

大山ダム堤外仮排水路の新工法による閉塞

野中 樹夫¹・松永 徹²

¹独立行政法人水資源機構 総合技術センター (〒330-6008 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2)

²独立行政法人水資源機構 大山ダム建設所 (〒877-0201 大分県日田市大山町西大山482-1)

大山ダムでは、転流工(仮排水路)として堤外仮排水路のみを設置する方式を採用し、非洪水期に入ってから10月に試験湛水を開始する計画であったが、事業工期内に確実に事業を完了させる観点から、試験湛水開始時期を洪水期前である5月に前倒しした。

この場合、洪水期までの期間が短期間であることから、閉塞工を安全に施工するには、本プラグに先行する仮プラグを如何に迅速に施工できるかが課題となる。

そこで、仮プラグの施工期間を短縮する方策として、「バルクヘッド方式による仮プラグ急速施工法(以下、「バルクヘッドプラグ工法」という。)」という新工法を考案、導入した。

キーワード 仮排水路, 閉塞工, 安全, 新工法

1. はじめに

大山ダムは、大分県日田市の筑後川水系赤石川に建設中の洪水調節、流水の正常な機能の維持、新規利水を目的とした多目的ダムである。大山ダム本体工事は、2010年12月20日にダム本体の打設を完了した。当初は、非洪水期となる10月に試験湛水を開始する計画であったが、事業工期内に確実に事業を完了させる観点から、試験湛水開始時期の前倒しを目指すこととし、その開始時期を、2011年5月10日に設定した。

一般に、堤外仮排水路の閉塞工(本プラグ)は、仮排水路の呑口部に仮設ゲートを降ろし、その後に本プラグの上流側に仮プラグコンクリートを打設する。この仮プラグについては、湛水に伴って流水が仮排水路内へ流れ込む前に施工を完了し、作用水圧に耐える機能が求められる。試験湛水開始時期を10月に設定すれば十分な期間、非洪水期が続くことから、仮プラグの施工には時間的余裕が生まれるが、今回の大山ダムのように、仮排水路が堤外の一系統のみで、かつ試験湛水の開始時期を5月に設定する場合、洪水期までの期間が短期間であることから、迅速に仮プラグを施工する対策が必要となってくる。

以上のような課題に対応するため、大山ダムでは、仮プラグ(プラグ区間は図-1参照)の施工に先立ち、鋼製の放流管を予め埋設しておく「バルクヘッドプラグ工法」を考案、導入した。この工法の採用により、試験湛水開始までの期間はこの放流管が転流工として使用できる一方、試験湛水開始時には、この放流管にバルクヘッドを設置するのみで仮プラグの施工が終了するため、転

流工の迅速かつ確実な閉塞が可能となる。本論では、本工法の設計経緯並びに施工実績等について報告する。

なお、大山ダムでは、2011年5月10日に試験湛水を開始して以降、約1ヶ月後に平常時最高貯水位(EL245.0m)に到達、2012年3月24日に洪水時最高水位(EL259.0m)に到達した。現在、貯水位を最低水位(EL.206.2m)まで下降中で、予定どおり、2012年度中に試験湛水を完了し、2013年度から管理を開始できる予定である。

2. バルクヘッドプラグ工法の設計経緯

一般的な堤外仮排水路の閉塞は3段階ある。まずは、仮排水路呑口部において仮設ゲート閉塞して水密性を担保し、次に閉塞区間の上流側短区間に仮プラグコンクリートの打設を行う。これで仮設ゲートの役割は終了し、仮プラグの水密性を担保し、最終段階として本プラグの打設を行う。

仮プラグの施工は、閉塞区間上流側の水密性の制約から、急激な水位上昇の少ない非洪水期に行うことが望ましいとされる。また、通常は、堤内仮排水路を設けて、二次転流することにより、堤外仮排水路の閉塞工事を通水せずに実施できるようにするのが一般的であるが、一定の条件を満たすダムサイトにおいては堤内仮排水路を設けていない事例もある。大山ダムにおいても、流域面積が33.6km²と比較的小さく、流域の特性として非洪水期の出水が非常に少ないことから、非洪水期の10月から試験湛水を予定すること、さらに施工性、経済性等を踏まえ、堤内仮排水路を設けない転流方式とした。

