第 21 回 国土技術開発賞 優秀賞受賞

ダムコンクリート自動打設システム

ダムコンクリートの製造・運搬・打設を完全自動化

〔受賞者〕 清水建設株式会社
〔本稿執筆者〕 山下（やました） 哲一（のりかず），立花（たちはな） すばる，森山（もりやま） 忍（しのぶ），森（もり） 日出夫（ひでお），加瀬（かせ） 俊久（としひさ）

以下に，第 21 回 国土技術開発賞 優秀賞を受賞した「ダムコンクリート自動打設システム」を紹介します。

1. はじめに

今日，建設業界全体の傾向として，ICT 技術を用いた情報化施工および生産性向上を目指す動きが活発化している。ダム建設工事においても，活発に取り入れられ，新たな開発も進められている。

重力式コンクリートダムの建設において，コンクリート打設工事はコンクリートの製造・運搬・打設の繰返し作業を数年にわたり実施するものであり，本体工事費の約 6 割，工期の約 5 割を占める。また，大型重機の操作や締固め作業において，多くの熟練技能者が必要とされる。特に，軌索式ケーブルクレーンを採用した際には，複雑な 3 次元的クレーン操作が求められるため，より熟練の技術が必要となる。

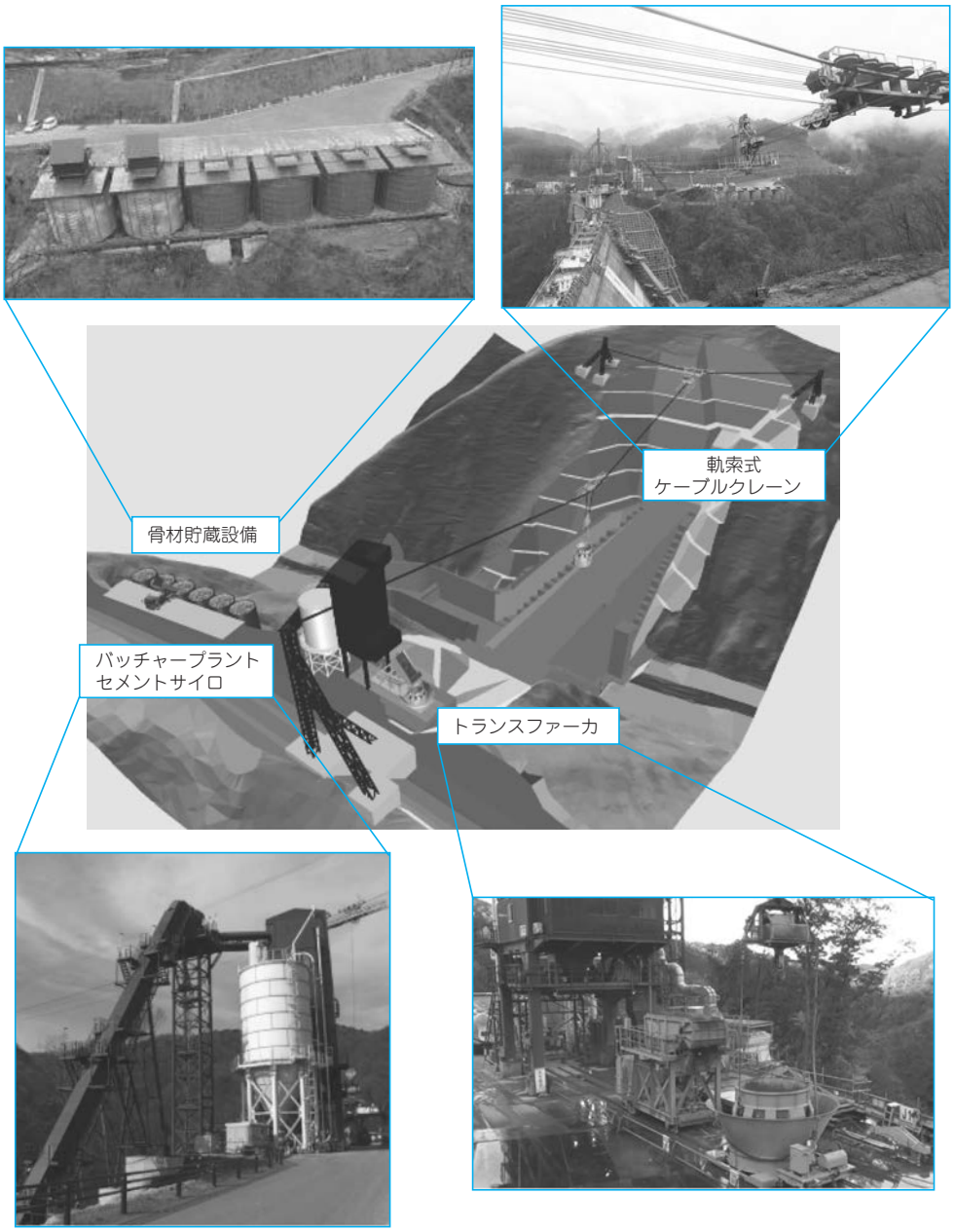
コンクリート打設の一連作業を自動化することは，繰返し作業の効率化（生産性向上）および熟練技能者の減少に対して大きな効果が期待される。このため，コンクリート製造設備（以下，「バッチャープラント」という）への材料供給，コンクリートの製造（練混ぜ），コンクリート運搬台車（以下，「トランスファーカ」という）による運搬，軌索式ケーブルクレーンによる運搬・打設の工程を一貫して自動化する「ダムコンクリート自動打設システム」（以下，「本システム」という）の開発を目指すことに至った。本システムは，軌索式ケーブルクレーンを使用してコンクリートを打設している簗川ダム（岩手県盛岡市）で導入し，有効性の検証を行った。

