

GNSS 計測によるロックフィルダムの初期湛水および洪水時における堤体変形挙動の分析

国際航業(株) 正会員○丹野 正浩 正会員 佐藤 信光
独立行政法人水資源機構 前田 俊郎

1. はじめに

近年の DX(Digital Transformation)推進の中、建設工事において GNSS を活用したコア盛立の施工管理・品質管理情報のリアルタイムな全量管理や CIM モデルを適用した新たな施工管理手法など、積極的に ICT 施工が導入されている。また、九州北部豪雨のような異常豪雨災害や熊本地震のような地震災害に対して、迅速な被害状況の把握ならびに速やかな災害対応のために ICT 技術が積極的に活用されている。本報告は、小石原川ダムにおける GNSS による試験湛水および洪水時の堤体変形挙動を報告するものである。

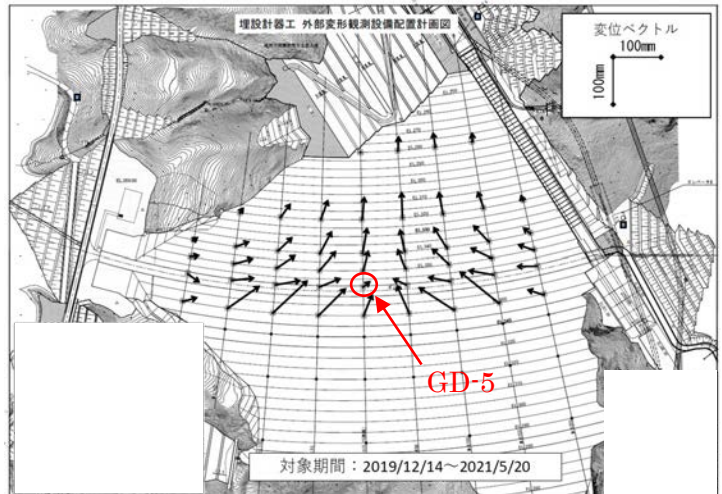


図-1 ダム平面図および変位ベクトル

2. 小石原川ダムの概要

対象とした小石原川ダムは、筑後川水系小石原川に建設された堤高139mの修正中央遮水壁型ロックフィルダムである。小石原川ダムの試験湛水は、盛立完了後2019年12月14日から開始し、2020年7月14日に貯水位が平常時最高貯水位に達し、その後、秋から冬期の少雨により貯水位が上昇できなかったものの、翌年5月20日に洪水時最高水位 EL.353m (以下、「最高水位」という)に達した(図2)。

小石原川ダムにおいては試験湛水における堤体変形計測 GNSS を全面導入し、高精度、3次元、毎正時リアルタイム計測によって、試験湛水中のダムの堤体変形挙動を正確に把握するとともに、ダムの安全管理の高度化・合理化を図った。

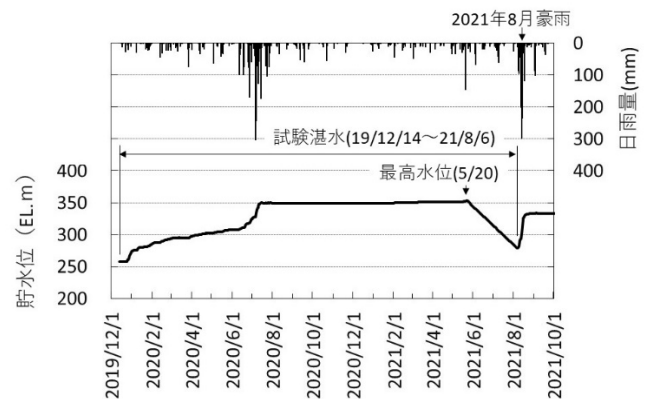


図-2 ダム貯水状況

3. 試験湛水における堤体変形挙動

天端中央のGD-5測点におけるGNSS解析結果として、バラツキを有する計測データならびに平滑化処理したトレンドラインの経時変化を図3に示す。なお、基準点と観測点間の標高差が大きい場合、大気中に含まれる水蒸気量等の影響で各センサーにて受信する衛星電波に遅れ(ズレ)が生じ、見かけ上変位が発生したような解析結果となる対流圏遅延という現象が発生することがある。本解析では、天端標高のK-2基準点と他計測点の標高差から生じる対流圏遅延の影響による誤差を修正Hopfieldモデルによる対流圏遅延補正を行っている。本分析は、このトレンドライン値をGNSS計測値として、堤体挙動分析に用いることとした。

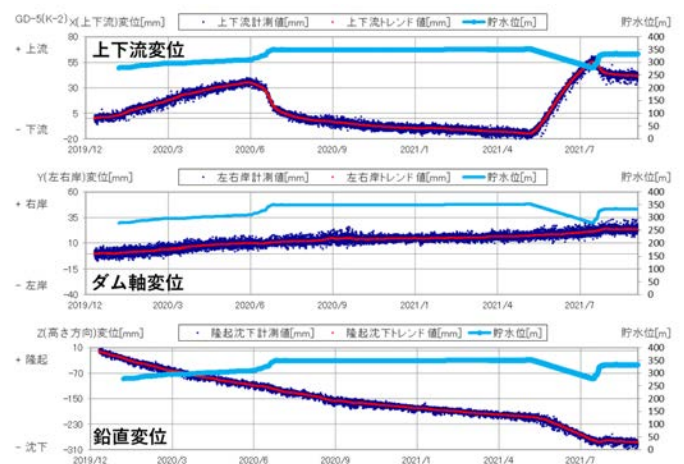


図-3 GNSS 計測グラフ (GD-5)

