

最近のコンクリートダムの建設技術

進化するRCD工法



(一財)ダム技術センター理事
博士(工学)、技術士(建設部門)
山口 嘉一

1. はじめに

RCD (Roller Compacted Dam concrete) 工法は、ダンプトラック等で運搬されたスランブゼロの貧配合超硬練りのRCD コンクリートをブルドーザにより敷き均し、横目地を振動目地切機で造成し振動ローラにより締め固める、我が国が独自に開発したコンクリートダムの合理化施工法である。RCD 工法は、面状工法であるために、コンクリートの打設現場が平坦で転落事故のおそれがない、きわめて安全性の高い施工法であることが大きな特徴となっている¹⁾⁻³⁾。

RCD工法については、1976年(昭和51年)に、大川ダム上流仮締切で試験施工が行われたあと、1978年(昭和53年)には、島地川ダムにおける初の本体施工、大川ダムマット部コンクリート施工に適用された。その後、RCD工法は、我が国の多くの重力式コンクリートダムで採用され、工期短縮や経済性に大きく寄与してきている。

近年、これまでのRCD工法の施工法を抜本的に見直し、さらなる施工効率化が実現できる施工手法が開発された。この新しいRCD工法は、開発当初「巡航RCD工法」^{4)、5)、7)}と称されていたが、適用事例数の増加とともに、技術の開発・改良が進み、現在ではRCD工法の進化形として位置付けられ、単に「RCD工法」と称されている^{6)、7)}。

なお、本稿では、基本的に、この進化したRCD工法を「新しいRCD工法」と称し、前後関係から本工法を指すことが明らかな場合には「RCD工法」とのみ称することとする。

「新しいRCD工法」の基本となる施工法(以下、「基本施工法」という。)は、①RCDコンクリート先行打設、②外部コンクリート独立・後行打設、③型枠を用いないRCDコンクリートの打止め・打継ぎ、である。この基本施工法の採用により、従来の1リフトごとに区切られた施工単位を取り払い、上位リフトへ連続して施工する連続施工が可能となった。

次に、着岩部をRCD工法で打設する施工手法と着岩部RCDコンクリート(粗骨材最大寸法40mm)も開発され、コンクリート運搬や打設手法が「着岩部」と「一般部」で統一されることにより、施工の大幅な合理化が可能となった。

さらに、施工幅が狭くなる「高標高部」においては、粗骨材最大寸法40mmのRCDコンクリートを用いることで材料分離問題を著しく軽減して施工性を向上させる技術開発もなされた。

以上より、「新しいRCD工法」は、これらの技術を総合活用することにより、1リフトごとの施工サイクルという打設ではなく連続的な打設を基本とし、河床着岩部から高標高部までRCD工法による施工を連続的に採用する施工法となり、施工の効率化、中断時間の最小化、連続打設、運搬や打設手法の統一により、これまで以上の打ち上がり速度を達成することができるようになった。

本稿では、この「新しいRCD工法」の概要について紹介する。

2. 基本施工法⁶⁾

「新しいRCD工法」の基本施工法は、前述したとおり、①RCDコンクリート先行打設、②外部コンクリート独立・後行打設、③型枠を用いないRCDコンクリートの打止め・打継ぎ、である(図-1参照)。なお、基本施工法は着岩部、一般部、高標高部の全てで用いる。

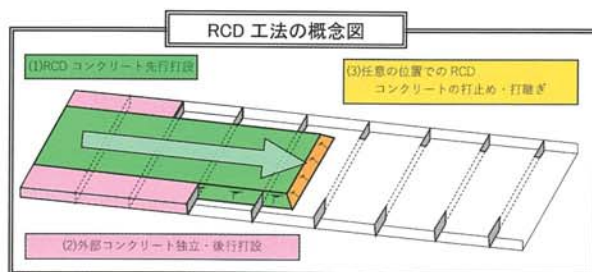


図-1 基本施工法を用いた新しいRCD工法の概念⁶⁾

2.1 RCDコンクリートの先行打設⁶⁾

従来のRCD工法では、外部コンクリートと内部コンクリートであるRCDコンクリートの打継時間規制を守り相互の一体化を確保しながら打設を進めるために、外部コンクリートとRCDコンクリートの打設を交互に繰り返すこととなり、これが打設効率を低下させる主要因となっていた。

