

## 8. 逆打ちコンクリート自動打設システム

清水建設(株)：阿曾田 栄・\*梶岡 保夫  
許斐 慎一

### 1. はじめに

近年、建築工事においては、工期短縮・周辺環境の維持・省資源といった時代の要請にマッチした特性から、逆打ち工法を採用する事例が増加している。地下躯体工事に着目してみると、施工については機械化・自動化から遠い人力依存型工法が主流となっている。なかでも、コンクリート打設についてはその傾向が強い。今回の事例のように、壁厚・打設リフト数等規模が大きくなってくると、打設能率の低下・打ち継ぎ部品質確保といった解決すべき課題がクローズアップされてくる。

そこで、

- ① コンクリート締め固め、打ち継ぎ部処理等の品質確保
- ② 大規模逆打ちコンクリート工事の打ち込み能率の向上
- ③ 施工上の安全確保

を目的に逆打ちコンクリート自動打設システムの開発を行った。現在、地下変電所の新築現場で稼働中であり、ここに開発システムの概要と施工状況について報告する。

### 2. コンクリート打設計画

今回、システムを導入している地下変電所の外壁は外周部の仮設連続壁の内側に構築されるRC躯体で、外部直径14.4m・壁厚2mの大型構造物である。工事は逆打ち工法により行われており、1リフト高さ約4mの躯体を構築しては内部掘削を行い、その下に逐次躯体を構築して行くものである。



写真-1 現場全景

コンクリート打設の基本計画は次のとおりである。

#### 2-1 打設部位（区画割り）と1回の打設量

打設は、全周を9区画に分け、1区画毎に2台のコンクリートポンプ車を使用して行う。ポンプ車1

台に対し1セットの打設システムが使われる。当現場では計4セットのシステムを2セットずつ交互に使ってコンクリート打設を行っている。

1区画あたりの打設量は約420m<sup>3</sup>であり、約6時間で打設される。(図-1)

## 2-2 鉄筋、型枠

躯体内の配筋は前後4列に格子状鉄筋(D29~D38、ピッチ:200)が組み、これに直交して1mピッチでせん断補強筋等が入り組んだ構造である。

型枠は大型枠とし、1ユニットの幅2.5mで、側型枠は木製、底型枠は鋼製とした。側型枠上部に開口を設け、層打ち時には先端ホース・パイプレータを挿入し、圧入時には圧入用鋼製型枠を取り付け、打設を行う。

## 2-3 打設時のコンクリート落下高さ

側型枠の上部にコンクリート水平配管を設け、型枠ユニット毎に取り付けた分岐弁の分岐側にデリバリホースを接続し型枠内に挿入する。コンクリート打設の進行にしたがって上昇するコンクリート天端面に対し、長さの違うホースを付け替えることにより打設時の落下高さ1.5m以内を確保する。また、層状に打ち込まれたコンクリートに対しては、逐次パイプレータによる締め固めを行う。(図-2)

## 3. 自動打設システムの概要

システムはコンクリート自動打設装置、締め固め装置、圧入管理装置の3つの要素から構成されている。本工事に先立ち、モックアップテストにより施工性・打ち継ぎ部品質の確認を行うとともにシステムの基本性能を把握した。(写真-2)

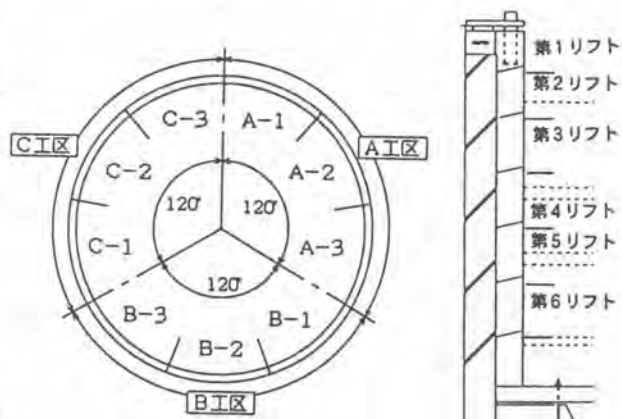


図-1 躯体全周の区画割りとリフト断面

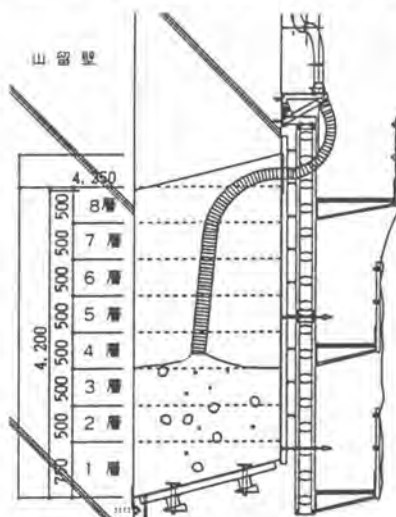


図-2 打ち込み状況(断面)



