

11. 富郷ダムコンクリート打設設備の自動化

水資源開発公団：大塚 明克・*京井 幸源



1. はじめに

四国三郎吉野川支流銅山川に水公団で富郷ダムを施工している。富郷溪谷の急峻な地形に重力式コンクリートダムが徐々に姿を見せつつある。

富郷ダムでは、コンクリートダムの合理化施工として、RCD工法及びELCM工法により施工するが、コンクリート運搬設備としては、急峻な地形から固定式ケーブルクレーンによることが一般的であるが、当ダムの場合さらに放流設備等多くの堤内構造物の据付に用いること、上部をELCM工法で施工すること等より約22m上下流に水平移動のできる20t級両端移動式ケーブルクレーンを採用した。

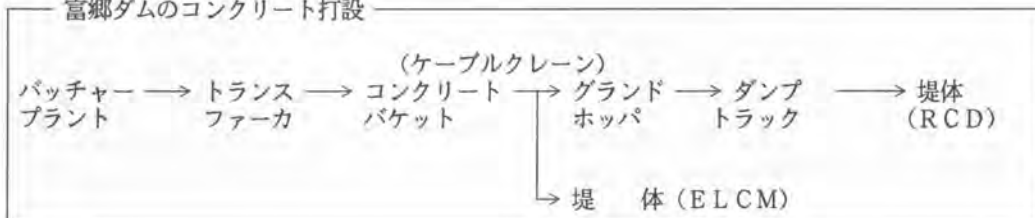
この新しいタイプの両端移動式ケーブルクレーンの特長と、このクレーンを用いてのコンクリート自動打設システムを合わせて紹介する。

2. 富郷ダムと施工機械設備の概要

富郷ダムの概要

目的	洪水調節・水道用水・工業用水の供給・発電の多目的ダム	放流設備
形式	重力式コンクリートダム	オリフィス B3. 6m×H4. 5m×1門
堤高	約 111m	コンジット B4. 0m×H5. 0m×2門
堤頂長	約 250m	クレスト B7. 2m×H10. 9m×4門
堤頂幅	7m	利水放流設備
堤体積	約 600, 000 m ³	取水 φ1. 65m×6段×1門
		調節 JFG φ0. 9m×1門

富郷ダムのコンクリート打設



富郷ダムの施工

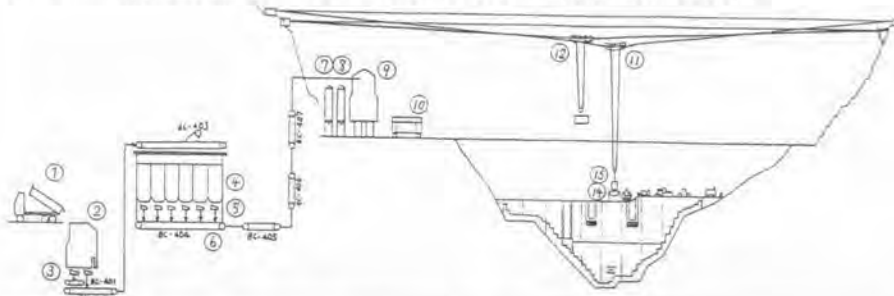
コンクリートダムの合理化施工法として、ダムを広い範囲で一体として打ち上げていく面状工法であるRCD工法及び拡張レアー工法（ELCM）を併用する。

