

## 25. ダムコンクリート打設における タワークレーンの自動化

(株)間 組：伊藤 信宏・\*鹿山 公・長谷 幸一

### 1. まえがき

最近、コンピュータの利用技術の進歩には目覚ましいものがあり、建設業においても設計計算、事務処理等には広く利用されているが、施工面に目を向けると、機械の組合せが工事毎に変わることや使用環境等の制約もあり、施工システムとしてはあまり利用されていないのが現状である。

筆者らは、このような状況を踏まえ、エレクトロニクス技術をダム施工に適用した「ダムコンクリート施工自動化システム」の開発を進めており、本稿では東北電力新水ヶ瀬ダムにおける適用例を紹介するものである。

### 2. ダムの施工概要

新水ヶ瀬ダムは、東北電力の本道寺・新水ヶ瀬発電所計画の一環として建設中の重力式コンクリートダムである。ダムの諸元は、堤高34m、堤頂長372m、堤体積116,000m<sup>3</sup>であり、堤高に比較して堤頂長の大きいことが特徴である。

ダムコンクリートの打設は、走行式水平ジブクレーン(定格荷重6.0t、最大作業半径35m)と固定式ジブクレーン(定格荷重9.5t、最大作業半径75m)の2基を利用している。今回の自動化は、固定式ジブクレーンとトランスファーク方式の組合せで実施した。

### 3. 開発上の留意点

自動運転システムを現場で実用化していくためには、現場の作業フローにシステムの操作方法を適合させる必要があり、本システムでは特に下記の事項に留意して開発を行った。

#### a) クレーン操作以外の作業との組み合わせ

コンクリート打設作業のフローを図-1に示す。図中①、②の作業を円滑にするため、これらの作業の開始、終了等をコンピュータに認識可能な信号として検出し、クレーンの自動化システムに組み込む。

#### b) 状況確認と運転モード切換え

従来のクレーンの運転は、信号手とオペレータ間の音声による相互確認で行われて来たが、自動化した場合、運転中はコンピュータがクレーンを管理するためオペレータの直接的な管理下から制御が離れる。したがって、作業員とシステムの間は常にチェック可能な状態にしておく必要がある。

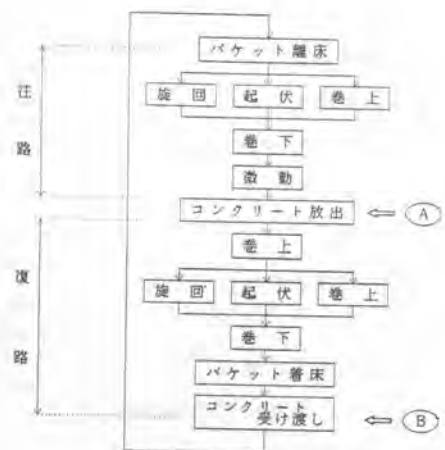


図-1 作業フロー

また、コンクリート打設面においては、作業状況に応じてクレーンの微動が必要であるため、自由にその運転モードを切り換えられるようにする。

c) 作業指示

打設作業は、打設面の作業進行状況に合わせて、クレーン、パンカー線、パッチャプラント等を運転させており、システムを開発するに際しては、作業指示を打設面より行い、指示ラインの統一を図る。

d) 制御データの管理

コンクリート打設作業の環境は、製造業における一定条件を基にしたライン生産とは異なり、日々、作業場所、作業状況が変化するオフライン生産である。

以上の事から、移動目標毎に毎回制御データを作成していたのでは、リアルタイムでの制御に支障をきたし、さらに、多岐に及ぶ条件を考慮した制御プログラムは膨大な量となり、扱いにくいシステムとなる。そこで、多岐に及ぶ条件因子はパラメータとして保管し、システムに柔軟性を持たせる。

