

30. コンクリートディストリビュータの開発

(株)大林組 菱河 恭一・* 汐川 孝
古川 博司

1. まえがき

コンクリート打設作業は、建築工事の中でも労働集約的である。中でも従来の配管方式では筒先ホースを振り回しながら打設を行うため重労働であるばかりでなく、床配筋を乱したり、また打設箇所の移動の際には配管段取り替えに時間を要する等の問題があって、その改善や自動化が強く望まれている。

そこで、こうした問題を解消するため、コンクリートの運搬・分配の自動化を目的としたコンピュータ制御運転によるコンクリート打設作業とクレーン作業の複合機能をもつ1台2役のコンクリートディストリビュータを開発し、実用化したので、その概要について述べる。

2. 本機の概要

本機の主要仕様を表-1、全体組立図を図-1に示す。また本機によるコンクリート打設作業全景を写真-1、クレーン作業全景を写真-2に示す。

表-1 主要仕様

項目	仕様	
形式	先端ディストリビュータ付 油圧4段屈伸式	
最大長さ	32m	
最大高さ	5.3m(支柱2.5m×5本)	
最大角度	400°(右限)	
ディストリビュータの回転角度	140°	
使用輸送管	125A	
操作方式	自動制御+手動遠隔・機械操作(選択可能)	
自動制御装置	① ブーム先端の任意方向水平直線移動	
	② ブーム先端の定点における垂直上下移動	
	③ ディストリビュータの水平保持	
制御装置	8ビットマイクロコンピュータ+サーボ	
センサーによる検出箇所	ブーム角度…4点、旋回スピード…1点	
クレーン	揚 荷 能 力	2.7t×10m(R), 1.0t×21m(R)
	巻 取 速 度	2.0/2.4m/min(50/60Hz)
	電 動 機	15kW(4P)
昇 降 装 置	油圧シリンダによるセルフクワイミング式	
油 圧 ニ ュ ー ト	37MPa×60L/min	

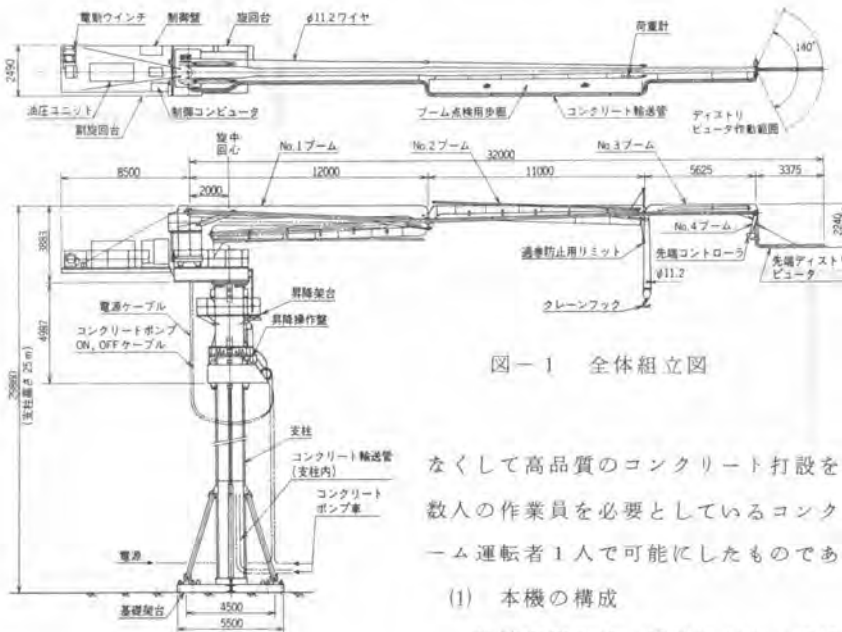


図-1 全体組立図

本機は、メカトロ化により操作性を大幅に向上させたことやブーム先端に設けた水平回転式ディストリビュータ機能を付加したことなどによって、従来の配管方式における先端フレキシブルホースのハンドリング作業を

