

## 45. 電子スタッフによる沈下計測システム

大成建設(株)：台 和彦・宮崎 裕道  
\*戸田 浩

### 1. はじめに

近接工事においては、既設構造物への工事による影響を監視するために諸々の計測が行なわれる。中でも、沈下計測は最も多く行なわれる計測項目の一つである。この沈下計測用計器には従来、水盛式沈下計(連通管式ともいう)が主に用いられてきた。

東京都神田川お茶の水分水路工事にあって、近接構造物である営団丸ノ内線御茶ノ水駅構内においては建築限界の関係で水盛式沈下計が設置できないということもあり、測点数100点余の沈下計測をレーザーレベルと電子スタッフ、EPSネットワークシステムの組み合わせで行ない、施工管理に反映した。本稿では上記の沈下計測システムについて報告する。

### 2. 工事概要

お茶の水分水路は神田川の洪水対策として東京都からの発注で築造する。総延長1300mのうち、760mの区間は外径10、5mの泥水加圧式シールドで施工する。(下図参照)



図-1. 全体平面図

このトンネル区間には上・下水道やお茶の水橋、聖橋等様々な重要近接構造物があるが、なかでも営団地下鉄丸ノ内線は隧道部では離隔約2mで230m並走し、御茶ノ水駅舎部では離隔約2.5mで120mにわたり斜めにアンダーパス、という広範囲で近接する。

当然の事ながらシールド掘削に先だって様々の防護工が行なわれたが、営団お茶の水駅付近では図-2に示すように駅舎構内からのCB注入、神田川法面からシールド通過予定断面上半部への水平複合注入が行なわれた。

駅舎については、上記の薬液注入による不等隆起やシールド通過による不等沈下といった、地下鉄線路や駅舎構造物への悪影響が懸念されたため、本稿で紹介する沈下計測システムやその他の計測によっ

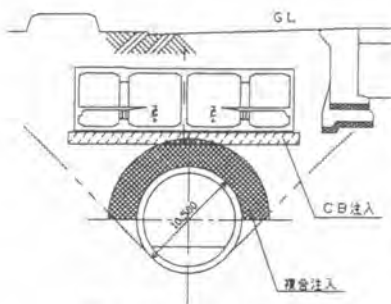


図-2. 薬注断面図

て安全を確認しながら慎重な施工が行なわれた。

ボックスカルバート構造の隧道部では30mピッチに電子スタッフによる沈下と傾斜計による横断方向傾斜を、駅舎部については約5mのメッシュ状になるように壁と柱に電子スタッフを設置して沈下を測定している。図-3に配置図を示す。

駅舎部の1横断測線について5～7測点、1縦断測線については15～16測点になり、各々隣合った測点間の相対変位と絶対変位を厳密に管理することで線路や駅舎構造の安全を計った。