写真-2 モックアップテスト供試体

### 3-1 コンクリート自動打設装置 (図-3)

基本部分は分岐弁、制御盤、油圧ユニットで構成されている。ポンプ車側の制御装置と連動し、打設量カウント、分岐弁の切り替え、鉛直配管直下部の油圧シャッター弁開閉、異常時のポンプ緊急停止等の制御を行いながら、各分岐弁から定量ずつコンクリートを分配打設する。1セットのシステムは制御盤・油圧ユニット1台に鉛直配管直下部シャッター弁1台と分岐弁を最大10台まで組み合わせて構成される。(写真-3)

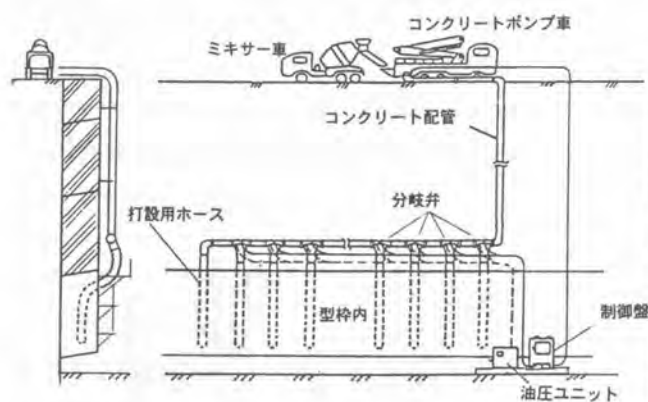


図-3 コンクリート自動打設装置



写真-3 打設状況

#### ① 分岐弁 (写真-4)

新たに開発した分岐弁は、油圧シリンダーによりパタフライ弁を反転させて方向を切り替える2方向切替弁である。油圧シリンダーのロッド取り付け部は、スプリングクッションにより骨材の噛み込み時に遊びを生ずる構造となっている。また、弁を閉じた場合、管路の直通側が完全な円形断面を保っており、摺動部のシール耐圧強度も十分である。したがって、配管クリーナが確実に通過するので、作業終了時に現位置のままで直ちに残コン処理および管路洗浄を行うことができる。転用性にも優れている。



写真-4 分岐弁

#### ② 制御盤、油圧ユニット (写真-5)

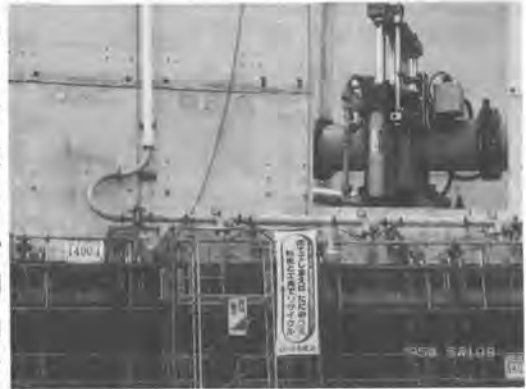
制御盤、油圧ユニットは、ポンプ車側の制御盤からコンクリート圧送信号(圧送、停止、ピストンストロークカウンタ信号等)を取り込み、油圧ユニットの電磁弁を逐次切り替えて各分岐弁の開閉を行うものである。後述のパイプレータ制御盤とともに共通架台上に搭載し、打設工区への移動の便を図った。



写真-5 制御盤、油圧ユニット

### ③ 油圧シャッター弁（写真－6）

コンクリート鉛直配管直下部に設けられる油圧駆動のシャッター弁である。コンクリートの供給が中断した場合、鉛直配管部のコンクリートが自重で自然流下し、管路に空隙を生じてコンクリート分離・閉塞の原因となる場合がある。シャッター弁はこれを防止するために設けられるもので、圧送中断信号により速やかに管路を閉じる。また、圧送開始時には、ポンプ車側の制御盤からの圧送信号により先ずシャッター弁を開け、シャッター弁からの開信号の立ち上がりをもって圧送を開始する。