なくして高品質のコンクリート打設を可能とし、また通常、数人の作業員を必要としているコンクリート打設作業を、ブーム運転者1人で可能にしたものである。

(1) 本機の構成

本機の構成は、①油圧シリンダにより駆動される4段屈

ブーム、②油圧ユニット、主制御盤及び制御用計算機ユニットを搭載した旋回台、③セルフクライミング装置、及び④支柱よりなっている。コンクリート輸送管は、支柱根元からNo.4ディストリビュータまで径125Aが配設されている。なお、旋回角度は 400° の有限である。コンクリート打設範囲図を図-2、クレーン性能線図を図-3に示す。

(2) 操作方式

操作方式は遠隔によるリモコンで、有線と無線の2種類があり、あらゆる工事条件に対応可能とした。

コンクリート打設の場合は、自動制御運転モードと手動運転モード、クレーン作業は手動運転モードと3モードがある。これらは使用目的によって操縦装置のSW切換えで行う。



写真-1 コンクリート打設作業全景



写真-2 クレーン作業全景

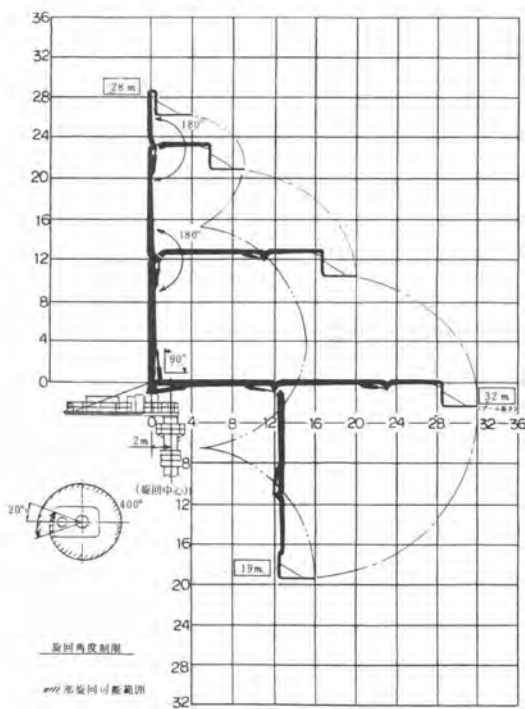


図-2 コンクリート打設範囲図

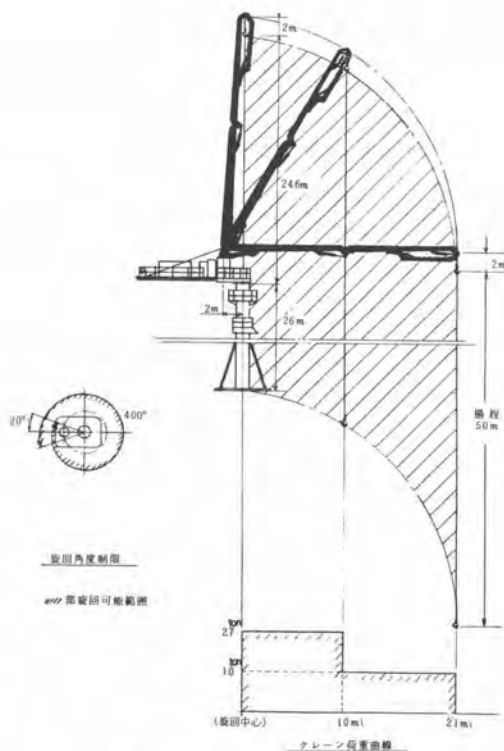


図-3 クレーン性能線図

(3) 自動制御運転

本機の特長は、コンクリート打設機として初めてマイクロコンピュータと電気油圧サーボを用いて、全長32mの長尺で多関節（5軸）のブームを、自動制御運転ができる。このため、自動コントローラの1本のジョイスティック（5軸であれば通常は5本のレバーが必要）の簡単な操作により、ブーム先端を任意の方向、位置に自在に移動させることができる。図-4にブーム動作説明図、図-5に制御構成図を示す。