これに対し、「新しいRCD工法」では、RCDコンクリートの先行打設(写真-1参照)により、外部コンクリートとRCDコンクリートの分離・独立した施工を可能としている。これは、先行打設するRCDコンクリートの端部法面(勾配1:1.0程度)を一般部と同等の密度に締め固める(写真-2参照)ことにより、後行打設する外部コンクリートとの打継時間に関係なく両者が確実に一体化することで実現可能となった。これ

により、施工効率が大幅に向上するだけでなく、打設開始直後から設備能力を十分生かした高い打設速度が維持される。



写真-1 基本施工法の一つであるRCDコンクリートの先行打設状況⁶⁾



写真-2 FPC (Flat Plate Compactor) による端部法面締め⁶⁾

2.2 外部コンクリート独立・後行打設⁶⁾

RCDコンクリート打設と独立して、後行打設される外部コンクリートは、上下流面型枠、RCDコンクリート、横継目で囲まれた小ブロック単位での打設となる(写真-3参照)。また、RCDコンクリートへの外部コンクリートの打継ぎには、打継時間規制を実務上必要としない。これより、施工計画の自由度が増大し、作業効率が向上するとともに、施工の安全性も大幅に向上する。



写真-3 外部コンクリートの打設ブロック⁶⁾

2.3 任意の位置でのRCDコンクリートの打止め・打継ぎ⁶⁾

従来のRCD工法では、打止め型枠の設置と型枠際の有スランプコンクリートの打設による打止め方法が実施されていた。しかし、「新しいRCD工法」では、先行打設するRCDコンクリートを、前述の端部法面締め技術により勾配1:1.0程度の端部法面を形成し、型枠を用いず、任意の位置で打ち止める施工方法が基本となる。重機移動等で斜路が必要な場合等は、状況に応じて1:4以上の緩勾配の傾斜打止めを用いる。これにより、RCDコンクリートは横継目に制約されることなく任意の位置での打止め・打継ぎが可能となり、降雨等による中断時刻直前までの打設が可能となり、打設可能時間を最大限利用することができる。

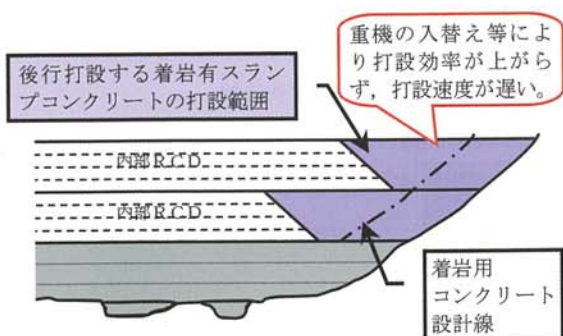
なお、任意の位置で打ち止めたRCDコンクリートは、その打継面へ入念にモルタルを敷設し、RCDコンクリートを打ち継ぐ。

3. 着岩部の施工⁶⁾

着岩部は、基礎岩盤の不陸凹凸への確実なコンクリートの充填と一体化による水密性を確保する必要があることから、これまでは有スランプコンクリートで打設されてきた。そのため、河床着岩部では、有スランプコンクリート運搬用に別途走行路を設けるなど、RCD工法による施工と異なる対応が必要であるため、施工効率が向上していなかった。

また、アバットメント着岩部では、先行打設したRCDコンクリートと基礎岩盤の間に着岩用有スランプコンクリートを打設することとなるが、その打設はバックホウ、ダンプトラック、パイバックが錯綜した施工となるため、打設速度が遅くなっていた(図-2左参照)。

