

長井ダムの本体施工について

川本卓¹・寺田幸男²・三輪剛大²・下川原雅子³

¹正会員 ハザマ 東北支店 長井ダム出張所 (〒993-0042 山形県長井市平山2747-6)

²ハザマ 東北支店 長井ダム出張所 (〒993-0042 山形県長井市平山2747-6)

³ハザマ 関東土木支店 代々木作業所 (〒151-0061 東京都渋谷区初台2-5-8 西新宿豊国ビル201)

長井ダムは山形県長井市に国土交通省東北整備局が建設中のコンクリートダムである。堤体コンクリート打設にはRCD工法が採用され、平成14年10月の初打設から順調に打設は推移し、平成18年11月に打設完了した。コンクリート打設設備には、ダム工事では初めてテルハ型クレーンを採用した。このテルハ型クレーンの仕様、施工状況などを紹介する。また、昨今の社会情勢の中で、建設工事はコスト縮減、品質向上、工期短縮等がより一層求められている。こうした背景の中、長井ダムで取り組んだ事例を紹介する。

キーワード: ハザマクライミングリフト、工程短縮、品質向上、連続RCD

1. まえがき

長井ダムは、山形県南西部に位置する長井市を東西に流れる最上川水系の置賜野川に建設中の重力式コンクリートダムで、洪水調節、流水維持、灌漑用水、発電および水道用水の確保を目的とした多目的ダムである。最上川河口である山形県酒田市から約200kmを遡った地点に位置する。堤体コンクリート打設方法にはRCD工法が採用され、運搬・打設設備に港湾荷役クレーンとして多く使用されているテルハ型クレーンを採用した。

2. 長井ダム諸元と概要

(1)長井ダム諸元

位置：山形県長井市平野・寺泉地内

河川名：最上川水系置賜野川

型式：重力式コンクリートダム

堤頂長：381m

堤高：125.5m

堤体積：約120万m³

集水面積：101.2km²

湛水面積：1.4km²

総貯水容量：5,100万m³

有効貯水容量：4,800万m³

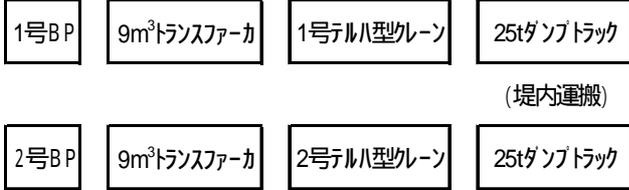
(2)施工概要

長井ダムは2000年4月に本体建設工事に着手し、約140万m³の堤体基礎掘削、ダム直上流の仮設備据付を経て、2002年10月に堤体初打設を迎えた。その後、4回の越冬期間を挟み、2006年11月に打設完了している。表-1に長井ダムの施工設備、図-1に堤体コンクリート運搬フローを示す。

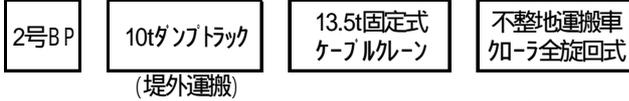
表-1 施工設備一覧表

機械名	仕様	基数
コンクリートプラント	二軸強制 3.0m ³ ×2型 (能力：180m ³ /h・基)	2
セメントサイロ	500t	2
フライアッシュサイロ	300t	2
トランスファーカー	電動型サイドシュート式 9m ³ 積/台	2
コンクリートバケット	自重蓄圧開閉方式 9m ³ 積/台 (予備1基)	3
ハザマクライミングリフト	自昇式 29.5t吊 コンクリート9m ³ 運搬	2
ケーブルクレーン	固定式 13.5t吊 コンクリート4.5m ³ 運搬	2
濁水プラント	300m ³ /h	1

堤体 河床～中標高部(RCD工法)



堤体 高標高部(拡張レアー工法)