この自動制御運転では、次のような制御を行っている。

① 水平移動用ジョイスティックを倒した任意の方向と同一方向へ、ブーム先端の高さを一定に保持したまま、ブームの俯仰及び旋回を自動制御し、直線的に移動する。 $h = \text{一定}$, $(x_0, z_0) \rightarrow (x_1, z_0)$

② 垂直用ジョイスティックの上下の操作により、ブーム先端の水平面位置を保持したまま上下に移動する。 $(x_0, z_0) \rightarrow (x_0, z_1)$

③ ①, ②の動作中は、No.4ブームが常に垂直、すなわち先端ディストリビュータが水平保持するように制御している。角度 $\theta_4 = \theta_5$

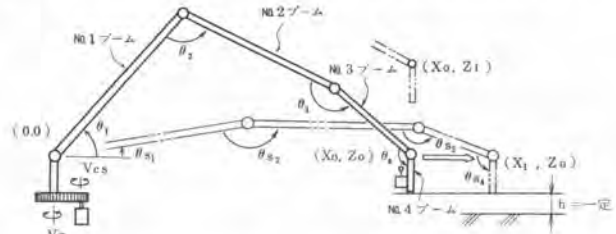


図-4 ブーム動作説明図

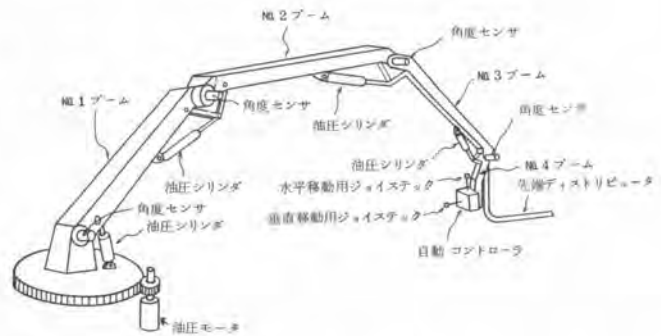


図-5 制御構成図

3. 施工実験結果

本機の施工性能を確認するため、都内某建築工事RC造に適用し、各種の調査確認を行った。

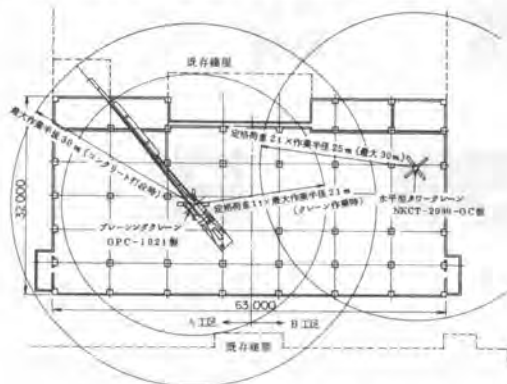


図-6 工事概要

表-2 調査項目及び調査方法

項目	内容	方法
打設能率	コンクリートミキサー車1台毎の打設時間、休止時間、休止理由等を調査する。	0.5分等間隔ワークサンプリング
打設作業工数	①ポンプ操作、配管盛替、ブーム操作の作業グループ（ポンプ工） ②床下でのコンクリート均し、補固め作業グループ（土工 etc） ③床レベル出し、柱上打作業グループ（左官工） ④床下でのコンクリート補固め作業グループ（土工 etc）に分割し、その作業内容、作業人数等を調査する。	1分等間隔ワークサンプリング
稼働率	ブレイジングトレーンのトレーンとしての稼働、分配機としての稼働時間、稼働内容を調査する。	作業日報
コンクリート配管内圧力	ブーム形状変化に伴う管内圧力変動、コンクリートポンプ圧を調査する。	管内圧力計
コンクリート品質	圧送後のコンクリート品質（分離を含める）を調査する。	JASS5に基づく各試験法

建物概要は、建築面積 2,080 m²、延床面積 9,900 m²、地上 5 階、PH1 階、軒高 21.7m である。図-6 に本機の配置図を、表-2 に調査項目と調査方法を示す。なお、機械的性能については既に工場での検証を得ていたため、ここでは本機と従来の配管方式の作業能率などの比較に重点をおいた。

