

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

国土交通省東北地方整備局 漆山洋治、宮崎裕之

(独) 土木研究所

国際航業 (株)

正会員 山口嘉一、正会員 小堀俊秀、正会員 池澤市郎

正会員 岩崎智治、飯島功一郎

1. 目的

フィルダムの安全管理において、外部変形量の計測は、堤体全体の挙動を評価する重要な計測項目の一つである。外部変形量の測定は、現在、堤体上の測量用標的の変位量を測量する方法で行われるが、従来の測量による計測には、測定や結果の整理に時間・費用を要すことや、地震時などの非常時における臨時点検において迅速な計測ができないなどの課題がある。また、豪雪地帯に築堤されたダムでは、冬季の安全管理のための外部変形量計測を行うにあたり、除雪等に多大な労力が必要になる。

これらの課題を解決する手法として、近年、GPS (Global Positioning System) によるフィルダム外部変形量計測の導入が進んでいる¹⁾。GPS によるフィルダムの外部変形量計測では、トレンドモデルによる誤差処理手法²⁾を用いることにより、測量用標的に併設した GPS においては、従来の測量と同等ないしはそれ以上の精度が確保できている。また、ダム堤体天端のマンホールを GPS 電波の透過性に優れた FRP (繊維強化プラスチック) 製とすることで、GPS センサーをダム天端利用の障害とならずに設置することが可能となった³⁾。

本研究は、豪雪地帯に築堤されたロックフィルダムである白川ダム (国土交通省東北地方整備局) において、GPS をフィルダム堤体天端のマンホールに埋設し、積雪時における計測精度の確認および運用方法を検討し、天端埋設型 GPS の適用性についての検討を行なうものである。

2. 試験方法

適用性の検討試験は、GPS を設置したマンホール上の雪厚と計測精度の関係を把握することを目的とした基礎試験と、実際に対応可能な除雪作業 (除雪車による作業+箒でマンホール上を完全除雪) で、冬季にどの程度の計測データが取得できるかを検証する運用試験の 2 項目に分けて実施した。本論文では、基礎試験の結果について報告する。

GPS センサーは、写真-1 と図-1 に示

すようにダム天端の既設マンホール内 (G-1) と、その近傍の下流側斜面上に設置されている外部標的用基礎コンクリート (G-2) の 2 基を設置した。なお、既設のマンホール蓋は鋼鉄製であったため、電波の透過性に優れた FRP 製 (厚さ 37mm、重荷重用 T-25・大型トラック通行可) に交換した。

基礎試験では、まず、表-1 に示すように、G-1 近傍の雪の比重試験を実施した。ダム天端を除雪車による除雪後の路面上に残る雪 (圧雪状、雪厚=約 10mm) の比重は 0.40 であった。次に、マンホール上の雪を完全に排除して無雪状態で事前計測を行ない、その後、マンホール上に人工的に比重 0.40 の圧雪厚を変化させながら設置し、GPS 計測値の変化を調べた。なお、試験計測中の G-2 周辺は除雪を行ない、常に良好な電波受信状況での計測値を行ない G-1 の計測結果と比較できるようにした。



(a) マンホール内の GPS センサー



(b) FRP 製マンホール蓋



(c) マンホール上の圧雪設置状況



(d) 測量標的の GPS センサー (G-2)

写真-1 実験状況

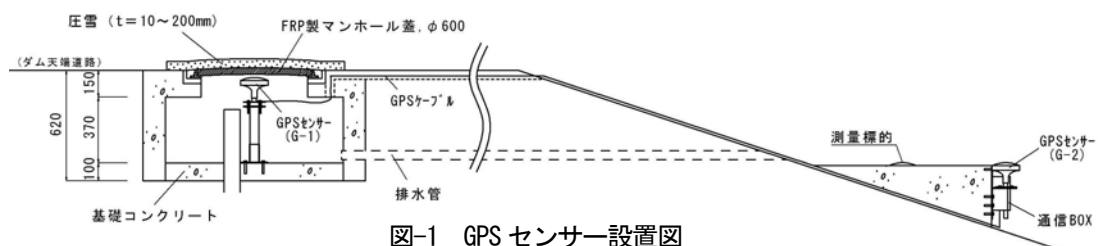


図-1 GPS センサー設置図

表-1 雪の比重試験結果

雪の状態	比重	測定回数
天端除雪後の圧雪	0.40	3
天端路肩の残雪（圧雪状）	0.37	3
新雪	0.09	2

※2007/1/22～24日に計測した平均値

表-2 基礎試験計測結果

計測地点	マンホール上の雪厚 t (mm)	平均値 (mm)			標準偏差 σ (mm)		
		NS	EW	UD	NS	EW	UD
G-1	①t=0mm (事前計測)	0.0	0.0	0.0	2.5	2.4	3.6
	②t=10mm	1.0	-0.7	-1.1	4.9	1.4	3.3
	③t=20mm	0.1	-5.2	8.4	2.8	2.8	5.6
	④t=30mm	0.9	1.2	20.2	3.0	2.0	6.4
	⑤t=50mm	7.7	0.3	27.2	6.9	2.2	6.4
	⑥t=100mm	6.7	0.8	62.4	3.8	1.7	7.2
	⑦t=200mm	5.8	0.9	93.2	5.8	7.7	24.3
	⑧t=圧雪 10mm+新雪 80mm	0.9	-1.1	6.6	2.3	1.9	4.6
G-2		0	0	0	2.3	2.1	4.9
					(試験期間中の標準偏差)		

