

24. 変断面スリップフォーム工法(TTS工法)における姿勢制御管理

(株)竹中工務店：*星野 春夫・鈴木 昭夫・萩原 忠治・仲西 康

1 まえがき

当社はスウェーデン、インターフォーム社より全面導入した塔状構造物の施工技術「変断面スリップフォーム工法」をもとにTTS工法(Takenaka Tapered Slipform method)を確立している。

今回、変断面矩形通信タワー施工にTTS工法を採用し、工期の短縮、高い矩体精度等の成果を上げることができた。本報告は、その工事概要を述べるとともに、施工管理に使用した姿勢制御管理用測定装置(以下姿勢測定装置と呼ぶ)の開発と工事への適用結果について述べたものである。

2 工事概要

通信タワー概要を表-1、工事概要を図-1に示す。通信タワー外形寸法は変化しないが、壁厚がGL+14.7m~GL+58.5mの間で70cmから30cmまで変化する変断面構造物である。通信タワーの高さ80.5mに対して、TTS工法は下部ステージより上の64mについて施工を行った。TTS装置の概要を図-2に示す。ヨーク数は12とし、それぞれのヨークに上昇ジャッキ(ストローク25mmに設定)を設置して平面的には図-1のように配置した。

TTS工法によるスリップ工事の工程を、計画工程と実施工程とを比較して表-2に示す。本工事は作業所全体工程のクリティカルパスとなっておりできるだけ短工期とする必要があった。作業は午前8時より午後6時(一部午後5時まで)までの昼間のみとし、計画工程は他のスリップフォーム工事の実績をもとに、上昇速度を1.8m/日と設定した。それに対して実施工程では、平均上昇速度2.37m/日、最大で3.2m/日が得られ、計画工程45日に対して10日

表-1 通信タワー概要

構造	R/C 造
高さ	GL+80.5m
外形寸法	5.5m X 5.5m (一定)
壁厚	70 cm (GL+0m - GL+14.7m)
	70 - 30 cm (GL+14.7m - GL+58.5m)
	30 cm (GL+58.5m - GL+80.5m)

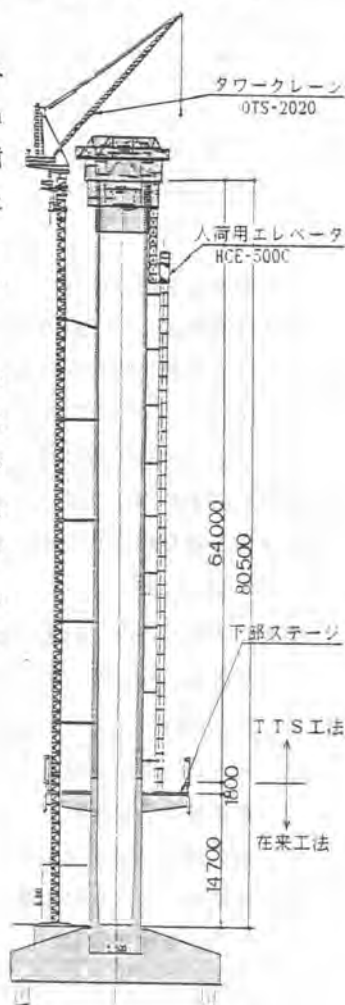
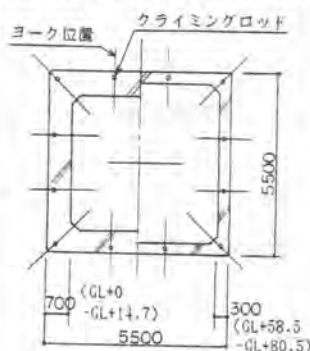


図-1 工事概要

間短縮し35日で終了することができた。工期短縮の要因としては次の4点が考えられる。

- ① コンクリート管理にパソコンを使用し、データを的確に施工ヘフィードバックした。
- ② 回転シュートによるコンクリート打設がスムーズであった。
- ③ 事前に装置の仮組みを行い問題点を改善したためトラブルを防止できた。
- ④ 施工精度が良好であり大きな修正操作を必要としなかった。