しかしながら、工事進捗より2011年春に試験湛水の準備が整う見通しとなり、試験湛水シミュレーションを



図-1 大山ダムの堤外仮排水路プラグ区間平面図

実施したところ、10月1日開始の場合、事業工期である2012年度までに完了する確率が6割であるのに対し、約半年前倒した5月10日開始の場合は9割となると試算されたことから、閉塞工の安全性の確保と、早期の試験湛水開始を両立できる方策を検討することとした。

堤外仮排水路のみの転流工で5月10日閉塞開始の場合、梅雨時期に降雨の多い流域の特性から、湛水初期に急激な貯水位上昇が生じやすく、施工期間中（早強セメントを用いたコンクリート打設と養生7日間および型枠等の準備の計17日間程度）に仮設ゲートやトンネル覆工の設計水深を超え、大量の漏水を生じることが想定され、工事の安全性を十分に確保することはできない。

この対策として「バルクヘッドプラグ工法」を考案し導入した。バルクヘッドプラグ工法の概要を図-2に示す。

この新工法は、あらかじめ最も出水の少ない12月～2月に、鋼製放流管を仮プラグ区間にコンクリート充填に

より先行埋設しておき、試験湛水開始時には、鋼製放流管にフランジ接続によりバルクヘッドプラグを設置するというものである（図-3参照）。

3. 先行埋設放流管の流下能力

大山ダム集水域においては、1990年から2010年に観測された降雨データを平均すると、年間降水量が2,458mm、6月および7月の合計降水量は990.5mmと年降水量の40.3%を占めている。

次に、赤石川における最大利水放流量 $14 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の出水の頻度を図-4に示す。

$14 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の出水は、どの月にも生じているが、梅雨期にあたる6月から7月に高い密度で生じている。既往最大流量は $365 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、1年に1個のデータで確率処理すると、1年確率流量は、約 $120 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。このことから、大山ダムの堤外仮排水路の処理流量は

