

## 23. パソコンを利用したスリップフォーム工法の施工管理

(株)大林組：曾根 隆之・\*鶴田 賢治

### 1. はじめに

スリップフォーム工法は、鉄筋の組立て、コンクリートの打設の進行に伴って、高さ90～150cmの対向する型枠を上方に滑動させて、打ち継ぎ目の少ない、一体性のコンクリート構造物を作る工法で、現在では、壁厚や直径を変化させる事のできるスリップフォーム装置が各国で開発され、超

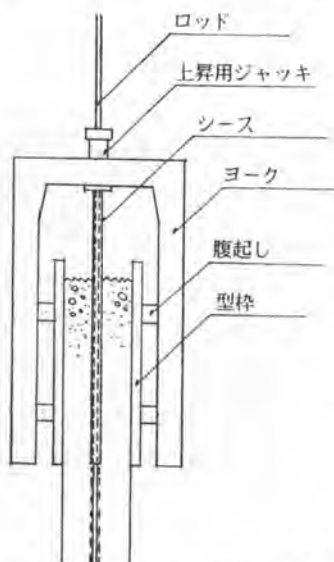


図1. スリップフォーム工法の原理図

### 2. パーソナルコンピューターの活用対象

スリップフォーム工事の具体的な施工手順は、煙突やサイロ等のような構造物の種類によって多少異なるが、基本的には、以下の手順に従って工事は進められる。

- ① スリップフォーム装置の上昇に先行して、配筋作業を行なう。
- ② スリップフォーム装置と一体化された型枠内にコンクリートを打設する。(深さ20cm程度)
- ③ 型枠下端のコンクリートが自立できる圧縮強度に達したかどうか確認する。
- ④ スリップフォーム装置を上昇させる。(上昇量25mm/回)
- ⑤ ①～④の作業を繰返す。

仕様書によって要求される品質を確保するためには、各作業ステップにおいて、それぞれ十分な工事管理を行うことが必要となる。中でも特に重要と考えられるのは、精度管理と、施工を安全かつ確実にを行うためのコンクリート若令強度管理とであろう。そこで今回は、この2つの工事管理について、パーソナルコンピューターの活用を試みた。

高煙突、電波塔、クーリングタワー、高架水槽、石炭サイロ、石油掘削用や貯蔵用のプラットフォーム等の海洋構造物等にも、適用されるようになってきている。このスリップフォーム工法は、在来のどの型枠工法よりも、施工速度が早いという特徴をもっている一方で、短期間に作業が集中するために、作業員が多数必要になるという作業管理上の問題や、若令コンクリートの強度の確保及び確認という品質管理上の問題をもっている。そこで、当社では、これらの問題の解決にあたって、パーソナルコンピューターの活用を試みた。その結果、一応の成果をあげたので、スリップフォーム工法の施工管理におけるパーソナルコンピューター利用の一事例としてここに報告する。

### 3. 精度管理システム

#### 3-1 精度管理業務

スリップフォーム工事中には、スリップフォーム装置自体が、日照や風等の様々の要因による影響を受けるため、構築物そのものも、複雑な挙動を示しながら施工されている。従って、出来上がりとしての精度を確保するためには、工事中の精度をリアルタイムに計測し、その計測結果に基づいて装置の制御を行うという、精度管理業務が重要となっている。

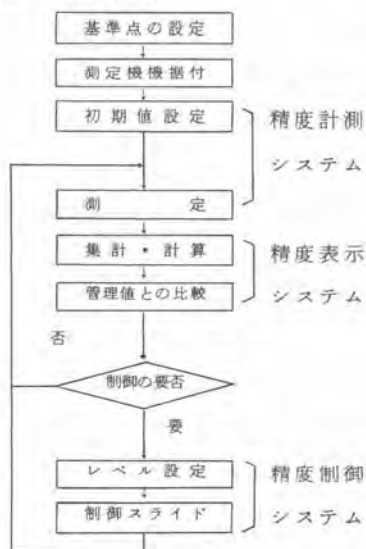


図2. 精度管理の業務フロー

#### 3-2 精度計測システム

地上部の2つの基準点に設置したレーザー鉛直器から、レーザー光を鉛直上方に照射し、スリップフォーム装置上に設置してあるX-Y方向変位検出装置(受光ターゲット)で、このレーザー光を受け、X方向、Y方向の変位量をそれぞれmm単位で計測している。