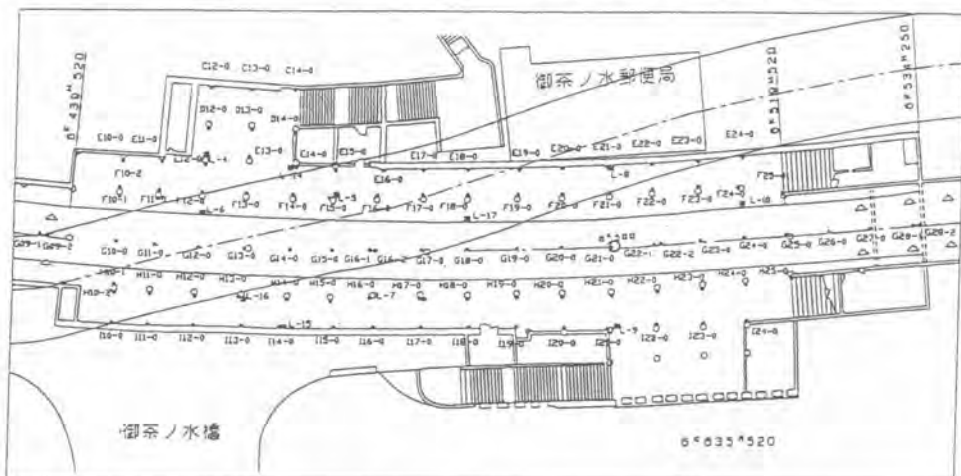


図-3. 測点配置図



写真-1. スタッフ・レベル取付状態

図-4に電子スタッフ原理図を示す。

レーザーレベルから発光されたレーザー光を縦に並べられた光ファイバーを介して受光素子が受光し、内蔵されたCPUがどの高さに受光したかを計算してデジタル信号にしてLCDに表示、同時にRS-232C通信ポートに出力する。

測量機械であるから、水盛式沈下計よりも信頼性が高いであろうという期待で、事前に別の現場で、電子スタッフの性能確認試験を行なった。

この試験では、屋外でレーザーレベルから約60m離して2台の電子スタッフを並べて設置し、分解

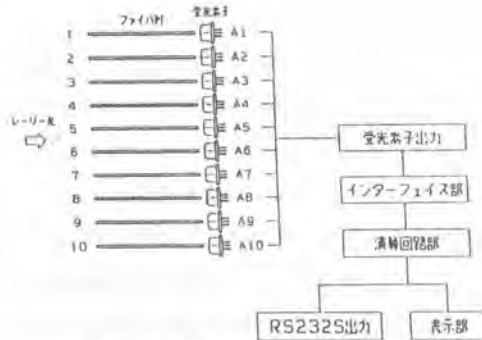


図-4. 電子スタッフ原理図

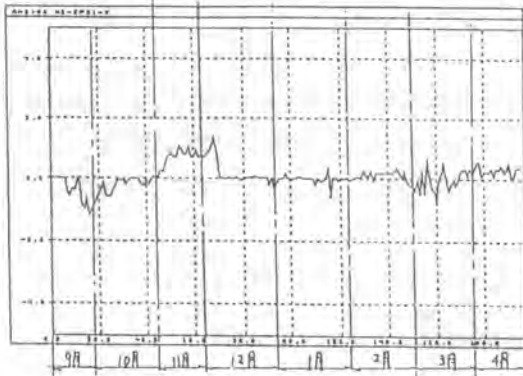


図-5. 安定度試験

るが、1秒おきに出力されるデータをさらに統計処理する事により最終的には±0.3mm以内程度に収まった。

表-1にその時の試験結果の一部を示す。

また安定度については、設置場所が地表面であったため日射・外気温等による実際の沈下隆起も含まれると思われるが、6ヶ月間の標準偏差で0.6mm程度であった。

図-5に安定度試験時の経時変化グラフを示す。

お茶の水分水路工事においては設置後ほぼ丸2年以上連続運転しているが、レーザーレベルの回転用ベルトを交換する以外は特に故障はしていない。このベルトはゴム製であるため、6ヶ月毎の交換は必須である。電子スタッフも駅舎屋内に設置されたこともあって大きな故障はほとんどないが、ごくまれに、受光素子の動作不良と思われる現象が数回発生しただけである。

#### 4. 沈下計測

電子スタッフ・レーザーレベルで沈下計測を行なう場合、広範囲に測点が散在すると一台のレベルからのレーザー光だけでは、遮閉物等により、全ての測点には届かないことが多い。その場合は図-6に示すように同じ場

表-1. 精度試験結果

実移動量(mm)	A側読み(mm) ( )内は誤差	B側読み(mm) ( )内は誤差
±0.0	+0.05 (+0.05)	+0.10 (+0.10)
+15.0	+14.90 (-0.10)	+14.95 (-0.05)
+30.0	+29.90 (-0.10)	+30.25 (+0.25)
+20.0	+19.90 (-0.10)	+20.15 (+0.15)
+2.1	+2.15 (+0.05)	+2.10 (0.00)
+6.6	+6.65 (+0.05)	+6.80 (+0.20)
+9.8	+10.00 (+0.20)	+10.00 (+0.20)
+0.3	+0.25 (-0.05)	+0.45 (+0.15)
±0.0	-0.05 (-0.05)	+0.20 (+0.20)
-2.7	-2.50 (+0.20)	-2.45 (+0.25)
±0.0	+0.15 (+0.15)	+0.15 (+0.15)