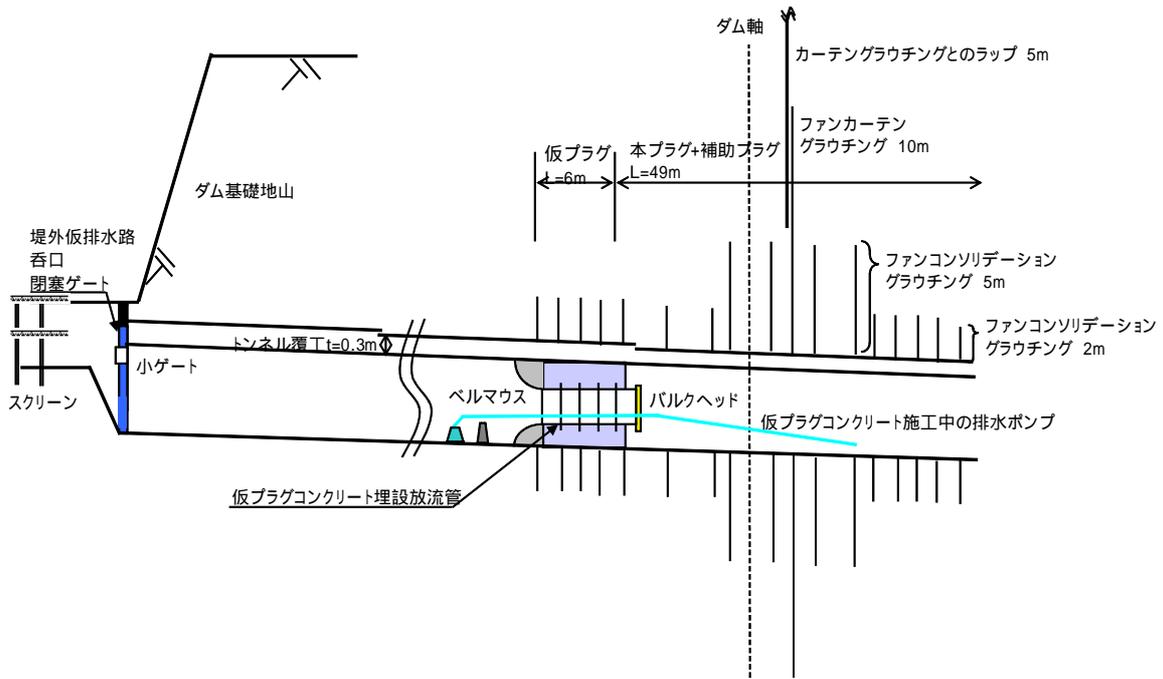


図-2 バルクヘッドプラグ工法概略図

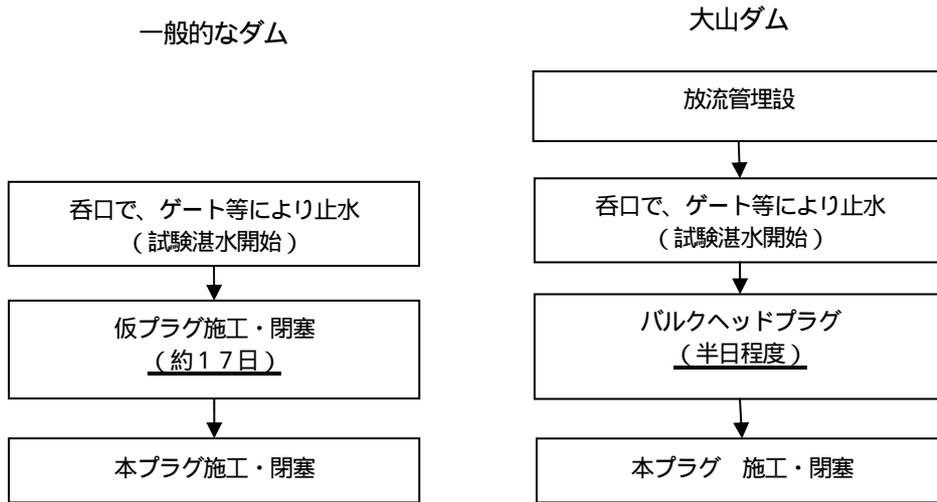


図-3 堤外仮排水路閉塞フローの比較

120m³/sとしている。

「バルクヘッドプラグ工法」を採用した場合には、閉塞箇所に放流管を埋設すると同時に、上流からの河川水を流下させる必要がある。したがって「バルクヘッドプラグ工法」は、非洪水期の流量が少ない時期に行うことが前提となる。

放流管の放流能力は、施工実施時期の非洪水期の流況での 1/1 確率流量(32m³/s)までとした。その結果、放流管の管径が 2.1m となることから、流木等の目詰まりを防止するために、呑口部にはスクリーンを設けた。

非洪水期とはいえ、放流管の埋設により、堤外仮排水路の放流能力が小さくなるため、貯水位の上昇が生じやすくなる。

そこで、仮プラグ施工予定時期(1月~3月)におけ

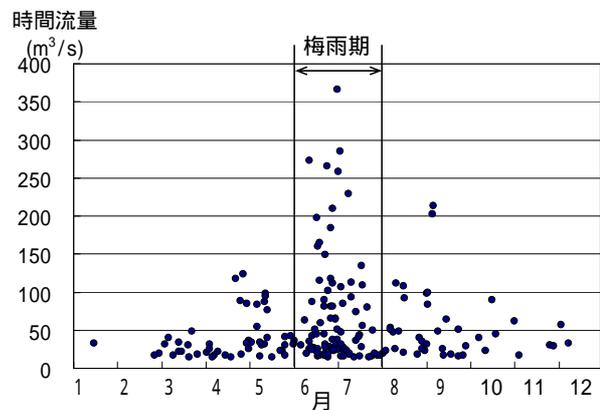


図-4 14m³/s以上の流量分布図(1989~2006)

る過去 20 年間の最大級の出水である 2 ケースでのシミュレーションを行い、貯水位の上昇は最大で EL.188.0m と上流締切堤 + 3m 程度であり、埋設放流管を用いた場合であっても貯水池側の湛水範囲は狭く、その他の工事に支障が無いことを確認した。

また、同様に試験湛水直前の時期における過去 20 年間の最大級の出水である 4 ケースについても検討した結果、水位上昇は EL. 206m と上流締切堤を上回るものの、上流仮設ヤード以下程度であった。試験湛水直前である 4 月においては、上流仮設ヤードの仮設は撤収済みであり、EL.206m 以下において実施する工事は、貯水池内橋梁撤去、水質保全設備（曝気装置据付）、仮排水路閉塞ゲート工事であり、各工事ともに大がかりな仮設物が無く、特に支障なく待避できることから、埋設放流管を設置することにより万が一貯水位の上昇があったとしても、問題は生じないと確認できた。

4. バルクヘッドプラグ工法の実施結果

バルクヘッドプラグ工法の施工フローは、図-5 のとおりである。非洪水期における放流管据付、トンネル内の諸処理、コンクリート打設、モルタル注入は、ポンプ配管して河川水を通水しながら、ドライワークを確保し普通コンクリートにより標準の養生期間を保ちながら、特段の問題もなく施工を完了した。

