

矩形シールドトンネルの変形が地盤に及ぼす影響について

京都市交通局 正会員 古川 衛
 鹿島奥村大豊吉村岡野 J V 正会員 中尾 努 杉山 弘士
 鹿島建設 技術研究所 フェロー 五十嵐寛昌
 中央復建コンサルタンツ 正会員 ○中野 尊之

1. はじめに

京都市高速鉄道東西線六地蔵北工区では、渡り線と一般線路部を同時に施工できる工法として、矩形シールド工法にて施工をおこなった。鉄道線路部の延長は約 760m であり、このうち、発進側駅舎部から本線部を接続する約 60m は渡り線部であり、中柱を設置しない構造とした。このため、渡り線部では設計時より覆工の変形は 25 mm と予想され、テールボイドと合わせて、地上部の幹線道路への影響が懸念された。

本稿では、覆工計測、地盤計測結果をもとに、テール通過後の覆工と地盤挙動の関連を報告するとともに、FEM による地盤解析結果と比較し、覆工変形が地盤変状に及ぼす影響について考察する。

2. 計測概要

渡り線部における地盤概要と計測器配置図を図 1 に示す。土被り厚は約 9.6m でありトンネル上方には沖積層が堆積しており、地表面より埋土層・軟弱粘性土層・N 値 10~30 程度の礫質土層が分布する。計測項目としては、周辺地盤にて土中の鉛直水平変位・間隙水圧を、セグメントにて作用土圧・鋼板応力・内空変位・目違い目開きを測定した。なお、セグメントはサンドイッチ型の合成構造を採用している。

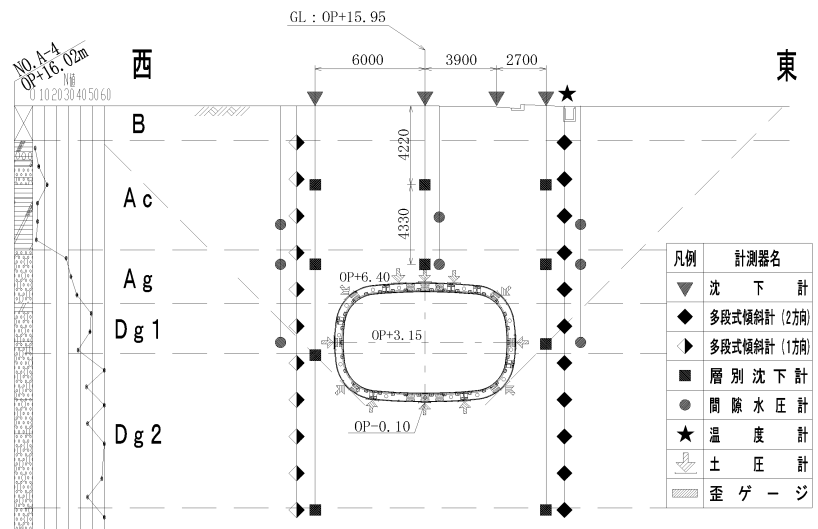


図 1 計測器配置図

3. 計測結果

図 2 にテール通過後のシールドセンター上方の地盤鉛直変位・間隙水圧、シールドクラウン部の作用土圧および内空変位の経リング図を示す。

まず、覆工の挙動として、内空変位はテール通過後 3 リング後方まで形状保持装置を使用し、セグメントの変形を抑えている。それが解除された後、後方 6 リングまで変形が進み上下のつぶれ量は予測値と同等の 25 mm 程度となっている。上部のみのつぶれは、別途レベル測量の結果より全体の 2/3 の 15 mm 程度となっている。一方、覆工への作用土圧はテール通過後の形状保持作用時、裏込め注入圧の影響で 150~200kN/m² の圧力が作用している。なお、テールから出る 1 リング目はテールブラシが接触するためばらつきが大きい。形状保持装置解除後に、土圧が大きく変化し、50~100kN/m² の値まで低下している。それ以降土圧には大きな変化なく、比較的安定した値で推移している。

つぎに、トンネル上部の地盤変状については、シールド上部 1m においてテール通過後シールド直上部で 2 mm 沈下した後、大きな変動なく推移している。形状保持解除による内空変位の発生もほとんど影響を受けていない。上部の Ac 層中央と地表面はほぼ同様の傾向を示し、緩やかに沈下傾向が見られ、3 mm 程度沈下が進行する。直上 1m よりその上部の沈下量が大きい理由として、上部ではテール通過後もシールド掘進の影響範囲にあ

キーワード 矩形シールドトンネル, 現場計測, 地盤変状

連絡先 〒533-0033 大阪市東淀川区 4-11-10 中央復建コンサルタンツ(株) TEL06-6160-2132

り、その影響を受けているためと考えられる。また、間隙水圧はシールド上部 1m でテール通過後、裏込め注入圧による変動が大きくなり、形状保持解除後 4 リング後方まで影響を受けている。

4. 解析結果との比較

地盤変状をシミュレートするため、FEM 解析を実施した。解析モデルは図 1 の横断面図をもとに作成した。表 1 の解析パラメータを示す。解析は次の 3 ステップで行った。ステップ 1：シールド通過までの変形をあわせるために、応力解放率 10% を载荷、ステップ 2：覆工と形状保持装置をモデル化した後、残りの 90% を解放、ステップ 3：形状保持力を除荷。

