

報文集

令和4年度



報文集 第34号 目次

水道用貯水池を兼ねる配水池と共用する増設ファームポンドの設計事例……………	1
真田 栄一・岡崎 宏軌	
泥炭性軟弱地盤における管路の改修設計について ―国営施設応急対策事業 鳥沼宇文地区の事例―…	11
菊地 修	
デジタル技術を活用した圃場整備設計 ―円滑な合意形成を目指して―……………	20
湯村 輔・平野 良治	
水中ドローンによる機能診断手法の適用性の評価について……………	28
宮本 竜矢	
東郷ダムの試験湛水時の堤体挙動について……………	37
竹内 国雄	
神竜二期地区における神竜頭首工の改修計画検討事例……………	47
坂本 健三郎	
国営環境保全型かんがい排水事業における支線配水管路の設計事例……………	56
大野 充雅	
用水路末端施設（肥培かんがい施設）の設計報告……………	68
―国営環境保全型かんがい排水事業 別海北部地区の事例―	村山 和佳
中山間部の運土を伴う区画のは場整備の設計……………	75
荒口 誠	
傾斜地の区画整理設計業務における受益者説明の工夫……………	83
別所 巨貴・小林 大介	
農業水利施設の機能診断調査及び塗膜分析調査についての事例紹介……………	91
本山 隆朗・渡辺 雄治	
サロベツ地区における農業と湿原の共生 ―事業完了後の維持管理に向けた取り組み― ……	100
高橋 洋・阿部 良平	

東郷ダムの試験湛水時の堤体挙動について

竹内 国雄

1. はじめに

一般的な土木構造物では、完成後において主な設計外力を作用させて安全性を確認することは稀であるが、ダムは社会的に極めて重要な構造物であることから、その安全性の確保には万全を期する必要がある。このため、ダム事業の最終的な段階で試験湛水を行い、堤体、基礎地盤、地山周辺および付帯施設の安全性と機能に問題がないことを検証したうえで、供用管理に移行する必要がある。

本稿では、国営かんがい排水事業ふらの地区で造成された「東郷ダム」について、試験湛水時の堤体挙動およびその評価について、事例を紹介するものである。

2. 地区の概要

本地区は、北海道中央部の富良野市および空知郡中富良野町にまたがる丘陵地の畑2,713haの農業地帯である（図－1）。本地区は、野菜生産供給基地の確立を目指し、貯水池、頭首工、揚水機場および用水路が整備されていたが、ダムからの安定した取水が行えないため営農に必要なかんがい用水が確保されていなかった。また、地区内の農地の一部では、末端の排水路等が未整備で、作物に湿害が生じていた。一方、中富良野町の畑の用水はかんがい設備が未整備で降雨に依存していることから、不安定な農業生産となっていた。



図－1 ふらの地区の位置

このため、本事業では一級河川西達布川、一級河川奥の沢川および一級河川ポン布部川を水源として、なお不足する水量を東郷ダムに依存するためダムを改修し安定した取水を行うとともに、中富良野町の畑にかんがい用水を供給するために揚水機および用水路を新設し、併せて、関連事業により末端排水施設を整備し土地生産性の向上および農作業の効率化を図り、農業形成の安定に資するものであった。

3. 東郷ダムの概要

(1) ダム改修経緯

東郷ダムは、西達布川支川の奥の沢川に造成された堤高47.45mの中心遮水ゾーン型フィルダムである（写真－1）。ダム本体工事は、昭和52年度から着手し、平成4年度に全体工事が終了した。その後、平成5～6年の試験湛水（以下、初期試験湛水という）の際に、予測を超える浸透量が確認されたため、原因究明とその対策について検討が行われていた。一方、平成21年12月22日に公表された「農林水産省所管の農業用ダムの総点検結果」に基づき、ダムの改修やそれ以外の水源確保の方法について、関係機関との調整を図りながら課題解決に向けた取り組みが進められた。その結果、地区内の水利計画の見直しに伴いダムの低位部を利用する計画とし、本地区でダムの改修整備が行われることになった（表－1）。



写真－1 東郷ダム全景写真

表－1 東郷ダム諸元表（改修後）

一般	流域面積	35.8km ² (直接18.3km ² 、間接17.5km ²)	型式	側水路型洪水吐
	かんがい面積	2,713ha	基準雨量	197mm/day
	利用回数		設計洪水流量	306m ³ /sec
	総貯水量	510,000m ³	越流水深	1.79m
	有効貯水量	180,000m ³	越流堤長	60.0m
	満水面積	0.12km ²	総延長	288.54m
	満水位標高	379.34m	減勢工型式	II型静水池
堤体	ダム堤頂標高	398.95m	型式	トンネル式
	堤高	47.45m	設計洪水流量	120m ³ /sec
	堤頂長	375.40m	延長	248.00m
	型式	中心遮水ゾーン型フィルダム	型式	底部取水方式
	遮水材	141,700m ³	取水量	0.875m ³ /sec
	フィルター材	69,700m ³		
	透水性材	843,000m ³		
	総築堤量	1,054,000m ³		
	基礎地質	溶結凝灰岩		

(2) 地形、地質概要

ダム地点は、十勝岳連峰裾野に広がる富良野盆地の東南部、空知川支流、西達布川支流、奥の沢川の標高400～700m程度の比較的平坦な丘陵地帯に位置する。

ダムサイト付近平坦部の上面標高は460m程度である。奥の沢川はこの平坦地形部を下刻浸食し、平坦部と河床部の比高は約100m、両岸山腹は左右岸ともほぼ対称的な地形をなし、傾斜は25度内外の緩傾斜を呈している。河床部は幅250mのやや広い沖積面が発達している。また、ダムサイトおよび貯水池の広域地質基盤は、十勝溶結凝灰岩で構成され、これを覆って河床部では砂礫層、両岸斜面部では崖錐などの第四紀堆積物が分布している。