2. 簗川ダムの概要

簗川ダムは，洪水調節，取得用水の安定化および河川環境の保全，盛岡市および矢巾町の水道用水の確保，水力発電を目的として一級河川北上川水系簗川に建設中の，堤高 77.2 m，堤頂長 249.0 m，堤体積 228,500 m^3 の重力式コンクリートダムである。発注者は岩手県であり，施工は清水建設・鴻池組・平野組特定共同企業体で行っている。

簗川ダムでは，コンクリート骨材は現地採石工場から購入しており，仮設備として，骨材貯蔵設備，セメントサイロ，バッチャープラント，トランスファーカおよび軌索式ケーブルクレーンを設置している（図－1）。

・工 事 名　簗川ダム建設（堤体工）工事
・工事場所　岩手県盛岡市川目
・工　　期　2014.12.10 ～ 2021.3.31
・工事内容　転流工（仮排水路トンネル）：285 m
　　基礎掘削工：168,000 m^3



図－1　簗川ダム仮設備配置図

堤体工：228,500 m³

基礎処理工：1 式

・主要資材：コンクリート用骨材 525,100 t

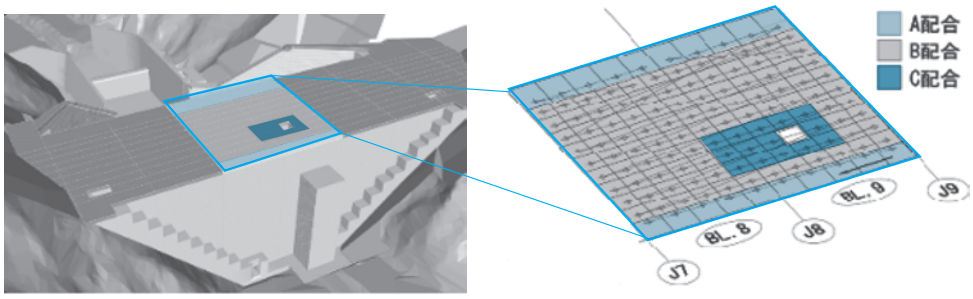
セメント 47,500 t

3.　ダムコンクリート自動打設システムの概要

本技術は打設開始に先立ち，コンクリートの運搬先となる打設位置の 3 次元座標，投入する配合種別，数量等を記載した打設計画を作成する。この計画データを本システム（図－2）に入力すると，材料の供給設備（骨材貯蔵設備・セメントサイロ）～バッチャープラント～トランスファーカ～軌索式ケーブルクレーン等のダムコンクリートの製造から運搬・打設（コンクリートバケットからコンクリート放出まで）に関わる各設備が一連の作業を自動で繰り返す。

