているが、当該地は豪雪地帯のため GPS センサーの設置方法に幾つかの工夫が必要であった。漆山ら³⁾は、フィルダム天端のマンホール内に埋設型 GPS を設置して豪雪地での天端標的の自動計測を可能にしたが、豪雪地での堤体のり面の外部標的における GPS 設置方法については検討がなされていない。そこで本研究では、豪雪地における GPS 機器の設置方法として「標的埋設型 GPS」を考案し、GPS と光波・水準測量の計測結果の比較を通じて、GPS 計測の実用性について検討した。

2. 計測地および GPS 自動計測システム概要

徳山ダムは、堤高 161m、堤体積 13.7 百万 m³ の日本最大のフィルダムで、年間降水量 3,200mm の多雨・豪雪地帯に立地している。このような大規模で豪雪地帯に位置するダムでは、従来の光波・水準測量による外部変形計測は労力や費用が甚大となり、また地震後の危機管理に資するためにも GPS と光波測量を組み合わせた新しい観測体制を採用した (図-1)。

本ダムで使用した GPS 自動計測システム⁴⁾は、新しく開発された地盤計測用の安価な GPS 計測機器を用いて、1 時間に 1 度の計測頻度で 24 時間連続的に自動計測を行う。計測データは最も高精度なスタティック測位法により基線解析 (座標計算) され、トレンドモデルと呼ばれる時系列統計処理手法で誤差処理を行うことで従来に比べて数倍優れた計測精度を得ることができる⁵⁾⁶⁾。なお、計測結果はインターネットで常時配信される。

3. 豪雪地での GPS 設置方法 (標的埋設型 GPS)

GPS 計測は、電波受信状態を良好にするために 1m 程度の支柱を介してアンテナを設置することが一般的であるが、豪雪地帯では 1m の支柱を介して GPS を設置しても、雪に埋没することによる計測不能や、GPS 機器の破損、雪圧による支柱の変形を生じる可能性がある。そこで我々は、GPS アンテナを外部標的に埋設し、さらに電波が透過する FRP (fiber reinforced plastic) 製のカバー (厚さ 6mm) をアンテナ上部に取り付けて除雪作業時の GPS 機器の破損を避ける設置方法「標的埋設型 GPS」を考案した (図-2)。

4. 標的埋設型 GPS の実用性検証

当初、FRP カバーを水平に設置して計測結果を監視していたところ、図-3 のとおり降雨時に大きなバラツキが発生

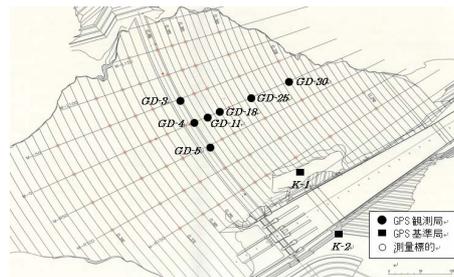


図-1 GPS 配置平面図

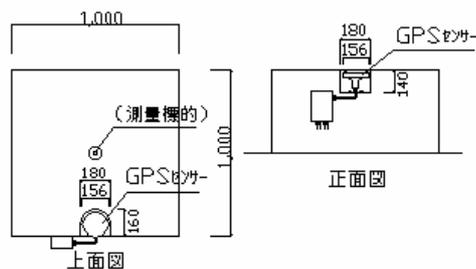


図-2 標的埋設型 GPS 設置構造図

キーワード : フィルダム, 変形計測, GPS, 計測, 堤体挙動, 光波測量

連絡先 : 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 国際航業(株) shamen-net 事業推進部 TEL:042-307-7210

し、計測データとして適正で無いものが増加する傾向にあった。バラツキの大きな計測点にて状況を確認すると、FRP カバーに水たまりができていたことがわかった。そこで、雨水が速やかに排水できるように FRP 製カバーに傾斜を付け電波受信障害を取り除いたところ、降雨時のバラツキの発生が大幅に減少した。

図-4 にダム天端主断面に設置した GPS (GD-4) の計測結果を示す。図の上から順に X (ダム軸) 方向、Y (上下流) 方向、Z (隆起沈下) 方向の変位、最下段はダム貯水位の経時変化である。変位グラフの小実点が誤差処理前の GPS 計測結果、実線がトレンドモデルによる誤差処理後の結果で、同地点で計測した光波測量結果 (白丸点) を併記した。

GPS は湛水試験直前より計測を開始し、1 年半程度経過した現在においても安定して計測されている。

図中の欠測は積雪のためであるが、FRP 製カバーの設置により除雪作業が容易になり、欠測期間を短くすることができた。また、欠測前後において GPS 計測変位は連続性を有し、光波水準測量ともほぼ一致していることから、積雪による影響も認められないと判断できる。

さらに、誤差処理後の GPS 計測結果は貯水位変動に追従した変位傾向を示しているとともに、2007 年 6 月以降の光波測量結果と同程度の変位量である (2007 年 6 月以前の光波測量結果は GPS に対して乖離が認められるが、これは、光波測量の基準点の位置が観測点と 600m 程度離れていたために発生した誤差であることが判明している)。