4. 自動運転システム

4. 1 システムの構成

図-2に、本システム構成図を、機器の機能を表-1に示す。

本システムの運転モードは、

- ① オペレータによる手動運転
- ② 遠隔運転
- ③ 自動運転

の3モードより構成され、クレーン駆動用動力制御盤を共用している。

各所に配置されたシステム機器は、独立したコンピュータを有し、各所で発生する指示に対して、各所で条件判断、処理を実行し、主要指示信号

(始動許可、スタート信号、バケット開閉許可、駆動条件変換)は、打設制御コンピュータへ転送し、そこで総合判断を下すようにしている。以上のように本システムは、分散制御集中管理方式を採用しており、多岐に及ぶ作業の効率的な処理が図れるシステム構成とした。

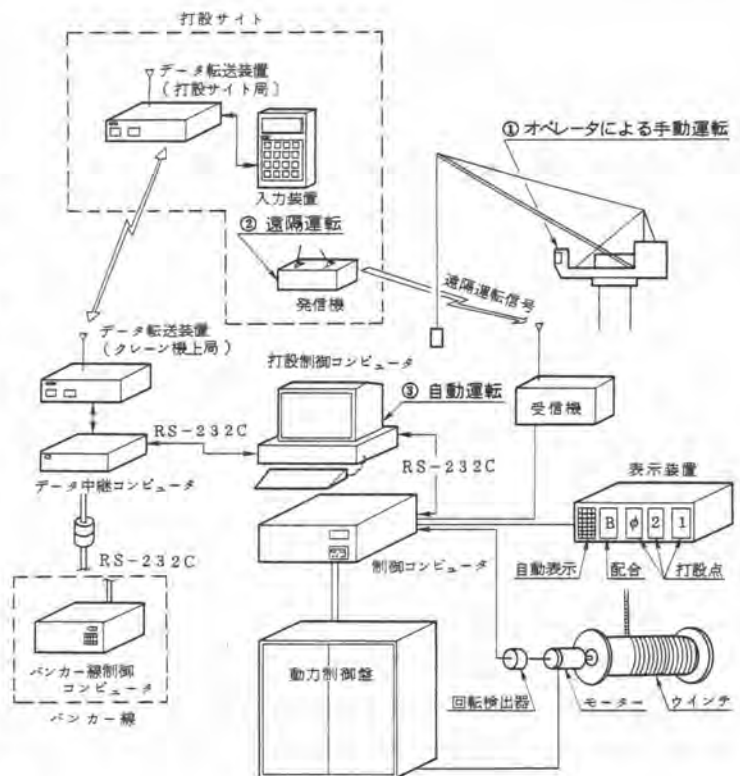


図-2 タワークレーン自動運転システム

#### 4. 2 自動運転の手順

自動運転モードにおけるクレーンの運転操作手順を以下に示す。

① 打設サイトで、作業状況に応じて移動目標点指示を行う。

② 入力された指示信号は各転送装置を経て、打設制御コンピュータに転送される。

③ 打設制御コンピュータは、この指示を受けて制御に必要なデータの呼び出しを行い、計算処理を実行

した後に処理結果を制御コンピュータに転送する。

④ データ転送完了と同時に、打設サイトの入力装置に対しては始動許可を知らせる。

⑤ 打設サイトにおいては作業員が作業進行状況を判断したうえでスタートボタンを押す。

⑥ 入力装置で入力されたスタート信号は、打設制御コンピュータで最終判断を行ない、制御コンピュータに駆動指示が出される。

⑦ 制御コンピュータは前記転送データを基に駆動管理を実施する。この駆動管理は回転検出器より出力された信号をリアルタイムで処理し、制御データと比較・演算することにより行なわれる。また、駆動状況は打設制御コンピュータに管理用データとして転送される。打設制御コンピュータは、運転状況の変化に応じて各制御部に指示信号を転送する。