注) 実移動量はA, B各々別個のパーニャダイアルで設定している。

能・精度試験と6ヶ月間程の安定度試験を行なった。

分解能については何種類かの任意の高さに電子スタッフを上下し、出力されるデータと実測移動量を比較した。この試験の結果では、電子スタッフ内部で行なわれる99回迄の移動平均による出力データそのままでも仕様通り±1mm以内に充分収まっている。

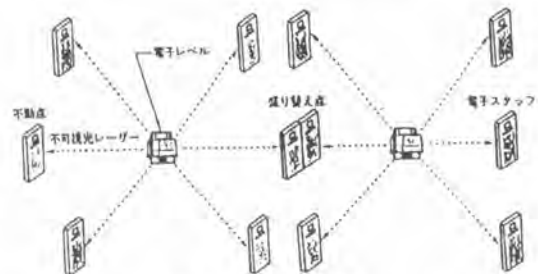


図-6. レベル盛替

所に電子スタッフを背中合わせに二台設置したり、レーザーレベルと電子スタッフを組み合わせで設置して、レベルの盛替を行なう必要がある。レベルから電子スタッフ迄の最高距離はカタログデータで約170mとなっている。

ただし、絶対沈下量については不動点から盛替点を通過する毎に誤差が累積されるということに注意しなければならない。

本工事のように狭い屋内に多数のレベル・スタッフを設置する場合、レーザー光線の乱反射や蛍光灯などの外乱光を防ぐために、遮光フードや余分な受光部への目張りが必要であった。これは、取付後の初期調整時に確実に行なうことが必要である。

また、レーザー光は温度分布等による空気密度差があると屈折して誤差の最大の原因となるので、光路は空気の激む様な場所は極力避けたほうがよい。

### 5. データ収集システム

電子スタッフを沈下計として使用するためには、下記の点が問題となる。

[問題点]

- ①. 出力がRS-232Cであり配線を伸ばせない。
- ②. -----〃----- 多点計測が難しい。
- ③. 外付けACアダプターが必要。
- ④. 電子スタッフ内のCPUが暴走したときに遠隔リセットができない。
- ⑤. 精度を上げるための統計処理をホスト側で行なう必要がある。(ホスト負荷大)



写真-2. FNT

以上の問題点を解決するために、EPSネットワークシステムを採用している。このシステムは複数の電子スタッフ用アダプター(以下FNT: Field Network Terminal)と1台の専用ネットワークコントローラ(以下FNC: Field Network Controller)から構成され、各々は4芯電話線で接続される。他にも同様の通信装置が販売されているが、統計処理の機能があるのはこのFNTだけのである。

電子スタッフ一台にFNT一台が接続され、全ての電子スタッフのデータが1台のFNCに自動的に収集される。

FNTは通信や統計処理を行なうCPUと電子スタッフ用電源を内蔵しており、電子スタッフ用通信ポートとネットワーク用通信端子を持つ。FNCは、1回線当り32台までのFNTが芋づる式に接続できるFNT用通信端子6回線と1回線のホストコンピュータ用通信回線を持つ。つまり、1台のFNCに192点までのFNTが接続できる。