【従来:着岩部を有スランプコンクリートで施工】



【着岩部RCD工法による施工】

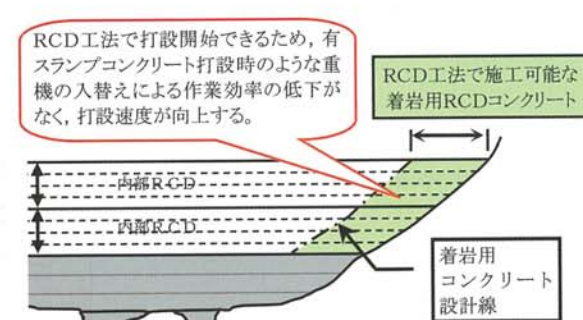


図-2 アバットメント着岩部の施工範囲⁶⁾

この状況に対処するため、着岩用コンクリートとしての要求性能を満足し、RCD工法で施工が可能となる粗骨材最大寸法40mmの着岩用RCDコンクリートとその施工法が開発され⁸⁾、着岩部(河床部及びアバットメント部)においてもRCD工法による施工が可能となった(前掲図-2右、図-3参照)。これにより、有スランプコンクリートで打設していた時のような大幅な施工の段取り替えや打設後の養生待ちがなくなり、RCDコンクリートによる連続した打設が可能となった。

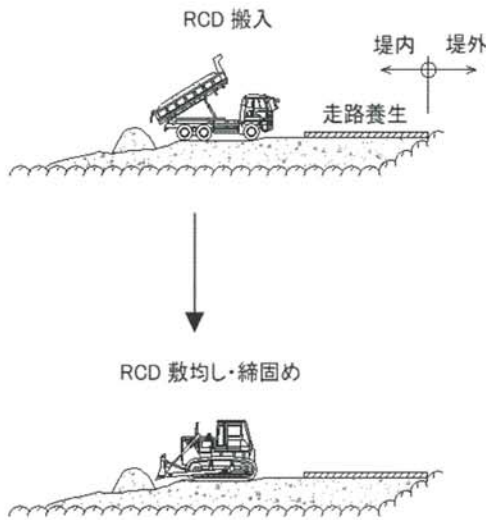


図-3 河床着岩部RCD工法の施工概要説明⁶⁾

4. 高標高部及び狭隘部の施工⁶⁾

高標高部や狭隘部は、施工幅が狭くなるため、ブルドーザの施工性やダンプトラックの転回等の施工条件の制約から、有スランプコンクリートに切り替えて打設されている。

この部分に対し、着岩用RCDコンクリートと同様、粗骨材分離がほとんど発生しない特徴を有する粗骨材最大寸法40mmのRCDコンクリートを使用することで、堤内構造物が多い狭隘部や高標高部のようなブルワークが制約される施工幅が狭い箇所でも、RCD工法で品質を満足する良好な打設が可能となった(写真-4参照)。

これにより、一般部と同様にRCD工法での連続した施工範囲の拡大が可能となり、施工効率の向上が可能となった。



写真-4 高標高部におけるRCD工法の施工状況⁶⁾

5. 連続打設⁶⁾

RCD工法は、1リフトごとを施工単位としない連続打設が基本となる(表-1、図-4参照)。これにより、外部コンクリートが後行打設されている施工リフトに対し、先行して打設するRCDコンクリートは次リフトの打設を施工できる。

表-1 連続打設のタイムスケジュール⁶⁾

打設タイムテーブル	経過時間	1日目				2日目				3日目				4日目				5日目				6日目			
		0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45
RCDコンクリート打設		RCDコンクリート先行打設(単独)				RCDコンクリート並行打設				RCDコンクリート並行打設				RCDコンクリート並行打設				RCDコンクリート並行打設							
外部コンクリート打設		有スランプコンクリート後行打設(並行打設)				有スランプコンクリート後行打設(並行打設)				有スランプコンクリート後行打設(並行打設)				有スランプコンクリート後行打設(並行打設)				有スランプコンクリート後行打設(並行打設)							