写真－6 油圧シャッター弁

### ④ コンクリートポンプ制御盤

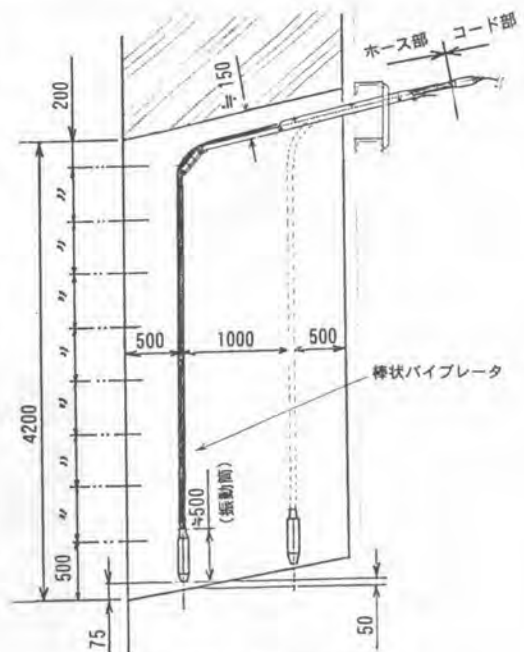
自動打設に伴い、ポンプ車側に新たに設けた制御盤は次のような機能を有している。

- ・自動打設制御盤側にコンクリートポンプ運転信号・ピストンストロークカウンタ信号を送る。
- ・油圧スイッチより、圧送元圧の異常を検出（例えば、定常時圧力60 kg/cm<sup>2</sup>の場合、異常圧力として80 kg/cm<sup>2</sup>と設定しておき、これを越えれば信号を発する等）し、コンクリートポンプの運転を停止する。
- ・圧入時、圧力センサーから設定圧以上で停止信号を発し、ポンプ車の運転を停止する。
- ・ポンプ車の運転・停止に伴い、コンクリート鉛直管直下部の油圧シャッター弁の開閉を行う。

### 3-2 締め固め装置

一般的な逆打ち壁の締め固めには、型枠面からの人力によるタタキ作業による方法あるいは型枠パイププレート効果を及ぶ範囲に適宜配置し、打設の進行に伴いパイププレートをかけては移設して締め固める方法がとられる。しかし、今回の逆打ち壁においては壁厚が大きいので、型枠パイププレートによる型枠面からの締め固めでは限界がある。型枠内に人が入り、鉄筋上に配置した足場上から棒状パイププレートによる締め固め作業を行っている事例もあるが、今回は鉄筋が細かく入り組んでおり、人が中に入ることは安全上不可能であった。

そこで、型枠上部に所定間隔で開口部を設け、パイププレート用伸縮ガイドを設置し、このガイドに沿って棒状パイププレートを吊下げ締め固めを行う方法を新たに考案した。（図－4）



図－4 バイププレートの配置

### ① バイブレータ用伸縮ガイドおよび棒状バイブレータ

側型枠1ユニット（幅：2.5m）あたり2箇所、1.25mピッチで型枠上部の開口部にバイブレータ用伸縮ガイドを取り付け、60φ棒状バイブレータを吊下げて使用した。1系統（コンクリートポンプ1台）あたり、型枠ユニット10セット、棒状バイブレータ20本を使用した。

自動打設装置により一定の高さで層打ちされた（今回の事例では50cm/層）コンクリートの面に対し、ガイドにより奥側・手前側の鉄筋際にバイブレータ吊下げ位置をシフトしながら、振動部を所定深さ貫入させて締め固める。各層毎のバイブレータの引き上げは、側型枠に設けられた作業足場上から人力により行われる。予めバイブレータの蛇管（フレキシブルホース）部にマーク（目印）を設けておき、これを基準として、引き上げ位置を決めている。

### ② バイブレータ制御盤

バイブレータ制御盤は、合計20本の棒状バイブレータの起動・停止を行うもので、4本1組みの群で運転される。各群のバイブレータの締め固め位置が決まったら、作業足場上から、オペレータがリモコン操作ボックスの起動ボタンを押し、その群のバイブレータを運転する。4本のバイブレータは設定時間（10秒間）作動した後停止する。なお、足場上を移動しながらの運転であり、複雑なケーブル引き回し作業を無くすため無線リモコンを採用している。

### ③ 型枠のタタキ作業

本工事に先立ち行ったモックアップテストにおいて、型枠際の締め固め実験を行った。その結果、今回は型枠バイブレータの採用を見合わせ、人力によるタタキ作業によるものとした。このため、今回採用した側型枠には3段の作業足場を取り付けている。