打設位置の 3 次元座標は，CAD 図を基にコンクリートの放出位置を決定し，打設面標高は打設リフトを基に決定する。3 次元座標を決定後，当該箇所に放出するコンクリートの数量を記入する。

バッチャープラントでは，作成した計画データ



No.	配合	打設量	打設位置						打設面標高	
1	M	1.25	X=	36843.161	Y=	−36187.917	Z=	260.700
2	A	5.00	X=	36844.973	Y=	−36190.308	Z=	260.700
3	A	5.00	X=	36846.784	Y=	−36192.700	Z=	260.700
4	A	5.00	X=	36848.595	Y=	−36195.091	Z=	260.700
5	A	5.00	X=	36850.407	Y=	−36197.483	Z=	260.700
6	A	5.00	X=	36844.605	Y=	−36186.510	Z=	260.700
7	A	5.00	X=	36846.114	Y=	−36188.503	Z=	260.700
8	A	5.00	X=	36847.624	Y=	−36190.496	Z=	260.700
9	A	5.00	X=	36849.133	Y=	−36192.488	Z=	260.700
10	A	5.00	X=	36850.642	Y=	−36194.481	Z=	260.700

図－2　ダムコンクリート自動打設システム概念図

を制御用コンピュータに入力すると，計画どおりの配合および練混ぜ量でコンクリートを製造する。

軌索式ケーブルクレーンでは，制御用コンピュータに計画データの打設位置および打設面標高（X，Y，Z）を入力し，打設順序に対応した位置および標高にコンクリートを自動で運搬する。

4.　各種設備の自動化

打設に先立ち，コンクリート構成材料（細骨材・粗骨材・セメント・練混ぜ水等）を各骨材貯蔵設備，セメントサイロ等からバッチャープラント内のトップビンに自動供給する。打設の進捗に伴いトップビン内の各材料が消費されると，ビン内の残量センサから供給信号が発信され，自動供給される。

コンクリート製造設備では，計画データに基づき自動でコンクリートの練混ぜを行う。各種コンクリート材料は，配合種別ごとに定められた数量を自動で計量する。細骨材の表面水率は非接触式の水分計により自動測定し，細骨材や練混ぜ水の計量値の調整を行う。材料の計量完了後は，自動で材料をミキサに投入し練り混ぜる。その後，製造されたコンクリートはミキサ下のホッパへ荷卸しされる。

続いてホッパへ荷卸しされたコンクリートは，トランスファーカへ荷卸しされる。トランスファーカは，計画データどおりのコンクリート数量の積載を確認後，コンクリートバケット（以下，「バケット」という）へ向けて発進する。バケットへ到着後，コンクリートを荷卸しする。

コンクリートを積載したバケットは，軌索式ケーブルクレーンにより計画データに記載された3次元座標（X，Y，Z）に自動で運搬される。バケットの位置制御は，3次元座標をケーブルクレーンのワイヤー巻出し量に変換することにより行っている。

ケーブルクレーン横行時の加速，減速に伴うバケットの揺動は，熟練オペレータのクレーンの操作を参考に制御プログラムを構築し，最小化した。なお，コンクリートを放出した際の反動によるバケットの持上がりも，同様に熟練オペレータの操作を参考にバケットの高さを一定に保つように制御した。

5. ダムコンクリート総合管理画面

本システムの開発に付随して，コンクリートの打設状況を「見える化」する「ダムコンクリート総合管理画面」を作成・導入した。本画面は，各設備から出力される動作信号および作成した打設計画を基に打設の進捗状況をリアルタイムで表示する（図－3）。また，本画面は現場の関係者ならだれでも PC やタブレット端末から確認可能であり，製造・運搬中のコンクリート配合や現状の打設量を容易かつ視覚的に把握できる。また，打設状況も記録されるため，コンクリート打設のトレーサビリティ管理にも適用可能である。

