

### 3. スリップフォーム工法用コンクリートディストリビュータの開発

飛鳥建設(株)：名倉 政雄・\*笠井 和弘  
佐藤 暁生

#### 1. はじめに

スリップフォーム工法は、側面だけの型枠に、昼夜連続で層状にコンクリートを打設しながら、この型枠を油圧ジャッキにより連続上昇させて、塔状構造物を構築してゆく急速施工法である。スリップフォーム装置は図-1に示すように三層構造となっており、コンクリートの供給は地上から上段足場までヨーヨーホイストと称するバケットでコンクリートを運搬し、上段ホッパーにストックしたコンクリートを各ホッパーから中段足場へ分配する方法をとっている。従来、この各ホッパーへのコンクリート分配は一輪車(ネコ)、カート車等で行っていたが、この方式では以下のような問題点があった。

- ①上段足場でのコンクリート運搬にヨーヨーホイスト1台当り片番6~7名の作業員が必要で、労務費が多くなる。
- ②分配能力を上げるためにネコ台数を増やしても、コンクリート荷受けの待機時間が長くなるだけで施工能力は頭打ちとなる。能力アップのためにはヨーヨーホイスト台数を増やさなければならない。

そこで、このような問題点を解決するため、スリップフォーム工法の自動化・省人化のテーマの一環として、レール走行式のコンクリートディストリビュータを開発し、技術研究所内の性能基礎実験を経て超高層煙突の実施工現場へ適用し、所要の成果を得ることができた。本論文はこのコンクリートディストリビュータについて、機械の仕様、性能、技術研究所の性能基礎実験の結果、現場への適用例等について述べるものである。

#### 2. 開発したコンクリートディストリビュータの概要

今回開発したコンクリートディストリビュータの外観図を図-2に、また仕様を表-1に示す。

本機は、高所作業に使用するため、安全性に十分配慮するとともに、十分な強度を有し、かつ機械重量の削減を図り、運転作業の簡便化、省力化・省人化に配慮した設計がなされている。

本機は、スリップフォーム構台上に敷設するレール部分、レールを走行する台車部分、アームを搭載する架台部分、駆動機器である油圧ユニット等を装備している。レールはスリップフォーム構台の上段足場上に敷設され、ディストリビュータはこの軌道に沿って

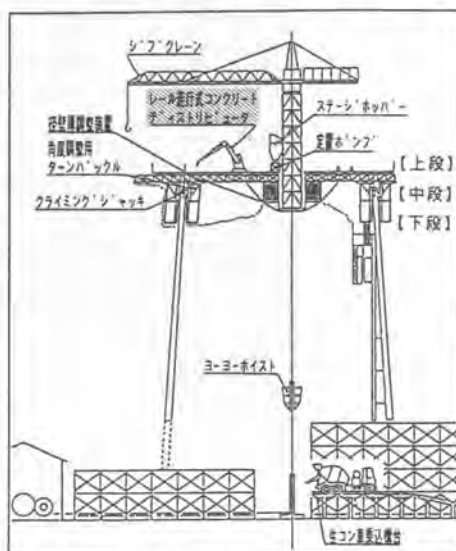


図-1 スリップフォーム概要図

周回移動する。そして、4ヶ所の停止位置にディストリビュータを固定し、アームを旋回させることによって各ホッパーにコンクリートを分配するものである。

本機の主な特徴は、以下の通りである。

- ①コンクリートホースがケーブルベアに格納され、このケーブルベアがレール内に配置されているため、ホースの引回しの必要がない。
- ②走行中は他の一切の動作ができないように、インターロックが設けられている。
- ③停止位置で固定ストッパーがロックされない限り、アーム旋回およびアーム傾動の作動ができないようにインターロックが設けられている。
- ④固定ストッパーが解除されない限り、台車が走行できないようにインターロックが設けられている。
- ⑤アームの傾動・水平動作は、高さ2m以上の位置で行われる。

