

億首ダム試験湛水報告

上原 功¹・平松 信太郎²

¹沖縄総合事務局 北部ダム事務所 開発調査課 (〒905-8501 沖縄県名護市大北3-19-8)

²沖縄総合事務局 北部ダム事務所 開発調査課 (〒905-8501 沖縄県名護市大北3-19-8) .

沖縄本島北部の金武町で建設中の億首ダムは、沖縄東部河川総合開発事業の一環として、沖縄県企業局所管の金武ダム（水道専用ダム）を、洪水調節・既得用水や下流河川流量の安定化・水道用水及び灌漑用水の供給を目的とした特定多目的ダムとして再開発する事業である。

ダム供用に向けて、ダム本体や貯水池周辺法面等の安全性を確認するため、試験的に水を貯める試験湛水を 2012 年 9 月 6 日より開始し、漏水量等の諸調査を実施したところであるが、本稿では億首ダムにおける試験湛水の結果等について報告するものである。

キーワード 億首ダム 試験湛水 台形CSGダム

1. 事業の概要

億首ダム建設事業は、沖縄東部河川総合開発事業（億首ダム、漢那ダム）の一環として、既設の水道用水専用の金武ダムを再開発する事業である。金武ダムは、総貯水容量約 82 万 m^3 、堤高 13mのアースダムで、現在は、沖縄県企業局が管理を行っている。

再開発される億首ダムは、事業の目的として、億首川の洪水調節、既得用水及び河川流量の安定化、並びに特定かんがい用水の確保、沖縄本島の水道用水を供給するもので、堤頂長 461.5m、堤高 38m、堤体積 32 万 m^3 、総貯水容量約 856 万 m^3 の多目的ダムとして建設されるものである。

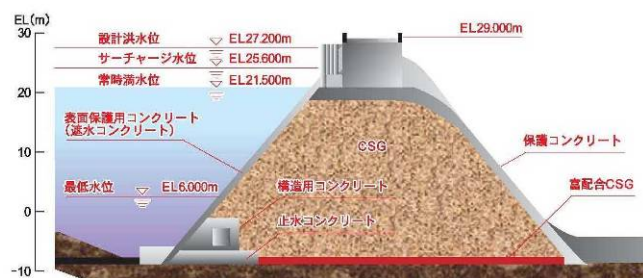


図ー1 億首ダム完成予想図

2. 台形 CSG ダムの概要

台形 CSG ダムは近年の公共事業における厳しい財政事情や環境との共生を目指す社会情勢のもと、コスト削減や環境の保全に貢献するため開発された新しいダム型式である。

CSG とはセメントで固めた砂礫のこと（Cemented Sand Gravel）で、現場周辺で手近に得られる材料に極力手を加えず、必要に応じてオーバーサイズの除去や破碎を行う程度でセメント・水を添加し、簡易な施設を用いてこれらを混合したものである。



図ー2 億首ダム 標準断面図

図ー2 に億首ダムの標準断面を示す。内部にはセメントの配合量 80 kg/m^3 の CSG を用い、表面には耐久性と遮水に対する確実性を目的とした保護コンクリートを配置、上流面下部に通廊、構造物コンクリートおよび浸透路長の確保のための止水コンクリートを設ける。なお、堤体底面部の CSG は、耐久性に配慮してセメント配合量 100 kg/m^3 の富配合の CSG を用いた。

