

コンクリートダム施工の合理化と情報化

—長井ダム施工について—

三 浦 健 二

近年のコンクリートダム施工においては、より環境に配慮しつつ、工事費の縮減とリアルタイムな品質管理および情報の共有化が求められている。長井ダムでは自然環境の改変を極力少なくする施工設備の配置が計画され、新たな大容量コンクリート運搬設備を開発した。打設速度が低下する堤体高標高部においても工法の改善を図り、打設工程短縮を実現した。またインターネットを施工フィールドまで延長し、迅速な情報把握のもとに品質確保、管理の効率化を進めた。本報文では長井ダムで開発・導入した設備と管理手法を紹介する。

キーワード：コンクリートダム，RCD工法，コンクリート運搬設備，テルハ型クレーン，リモートメンテナンス，水平バケット，スプレッドコンベヤ，グラウトインスペクター

1. はじめに

長井ダムは、山形県長井市を流れる最上川水系置賜野川に建設が進められている多目的利用の大規模重力式コンクリートダムである。

ダムの規模は東北地方のコンクリートダムでは最大級であり、国土交通省東北地方整備局としては、玉川ダム、月山ダムに続いてRCD工法で施工する3つ目のダムである。堤体コンクリートの運搬・打設設備は、玉川ダムではインクライン、月山ダムではベルトコンベヤ方式と、都度、新たに開発された設備が採用されている。今回、長井ダムでは、ダム用に自昇式のテルハ型クレーンを開発し、堤体にコンクリートを運搬する方法として採用された。

工事は2000年4月本体工事に着手し、2002年10月に堤体打設を開始、工事は順調に進み、予定を早め

て2006年11月に打設を完了した。図-1、表-1に長井ダムの概要を示す。

ここでは長井ダム打設の特徴と主要なコンクリート運搬打設設備の内容、また現場LANを使用した情報の共有化などを中心に報告する。

表-1 長井ダムの概要

工 事 名	長井ダム本体建設第1工事
発 注 者	国土交通省東北地方整備局長井ダム工事事務所
所 在 地	山形県長井市平野・寺泉地内
総貯水量	5,100万 m ³
型 式	重力式コンクリートダム
形 状	堤 高：125.5 m 堤頂長：381 m 堤体積：120万 m ³
施 工	間・前田・奥村特定建設工事共同企業体

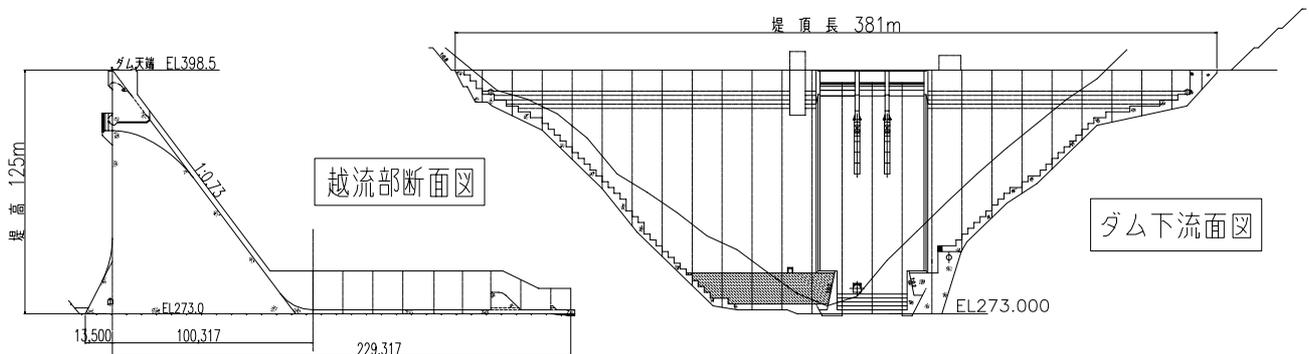


図-1 堤体越流部断面図およびダム下流面図

2. 堤体打設の特徴

長井ダム打設の特徴を以下に示す。写真—1は堤体上流面における施工設備配置状況である。テルハ型クレーンはダム高104mまでを2基で、その後1基で117mまで使用した。残り標高は固定式ケーブルクレーンで施工している。



写真—1 堤体高標高部の打設状況
(右岸側テルハ型クレーンのみ稼働)