*BP：バッチャープラント

図-1 コンクリート運搬フロー

3. ハザマクライミングリフト

(1)開発経緯

ダムにおけるコンクリート運搬設備は、昨今の環境への配慮やコスト縮減といった観点から、掘削法面などの地形改変を極力少なくする設備が注目されている。

長井ダムにおいても骨材製造・貯蔵・運搬設備並びにコンクリート製造設備を、ダム直上流に造成した河床ヤードに集中配置することが発注条件として示され、コンクリート運搬設備は河床からコンクリートを持ち上げる方式の「鉛直昇降型クレーン」と指定された。

このため当社では、港湾、地下LNGタンクで実績のあるテル八型クレーンをベースにクライミング機能を有したハザクライミングリフトを開発した。

(2)ハザマクライミングリフトの特徴

ダム工事へのテル八型クレーン採用は、長井ダムが初めてとなるため、ダムコンクリート運搬設備として種々の改良を行った。

a)自昇式テル八型クレーンの構造

自昇式テル八型クレーンは、マスト（支柱）と上下流に15m張り出した横行ガーターで構成されている（図-2参照）。本体下部に油圧式のクライミング装置を装備しており、自昇することができる。また、クレーン自身は自立できないために、図-2のように堤体に埋設したアンカーより、中間サポートを取る構造になっている。