図ー3、図ー4に億首ダムの平面図・上流面図を示す。

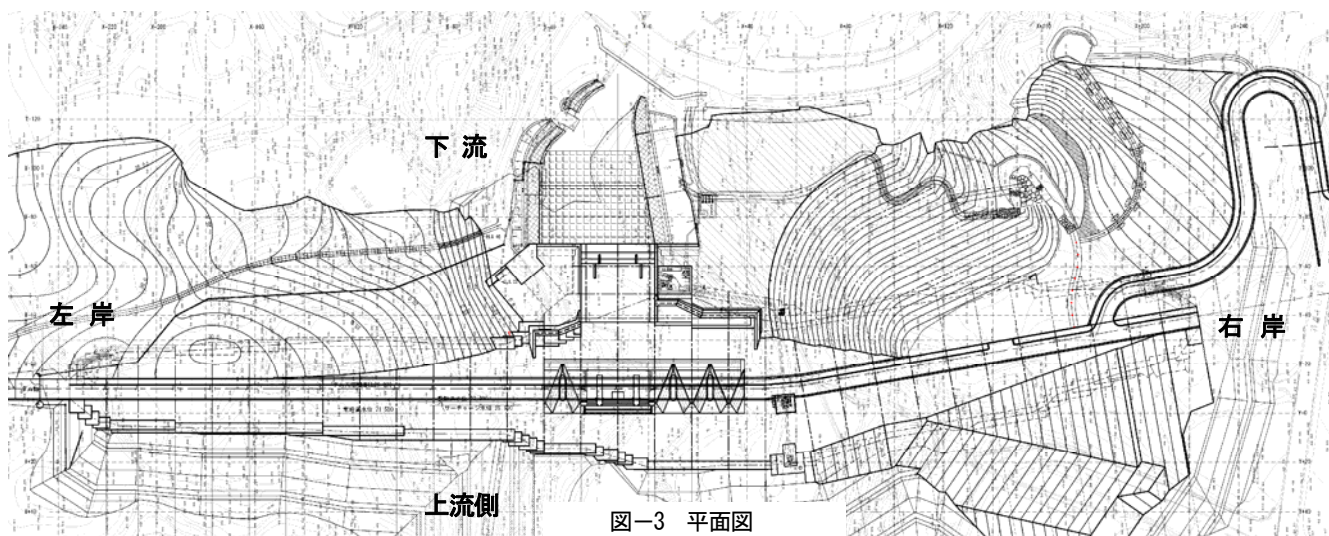


図-3 平面図

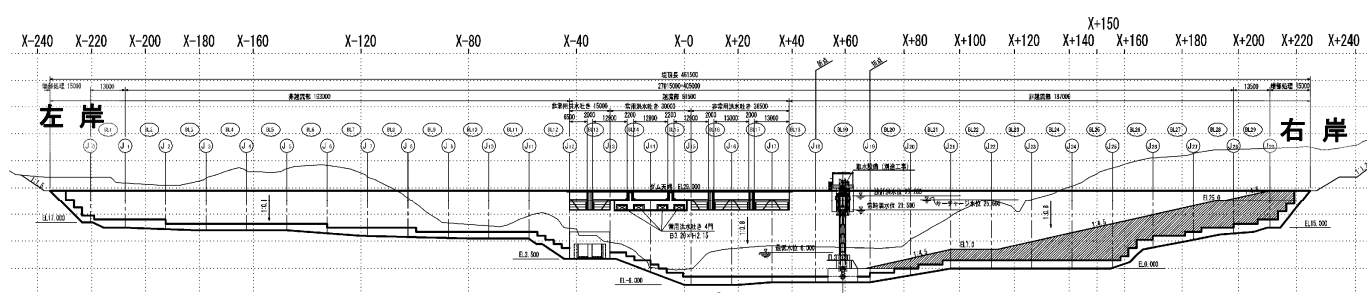


図-4 上流面図

3. 試験湛水の実績

億首ダムの試験湛水は、2012年9月6日より開始し、湛水開始直後の9月15日、22日、28日に台風が通過し大きく水位上昇した。その後は少しずつ上昇し、12月5日に常時満水位 (EL. 21.5m) に到達、2013年3月31日に最高水位であるサーチャージ水位 (EL. 25.6m) に到達し、46時間水位を維持してダムの安全性を確認した。

