

稼働中ダムの改造工事における仮締切の施工

西郷発電所ダムに導入した可倒式仮締切

高木 秀和・中村 正雄・江島 裕章

運用中の既設ダムの改造工事は、新設のダム工事とは異なり種々の制約の中での工事となるため、堤体や発電所などの構造に支障を及ぼさないよう十分な配慮が必要である。特に、堤体上流に設置される仮締切については、工事中の安全性や作業環境を確保するとともに、洪水など出水時への対応も重要な課題となる。このような目的に対し、宮崎県北部に位置する西郷ダムでは、ダムの改造工事における上流仮締切について国内最大級の可倒堰が採用された。

本稿は、この特殊な構造の上流仮締切について、その構造や施工方法などについてとりまとめたものである。

キーワード：コンクリートダム，再開発，通砂，上流仮締切，可倒堰，SR堰，エポコラム工法

1. はじめに

宮崎県の北部に位置する東臼杵郡椎葉村から太平洋に注ぐ二級河川の耳川には九州電力(株)が運用する7基の水力発電所がある。耳川では2005年の台風14号に伴う未曾有の豪雨により、多数の斜面崩壊や甚大な浸水被害が発生した。これを契機に宮崎県が中心となり「耳川水系総合土砂管理計画」を策定し、発注者である九州電力(株)はダム事業者の行動計画として、下流3ダムにおいて貯水池内に土砂が溜まらない通砂運用を実施することとした。この3ダムのうち西郷ダムを含む2ダムについては、洪水時に通砂運用ができるよう通砂機能を付加するダムの改造工事が必要であった¹⁾。

既設ダムの改造工事では、工事箇所をドライ施工にするためにダムの上流に仮締切を設置する必要があるが、当工事では数年にわたる施工期間において仮締切を設置しなければならないため、洪水期にも対応できる可動式の仮締切が採用された。

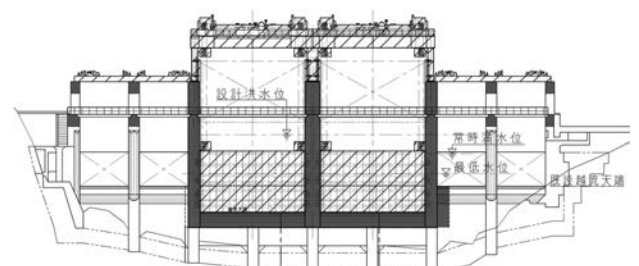
本稿では、この特殊な仮締切の施工概要について報告する。

2. 工事概要¹⁾

西郷ダムは堤高約20m、堤頂長約85mの重力式コンクリートダムで、ダム改造工事では既設堤体の洪水吐きゲートのうち中央4門を撤去し、越流天端を4.3m切り下げて、大型クレストローラーゲート2門を



写真-1 改造前後の西郷ダムの全景



改造前断面図

改造後断面図

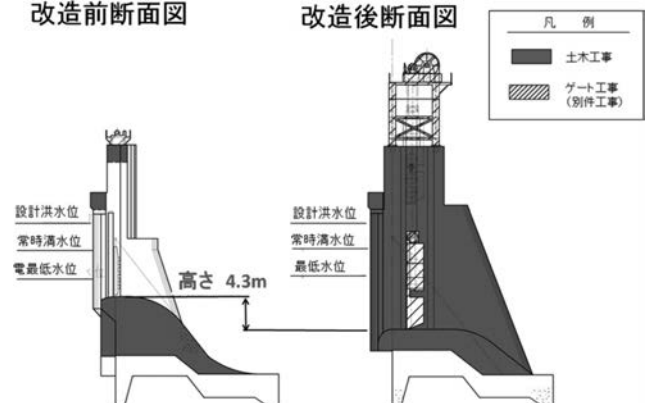


図-1 ダム改造工事計画図

表一 1 主要工事概略数量表

項目	細目	単位	数量
旧堤体			
堤体取壊し工		m ³	4,400
新設堤体			
コンクリート工		m ³	4,500
基礎処理工	ボーリング	m	1,800
	注入	時間	470

新設するものである。写真一 1 に改造工事前後の堤体全景を、図一 1 にダム改造工事計画図を、また表一 1 に主要工事概略数量を示す。工事は、非出水期の 11 月～5 月末で実施し、出水期は原則工事を中断した。

当該工事では、河川の転流は既設発電所の導水路を使用する計画であった。また、工事は非出水期に限られるため、出水期には洪水を流下させる機能が必要であった。そこで、仮締切には、放流設備の通水断面を阻害しない構造とするため可倒式の仮設ゲート（鋼製起伏堰：以下 SR 堰）が設置されることとなった。

