

湯西川ダムにおける巡航 RCD 工法の施工実績

大内 齊・岡山 誠・戸澤 清浩

重力式コンクリートダムにおける従来の RCD 工法を合理化することにより、更なる高速施工を可能とした「巡航 RCD 工法」を湯西川ダム（国土交通省関東地方整備局発注）において施工した。従来の RCD 工法は施工速度の遅い外部コンクリートを先行打設後、打継時間を遵守したうえで、施工速度の速い内部コンクリートを後行するため、打設速度が外部コンクリートに拘束される場面があった。一方、巡航 RCD 工法では内部コンクリートを先行打設し、打設能力の余力で外部コンクリートを打設するため、仮設備能力を十分に発揮し高速打設が可能となる。本報では、巡航 RCD 工法に必要とされる施工仮設備を中心に、巡航 RCD 工法の施工方法、施工技術について紹介する。

キーワード：重力式コンクリートダム、巡航 RCD 工法、ダム用施工設備、高速施工

1. はじめに

湯西川ダムは、栃木県日光市西川に建設された堤高 119 m、堤頂長 320 m、堤体積約 105 万 m^3 という大規模な重力式コンクリートダムである。堤体コンクリート打設工法としては、RCD 工法（頂部は ELCM 工法）が適用された。

RCD 工法は、重力式コンクリートダムの合理化施工法として確立された工法である。近年更なる合理化を目指し、RCD 用コンクリートのうち、内部コンクリートを外部コンクリート打設より先行することにより高速施工を可能とした「巡航 RCD 工法」が開発され、嘉瀬川ダム（国土交通省九州地方整備局発注）において試験的に採用された。

湯西川ダムでは、ダム本体の基礎掘削量増加に伴いダム本体コンクリート量が増加したことから、ダム本体工期の延伸が懸念されることとなった。このため、打設工程を短縮するための対策として「巡航 RCD 工法」の適用が検討された。それまで当ダムでは、従来の RCD 工法によって 1 リフトを 3 分割して 3 日間で打ち上げていくことを基本としていたため（月最大約 79,000 m^3 ）、打設工程短縮を実現するためには、1 リフト 3 日未満での施工が必要となった。

そこで、配置された施工設備の能力を最大限活用する「巡航 RCD 工法」適用のシミュレーションを比較的構造物の少ない中標高部において行ったところ、1 リフト 3 日未満での施工が可能との結論が得られた。

このため、1 リフト 3 日未満の施工サイクルを連続的に続けられる「巡航 RCD 工法」の適用によって堤体打設工程の短縮を図ることとした。採用に当っては、数々の課題を解決するため、場外で事前の試験施工を実施するとともに、新たな施工技術の開発も実施した。

2. 従来の RCD 工法と巡航 RCD 工法の違い

「従来の RCD 工法」は、打設区画毎に外部コンクリートと内部 RCD 用コンクリートを交互に打設し、相互の一体化を確保しながら進めるコンクリート打設工法である。

「巡航 RCD 工法」は、RCD 用コンクリートを先行打設し、外部コンクリートは RCD 用コンクリートと分離・独立した施工が可能となるため、打設開始直後から設備能力が最大限活用された高い打設速度が維持されるとともに、打設効率の向上が図れる工法である。巡航 RCD 工法の施工状況（内部コンクリート先行打

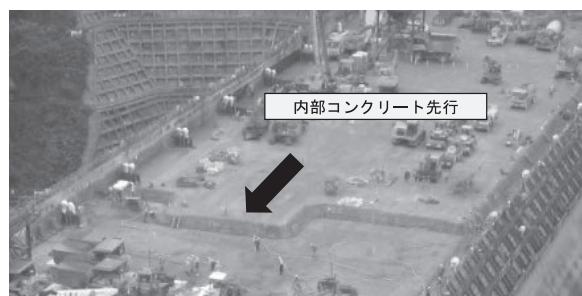


写真-1 巡航 RCD 施工状況

設)を写真—1に示す。

3. 高速施工に適した施工設備計画

巡航RCD工法においては、大量のコンクリートを短期間に打設する高度な施工技術が要求され、それらを達成するために、大規模かつ合理的・効率的なダム用施工設備(骨材製造設備,骨材輸送設備,コンクリート製造設備,コンクリート運搬設備)の計画・配置が必要となった。以下にその概要を示す。

