

ISSN 0912-5493

報文集

平成17年度

第17号

社団法人 北海道土地改良設計技術協会

報文集 第17号 目次

農業用パイプラインの安全性能向上に関わる施設管理手法の考察 1 —管内水理挙動の監視と収集データの活用—	徳井 順 植屋 賢祐 阿部 匡弘
F R P M管圧力水路の最適流速に基づく小水力開発計画の策定 11	高島 康夫 宮田 広信 野口 和彦 島田 元樹
農業用ダムにおける試験湛水時と完成後の挙動について 21	岡田 一久
コンクリート構造用水施設の劣化損傷について 29	中嶋 明美
市街地を通過する用水路の改修設計 37 ～既設水路の最大活用と新技術工法による改築設計～	鈴木 和志
欧州におけるバイオエタノール事情 43	菊池 貞雄 井上 嘉明
航空レーザ技術を利用した防鹿柵設計 55	小林 伸行 川邊 馨 滝澤 昭博 實松 千尋

農業用ダムにおける試験湛水時と完成後の挙動について

岡田 一久

まえがき

本ダムは、1市3町にまたがるA地区、B地区及びC地区の18,500haに及ぶ畑地かんがいの共用水源施設として、二級河川D川水系普通河川E川に建設したダムである。

本発表は、平成14年5月試験湛水開始から平成15年12月の完成検査合格を経て現在（平成16年8月）に至るまでの挙動を対比し、今後の管理委託に向けた管理基準値の検証と、ダムの安定性評価について検討結果を報告する。

1. ダム概要

本ダムは、堤高73.0m、堤頂長345.0m、堤体積1,998千 m³の中心遮水ゾーン型フィルダムで、主な諸元は、表1-1のとおりである。

2. 実績とその後の湛水状況

平成14年～15年の試験湛水実績と平成16年湛水計画を図2-1に示す。（平成14年5月9日～平成15年12月15日までを試験湛水と称し、平成15年12月16日からの湛水をH16年湛水と称する。）

なお、H16年湛水は試験湛水とは異なり、貯水位の上昇・下降速度の制限や貯水位保持期間の制約は設けず、将来の貯水池実運用を見通し下記の条件を考慮して行った。

- ①湛水開始日はH15年12月16日とし、サケ捕獲期（9月1日～12月15日）での貯水位保持と融雪影響の検証のため満水位保持期間を長くとする目的から、低下開始日をH16年7月20日とした。
- ②満水位（FWL.362.3m）から落水時の挙動を把握するため、目標低下水位をWL.353.0m

表1-1 ダム諸元表

基礎	新第三紀中新世安山岩	
ダム概要	堤体	流域面積 A=21.100(km ²)
		貯水池面積 A=0.534(km ²)
		総貯水容量 V=7,100,000(m ³)
		有効貯水容量 V=6,400,000(m ³)
		天端標高 EL.367.00(m)
		設計洪水水位 EL.364.00(m)
		常時満水位 EL.362.30(m)
	洪水吐	型式 側水路型
		設計洪水量 Q=280(m ³ /s)
		越流水深 H=1.70(m)
		減勢方式 III型静水池
	仮排水路	型式・内径 標準馬蹄・2 R=3.7m
		設計流量 Q=105(m ³ /s)
	取水施設	型式 傾斜式シリンダーゲート
		最大取水量 Q=3,282(m ³ /s)

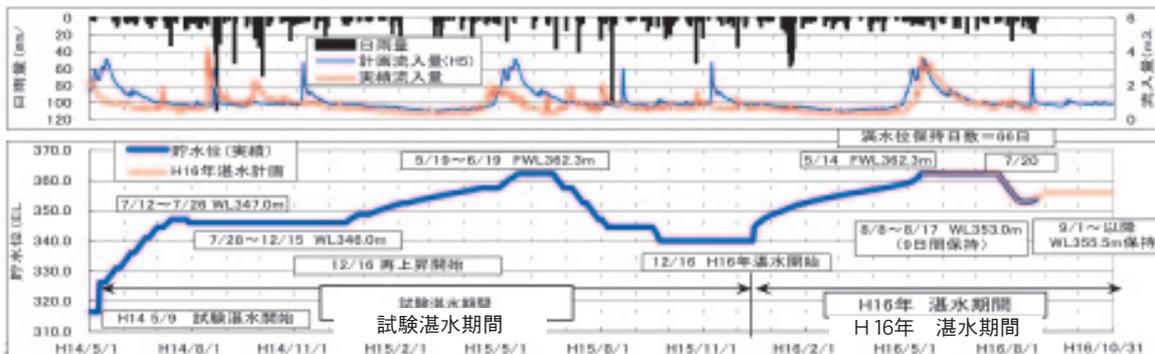


図2-1 試験湛水実績とH16湛水状況

と設定し、この保持日数を9日間とした。

- ③目標低下水位の保持後は、シリンダーゲート点検架台(手摺り天端EL.354.6m)に対する結水防止を考慮して、WL.355.5m以上を9月1日までに確保することとした。