- ①コンクリート主運搬設備としてテルハ型クレーンを大型ダムでは初めて採用。
- ②河床 EL273～EL379 (H = 106 m 約 106 万 m³) を RCD 工法で、EL379～EL398.5 (H = 19.5 m 約 9 万 m³) は拡張レーヤ工法で施工。
- ③岩着部を除いて、リフト厚は1m。
- ④セメント (中庸熟) とフライアッシュは現地混合方式とし、フライアッシュ置換率は30%。夏季はRCD部と岩着部で置換率40% (温度対策)。
- ⑤骨材原石は花崗閃緑岩。堤体基礎掘削岩からも約14万tを流用。粗骨材最大寸法は80mm (骨材製造は本体建設第2工事JVが担当)。
- ⑥通廊、エレベータシャフト、天端張出し部、高欄にプレキャストを積極的に採用。
- ⑦毎年の打設期間は4月11日から12月10日。RCD工法部での計画打設可能日数は月平均16日。当初計画の実打設月数38ヶ月 (実績33ヶ月)、越冬休止を含む暦月数58ヶ月 (実績50ヶ月)。
- ⑧月最大打設量は計画54,000 m³、実績63,970 m³。日最大は計画4,800 m³、実績5,157 m³。

表—2に堤体打設用の施工設備概要を示す。

表—2 施工設備概要

設備名称	仕様
コンクリートプラント	二軸強制 3 m ³ × 2 型 (公称能力 180 m ³ /h) 2 基
骨材引出設備	ベルトコンベヤ W1050 No.1～No.5 総延長 345 m
セメント設備	セメントサイロ 容量 500 t 2 基 フライアッシュサイロ 容量 300 t 2 基
クーリングプラント	コンクリート練混ぜ水冷却用 80～90 JRT 2 基
温水設備	温水ボイラー 500,000 kcal/h 2 基
トランスファーカ	電動型サイドシュート式 9 m ³ 積み 2 両
コンクリートバケット	自重蓄圧開閉方式油圧バケット 9 m ³ 3 台 (予備 1)
テルハ型クレーン	自昇式 29.5 t 吊り コンクリート 9 m ³ 運搬 2 基
ケーブルクレーン	固定式 13.5 t 吊り コンクリート 4.5 m ³ 運搬 1 基
濁水プラント	300 m ³ /h 1 基, 薄層フィルタープレス 1 基

3. コンクリート運搬, 打設設備

(1) テルハ型クレーンの特徴と稼働実績

長井ダムでは自然環境の改変を極力少なくする観点から、堤体掘削で発生した掘削ズリの一部をダム上流に盛土造成し、そこに骨材およびコンクリート製造設備などを集中配置することが計画された。そして鉛直にコンクリートを持ち上げる運搬設備が検討され、港湾の荷役機械等で使用されているテルハをベースに、ダム用にクレーン本体をリフトアップする自昇式テルハ型クレーンを開発し実用化した (写真—2)。

テルハ型クレーンは旋回機能を有しない二次元運動の機械であり、重量物を扱いやすく、構造がシンプルであることに特徴がある。表—3にその仕様を示す。

(a) 運搬能力, 作業性

大規模ダムの高速施工に対応し 9 m³ コンクリート



写真—2 テルハ型クレーン2基による打設状況

表—3 テルハ型クレーンの仕様

定格荷重	29.5 t
アウトリーチ	上下流とも中心から 15 m コンクリートバケット 9 m ³ 装着
揚程	揚程 100 m
巻上速度	70 m/min, 空荷時 130 m/min
横行速度	100 m/min, 空荷時 150 m/min
クライミング	6 m/30 分
本体重量	本体重量 220 t 中間マスト 4 t/m
使用電源	三相 400 V 回生機能付きインバータ方式

バケットを使用しコンクリート運搬を行う。2基による最大稼働実績は 342 m³/h であった。堤内運搬の 25 t ダンプトラックや 25 t 級ラフテレーンクレーン等もそのまま吊り込むことができ、堤体内の作業状況に合わせた柔軟な対応が可能であった。

(b) クライミング機能

ダムが打ち上がるにしたがい、長ストロークのクライミング装置により中間マストを継ぎ足しながら 6 m ごとにクライミングする。休止日数を少なくするため、2 柱 (12 m) のクライミングも実施した。左岸側 1 号機が 12 柱、右岸側 2 号機は 14 柱まで使用した。