(1) 施工設備への要求事項

- ・工期短縮を実現するために必要なコンクリート打設能力は、 $367.2\text{ m}^3/\text{h}$ (月最大約 $79,000\text{ m}^3$)となるため、それを確保できるコンクリート製造・輸送設備とする必要がある。
 - ・コンクリート打設能力に合致した骨材製造能力 450 t/h の骨材製造設備が必要である。
 - ・採取地の異なる4種の原石骨材(川治河床砂礫,湯西川河床砂礫,堤体掘削ズリ,原石山骨材)は、単独で使用することから、骨材切替時における混合を避け、品質に留意した設備構造が必要である。
 - ・周辺居住地への配慮から、施工設備の稼働時間を制約する必要がある。
 - ・ダムサイトは冬期期間の気象条件が厳しく、冬期運用については凍結対策が必要である。
- 以上の条件を踏まえ、高速施工に対応できる最適な

施工設備選定,配置計画を立案した。

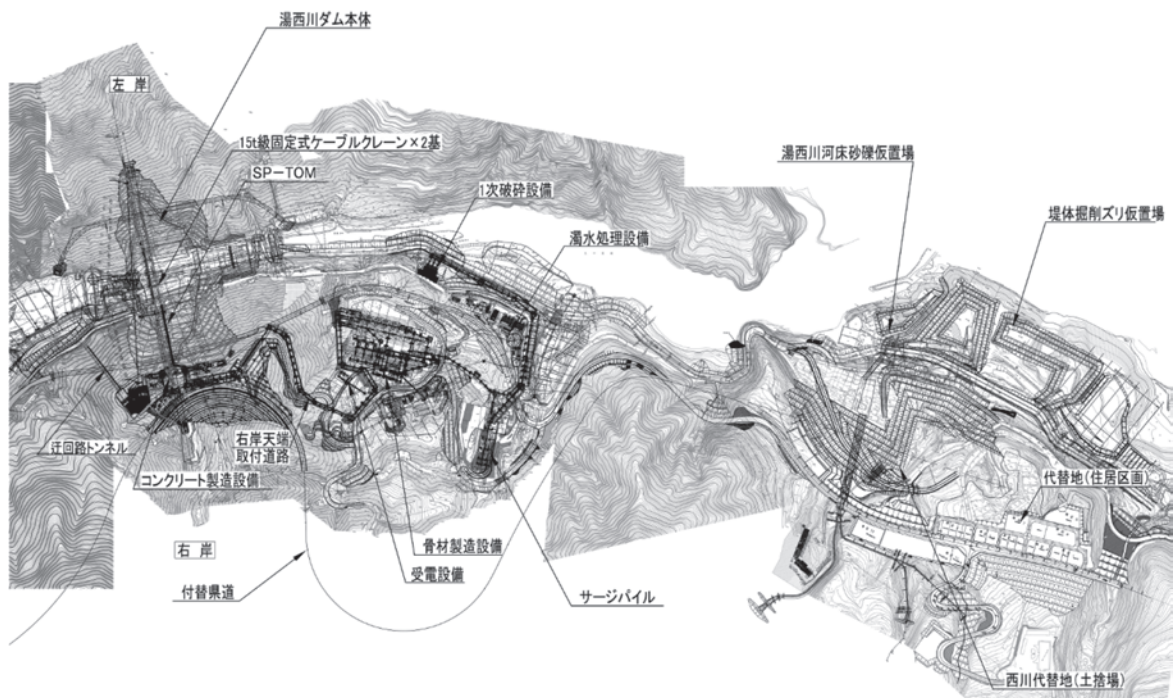
(2) 施工設備の計画概要

前述した条件を考慮したダム用仮設備の基本計画を以下に示す。

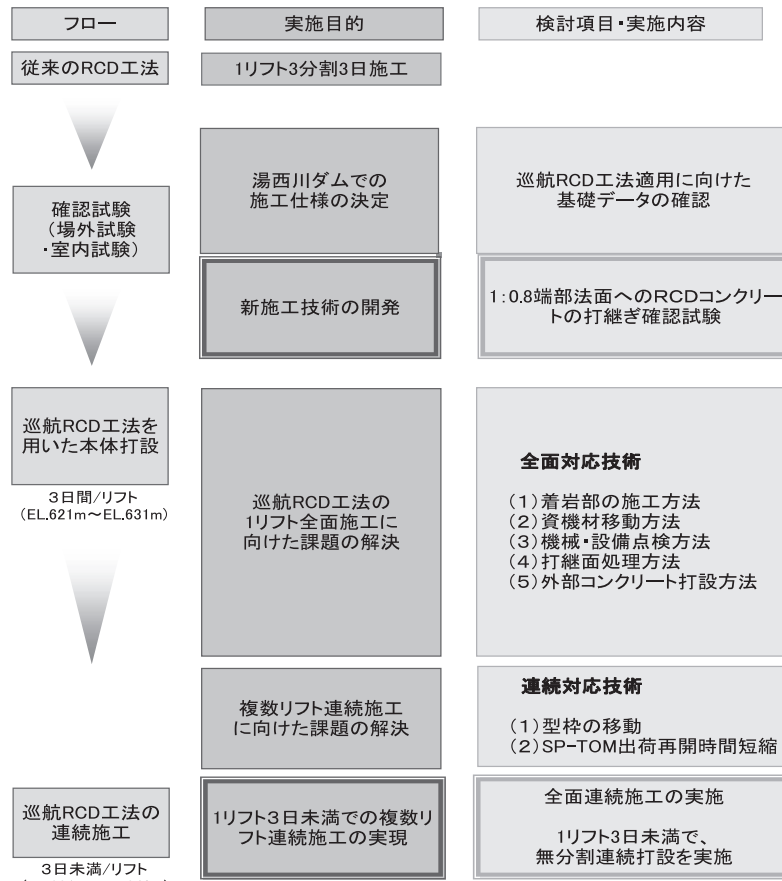
- ・骨材製造設備は、製造能力(450 t/h)に対応可能な設備仕様とし、4種の原石骨材を使用することによる骨材切替作業が円滑に実施でき打設休止時間を短縮できる設備計画とした。
 - ・コンクリート運搬設備は、 15 t 級ケーブルクレーン $\times 2$ 基と大容量連続搬送を可能とする「SP—TOM」の組合せを採用した(運搬能力: $367.2\text{ m}^3/\text{h}$)。また、ケーブルクレーン1基は、主索を簡易移設可能な構造とした。
