

石淵ダム（フィルダム）における GPS 外部変形計測の技術的取組み

国際航業株式会社 ○及川典生、岩崎智治
北上川ダム統管理事務所 所長 葛西敏彦
石淵ダム管理支所 管理係長 毛利陽司

1. はじめに

河川管理施設等構造令のフィルダム計測では、漏水量と外部変形が安全管理上の主要計測項目として定められている。これは、これらの項目の計測により、特定断面に限った局所的な挙動ではなく、堤体および基礎岩盤の全体的な挙動を把握できるためである。

従来、ダム堤体では測量用の可動点標的を設置し、左右岸に設けた固定点標的より可動点標的の水平および鉛直方向の変位量を光波測量および水準測量により測定している。

しかしこれらの方法では、測量者による観測のばらつきがありかならずしも高精度ではないことや、人的作業のため地震直後などの緊急的な観測が困難なことや、計測頻度を増やすとその費用を要するなどの課題があった。

2. 石淵ダムへの GPS 設置

石淵ダムでは、平成 20 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震によりダム堤体に損傷を受けたのと、その周辺地山などで斜面崩壊などによる災害を受けた。

このためダム堤体の補修対策中やその後の経過観察などの期間は、外部変形量を比較的短時間間隔で高精度に計測監視する必要があった。

このような状況から、「GPS による外部変形測量」(図-1、図-2)を導入し、地震直後より連続観測を行うこととなった。

3. GPS による外部変形測量の方法

3.1 GPS の設置 ダム堤体の面的な挙動観測するため GPS は、既存の可動点標的付近に設置した。

また堤体付近の左岸側地山が地震により地すべり移動が懸念されたため、艇庫屋上と余水吐ピラーにも GPS を設置した。

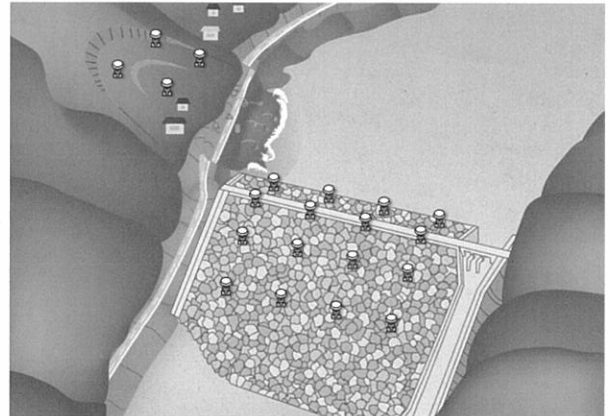


図-1 GPS 設置概念図



図-2 GPS 設置写真

これより GPS は 18 点設置した。

3.2 GPS の観測方法 GPS の観測方法は次のとおりとした。

- ① 現地 GPS センサーでは、30 秒に一度の割合で GPS 衛星からのデータを受信する
- ② GPS データは、1 時間分を一つのファイルにし、通信集約機（データロガー）に記録される
- ③ 記録されたデータは、監視センターに転送される
- ④ 監視センターでは、送られたデータで GPS 基線解析を行うことにより三次元座標値 (XYZ) を算出する。その後、時系列統計処理（トレンドモデル）により真の値と誤差成分に分離し、mm 単位の変位検出を行う
- ⑤ 計算処理後に、変位量を監視センターの監視員が確認する
- ⑥ 観測結果は、逐次インターネット回線を利用して配信される
- ⑦ 現場管理者や関係者は、インターネット・携帯電話を利用して、24 時間いつでも GPS 観測結果および評価結果を閲覧できる