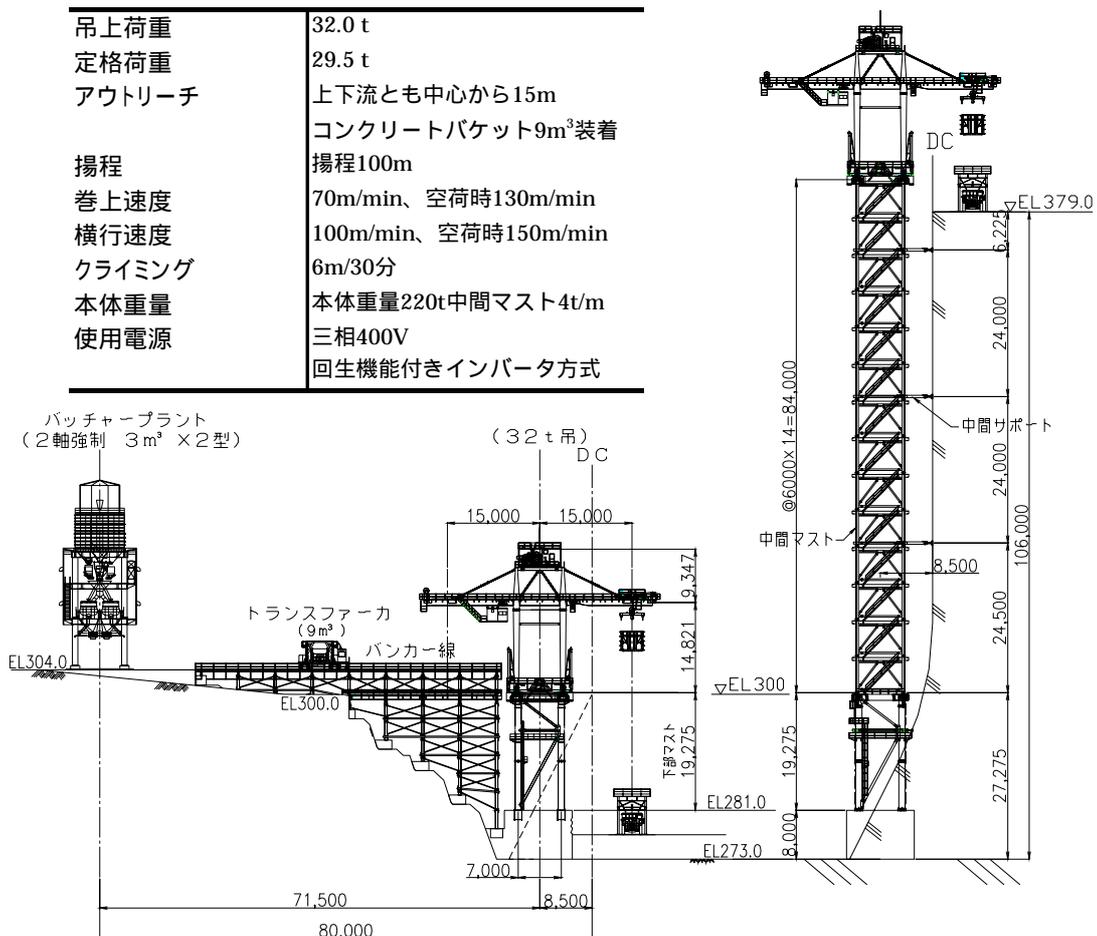


図-2 テル八型クレーン概要図

b) コンクリート運搬能力

1基あたりの計画最大能力は $220\text{m}^3/\text{h}$ である。
 (EL.300 付近) クライミングにより巻き上げ時間が長くなるため、高標高部では計画最大能力の半分程度まで減少する。

c) クライミング装置および手順

テルハ型クレーンのクライミング装置には、従来の押し上げ方式油圧シリンダーではなく、引上げ方式を採用している。これによりクライミング装置の軽量化を実現できた。

クライミング手順を以下に示す(図-3 参照)。

テルハマスト(H=6m)を組立、上部フレームを外し堤体に仮置き。

マストを吊上げ、クレーン本体底部に継ぎ足し。仮置きした上部フレームを吊上げる。

継ぎ足したマスト上に上部フレームを固定。

油圧シリンダーを伸長し、下部フレームに固定。

油圧シリンダーを縮め、下部フレームのカンヌキを外し、クライミング操作開始。クライミング終了後、カンヌキ挿入、クレーン固定。

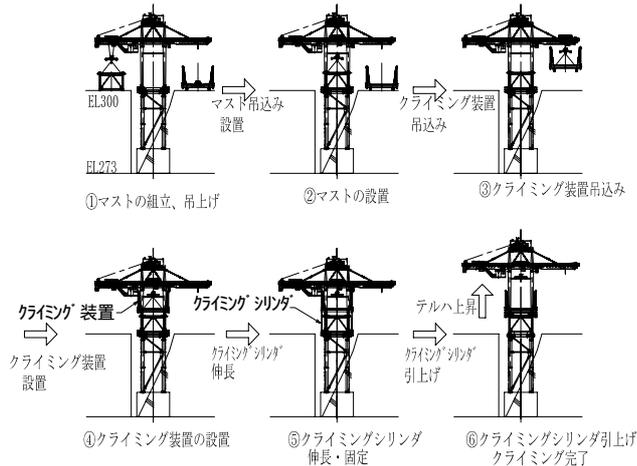


図-3 クライミング手順

d) コンクリート自動運搬システム

コンクリートの自動運搬システムは、数多くのダム現場で採用され実用化されている。長井ダムにおいても、国内最大級となる 9m^3 トランスファーカの自動運転を実施し、さらにテルハ型クレーンの運転をトランスファーカと連動させた自動運転とすることで、サイクルタイムの均一化、オペレータの負担軽減を行い、機械の最大能力を引き出すこととした。

e) リモートメンテナンス機能

施工機械の自動化が多く機械に進められると、制御システムの故障時には専門技術者が必要となり、復旧に時間がかかる。

テルハ型クレーンの運転制御においては、シーケンサーを上位のコンピュータで制御しており、現場内LANに接続して運転状況を外部のコンピュータで監視することを可能にし、24時間対応のリモートメンテナンスを実現した。トラブル発生時には、外部の専門技術者が現場まで来なくても故障原因を突き止め、復旧することができる。

(3) 打設実績

図-4にダム高と打設能力(時間当たり打設量)の関係を示す。テルハ型クレーンの実打設能力は施工標高によって変わるが、概ね $150\sim 200\text{m}^3/\text{h}$ の範囲に集中している。