(3) 堤体の概要

堤体は、コア材、ロック材およびフィルター材によりゾーニングされている（図－2）。コア材は、ダムサイト下流約4kmの段丘面に堆積した崖錐堆積物の粘土質砂質ロームを使用している。また、ロック材は、ダムサイト上流約0.5km左岸の原石山から溶結凝灰岩を使用している。一方、フィルター材はダムサイト周辺で良好な材料が入手できないことから購入砕石を使用している。コア材とロック材は、土取場および原石山より試料を採取して、土質試験を行い設計数値が設定されている。なお、フィルター材はロック材と同等の設計数値としている（表－2）。

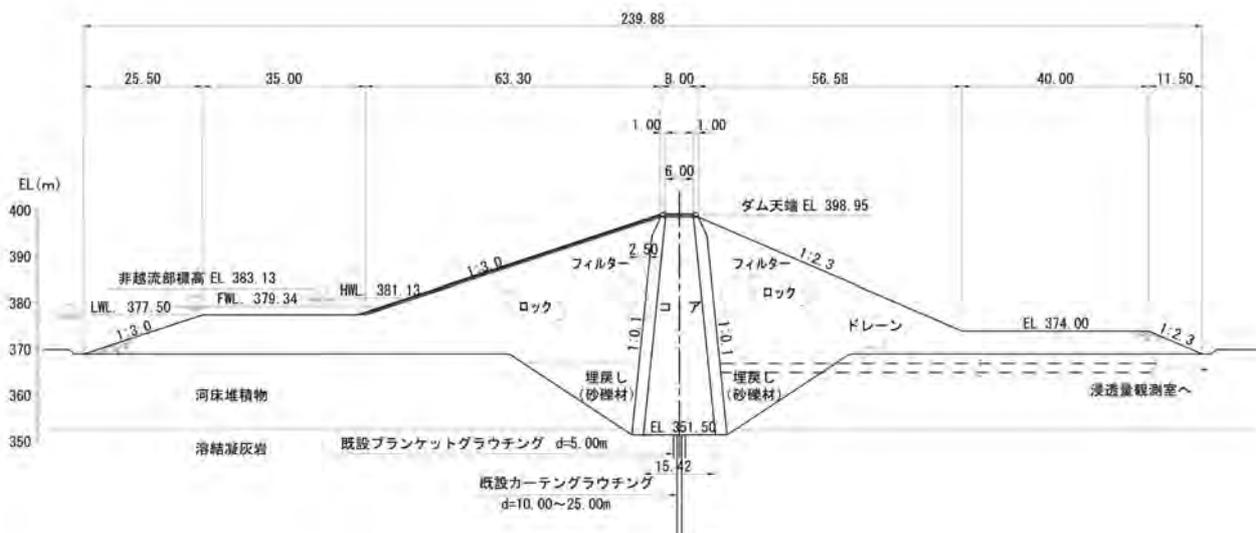
表－2 堤体材料の設計数値一覧表

項目	単位	コア材	フィルター材	ロック材
比重		2.62	2.34	2.34
含水比	%	24.0	3.5	3.5
乾燥密度	t/m ³	1.52	1.83	1.83
湿潤密度	t/m ³	1.88	1.89	1.89
飽和密度	t/m ³	1.94	2.05	2.05
粘着力	kgf/cm ²	0.46	0	0
内部摩擦角	deg	18	37	37
透水係数	cm/sec	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻²	1.0×10 ⁻²

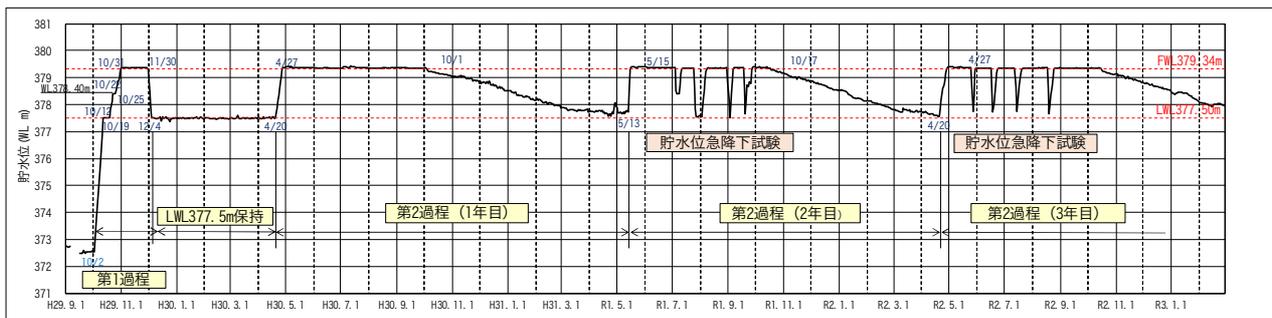
4. 試験湛水の概要

(1) 試験湛水計画および実績

堤体改修後の試験湛水は、改修工事の完了時期および本地区の洪水期（7/1～9/30）を考慮して、平成29年10月2日より開始する計画とした。試験湛水は、堤体および洪水吐の安全性確認のため



図－2 東郷ダム堤体標準断面図



図－3 試験湛水の貯水位実績図

めの「第1過程（平成29年度）」および管理計画立案のための「第2過程（平成30年度～令和2年度）」と区分して実施することとした。特に「第2過程」では、貯水位を急激に低下させる「貯水位急低下試験」を実施して堤体挙動を確認した。このような計画で実施した試験湛水の貯水位実績を図－3に示す。

(2) 観測計器による挙動監視

本ダムには、浸透量観測施設（3系統）、間隙水圧計（11箇所）、堤体下流水位計（27箇所）、地山地下水位計（16箇所）および堤体表面変位計（5測線 17測点）の観測計器が設置されている。試験湛水では、これらの観測計器のうちダムの安