3. 浸透水量の挙動と管理基準値の評価

フィルダムの安全管理において最も重要な項目である浸透水量観測について、本ダムでは観測精度の向上と安全監視体制の強化を目的に、コアおよびコア基礎からの浸透水量を河床・左右岸の3ヶ所(A～C系統)に、堤敷部基礎浸透を2ヶ所(D, E系統)の計5系統に分離計測し、系統毎に管理基準値を設定している。以下に、試験湛水

結果に基づく管理基準値の修正結果と、それを用いたH16年湛水での検証結果を示すものである。

3-1. 試験湛水時の浸透水量管理基準値

本ダムにおける試験湛水時の浸透水量管理基準値は、各種解析の結果から表3-1のように決定している。

3-2. 貯水位の影響予測値の再検証

A～E系統で観測された満水位時の実測浸透水量は、浸透流解析による予測値よりも少ない量であった。このことから、試験湛水前に行った浸透流解析の条件設定や解析断面の追加、解析モデル条件の見直しを行い、検証解析を実施した。

図3-1に試験時の貯水位影響量、検証解析による貯水位影響量、実測浸透水量より推定した貯水位影響量の比較を示す。検証解析による予測値は、満水時では実測浸透水量を比較的良く再現しているものの、中間水位や低水位時においてA～D系統で相違が生じるとともに、E系統では満水時に過小となった。なお、検証解析結果と実測浸透水量との相違については、本ダムの地質特性が

表3-1 浸透水量管理基準値の構成

$QK = QW + QR + QS + 2\sigma$ (l/min) QK; 浸透水量管理基準値 QW; 貯水位の影響予測値(FEM浸透流解析による) QR; 降雨の影響予測値(A～D系統はフィルター分離AR法、E系統はタンクモデル法による) QS; 融雪の影響予測値(算出モデルは、降雨モデルと同じ) 2σ ; 解析誤差(実測降雨融雪影響と降雨融雪予測モデル予測値の差による標準偏差の2倍)