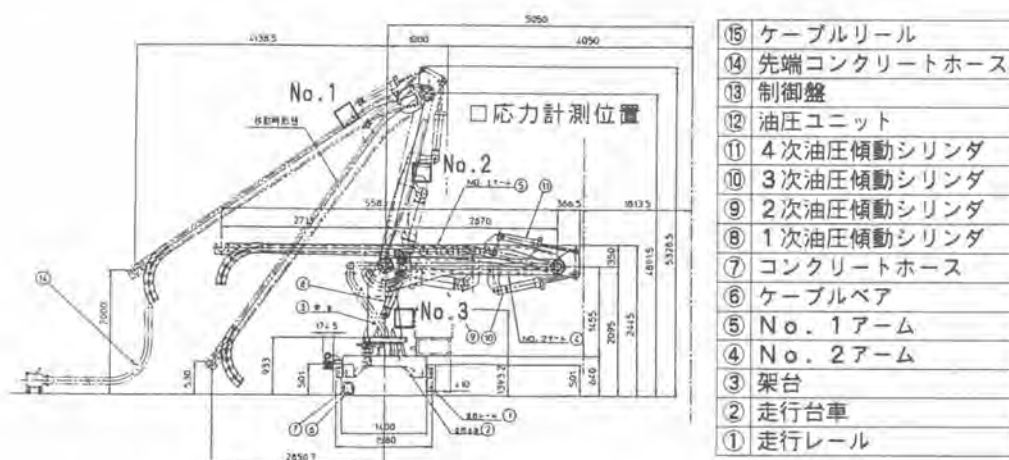


図-2 ディストリビュータ外観図

表-1 ディストリビュータ仕様一覧表

供給電源	AC200V/220V×50/60Hz×3φ	
稼働時間	最大24hr/日、平均16.5hr/日	
装置重量	走行用レール	3,070kgf
	ディストリビュータ本体	1,641kgf
	油圧ユニット	260kgf
	制御盤	40kgf
	ケーブルリール	100kgf
	ケーブルベア	460kgf
	アーム内コンクリートホース	110kgf
先端重量	200kgf	総重量=5,881kgf
台車走行速度	最大 1rpm (調整可能)	
アーム旋回速度	最大 4rpm (調整可能)	
アーム旋回運転範囲	通常±90°、最大±175°	

### 3. 性能基礎実験

機械の性能の確認および設計上の不具合事項を確認するため、技術研究所内で実現場を想定した性能基礎実験を行った。実験状況写真を図-3、主な実験項目を表-2に示す。



図-3 実験状況写真

表-2 性能基礎実験の主要項目

(1)作業能力試験	無負荷状態において1/8平面の打設に要する時間を測定
(2)圧送性試験	通常配合 (sl=12cm) と低スランプ配合 (sl=8cm) の圧送性試験
(3)施工性試験	総合的な運転性能試験
(4)耐久性試験	コンクリートホップ稼働時の各部応力測定

実験の結果を列挙すると、以下の通りである。

(1)作業能力試験：ディストリビュータの移動時間を実測し、次式によりディストリビュータのコンクリート分配能力を算定した。算定結果を表-3に示す。

$$Q = 3,600 \times V_h \times \eta / T$$

ここに、 $Q$ ：ディストリビュータのコンクリート分配能力 ( $m^3/hr$ )

$V_h$ ：1層厚さを30cmとした場合のコンクリート量 ( $m^3$ )

$\eta$ ：作業効率=0.9

$T$ ：1層を打設するのに要する時間(秒) =  $T_1 + T_2 + T_3$

$T_1$ ：コンクリート吐出時間(秒) =  $3,600 \times V_h / q$

$T_2$ ：移動に際するコンクリート待ち時間(秒) =  $H_h \times t_w$

$T_3$ ：ディストリビュータの移動時間(秒) =  $T_{31} + T_{32} + T_{33}$

$q$ ：コンクリートホップ実吐出量 ( $m^3/hr$ ) =  $20m^3/hr$

$H_h$ ：各高さのホップ数(個)

$t_w$ ：ホップ1箇所当りの待ち時間(秒) = 5秒または10秒

$T_{31}$ ：アームの伸縮・旋回による各ホップへの移動時間(秒)

$T_{32}$ ：次の停止位置に台車が走行し、固定ピンをセットするのに要する時間(秒)

$T_{33}$ ：最終停止位置から開始停止位置に台車が走行し、固定ピンをセットするのに要する時間(秒)

算定の結果、本機のコンクリート分配能力は地上部付近でも  $12.2m^3/hr$  であり、所要の目標能力を満足することがわかった。

表-3 コンクリートディストリビュータの分配能力

躯体高さ (GL+)	単位	0m	20m	70m	150m	190m
(a) $V_h$	$m^3$	28.4	24.5	13.8	9.2	7.3
(b) $t_w$	秒	10	10	5	5	5
(c) $H_h$	個	64	56	40	40	40
(d) $q$	$m^3/hr$	20	20	20	20	20
(e) $T_1=3,600 \times (a) / (d)$	秒	5,112	4,410	2,484	1,656	1,314
(f) $T_2=(b) \times (c)$	〃	640	560	200	200	200
(g) $T_{a1}$ =実測結果	〃	1,320	732	526	526	526
(h) $T_{a2}$ =実測結果	〃	170	170	170	170	170
(i) $T_{a3}$ =実測結果	〃	300	300	300	300	300
(j) $T_3=(g) + (h) + (i)$	〃	1,790	1,202	996	996	996
(k) $T=(e) + (f) + (j)$	〃	7,542	6,172	3,680	2,852	2,510
(l) $\eta$	—	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
(m) $Q=3,600 \times (a) \times (l) / (k)$	$m^3/hr$	12.2	12.9	12.2	10.5	9.4

