

GPS 計測のダム変位測定への適用性に係る検討

電源開発 (株)	正会員	奥村 裕史
(株) 開発設計コンサルタント	正会員	○佐藤 孝史
(株) 開発設計コンサルタント	正会員	野嶋潤一郎
山口大学大学院理工学研究科	正会員	増成 友宏
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

GPS 計測は、連続的に高い精度で計測が行なえることから、ダム変位測定へ適用することは有効である¹⁾。GPS 計測は、人工衛星から送信されてくる電波を受信することから、GPS 計測器を設置する基準点および計測点における上空視界が確保されていなければならない。しかし、多くのダム地点は山間部であるため、上空視界を良好に確保することが困難な場合があり、課題となっている²⁾。

著者らは既に、山間部のダム地点での GPS 計測を想定し、強制的に上空視界が不良である環境等を作って GPS 計測を行い、その場合の計測精度について評価を行った³⁾。その結果、上空視界が悪い場合は微小な変位が捉え難いこと、建物が近い場合は電波の反射により計測が不安定となること等が分かった。

本検討では、実際のダム地点において GPS 計測を実施し、上空視界が悪い場合についての検討を行う。また、連続的でないダム変位測定への適用にあたって課題となる GPS 機器を再設置する場合の精度確保、および準天頂衛星の活用についても検討を行なう。

2. ダム地点 GPS 計測時の上空視界確保に関する検討

上空視界が良好に確保できないダム地点において、GPS 計測を行なった。図-1 および図-2 に示す通り、計測点をダム堤体に設置し、基準点をダム近傍（ダムからの距離 47m）であるが上空視界が良好に確保できない地点（基準点①）と、ダムからの距離（基線長）は 2,327m と大きいが上空視界が良好に確保できる地点（基準点②）とに設置し、GPS 計測を実施した。

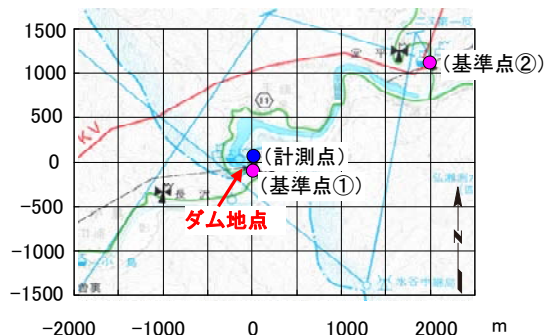


図-1 現地 GPS 計測 計測点・基準点配置

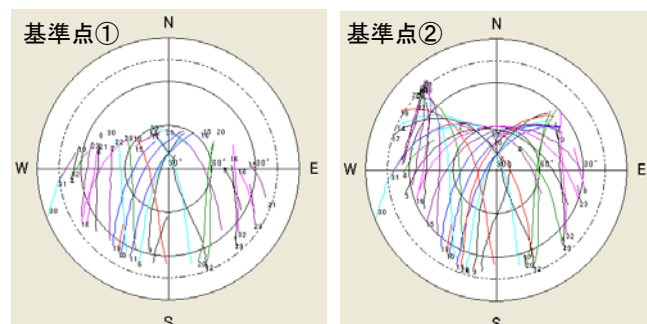


図-2 基準点①②における人工衛星軌道確認状況

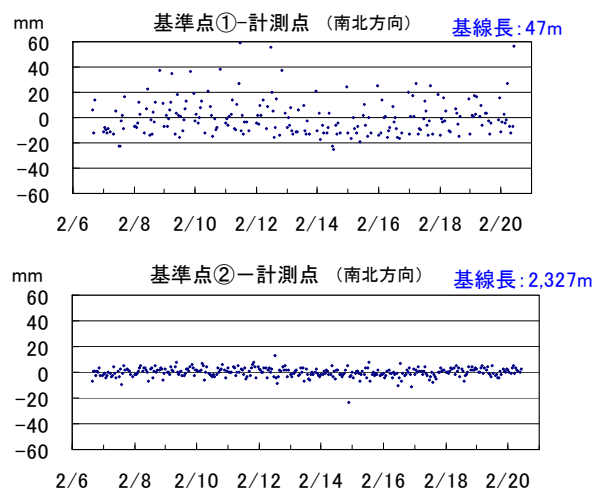


図-3 現地 GPS 計測結果（南北方向計測値時系列）

表-1 現地 GPS 計測結果（計測値標準偏差）

使用する基準点 および計測点	標準偏差 (mm)		
	南北	東西	鉛直
基準点①-計測点	14.0	6.8	19.2
基準点②-計測点	3.5	3.9	11.0

計測結果を図-3 および表-1 に示す。これらの結果から、基準点②を用いた計測結果の方が、ダム地点からの距離（基線長）は大きいものの、計測値のバラツキが小さく、安定していることが分かる。ダム地点は、南北方向の上空視界が悪かったが、その違いが標準偏差の違いに現れている。よって、基準点の設置については、ダム地点からの距離よりも上空視界の良否を重視すべきといえる。ただし、ダム地点からの距離は、今回計測同様の 2km 程度以内とすることが望ましい。

キーワード ダム計測, GPS, 計測精度

連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田 2-16-2 (第 2DIC ビル) (株)開発設計コンサルタント tel 03-3255-6244

