

(Ⅲ-54) 土被りの小さいシールドトンネルの施工に伴う地盤挙動計測とその考察

東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所 正会員○小島 芳之
 東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所 正会員 新堀 敏彦
 東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所 森田 輝夫

1. はじめに

最近、鉄道線路等の重要構造物の直下を横断するシールドトンネルの施工事例が増大している。特に、縦断線形や近接構造物の関係から、小さい土被りで施工せざるを得ない場合も多い。筆者らは、鉄道用のシールドトンネルが既設の線路下を $0.5 \sim 1.5 D$ (D : 掘削径) という非常に小さい土被りで斜めに横断する工事において、掘削に伴う地盤の力学的挙動に着目した種々の安全監視計測を行った。本稿では、これらのうち地盤変位の計測結果を基に、土被りや地質の変化に応じて発生する地盤挙動の特質について述べる。

2. 工事概要

この工事は、鉄道用複線トンネルを泥水式シールド工法(掘削外径 10.0m)により施工したものである。

図1に示すように、営業線5線を斜めに横断する(横断部の延長約 400m)。土被りは、発達立坑側で最小約 5m で、下り勾配に伴い徐々に増大して横断終了地点では約 17m である(図2参照)。

当該地の地質は、粘性土の薄層が挟在する洪積砂質土層($D_{S1} \sim D_{S3}$: 成田層群)が卓越している(図2参照)。この洪積砂層は、細粒分含有率 13% 以下で均等係数 $2 \sim 5$ と粒度分布が悪く、切羽の安定性が問題となる土質である。シールド通過断面には、この洪積砂層が分布する。なお、一部に深さ 11m 程度の埋没谷が存在し、谷部には N 値 $0 \sim 4$ の軟弱な沖積粘性土層(A_{C1})が堆積している。

シールド掘削に際し、上記のような土被りや土質の変化、線路への近接の程度等に応じて、予め薬液注入等の種々の防護工を施工した。線路下横断部の代表的なものは、図2に併記したとおりである。なお、裏込注入は同時注入方式である。掘削時の切羽の泥水圧の実績については、図3に示すとおりである。

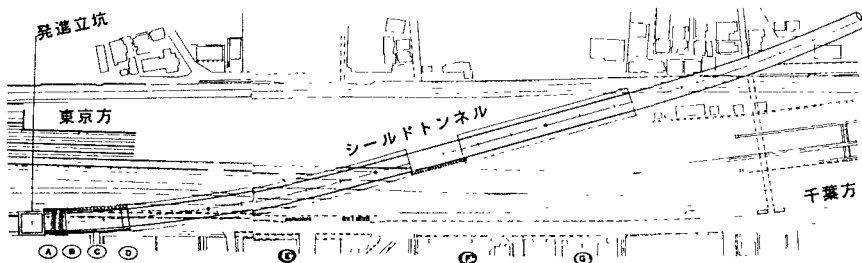


図1 平面図

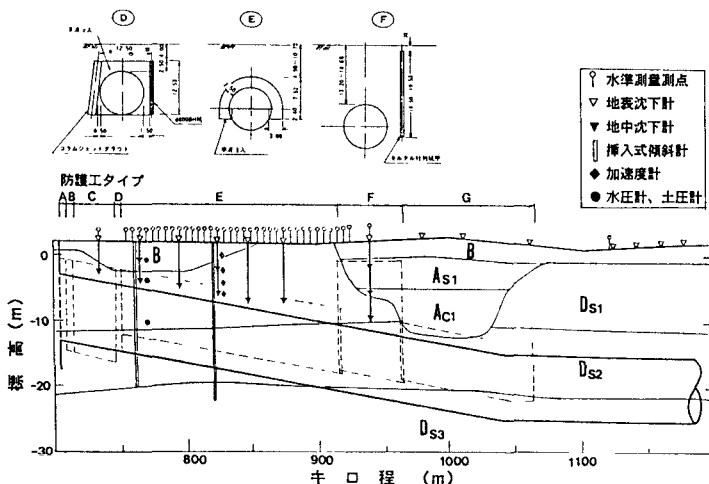


図2 縦断図及び計測点配置図

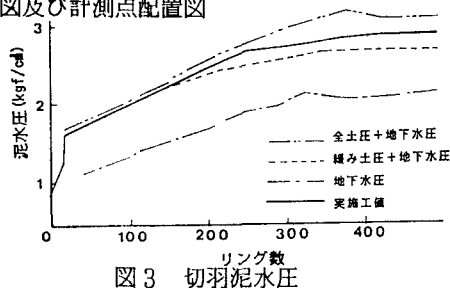


図3 切羽泥水圧

3. 計測結果とその考察

(1) 計測位置及び項目

図2に示すような位置で地盤変位計測を行った。

(2) 計測結果と考察

図4は、地表面（シールド軸線上）の切羽進行に伴う鉛直変位挙動を示したものである。図4より、土被りが小さい場合は、先行隆起の後、シールド通過時に大きく隆起し、その後相対的な沈下挙動に転じて収束傾向となる。これに対し、土被りが大きくなるにつれて初期の隆起挙動は沈下挙動に移行する傾向を示していることが分かる。