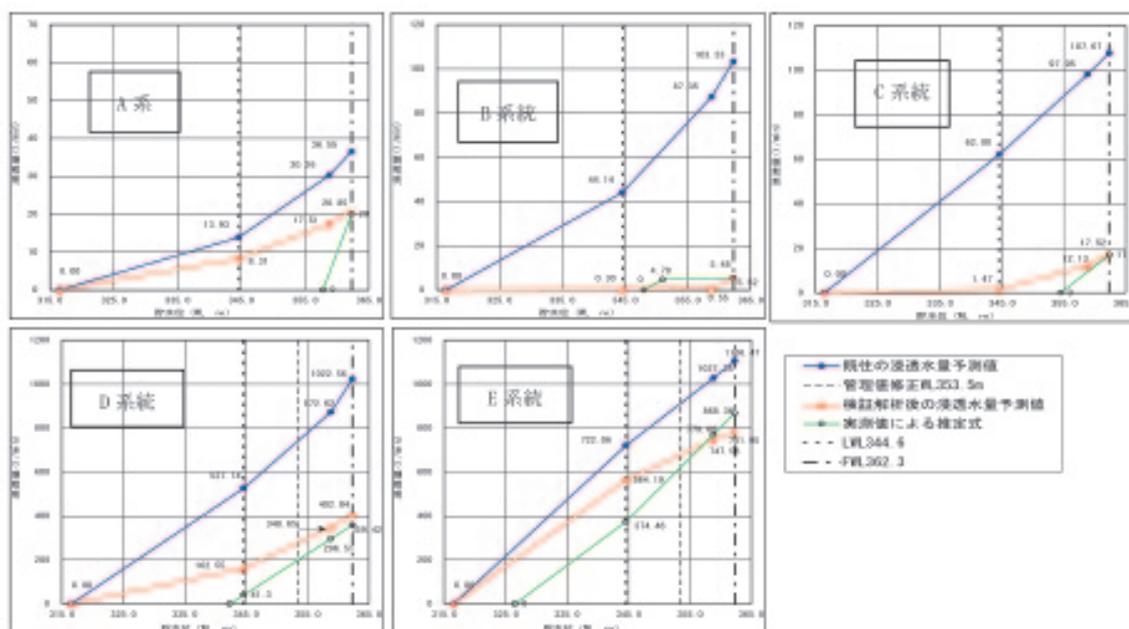


図3-1 試験時の貯水位影響量、検証解析による貯水位影響量、実測浸透水量より推定した貯水位影響量の比較図

亀裂性の岩盤であり、亀裂の有無による浸透経路及び浸出条件が複雑なため、既往調査結果から十分な解析精度が得られなかったためと考える。

以上より、今後の管理基準値に用いる貯水位影響予測値は、再検討した浸透流解析結果よりも再現精度の高い、試験湛水時の実測値を利用した貯水位と浸透水量の直線近似式を用いるのが妥当であると判断した。

3-3. 降雨・融雪による影響量の再検証

降雨・融雪による影響量についても現行の雨雪モデルによる予測値と実測値の違いから、降雨時の単位図係数やタンク係数の修正及び融雪単位図の追加等を行って再解析を実施することとした。

降雨時の修正した予測値と実測値は、各系統とも降雨初期時およびピーク時の影響量を良く再現しており、その波形はほぼ一致している。

ただし、大雨時の予測値が実測値よりも小さい箇所も認められるが、H14年10月の大雨時の実測値を包括するような予測モデルを策定するとH14年8月の大雨時の予測値は、かなり過大な値となることから、H14年10月の予測値超過の分は、予測誤差で補うこととした。また、融雪の影響期間における実測値と予測値は、各系統とも比較的良く再現している。

ただし、予測値のピークがH15年4月30日頃に生じていることに対して実測値ピークは、これよりも以前に生じている等、若干、予測値が実測値よりも過大に予測されている箇所も認められる。このことについて、図3-2に示すように過年度の融雪期間に観測された浸透水量と修正した融雪影響予測値を重ね合わせて描くと、本年の融雪影響予測値を重ね合わせて描くと、本年の融雪影響量は、過年度に比べてピークとなった日が早く、その量も少ない年であったと判断され、過年度の融雪期の観測データを合わせ見れば、修正した融雪影響モデルは、過大なモデルでなく、ほぼ妥当なモデルであると判断される。

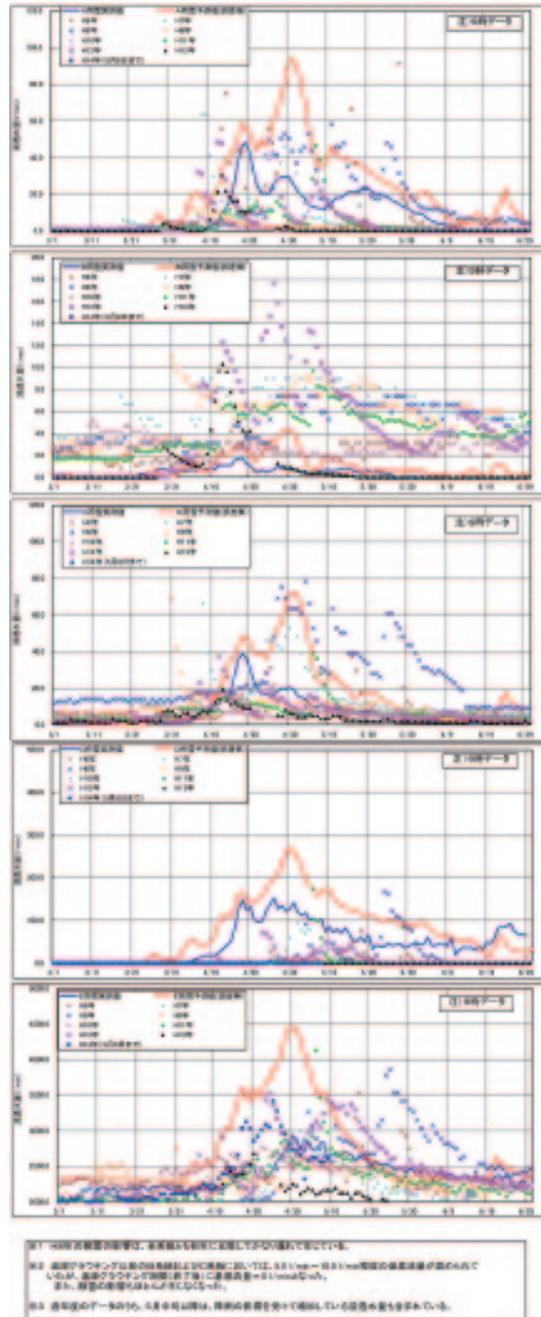


図3-2 検証した雨雪モデルによる予測値と過年度の実測値との比較

3-4. 修正後の浸透水量管理基準値の評価

検証後の修正した貯水位影響予測値と降雨・融雪影響予測値に、予測誤差(2σ)を加え修正した管理基準値と現行の管理基準値、及び実測浸透水量を対比し、図3-3に示す。修正した管理基準値は、実測値に対して過大・過小ともならず、実測値の挙動を比較的良く再現しているとも