(c) ダム用クレーンとしての性能

重荷重のコンクリート運搬と放出を繰り返し行う過酷な状況で使用するダム用クレーンとして設計されているが、機械重量は比較的軽く、経済性に優れている。風にも強く、故障の少ない機械であり、大きなトラブルがなく使用できた。表—4 はクレーン設備の年度ごとのコンクリート運搬量を示す。

表—4 テルハとケーブルクレーンのコンクリート運搬量

年 度	1 号機	2 号機	ケーブルクレーン	計
H14 年度	0	41,200	0	41,200
H15 年度	107,700	181,200	0	288,900
H16 年度	179,000	213,000	0	392,000
H17 年度	140,800	157,000	11,100	308,900
H18 年度	0	46,800	36,000	82,800
計	427,500	639,200	47,100	1,113,800

(d) 環境改変規模の低減

ダム河床部にプラントを集約配置することで、仮設備ヤード造成のための大規模な掘削を減らすことができ、自然環境保全上も選択肢の多い設備である。

(e) 安全性

堤体へのコンクリート供給点は定位置であり、作業員が集中している堤体面の上空を荷が横切らないので静かに、安全な作業環境が確保できた。さらにバケット制振制御運転によりヒューマンエラーを防ぎ、省力

化と安全性を向上させた。

(2) 運搬システムの自動化

バッチャープラントからクレーンまでコンクリートを運搬するバンカー線自動運転システムは、既に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 9 m³ トランスファーカを連動させて自動運転することにより、サイクルタイムを均一化し、設備の最大能力を引き出すことができた。写真—3 に自動運転状況を示す。



写真—3 トランスファーカ無人運転状況

(3) 9 m³ 油圧開閉式コンクリートバケット

一度に大量のコンクリートを堤体に運搬する必要から、9 m³ コンクリートバケットを使用した(写真—4)。このバケットは、吊り上げ時に自重と積載コンクリートの重量により油圧シリンダーを圧縮し、発生する油圧を動力としてバケット下部のゲートを開閉する。

写真—4 自重蓄圧開閉方式 9 m³ 油圧バケット

- ①ゲート開閉動力に圧縮エアを使用しないので、搭載コンプレッサの燃料補給や外部から動力供給が不要で、ランニングコストおよび環境対応に優れている。寒冷地の凍結にも強い。
- ②底部の開閉ゲートは4枚が作動しており、コンクリート放出がスムーズに行われた。
- ③無線による遠隔操作と、高所でのゲート開き防止装置の採用により、安全性を高めた。
- ④油圧回路が閉回路でありメンテナンスが容易であった。

(4) 水平型 4.5 m³ 油圧開閉式バケット

テルハ型クレーン使用終了以降の高標高部の打設は固定式ケーブルクレーンにより打設した。しかし、コンクリートの荷取りを行う左右岸天端は狭く、資機材の仮置きスペースの確保と搬入搬出作業をこなしながらいかに打設の効率を上げるかが鍵となった。

これらの諸問題を解決するため、以下の特徴を有する4.5 m³ 水平式コンクリートバケット（写真—5）を導入した。

- ①横置き型であるため、ダンプトラックやトラックミキサからの直接投入が可能であり、積替えのバケット着床構台あるいはハイダンプトラックのような特殊装備を必要としない。



写真—5 水平バケットへのコンクリート積替え

- ②9 m³ コンクリートバケットと同様の自重蓄圧開閉方式を採用している。

当時試作品だったものを平成18年度に持込み、長井ダムで使用しながら改造を加え、30,000 m³ 以上を打設した。左右岸天端のどちらからでも荷取りが可能となり、スペースの有効利用と、バケット着床構台部の後行打設の回避が実現でき、空中運搬に伴う堤体作業制約の緩和と打設工程短縮にも貢献した。汎用性が

あり、これからのダム工事で堤体や減勢工の打設方法に大きなインパクトを与える可能性がある。

(5) スプレッダコンベヤ

長井ダムのケーブルクレーンは固定式であり、打設には堤体内でダンプトラック、バックホウ、ホイールローダ等の補助機械を必要とし、堤内でコンクリートを二次運搬しなければならない。しかし狭あい部においてはコンクリート運搬が困難であり、そのための対策としてスプレッダコンベヤ（写真—6）を導入した。これは0.4 m³ バックホウをベースマシンとしている。ホoppa容量4.5 m³、輸送コンベヤは9～17 mまで伸縮し上下に±5°でチルトする。コンクリートを積載したまま走行し、コンベヤを伸縮させてコンクリートを撒布打設することができ、高い機動性を発揮した。