RCD工法は、超硬練りコンクリート（スランプゼロ）をブルドーザで敷均し、振動ローラで締固める。一方ELCM工法は、有スランプコンクリートを内部振動機で締固める。

1日当りの打設量を出来るだけ均等にするため1リフト厚をRCD部では0.75mと1.0m、ELCM部では、1.5mとリフト厚を変えて施工する。

富郷ダムの施工機械設備（ダムサイトプラント）

コンクリート最大生産能力 120 m³/hのプラントの概要は次のとおり。



No	名 称	形 状・規 格	出力(kw)	数 量	備 考	No	名 称	形 状・規 格	出力(kw)	数 量	備 考
1	ダンプトラック	11t				8	セメントサイロ	サイロ容積 500t	18.3	1	31t・70t 40t/h 40t・15t・40t/h
2	固定ホップ	鋼製		1式	V25m ² ×2基	9	バッチプラント	全自動2輪自動練り	183.5	1	2m ³ ×2m
3	電動式回轉式フィーダ	900×1,500 Max 530t/h		2		10	トランスプオーカ	8m ²	30	1	
4	3輪式ピン	鋼製丸形 514φ×2分 212m ² ×5基		1式		11	主リフトケーブルクレーン	同種特種式 20t(吊6m)	544	1	
5	電動式回轉式フィーダ	900×1,500 Max 530t/h	1.7	4		12	伸縮式ケーブルクレーン	同種特種式 4.5t吊	130	1	
6	カットオフゲート	空胴式 500×500		8		13	コンクリートリケット	8 m ²		1	
7	フライアッシュサイロ	サイロ容積 400t	14.8	1	31t・70t 20t/h 40t・15t・40t/h	14	グラブドホップ	12 m ²		1	

3. 両端移動式ケーブルクレーンの特長

(1) 走行路を鋼板溶接構造のボックスガーダ形状（固定ガーダ）とする。

この固定ガーダは、主索からの水平荷重（Max 264 t）は、ガーダ固定金具、バックステー基礎金具を介してバックステー基礎で、鉛直荷重（Max 196 t）は、すべり平軸受、ガーダ受金物を介してガーダ基礎で受ける。

(2) 固定ガーダには、上面2条 側面2条 計4条のレールがあり、このレール上を主索固定装置に取付けた車輪が上下流に滑らかに移動する。

(3) 主索固定装置は、上流側に配置した走行ウインチの正逆転により、上・下流側に移動する。走行スピードは荷重の大小及び移動方向にかかわらず、20 m/minで一定。

(4) 主索固定装置の両岸の同調は、それぞれの走行ウインチのドラム回転数により位置を検出し、左右岸の位置ずれが起きない制御を行う。

ケーブルクレーンの仕様一覧表

形 式	両端移動式	
荷 重	公称 20t級	定格荷重 21t
径 間	391.5m (左右岸固定ガーダ 中心距離)	
リフト高	約 125m	
走行範囲	22m(ダム軸上流2m、下流20m)	
横行範囲	約 270m	
バケット容量	6m ³	
ワイヤロープ	主 索	φ86 ロッドコイル E
	巻上索	φ32 6 × Ws(31)
	横行索	φ28 6 × Ws(31)
	走行索	φ32 6 × Ws(31)

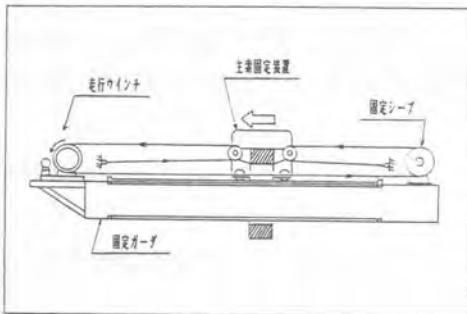
制 御 方 式			
	速度 (m/min)	速度制御方式	出力Kw
巻上(実)	125	サイリスタレオナード	430
巻上(空)	200		
巻下(実)	160		
巻下(空)	200		
横 行	400	サイリスタレオナード	353
走 行	20	インバータ	45
主索張力調整	2.7	可逆直入起動	11