解析結果として、図 3 にシールド上方 1m 付近の深度における鉛直応力と鉛直変位変化割合を示す。図はシールドセンターを 1 としたステップ毎の増分の変化割合である。これによると、ステップ 1 に対しステップ 3 は沈下が生じる幅、応力解放される幅ともに小さい。形状保持解除の際には、シールドクラウン周辺で、小さなゆるみ領域を形成しているといえる。なお、覆工変形に対し、地表面には 50% 程度が表れている。

実測では、形状保持解除時に生じたクラウン部覆工変形量約 16 mm に対し、直上 1m の沈下量はほとんどなく、覆工変形が地盤変状に与える影響は極めて小さいといえる。これは、間隙水圧の計測結果からテール後方 4 リングまで裏込め注入圧の影響が伝達されているといえ、一般的には解析でモデル化できないこの圧による影響と一部裏込め材の浸透により、覆工変形分の空隙または緩みを埋めたものと考えられる。同時に、変形の際にクラウン部を中心とした小さなアーチを形成し、上部地盤まで伝達しなかったものと考えられる。

5. おわりに

設計当初より懸念していた形状保持解除後に発生する覆工のつぶれによる直上の地盤へ及ぼす影響はほとんど表れていない結果となった。この要因として先に述べたとおりであるが、形状保持を解除する時期、裏込め注入圧の設定も大きく影響を及ぼすものと考えられる。まだ、定量的な評価ができるまでに至っていないが、今後、当工事で得られたデータをもとにさらに分析をおこなっていく予定である。

本研究は、京都市交通局建設技術委員会、同矩形シールド検討ワーキングのご指導を受けながら、京都市、鹿島・奥村・大豊・吉村・岡野 J V、鹿島建設、中央復建コンサルタント、住友金属工業、クボタで実施したものである。

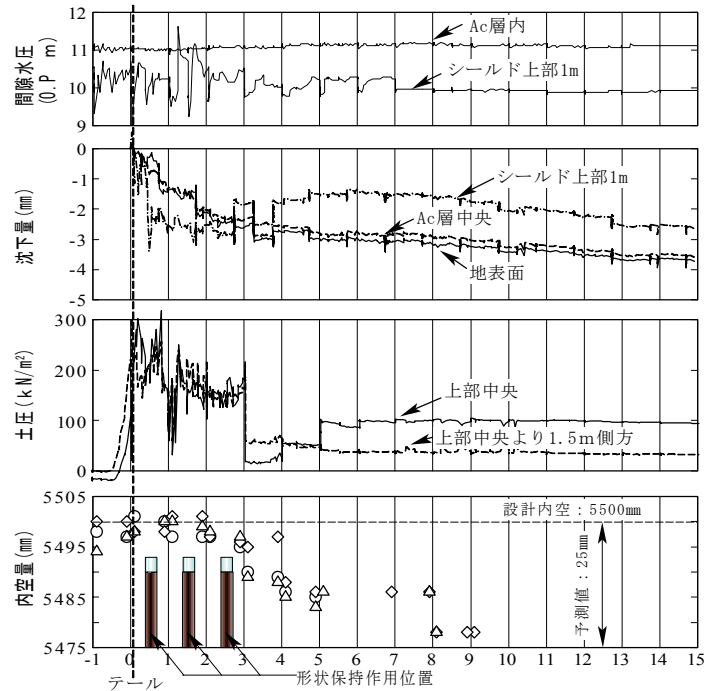


図 2 地盤変位・水圧と覆工作用土圧・内空量の経リリング図（各計測項目ともマシンとの位置関係をあわせている）

表 1 解析パラメータ

		層厚 (m)	平均 N 値	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比
B	沖積	2.1	10	18	12000	0.33
Ac		5.5	9	15	2990	0.40
Ag		2.7	30	19	22000	0.33
Dg-1	洪積	6.6	40	19	112000	0.33
Dg-2		7.4	53	20	148400	0.33

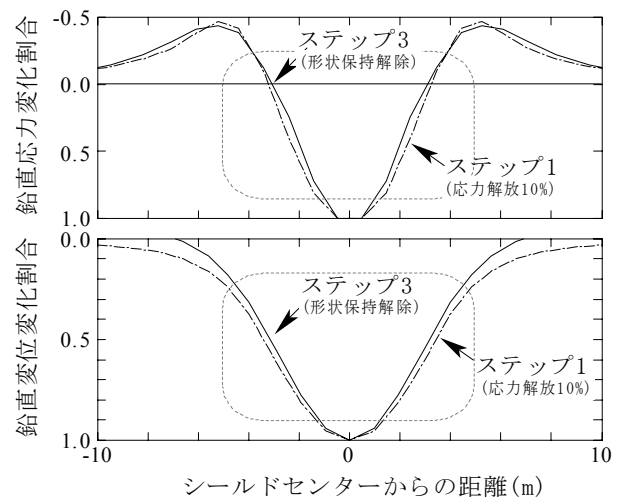


図 3 鉛直変位・応力変化割合