

天ヶ瀬ダム再開発事業における 試験通水について

宇津 悠祐¹・山内 健史²

¹近畿地方整備局 道路部 交通対策課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前3-1-41)

²近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 工務課 (〒520-2279滋賀県大津市黒津4-5-1)

天ヶ瀬ダム再開発事業とは、既設天ヶ瀬ダムが持つ放流能力増強を目的として、ダム左岸側に全長617mのトンネル式放流設備を建設する事業である。

トンネル式放流設備を運用するにあたり、既設天ヶ瀬ダムの健全性・トンネル式放流設備の安全性・周辺環境への影響を確認するため、3段階の試験（通水試験・放流時の確認・サーチャージ水位時の確認）を実施し、各種観測を行った。

トンネル式放流設備の試験では鹿野川ダムに次ぐ2事例目となる。本論文では天ヶ瀬ダム再開発事業の試験通水について紹介し、今後のダム再開発事業等に役立てることを目的とする。

キーワード ダム再開発, トンネル, 試験

1. はじめに

天ヶ瀬ダム再開発事業は既設天ヶ瀬ダムの左岸側に全長617mのトンネル式放流設備を建設する事業である。現状、900m³/sの放流能力であるが、再開発後は1500m³/sの放流が可能となり、治水及び利水（水道・発電）の能力増強が可能となる。天ヶ瀬ダム再開発事業は平成元年度に建設着手され、30年以上の月日を経て令和4年8月10日に運用が開始された。

天ヶ瀬ダム再開発事業におけるトンネル式放流設備は図-1に示すとおり、流入部、導流部、ゲート室部、減勢池部、吐口部で構成される。流入部には緊急時や修理時流水を遮断する修理用ゲートがあり、ゲート室部には主ゲートと副ゲートが各2門設置されている。トンネルから放流する際には主ゲートで流量の調整を行う。

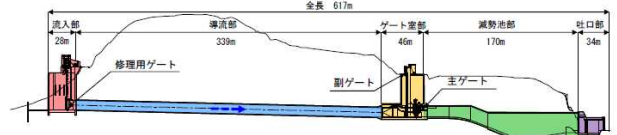


図-2 トンネル式放流設備断面図



図-1 トンネル式放流設備配置図



図-3 白虹橋より天ヶ瀬ダムを望む

2. 試験通水の概要

(1) 通水試験

通水試験ではゲートを最小開度で開け、初めてトンネルに水を流した。通水試験での目的は、運用状態を想定した水圧下（O.P.+72.0）におけるゲート設備の操作及び止水機能を確認し、既設ダム・トンネルについての健全性を確認することである。通水試験は令和4年7月25日～27日にかけて試験を実施した。



図4 通水試験時の放流状況

(2) 放流時の確認

放流時の確認では、令和4年9月7日に天ヶ瀬ダムから放流している水をトンネルに振り替え、トンネル機能及び周辺環境への影響について約100 m³/sの放流量でモニタリングを行った。

(3) サーチャージ水位時の確認

サーチャージ水位時の確認では、サーチャージ水位下（O.P.+78.5）における既設ダム・トンネルの健全性を確認することを目的とし、令和4年11月26日に実施した。天ヶ瀬ダムの上流にある喜撰山ダムからの水を降ろし、水位をサーチャージ水位付近であるO.P.+78.3まで上昇させた。