3. 機動観測における GPS 機器再設置に関する検討

機動観測とは、GPS 計測を連続的に行なうものでなく、数ヶ月、年単位程度の間隔で、定期的な GPS 計測によりダム等の変位測定を行なうことをいう。よって、GPS 機器を計測点および基準点に設置・撤去を繰り返すこととなるが、常に同じ位置に設置するためにどのような方法が適当であるかについて検討を行なった。

検討は、図-4 に示す 3 つの設置方法を設定し、設置時と撤去後再設置時とに GPS 計測を行ない、それぞれで計測した座標（基準点からの相対座標）比較により行なった。計測時間は 19 時間程度であり、座標はその間に得られた計測値を平均して求めた。a. は、測量標に設置されている金具に GPS 機器が設置できるように治具を作成して固定した。b. は、GPS 機器を鋼製架台に固定し、架台をダム堤体等に設置されたピン位置に合わせて設置した。c. は、三脚を用いており、求心により水平位置、メジャーにより鉛直位置を合わせた。

計測結果から再設置前後での座標の差を求め、表-2 に示す。c. の鉛直方向以外では、再設置前後で生じた差は 1~3mm 程度であり、ダム変位測定へ適用可能なレベルと考える。c. の鉛直方向の座標の差は、①受信点位置高さを、②GPS の受信点位置と装置端部までの長さ、および③マークと装置端部までの長さから三平方の定理で求めることにより、ある程度改善できると考える。

4. 準天頂衛星の活用に関する検討

上空視界が良好に確保できない場合、実運用化されつつある準天頂衛星を活用することが有効と考えられる。準天頂衛星とは、図-5 に示す通り、日本の上空を南北方向に移動している衛星である。準天頂衛星活用の効果を確認するため、GPS 計測を行なった。

計測結果のうち、計測値のばらつきを示す標準偏差を表-3 に示す。準天頂衛星を活用することにより、しない場合と比較して、南北方向の計測値の標準偏差を小さくできることが分かった。

5. おわりに（成果）

- ダム地点において GPS 計測を行う場合、基準点位置選定時条件としては、ダム地点からの距離を小さくすることよりも上空視界確保を優先するべきである。
- 機動観測を行う場合、GPS 機器を再設置することとなるが、機器設置方法の工夫により、再設置前後の機器位置の差を数 mm 程度内に収めることができる。
- 準天頂衛星を活用することにより、南北方向の GPS 計測の精度を、向上できる可能性がある。

実際のダム地点において GPS 計測を行なうことにより、ダム測定への適用に関する課題を抽出し、その対応策を提示した。今後は、ダム変位測定への GPS 計測適用に関する継続検討および実用化を進めていく。

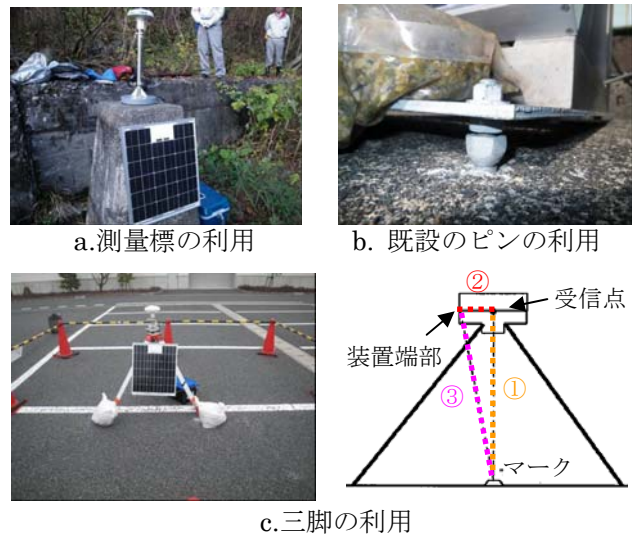


図-4 GPS 機器設置方法（再設置に関する検討）

表-2 GPS 計測結果（設置時と再設置時の座標の差）

GPS 機器設置方法	座標の差 (mm)		
	南北	東西	鉛直
a. 測量標の利用	2.1	0.3	-0.6
b. 既設のピンの利用	1.3	-1.7	-2.3
c. 三脚の利用	0	2.6	-13.4

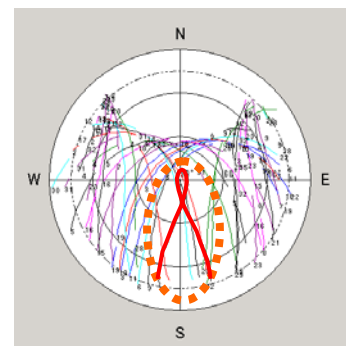


図-5 準天頂衛星の軌道

表-3 GPS 計測結果（準天頂衛星活用有無の比較）

準天頂衛星の活用	標準偏差 (mm)		
	南北	東西	鉛直
なし	12.1	7.1	16.4
あり	8.7	8.8	17.0

参考文献

- 1) 山口嘉一, 小堀俊秀: 重力式コンクリートダムの外部変位計測への GPS の適用, 土木研究所ダムの安全管理・点検のための最新計測技術に関するシンポジウム, pp.77-84, 2010
- 2) 増成友宏, 清水則一: GPS 変位計測における上空障害物の影響とその低減法, 土木学会論文集 F, Vol.64 No.4, 394-402, 2008.11
- 3) 佐藤孝史, 野嶋潤一郎: ダムサイトにおける GPS 計測の実証試験 (その 1), 第 67 回土木学会年次学術講演会, 2010