全性を評価する際に重要な計器（重点監視）を選定した上で、その他の計器（一般監視）の計測データも考慮して堤体挙動の分析を行った。また、重点監視の計器は管理基準値を設定して監視を行った。試験湛水時の監視項目および観測計器をまとめて表－3に示す。

5. 試験湛水時の堤体挙動

(1) 浸透量の挙動

1) 浸透量観測施設の概要

当初、浸透量観測施設は、1系統（河床部のC系統）であったが、初期試験湛水以降に堤体左右岸部からの予測を超える浸透量を計測するために2系統（左岸部のL系統および右岸部のR系統）が追加設置された（図－4、5）。そのため、ダムが正常な状態であれば、浸透水のほとんどはC系統で集水されることになる。このような施設の状態から、今回の試験湛水ではC系統を重点監視として、管理基準値を設定して挙動監視を行った。C系統の管理基準値は、既往の計測データを用いて貯水影響量、降雨・融雪影響量および誤差成分をタンクモデルにより設定し（図－6）、さらに第1過程および第2過程の試験湛水の計測データを用いて、管理基準値の検証および修正を行った。

表－3 試験湛水時の監視項目および観測計器

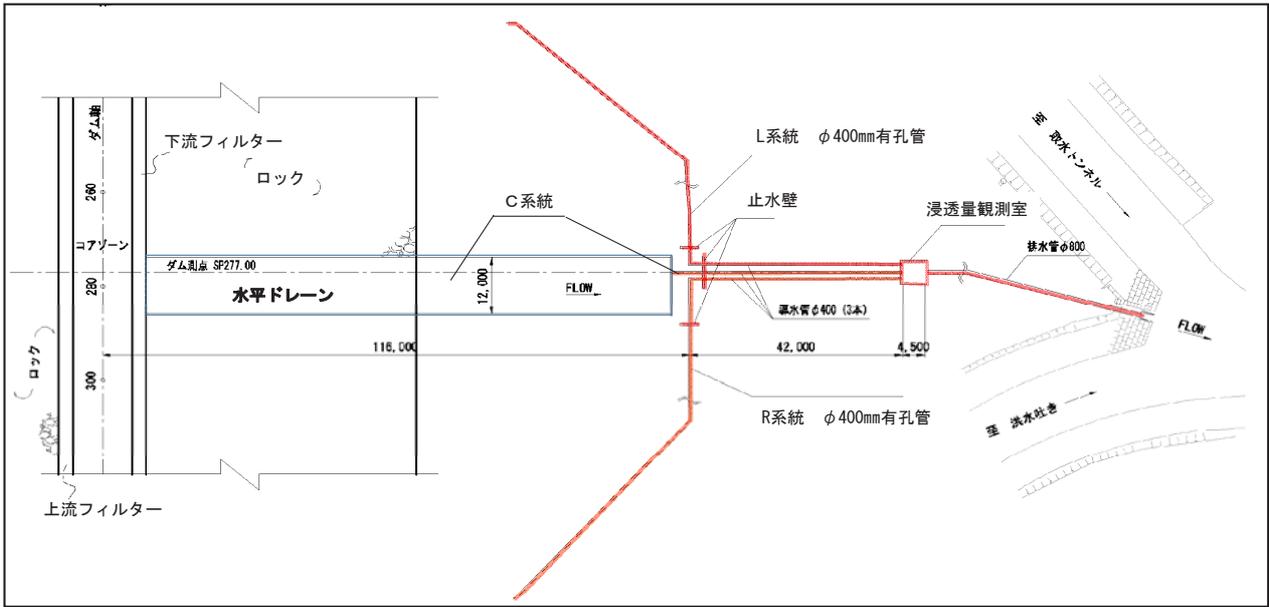
監視区分	監視項目	監視区分	計器数量	計器番号
物理的挙動	浸透量	重点監視	1系統	中央部 C系統
		一般監視	2系統	左右岸 L系統 R系統
	コア及びグラウト内の間隙水圧（浸潤線）	重点監視	2箇所	コア内 CH-6 CH-G
		一般監視	4箇所	洪水吐 P-20 P-21 P-22 P-23
		一般監視	5箇所	コア内 T-12 CH-3 CH-E CH-1 P-24
	堤体下流水位	重点監視	9孔	堤体下流 T-18 WL-15 WL-21 WL-22 WL-23 WL-25 WL-27 WL-30 WL-32
		一般監視	18孔	堤体下流 WL-31 WL-4 WL-17 WL-8 WL-28 WL-29 WL-9 T-33 WL-6 WL-24 WL-26 WL-7 T-30 H I WL-2 WL-14 WL-10 WL-20
	地山地下水位	一般監視	10孔	左岸地山 L-2 L-4 L-15 L-20 L-22 L-23 L-24 L-25 L-29 L-30
		一般監視	6孔	右岸地山 R-2 R-3 R-4 R-6 R-7 R-8
	水質調査	一般監視	浸透水水温	
貯水池水温				
地下水水温				地下水観測孔で計測
浸透水 濁度				L系統 C系統 R系統
浸透水 PH				L系統 C系統 R系統
浸透水 電気伝導度				L系統 C系統 R系統
力学的挙動	堤体変形	重点監視	2測線 8測点	B測線：SP198, 257, 340 C測線：SP120, 198, 257, 340, 385
		一般監視	3測線 9測点	A測線：SP198, 257, 340 D測線：SP198, 257, 340 E測線：SP198, 257, 340