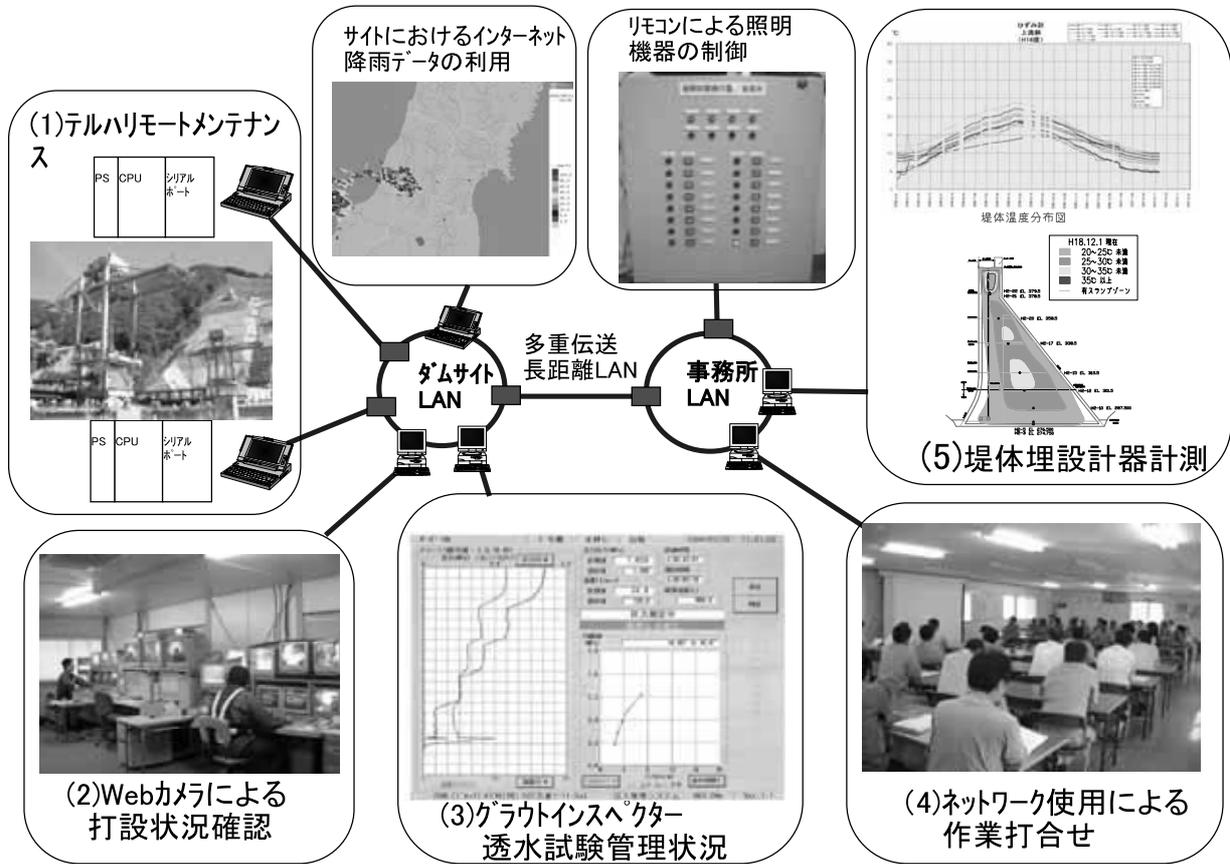
写真—6 スプレッダコンベヤによる打設状況

4. 情報の共有による効率化と品質確保

長井ダム第1JVでは、事務所および現場内にLANを敷設しいろいろな業務の効率化を図ってきた。図—2にデータ共有のイメージ系統図を示す。

(1) テルハリリモートメンテナンス

テルハ型クレーンの運転制御用のコンピュータを現場LANに接続し、さらにインターネットを介してメンテナンスセンターへ接続し、システムの専門技術者が動作状況を確認できるシステムを導入した。これによりシステムソフトや電氣的トラブルの発生に対し、短時間で対応できた。雷によるソフト損傷や内部設定値の変更、高調波による影響への対応などリアルタイムのメンテナンスを行うことができた。