その後非常用放流設備により水位低下を行い、4月9日に常時満水位に到達、同水位を維持しつつ継続的に観測を行い、6月30日に試験湛水を完了した。

図-5は降雨と貯水位を示した湛水実績である。

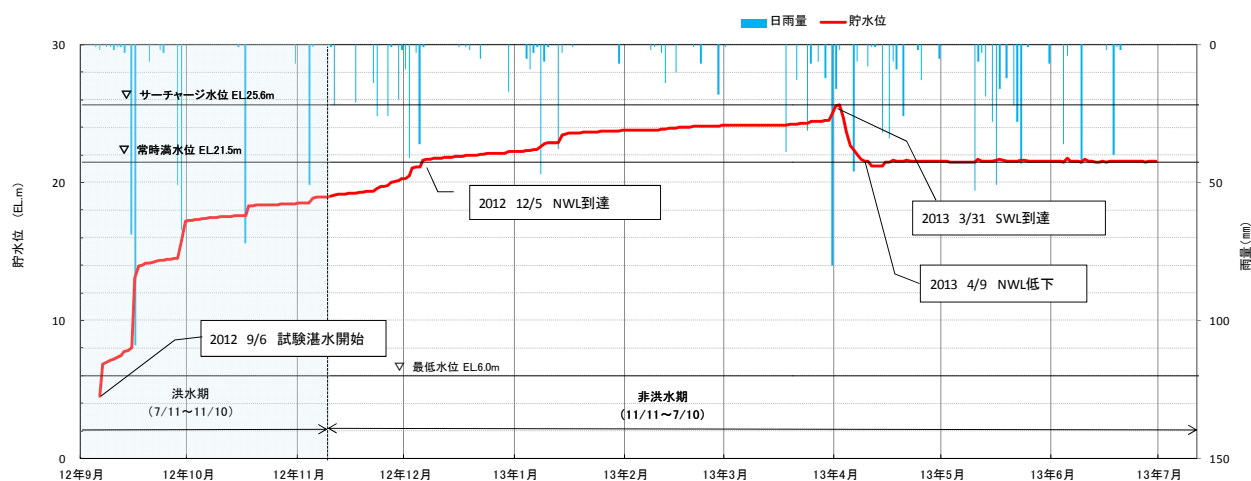


図-5 湛水実績図

- ①ダム堤体の安定性等検討：漏水量・揚圧力
- ②ダム堤体の挙動把握：変形量
- ③貯水池内法面の挙動把握：観測計器による観測

また漏水量・揚圧力・法面計器については管理基準を設定しており、それを取りまとめたものが表-2である。

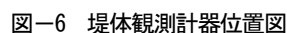


図-7 法面観測位置図

	計測器項目	計器No	深度	観測頻度
ダムサイト 右岸	表面設置 水管式 地盤傾斜計	J-5	表面	1回/日
		J-9	表面	1回/日
		J-12	表面	1回/日
		J-14	表面	1回/日
	孔内傾斜計	A-1	10m	2回/週
		A-2	15m	2回/週
	地下水水位計	G-1	20m	1回/日
		G-2	35m	1回/日
G-3		20m	1回/日	
緊船設備 法面	表面設置 水管式 地盤傾斜計	JK-1	表面	1回/日
		JK-2	表面	1回/日
	孔内傾斜計	AK-1	15m	3回/週
		AK-2	10m	3回/週
	パイプ ひずみ計	PK-1	15m	1回/日
		PK-2	10m	1回/日
	地下水水位計	PK-1	15m	1回/日
		PK-2	10m	1回/日
底泥ヤード 法面	孔内傾斜計	B-1	16m	1回/週
		B-5	20m	2回/週
	地下水水位計	B-1	16m	1回/日
		B-5	20m	1回/日