(2) 圧送性試験：同じ配合の場合、アームの姿勢や作業半径の違いによるピストン前面圧の違いは認められなかった。また低スランプ配合の場合、通常配合に比べてピストン前面圧は約 $2kgf/cm^2$ （推力換算約 $402kgf$ ）増加することがわかった。さらにディストリビュータ本体の水平換算長を森永方式および「コンクリートポンプ工法施工指針」（日本建築学会）方式に基づいて計算した結果、約110mとなった。

(3) 施工性試験：各パーツは設計通りに動作し、基本的な問題はなかった。ただし筒先にタイヤ式キャスターを製作したが、中間ホースが硬いため人力で引き回すことが困難である、筒先の重心が高く水平力に対して安定性がない等の理由から、筒先は5m程度のコンクリートホースを使用することとした。また操作盤は安全面、維持管理面を考慮して開発当初は有線方式としたが、作業性、操作性を優先して無線方式とすることとした。

(4) 耐久性試験：コンクリートポンプが稼働中の応力を、図-2中の□位置にて計測した。このうち測定No.2および3で応力が大きかったため、耐久性を考慮して補強することとした。

#### 4. 現場適用例

技研での性能基礎実験の成果を踏まえ、本機を超高層煙突の施工現場に適用した。本煙突は東京電力（株）の横浜火力発電所増設工事に伴う煙突外筒工事である。構造物の概要を図-4および表-4、スリップフォーム構台の平面図を図-5、実施工状況写真を図-6に示す。


ディストリビュータは図-5中、のレール上をS1→S2→S3→S4の順に停止し（○の位置）、各小ホッパー（■の位置）にコンクリートを分配する。S4まで終了するとS1まで周回し、同じ作業を繰り返す。構台上に置いたコンクリートポンプは技研での性能基礎実験と同様の（株）シンテックのMK W-35SMである。

表-4 超高層煙突構造物概要

形状	糸巻型変形四角形
構造	鉄筋コンクリート造 コンクリート量=9,200m <sup>3</sup>
頂部辺長	19.6m
底部辺長	28.1m
頂部壁厚	300mm
底部壁厚	1,120mm~800mm
躯体高さ	GL+200m

