

# 55. ダム用コンクリート運搬設備の自動化

(株)大林組：\*風間 慶三・田中暉一郎  
高橋 栄次

## 1. はじめに

近年、ダム工事において、施工面での合理化、安全化を図ることは、その時代の流れであり、また、高齢化、熟練労働者不足に伴う労働力不足を補うため、自動化を進めることは急務である。従来コンクリート打設機械の自動化については、すでに個々の機械には行われていたが、コンクリート運搬設備として一連の全自動化は行われていなかった。特に、ケーブルクレーンの自動化については、機械設備の規模が大きい為、バケットの位置決め、振れ止めが非常に困難であり、実用化に至らなかったのが現状である。ここに岡山県千屋ダム（岡山県新見市、重力式ダム628, 500㎡、堤高97.5m、RCD工法）において、固定式ケーブルクレーン（14.5t×2台）を使用した、一連のコンクリート打設設備を全自動化し、良好な結果が得られたので紹介する。Fig.1に現場見取り図を示す。

Fig. 1

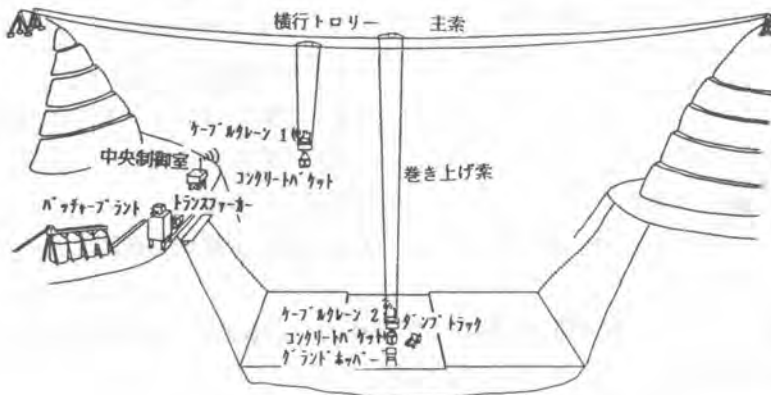
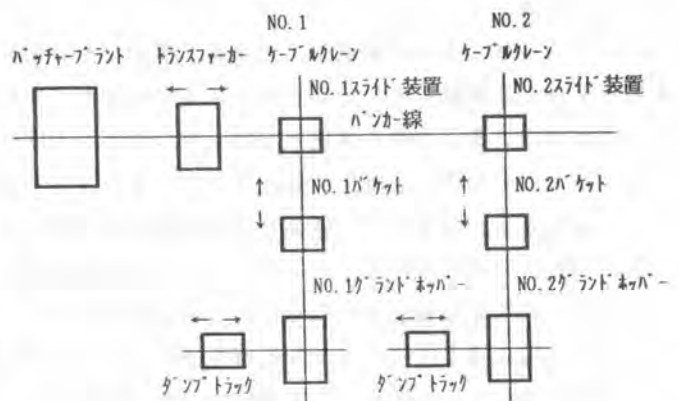


Fig. 2

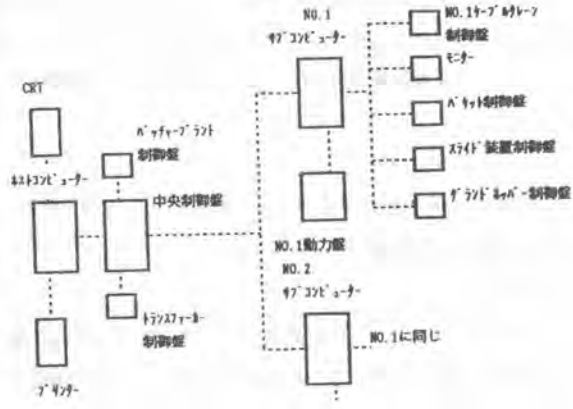
## 2. 自動化システム概要

コンクリートの全自動運搬系統は、Fig.2に示すようになる。まず、コンクリートは、バッチャープラントからトランスファーカーへ自動積み込みされる。トランスファーカーは自動的に行き先を選択し、効率よくコンクリートをバケットに積み込む。次にバケットは、自動起動し、正確な位置決めと制振を行いながら、グラウンドホッパー上へ移動する。