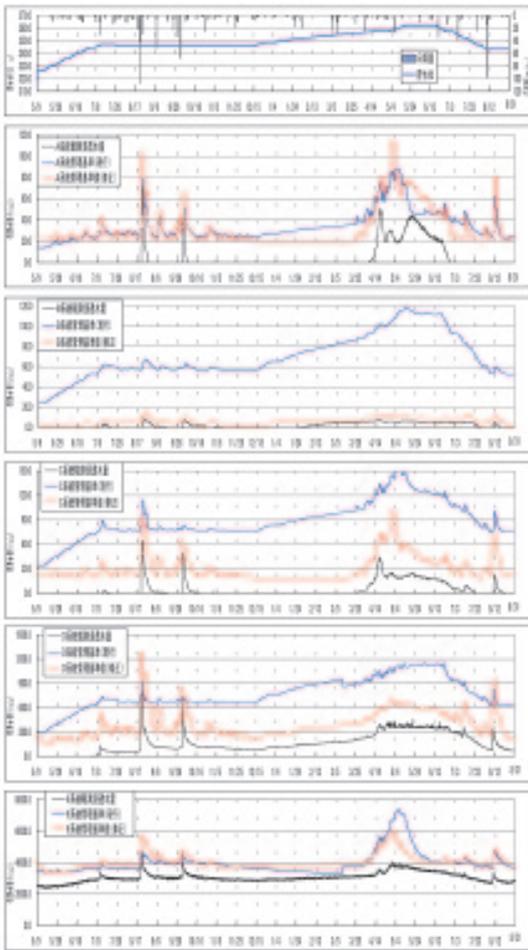


図 3-3 試験時管理基準値と修正管理基準値との比較経時変化図

に、H14年10月の大雨時に実測値が予測値を超過していたC系統、D系統、E系統においても実測値をカバーしている。

したがって、修正した浸透水量の管理基準値については、妥当なものであると判断される。

3-5. 試験湛水時とH16年湛水の浸透水挙動比較 (1) A～C系統

試験湛水開始から現在までのA～C系統浸透水量および修正管理基準値の経時変化図を図3-4に示すが、H16年湛水におけるA～C系統浸透水量は、A～C系統とも管理基準値の超過は認められていない。

表3-1に示すように試験湛水時とH16年湛水

の融雪期最大観測浸透水量を比較すると、A系統ではH16年湛水の値が試験湛水時に比べて20l/min程度多いが、B、C系統ではほとんど変化していない。

また、満水位保持期間中に安定した浸透水量を比較すると、A系統ではH16年湛水の値がゼロとなったが、B、C系統では試験湛水時の安定浸透水量よりも若干少ないかほぼ同様であった。

H16年湛水におけるB、C系統の安定浸透水量が試験湛水時よりも若干減少したことについては、試験湛水時の満水位保持最終日が6月19日とH16年湛水時の7月20日に比べ約1ヶ月早く、試験湛水での安定流量には若干の融雪影響量が残留していたものが、H16年湛水では融雪影響がほとんどなくなったためと考えられる。

ただし、A系統については、試験湛水に観測された安定流量が全て融雪影響であった可能性も考

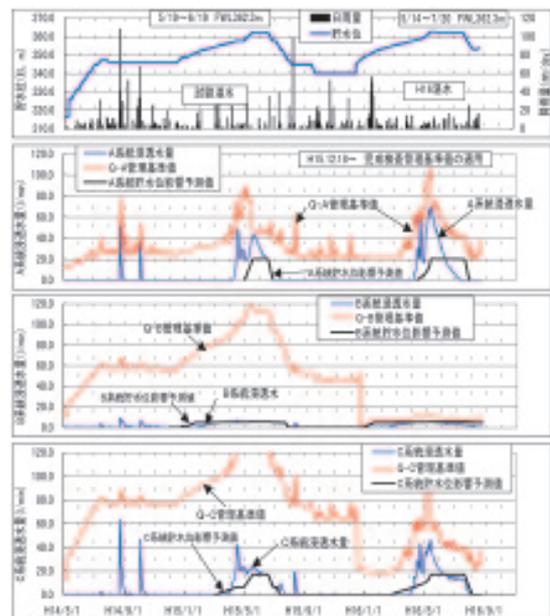


図 3-4 A～C系統浸透水量および管理基準値の経時変化図

表 3-1 A～C系統の挙動比較

	A系統		B系統		C系統	
	試験湛水	H16年	試験湛水	H16年	試験湛水	H16年
融雪期間中の最大浸透水量 (l/min)	50.22	69.72	7.21	5.99	43.96	46.42
満水位保持期間中に安定した流量 (l/min)	20.00	0.00	5.00	4.00	17.00	14.00
満水時の貯水位影響予測値 (l/min)	19.91		5.48		16.95	