2) 浸透量の挙動

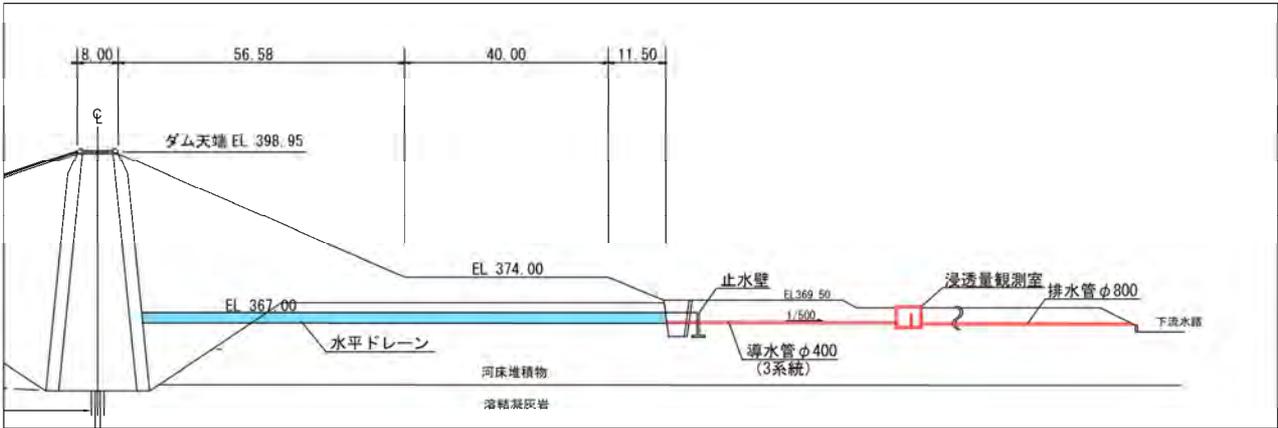
a) 試験湛水中の浸透量（C系統）の挙動

（図－7、8）

①第1過程では、貯水位の変動に対して浸透量は追従する挙動を示した。湛水前の浸透量は35(ℓ/min)、満水位の浸透量は105(ℓ/min)程度であり、貯水によって70(ℓ/min)程度の浸透量が増加した。また、低水位での貯水位保

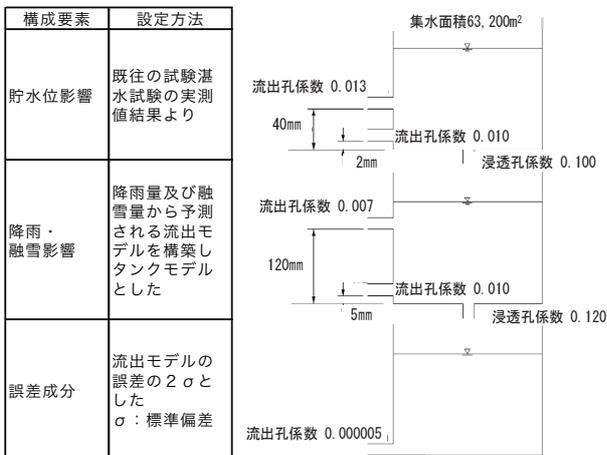


図一 4 浸透量観測施設平面図



図一 5 浸透量観測施設断面図

浸透量 (C系統) 管理基準値 =
貯水影響量 + 降雨・融雪影響量 + 誤差成分



図一 6 降雨・融雪影響のタンクモデル

- 持期間では、浸透量は低下する傾向を示した。
- ②第2過程（1年目）では、貯水位上昇時から満水位にかけて浸透量が減少する傾向が確認された。これは、現地の融雪の完了時期に貯水位上昇を行ったため、融雪の浸透量に対する影響が減少したためであった。また、満水位での貯水位保持期間では、浸透量は降雨の影響を受けて変動しており、貯水位下降時には浸透量が減少する傾向を示した。
- ③第2過程（2年目）では、貯水位の急上昇、急低下に対して浸透量は増加、減少しており、貯水位にほぼ追従する傾向を示した。満水位での貯水位保持期間では、浸透量はほぼ一定であり、貯水位下降時には浸透量が減少する傾向を示した。