一般にRCD工法を採用しているコンクリートダムにおける標準打設能力は、コンクリート運搬設備の公称能力に対する $50\sim 70\%$ 程度である。図-4にこの公称能力の $50, 70\%$ を併記してある。低標高部では1回の打設面積が狭く、堤内構造物も多いために、設備能力を十分に発揮できなかったが、中高標高部ではその制約が少なく能力を十分発揮した。

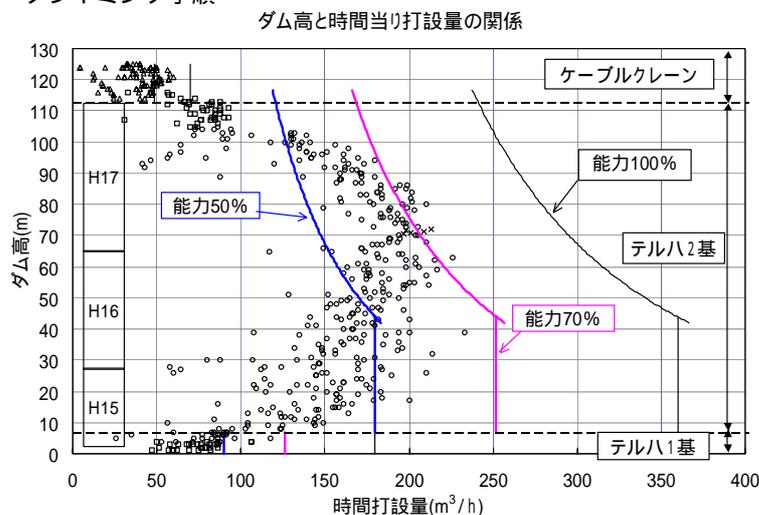


図-4 堤体コンクリート打設実績

4. 現場での工夫事例

昨今の社会情勢により、どこの現場においても「工程短縮」、「品質向上」、「コスト縮減」、「新技術の導入」などの課題に取り組まなければならない。ここでは長井ダムで取り組んだ事例を紹介する。

(1) 工程短縮の事例 「コンクリート打設工程の短縮」

「工程短縮」は過度の短縮でなければ、「コスト縮減」にも寄与するため、多くの現場で取り組んでいる課題である。長井ダムでも各工種において、「工程短縮」の取り組みを実施している。ここでは堤体コンクリート打設における工程短縮の事例を紹介する。

前述の通り、長井ダムでは低・中標高部の打設にはテル八型クレーン(2基)を使用し、高標高部の打設には、13.5t固定式ケーブルクレーン(1基)を使用する計画であった。この計画では図-4の通り、テル八型クレーン(2基)の時間当たり打設量が150～250m³/hあるのに対し、13.5t固定式ケーブルクレーン(1基)のそれは50m³/h弱と極端に低下し、工程の遅延が懸念された。

よって、高標高部の打設工程または打設速度を改善する方策が必要であった。

a) テル八型クレーン使用範囲拡大

テル八型クレーンの打設は、当初、河床(ダム高0m:EL.273)～EL.379(106m)までと計画されていた。これはテル八型クレーンのマストを2基ともに13柱までとしたためである。

しかし、EL.379以降も1リフトの打設量が4,000m³以上あるため、ケーブルクレーンのみの打設ではかなりの時間を要することが予想された。

この改善策として、テル八型クレーン支柱を一方(1号機:左岸側)を12柱、もう一方を14柱(2号機:右岸側)とした。これにより、テル八型クレーンは、EL.390(ダム高117m)まで使用可能となった(2号機のみ)。

この効果を検証した結果を表-2のEL.379(ダム高106m)以降のコンクリート打設回数の比較で示す。

表-2 高標高部打設回数比較表

ダム高 106m (EL.379) 以降の打設設備の条件		
ダム高	当初案	改善案
106m(EL.379)	CC1 基	TC2 基 打設回数 8 回
108m(EL.381)	打設回数 108 回	TC1 基と CC1 基の併用 打設回数 39 回
117m(EL.390)		CC1 基 打設回数 54 回
125.5m (EL.398.5) ダム天端		
打設回数計	112回	101回