3.3 GPS 観測データの確認方法 GPS の観測データは、観測点毎に平面ベクトル図と断面ベクトル図で表示される。また時系列グラフでも表示ができる。(図-3,4,5,6)

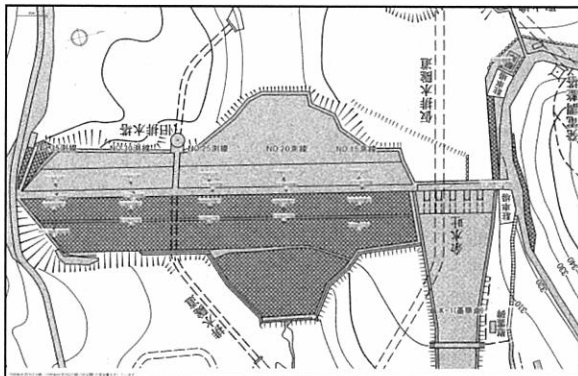


図-3 平面ベクトル図

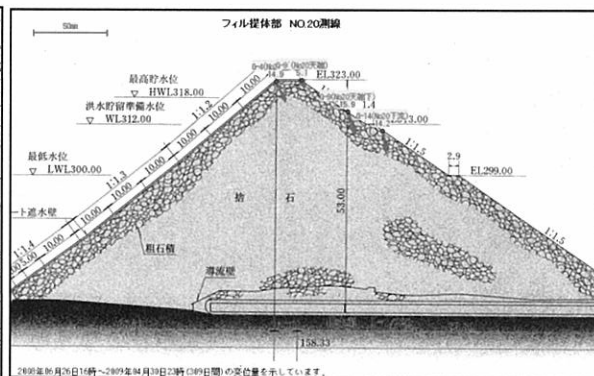


図-4 断面ベクトル図

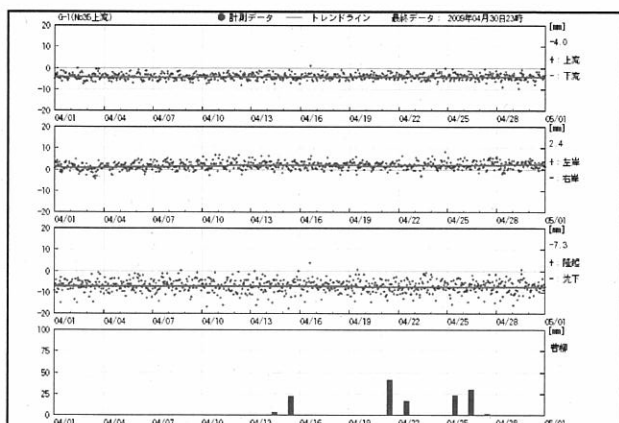


図-5 時系列グラフ

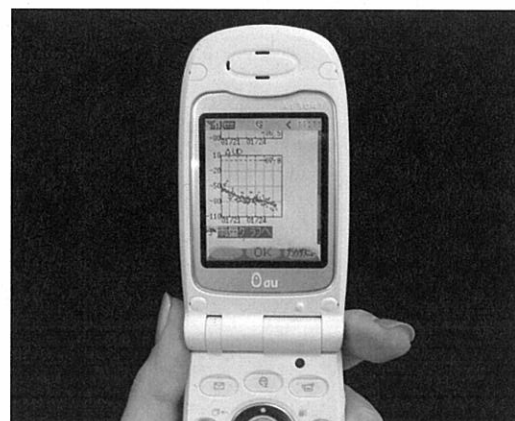


図-6 携帯電話配信画面

3.4 GPS 積雪対策 GPS はセンサー上部に雪があると観測が不可能になる。

このためセンサーに着雪があった時点で人力による除雪することとした。

しかし下流のり面部は傾斜があるため、作業員の安全確保に課題があった。

そのため除雪作業用の通路を建設し対処した。(図-7)



図-7 除雪用作業通路写真

4. GPS 外部変形測量の観測結果

4.1 時系列統計処理 (トレンドモデル) の導入 GPS 測量は、衛星配置や上空視界、基線長、気象条件などにより観測値がばらつく。通常の GPS 計算のみでは mm 単位の計測は困難である。そこで時系列統計処理を導入することとした。

