

Ⅲ-B94

砂地盤における鉄道シールドトンネル覆工の長期計測

帝都高速度交通営団 正員 横田三則 秋山真次

帝都高速度交通営団 小松幸雄 柴田 傑

1. はじめに

鉄道シールドトンネルではセグメント設計の合理化¹⁾が進められているが、実際に施工されたシールドトンネル覆工の応力や変形には十分に解明されていない点もあり、現地計測によるデータの蓄積が求められている。帝都高速度交通営団では、その一助とすべく洪積地盤中に施工したシールドトンネルにおいてセグメント挙動の実体を把握するため（財）鉄道総合技術研究所が実施した施工期間中の計測²⁾を引き継ぎ、長期計測を実施している。従来、長期計測が行われているシールドトンネルの一次覆工はRCセグメントが多い³⁾が、ここに紹介する計測は乾燥収縮、クリープの影響のないダクタイルセグメントを対象としており、覆工の実ひずみをもとに地山荷重の推定を行った結果を報告するものである。

2. 計測の概要

計測を実施したシールドトンネルは南北線本郷複線シールドであり、図-1に示すようにトンネル周辺の地盤は断面の一部に洪積粘性土が見られるものの、大部分は洪積砂層となっている。シールド機は泥水式を採用し、裏込めは可塑性系材料を用いて半同時注入方式で行っている。トンネルの形状は図-2に示す複線断面構造で、計測を実施した区間に使用したセグメントは幅1.0mのコルゲート型ダクタイルセグメントである。計測は計器を設置したセグメントが組み立てられた1993年7月から1997年12月までの約1620日にわたって実施している。この間、1996年3月には営業線として供用を開始している。

3. 計測結果

図-3に覆工ひずみから算出した平均荷重、トンネル断面中心位置での地山間隙水圧および両者の差となる有効土圧の経日変化を示した。地山荷重はセグメント設計で用いられる矩形荷重を前提条件とし、鉛直方向の平均荷重はスプリングラインでの覆工軸力、水平荷重は覆工上下端の軸力を覆工図心直径で除したものとなっている。水平荷重については深度方向の分布をスプリングライン位置での平均値に簡略化している。なお、覆工軸力の算定に際して二次覆工の構造は考慮していない。

水圧を含めた全荷重は早い段階で一定の荷重強度に達し、その後は地下水位の季節変動の影響を受けて緩やかな増減を繰り返している。

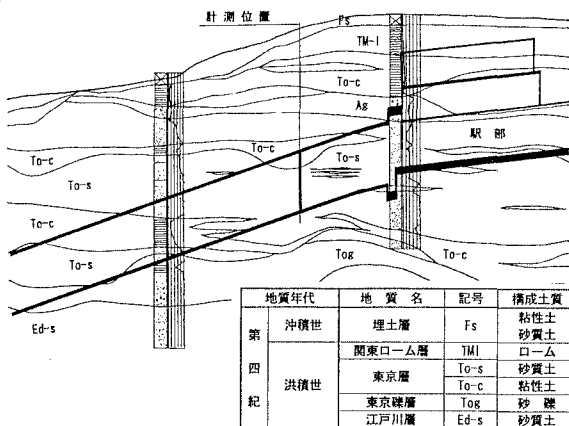


図-1 土質の概要

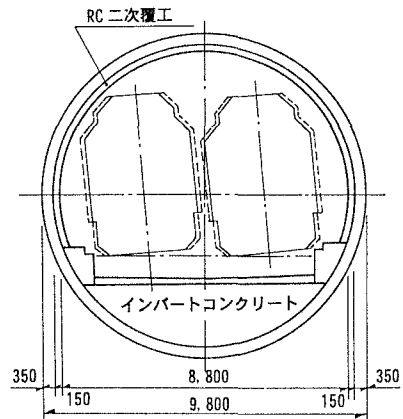
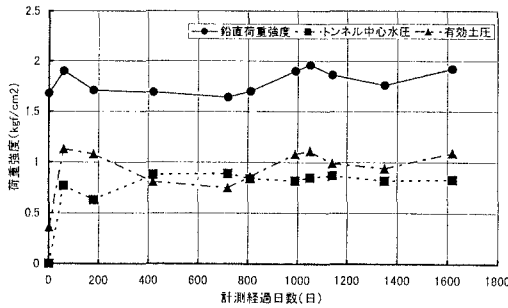