3. 試験通水の観測項目

既設天ヶ瀬ダムの健全性・トンネル式放流設備の安全性・周辺環境への影響を評価するため、表-1の通り観測項目を整理した。

観測項目については大きく土木建造物の機能確認項目と機械設備の機能確認項目に分類される。

表-1 試験通水時の観測項目

確認箇所		確認項目
流入部	流入部躯体	クラック等の有無
	渦状防止構造物	空気連行状況
	前庭部	水質、濁度、土砂混入状況
	修理用ゲート	水密性 運転操作 充水バルブの運転操作
導流部	トンネル覆工	坑内観察調査（損傷、摩耗の有無の観察）
	導流部周辺における各観測孔	地下水水位の変動観察
ゲート室部	立坑部水槽	クラック等の有無の観察
	主ゲート	水密性
		振動
		給気量（風速）、圧力（気圧）、騒音（可聴音）
		ずり落ち量
	運転操作	
	副ゲート	水密性 運転操作
	小容量主バルブ	振動 運転操作
小容量副バルブ	運転操作（流水遮断含む）	
ゲート室部周辺における各観測孔	地下水水位、地山変位の変動観察	
減勢池部	中央隔壁	放流部の水脈の観察
	減勢池	損傷、摩耗の有無の観察
		減勢池部の水脈の観察
	副ダム	
低周波対策工	低周波の確認	
減勢池部周辺における各観測孔	地下水水位の変動観察	
吐口部	下流護岸	放流時の水脈、放流後の浸食・洗堀の観察
	下流河川	水質、濁度
既設ダム	ダム本体・アバット部における各観測孔	ダム本体の漏水量の観察
		ダム本体の変位量の観察

(1) 土木構造物の機能確認項目

トンネル式放流設備は、各設備で要求された機能に対して設計が行われており、水理模型実験により各諸元が決定している。流入部では流況の安定や土砂混入防止のため、渦状防止構造物・前庭部が設置されている。導流部では外力支持の目的で覆工が、止水目的でグラウチングが施工されている。上記のような対策の効果を確認するため、確認項目を「流況確認」、「計測」、「調査」に分類して調査を行った。

a) 流況確認

放流の影響によって、流況に乱れが生じていないかについて目視・CCTVを用いて確認を行う。

b) 計測

試験中、試験前後での水質、地下水位、低周波、漏水、地山変位及びダムの堤体変位の観測を行う。

c) 調査

放流の影響によって、トンネル内にクラックがないかを確認するため、UAVや高解像度カメラを用いて調査を行う。

(2) 機械設備の機能確認項目

トンネル式放流設備に設置されている各ゲートの機能確認を行う。

a) 修理用ゲート

修理用ゲートは幅10.5m×高さ12.3mで流入部に格納されている。トンネルの点検整備時や修理時の止水・トンネル内の充水の目的で設置されている。確認項目としてはトンネル内無水状態での水密性、運転操作の確認を行う。

b) 主ゲート

主ゲートは幅3.6m×高さ4.9mのラジアルゲート2基がゲート室部に格納されており、放流量の調節の目的で設置されている。（水流方向に対して左側が1号主ゲート、右側が2号主ゲート）確認項目としては水密性、運転操作、振動、給気量、圧力及び騒音の確認を行う。

c) 副ゲート

副ゲートは幅3.6m×高さ12.3mのスライドゲート2基がゲート室部に格納されており、主ゲート点検整備時の止水目的で設置されている。（水流方向に対して左側が1号副ゲート、右側が2号副ゲート）確認項目としては、水密性、運転操作の確認を行う。

d) 小容量主バルブ

小容量主バルブは発電停止時の維持流量の放流目的で設置されている。確認項目としては、振動・運転操作の確認を行う。

e) 小容量副バルブ

小容量副バルブは主バルブの点検整備時の止水、主バルブ故障時の流水遮断の目的で設置されている。確認項目としては、運転操作の確認を行う。

4. 試験通水の観測結果**(1) 土木構造物の観測結果****a) 流況確認**

通水試験、放流時の確認の際に確認を行った。いずれの試験とも流入部、減勢池部、吐口部において、異常な水面変動や流況の乱れは確認されなかった。

b) 計測

地下水位の観測ではいずれの観測孔においても試験通水の影響による水位上昇は確認されなかった。

漏水量の計測では通水試験、放流時の確認時は試験前後で変化はなく、管理基準値以下で推移している。サーチャージ水位時の確認時には、ダム湖の水位上昇に伴い、ダム本体の左岸側漏水量の増加が確認されるが、管理基準値以下で推移している。

水質の計測は通水試験、放流時の確認時に行った。いずれの試験とも試験前後で水質に変化はなく、環境基準値以下で推移している。

地山変位の計測では既往観測値の変動幅内で水位している。

ダムの堤体変位の計測は試験通水の前後で変化は無く、管理基準値以下で推移している。

c) 調査

通水試験時、放流時の確認時、サーチャージの確認時の後にトンネル式放流設備内の変状調査を実施し、各試験前の状況と比較した。流入部、導流部、ゲート室部、減勢池部において放流前後で新たに損傷等は確認されなかった。