この方法は、トレンドモデルと呼ばれる確率構造をもった時系列解析モデルを用いて、ノイズを含む計測データから真の変位挙動を推定するものである。その計算式を示す。

$$\Delta^k u_n = v_n \quad (\text{システム方程式}) \quad (1)$$

$$y_n = u_n + w_n \quad (\text{観測方程式}) \quad (2)$$

u_n : 真の変位	v_n : システムノイズ
y_n : 計測変位	w_n : 計測誤差

これにより堤体挙動とGPS誤差成分を分離することができ、mm 単位の計測が来た。

4.2 設置当初よりの堤体挙動状況 堤体計測点の変位は、下流右岸側への挙動傾向が確認できた。(図-8)

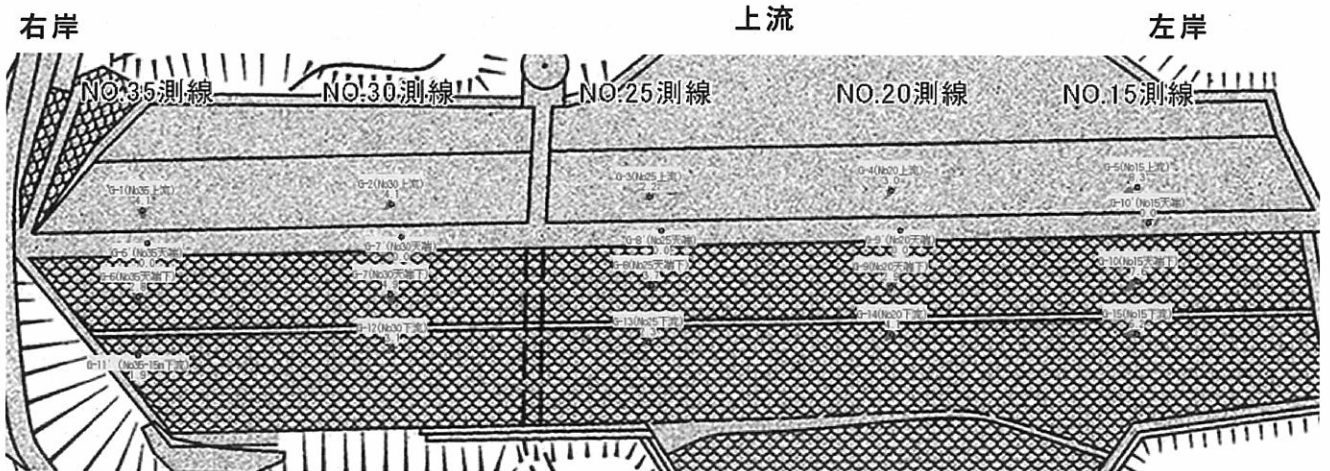


図-8 平面ベクトル図 下流

4.3 水位による堤体の変位状況 堤体には GPS を 15 点設置してあるが、最大規模の変位を示した G-4(堤体上流部)の貯水位と GPS 上下状況を示す。

これより水位が下がると堤体は隆起し、また水位が上がると堤体は沈下する挙動が確認できた。これは堤体への直接的な水圧が要因であると思われる。なお、堤体そのものは継続的に沈下傾向にある。(図-9)