計測項目	計測方法	注意体制		警戒体制	
		判断目安値	貯水位との関係	判断目安値	貯水位との関係
漏水量(基礎排水孔)	手動	・1孔あたり20ℓ/分以上 ・漏水中に濁りが確認された場合	貯水位との運動性が乱れて増加傾向を示した場合	・漏水中に濁りが著しくなった場合 ・1孔あたり100ℓ/分以上	計測値が急激に増加し続け、その量が少なくならない場合
漏水量(継目排水孔)	手動	・1孔あたり20ℓ/分以上	〃	—	〃
漏水量(全漏水量)	自動・手動	—	〃	—	〃
揚圧力	手動	—	〃	—	〃
計器	計測方法	注意体制		警戒体制	
		1日変位	週変位	1日変位	週変位
水管式地盤傾斜計	手動	5秒以上	同一方向へ累積 30秒以上	10秒以上	同一方向へ累積 60秒以上
孔内傾斜計	手動	1mm以上	同一方向へ累積 5mm以上	2mm以上	同一方向へ累積 10mm以上

（１）漏水量

漏水量は、ダム堤体に作用する揚圧力を減じるために設置している基礎排水孔、堤体の横継目内に設置している継目排水孔及び堤体内部全体の漏水を観測するため設置している三角堰にて計測を行っており、試験湛水中は1日1回実施した。

漏水量実績は表-3のとおりで、全体漏水量（三角堰計測）はサーチャージ水位時（EL25.6m）の2013年4月2日に最大60.3L/min、基礎排水孔の1孔あたり最大漏水量はサーチャージ水位時（EL25.6m）の2013年4月2日に5.1L/min（BL26-1）、継目排水孔の1孔あたり最大漏水量は水位低下中の2013年4月6日（EL. 22.35m）に5.3L/min（JH-21）が計測された。（図-8～10参照）

漏水量の管理基準値は、一般的に基礎排水孔及び継目排水孔各々において1孔当たりの漏水量が20L/minを超えるときは何らかの異常が発生している可能性があるという目安としている。よって漏水量の評価をすると、管理基準値（20L/min）に対し基礎排水孔では25%程度、継目排水孔では30%程度であり比較的少量であった。

表-3 設計水位時における漏水量実績

貯水位	最低水位 (上昇)	常時満水位 (上昇)	サーチャージ水位	常時満水位 (低下)
観測日時	2012.9.6	2012.12.5	2013.3.31～ 2013.4.2	2013.4.9
漏水量 (L/min)	三角堰	18.9	45.1	60.3(4/2)
	基礎排水孔	18.9	44.9	54.9(4/2)
	継目排水孔	0	0.2	5.5(4/1)
	基礎+継目 合計	18.9	45.1	60.3(4/2)

（２）揚圧力

揚圧力は、基礎排水孔にて計測しており、試験湛水中は1日1回実施した。揚圧力の測定結果及び代表孔における貯水位との相関性を示したものが図-11、12である。

揚圧力は河床部で最大0.16Mpa（サーチャージ水位時（2013年3月31日））に計測され、代表孔における貯水位との相関についても相関関係が認められ、その挙動についても異常は確認されなかった。ただし図-13に揚圧力換算水頭値を示しているが、設計値と比較して高い数値を計測したことから、実測揚圧力を用いて堤体安定性照査を実施した。その結果、滑動では所要の必要滑動係数（ $F_s=1.2$ ）以上確保できており、また転倒では鉛直応力が堤体底面全域で圧縮側であることを確認し、問題無いと判断した。（図-14参照）