(1) 施工性能の確認

① 打設能率：図-7 に打設時間の比較を、図-8 に打設時間の内訳を示す。本機の方がブーム移動待ちが13%と低く、今後の締固め待ちなどの改善によって更に打設能率向上が期待できる。

② 作業工数：図-9 に打設作業工数の比較を示す。床上での均し・締固め作業では、本機の方が工数が低減され、今後は更に工数低減の可能性が見受けられる。また、ポンプ操作・配管盛替やブーム操作では、本機の運転者の工数分増加や合図等の増加（CPのリモコン機構の違いから、調査時にはリモコンを使用せず）があるが、今後はCPの選定によりワンマンコントロールの可能性が得られており、省力化が可能である。

(2) 機械的性能の確認

工場における検証及び施工実験の結果により、次の事が確認でき、当初の目的をほぼ達成できた。

① 長尺かつ剛性の低い多関節ブームであるが、圧送中の脈動も小さく、またブームの自動制御も十分安定しており、実用上問題がない。

② 自動制御のため、梁・壁に沿った細かな打設が容易にできる。またブーム運転者 1 人で、先端での打設作業が可能である。

③ 先端部分でのコントロールは、打設状況の確認が十分でき、安全や品質向上に役立っている。

あとがき

本機による打設作業では、従来方式に比べ打設能率向上や作業工数低減が図れ、品質向上に

についても良好な結果を得ている事が確認できた。今後はこれらの結果を踏まえて改善・改良を進め、更に完成度の高いものにしていく所存である。最後に三菱重工関係各位に深く感謝の意を表します。

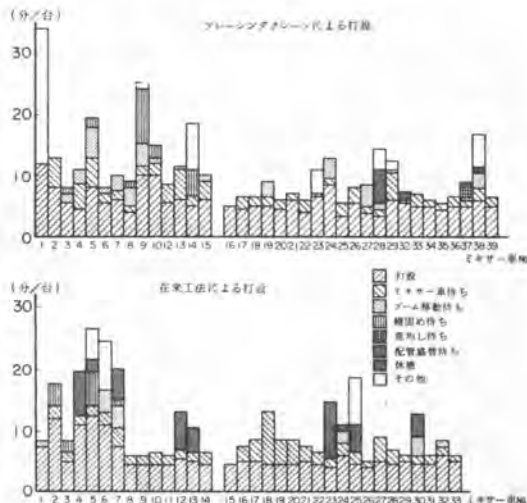


図-7 打設時間の比較

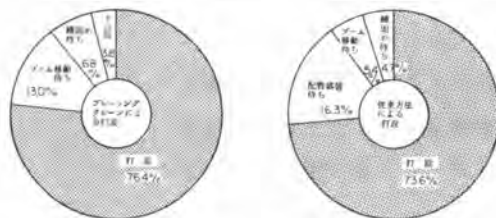


図-8 打設時間の内訳

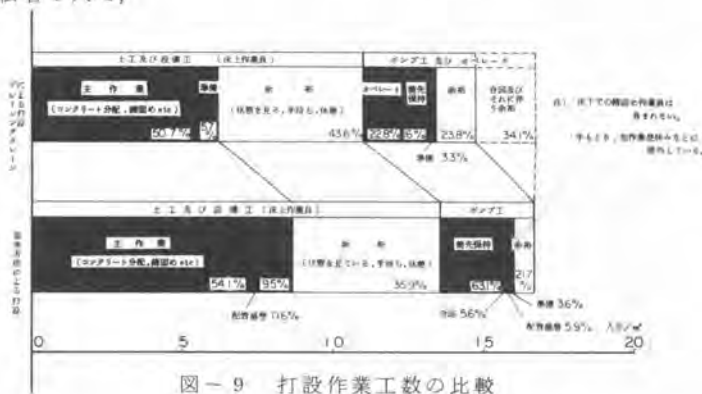


図-9 打設作業工数の比較