3. 仮設備計画

図一 2 に、仮設備計画平面図を示す。西郷ダムのダムサイトは、国道 327 号線に接する狭隘な箇所であり平地が少ないため、工事を円滑かつ効率的に進めるために堤体の右岸側上下流および下流河床部にそれぞれ作業構台を配置した。また、1、2 および 5 年目の工事では、上流貯水池内に 80 t クレーン台船を配置して左岸側（国道の対岸側）の工事の効率化を図った。

写真一 2 に上流作業構台設置状況を、写真一 3 に 80 t クレーン台船作業状況を示す。



写真一 2 上流作業構台設置状況



写真一 3 80 t クレーン台船作業状況 (5 期)

4. 仮締切工

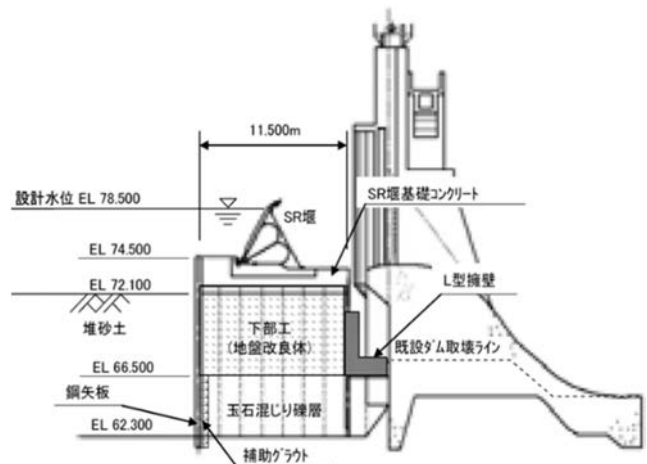
(1) 仮締切の構造²⁾

西郷ダムの仮締切工は、鋼矢板及び地盤改良体からなる下部工とその上部に可動部となる SR 堰を設置した構造である。

SR 堰は、工事中の発電転流のための貯水位を確保し、出水時は、流水を安全に放流しなければならないため、流水制御機能に優れた SR 堰（S：鋼製扉体、R：ゴム袋体）が採用された。図一 3 に、上流仮締切



図一 2 仮設備計画平面図



図一 3 上流仮締切断面図

の標準断面図を示す。

(2) 仮締切下部工

仮締切工は鋼矢板打設により岩着させ河川を締め切り、内部の堆積土砂を地盤改良してSR堰の基礎とした。鋼矢板打設は硬質地盤クリア工法とし、作業構台とクレーン台船の2班で施工した(写真—4)。河床堆積土砂の地盤改良は、エポコラム工法(φ 1,600 mmの接円配置)で基礎岩盤まで改良する設計であった。実施工では、玉石部は改良が困難であったためその上部までを改良体とし、玉石部は未改良で残置して下流側にコンクリートL型擁壁で既設堤体に接続させて安定性を確保した。

エポコラム改良機を配置するために、鋼矢板内部を貯水池水位標高まで埋戻し、敷鉄板を敷設して重機足場を確保した。エポコラム工法の目標強度は、上部に配置するSR堰の荷重および工事完了後の撤去可能な強度、改良率を踏まえて、材令180日強度で $1,200 \text{ kN/m}^2$ と定められていた。設計段階での試験施工によってセメント添加量は 220 kg/m^3 と設定され、施工開始初期の試験で改良土強度を確認した。その結果、セメント添加量としては、砂質土では 160 kg/m^3 、粘性土については 220 kg/m^3 とした。実際の改良土強度については、 $4,000 \sim 1,600 \text{ kN/m}^2$ であった²⁾。写真—5に、



写真—4 仮締切鋼矢板打設状況 (1期)



写真—5 エポコラム改良機

エポコラム改良機を示す。

仮締切の鋼矢板根入れ部は、止水性を確保するため二重管ダブルパッカー工法で補助グラウトを施工した。補助グラウトは、セメントミルクによる連続壁が形成される様に、1.5 m間隔で $1.13 \text{ m}^3/\text{m}$ の注入を行った。

仮締切の下流側は地盤改良体にH鋼300 mmを打設し支柱とし、支柱間を鉄板張りとする構造とした。地盤改良完了後、中詰め土砂を撤去して均しコンクリートを打設した。写真—6に、均しコンクリート打設作業を示す。工程を確保するため上流仮締切を左右岸方向に2分割して、台船クレーンが配置されている左岸側を先行して左右岸を並行作業で行った。