### ④ 槍型バイブレータによる上部層の締め固め

打ち継ぎ部へコンクリートを圧入する直前の上部層（8層目）のコンクリート打設時には、打設高の関係でバイブレータガイドは使用できない。この場合には、型枠上部に鋼性の圧入型枠（槍型バイブレータ挿入用開口部・回転蓋付き）を取り付けて置き、この開口部から槍型バイブレータを挿入し、最奥部まで締め固める。槍型バイブレータは45φ、長さ2.5mのものを使用した。

## 3-3 圧入管理装置の概要と使用方法

圧入管理装置は打ち継ぎ部へのコンクリート圧入時の充填性（圧入品質）確保、および施工の安全性（型枠の許容荷重以下に圧入圧力を維持）確保のため使用されるもので、圧力センサとアンプ、制御盤より構成される。ポンプ車1台（1系統）に対して3台の圧入管理装置が使用される。

### ① 圧入管理装置（写真-7）

圧力センサとして歪みゲージ式圧力変換器を使用しており、検出部は圧入型枠のコンクリート圧入口部にワンタッチで取り付けられるよう専用のカプラと一体化した構造となっている。制御盤は、静歪み測定器をベースに表示灯と信号伝送ケーブルで構成される。

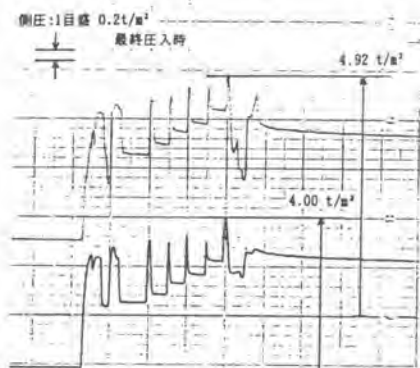


写真-7 圧入管理装置



## ② 使用方法

上流（又は下流）側の分岐弁を逐次開閉しながら片押しにより圧入を行う。この場合、現在圧入中の圧入口部および引き続いて圧入する圧入口部計3箇所に圧入センサを取り付け、同時に圧力を計測管理する。充填に十分な設定圧力値（例えば4 t/m<sup>2</sup>）を確保した時点で、その圧入口からの圧入を終了し圧入型枠の回転蓋を閉じる。そして、圧入センサを取り外し下流側の圧入口部に付け変える。これを次々と繰り返して圧入を行ってゆく。なお、制御盤では、充填設定圧力値を越えた時点で緑色



図一六 圧入時の圧力変化

灯による表示と、過大圧力設定値（型枠設計荷重6.5 t/m<sup>2</sup>に対し、5.5 t/m<sup>2</sup>）を越えた時点での赤色灯による危険表示およびポンプ運転停止信号の伝送を行っている。また圧入圧力値を直接デジタル表示器で読み取ることできる。

図一六にモックアップテスト時に行った圧入時圧力の計測結果の一例を示す。

表一三 施工時の人員構成

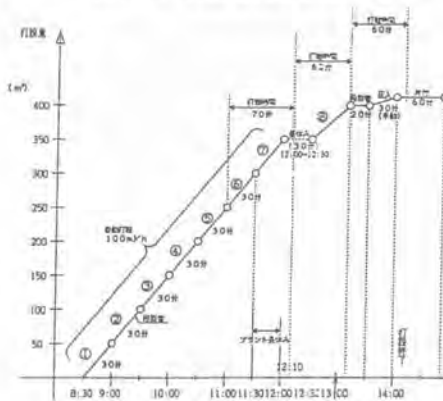
職 種	作業内容	人員数
ポンプ工	ポンプ操作	1
	筒先操作	2
コンクリート工	パイプレータかけ及び型枠・キタジョンホース 設置セット（型枠足場上）	2 + 2
	パイプレータリモコン操作	1
	型枠ナナキ（下回り）及び圧入作業時補機・調整	2
作業指導員	コンクリート打設統制・指導	1
*ポンプ車1台当たり（1日働行進系機）		合計 11人



写真一八 打設を完了した外周壁

## 4. 稼動状況

打設は実働6時間を要し、極めて良好である。打設を完了し、型枠を取り外した外周壁の状況を写真一八に示す。また、施工時の人員構成について表一三に、コンクリート打設タイムチャートを図一七に示す。



図一七 打設タイムチャート

## 5. おわりに

今回の開発は、計画段階から実際の導入までに2年近くを要した。開発スタッフと現業ライン、協力業者が意見をぶつけあい問題点を解決してきた。締め固め・圧入等の不明確な課題に対しては全て実証試験により対応した。現在、システムは順調に稼動中であり、耐久性等も立証されて行くと思われる。今後は、システムの改良・改善とともに、更に簡易化を進め、汎用システムとして一般的な逆打ち地下躯体への展開を図って行きたい。