図5は、土被りと地表面の最大変位量の関係を示したものである。図5より、隆起から沈下に移行する土被りは7.5m程度で、沈下量が最大を示すのは土被り9～10m（最大沈下量＝17mm）である。土被りが10mを超えると沈下量は減少に転じ、土被り12.5mで2.5mm程度の沈下となり、土被り17m付近の計測点では殆ど沈下挙動は見られない。なお、軟弱な沖積粘性土（埋没谷）が分布する範囲は、当然のことながら地盤変位（沈下）が大きいことが分かる。

地中沈下計による地盤鉛直変位の経時変化の例を図6に示す。図6より、切羽通過後に隆起挙動を示す計測点①では、シールド直上の地中変位が地表変位に比べて相対的に大きいことから、上部の地盤は上向きに圧縮されたことが明らかである。これに対し、切羽通過後に沈下挙動を示す計測点②は、切羽通過直後にはシールド直上部の沈下が大きく、その後地盤全体が一体となって沈下する挙動を示している。これは、今回の施工では地表面沈下量が増加する土被り9～10m以下の範囲ではグラウンドアーチが形成されなかったことを示している。更に土被りが大きい計測点で地表面沈下量が減少するのは、シールド周辺に生じた緩みに対し、地盤のアーチ作用により地表面の挙動が吸収されたためと考える。

4. おわりに

シールドトンネルが既設の線路下を非常に小さい土被りで横断する工事での地盤変位の計測結果を基に、土被りや地質の変化に応じて発生する地盤挙動について述べた。地盤内応力の計測も併せた評価については別の機会に報告したい。本稿が、今後、類似した工事を行う際の参考になれば幸いである。

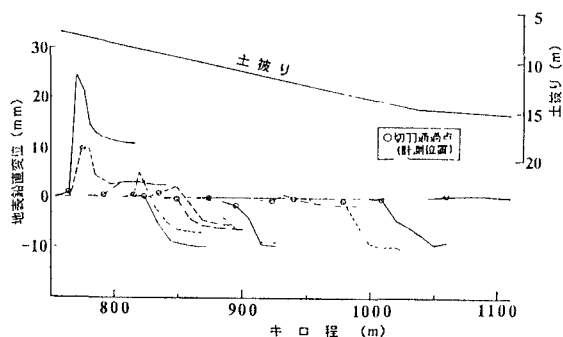


図4 地表面鉛直変位の挙動

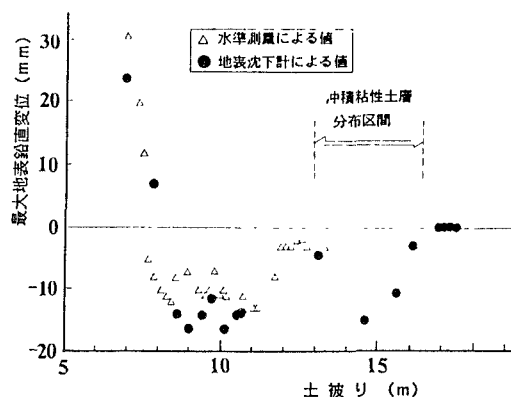


図5 土被りと地表面最大変位の関係

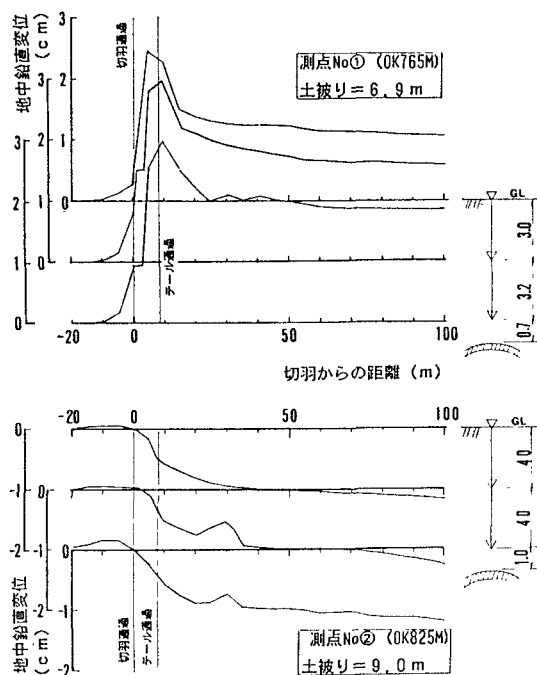


図6 地中鉛直変位の経時変化