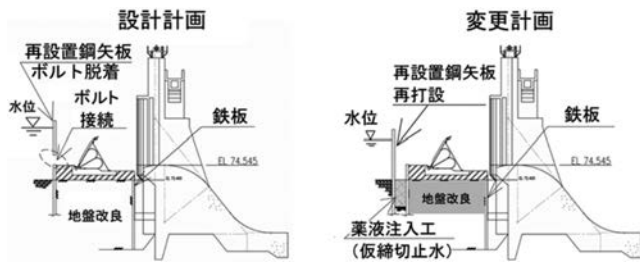
写真—6 右岸側均しコンクリート打設

(3) 仮締切の設置・再設置

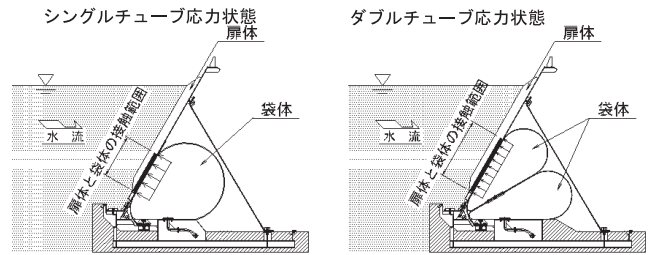
仮締切鋼矢板はSR堰設置時(1,2年目)と撤去時(5,6年目)に止水矢板として使用する計画で、当初設計は1年目の工事終了時に水中で鋼矢板上部を切断して一旦撤去し、次期に切断した鋼矢板を残置してある基礎部の鋼矢板にボルト接続で再設置する計画であった。しかし、水圧や地盤改良注入圧等の荷重によって変形が生じた鋼矢板を水中で接続することは困難と判断して、2,5年目は上流仮締切を囲うように複列に鋼矢板(止水矢板)を土砂部に打設し、締切矢板との間を薬液注入で遮水処理する工法を採用した。図—4に、変更計画を示す。また、写真—7に2期工事止水矢板設置状況を、写真—8に2期工事薬液注入状況を示す。

(4) SR堰工³⁾

SR堰の必要高さは、発電に必要な水深に保安容量(空容量)の水深を確保する必要があるため、堰高は4.0 mであった。また、SR堰は鋼製の扉体とゴム袋体からなり、ゴム袋体に給排気することで扉体を起立支持、倒伏させる構造となっている。高さ4.0 mのSR堰を支持するには、一般的な一つの袋体からなるシングル



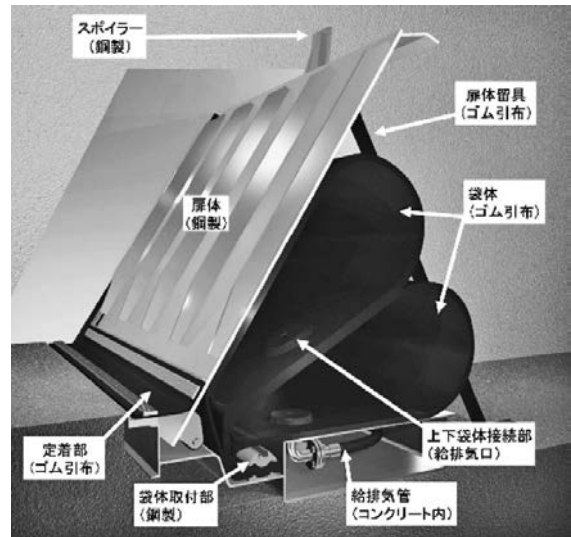
図一 4 止水矢板設置変更計画



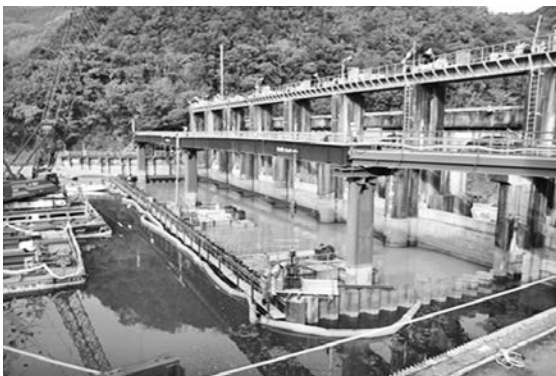
図一 5 SR 堰袋体応力状態



写真一 7 止水矢板打設状況 (2期)



図一 6 SR 堰構造図



写真一 8 止水矢板薬液注入状況 (2期)