又、装置の絶対高さについては、ワイヤーリール方式のロータリーエンコーダーを使用した高度計によって計測をしている。

#### 3-3 精度表示システム

精度測定システムによって計測されたデー



写真1. 司令室のパーソナルコンピューター

現在、スリップフォーム工法における精度管理に関しての基準等は特に定まっていない。そこで、当社においては、次の測定項目についてそれぞれ、管理値を設定し管理している。その中で、(1), (2), (3), (8)について、レーザー光とパソコンを連動させた精度管理システムを開発し、実施した。

- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| (1) 中心位置の変位    | (6) 各ヨーク位置での壁厚         |
| (2) 装置のねじれ、回転量 | (7) 各ヨーク位置での内外勾配       |
| (3) 装置の絶対高さ    | (8) 各ヨークのレベル           |
| (4) 半径の誤差      | (9) その他スリップフォーム装置の変位量等 |
| (5) 真円度        |                        |

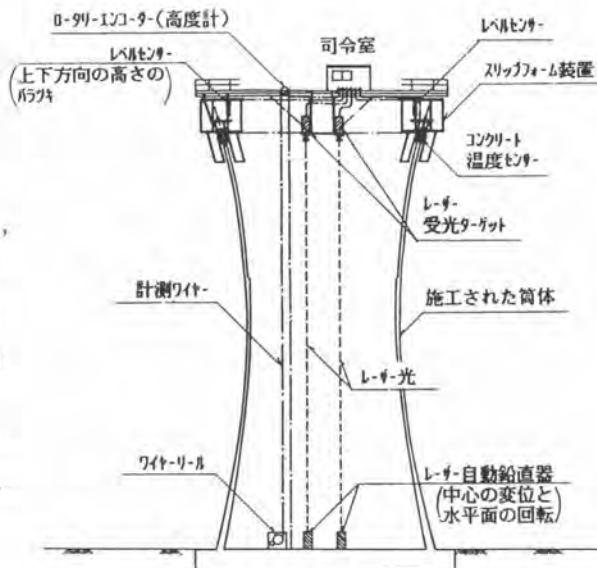


図3. 精度管理システムの概要図

データは、司令室に設置されている8ビットのパソコン(NEC PC8000)にオンラインで送られ、中心位置の変位量、スリップフォーム装置の回転量等の計算が行われ、その結果は、リアルタイムでCRT(画面)に表示される。そして、あらかじめ設定されている管理基準値と比較検討することにより、修正制御作業の要否が決定される。

### 3-4 精度制御システム

中心位置の変位の修正制御作業は、自動レベル管理システムを利用して行われる。

この自動レベル管理システムは、各ヨークに配置した水盛連通管のレベルセンサーと、司令室に設置



写真2. レベルセンサーと自動レベル管理装置 ととなる。

## 4. コンクリート若令強度管理システム

### 4-1 システムの概要

スリップフォーム工事中には、装置の自重や積載荷重は、ジャッキやロッドを介して、地上で支持されている為、型枠内部のコンクリート自重が自立できるだけのコンクリート強度が発現した時点で、装置の上昇ができる。この時の必要なコンクリート圧縮強度は、安全率を2、型枠内部のコンクリート高さを1.0 mとした時、 $F_c = 0.23 \times 2 = 0.46 \text{ kg/cm}^2$  以上の強度が必要となる。この若令強度の確認にあたっては、従来は、型枠下端のコンクリートを指で押ししたり、鉄筋棒を上方より突きさしたりあるいは、テストピースでの圧縮強度試験による方法で行なっていた。しかしながら、システム



図5. 若令強度管理システムの構成

## SLIP FORM ACCURACY CONTROL SYSTEM

DATE:85/12/12 TIME:15:48:42 NAME:1

### ワイヤオフ

ワイヤ ( H )	36.175 m
ワイヤ ( X 1 )	6 mm
ワイヤ ( Y 1 )	-9 mm
ワイヤ ( X 2 )	12 mm
ワイヤ ( Y 2 )	4 mm
ワイヤオフ ( A )	1.58 m
ワイヤオフ ( ML )	9 mm

### インサンプォカ

インサ ( X )	-9 mm
インサ ( Y )	-8 mm
インサ ( B )	163° 3' 54"
インサ ( a )	8° 6' 52"
インサ ( A )	1.493 m
インサ ( B )	1.503 m