バルクヘッドプラグ工法の採用により、通常工法では試験湛水開始から半月程度かかる仮プラグの施工に要する時間を大幅に短縮することができ、この結果、10 月から 5 月へと、試験湛水の開始時期の約 5 ヶ月間前倒しを実現し、事業工期内の試験湛水終了をほぼ確実とすることができた。なお、実際に仮プラグの閉塞に要した時間は約半日であった。さらに、本プラグの施工においては、仮プラグ直後（すなわち試験湛水開始後翌日）から仮プラグの下流に生じた漏水が 2L/min 以下であったことから、安全に本プラグ閉塞を進捗できたと考えている。

5. バルクヘッドプラグ工法における留意点

本論文で紹介した「バルクヘッドプラグ工法」は、転流工（仮排水路）として堤外仮排水路のみを設置したダム建設現場において、速やかな仮プラグの施工が求められる場合に極めて有効に活用されるものと期待される。

ただし、放流管を埋設した仮プラグを先行施工した後から試験湛水開始までの期間において、仮排水路の断面が縮小されることになるので、この点については、当該期間の出水規模等の想定を事前に検討しておく必要がある。具体的項目を以下に列挙する。

(1) 放流管据付工事の安全確保

非洪水期の放流管据付等の施工中における堤外パイプの水没は、安全通路、排水ポンプ、配水管等の仮設が被害を受けるので、通水量が安定して小さいことを実流

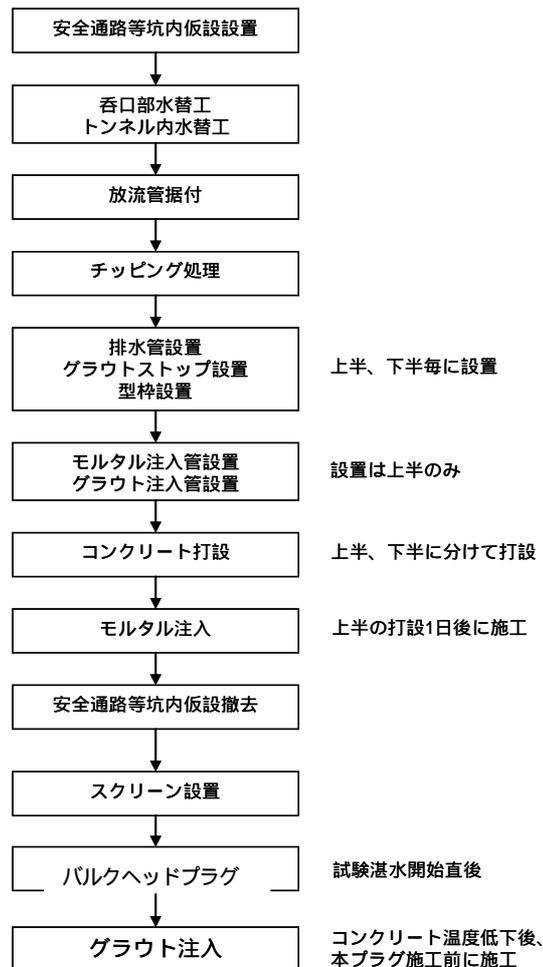


図-5 バルクヘッドプラグ工法施工フロー

量データから確認する。さらに、放流管据付工事において万一の事故に備え、警戒水位を定めて早めの撤収を行えるように準備する。

(2) トンネルライニングの損傷状況確認

放流管据付後から試験湛水開始までの通水において、出水になれば放流管の径に絞られた後の堤外仮排水路では、下流へ高速流（20m/s 以上）がトンネルライニングを打ちつけトンネルライニングを損傷させる可能性がある。トンネルライニングが過去の通水を経験して損傷が軽微であることなどの状況により、被害が大きくなることを確認する。

(3) 貯水位上昇に伴うリスク

工事遅延により試験湛水を開始できず、洪水期に埋設放流管による転流を継続しなくなればならなかった場合、堤外仮排水路の排水能力が不足するためにダム貯留を生じやすく、急激な貯水位の上昇・下降を繰り返すことになるため、貯水池斜面の安定性に対するリスクを生じる。この事態を避けるために確実な工程管理が求められる。

謝辞：（独）土木研究所を始めとする関係機関ならびに、施工業者より設計・施工計画の助言等いただいたことに対しここに謝意を表します。