写真一 9 ゴム袋体と壁体設置状況

チューブ構造では高内圧となり、使用する袋体が多層化(厚く)しなければならないため、2つの袋体からなるダブルチューブ方式が採用されることとなった。図一5に、袋体に生じる応力状態を示す。一方、SR堰の国内実績は堰高3.0mであったため、SR堰設計に当たっては、ダム及びSR堰の専門家、国、九州電力(株)で構成するSR堰技術検討委員会を設置して安全性の検証が実施された。また、運用初期に、発生応力やゴム袋体の変形状態を計測して設計の妥当性を確認した。図一6に、SR堰の構造図を示す。

SR堰は、2期工事で仮締切を再構築後設置した。SR堰の組立作業や資機材運搬は、80tクレーン台船と運搬台船を用いた。基礎コンクリートの打設後、SR堰の基礎埋設金物および給排気管を設置し、2次コンクリートを打設した。その後、ゴム袋体を設置し

て、スチール製の壁扉体を80tクレーン台船で設置した。写真一9に、ゴム袋体と壁体設置状況を示す。

SR堰設置完了後、仮締切とSR堰間に注水して試験湛水を実施し、袋体の変形状況や発生応力を測定して施工精度を確認した。写真一10に、試験湛水・応力測定状況を、写真一11および写真一12にそれぞれSR堰の起立および倒伏状況を示す。

(5) 仮締切の撤去

西郷ダムのSR堰は、2013年4月に運用を開始し、2年9ヶ月の運用期間に16回の出水による倒伏・起立を行っている。倒伏・起立は排気・給気により行いが、いずれにおいてもSR堰の全延長においてほぼ均一に作動することができた。

2年9ヶ月の運用後、仮締切の撤去は2年に分けて



写真-10 試験湛水・応力計測状況

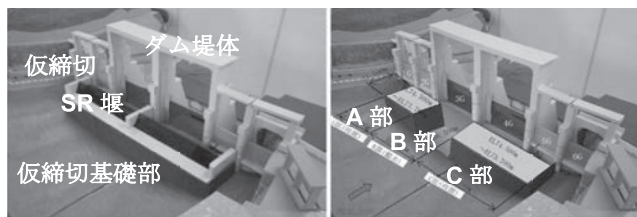


図-7 SR堰基礎撤去分割



写真-11 SR堰起立状況



写真-12 SR堰倒伏状況

実施した。撤去時の河道切り替えを仮締切の先行撤去部で行うため1年目にSR堰と基礎部分(B部)を、また2年目には残りの基礎部分(A部およびC部)を撤去した。図-7に、撤去ブロックおよび河道切替状況を示す。

地盤改良体の基礎部は、バックホウによる掘削が可能な強度であると考えていたが、想定以上の強度発現があったためブレイカ掘削に切り替えて撤去した。また、仮締切上流側1/3の範囲は、外力に対する安定性から水中掘削を行うこととなるが、補助工法としてアレックス工法による削孔とウォータージェット併用のパイプロハンマーによるH400の打ち込みで緩め掘削

を行った。しかし、先行削孔は掘削できたもののH鋼は打ち込むことが困難であったため、チゼルの水中投下によって取り壊しを行った。

5. おわりに

本工事は、2013年に堤体コンクリートの取り壊しを、2014年および2015年に堤体の新設コンクリートの打設、ゲート設置を実施し、仮設備の撤去後、周辺整備工事を実施して、2018年8月に無事完成することができた。現在、順調に通砂運用が行われている。

謝 辞

最後になりますが本工事に当たり、発注者の九州電力㈱をはじめ、学識経験者、関係機関ならびに近隣の多くの方々の協力や援助を頂いた。関係各位に深く謝意を表します。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 朝崎勝之, 加来睦宏, 山上裕也: ダム貯水池における堆砂問題とその対策(第6回)―耳川水系での取り組み―, 電力土木, No.360, 2012.
- 2) 前島龍三, 松田智行, 藤原洋一郎: 西郷ダム改造工事における大規模仮締切の設計と施工, 電力土木, No.366, 2013.
- 3) 前島龍三, 山口健太郎, 柴田徹: 耳川水系ダム通砂運用に伴う山須原ダム, 西郷ダム改造計画, 電力土木, No.361, 2012.

【筆者紹介】

高木 秀和 (たかぎ ひでかず)
 ㈱熊谷組
 土木事業本部 ダム技術部
 部長



中村 正雄 (なかむら まさお)
 ㈱熊谷組
 九州支店 土木部
 担当部長

江島 裕章 (えしま ひろあき)
 ㈱熊谷組
 九州支店 土木部
 担当部長