6. ダムコンクリート自動打設システムの導入効果

簗川ダムでは，軌索式ケーブルクレーンを使用したコンクリート 213,000 m³ の内，約 40,000 m³ に本システムを適用し，以下の導入効果を得た。

① 打設の 1 回当りの時間（サイクルタイム）が 3 分 40 秒程度から約 3 分 20 秒程度へと約 20 秒短縮され，約 10% の時間短縮効果があった。

② ダムコンクリート打設に関わる人員を 15 名から 10 名へ約 2/3 に削減可能であった。

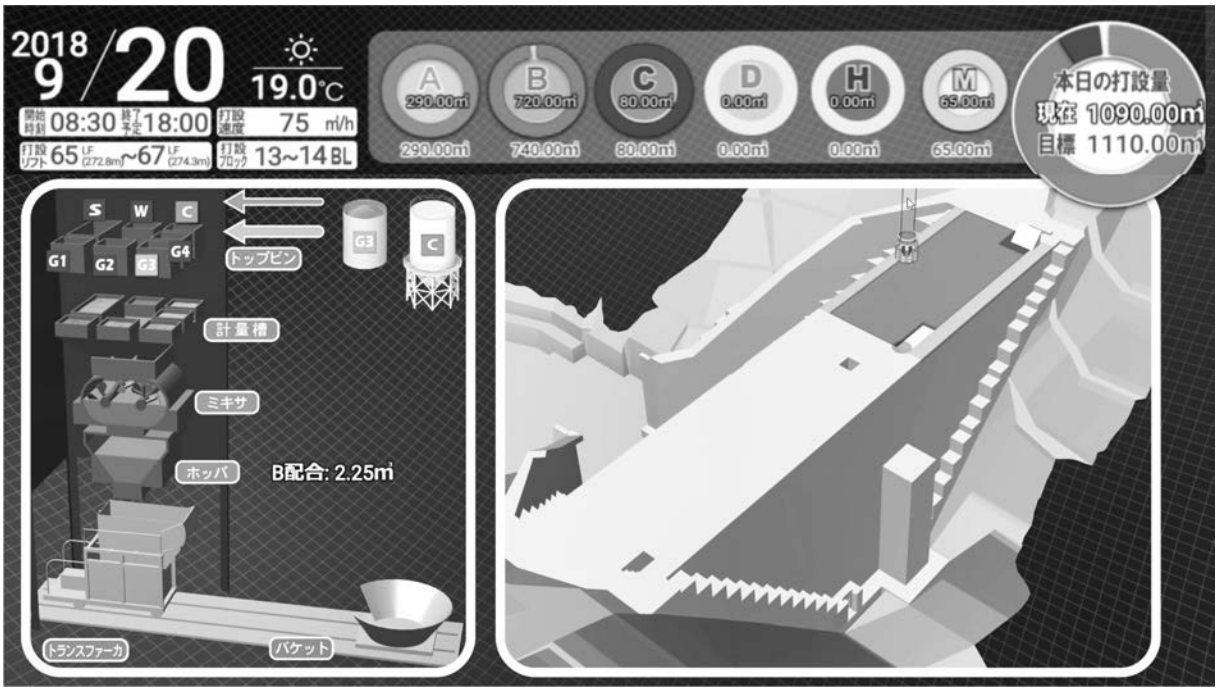
③ 経験の少ないオペレータでも，熟練オペレータと同等の作業が可能であった。

④ オペレータの作業負荷を低減できた。

7. おわりに

本システムは，コンクリートの製造から運搬・打設を統合した自動化システムである。今回，軌索式ケーブルクレーンに対応するシステムとして開発したが，他の形式のクレーンでも適用可能である。今後は，熟練クレーンオペレータの操作の AI 化，表面水補正や打設の進捗状況に対応した計画の自動変更を目指す所存である。

最後に，本開発業務の遂行にあたりご指導，ご協力いただいた岩手県盛岡広域振興局土木部簗川ダム建設事務所の皆様，技術開発に取り組んでいただいた協力業者の皆様，簗川ダム共同企業体の皆様に厚く御礼申し上げます。



図－3 ダムコンクリート総合管理画面