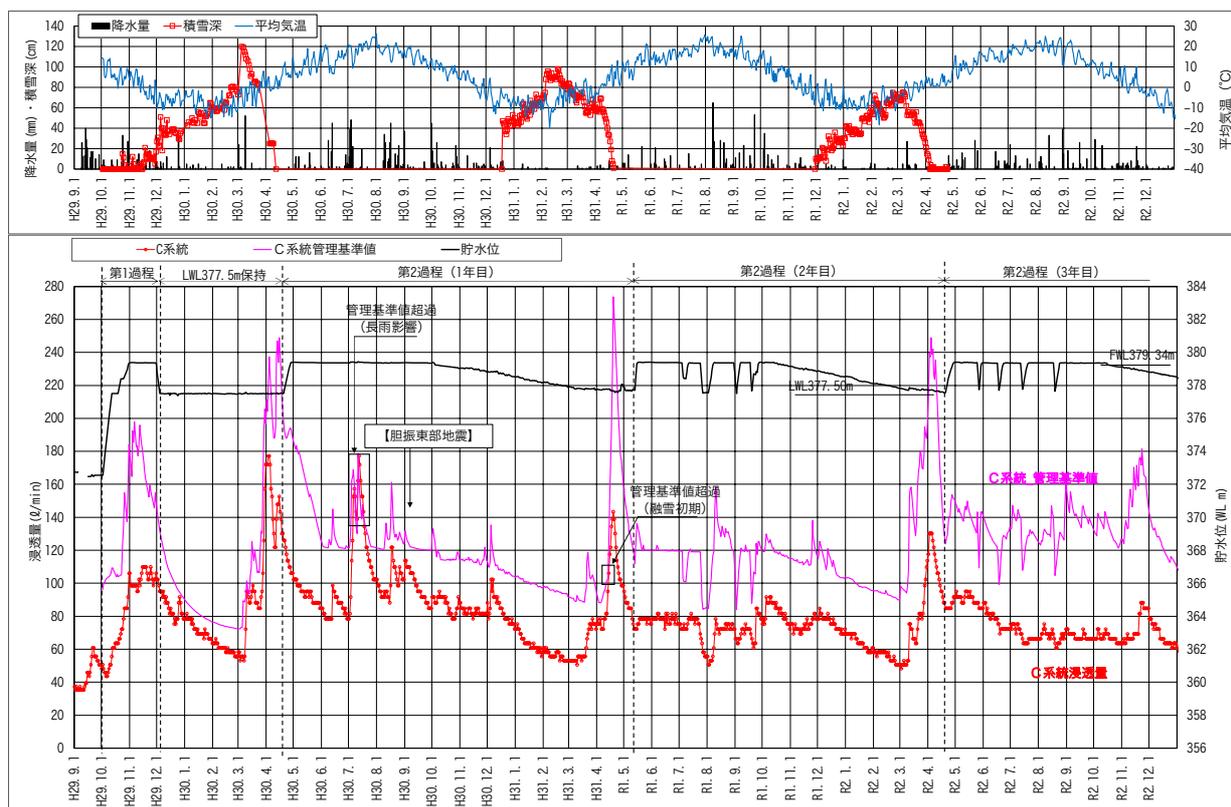


図-7 浸透量（C系統）の経時変化図

- ④第2過程（3年目）では、貯水位の急上昇、急低下に対して浸透量はわずかに増加、減少した。満水位の浸透量は今回の試験湛水時期間で最も少なくなった。
- ⑤試験湛水中の浸透量は、降雨・融雪の影響を大きく受けて変動した。
- ⑥C系統の浸透量は管理基準値を設定して監視を行い、第1過程では管理基準値の超過は生じなかった。しかし、第2過程（1年目）の満水位および低水位において管理基準値を超過したため、ダム の点検、他の計器の挙動の確認を行った。その結果、ダムの安全性は確保されていることが明らかとなり、管理基準値に対する降雨・融雪の影響の換算が、現地と整合していないことが判明した。そのため、試験湛水中の計測データを用いて管理基準値の修正を行い、第2過程（2年目）以降の監視に反映した。

b) 浸透量（C系統）の挙動に対する評価

- ①C系統の浸透量は、貯水位の上昇下降に対して増加減少する傾向を示し、ほぼ貯水位の変動に追従していた。降雨・融雪の影響を除け

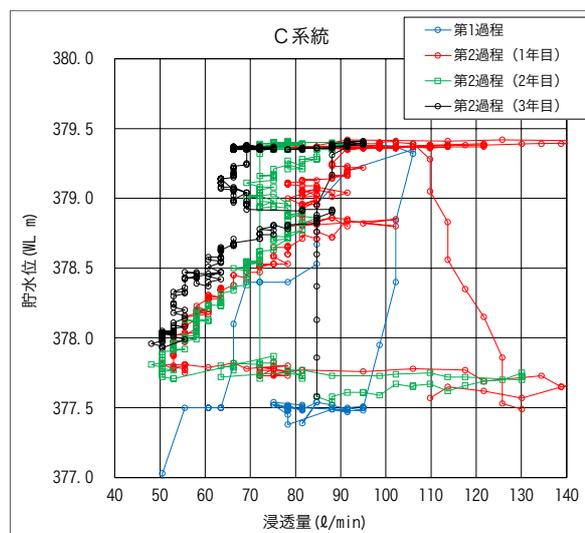


図-8 浸透量（C系統）と貯水位の相関図

ば、浸透量の急激な変化はなく安定した挙動を示した。各試験湛水における満水位の浸透量は一定（もしくは減少する傾向）であった。堤体の目視点検の結果からも湧水等の変状は確認されなかったことから、浸透量の挙動は安定しており、水理的安定性は確保されていると評価した。

- ②浸透量は、降雨・融雪の影響を大きく受けて変動しており、今後のダム管理においても降

雨・融雪の影響を考慮して監視を行うこととした。なお、修正した管理基準値は、第2過程3年目の試験湛水において検証を行い、現地状況を適切に反映していると評価した。

③試験湛水中の平成30年9月6日に発生した胆振東部地震（ダム地点で震度3、基礎12.5gal、堤体天端82.7gal）において、浸透量の変化、濁り、沈殿物等の異常はなく、地震時の浸透量の挙動は安定していたと評価した。

(2) 間隙水圧の挙動

1) 間隙水圧計の設置概要

本ダムの間隙水圧計は、堤体の盛立施工に合わせて設置されたが、ほとんどの計器が耐用年数の超過等により、計測ができない状況であった。しかし、盛立完了後に間隙水圧計を追加設置したことから、今回の試験湛水では堤体のコアで7箇所、洪水吐基礎で4箇所のデータを計測することができた（図-9）。堤体のコアに設置されている間隙水圧計は、満水位付近に設置されている計器もあり、試験湛水では、貯水位の変動が作用する4箇所の計器（CH-1、CH-6、CH-G、P-24）について、その挙動よりコアの遮水性の監視を行った。また、洪水吐基礎の間隙水圧計は、改修工事における追加グラウチング施工後に上下流側に設置されたもので、その挙動より基礎地盤の止水性の監視を行った。なお、コア内のP-24は、この改修工事で洪水吐に隣接する堤体を埋戻す際に埋設されたものである。

2) コアに設置した間隙水圧計の挙動および評価

①コアに設置されている間隙水圧計は、第1過程のP-24を除き、貯水位の上昇下降に対し

て増加減少する傾向を示し、ほぼ貯水位の変動に追従していた。P-24の挙動が第1過程の初めまで減少傾向であったのは、堤体の埋戻しに伴い発生した間隙水圧の消散が続いていたためと評価した（図-10）。

②間隙水圧は、各計器とも貯水位の上昇下降に対してループを描きながら変動した。また、貯水位一定保持期間中に間隙水圧が増加したほかは、貯水位と間隙水圧はほぼ同じ相関性を示した（図-11）。