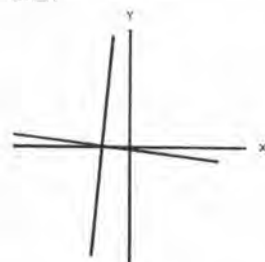


図4. 精度管理システムのCRTへの表示例

された自動レベル管理装置により構成されており、この自動レベル管理装置は、各ヨークに据付けられている上昇用ジャッキのソレノイドバルブとつながっており、任意のレベルで、ジャッキの作動を停止できる。従って、自動レベル管理装置のレベル値を変更することによって変位の修正制御ができることとなり、さらに全体のレベルを傾けたままでの上昇も可能であり、ピサの斜塔のような塔状構造物も簡単に施工できるこ

的な工事管理を行う上で、これらの方法は、いずれもいくつかの問題点をかかえているため、当システムにおいては、経過時間 ( T ) と仮想養生温度 ( ° T ) との積である積算養生温度 ( T ° T ) によって初期圧縮強度 ( 若令強度 ) を推定する方法をとっている。

#### 4-2 コンクリート温度の計測

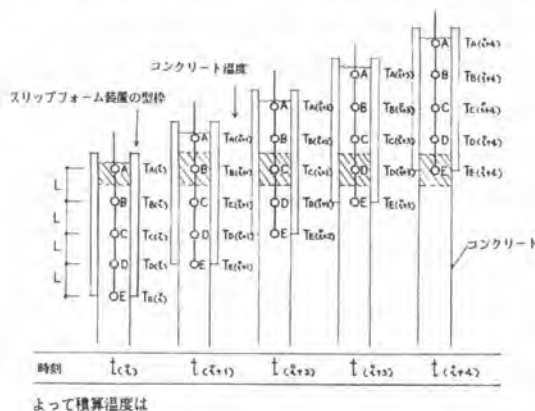
コンクリートの温度計測にあたっては、当社が独自に開発した、写真3に示すような熱電対方式による多点式温度センサー ( 10 cm ピッチで14ヶの温度センサーを取付けてある ) をスリップフォーム装置のヨーク部に取付け、リアルタイムの温度計測を行っている。さらに、このコンクリート温度データは、司令室に設置された16ビットパソコン ( NEC PC9800 ) にオンラインで入力され、各温度センサーのレベルでの積算養生温度が計算されるようになっている。



写真3. ヨークに取付けられた温度センサー

#### 4-3 積算養生温度の算定

温度センサーの位置がスリップフォーム装置の上昇によって変化するため、ある高さにおけるコンクリートの積算養生温度は図7に示すような方法で算定される。そこで当システムでは、パソコンの内部



$$T \times \bar{t} = \frac{T_{c(i)} + T_{c(i+1)}}{2} \times (t_{c(i+1)} - t_{c(i)}) + \frac{T_{c(i+1)} + T_{c(i+2)}}{2} \times (t_{c(i+2)} - t_{c(i+1)}) + \frac{T_{c(i+2)} + T_{c(i+3)}}{2} \times (t_{c(i+3)} - t_{c(i+2)}) + \frac{T_{c(i+3)} + T_{c(i+4)}}{2} \times (t_{c(i+4)} - t_{c(i+3)})$$

図6. 積算養生温度の算定方法

#### 5. おわりに

ここに紹介した2つのシステムにおいては、パソコンを実際の現場内に持ちこんだが、今後はパソコン通信等により、常設機関と工事現場とをオンライン化し、工事管理部門のCRTに直接表示したり、あるいは、見積システムや実施予算管理システム等の他のシステムとリンクさせたりすることも重要な課題となってくると思われる。

時間機能と精度管理システムにおける高度計のデータとを使用し、自動計算させている。

#### 4-4 コンクリート若令強度の推定

積算養生温度からコンクリート若令強度を推定する場合、コンクリートの種類によって推定値は異なる。そこで、工事毎に必ず試練りによる強度試験を行い、その試験結果をもとにして回帰分析手法等により、関係式を求め、この関係式をパソコンに入力することにより、推定値をCRT画面に表示している。

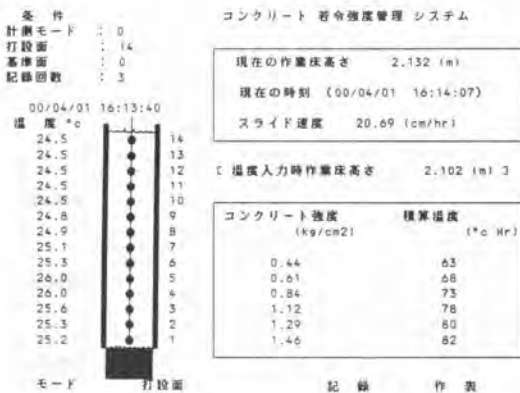


図7. 若令強度管理システムのCRTの表示例