表-2 スリップ工程表

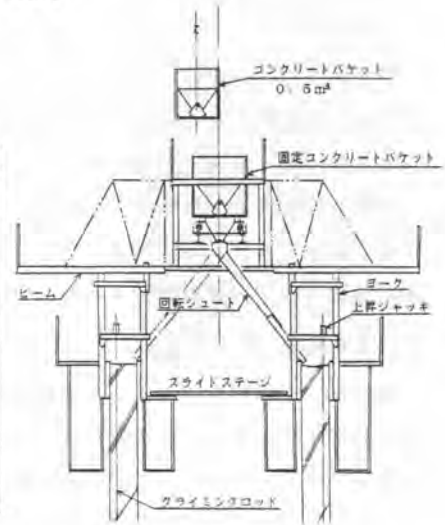
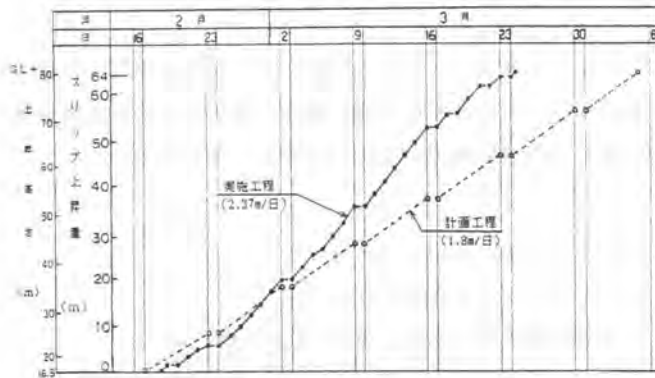


図-2 装置概要

3 姿勢測定装置の開発

装置の姿勢測定は2台の垂直レーザーと、装置上に装置芯に対して点对称に設置した2ヶ所のターゲットを使用して行った。従来は、オペレータが2ヶ所のターゲット上のレーザースポットのずれ量を目視して装置の水平変位および回転の有無を判断する方法であったが、今回測定を自動で行い表示記録する装置を開発して本工事に適用した。

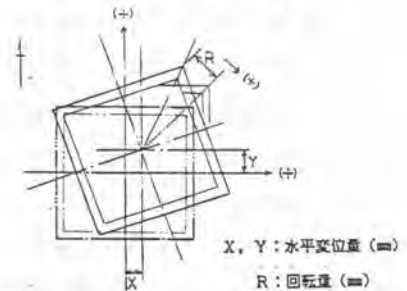
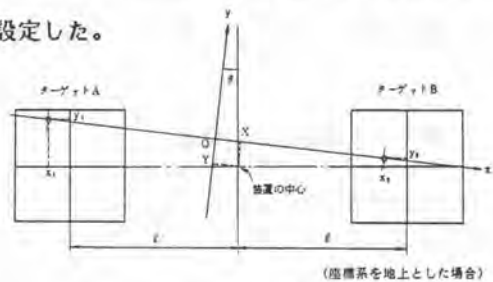


図-3 変位置、回転量の定義

3.1 開発目標

開発に当たり、測定装置の要求性能を次のように設定した。

- ① 変位置、回転量および高さ測定が行える。
- ② 測定精度は±2mm以内とする。
- ③ オペレータが直接見ることができ専任の測定要員を必要としない。
- ④ 測定操作を簡単なものとする。
- ⑤ 停電時、エラー発生時にデータ消滅等のトラブルを起こさない。
- ⑥ 安価でコンパクトなものとする。



$$X-Y変位 \quad X = \frac{Y_1 + Y_2}{2} \sin \theta - \frac{X_1 + X_2}{2} \cos \theta$$

$$Y = \frac{Y_1 + Y_2}{2} \cos \theta - \frac{X_1 + X_2}{2} \sin \theta$$

$$\text{回転角度} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{Y_1 + Y_2}{2L - X_1 + X_2}$$