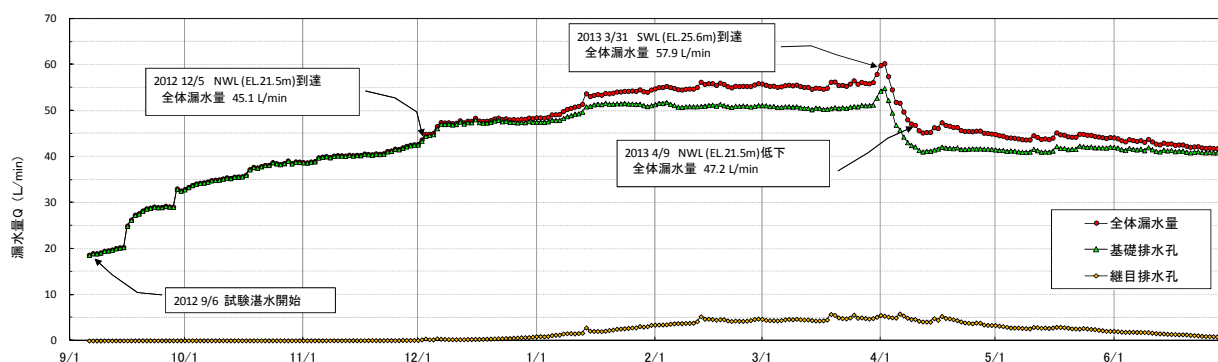


図-8 貯水位-漏水量 推移図

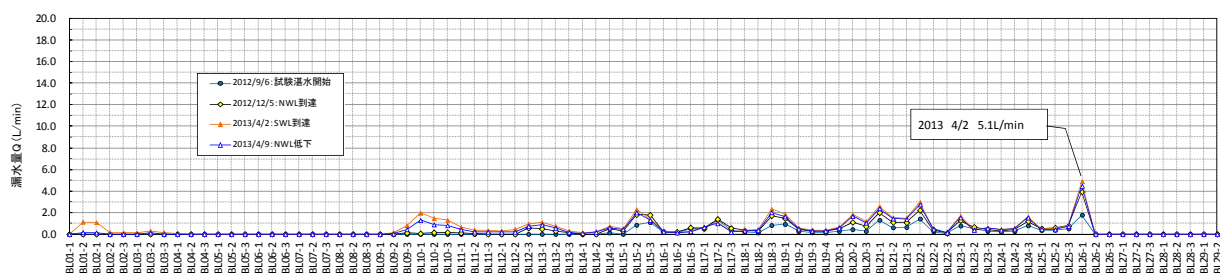


図-9 基礎排水孔の漏水量

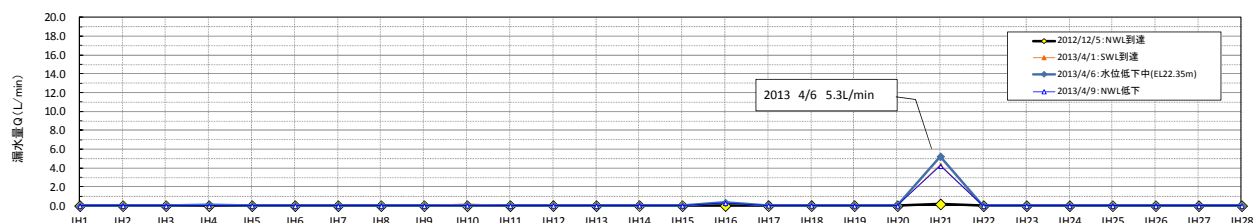


図-10 継目排水孔の漏水量

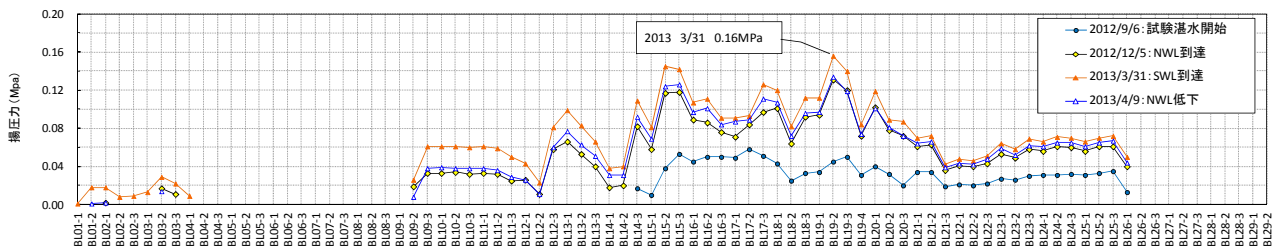


図-11 各孔での揚圧力

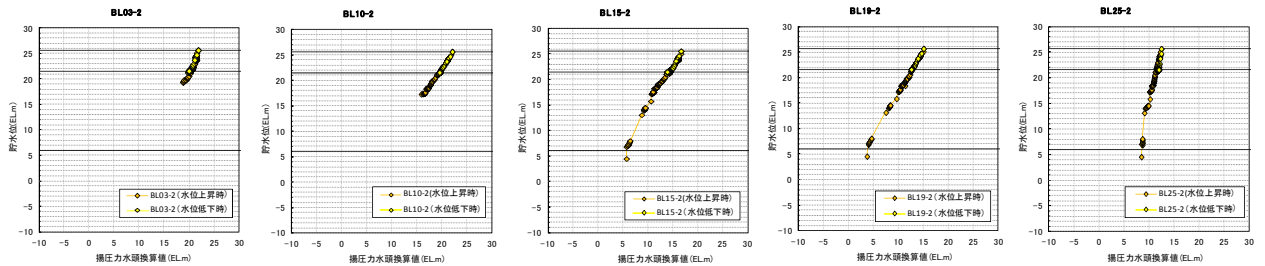


図-12 代表孔における貯水位との相関

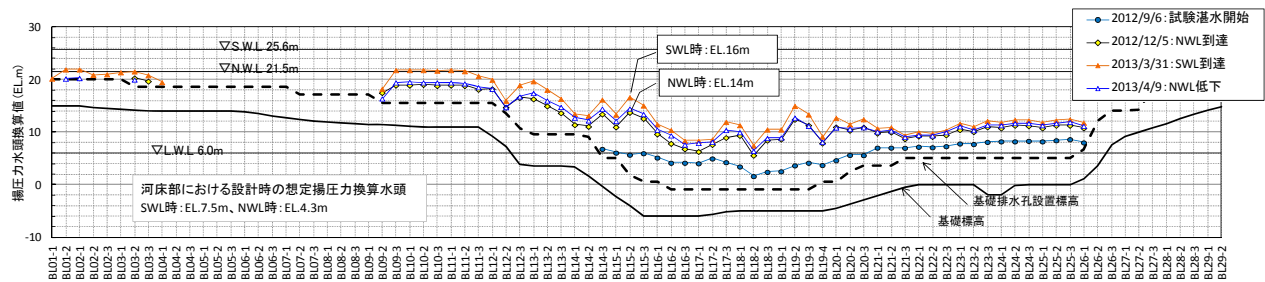


図-13 各孔における揚圧力換算水頭値

設計										試験湛水									
設計										試験湛水									
堤高(m) (基礎EL)	上下流面 勾配	弾性係数(N/mm ²)	CSG	岩盤	上流側水位	堆砂	貯水位等 設計時 下流側水位	検討ケース	地震波 (最大加速度)	ΣV (MN)	ΣH (MN)	摩擦係数	滑動係数 F _s	必要滑動 係数	ΣV (MN)	ΣH (MN)	摩擦係数	滑動係数 F _s	必要滑動 係数
39.0 (EL-10.0m)	1:0.8	2,000	3,000		常時満水位	あり	あり	検証地震時	権現 (250gal)	28.47	17.19	1.0	1.66	1.2	22.98	14.86	1.0	1.55	1.2
					サーチャージ水位	あり	あり	検証地震時	権現 (250gal)	27.75	18.28	1.0	1.52	1.2	23.09	15.80	1.0	1.46	1.2