上表記号: TC テル八型クレーン

CC 13.5t固定式ケーブルクレーン

改善案は当初案に比べ、打設回数が11回減少した。長井ダムの月平均打設可能日数が19日であることを考慮すると、3週間程度工程短縮に寄与したものと考えられる。

b) 先行打設

長井ダムの左岸側高標高部分には、上下流に大きなフーチングが設けてあり、打設の際には大きな負担になることが、当初より懸念されていた。

そこで堤体左岸側の1～3BLを他の部分に先行して打設することにより、堤頂部打設の負担を軽減することとした。

通常、堤体の高標高部とその下標高部を同時に打設することは安全上難しい。しかし、今回先行打設した左岸側1～3BLの掘削勾配は1:4.5と非常に緩勾配である。このため、左岸法面の途中に防護柵を設置することにより、上下作業による不安全要素を解消可能であった(図-5参照)。

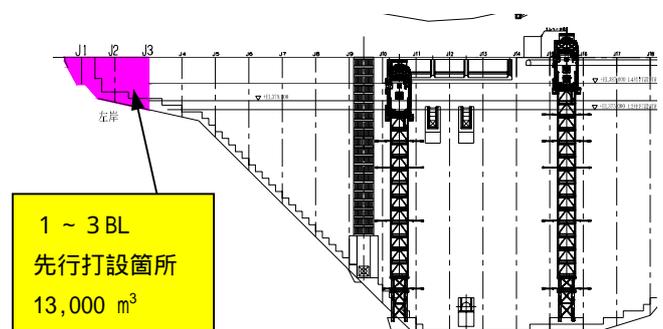


図-5 先行打設箇所位置図

1～3BL先行打設は、平成17年度春より実施し、平成17年度中に約8,000m³(18リフト:打設回数33回)打設した。

表-3 堤体打設実績

年度	打設 ブロック	コンクリート打設数量 (m ³)	
		当 初	実 績
H14		44,000	42,000
H15		270,000	290,000
H16		341,000	395,000
H17	1-3BL	0	8,000
	4-25BL	295,000	298,000
H18	1-3BL	8,000	5,000
	4-25BL	126,000	78,000
H19	1-3BL	5,000	0
	4-25BL	27,000	0
合 計		1,116,000	1,116,000
打設完了時期		H19.7	H18.11

(不陸整正コンクリートや人工アバットコンクリートは除く)

この結果、前述のテル八型クレーンによる工程短縮効果やその他の工程短縮努力により、5ヶ月程度打設工程を短縮できた(表-3参照)。

(2)品質向上事例

「品質向上」は、追加コストが発生する事も多く、なかなか取り組むことが難しい課題である。以下に述べる事例は、発注者と共に取り組む、設計変更や設計仕様の変更が可能となった事例を紹介する。

a)冬季養生対策

寒冷地でのコンクリートダム工事において、冬季は越冬期としてコンクリート打設を実施しないことが通例である。長井ダムでも12/11から翌年の4/10までが打設休止期間であった。

一般に、建設中のダムの越冬期間には、その年に構築された部分の越冬養生を実施する。ダムにおける通常の越冬養生方法は下記の通り。

越冬面(打継面)に養生シートを敷設

越冬面上に10~20cm程度湛水。

越冬面付近の型枠を養生シートまたは投光器にて保温養生。

長井ダムは冬季には-15 程度まで冷え込むこと、春季および秋季には日中の寒暖差が大きいという厳しい気象条件にあるため、事前に堤体コンクリートの温度応力解析を実施した。その結果は、コンクリート打継面および堤体上下流面全面に保温養生が必要というものであった。