図-4 レーザーターゲットの読みからの算出

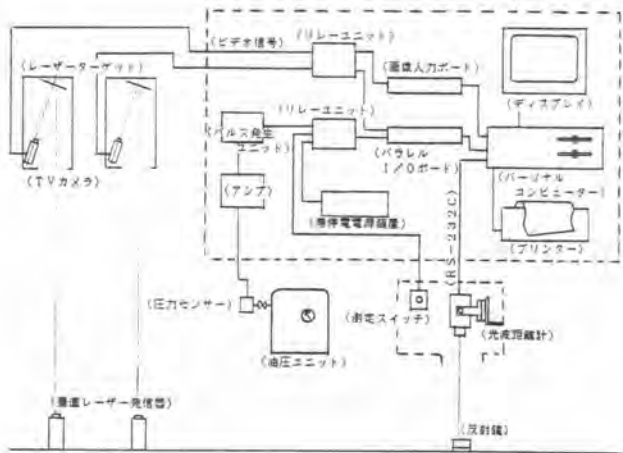


図-5 姿勢測定装置の構成

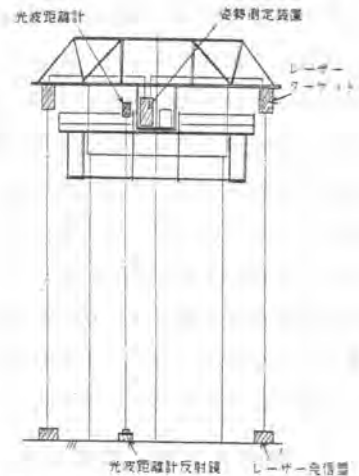


図-6 スリップフォーム工事への適用

3.2 姿勢測定装置の概要

図-3に変位置、回転量の定義を示す。回転量は軀体のコーナー部(中心より3.9m)の、回転方向へのずれ量とした。レーザーターゲットの読みから変位置、回転量への算出方法を図-4に示す。次に、姿勢測定装置の構成を図-5、仕様を表-3に示し、スリップフォーム工事への適用を図-6に示す。また、プログラムのフローチャートを図-7に示す。

変位置、回転量の測定はジャッキアップごとに自動的に行うが高さ測定は光波距離計の視準がずれて測定できなくなる可能性が有ることから、視準を確認した上でスイッチを押す方式とした。

測定画面の表示例を図-8に示す。測定値の数字表示とともに装置芯の変位の傾向を把握するため当日分と合わせて前日分のデータをカラーでアナログ表示させた。

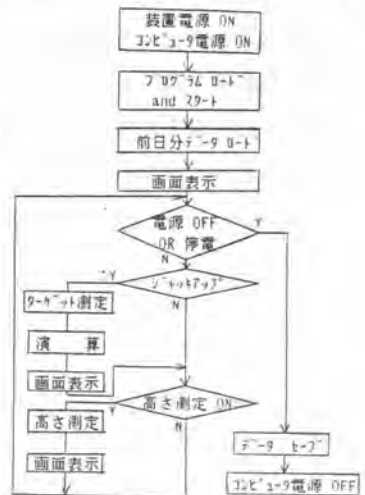


図-7 プログラムのフローチャート

4 姿勢制御管理結果

姿勢制御管理は姿勢測定結果をもとに各ジャッキのストロークを調整することで行った。TTS装置は柔軟な構造を有しており、調整操作に敏感に反応するという特徴

表-3 姿勢測定装置の仕様

測定項目	精度	備考
水平変位 X		
水平変位 Y	± 1 mm	ジャッキアップ毎に自動測定
回転		
高さ	± 2.5 mm	手動により測定開始

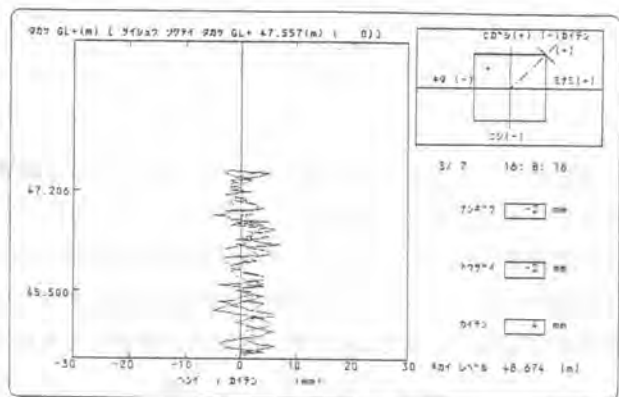


図-8 測定画面の表示例

があるため管理限界は特に設けず常に0を目指して調整操作を行った。

測定データの一部を例として図-9に示す。ジャッキアップごとの変位量の変動は比較的大きく、最大で5mm程度生じている。全データをヒストグラムとして図-10に示す。ほとんどの測定結果が変位量で3mm以内、回転量で2mm以内となっており精度の高い管理が行なえたことが分かる。