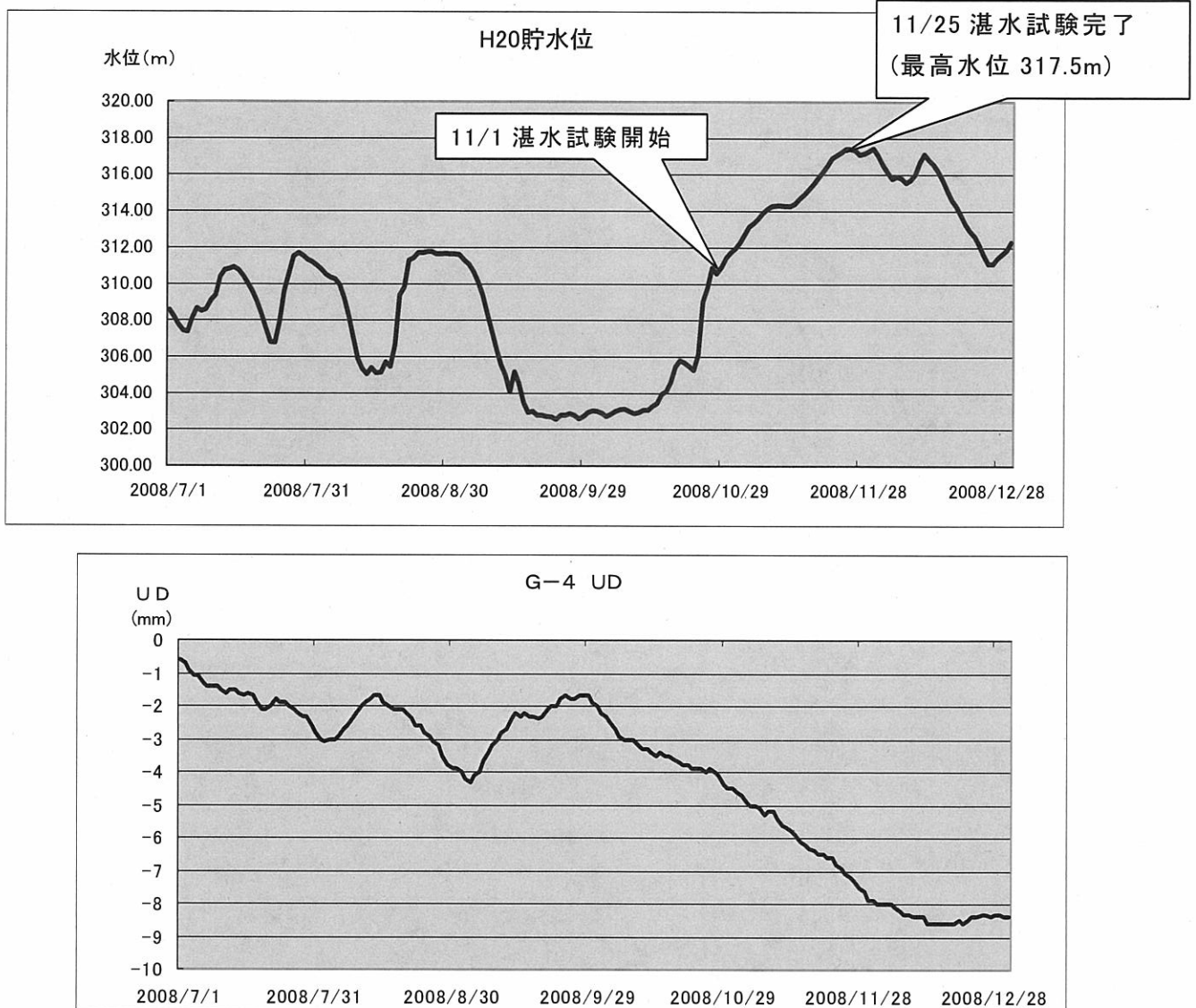


図-9 貯水位と G-4 (UD) 変位の相関

5. まとめと今後の予定

余震の頻発するなかで、GPS は比較的短時間間隔で自動観測が可能であった。また自動観測により人的安全管理にも貢献ができた。

また水位と GPS 計測点の相関も確認できた。これは連続観測の効果によるものと思われる。

18点もの GPS を設置するのは全国初の試みであったが、関係各位の協力体制のもと滞りなく運用できた。

なお胆沢ダム完了時には、本 GPS を他ダム (御所ダム) に転用する予定である。