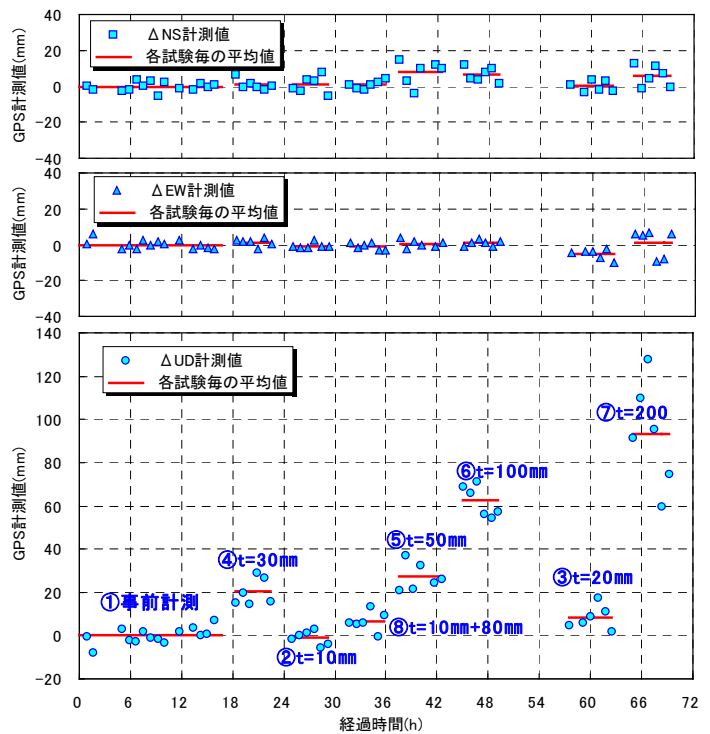


図-2 G-1 計測結果

3. 試験結果

基礎試験は、2007年1月22日～25日に実施した。G-1の試験計測の結果を図-2に示す。図は、上から順にNS方向、EW方向、UD（鉛直）方向の計測結果で、横軸は試験計測開始の1月22日12:00からの経過時間、縦軸にはGPS計測値を事前計測の計測値の平均を0とした場合の偏差量（差分）で示した。また、表-2には、試験項目と項目毎の計測結果の平均値および計測値のバラつきを示す標準偏差 σ をまとめた。

(1) 圧雪厚とGPS計測値の偏差

マンホール上に設定した圧雪厚は、10mm～200mmまでの7通りである。図-2より、圧雪厚の増加に対してUD方向の計測値は大きく変化しているが、NS・EW方向の計測値の変化は比較的小さく、積雪は主にUD方向の計測精度に影響することがわかる。

(2) 圧雪厚とGPS計測値のバラつき

各圧雪厚ごとの標準偏差 σ を表-2に示す。圧雪厚が10mmの場合は、事前計測の標準偏差とほぼ同じであるが、20mm～100mmの場合は圧雪厚の増加に伴い標準偏差が大きくなる傾向にある。さらに、200mmではNS・EW方向で事前計測の3倍程度、UD方向では7倍程度を示しており、測量規定で示されている一般的なGPS計測の精度（NS・EW方向で $\sigma=5\text{mm}$ 、UD方向で $\sigma=10\text{mm}$ ）を大きく上回ることから、計測精度が実用範囲を超えていると判断できる。

(3) 試験結果のまとめ

GPSをダム天端のマンホール内に設置した場合、マンホ

ール上の圧雪厚が10mmを超えると計測値に偏差が生じる。天端の除雪後には概ね10mm程度の圧雪状の雪が残ることを考えると、除雪直後のGPS計測値は無積雪状態とほぼ同等の精度を有すが、その後の降雪および車両通行による圧雪厚の増加により計測精度は低下し、圧雪厚が20mmに達するとUD方向で数mmの偏差が生じることがわかった。

なお、周辺の除雪を行ない、常に良好な電波受信状況での計測が行なえるG-2の計測結果の偏差とばらつきは非常に小さく、ダム堤体の変位はほとんど発生していないことを確認している。

4. まとめ

本検討結果より、実際の運用に際しては、ダム天端道路の除雪作業後にGPSを設置しているマンホール上の雪だけを完全に除去すれば、圧雪が10mm程度に達するまでの時間は適切なGPS計測の実施が期待できることがわかった。

今後は、白川ダムにおいて現実的に対応可能な除雪作業を行ないながら、冬季に適切なGPS計測データがどの程度取得できるかについて検証を行う。

参考文献：

- 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、pp.120-136、2005.6.
- 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、2002.9.
- 横森源治、中園幸樹、山口嘉一、小堀俊秀、池澤市郎、清水公二、岩崎智治、飯島功一郎：フィルダムの安全管理のための天端埋設型GPSの適用性検討、土木学会西支部研究発表講演集、2007.3.