

VI-40

リアルタイム計測システムによる高有機質土層の掘進管理

横浜市交通局

戸屋 勉、花井 昭博、渡部 恒一

//

正会員 野口 直志

戸田建設㈱

正会員○中川 誠、甘利 裕二、中嶋 昭宏

1. はじめに

本工事は、掘削外径 $\phi 6650\text{mm}$ の単線並列トンネルを泥水シールド工法によって掘削するものである。地盤は沖積世の粘性土層、高有機質土層、シルト層、及び砂質土層で、特に高有機質土はN値0～1、含水比200～300%、鋭敏比7～11と極めて軟弱で、乱れに対して敏感である。（図－1 参照）

シールドはこの高有機質土層の直下を掘進するため、地上部への影響が懸念された。試算によると地盤沈下量は約80mmと予想され、何らかの補助工法が必要であると考えられた。

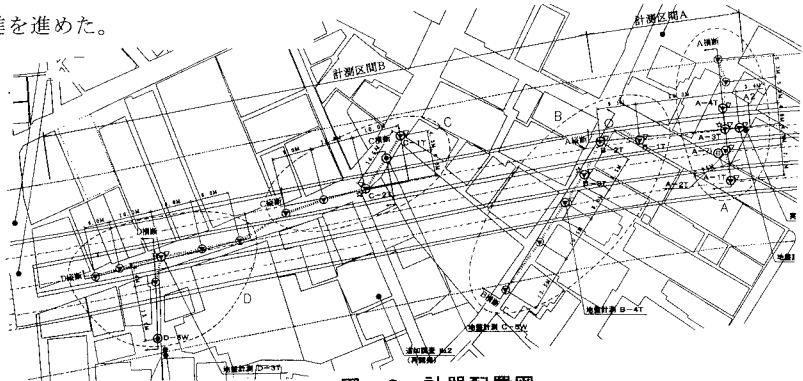
しかし、周辺一帯は駅前商店街が密集しており、地上からは十分な対策工を講じられないため、綿密な計測管理と掘進管理で沈下量を抑制することとした。

2. 計測計画

地盤には水盛式沈下計、層別沈下計、傾斜計、間隙水圧計等72台の計器を配置した。特に水盛式沈下計はピックアップ部が荷重計となっている極めて敏感なタイプを使用した。（図－2 参照）

地盤変状データはすべて中央監視室に送られ、マシンデータと連動してリアルタイムに処理・分析される。中央監視室では沈下状況を監視するとともに、切羽水圧・裏込注入率等の掘進条件と沈下量の関連性を様々な角度から分析し、予測値との対比、将来的な圧密沈下量の推定などの各種解析を行い、計画の掘進条件の妥当性を評価しながら掘進を進めた。

記号	使用計器	点数
▽	水盛式沈下計	28
▽	土層別沈下計	29
□	多段式傾斜計	9
●	地下水位観測井 (間隙水圧計)	2
☆	歪度計	4



図－2 計器配置図

3. シールド掘進と地盤挙動

泥水は作泥装置を坑内に置き、リアルタイム切羽安定管理システムで管理した。適正な切羽水圧は〔静水圧+0.2kgf/cm²〕～〔静水圧+主働土圧〕の間にあると考えられ、先行シールドについては土被りにあわせて1.60～1.40kgf/cm²で掘進した。後行シールドについては切羽水圧と前方変位量の相関関係を考慮して先行より低めの1.50～1.35kgf/cm²で掘進した。

図－3に地表面沈下量、シールド直上沈下量、及び地下水位の経時変化を示す。地表面は切羽到達にともなって隆起し、テール通過後暫時沈下している。直上部と地表部の動きは時間遅れがなく、瞬時に圧力が伝

キーワード：泥水シールド、高有機質土、現場計測、掘進管理

連絡先：東京都中央区京橋1-7-1 戸田建設㈱ 土木工事技術部 TEL.03-3535-1614 FAX.03-3564-0475

達している。地表面はシールド掘進の早期から若干の隆起傾向を示し、掘進にともなって脈動的な動きを示している。地下水位もシールド接近にともなって上昇しており、泥水圧が地盤内の間隙水圧に影響を及ぼしていると考えられる。