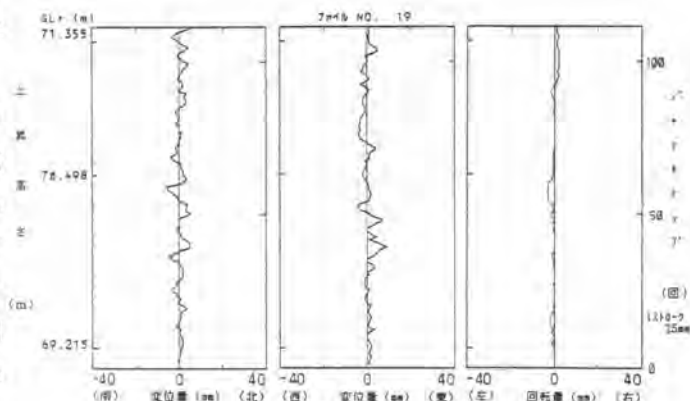


図-9 測定データ例

また、軀体芯の垂直精度は、型枠下端の位置で決まるのに対し、測定値は装置上部の変位量、回転量を表すもので、これは軀体芯の動きを事前に予測するものと考えられる。そこで軀体芯の垂直精度の傾向を把握するため、測定データを1mごとに平均した結果を図-11に示す。図-11では変位量で最大約4mm、回転量で最大約6mmとなっており、実際の軀体芯の精度はこれ以上のものが得られているものとする。

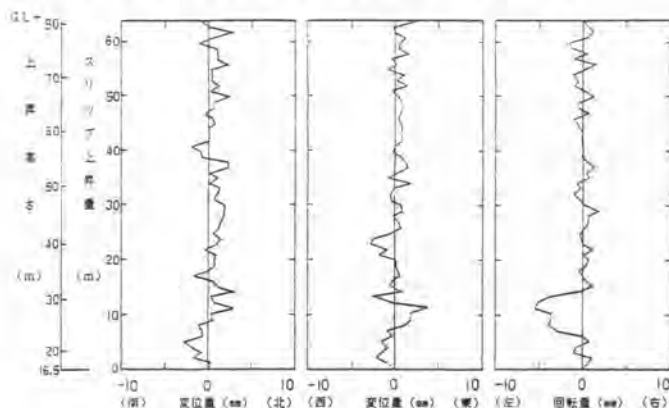


図-11 測定結果(1mごとの平均)

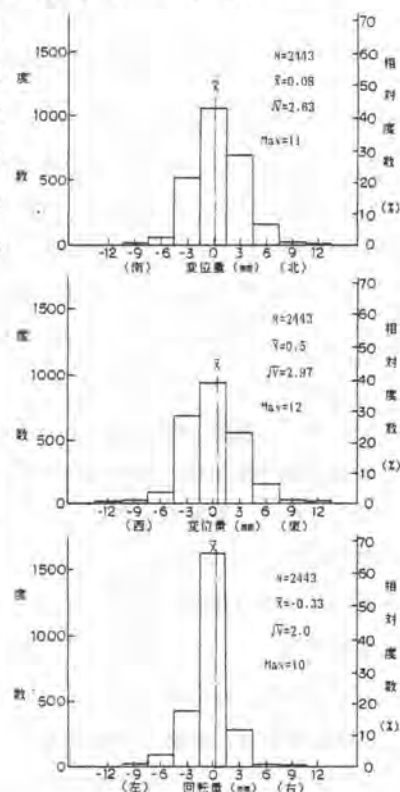


図-10 測定結果

5 あとがき

変断面矩形通信タワー工事におけるTTS工法に姿勢測定装置を開発して適用した結果、推定軀体芯精度が水平方向で4mm以内、回転については6mm以内(コーナー部の回転方向への移動量)と高い精度を得ることができた。姿勢制御管理が順調な結果、工事全体もスムーズに行われ10日間の工期短縮につながった。また過酷な環境の中でも大きなトラブルはなく測定可能であったこと等から姿勢測定装置は、開発当初の要求性能をほぼ満足し目的を達したものとする。

共同研究者 渡辺健二 北沢 宏 木谷宗一 落合 実 井ノ口浩一
宮口正夫 森 俊雄 上浦直樹 山田弘道 東藤隆義