設計										試験湛水									
設計										試験湛水									
設計										試験湛水									
堤高(m) (基礎EL)	上下流面 勾配	弾性係数(N/mm ²)	CSG	岩盤	上流側水位	堆砂	貯水位等 設計時 下流側水位	検討ケース	地震波 (最大加速度)	底面反力分布(N/mm ²)									
39.0 (EL-10.0m)	1:0.8	2,000	3,000		常時満水位	あり	あり	検証地震時	権現 (250gal)										
					サーチャージ水位	あり	あり	検証地震時	権現 (250gal)										

図-14 試験湛水時における堤体安定性照査結果(河床部)

(3) 変形量

変形量は、貯水位の上昇に伴い発生するダム堤敷の揚圧力及びダム堤体上流面に作用する水圧によるダム堤体への作用状況を確認するためのものであり、試験湛水中は週1回実施した。

湛水前に二次元有限要素法にて変位量解析を行ったものが図-15である。これによると、河床部ではサーチャージ水位時に鉛直方向で1mmの沈下、上下流方向で3mm下

流向きに変位する結果であった。

湛水後の河床部における変位の傾向は、サーチャージ水位時に鉛直方向では3mm沈下、水平方向では2mm下流向きという結果であった(図-16、17参照)。この結果は試験湛水前の検討で想定していた想定値とほぼ同等であり、特異な変状をしていないことから問題無いと判断した。

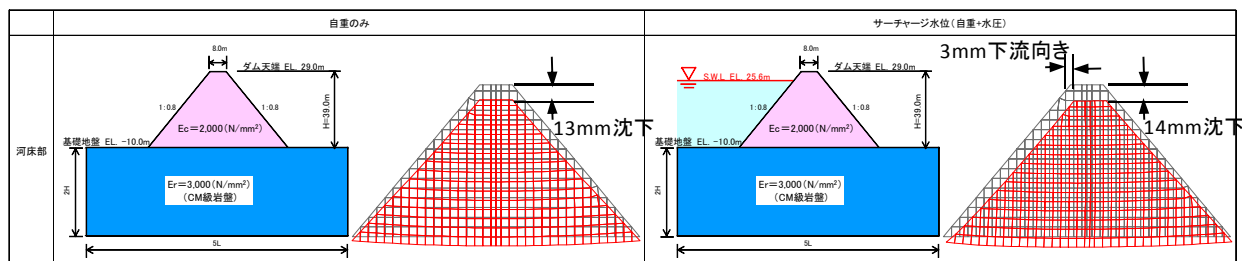


図-15 変位量解析結果（湛水前検証：河床部）

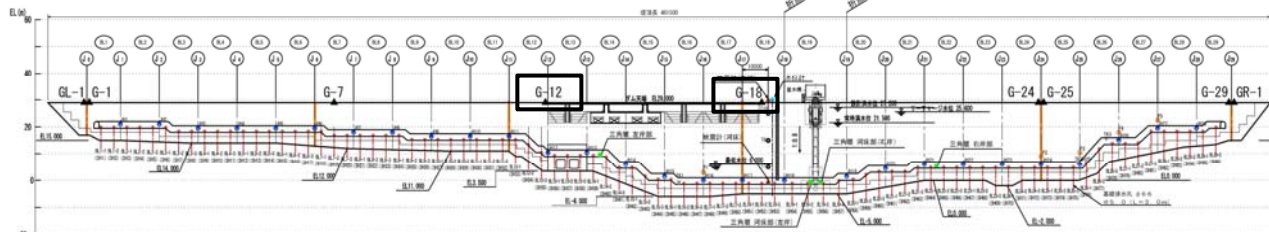


図-16 変位量観測結果（鉛直方向）

図-17 変位量観測結果（水平方向）

（４）貯水池内法面計測結果

億首ダムにおける貯水池内法面において地すべり対策工が必要となる斜面は存在しなかったが、人工的な掘削法面において注意が必要な箇所について観測計器を配置し法面挙動を把握するとともに、貯水池内法面巡視も行い変状がないかを確認した。