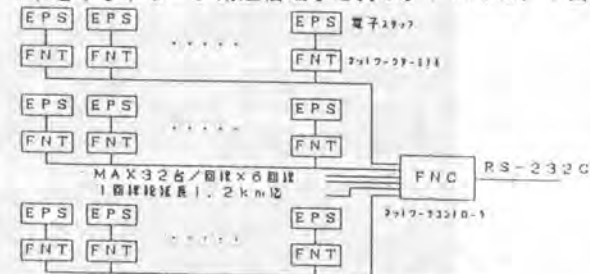


図-7. EPSネットワーク概念図

できるFNT用通信端子6回線と1回線のホストコンピュータ用通信回線を持つ。つまり、1台のFNCに192点までのFNTが接続できる。

FNC, FNT間の接続は4芯の電話線を使用する。

図-7に電子スタッフ用ネットワーク概

念図を示す。

これらの機器を使用することにより、前記の問題点が解決され、高精度な沈下計測データが簡単に収集できる。

## 6. 全体計測システム

他の計測項目も含めた全体計測システムは図-8の通りである。

通信装置を介して現場から中央監視室に送られてきた各種計測データはデータ集収用パソコンに取り込まれ、定期的に共有ハードディスクに書き込まれる。

データ表示用パソコンはリアルタイムにデータをグラフィック表示する。データ処理用パソコンは過去のデータの経時変化図や分布図等、必要な管理帳票を作成する。

また、駅舎下への薬液注入時の施工管理（注入の続行・中止の判断）のために各薬注プラントにモニター用パソコンを設置している。

このモニター用パソコンは、薬液注入当該ヶ所周辺の何点かのデータの経時変化が表示される。注入管理者はプラント側で隆起の度合を常時確認しながら注入量の管理を行なった。

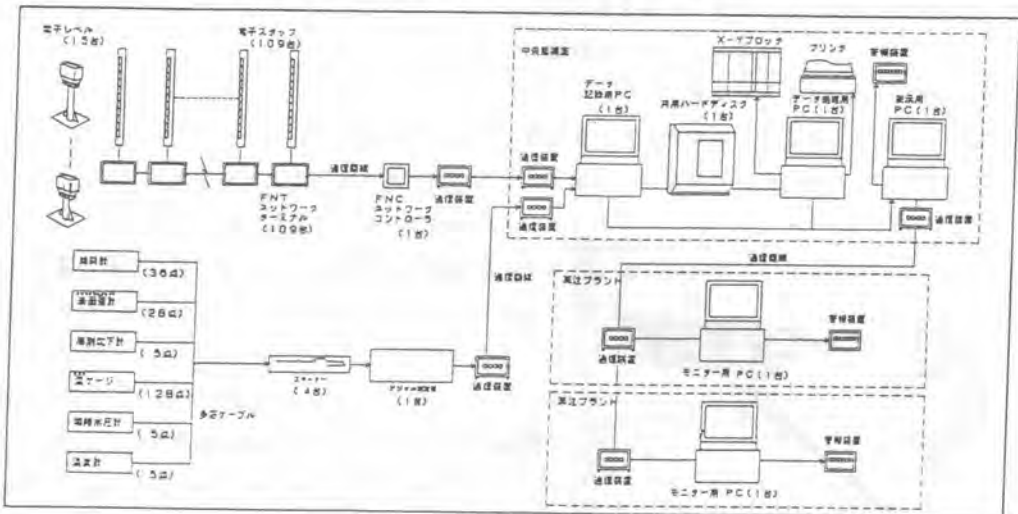


図-8. 全体計測システム図

## 7. 結果

駅舎床版の全体的な変形がわかるように図-9に薬注終了後シールド通過前と通過後の駅舎床版の沈下・隆起分布を示す。薬注前を初期値としている。

薬注終了後シールド通過前には、シールド断面上半部への薬液注入の影響でシールド通過予定線を中心に馬の背状に隆起傾向を示しているが、端部が隆起している部分では駅舎の横断方向の剛性によって反対側が沈下している所もある。シールド通過後には全体的に薬注によって生じた変形が元の平らな形に戻る方向になっているの