バケットは、コンクリートを放出した後、再起動し、制振を行いながらバンカー線スライド部に帰缶する。一方、グラウンドホッパーに放出されたコンクリートは、必要数量だけダンブトラックに半自動運転により積み込まれる。これら自動化の制御信号伝達系統は、全て中央制御盤のホストコンピューターの指令にて行われ、サブコンピューターを通じ、各セクションへと伝達される。サブコンピューターとバケット制御盤、グラウンドホッパー制御盤とは、無線にてデータ通信を行い、トランスファーカーとは多重電送通信とした。

Fig. 3



### 3. コンクリート運搬機械の特長

全自動化した機械の仕様は、表-1 に示す。特に、今回自動化するに当たり、特筆すべき機械は次のとおりである。

表-1

#### 3.1 スライド装置

このスライド装置は、バケットを精密位置決めするのに必要な設備である。ホストコンピューターからの信号で動作するスライド板を持ち、粗位置決めされたバケットを、トランスファーカーから確実にコンクリートを受け取るため、エアシリンダーにてバンカー線側に強制的に押す。また、スライド装置の両サイドには、着缶位置決め用の格子枠センサーを設置した。

機 械 名	仕 様
(1) バッチャープラント	油圧2軸ミキサー6m <sup>3</sup> ×1台
(2) トランスファーカー	4.5m <sup>3</sup> ×1台 スライドシュート式
(3) ケーブルクレーン	固定式14.5t×2台 サイリスタレオナード方式 巻き170m/min 横行340m/min
(4) コンクリートバケット	4.5m <sup>3</sup> ×3台 (内1台予備) 油圧開閉方式
(5) スライド装置	空気圧駆動方式×2台
(6) グランドホッパー	9m <sup>3</sup> ×2台 空気圧開閉方式

#### 3.2 バケット

このバケットは、ケーブルクレーンの巻き上げ動作を利用し、油圧シリンダーで発生する圧力をアキュムレーターに蓄圧し、ゲート開閉の動力とする。また、無線信号にて、コンクリートの配合品種に応じ、ゲートの開閉動作及び開閉速度調節を行うのを特長とする。各種のセンサー及びソーラシステムを搭載し、無線信号にてホストコンピューターへ情報伝達を行う機能を持つ。

#### 3.3 グランドホッパー

このグラウンドホッパーは、上部に格子枠センサーを持ち、バケットがコンクリートを確実に放出できるような位置の制御をする。また、ホッパー操作盤面に、サブコンピューターから無線信号にてコンクリートの配合品種、ロードセル信号によりコンクリート残量を表示し、ダンブトラックオペレーターの操作により、コンクリートを設定量だけ放出する機能をも備えている。

### 4. トランスファーカーの自動行先選択機能

トランスファーカーには、手動、半自動、自動の3つのモードがある。自動モードでは、2台のケーブルクレーンの動きに応じ、効率よく動作するようにした。即ち、バケットが着缶または、減速状態にある信号を

捉え、トランスファーカーを発進、停止するものとし、2台とも着缶状態にある場合、1号機が優先、2台とも着缶していない場合1号機側で待機し、2号機の信号にて、自動的に移動する。位置決めは、減速位置検出に、インクリメント型ロータリーエンコーダー、停止位置検出に、接触型リミットスイッチとストライカーを使用している。

## 5. ケーブルクレーンの自動化

ケーブルクレーンを自動化するポイントは、バケットの正確な位置決めと振れ止めであり、これを確実に行わない限り、自動化は実現不可能と思われる。

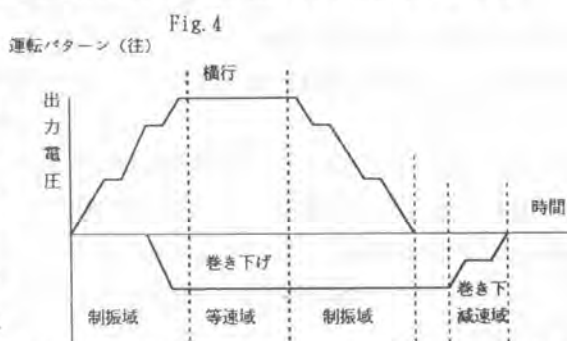
### 5. 1 位置決め

ケーブルクレーンバケットの位置決めは、水平座標、垂直座標により管理され、正確さと再現性が要求される。水平座標は、横行用モーターに直結されたシンクロ発振機のパルスにより、ワイヤーの送り出し量をカウントし、主索傾斜計により、主索傾角、光波距離計により、1サイクルごとの原点位置（出発点）補正をすることにより決定する。垂直座標は、巻用モーターに直結されたシンクロ発振機、主索傾斜計、及び原点リセット用の光波距離計、さらにバケットシリンダーに取り付けてあるストロークセンサーの数値信号により決定する。ホストコンピューターは、これらの数値を基に座標計算し、現在座標をモニターにリアルタイムで表示すると同時に、ケーブルクレーンの横行、巻き上げモーターに制御電圧を出力し、バケットの位置決めを行う。パンカー線スライド部、グラウンドホッパー部には、バケット着缶位置の微調整を行うため、光センサーを十数個格子状に取り付け、放出位置、着缶位置の精度を向上させた。