キーワード GNSS, GPS, ロックフィルダム, 堤体変形

堤体表面の湛水開始から最高水位までの平面変位ベクトルを図1に示す。貯水位の上昇によって堤体全体が下流向きに変位し、ダム軸方向では堤体中央方向に変位している。なお、天端測線の下流向き変位は上流法面高標高および下流法面高標高の測線と比較して小さい。

小石原川ダムにおける試験湛水時の堤体の沈下挙動の特徴として、天端部よりも上流法面部の沈下量が大きく、試験湛水の最高水位から最低水位に水位

低下する時期の沈下傾向が比較的大きいことが上げられる(図5)。なお、天端縦断測線の沈下分布、最大断面の横断測線の沈下分布、堤体平面の沈下分布は、経時的、断面的、平面的に沈下量の突出した箇所はみられず、安定した沈下挙動であると考えられる。

4. 洪水時における堤体変位挙動

小石原川ダムでは、最低水位まで低下した翌日8月7日から17日までの11日間で累計1128mmの降雨となり、特に8月12日～14日の3日間で累計739mmの豪雨であった。貯水位も最低水位のEL.279.3mから8月25日のEL.332.8mまで53.5mに上昇し、特に8月14日には貯水位の上昇速度は11m/日であった。

このような洪水時における急激な貯水位上昇に対して、光波測量では堤体の変形計測は困難であったが、GNSS計測では豪雨の厳しい環境下においても毎正時リアルタイムの変形計測が可能であり、小石原川ダムではこの異常豪雨に伴う貯水位の急激な約50mの上昇に対して堤体変形の実挙動を計測することができた。

5. まとめ

小石原川ダムでは、堤体変形計測にGNSSを全面導入し、全点GNSS計測による高精度、3次元、毎正時リアルタイム計測によって、試験湛水における堤体の変形挙動を正確に把握するとともに、その直後に発生した2021年8月豪雨において短期間の50mの急激な水位上昇における堤体変形挙動の実態を初めて明らかとした。今後とも、GNSSのデジタル技術をダムの安全管理に活用して、ダムの安全管理の高度化・合理化を進めていきたい。

参考文献

1) ダム工学会：フィルダムの変位計測に関するGPS利用マニュアル,2014.6. 2) 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, pp.437-447, 2007. 3) 増成友宏, 武地美明, 船津貴弘, 清水則一：現場気象データを用いたGPS変位計測の補正について, 土木学会論文集 F, Vol. 65, No.3, pp.356-363, 2009.

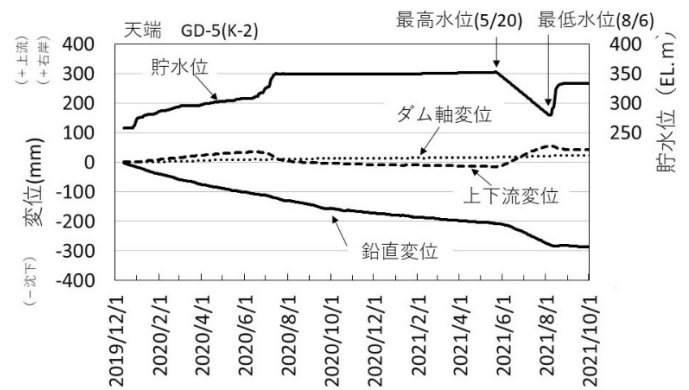


図-4 GPS計測値および貯水位の経時変化

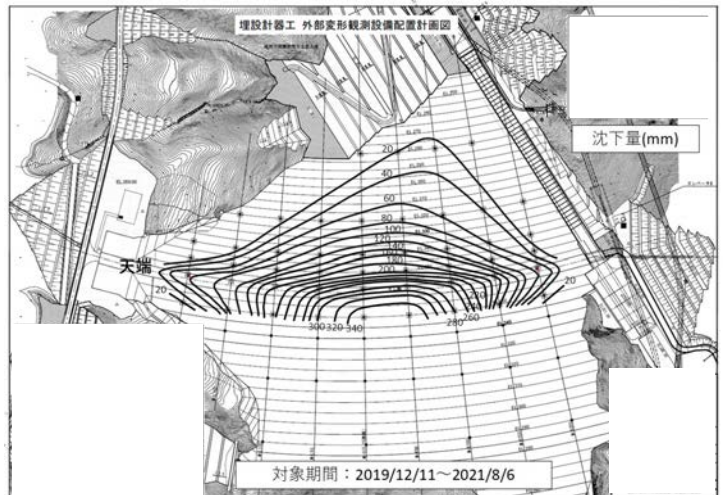


図-5 堤体表面の沈下分布図(試験湛水開始～終了)

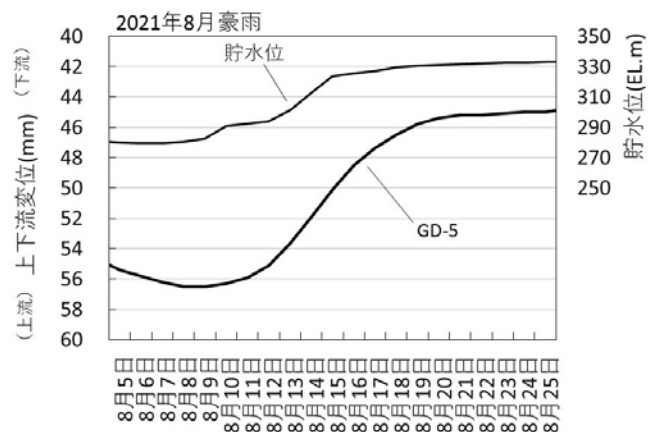


図-6 洪水時天端上下流変位と貯水位経時変化