この解析結果を踏まえ、材料選定を行い、表-4に示す材料を採用した。

この養生を現在まで続けてきているが、打継面および堤体上下流面には有害なひびわれは確認されていない。

表-4 養生材料

養生箇所	材 質
打継面 (越冬面)	高発泡ポリエチレンシート (厚さ20mm)
堤体上下流面	高発泡ポリエチレンシート (厚さ20mm)の表面に ポリプロピレンシート張 (対候性:劣化防止)



写真-1 断熱マット設置状況

b)プレキャスト部材の採用

近年、ダムの施工において、監査廊やエレベータシャフトといった堤内構造物にプレキャスト部材を使用するところが多い。長井ダムでも監査廊やエレベータシャフトにプレキャスト部材を採用した。ここでは、長井ダムで実施した天端構造物のプレキャスト化について紹介する。

当初、ダム天端張出部と高欄の施工は、図-6のようにブラケット上に設置した足場を使用して施工する予定であった。しかし、高所作業での墜落・転落災害等のリスクが高いことやダム天端の景観・品質を考慮して、プレキャスト部材の導入を図った。

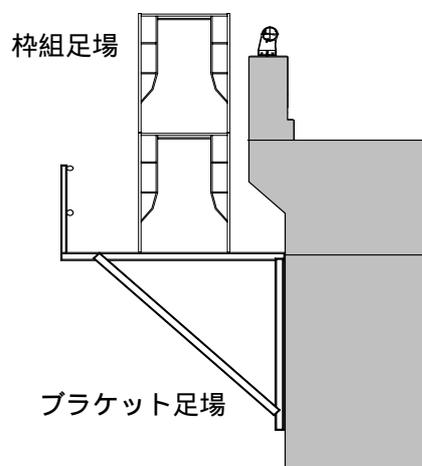


図-6 天端仮設図(当初)

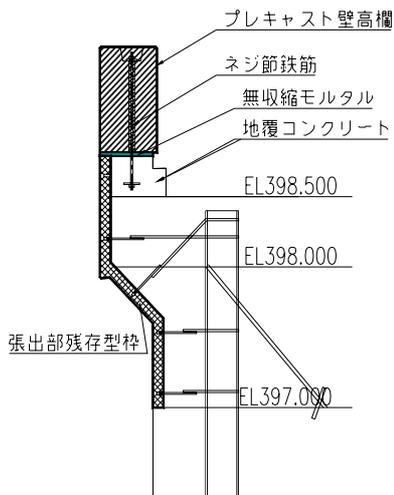


図-7 天端詳細構造図

ダム天端のプレキャスト部材は、図-7 のように張出部と高欄部からなる。

プレキャスト部材の導入により、張出部の作業はすべて内側からの安全作業が可能となった。また、張出部、高欄部ともに現場打ちと比較して品質・美観ともに向上できた（写真-2 参照）。



写真-2 プレキャスト部材設置状況

(3)新技術への取組み事例 「連続RCD」

ダムの合理化施工として開発されたRCD工法も数多くのダムで採用され、かなり一般的な工法となっているが、開発段階で期待された施工速度を確保できていないのが現状である。長井ダムでは、堤体コンクリート打設当初からRCD工法のさらなる合理化に向けて様々な検討、計画、試験施工が実施されてきた。そして、これらの集大成として平成17年5月に「連続RCD」の本体施工が実施された。この「連続RCD」の計画から施工状況、施工結果について紹介する。

a) 連続RCDとは

RCD工法は通常、打設分割を3分割（打設、養生、型枠等の3分割）とし、リフト高さは75～100cmで、打設を進めていく。

今回、計画された連続RCD工法とは、1リフトの施工ヤードを分割せずに連続施工する方法で、現行のRCD工法のさらなる合理化（各仕様の緩和）を実施するとともに、使用する施工機械、施工設備能力を最大限に発揮させることで堤体の打ち上がり速度の高速化を目指す施工法として考案されたものである。

b) 連続RCD施工計画

施工箇所と標高および施工時期

連続RCD工法の施工箇所は、常用洪水吐き等の構造物が本格的に出現する標高以下で、施工時期としては降雨量の少ない時期を選定した。

- ・ 施工箇所：打設面全面
- ・ 標 高：EL.344～346（図-8 参照）
（1リフト 40cm×5リフト、総打設量 18,280m³）
- ・ 時 期：平成17年5月17日～5月21日