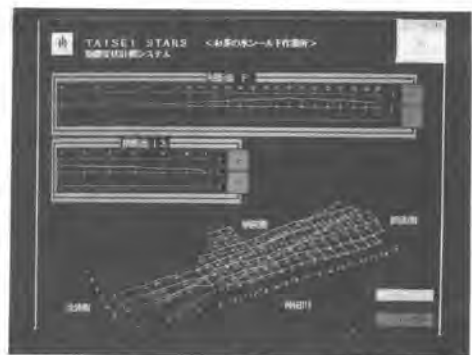


写真-3. モニター画面

がわかる。

また、シールド通過前後でシールド通過線上の一つの測点がどのような挙動を示したかを経時変化図として図-10に示す。

カッターヘッド到達前に切羽泥水圧による先行隆起が見られその後沈下傾向に移行し、マシンテール通過後15日程度ではほぼ安定状態に至っている。このような挙動は、程度の差はあれ、シールド直上のほとんどの測点は同じ傾向を示した。

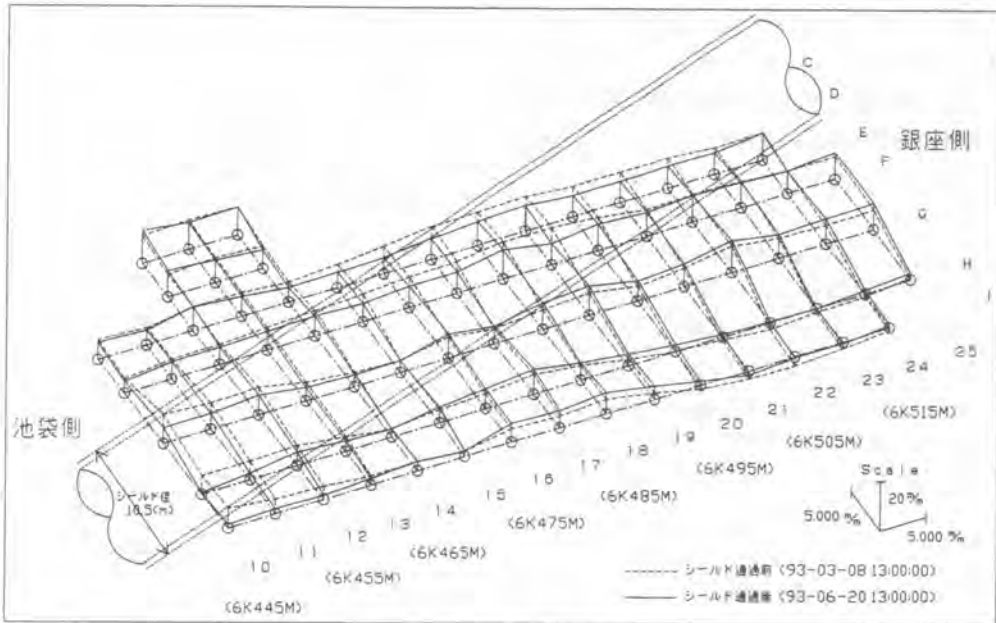


図-9. 沈下・隆起分布

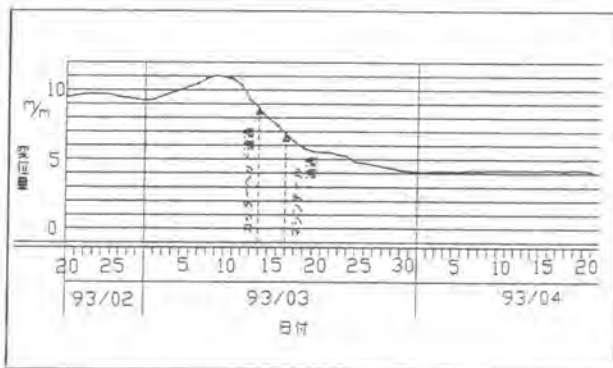


図-10. マシン通過時経時変化

末筆になりますが、電子スタッフの性能試験に御協力いただいた近畿日本鉄道(株)殿ならびに関係各位に厚く御礼申し上げます。

## 8. おわりに

ここ十数年来、沈下計測といえば水盛式と言われていた。この間にはレーザー式変位計等も出てきたが水盛式にとってかわるにはいたらなかった。

本稿ではお茶の水分水路工事での精度等について、詳細を報告するにはいたらないが、今後の近接工事での沈下計測の分野で精度・安定性から電子スタッフは有望であろうと思われる。