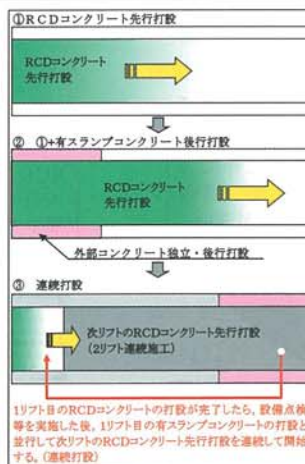


図-4 連続打設の説明⁶⁾

6. おわりに

本稿では、「新しいRCD工法」の概要について紹介した。この工法は、採用事例を重ねるごとに改良・進化しつつ、すでに表-2に示す6つの重力式コンクリートダムに適用され、工期短縮や経済性向上に貢献してきている。

今後は、新しいRCD工法の、大規模ダムのみならず中小規模ダムへの適用可能性の検討と効用の発揮が期待される。また、RCD工法を採用した各ダムにおいては、放流管等の堤内構造物やコンソリデーショングラウチング工などの他工種との整合を検証しつつ、RCD工法の適用範囲の再検討を行うことで工事全体としての経済性と工期短縮の効果を高める施工計画の立案が求められる⁶⁾。

最後になったが、本稿で紹介した「新しいRCD工法」に関しては、参考文献6)に詳しい。詳細な内容について確認されたい読者におかれては、参考文献6)を参照されたい。

表-2 新しいRCD工法の適用事例

ダム名	堤高 (m)	完成年	事業者	備考
嘉瀬川ダム	97.0	2011	国土交通省九州地方整備局	・最初の技術開発
湯西川ダム	119.0	2012	国土交通省関東地方整備局	・リフト全面連続施工を可能とする技術開発
津軽ダム	97.2	2016	国土交通省東北地方整備局	・積雪寒冷地における施工
五ヶ山ダム	102.5	2017	福岡県	・Gmax40mm コンクリートの開発 ・アバットメント着岩部から高標高部までの本体施工の実現
鶴田ダム (再開発)	117.5	2017	国土交通省九州地方整備局	・Gmax40mm コンクリートの開発 ・河床着岩部での施工の実現
ハッ場ダム	116.0	2019	国土交通省関東地方整備局	・大規模な工期短縮実現に寄与

注) Gmax=粗骨材最大寸法。

《参考文献》

- 1) 廣瀬利雄:コンクリートダムの合理化施工に関する研究、東京大学博士学位論文、昭和63年5月。
- 2) 財団法人ダム技術センター:RCD工法技術の進歩、平成17年12月。
- 3) 吉田 等:「ダム技術」とダムの施工、ダム技術、No.300、pp.128-137、平成23年9月。
- 4) 財団法人ダム技術センター:巡航RCD工法施工技術資料、平成22年3月。
- 5) 財団法人ダム技術センター:改訂版 巡航RCD工法施工技術資料、平成24年3月。
- 6) 一般財団法人ダム技術センター:RCD工法施工技術資料、平成31年3月。
- 7) 山口嘉一:ダム堤体の築造技術の変遷と進展-300号祈念特集号以降に着目して-、ダム技術、No.400、pp.9-20、令和2年1月。
- 8) RCDコンクリート特性研究会:RCDコンクリート特性に関する研究、ダム技術、No.352、pp.23-44、平成28年1月。

土木施工等の専門誌の読者の皆様へ 【CPDの活用 (CPD単位)のご案内】

土木学会CPD制度では、専門誌の購読者および記事の投稿者にもCPDが計上されます。

- 購読者の方 …… 学術専門誌や技術刊行物の購読について「自己学習」として読書H時間に対して、**0.5×HのCPD単位**が計上できます。

- 記事を投稿される方 …… 「技術図書の執筆」として1件あたり30.0単位を最大として、執筆に要したH時間に対して、**3.0×Hまたは原稿用紙の枚数がCPD単位**として計上できます。

詳しくは、土木学会 技術推進機構のホームページ <http://www.jsce.or.jp/opcet/cpd.shtml> を参照ください。また、お問い合わせは下記までご連絡ください。

(公益社団) 土木学会 技術推進機構

TEL: 03-3355-3502

FAX: 03-5379-0125

E-mail: opcet-cpd@jsce.or.jp