観測の結果、全ての法面観測計器も管理基準値を超える計測結果は無く、また巡視においても変状及びその兆候は確認されなかったため、問題無いと判断した。（図-18は繫船設備法面での水管式地盤傾斜計及び孔内傾斜計の観測結果である）

５．まとめ

億首ダムの試験湛水中における各種調査の結果、異常が確認されるものは無かった。ただし、変形量については通常のコンクリートダムやフィルダムで示す傾向と異なる結果となった。これは全国でも事例の少ない台形CSG形式であることも要因では無いかと推察される。今後も継続的に変形量を測定するとともに、外気温等の気象情報も含めて検証する必要があると考える。

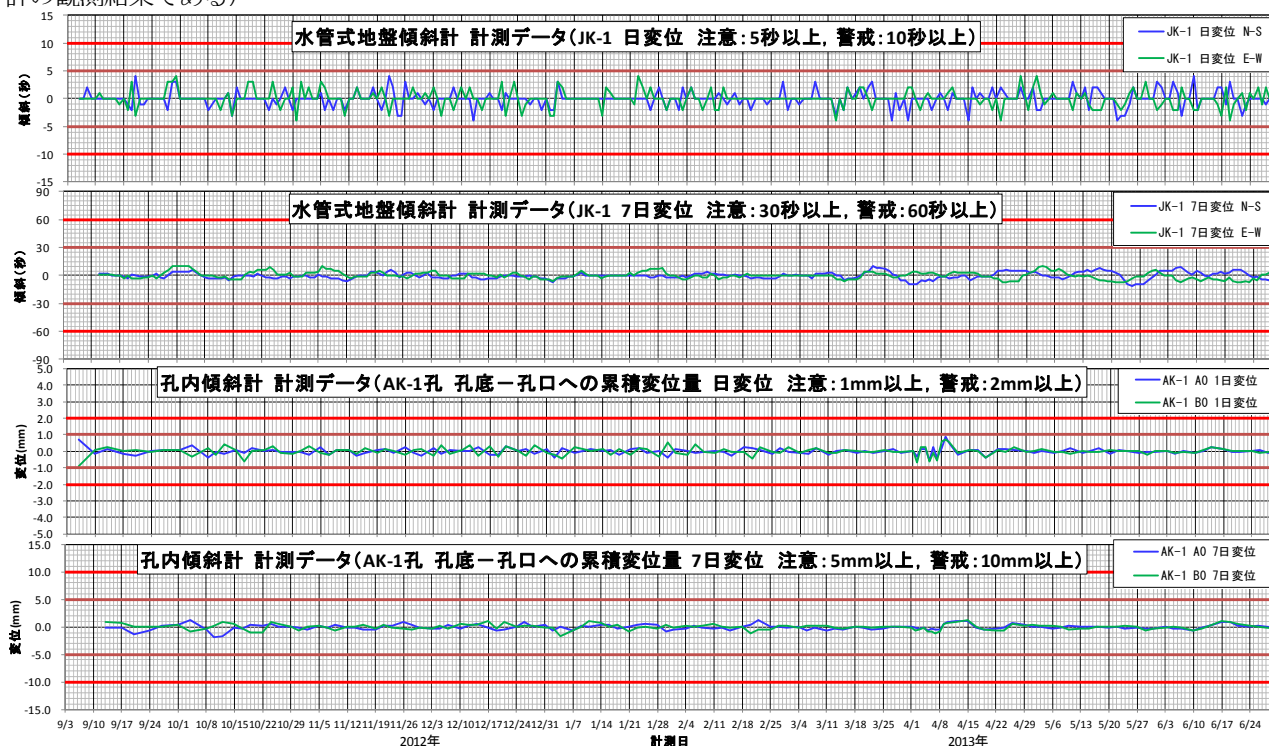


図-18 法面計測結果（繫船設備法面）