

# 軟弱地盤，大口径シールドにおけるセグメント，地盤変状に関する計測結果報告

## (その1 地盤変状計測と解析結果)

日本鉄道建設公団東京支社 正会員 倉川哲志 山崎政俊  
 間・鴻池・大本特定建設工事共同企業体 正会員 池上 徹  
 ハザマ土木本部 正会員 粥川幸司

### 1. はじめに

常新，弘道T他工事では，N値 0～10の軟弱粘性土地盤中に土被り約0.7～2.3Dで外径D=10.6mの大口径シールドトンネルを施工することが特徴の一つとなっている．また，路線の半分以上は民地下であり，都立江北高校体育館，五反野アパート等の建物に近接して掘進するため，施工にともなう地盤への影響が心配された．軟弱地盤においてシールド掘進にともなう地盤変状を把握しておくことは，同様な地質での今後のシールド工事に対しての大きな基礎資料となる上，地盤変状の予測解析（2次元FEM）と実際の地盤変状の整合性をとるためのデータになると考えられる．本報では，層別沈下計，埋設型傾斜計を利用したシールド掘進時の地盤挙動計測結果とともに，計測結果から得られる解析について報告するものである．

### 2. 工事概要<sup>1)</sup>

図 - 1 に本工事の地質縦断面図を示す．地層構成は上位より，盛土層，有楽町層，七号地層，東京層等で，掘進対象地盤は，有楽町層および七号地層の沖積粘性土層であり，N値 0～10， $C_u = \text{約 } 30\text{kN/m}^2$ と非常に軟弱である．

### 3. 計測，解析概要

地盤変状計測箇所は路線キ口程 10k116.2m 付近で，トンネル土被りは19.3m(1.9D)である．地盤の変状計測は，トンネル中心および左右側方(ト

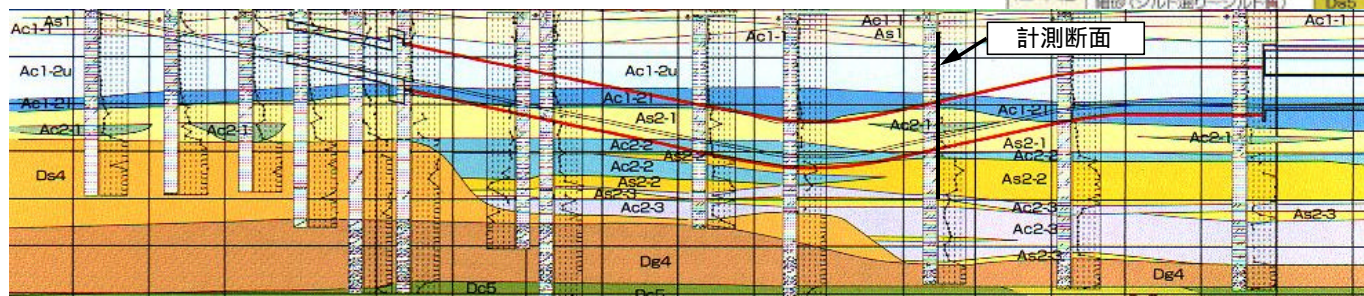


図 - 1 弘道トンネル地質概要

ンネルより 3m 離れ)を測線として，層別沈下計，埋設型傾斜計を設置し，それぞれ地盤の鉛直変位，水平変位を計測した．地表面沈下は，トンネル中心の地表面 1 点で連通管式沈下計を用いて計測した(図 - 2)．計測は，計測断面に対して切羽距離-3Dの時点(6月19日)より開始し，シールド掘進終了時点(9月20日)まで行った．また，計測を行うのと平行して，シールド掘進を模擬した中山らの方法<sup>2)</sup>による2次元FEM解析を実施した．

### 4. 施工実績

シールド掘進は，計測断面の前後で概ね6リング(9m)/日で順調であった．計測断面近傍 426～473 リングでの掘進工程と掘進実績(総推力，切羽圧，裏込め注入圧)を図 - 3，4に示す．総推力は，計測断面に到達するまでの実績として  $3.2 \sim 3.6 \times 10^4 \text{ kN}$  とほぼ一定であり，切羽圧についても  $2.7 \sim 2.8 \times 10^2$

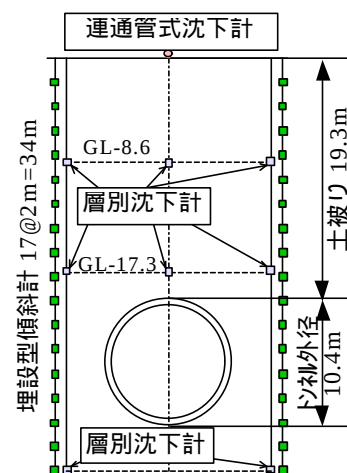


図 - 2 地盤変状計器配置

軟弱地盤，泥水式シールド，地盤変状計測，FEM 解析，応力解放率

日本鉄道建設公団 東京支社 足立鉄道建設所 (東京都足立区西綾瀬 2-12-10 TEL 03-3880-9151)

kPa (スプリ  
ングライン),  
裏込め注入圧  
も概ね  $4.0 \times 10^2$  kPa と  
大きな変動の  
ない結果であ  
った。