えられ、これについては、次項「3-6. H16年浸透水量の挙動検討と修正管理基準値の評価」で地下水位観測孔等の挙動と併せて検討を行うこととする。

(2) D, E系統

試験湛水開始から現在までのD, E系統浸透水量および修正管理基準値の経時変化図を図3-5に示すが、H16年湛水のD, E系統についても管理基準値の超過は認められていない。

なお、表3-2に示すD, E系統のH16年湛水の融雪時ピーク浸透水量は、試験湛水時に比べてD系統で120l/min程度少なく、E系統で1000l/min程度多く生じているが、H16年湛水の満水位保持期間中の安定浸透水量は、D系統では試験湛水に比べて約230l/min減少し、E系統では約300l/min増加している。

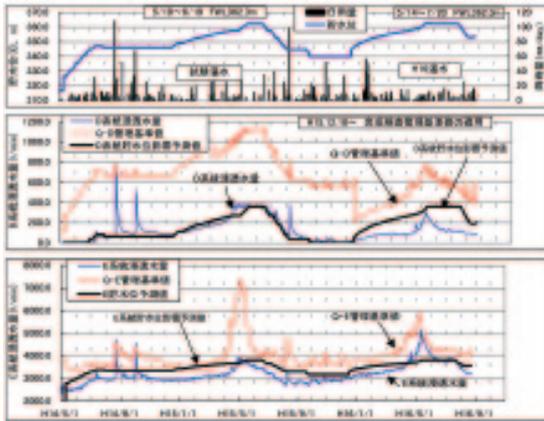


図3-5 D, E系統浸透水量および管理基準値の経時変化図

表3-2 D, E系統の挙動比較

	D系統 (l/min)		E系統 (l/min)	
	試験湛水	H16年	試験湛水	H16年
融雪期最大浸透水量	425	302	4073	5141
満水位安定浸透水量	350	120	3400(880)	3700(1180)
満水時貯水水位影響予測値	359		3801(貯水影響分1278)	

表3-3 満水位における安定浸透流量 (l/min)

	A系統	B系統	C系統	D系統	E系統	合計
試験湛水	20	5	17	350	3400	3792
H16年湛水	0	4	14	120	3700	3838

すなわち、D系統の減少分がE系統に流入したと考えられ、ダム全体の総量は表3-3に示すとおり、ほとんど変化していない結果となっている。

3-6. H16年浸透水量の挙動検討と修正管理基準値の評価

(1) A~C系統

試験湛水時の検討にてA~C系統浸透水量は、近傍の地下水位観測孔と密接な関係があることが判明しており、図3-6に示すように貯水位と地下水位観測孔の相関は、試験湛水とH16年湛水で大きく変化していない。

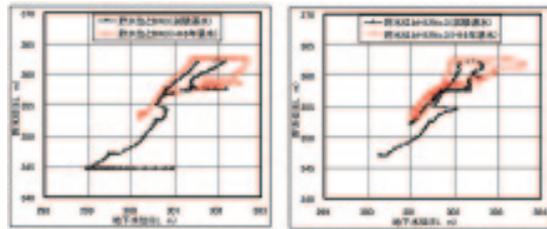


図3-6 A, B系統近傍の地下水位観測孔と貯水位の相関図

また、図3-7に示したA~C系統と近傍の地下水位との相関図より、A~C系統浸透水量は、地下水位がEL299~EL301.5m程度になった頃より観測され始めており、この関係についても試験湛水とH16年湛水でほとんど変化していない。したがって、B, C系統の貯水位影響予測値は、前述のとおりB, C系統浸透水量を比較的良く再現しているとともに、周辺地下水位との関係も変化していないことから、試験湛水結果から修正した管理基準値での運用で特に問題ないと判断した。

一方、A系統の降雨・融雪影響を除いた貯水位影響量は、H16年湛水の挙動より、数字的にゼロとなるが、これは、貯水位の影響を受けながらもA系統周辺の地下水位がEL301.0m~EL301.5m程度にならないと浸透水量として現れないためである。すなわち、A系統に浸透水量が観測されるのは、降雨および融雪時期のみであり、降雨や融