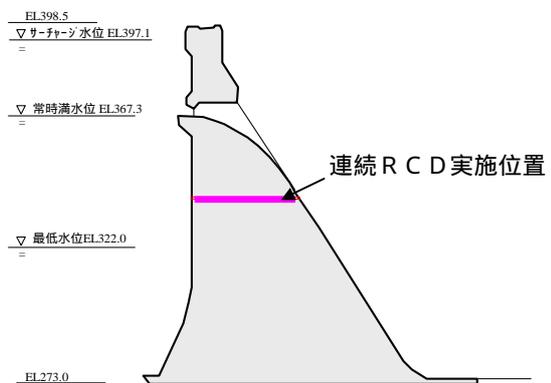


図-8 連続RCD施工位置図

施工仕様

連続RCD工法の施工仕様は、今回の施工に先立って行われた室内試験および減勢工において実施した試験施工の結果より決定した。現行のRCD工法と対比した施工仕様を表-5に示す。

合理化施工への取組

連続RCDをダム本体で実施するにあたり、以下の項目について、現行のRCD工法仕様より緩和された。

打継面処理の合理化

連続RCDは1リフトを無分割で連続打設することから、コンクリート打設間隔は打設面処理に要する時間に左右される。このため、既往の試験結果を総合的に評価し、現行のダムコンクリート品質を確保する範囲内で打継面処理の仕様を表-5のように定めた。

表-5 施工仕様

項目	連続RCD工法	現行RCD工法	
リフト厚	40 cm	100 cm	
RCD用 コンクリート 撒出し厚さ	20 cm × 2 層	20 cm × 5 層	
有スランブ コンクリート 締固め厚さ	40 cm / 1 層	50cm/2 層	
RCD転圧回数	無振動 2 回 + 振動 6 回	無振動 2 回 + 振動 10 回	
	仕上げ転圧なし	仕上げ転圧あり	
敷モルタル (打継面)	1.5cm	1.5cm	
上流外部 コンクリート幅	4.0m	2.5m	
打継面 処理	有スランブ コンク リート部	打継時間 24 時間以内 一次処理 ¹ 24 時間以上 従来処理	従来处理 (通常のグリー ンカット)
	RCDコ ンク リート部	打継時間 48 時間以内 簡易清掃 ² 48 時間以上 従来処理	従来处理

1 一次処理：打設後 12 時間を目安に高圧洗浄水でコンクリート表面のレイタンスを除去

2 簡易清掃：打設前に浮き石等を取り除く程度

若材齢コンクリート上の重ダンプトラック走行規制緩和

連続RCDを実施するに際して、コンクリート打設間隔を縮めた場合、長井ダム施工仕様で定められた現行の若材齢コンクリート上の重ダンプトラック(25t 級)走行規制(敷鉄板使用で

6 時間以上)を守ることは不可能であった。このため、他ダムの試験施工で確認された結果をもとに、テルハ型クレーン直下で荷受け後の重ダンプトラック加速区間は、敷鉄板による保護を行い、ハンドルを切るカーブ区間はゴムシートによる保護を実施することとした。また、他の走行区間等は特に何も保護しないこととした。