#### 5. システムの安全対策

自動運転システムを現場へ展開するためには、手動運転と同等以上の安全性の確保と利用者に対する信頼性の確保が重要であり、特に以下の事項を重点実施した。

##### a) 作業員とのコミュニケーション

打設サイトからの指示に対してコンピュータがどのように動作しているか、打設サイト入力装置への表示はもちろん、全作業員が確認出来る大型表示装置をクレーンの機上に設けている。

表-1 ブロック別機能表

ブロック	機 能	設 置 場 所
打 設 制 御 コ ン プ ュ ー タ	<ul style="list-style-type: none"> <li>入力されたコンクリート打設点に対するバケットルート計算（最速ルートの選定）</li> <li>制御データの計算</li> <li>全体システムの管理</li> <li>作業日程の作成、集計、出力</li> </ul>	クレーン 運転室
制 御 コ ン プ ュ ー タ	<ul style="list-style-type: none"> <li>回転検出器の信号処理</li> <li>メインコンピュータの演算結果に基づくウインチの回転数制御</li> <li>動力制御回路への速度指令出力</li> </ul>	クレーン 運転室
動 力 制 御 盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御コンピュータにより指定された速度に対する電流、電圧制御</li> <li>各種リミットスイッチの監視</li> <li>作業半径と旋回速度の相互制御</li> </ul>	クレーン機上
回 転 検 出 器	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウインチの回転数を検出するセンサ</li> <li>今回のシステムに対して巻=32mm、起伏=24mm、旋回=110mm（旋回半径75mの場合）の分解能を有する</li> </ul>	ウインチ室
表 示 装 置	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動運転中のコンクリートの打設点、配合の表示</li> </ul>	クレーン機上
デ ー タ 転 送 装 置	<ul style="list-style-type: none"> <li>データの転送及びデータチェック</li> </ul>	打設サイト クレーン機上
入 力 装 置	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業の開始、終了指示</li> <li>打設点、配合指示</li> <li>コンクリートの放出指示</li> <li>クレーンの微動</li> <li>非常停止</li> </ul>	打設サイト



写真-1 自動運転状況

また、バケット移動の開始、コンクリート放出作業など、安全確認が必要な作業は、マン・マシン方式を採用し指示の照合を行ったうえで始動させている。

#### b) 指示信号の保全

指示信号、駆動データの転送ミスはシステムの安全性、信頼性を損い、事故につながるのでデータ転送のミス防止には十分な対策を講じている。

たとえば、起動時にはシステム自体の自己チェックを行った後に自動運転動作に入り、運転中の通信は従来の反転照合、パリティチェックの他に、用途に応じてサムチェック、アンサーバック方式を併用し、さらに一定時間連続して通信エラーが発生した場合、非常停止動作に自動的に移行するようにしている。

#### c) 非常停止操作

上記の手段により、安全性に対しては十分な配慮を施したが、無条件な停止動作（非常停止）は万が一に備えるために必要であり、本システムでは同時に、自動運転、手動運転、遠隔運転装置から並列に動作可能としている。

### 6. まとめ

本システムは、現在、実証テストを進めながら実用化を進めている状況であるが、システム導入によるメリットは、

- ① 自動化により機械と人間との接触作業が減り安全性が大きく向上した。
- ② 従来、オペレータの技量に左右されていた生産性が均一化された。
- ③ 省力化が推進された。

であると判断している。

最後に、本開発を進めるに当り御協力頂いた関係各位に対して厚くお礼を申し上げます。

#### 参考文献

- ① 千田慎逸，鹿山公：ダムコンクリート施工自動化システム，土木施工，vol.27, №2 pp.77～84, 1986
- ② 長野匡純，鈴木隆三：ダムコンクリート施工自動化システム，ダム日本，№501, pp.39～54, 1986
- ③ 松沢泰男，伊藤信宏，鹿山公，長谷幸一：ダムコンクリート施工自動化システムの開発，建設の機械化，№437, pp.22～28, 1986



写真-2 運転状況表示画面



写真-3 指示入力装置