雪影響によって一時的に堤体右岸周辺の地山地下水水位がEL301.0m～EL301.5m程度に上昇すると、A系統観測ブロックの浸透水量として観測されると考えられる。

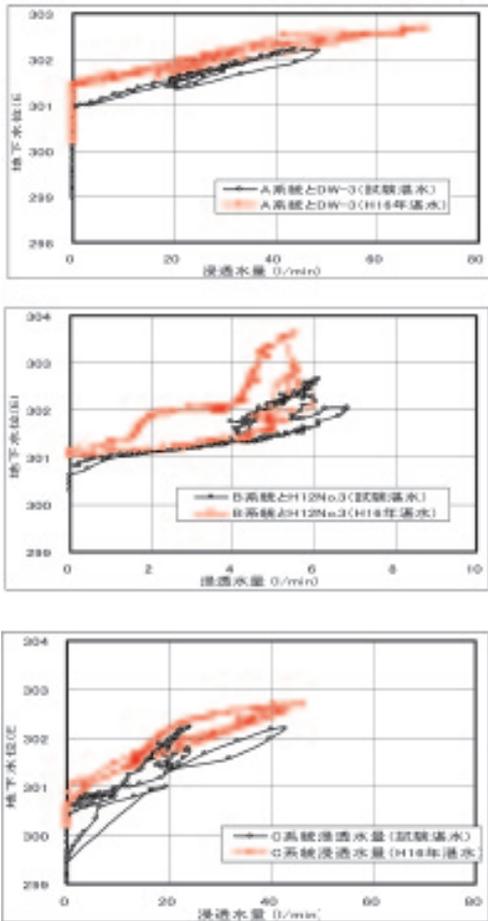


図3-7 A～C系統浸透水量と近傍の地下水水位観測孔との相関図

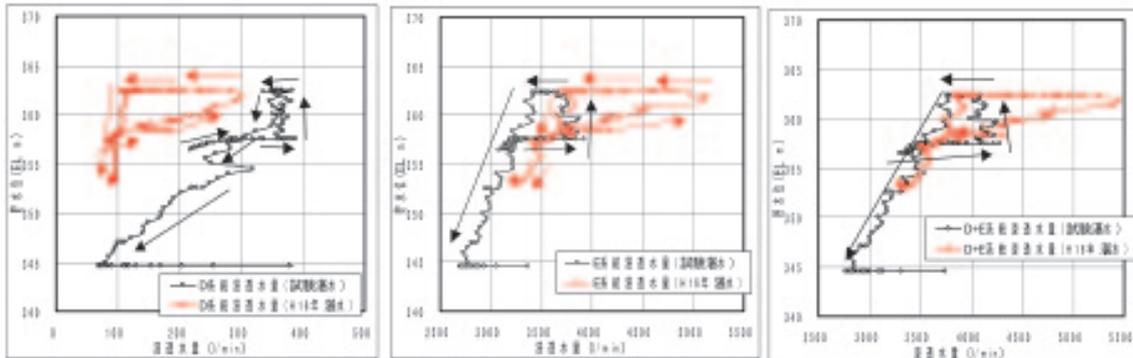


図3-8 試験湛水とH16年湛水のD、E系統浸透水量挙動を比較した貯水位との相関図

以上より、今後のA系統の貯水位影響予測値については、次のように考えることとした。

貯水位影響予測値（管理基準値）は、現行の修正モデル式（FWL = 20.0 l/min）をそのまま適用していくこととした。この理由は、貯水位影響による今後の地山地下水水位変動がH16年湛水の状況と同様になるとは言い切れず、また、コアおよび基礎直下からの浸透水量も、飽和の進行によって増加する可能性が考えられるためである。

(2) D、E系統

試験湛水時とH16年湛水のD、E系統浸透水量挙動を比較した貯水位との相関図およびD+E系統とした場合の貯水位との相関図を図3-8に示す。下図より、D系統の減少とE系統の増加に対して、D+E系統とした場合の浸透水量を見る