 - ・コンクリート製造設備は、2軸強制練ミキサー $\times 2$ 基搭載したバッチャープラントを右岸天端に2台(製造能力 $180\text{ m}^3/\text{h} \times 2$ 台= $360\text{ m}^3/\text{h}$)配置した。
 - ・コンクリート運搬・製造設備は、各状態を総合的に管理できる出荷制御システムを採用した。
- 施工設備の「施工設備配置計画図」を図—1に示す。

4. 巡航RCD工法適用の検討フロー

1リフト3日未満の施工サイクルを連続的に続けられる「巡航RCD工法」の適用に当たっては、試験施工をするとともに、図—2のフローにより検討を行った。



図—1 施工設備配置計画図



図一 「巡航 RCD 工法」適用までの検討フロー

5. 試験施工

巡航 RCD 工法の本施工への適用に先立ち、(財)ダム技術センターで編集された「巡航 RCD 工法施工技術資料」¹⁾(以下「技術資料」と表記)に基づいて基礎データの確認試験を行うとともに、新たな開発技術の試験施工を行った。

(1) 確認試験

「技術資料」に基づき表一に示す確認試験を実施した。試験結果は、嘉瀬川ダムで得られたものとおおよそ同じであった。

(2) 新技術試験 (1:0.8 端部法面 RCD 打継ぎ)

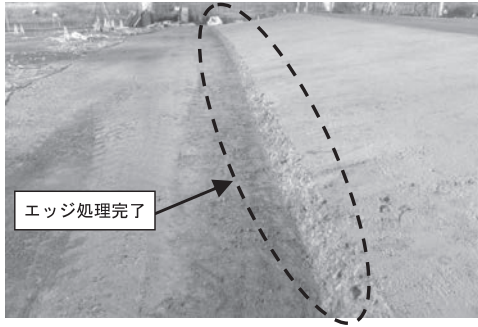
嘉瀬川ダムで実証した際、「先行 RCD 用コンクリート打止め部」に対して「後行の RCD 用コンクリート」を打ち継ぐ場合、1:4.0 以上での傾斜打止めを行っていた(写真一参照)。