以上の結果から今回徳山ダムで採用した標的埋設型 GPS は、積雪による欠測が発生するような豪雪地や、点間距離が大きいことにより誤差が大きくなると予想される立地条件において、従来の光波測量と同等かそれ以上の計測精度を有するとともに、降雨等の光波測量を行うことができない条件下でも適用できることが判明した。

5. まとめ

豪雪地帯でのフィルダム堤体計測に当たっては、除雪等、雪による費用増加は避けられない。しかしながら今回使用した「標的埋設型 GPS」を採用することで、必要な外部変形計測が従来に比べ容易に行えることがわかった。特に基準点を遠方からしか視準できない場合には、今後のフィルダム堤体の安全管理の高度化に資するものと考えられる。今後、堤体の初期変形が収束し、常時の安全性に問題がないことが確認できれば、GPS を設置して常時監視する点、逆に計測頻度を低減する点を設けるなど、より合理的な観測体制についての検討を進めたい。

<参考文献>

- 1) 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, Vol. 15 No. 2, pp137-148, 2005 年 8 月
- 2) Mitsuhiro Oie, Fumio Yonezaki, Hideki Soda, Tomoharu Iwasaki, GPS APPLICATION ON DEFORMSTION MONITORING AND EVALUATION FOR ACCIDENTAL DISPLACEMENT OF FILL DAMS, ICOLD 75th Annual Meeting, 2007.
- 3) 漆山洋治, 宮崎裕之, 山口嘉一, 小堀俊秀, 池澤市郎, 岩崎智治, 飯島功一郎: 天端埋設型 GPS を用いた豪雪地帯におけるフィルダムの安全管理に関する検討, 土木学会東北支部 2006 年度研究発表会講演集, 2007 年 03 月.
- 4) 岩崎智治, 武智国加, 武石 朗, 清水則一: 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, No. 533, pp. 25-27, 2002 年 6 月.
- 5) 清水則一, 安立 寛, 小山修治: GPS 変位モニタリングシステムによる斜面変位計測結果の平滑化に関する研究, 資源と素材, Vol. 114, pp. 397-402, 1998 年 6 月.
- 6) 松田浩朗, 安立 寛, 西村好恵, 清水則一: GPS による斜面変位計測結果の平滑化処理法と変位計測予測手法の実用性の検証, 土木学会論文集, No. 715/III-60, pp. 333-343, 2002 年 9 月.

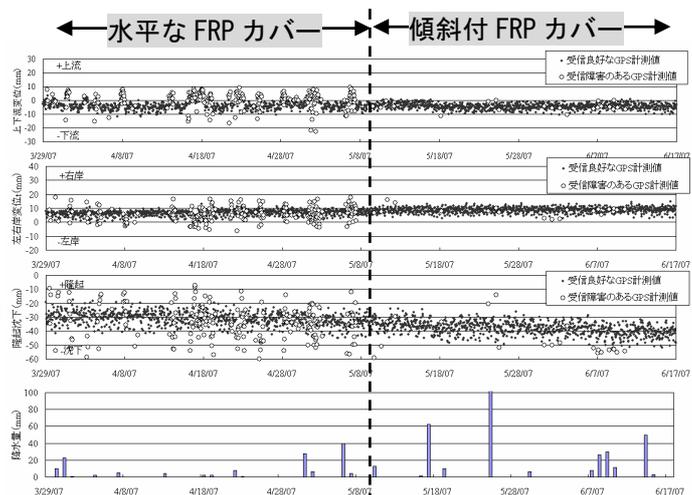


図-3 FRP 製カバーの設置方法と計測データの関係

水平な FRP カバーでは、降雨のたびに計測値がバラつくが、傾斜付きではその傾向は認められない (最下段が降水量)。

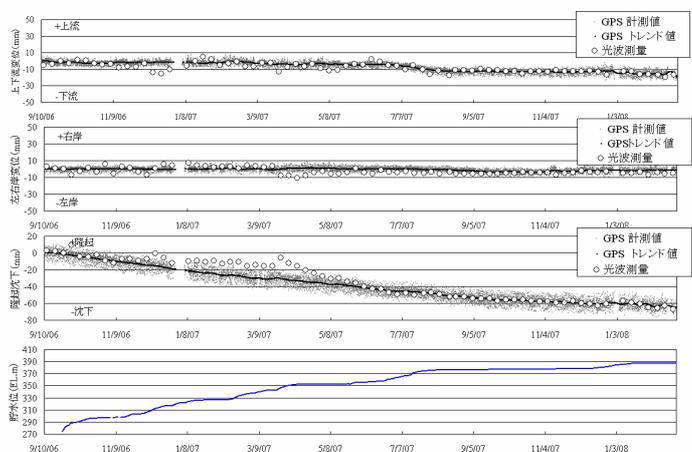


図-4 GPS と光波測量の比較結果 (GD-4)

光波測量方法改善後は、GPS と光波測量の計測精度はほぼ同等