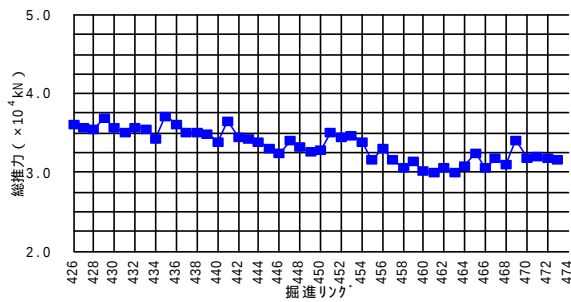


図 - 3 総推力実績

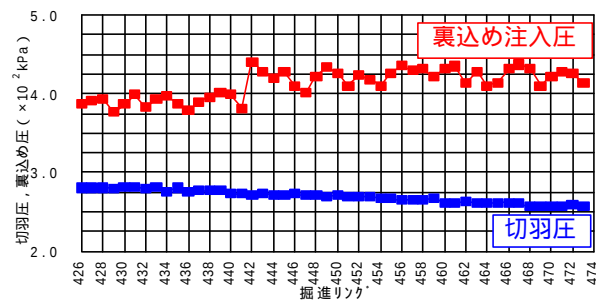


図 - 4 切羽圧, 裏込め圧実績

## 5. 計測, 解析結果

図 - 5 にトンネル中心の沈下計測結果を, 図 - 6 に長期的な沈下結果を示す。沈下結果は, 特にトンネル直上 GL-17.3m 測点で最も大きく, ほぼ左右対称の沈下分布であった。また, トンネル直上の沈下発生状況は次のようであった。

先行沈下 (～切羽到達) 2mm  
シールド機通過中 7mm (累積 9mm)  
シールド機通過後 2mm (累積 11mm)  
後続沈下 2mm (累積 13mm 計測終了)

今回のシールド掘進にともなう地盤鉛直変位について, 沈下量自体はこれまでの事例と比較して概ね小さく, 良好な施工状況であったと思われる。これはシールドが発生する地盤への作用力 (切羽圧, ジャッキ推力, テールボイドでの裏込め注入圧など) が, 施工中に大きな変動なくほぼ一定であったこと, リング当たりの掘進速度を一定 (概ね 25mm/分) に保って施工したこと, によると考えられる。

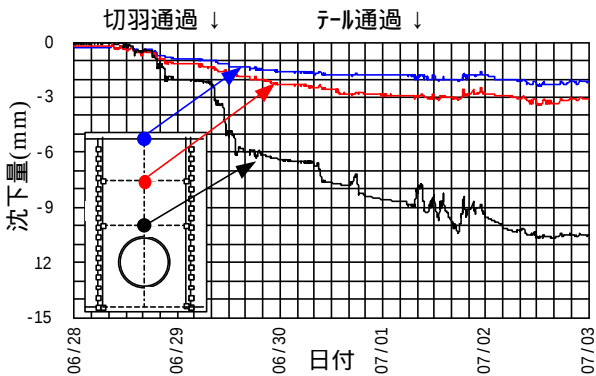


図 - 5 沈下計測結果 (シールド通過時)

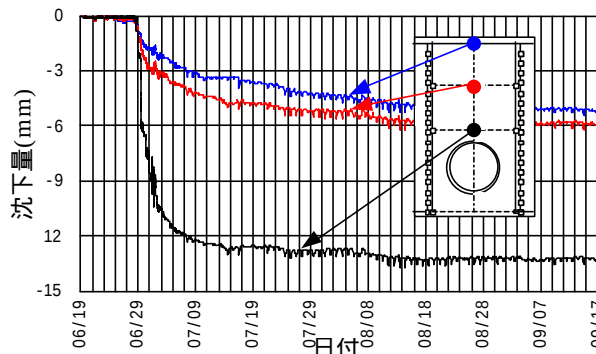


図 - 6 沈下計測結果 (長期)

次にトンネル中心の沈下計測結果と 2 次元 F E M 解析結果の比較を表 - 1 に示す。セグメント設置前の解析では良好な施工状況を反映し, できるだけ地盤の初期応力に等しいシールド作用力を設定した。その結果, 中山らの方法による解析では補正係数として 60～80% という値が得られた。これらの数値は解放応力と地盤の初期応力の比で表すと, トンネル天端位置で地盤の初期応力の 4～5% に相当するものであった。

表 - 1 沈下計測, 解析結果

|          | セグメント設置前 |              |              |              | セグメント設置後 |              |              |              |
|----------|----------|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|
|          | 計測       | 解析           |              |              | 計測       | 解析           |              |              |
|          |          | $\alpha$ 60% | $\alpha$ 70% | $\alpha$ 80% |          | $\alpha$ 60% | $\alpha$ 70% | $\alpha$ 80% |
| 地表面      | 2.0      | 3.8          | 4.4          | 5.0          | 5.3      | 5.0          | 5.3          | 6.2          |
| GL-8.6m  | 3.0      | 5.1          | 6.0          | 6.8          | 6.0      | 6.8          | 7.6          | 8.4          |
| GL-17.3m | 9.3      | 8.5          | 9.9          | 11.4         | 13.3     | 11.5         | 12.8         | 14.0         |

注: 単位mm, 全て沈下  $\alpha$ : 補正係数<sup>2)</sup>

## 6. おわりに

今回のシールド掘進では, 泥水圧, 裏込め注入圧等を地盤の初期応力に近くし, なおかつ掘進速度やジャッキ推力等を含めたシールドの地盤への作用力をできるだけ変動させない掘進管理を行った。その結果, 地盤変状を抑制することができ, 良好な施工結果をもたらすことができたものと思われる。

## 参考文献

- 1) 粥川, 町田, 倉川, 加賀谷, 池上: 軟弱地盤, 小土被りシールドの地表面沈下に関する施工結果, 第 54 回年次学術講演会講演概要集第 6 部, pp.154～155, 1999
- 2) 中山, 中村, 中島: 泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について, 土木学会論文集第 397 号, pp.133～141, 1988