③試験湛水中のコアの間隙水圧は、貯水位の変動に対して安定した挙動を示し、計測値の急激な変化もないことからコアの遮水性は確保されているものと評価した。

3) 洪水吐基礎に設置した間隙水圧の挙動および評価

①洪水吐基礎に設置した間隙水圧計は、貯水位の上昇下降に対して増加減少する傾向を示し、ほぼ貯水位の変動に追従していた。ダム軸よりも上流側のP-20、P-22は貯水位よりもやや低い水頭標高（E L 375～379m程度）で変動し、ダム軸よりも下流のP-21、P-23はE L 369～371m程度の範囲で変動した（図-12）。

②貯水圧に対する間隙水圧の割合を発生率として求めたところ、カーテングラウチング上流側が92%程度、下流側が40%程度であった（図-13）。

③試験湛水中の洪水吐基礎の間隙水圧は、貯水位の変動に対して安定した挙動を示し、計測値の急激な変化もないこと、カーテングラウチングの上下流で水頭差が確認されることから基礎地盤の止水性は確保されているものと評価した。

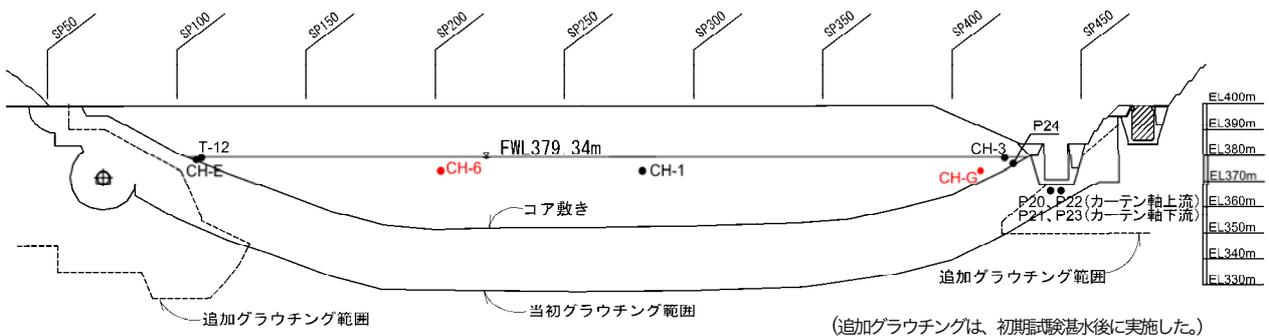


図-9 間隙水圧計配置図

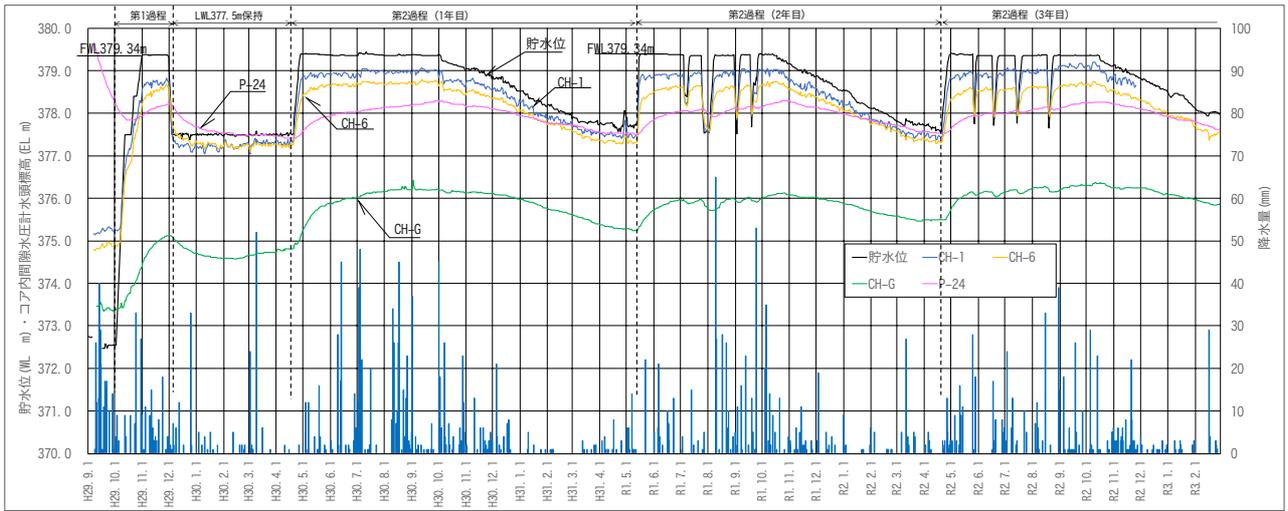