表3-4 D系統およびE系統周辺の地山地下水水位比較

孔番	試験湛水に比較してH16年湛水の地下水水位				
	貯水位上昇時	融雪ピーク時	満水位 安定時	落水時	
D系統周辺	H12No.3 (上)	20cm程度 低い	1 m程度 高い	15cm程度 低い	ほぼ同じ
	H12No.3 (下)	40cm程度 高い	65cm程度 高い	70cm程度 高い	20cm程度 高い
	H12No.4 (上)	ほぼ同じ	50cm程度 高い	ほぼ同じ	ほぼ同じ
	H12No.4 (下)	ほぼ同じ	50cm程度 高い	ほぼ同じ	ほぼ同じ
	DW-9	ほぼ同じ	30cm程度 高い	ほぼ同じ	ほぼ同じ
	DW-2	10cm程度 高い	75cm程度 高い	20cm程度 高い	ほぼ同じか20cm程度低い
	DW-4	ほぼ同じ	40cm程度 高い	20cm程度 低い	20cm程度 低い
	DW-1	ほぼ同じ	60cm程度 高い	5 cm程度 低い	5 cm程度 低い
	DW-3	ほぼ同じ	50cm程度 高い	10cm程度 低い	ほぼ同じ
E系統周辺	No.9	10cm程度 低い	30cm程度 高い	ほぼ同じ	ほぼ同じ
	DW-6	15cm程度 低い	40cm程度 高い	18cm程度 低い	ほぼ同じか18cm程度低い
	DW-8	25cm程度 低い	20cm程度 高い	20cm程度 低い	20cm程度 低い
	96-4	ほぼ同じ	1 m程度 高い	ほぼ同じ	ほぼ同じ
	2号揚水水位	5 cm程度 低い	25cm程度 高い	5 cm程度 低い	ほぼ同じ
	DW-5	30cm程度 低い	30cm程度 高い	20cm程度 低い	ほぼ同じ
	E系統観測孔	ほぼ同じ	20cm程度 高い	ほぼ同じ	ほぼ同じ
法面湧水孔	ほぼ同じ	20cm程度 高い	ほぼ同じ	ほぼ同じ	

と、試験湛水と H16年湛水での D + E 系統の浸透水量は、試験湛水と H16年湛水の融雪影響の差を除けば、大きな変化はない（相関図中の貯水位低下時（左側）ラインを参照）と判断される。

D 系統および E 系統周辺の地山地下水位を試験湛水と H16年湛水で比較したところ、表 3 - 4 に示すとおり、融雪ピーク時の地下水位は、ほとんどの観測孔で 20cm ~ 1 m 程度、試験湛水時の地下水位よりも高い水位を示しており、これが融雪影響の差となって現れていると言える。一方、貯水位上昇・落水期間では、若干低い水位の観測孔もあるが、試験湛水時とほぼ同じ水位を示しており、浸透水量に大きな変化が生じなかった現象の理由と言える。

また、地下水位観測孔の挙動をみても、D 系統浸透水量の減少量が E 系統に流入したとされる明確な差異は認められなかった。

したがって、D 系統で減少した理由および D 系統の減少量が E 系統に流入した理由としては、地山地下水位の渴水や豊水等による一時的な変化と、地山地下水位の複雑な水理機構と浸透経路および基盤の飽和進行によって、D 系統と E 系統の集水バランス（集水経路）が若干変化し、E 系統側に多く流出したことで生じたものと想定される。

(3) H16 湛水による修正管理基準値の評価

以上より、試験湛水終了時に作成した A ~ E 系統の修正管理基準値は、H16年湛水により概ね適正なもの判断されたため、同管理基準値により管理委託後のダムの安全管理を行っていくものとする。

4. 間隙水圧および地山地下水位の挙動評価

4 - 1. 間隙水圧計の挙動評価

図 4 - 1 に河床断面の間隙水圧計と貯水位との相関図（代表計器）を示す。

コア内に設置した間隙水圧計の挙動を試験湛水時と H16年湛水で比較すると、H16年湛水では間

隙水圧計の水頭値が高くなり、反時計回りのループが右側へ移動する挙動を示しているが、貯水位の変動による増減傾向（勾配）は、試験湛水とほとんど変化していない。また、この傾向はコア内に設置しているほとんどの計器で同様な傾向を示しているため、コア内の飽和進行はバランス良く進行しているものと判断される。

基盤内に設置している間隙水圧計についても、基盤内上流側に設置した計器は、試験湛水の挙動とほぼ同様の挙動を示している。基盤内下流側に設置した計器は、水頭値の上昇が認められ、飽和の進行が伺えるものの、貯水位の変動に対する間隙水圧の増減傾向は、試験湛水とほとんど変化していない。

また、フィルター内の間隙水圧計および立上り管水位についても、止水壁天端標高 EL297.2m 以下の EL295.0m ~ EL296.5m の範囲内で増減を繰り返している。