図-5 トンネル内UAV調査状況

(2) 機械設備の観測結果**a) 修理用ゲート**

通水試験の調査時に上部水密部中央からの噴出が確認されたが、放流時の確認の調査時は上部水密部の噴出は確認されなかった。また、ゲートの運転操作については異常は確認されなかった。

b) 主ゲート

サーチャージ水位時の確認の調査時に、1号主ゲート上部コーナー部よりにじむ程度の漏水が確認された。対策

として令和5年3月に水密ゴムの調整を実施した。その他の観測項目については必要な数値を満足しており、問題はなかった。

c) 副ゲート

サーチャージ水位時の確認の調査時に、1号副ゲートの水密ゴムの変形による漏水が確認された。主ゲート同様令和5年3月に水密ゴムの調整を実施した。運転操作については異常は確認されなかった。

d) 小容量主バルブ

扉体の振動、運転操作に異常は確認されなかった。

e) 小容量副バルブ

運転操作に異常は確認されなかった。



図6 副ゲートの水密性確認状況

5. 今後のモニタリングにおける着眼点

(1) 出水時のモニタリング

令和4年度は、約100m³/sの出水時におけるトンネル式放流設備機能及び周辺環境をモニタリングしたが、今後も任意の出水時において各設備の機能を把握し、適切な運用・維持管理の必要がある。そのため、今後のモニタリングにおいては、特に以下の項目に着眼し、あらためて調査・観測を繰り返すことで計測値の変動傾向を確認する必要がある。

a) 流入部

流入部においては、流入部本体の健全性の確認や水質、濁度、土砂流入状況の確認を実施するため、流入部構造体の壁面にクラックや損傷が発生の有無や水質、濁度の計測、土砂混入の有無を確認する。また、空気連行状況も確認する必要があるため、放流時の水脈の観察により、空気連行の有無、土砂流入の有無を確認する。

b) 導流部

トンネル覆工については、健全性を確認するため、外圧、内圧等の作用によりトンネル内の壁面にクラックや損傷、

摩耗が発生していないか確認する。また、コンソリデーション・カーテングラウチングの効果（地盤改良・止水効果）については、トンネル式放流設備近傍の地下水位観測孔における水位変動の確認により、グラウチングの効果を確認する。

c) ゲート室部

高圧ラジアルゲートの機能を確認するため、放流操作時において振動や給気量（風速）、圧力（気圧）、騒音（可聴音）のモニタリングを行う。さらに、ダム本体への影響についても確認するため、ダム本体近傍の地下水位観測孔における地下水位、地山変位の変動の確認により、左岸アバット部への影響の有無を確認する。

d) 減勢池部

既設天ヶ瀬ダムにおいては、これまでのゲート放流時に低周波音が発生していることが確認されていることから、トンネル式放流設備の完成による低周波低減効果を確認するため、放流時に既往観測地点で低周波音観測を行う。

(2) 今後の維持管理計画

今後のダム管理に向けて、試験中、試験後の管理記録を基に安全性を評価した上で、計測項目、頻度について検討する必要がある。例えば地下水位について、現在26地点で観測を行っているが、これまでの計測経緯等を踏まえ、観測箇所を見直し、管理負担軽減を図ることが望ましい。

また、今回の流入部の変状調査では気中部を対象としており、水中部は未確認である。水中部のドライ状態での調査は困難であるため、水中心点検が必須となる。水中部の点検方法は、従来は潜水士が対応していたが、近年は水中ドローンを活用し、効率的な調査が行われており、天ヶ瀬ダムトンネル式放流設備でも活用が望まれる。

6. おわりに

今回の天ヶ瀬ダム再開発事業における試験通水では運用に支障となる事象は確認されなかったが、引き続き、モニタリングを実施し、運用中の維持管理計画により観測を実施し、計測値の変動傾向を確認のうえ、観測内容・頻度を適宜見直しながら管理・運用していく必要がある。

ダムの試験湛水については多くの事例があるが、トンネル式放流設備の試験の事例は鹿野川ダム改造事業に続く2事例目である。今後、ダム再生事業等で水路トンネルの試験が検討される際、本事業での事例が役に立てば幸いである。

備考

本論文は、従前の配属先である琵琶湖河川事務所 工務課における所掌内容である。