固定ガーダと主索固定装置



ケーブルクレーン全景



走行機構図



走行ガーダバックステー
及びガーダ受金物

4. コンクリート打設設備の自動化

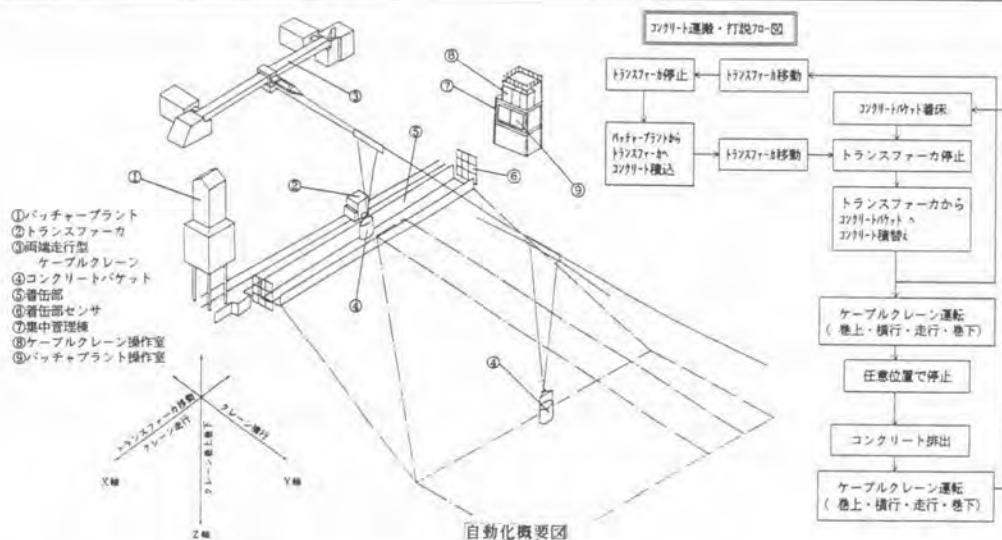
自動化の概要

ケーブルクレーンの自動運転は、固定式つまり、横行・巻上下方向の二次元で実施しているのが一般的であり、富郷ダムでは、さらに上下流方向も加え三次元の自動化を行う。

概要図に示すように自動化の範囲は、バッチャープラント位置でのコンクリート積み込みから堤体内グランドホッパ又は、打設場所での放出までのコンクリート打設を自動化する。

自動化を行うにあたって、次の点を留意した。

- (1) ケーブルクレーンとコンクリート運搬に係わる機械を統合した、一連の自動運転システムとする。
- (2) 従来の機側手動運転と同等の施工能力を有することとする。
- (3) 操作が簡単で、緊急時の対応が迅速かつ確実にできるものとする。
- (4) 安全が十分確保できるものとする。



コンクリートバケット
・トランスファーク



コンクリートバケット
・グランドホッパ

施工方法と運転方式

・ RCD部打設 (Y・Z軸の2次元)

バッチャープラントでのコンクリート積み込みから、あらかじめコンピュータに入力された座標点 (グランドホッパー) でのコンクリート放出までのコンクリート運搬作業を、繰り返し自動で行う。〔自動運転〕

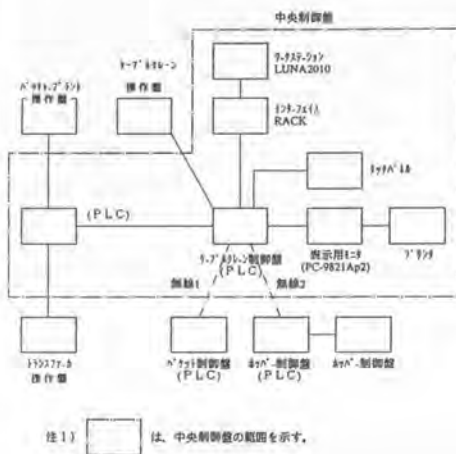
・ ELCM部打設 (X・Y・Z軸の3次元)

バッチャープラントでのコンクリート積み込みから、あらかじめコンピュータに入力された打設範囲でのコンクリート放出位置を自動的に変化させ、その位置に巻下げるまでを自動で行いコンクリート放出 (バケット開) のみ押し釦手動操作を行う。〔半自動運転〕