それに対して、外部コンクリートとの打継面に用いていた「1:0.8の端部締固め技術」を応用した「RCD用コンクリート同士の打継ぎ」が可能となれば、端部処理時間の短縮やエッジ処理時間の短縮、及び打設再

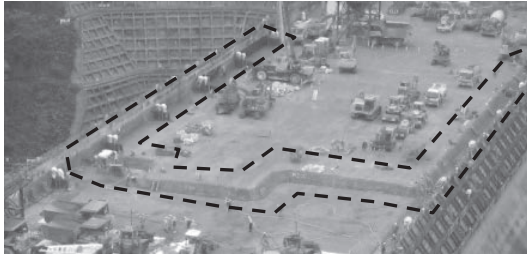
表一 試験施工実施項目と結果

試験項目	湯西川ダム	嘉瀬川ダム
外部コンクリートの若材齢強度と積算温度の関係把握試験	型枠移動可能	
	圧縮強度1.32N/mm ² 内部積算温度440℃・h 外部積算温度370℃・h	圧縮強度1.32N/mm ² 内部積算温度421℃・h
	アンカー引き抜き抵抗性確保	
	圧縮強度2.86N/mm ² 内部積算温度723℃・h 外部積算温度566℃・h	圧縮強度2.86N/mm ² 内部積算温度1,000℃・h
RCDコンクリートの端部法面締固め試験	締固め時間30秒	締固め時間30秒
RCDコンクリートの打継面処理(ソフトリーメント)試験	水圧:0.7MPa 水量:50~100ℓ/m ² 転圧完了後1.5~2.0時間 積算温度45~65℃・h	水圧:0.7MPa 水量:50~100ℓ/m ²
傾斜打止め部のエッジ処理試験	打設後4時間後 処理高を15cm バックホウ0.4m ³ 級	打設後24時間以内 人力又は小型バックホウ
外部コンクリートとRCDコンクリートの一体化確認試験	一体化する 打継時間:72時間以内 (それ以上でも可能)	一体化する 打継時間:72時間以内

開時処理の簡素化による打設可能時間の増加が期待できる(写真一参照)事が予想された。本試験施工にて、「打継面の一体化確認試験」を実施した結果、1:0.8 端部法面に RCD 用コンクリートを打ち継ぐ場合、打継面にモルタルを塗布すれば、一体化することが確



写真—2 傾斜止め (1:4.0) とエッジ処理状況



写真—3 1:0.8 端部法面の打継ぎ全景



写真—4 1:0.8 端部法面締固め状況



写真—5 1:0.8 端部法面打継ぎ施工状況 (ブル転)

認でき新技術が確立された。

なお、1:0.8 端部法面の締固めは専用の締固め機械を導入して実施した (写真—4 参照)。品質上の留意点は、打継面にモルタルを塗布することと、新たに打設する RCD 用コンクリートの法尻部をブルドーザによる転圧を確実に行うことである (写真—5 参照)。

6. 施工実績

(1) 巡航 RCD 工法の適用範囲

「巡航 RCD 工法」は、ダム堤体内に比較的構造物が少なく比較的打設面積が広い部分である EL621 m ~ EL640 m に適用した (図—3 参照)。「巡航 RCD 工法」の採用により、18 リフト打設 (上記標高のうち EL622 m ~ EL623 m は従来の RCD 工法) で計画打設日数 27 日 (暦日 40 日) を、実打設日数 24 日 (暦日 31 日) に短縮することができた。打上り速度が向上した理由は以下のとおりである。

- ①コンクリート打設速度の向上による 1 リフト打設時間の短縮
- ②打設間の時間の短縮 (1 リフト当たりのインターバル回数減と所要時間の短縮)