コンクリート打継ぎ時間の緩和

現行のRCD工法では、隣接レーンの打継ぎ時間を 4 時間以内と制約している。しかし、連続RCDの事前検討では、最大約 8 時間の打継ぎ時間を要する計画となった。

このため今回、連続RCD工法では打継時間の規制緩和として、48 時間以内の打継ぎ部は傾斜処理(図-9 参照)を実施することとした。

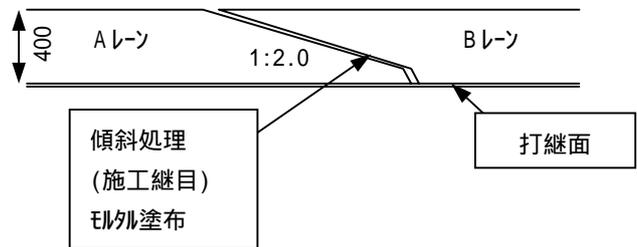


図-9 打継ぎ部傾斜処理概念図

C) 施工結果

コンクリート打設

表-6 に連続RCD時のコンクリート打設実績を示す。すべての打設日においてほぼ計画通り施工でき、特に問題は発生しなかった。打設状況を写真-3に示す。

表-6 コンクリート打設実績

	打設量 (m ³)	打設時間 (h)	時間当り 打設量 (m ³)
基本計画	3,700	19.0	195
第1リフト目	3,828	19.4	197
第2リフト目	3,615	16.9	214
第3リフト目	3,542	18.3	194
第4リフト目	3,634	17.2	211
第5リフト目	3,661	18.0	203
平均	3,656	18.0	204



写真-3 コンクリート打設状況



写真-4 重ダンプトラック走路養生状況

打継面処理

当初、重ダンプトラック走路部の打継面が荒れ、その付着強度が十分得られず、品質上問題となることが懸念された。しかし、敷鉄板およびゴムマットにて打継面の養生を行った走路（写真-4 参照）のみならず無養生区間にも、予想された重ダンプトラックの走行による轍などは発生しなかった。

また、RCDコンクリート部の打継面処理（簡易清掃）による品質への影響やダンプ走行部、傾斜打継ぎ部における打継面の影響を 200 のコア採取を行い、評価した。

RCDコンクリートコア評価は表-7 に示す基準によって、コアの外観を 5 点満点で評価した。評価点を整理したものを表-8 に示す。

一般部、ダンプ走行部のコア評価点は現行 RCD の評価点と比較して高いものとなった。これは、現行 RCD はリフト厚 1m であるのに対し、連続 RCD はリフト厚が 40cm と薄いため、振動ローラによる転圧が十分にいきわたったためだと考え

られる。また、傾斜打継ぎ部の評価点は現行 RCD と比較してやや低い評価ではあるが、問題となる程度のものではなかった。

表-7 RCDコンクリートコア評価基準

評価点	評価基準
5	表面が緻密で通常のダムコンクリートに比べてさほど遜色の無い部分
4	表面がややポーラスな部分、砂分が少し洗われている部分
3	表面がややポーラスな部分、モルタル分が少し剥げ落ちている部分
2	モルタルが粗骨材のまわりに十分にいきわたらず、豆板状になっている部分
1	粗骨材がバラバラで、コンクリートとして外観を全く呈していない部分

表-8 コア評価結果表

	平均点	点数別百分率(%)		
		5	4	3
現行 RCD 部*	4.66	66.0	34.0	
一般部	4.82	82.0	18.0	
ダンプ走行部	4.85	86.0	13.8	0.2
傾斜打継ぎ部	4.58	58.0	42.0	

*平成 17 年 4 月～8 月に施工した現行 RCD 部
コア評価結果

5. まとめ

長井ダムは現在、仮設備撤去、天端整備、貯水池内法面工事など平成21年度の湛水開始に向けて鋭意工事を進行中である。

最後に本工事で様々なご指導、ご協力を頂いた国土交通省東北地方整備局長井ダム工事事務所をはじめとする関係者の皆様にこの場を借りて、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 谷田広樹：長井ダムの施工について - 連続 RCD 工法による本体施工について - , ダム日本, No.735, pp. 27-44, 2006.
- 2) 谷田広樹, 吉田久：長井ダム本体工事における「連続 RCD 工法」の試み, ダム技術, No.233, pp. 37-44, 2006.