以上より、コア内および基礎基盤の遮水性については、特に問題のない挙動であると判断される。

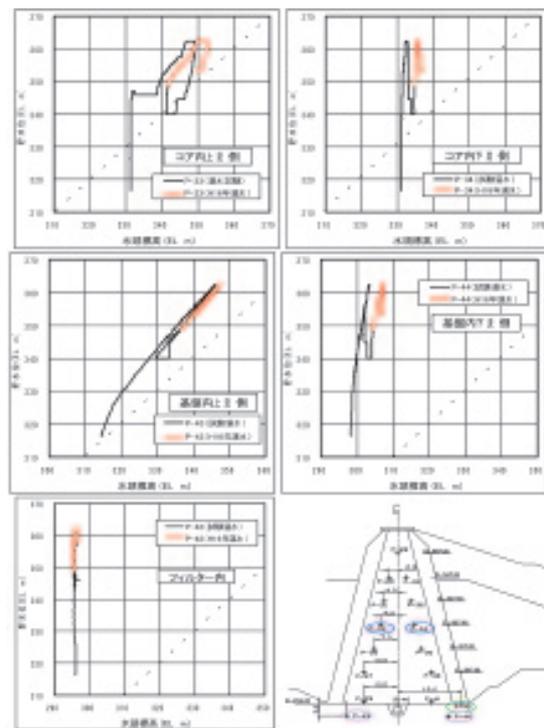


図 4 - 1 河床部断面の間隙水圧計と貯水位との相関図

4-2. 地山地下水位計の挙動評価

H16年湛水の地山地下水位観測孔の挙動として、ほとんど全ての観測孔とも試験湛水の水位標高や貯水位に対する地下水位の増減挙動は、ほとんど変化しておらず安定した挙動を示している。

以上より、リムグラウチングの遮水効果、浸透経路の拡大や水理機構の変化は生じていないものと判断され、特に問題ない挙動であると判断される。

5. 表面変位計の挙動評価

図5-1に天端測線の表面変位計計測結果の経時変化図を示す。

(1) 水平変位

H16年湛水の水平変位方向への変位量は、試験湛水の変位量とほとんど変わらず、±1.0cm～3.0cm内外で推移している。

(2) 鉛直変位

H16年湛水の沈下傾向は、試験湛水に比べると、沈下量は1～2cm増加しているものの、全体

的には終息する傾向が認められる。

以上より、表面変位計計測結果においては、変位が卓越する、または、特異な挙動を示す傾向も認められず、局所的に変位が変化する箇所も認められないことから、特に問題のない挙動であると判断される。

あとがき

今回のH16年湛水のダム安全性については、試験湛水時の挙動と比べて異常な変化は認められず、浸透水量の修正管理基準値も実測値を比較的良く再現しているとともに、各種計器の観測挙動の総合的評価として、水理的にも力学的にも特に問題のないものと評価される。

したがって、今回の一連の湛水挙動解析により、本ダムの修正管理基準値の妥当性とダム管理における第三期（安定期）へ向けての安全検証がなされたが、今後の管理委託へ向けて継続的なデータ蓄積を出来る限り行い、試験湛水およびH16年湛水と異なった挙動を示した場合には、管理基準値の検証や見直しを行うなど、ダムの安全管理に努めていくことが重要と考える。

(株)三祐コンサルタンツ札幌支店

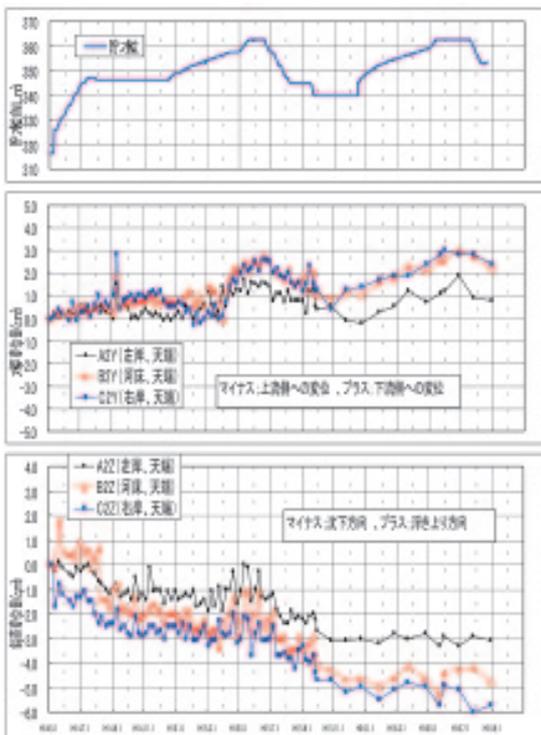


図5-1 天端測線の表面変位計計測結果の経時変化図