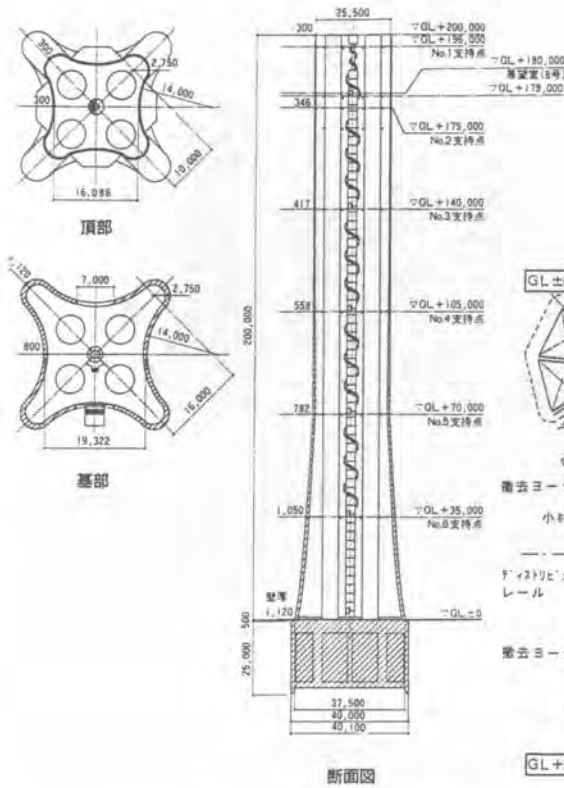


図-4 超高層煙突断面図

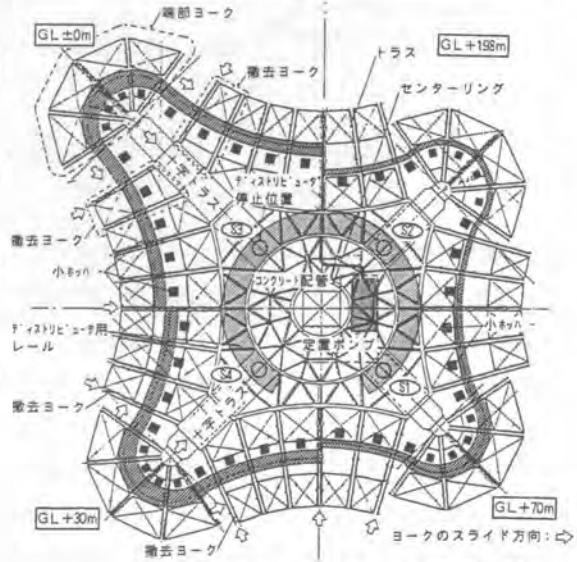


図-5 スリップフォーム構台平面図



図-6 実施工状況写真

ディストリビュータが所要性能を満足していることを確認するため、実現場において、スリップフォーム上昇高さGL+50m付近のディストリビュータのコンクリート分配時間およびヨーヨーホイスによるコンクリート供給のサイクルタイムを計測し逆算により各高さのコンクリート分配能力と供給能力を比較した。GL+50mにおける分配時間と供給時間の計測結果を表-5、

表-6に、またこれらから逆算した各高さにおけるコンクリートの分配、供給能力の比較を表-7および図-7に示す。

表一 5 ディストリビュータのコンクリート  
分配能力の実測値

コンクリート打設	1'12"
移動時間	0'28"
固定ピン抜き	0'51"
固定ピン差し	0'46"
隣への走行	0'50"
1周走行	1'45"

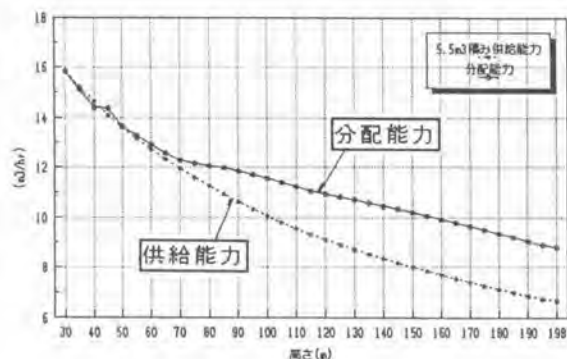
表一 6 ヨーヨーホイスのコンクリート  
供給能力の実測値

ホイス投入時間	1'16"
上昇時間:速	0'55"
上昇時間:遅	0'55"
ホッパー投入時間	0'26"
下降時間:遅	0'32"
下降時間:速	0'47"

表一 7 コンクリートの分配能力と  
供給能力の比較

高さ (m)	分配能力 (m <sup>3</sup> /hr)	供給能力 (m <sup>3</sup> /hr)
198	8.81	6.67
180	9.38	7.11
160	9.95	7.68
140	10.47	8.34
120	10.93	9.12
100	11.54	10.07
80	12.05	11.24
60	12.92	12.71
40	14.39	14.63
30	15.81	15.82

上表中、 は躯体高さに関係ない因子である。



図一 7 コンクリートの分配能力と供給能力の比較図

これらの図表から明かなように、ディストリビュータのコンクリート分配能力は、ヨーヨーホイスのコンクリート供給能力を十分に上回っている。

施工中はディストリビュータ本体のトラブルや配管内のコンクリートの閉塞もなく、順調な施工ができた。問題となっていた作業員数については、従来6~7人程度の土工が一輪車、カート車でコンクリートを運搬していたのに対し、本機の採用によりコンクリートポンプのオペレータ、ディストリビュータ操作員、筒先引回し兼合図マンが各1人の合計3人で対応して、労務費を半減することができた。

## 5. まとめ

スリップフォーム工法用に開発したコンクリートディストリビュータは、実施現場への適用で成果を挙げることができ、所要性能を満足することはもとより、作業員数の削減、苦渋作業からの解放等にも対処できることを確認した。今後は本機にさらに汎用性を持たせ、他現場、多工法にも適用させたいと思っている。また本開発成果が建設機械、強いては建設業の近代化に寄与できれば幸いである。

最後になりますが、本機の開発に際して多大なる御協力を頂いた東洋運搬機(株)に対し、紙面を借りて御礼申し上げます。