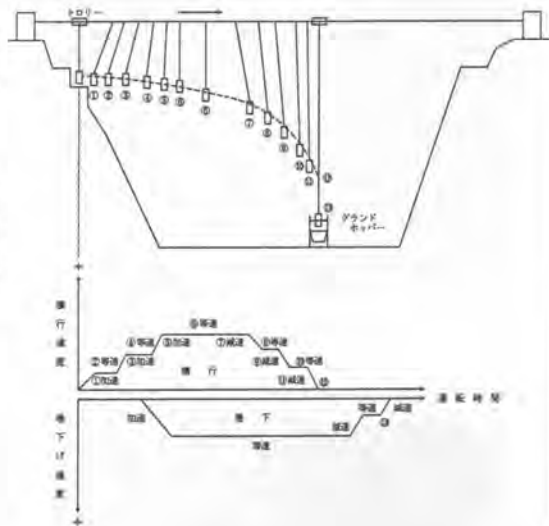
制御方式

機器の制御は、集中管理棟に設置した中央制御装置のコンピュータの指令にて行う。中央制御装置では、パソコンCRT画面にバケットの動きをリアルタイムに表示することにより自動運転状態を監視し、座標位置・速度・コンクリート配合品種・数量・運搬回数等常時内容を具体的に把握する。

システム構成図



基本運転パターン



(1) ケーブルクレーン

振れ止め制御 バケットの振れを予測し、前もって制御するフィードフォワード (F・F) 制御により行う。

位置決め制御 X・Y・Zを傾斜計・エンコーダ・光波距離計でとらえ、管理することにより行う。

(2) トランスファーカ

停止位置決め制御 …………… トランスファーカとバケットの相対位置は、トランスファーカ及びケーブルクレーン走行用エンコーダのパルスと比較し算出するバケット手前1mで一時停止（粗位置決め）し、光センサーで正確に検知し停止（静位置決め）する。

(3) コンクリートバケット

バケットへの圧縮空気自動給気 …………… 定停止位置でトランスファーカからノズルが伸びバケットの給気マウスを通じバケットのエアタンクに給気する。

バケットのコンクリート放出 …………… グランドホッパー上でバケットは中央制御室から無線操作でバケットの電磁弁を動作させコンクリートを放出する。

— 安全装置 —

通常の安全装置に加え自動化のため次の項目における安全装置を備える。

- (1) 位置異常 バケットが所定の位置をはずれした場合、位置異常をレーザーセンサーにより確認し自動停止する。
- (2) 横振れ異常 バケットの横振れは、ハンガー部に取り付けられた振動ジャイロにより計測し設定値以上になると自動停止する。
- (3) 過負荷 過負荷の検出は、巻上索の端部にロードセルを取付け、バケットの重量を計測します。過負荷検出の場合は、非常停止する。
- (4) インタロック トランスファーカー・コンクリートバケット及びグラウンドホッパーには、各々の動作を確実にするため、条件がそろわないと動作しないよう互いにインタロックをとる。コンクリート・バケットの移動中は電源を断として、バケットが絶対に開かないインタロックをとる。

5. おわりに

富郷ダムは、平成7年4月に本体コンクリート打設、6月定礎式を行い、ダム建設も最盛期を向えている。

ケーブルクレーンを中心とした自動打設システムもRCD部での2次元で計画時の能力を発揮しつつある。

今後ダム堤体上部のELCM部では、自動打設システムが3次元の立体動作となるが、特に打設地点をどのように移動させていくか等検討課題もふまえて、安全保護装置の最適設定、サイクルタイム短縮の方策等、より完成度の高いシステムをめざす。

合わせて、従来の人間操作から自動操作+人間監視のシステムを確立し、ダム建設の省人力化や安全施工の一助としていく。