

GPS を用いたフィルダム外部変形計測における高低差の影響と補正方法について

国際航業(株) shamen-net 事業推進部 正会員 岩崎 智治

国際航業(株) shamen-net 事業推進部 正会員 ○佐藤 渉

独立行政法人水資源機構 総合技術センター 正会員 曾田 英揮

独立行政法人水資源機構 徳山ダム管理所 非会員 田中 幹大

山口大学大学院 理工学研究科 正会員 清水 則一

1. はじめに

フィルダム堤体の外部変形計測は、安全管理上の最も重要な計測項目の一つで、従来は光波・水準測量を用いて行われてきた。しかし、計測コストや労力、計測頻度、地震等緊急時の対応等に課題があり、最近では GPS 自動計測システムの導入が進んでいる¹⁾²⁾。当該研究フィールドである徳山ダムにおいても、堤体挙動を代表する複数の外部標的に GPS 自動計測システムを設置し、試験湛水前から約 1 年半にわたって本格運用を行なってきた³⁾。

徳山ダムの GPS 自動計測システムは、計測開始から安定稼動し良好な計測結果が得られているが、その一方で、基準点と計測点の高低差が大きい場合には、鉛直方向の GPS 計測値に微小な季節変動現象が確認された。そこで、本研究では、この GPS 計測値の季節変動と高低差との関係、その補正方法について検討する。

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ある。本ダムで導入した GPS 自動計測システム⁴⁾は、新開発の安価な GPS 計測機器を用いて、1 回/時の計測頻度で 24 時間連続的に自動計測を行う。計測データはスタティック測位法で基線解析(座標計算)され、トレンドモデルで誤差処理を行うことで従来より数倍優れた計測精度を得ることができる⁵⁾。なお、計測結果はインターネットで常時配信される。

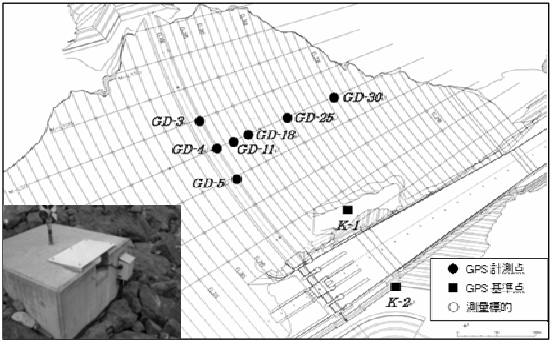


図-1 GPS 配置平面図

GPS 計測点は、堤体主断面および天端の 7 箇所の外部標的に設置し、2 箇所に基準点を設けた(図-1)。

3. GPS 計測値への高低差の影響と補正方法

各 GPS 計測点と基準点間の距離(基線長)と高低差を表-1 に、最も高低差の大きい GD-30(基準点は K-2 を使用)の GPS 計測結果を図-2 に示す。図には当該地の水蒸気圧の変化を併記した。

表-1 基線長および高低差の一覧表

計測点No.	基線長(m)		高低差(m)	
	基準点K-1	基準点K-2	基準点K-1	基準点K-2
GD-3	253.8	410.6	25.4	-0.8
GD-4	372.5	365.8	25.6	-0.7
GD-5	170.7	321.2	25.4	-0.8
GD-11	196.3	354.5	12.1	-14.0
GD-18	187.5	347.5	2.0	-24.3
GD-25	179.6	337.5	-23.1	-49.4
GD-30	196.2	339.8	-53.1	-79.3

増成・清水ら⁶⁾の研究によると、高低差がある程度大きくなると鉛直方向の GPS 計測値に対流圏(大気)の影響が現れる。図-2 を見ると、GD-30 地点の鉛直(高さ)方向の GPS 計測値には水蒸気圧の変化に合わせた変動が認められ、当該地でも対流圏の影響を受けていることがわかる。そこで、増成・清水らが提案する対流圏補正法⁶⁾を適用したところ図-3 となり、対流圏補正後には鉛直方向の計測値の変動は概ね無くなり補正計算が良好に実施されたことがわかる。

同様に、全ての GPS 計測点と基準点の組合せに対して対流圏補正を行い、対流圏補正の年間変化量(最大と最小の差)と高低差の相関を図-4 に描いた。図から、高低差と補正量の間には強い正の相関が認められ、対流圏の影響が高低差にほぼ比例して発生することがわかった。また、図-5 には GD-30 での水蒸気圧と対流圏補正量との相関図を示す。ここで、対流圏補正量は、GPS 基線解析上の標準大気(気温 20℃、相対湿度 50%、気圧 1010hPa、水蒸気圧 11.7hPa)の場合の補正量を 0 とした。図-5 の水蒸気圧と補正量の間にも強い正の相関が認められ、ダムサイトで観測される水蒸気圧から各 GPS 計測点の対流圏補正量を概算できる可能性が示唆された。

キーワード : フィルダム, 変形計測, GPS, 計測, 対流圏補正
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

4. おわりに

一般に、GPS 計測値に対する対流圏の影響度や補正量は、計測現場ごとの地形・気象・上空視界等の計測条件により異なるため事前に定量的に把握するのは難しい。しかし、本研究の結果から、少なくとも徳山ダムにおける高低差と対流圏の影響度や補正量との関係が明確になり、今後、同様のフィルダム堤体外部変形計測に GPS を導入する際の参考になると期待される。