(2) 巡航 RCD 工法の導入効果

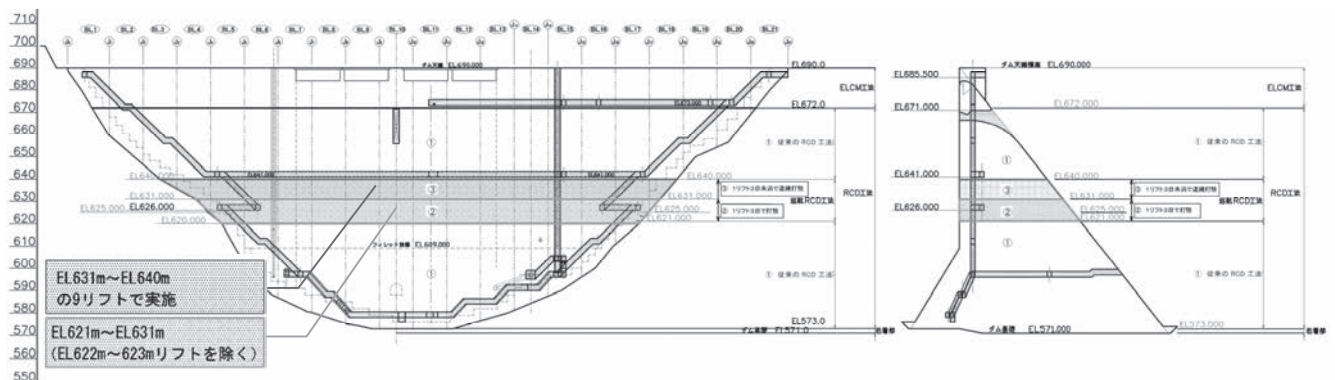
上記工程短縮に加え、以下に示す導入効果を得られた。

①品質面の向上

「従来の RCD 工法」では、止水性、耐久性を要する上下流面外部コンクリートと RCD 用コンクリートの接合部で、縫い合わせが必要であった。一方、「巡航 RCD 工法」では、前節で述べたように外部コンクリートは小規模ブロック打設となることから、縫い合わせが不要になり、施工の確実性が向上した。

②施工安全性の向上

「従来の RCD 工法」では、RCD 用コンクリートと



図—3 「巡航 RCD 工法」施工範囲

有スランプコンクリートを隣接箇所施工することから、これらの異種作業が同一箇所に混在する時間帯が発生する。これに対して「巡航 RCD 工法」では、RCD 用コンクリートと有スランプコンクリートの打設箇所が完全に分離されるため、混在作業は解消され、施工安全性が格段に向上した。

7. おわりに

湯西川ダムでは、日本で初めてリフト全面へ「巡航 RCD 工法」を適用し、堤体打設を実施した。ダムの堤体コンクリート打設に「巡航 RCD 工法」を適用した際、「施工性向上効果」は当初見込んだ「打設速度の向上」や「打止め型枠撤廃による打設時間短縮」だけでなく、「降雨時における施工性向上」、「リフトの打上り速度向上」、「品質面の向上」及び「施工における安全性の向上」も明確になった。

施工設備としては、「巡航 RCD 工法」の適用に際し、高速施工に合致した施工設備を計画的に配置しており、必要なコンクリート打設能力を十分確保できたと考える。

「巡航 RCD 工法」は、重力式コンクリートダムの合理化施工である RCD 工法の数少ない弱点を補い、工程、品質、安全確保に大きく貢献できる工法であり、

さらなる改善を行うことで、今後の国産技術の海外進出に大きく貢献できる技術であると考えられる。

JCMMA

【参考文献】

- 1) 助ダム技術センター：巡航 RCD 工法施工技術資料（平成 23 年 3 月）
- 2) 助ダム技術センター：改訂版巡航 RCD 工法施工技術資料（平成 24 年 2 月）

【筆者紹介】



大内 斉（おおうち ひとし）
鹿島建設㈱
関東支店 土木部 技術グループ
担当部長



岡山 誠（おかやま まこと）
鹿島建設㈱
土木管理本部 土木工務部 ダムグループ
課長



戸澤 清浩（とぎわ きよひろ）
鹿島建設㈱
機械部 技術 1 グループ
課長代理

平成 24 年度版 建設機械等損料表 発売中

■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5 判 約 680 ページ

■ 一般価格

7,700 円（本体 7,334 円）

■ 会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600 円（本体 6,286 円）

■ 送料（単価） 600 円（但し沖縄県を除く日本国内）

注 1) 複数冊発注の場合は送料単価を減額します。

注 2) 沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>