図-10 コアの間隙水圧経時変化図

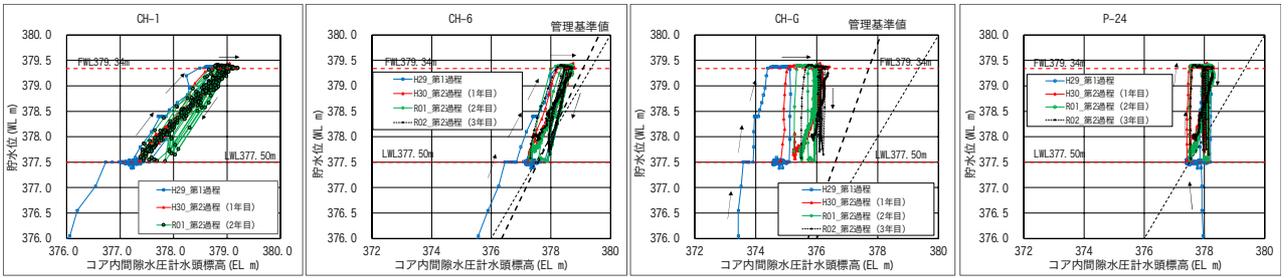


図-11 コアの間隙水圧と貯水位の相関図

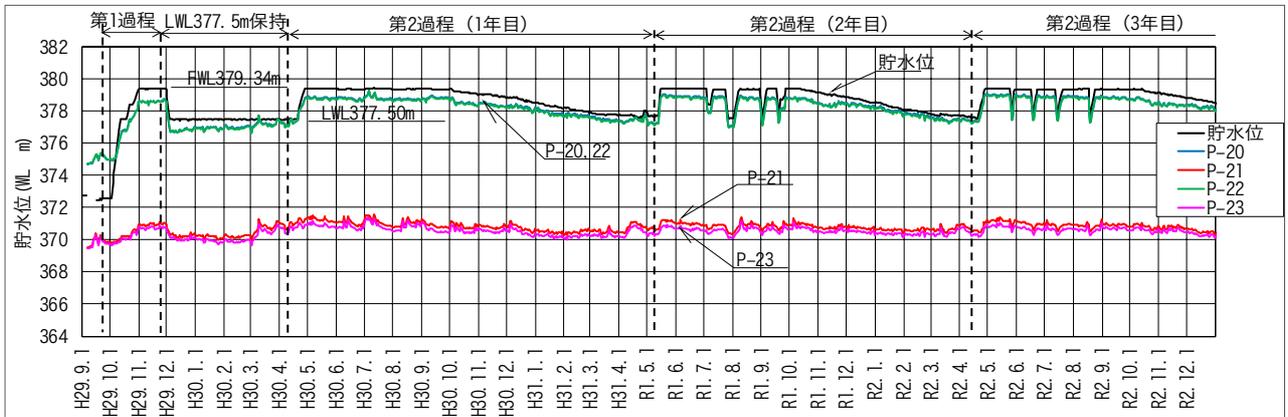


図-12 洪水吐基礎の間隙水圧経時変化図

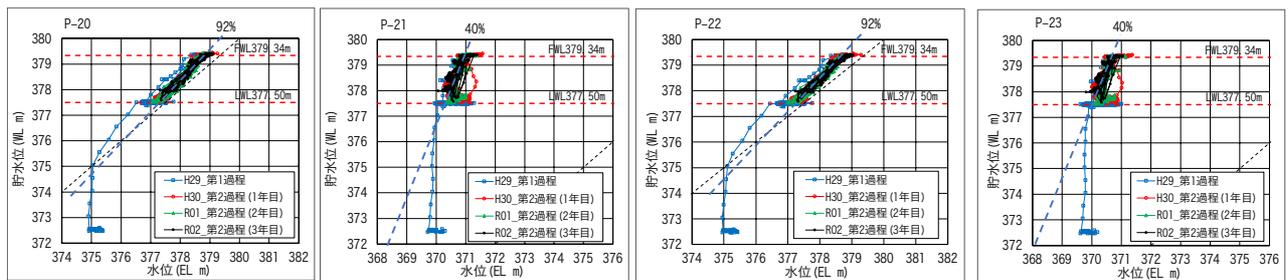


図-13 洪水吐基礎の間隙水圧と貯水位の相関図

(3) 堤体下流水位の挙動

1) 水位計の設置概要

本ダムは、堤体下流および左右岸地山に多くの水位計を設置している。これらの水位計は、自動計測の機器で初期試験湛水後に設置されたものが多く、作動状況も良好である。今回の試験湛水では、堤体下流に設置されている水位計のうち、9箇所を重点監視の計器として挙動の監視を行った（ここでは、河床部コア直下流の計器の挙動を示す）。

2) 堤体下流水位の挙動および評価

堤体下流の水位は、各計器とも、降雨・融雪の影響を受けながら、貯水位の変動に追従する同様の挙動を示した（図-14）。貯水位との相関図からは、各計器とも第2過程（1年目）が高い水位を示すが、全体的には貯水位の変動に対して水位はほぼ一定の範囲で推移した（図-15）。