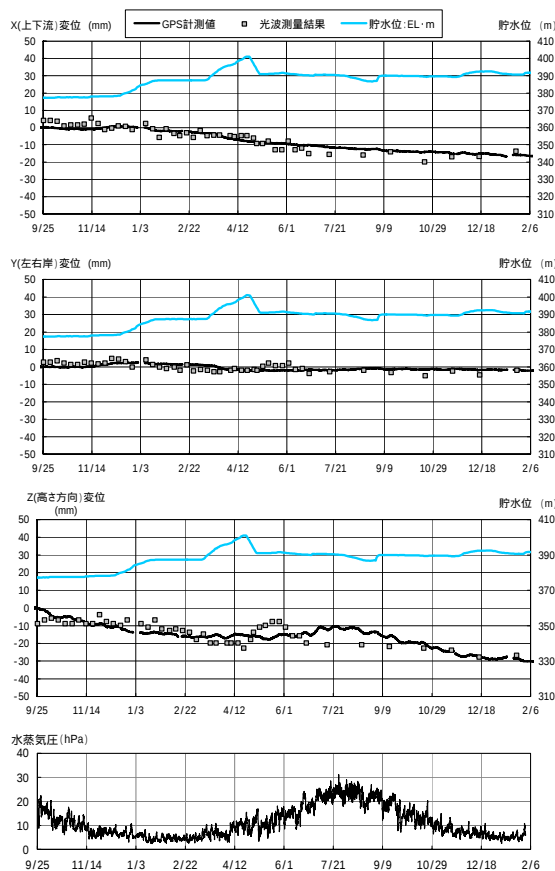


図-2 GD-30 の GPS 計測結果 (対流圏補正前)

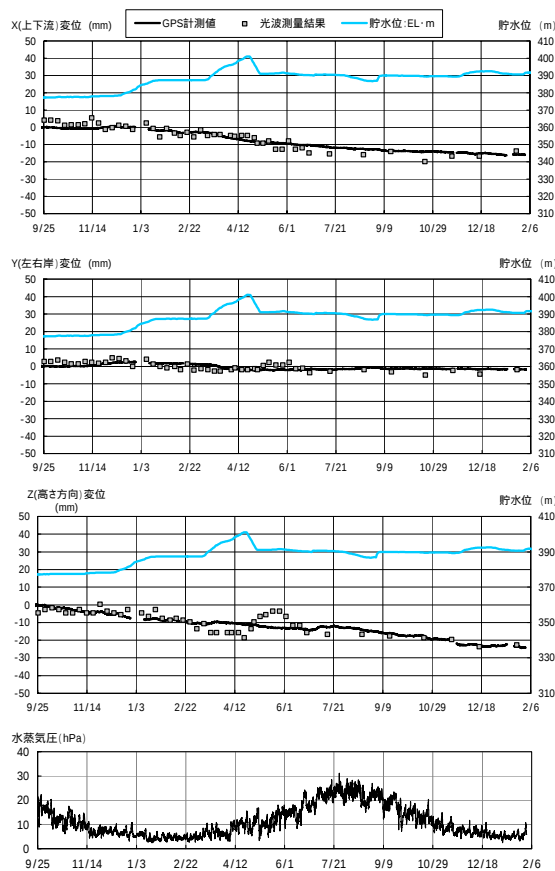


図-3 GD-30 の GPS 計測結果 (対流圏補正後)

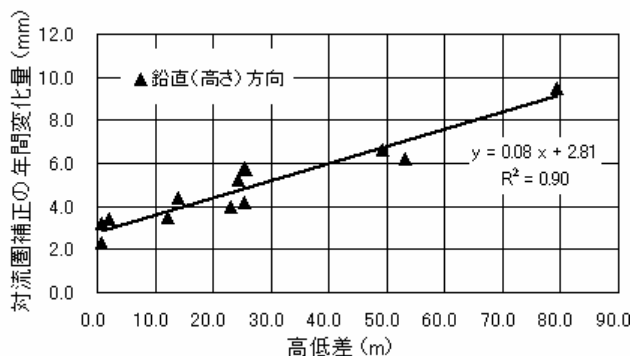


図-4 高低差と対流圏補正量の年間変化量の相関図

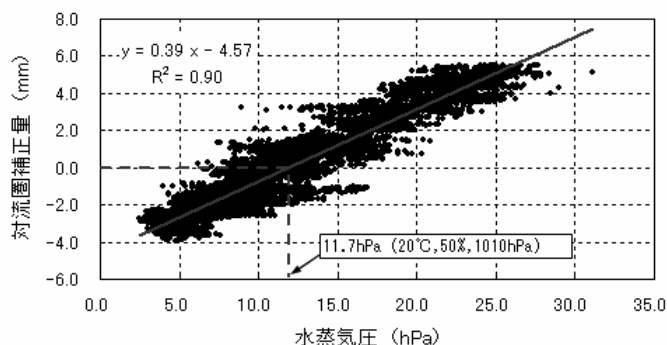


図-5 GD-30 での水蒸気圧と対流圏補正量との相関図

参考文献

- 1) 板屋英治, 森田陽弘, 新垣敏一: フィルダム安全管理の高度化を目的とした堤体外部変形計測への GPS 全面導入に関する取組み, ダム技術, No264-9 pp.47-59, 2008.1
- 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, Vol.15 No.2, pp137-148, 2005.8
- 3) 佐藤渉, 岩崎智治, 飯島功一郎, 曾田英揮: 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, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演集, pp.91-92, 2008.9
- 4) Mitsuhiro Oie, Fumio Yonezaki, Hideki Soda, Tomoharu Iwasaki, GPS APPLICATION ON DEFORMATION MONITORING AND EVALUATION FOR ACCIDENTAL DISPLACEMENT OF FILL DAMS, ICOLD 75th Annual Meeting, 2007.
- 5) 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/ -60, pp.333-343, 2002.9
- 6) 増成友宏, 清水則一: GPS による地盤変位計測における気象の影響の補正方法の検討, 土木学会論文集 F Vol.63 No.4, 437-447, 2007.10