裏込注入は2系統の同時注入方式で、注入率にあわせて1系

・2系の注入量を制御した。注入圧は〔静水圧+先行圧密荷重〕以下に抑えるべきであると考え、地山に作用する注入圧の上限値を 2.5 kgf/cm^2 とした。現場でグラウトホールに圧力計を取り付けて実際の作用圧力を測定したところ、セグメント天端圧はゲージ圧より $0.5 \sim 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 低いことが分かり、ゲージ圧のリミットを 3.5 kgf/cm^2 として制御した。実際の裏込注入圧（ゲージ圧）は先行シールドで $1.8 \sim 2.1 \text{ kgf/cm}^2$ 、後行で $2.4 \sim 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

図-4に切羽水圧及び裏込注入率と沈下量の関係を示す。切羽水圧と沈下量に明確な相関関係は見つからないが、切羽水圧は 1.42 kgf/cm^2 が最適であると考えられる。この値は〔静水圧+ $0.17 \sim 0.34 \text{ kgf/cm}^2$ 〕に相当する。しかし、軟弱地盤では切羽水圧は後方の裏込注入圧の影響を受けるので、やや低めの値が望ましい。

裏込注入率は150%が最適であった。注入率が低いと十分な裏込充填ができない。逆に、注入率が高いと注入圧が上昇し、地山を乱して後続沈下量が増加した。

また、先行隆起と後続沈下の関係をみると、先行隆起量が5mm以下では後続沈下量は小さいが、5mmを越えると後続沈下量は極端に大きくなる。三軸試験によると、高有機質土の応力-ひずみ曲線は非線形性が強く、軸ひずみ1%付近から曲線形状が変化しており、この非線形性が大きく関連しているものと考えられる。

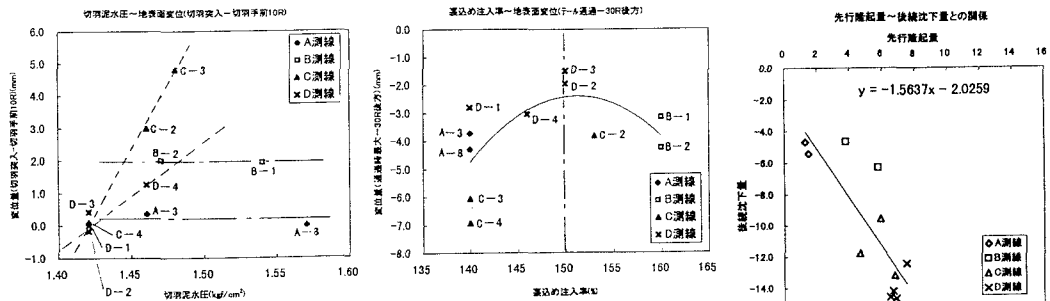


図-4 掘進条件と沈下量の相関

今回の計測管理では、管理目標50mmに対して沈下量を10mm以下に抑えることができた。その要因としては、次のことがらが考えられる。

- ① 高有機質土に与える外圧を先行圧密荷重以下に抑えたところ、大きな圧密沈下は見られなかった。
- ② 変位量が小さい範囲では、高有機質土は一体的なマスとして全体挙動し、大きな乱れを生じなかった。
- ③ 弾性範囲内であれば、若干の前方隆起を許したほうが総沈下量を小さく抑えることができる。
- ④ リアルタイム計測方式により、地盤の変化を的確にとらえ、掘進条件をきめ細かく調整することができた。

今回の結果は膨大なデータの一部分であり、今後はさらに圧密に関する分析を深めたいと考えている。

最後に、計測管理に甚大なご協力をいただいた中央復建コンサルタンツ(株)中廣氏、岡島氏、川野氏、橋本氏に厚く御礼申し上げます。