試験湛水中の堤体下流水位は、各過程とも、ほぼ同じ傾向を示し、急激な変化もないことから、堤体下流の水位状況は安定した状態と評価した。

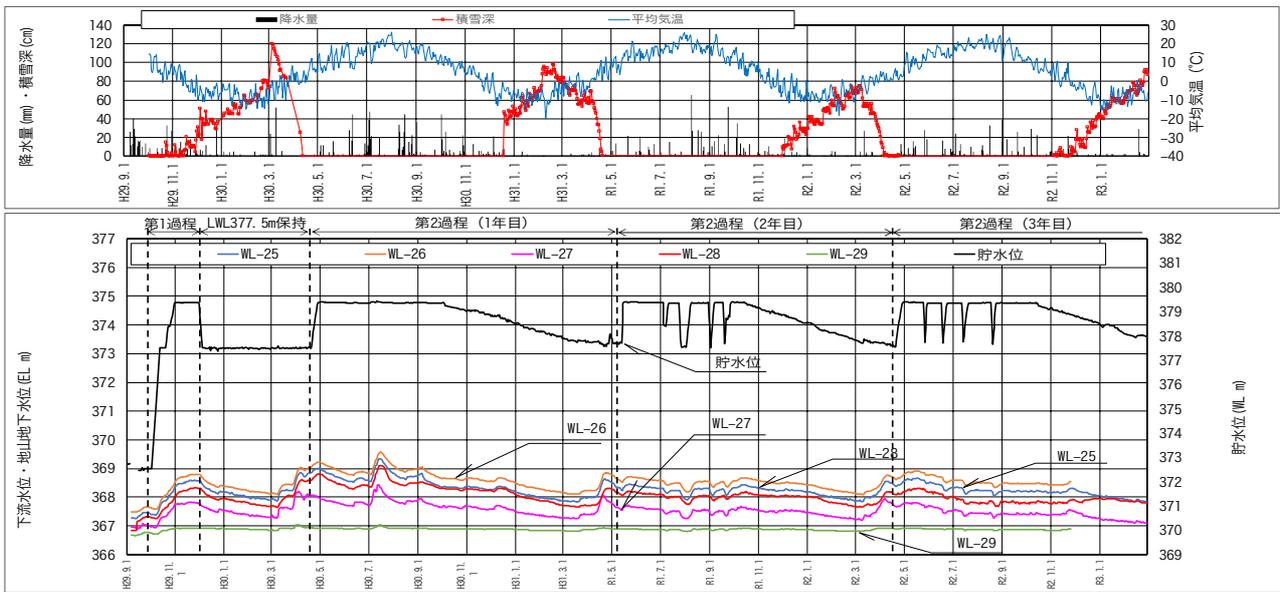


図-14 堤体下流水位経時変化図

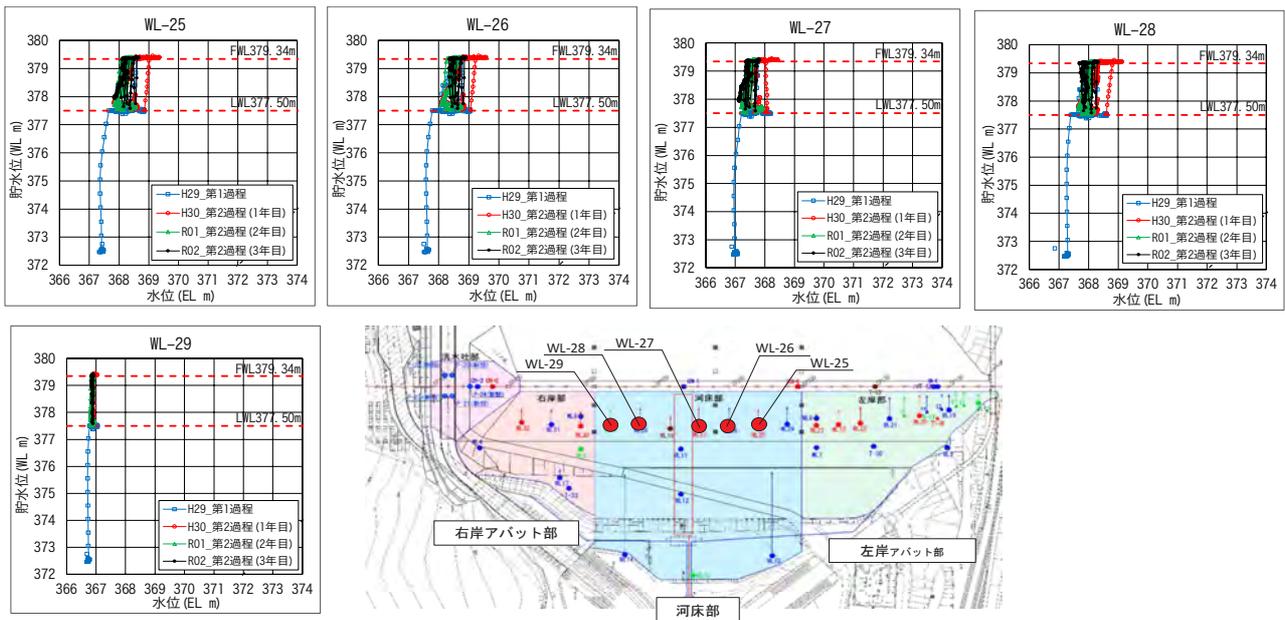


図-15 堤体下流水位と貯水位の相関図

(5) 試験湛水時の堤体挙動に対する評価

今回の試験湛水における観測計器の挙動は、以下のとおりであり、堤体および基礎地盤の水利的および力学的安定性は確保されていたと評価した。

- ①浸透量（C系統）は、降雨・融雪の影響を受けるものの貯水位の変動に対して浸透量が追従する挙動を示し、概ね管理基準値内であった。また、観測室内での目視観察においても濁り、沈殿物は確認されなかった。
- ②間隙水圧は、貯水位の変動に対して追従する挙動を示し、急激な変化もなく安定した挙動であった。コアおよび基礎地盤の遮水機能が損なわれるような挙動も確認されなかった。
- ③堤体下流水位は、降雨・融雪の影響を受けるものの貯水位の変動に対して水位が追従する挙動を示した。計器の挙動からは、試験湛水の各過程でほぼ同じ傾向を示しており、堤体下流の水位状況は安定していた。
- ④堤体表面変位は、試験湛水中および胆振東部地震発生時にも安定した状況であった。

6. おわりに

ダムの安全性および機能を損なう事象、または、ダムに関する事故の多くが、初期の湛水中に生じていることが多い。本ダムにおいても初期湛水試験で予測を超える浸透量が発生したことから、今回の試験湛水では万全の体制を整え実施する必要があった。そのため、ダムの安全性および今後の管理に向けた方針を確立するため、試験湛水を2つの過程に区分し、通常のダムの試験湛水より長い工程（4年間）で実施した。

本稿では、東郷ダムの試験湛水時の堤体挙動や評価について述べてきたが、ダムの日常管理、地震や大雨の異常時の管理における観測計器の挙動評価に対して、本報告事例が、その一助となれば幸いである。

最後に、本報文をまとめるにあたり御助言頂いた北海道開発局旭川開発建設部富良野地域農業開発事業所ならびに関係各位に対し、ここに深甚なる謝意を表します。

(株)三祐コンサルティング 総合技術第1部 参与
(技術士))

参考文献

- 1) 農林水産省 農村振興局 土地改良事業計画設計基準設計「ダム」（平成15年4月）