図一 2 LAN を利用した長井ダムの情報化施工

(2) Web カメラ使用による現場状況管理

堤体は打設進捗に合わせ刻々と変化していく。現場全体状況は発注者が設置している監視カメラの画像をJV と協力会社事務所にも導き、常時視認しているが、死角となる箇所や作業上確認したいところなどでは運用性が限られる。それを補うものとして、JV ではLAN 上で使用できる移動が容易な Web カメラを設置した。現場の通信ケーブルに接続し、映像をバッチャープラント操作室やJV 事務所のパソコンでも視認できるようにして、作業状況の管理も行ってきた。

(3) グラウトインスペクター

グラウチングで扱う施工情報には、岩盤の透水性、注入圧力、流量、セメント注入量などがある。それらの情報を自動的に集約し、的確な指示情報を与えるシステムとして、新グラウチング管理システム（グラウトインスペクター）が開発され、長井ダムで初めて実用化した。情報はインターネットを介して発注者、コンサルタント、施工業者間でリアルタイムに把握でき、システムの導入により以下の効果が得られた。

- ①Web 上で、注入仕様・施工状況・作業予定・データベース等の施工情報の閲覧が可能となった。
- ②情報伝達の迅速化により、グラウチング管理サイク

ルの短縮が図れた。

- ③注入作業の自動判定機能を強化し、情報の不一致やデータ解釈の過誤などの問題を解消して高い品質を確保している。

(4) C2M システムによる作業打合せ

C2M (Cyber Construction Management) システムは、JV 事務所および協力会社のパソコンをLAN で結んでいる。作業予定および安全指示をJV と協力会社の各担当者が各人のパソコンで入力することにより、作業日誌を速やかに作成するもので、定常業務の大幅な時間短縮と日々の作業打合わせの効率化が図られている。また作業日誌がデータベース化されるのでKY 用紙の発行、安全月報の集計も容易である。打合わせにおいては大型プロジェクトを使用し、作業日誌のみならず、サーバに蓄積された写真やCAD データを用いた作業説明ができ、確実な意思伝達に役立っている。

(5) 堤体埋設計器の自動計測

ダム本体に設置される埋設計器は、施工中のダム内部の温度管理に使用される温度計、ひずみ計、無応力計、間隙水圧計など160点におよぶ。このデータ収集

は従来、現場の測定機器から IC カードなどの媒体に記憶させ、事務所に持ち帰って処理してきた。これを、現場 LAN により測定データが逐次自動的に送られてくるシステムに替えたことで、データ収集が効率化され温度応力解析なども迅速に行われている。

5. おわりに

長井ダムでは、2005年5月に、さらなる高速施工を目指す工法として「連続 RCD 工法」による堤体打設を行った。その過程で品質が確認された新たな施工技術の方向として、打継面処理の合理化、傾斜打止め

処理などが成果として発表されている（『ダム技術』233, 『ダム日本』735 参照）。

ダム工事の工程短縮、コスト縮減、そして品質を確保する技術環境の整備は、これからのダムづくりにおいてますます高度なものが求められてくる。 **JCMA**

【筆者紹介】

三浦 健二 (みうら けんじ)
株式会社間組
長井ダム本体建設第1工事
間・前田・奥村 JV 所長



建設の機械化／建設の施工企画 2004年バックナンバー

平成 16 年 1 月号 (第 647 号) ～平成 16 年 12 月号 (第 658 号)

1 月号 (第 647 号) ロボット技術特集	5 月号 (第 651 号) リサイクル特集	9 月号 (第 655 号) 維持管理特集	■体裁 A4 判 ■定価 各 1 部 840 円 (本体 800 円)
2 月号 (第 648 号) 地震防災特集	6 月号 (第 652 号) 海外の建設施工特集	10 月号 (第 656 号) 環境対策特集	■送料 100 円
3 月号 (第 649 号) 地下空間特集	7 月号 (第 653 号) 安全対策特集	11 月号 (第 657 号) 除雪技術特集	
4 月号 (第 650 号) 行政特集	8 月号 (第 654 号) 情報化施工特集	12 月号 (第 658 号) 新技術・新工法特集	

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>