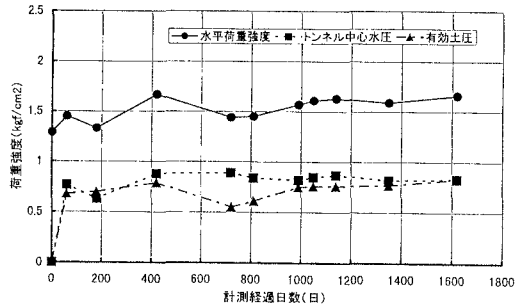
図-2 トンネル構造

シールドトンネル、洪積砂地盤、地山荷重、計測

〒110 東京都台東区東上野 3-19-6 Tel:03-3837-7132 Fax:03-3837-7208



(鉛直荷重)



(水平荷重)

図-3 荷重の変化

そのため、現状では有効土圧の顕著な増加は認められない。計測によって得られた1620日後の荷重と鉄道シールドトンネルの覆工設計指針¹⁾にある、

$$P_{vs} = \frac{B_1(\gamma - c/B_1)}{K_o \cdot \tan \phi} \cdot (1 - e^{-K_o \cdot \tan \phi \cdot R_c/B_1}) + P_{vc} \cdot e^{-K_o \cdot \tan \phi \cdot R_c/B_1}$$

に従って得られる荷重と比較してみる。荷重の算定条件として計測位置での地山の条件を図-4のようにモデル化し、トンネル断面上部にかかる洪積粘性土の薄層はトンネル横断方向の水平的な広がり不明なことから考慮しないこととした。また、地下水位は間隙水圧の実測値をもとに設定した。

地盤モデルからの有効土圧の算定結果に計測結果を併記したものが図-5である。鉛直方向の実測による推定有効土圧は計算値の約85%となり、ゆるみを前提とした算定荷重は安全側の結果を与えるものとなっている。

水平方向荷重は側方土圧係数を0.45とすると、推定値は計算値の160%となり不合理が生じている。この原因としてセグメントの設計手法を前提とすると、覆工ひずみには地山荷重に加えてトンネルの変形に対する地山の反力の影響が含まれていることが考えられる。覆工の曲げモーメントを再現する試算では水平方向変位による地盤反力は概ね2~3tf/m²であり、この分を差し引くと推定値と計算値はほぼ同程度となる。

4. むすび

現在実施しているシールドトンネルの長期計測は洪積の砂地盤を条件としたものであるが、ダクトイルセグメントのひずみをもとにした地山の推定荷重は、鉄道シールドトンネルの設計手法と比較して妥当な結果にあることが確認された。帝都高速度交通営団では今後とも計測を継続することにより荷重の安全性を確認するとともに、覆工応力と荷重の関係についての精査にも努めて行きたい。

(参考文献)

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル 平成9年7月
- 2) 小山ら：洪積地盤におけるシールドトンネルの現場計測結果と考察。トンネル工学研究発表論文・報告集 第5巻 1995.11 pp385~390
- 3) 例えば清水ら：供用開始後の鉄道用シールドトンネルの応力測定(2)、土木学会第52回年次学術講演会 III-B 116, 1997.9

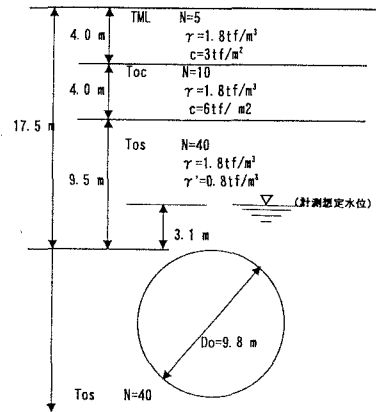


図-4 土圧計算の条件

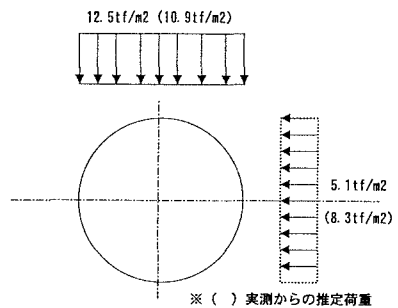


図-5 土圧の比較