以上の機能により、作業前、グラウンドホッパー上へ目標位置決めをするには、手動にてバケットを放出位置まで移動し、押しボタン操作による水平座標、垂直座標をインプットするか、ホッパー座標をキーボードにてインプットする事により行える。実際、目標位置とのズレは、±10 cmから20 cm程度である。

### 5. 2 制振機能

ケーブルクレーンの制振制御機能には、  
F. F制御（フィードフォワード）、F. B制御（フィードバック）、ファジー制御、テイチングブレイバックと4つの制御機能がある。千屋ダムでは、機械設備として規模の大きいために生じるケーブルクレーンの応答性の鈍さを考慮し、バケットの振れを予測し、



前もって制御する事により制振動作を速め、その上サイクルタイムが最も短いF. F制御を使用する事にした。バケットの制振過程を、Fig. 4に示すように加速域、等速域、減速域とし、これに巻き上げ下げを組み合わせたものにした。加速、減速域の制振は、シンクロ発振機によるワイヤーの繰り出し量、傾斜計による主索のたわみ量、及び、バケットの運動方程式を解く事により行い、トロリー座標とバケット座標のズレをホストコンピューターにてリアルタイムで求め、振り子の長さに相当するワイヤーの長さから、固有周期を求める事により、これらに応じた横行モーターの制御電圧を出力し、ワイヤースピードと、送り出し量決めて制振する。また、ダム断面をブロック分けし、往復時間が最適な横行スピード、巻き上げスピードを求め、横行2、3、4ノッチゾーン、巻き上げ下げ2、3、4、5ノッチゾーンの各々の組み合わせによるゾーニングを行い、パターン化する事

により、ホストコンピューターに制御系として組み入れ、レスポンスの向上を図った。

## 6. コンクリート品種のトラッキング

コンクリート製造過程、運搬過程における配合品種状態を正確に把握するため、中央監視盤にコンクリートの流れを表示し、施工管理、品質管理を行うようにした。

## 7. モニター機能

ケーブルクレーン操作室内に置かれたパソコンのCRT画面に、ケーブルクレーンバケットをリアルタイムに表示する事により、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、及び異常内容を的確に把握できるようにした。

また、打設ブロックのコンクリート数量を打ち込む事により、ブロックの打設実績を表示するようにし、ケーブルクレーン運転の日報、月報記録は、ハードディスクにて管理し、適時プリントアウト出来るようにした。

## 8. 自動化の安全装置

自動化を実施するのに当たり、通常の

安全装置に加え、下記の項目を考慮した。また、CRTに異常内容を表示し、原因を的確に、且つ、迅速に把握出来るようにした。

### 8. 1 位置異常

- a) バンカー線スライド部、ホッパー部において、バケットが所定の位置をはずれた場合に備え、シンクロ発振機からの座標と、コンピューターのデータを比較し、位置異常を検出する。また、格子枠センサーにも位置異常検機能を持たせた。
- b) ダム断面の左右、河床付近全体に、座標による非常停止域を設定した。

### 8. 2 横振れ異常

ダム軸に対し直角に働く風によるバケットの振れを、振動ジャイロにより検知し、設定値以上になると自動運転を停止するようにした。

### 8. 3 インターロック

トランスファーカー、スライド装置、コンクリートバケット、グラウンドホッパーには、各々の動作を確実にするため、互いにインターロックを取り、条件が揃わないと動作をしないようにした。特にバケットの移動中、ゲート開閉の電源を遮断し、ホッパー上以外は絶対開かないようにしている。

## 9. おわりに

結論として、現場施工に適用した場合、ケーブルクレーンオペレーターは2台×2名=4名、合図マンは2台×2名=4名、バンカーマンは1台×1名=1名、合計9名がクレーン監視員2名のみで行える。また、サイクルタイムは、手動運転と同タイムで施工できた。

Fig. 5

