

国内最小離隔の地下鉄単線並列シールドトンネルの建設

大成建設株式会社 正会員○新井昌一
鉄道・運輸機構関東支社つくば鉄道建設所 佐藤正志
大成建設株式会社 正会員 西田義則
大成建設株式会社 正会員 松村英樹

1. はじめに

つくばトンネルは、つくばエクスプレスの終点であるつくば駅手前に位置する延長900mの泥土圧単線並列シールドトンネルである。

本トンネルは発進到達立坑および回転立坑付近で上下線のセグメント離隔がそれぞれ 346mm、294mmと過去に例のないほど接近した構造であり、施工にあたり超近接施工に対する十分な検討が必要であった。

2. シールドトンネルの概要

トンネル	延長	下り線 907m797 上り線 899m910
	土被り	6.3m～13.8m
シールド	外径	φ 7,450mm
	工法	泥土圧
一次覆工 (セグメント)	材質	鉄筋コンクリート(RC) ダクタイル(DC)
	内径d	φ 6,700mm
	外形D	φ 7,300mm
	桁高h	300mm
地盤他条件	通過地盤	竜ヶ崎層砂質土(N 値 5～50 以上)

表 1 トンネル概要

3. トンネルの特徴

本トンネルは、発進到達立坑から下り線を発進し回転立坑



写真 1 超近接部到達写真

に到達する。その後、シールドを方向転換させ上り線を掘進し発進到達立坑に戻ってくる。

発進到達立坑部および回転立坑部において、トンネルの最小離隔が0.05D以下となる。また、発進到達立坑部において、土被りが1D以下である。

4. セグメント計測位置

セグメント計測位置は、回転立坑付近の併設離隔が0.4～2.5mの位置に設けている。位置設定に際し留意したことは、対策工の効果を確認するために立坑から15m以内の地盤改良体内・外に2断面、対策工を施さない箇所の挙動を定量的に把握する目的で立坑からの離れ30～40m付近に1断面の合計3断面を設けた。

計測断面	施工情報					セグメント計測 計測項目
	キ口程	併設離隔 [m]	土被り [m]	地盤改良	セグメントタイプ	
回転立坑側	57k+979m	2.5	12.0	無し	RC	●セグメント応力 ×内空変位 ○土圧・水圧
	57k+998m	1.2	12.8	無し	DC	●セグメント応力 ×内空変位 ○土圧・水圧
	58k+008m	0.4	12.5	有り	DC	●セグメント応力 ×内空変位

表 2 セグメント計測位置一覧(回転立坑)

5. 計測結果からみた併設トンネルの影響

後行トンネル施工時には、先行側セグメントに程度の差はあるものの同様の傾向が認められる。後行シールドが接近するに従い、切羽圧が増加し先行シールド側セグメントスプリングライン周辺が押し込まれている。続いて裏込め注入圧が作用するが、切羽圧作用時よりは覆工変形が元に戻るような傾向にあり、シールドが完全に通過した後に元にもどるか、もしくは元よりも逆に後行側へ変形が増加している。

(1)地盤改良区間、離隔 400mm(58km+008m)

58km+008mでは、切羽圧の適正な管理と地盤改良が施されていたことなどから、後行シールド通過時に大きな曲げ

キーワード 超近接/低土被り/泥土圧シールド/地下鉄/単線並列/

連絡先 東京都渋谷区千駄ヶ谷 5-27-9 アサノ新宿ビル 5F 電話 03-5361-6201 FAX 03-5361-2068

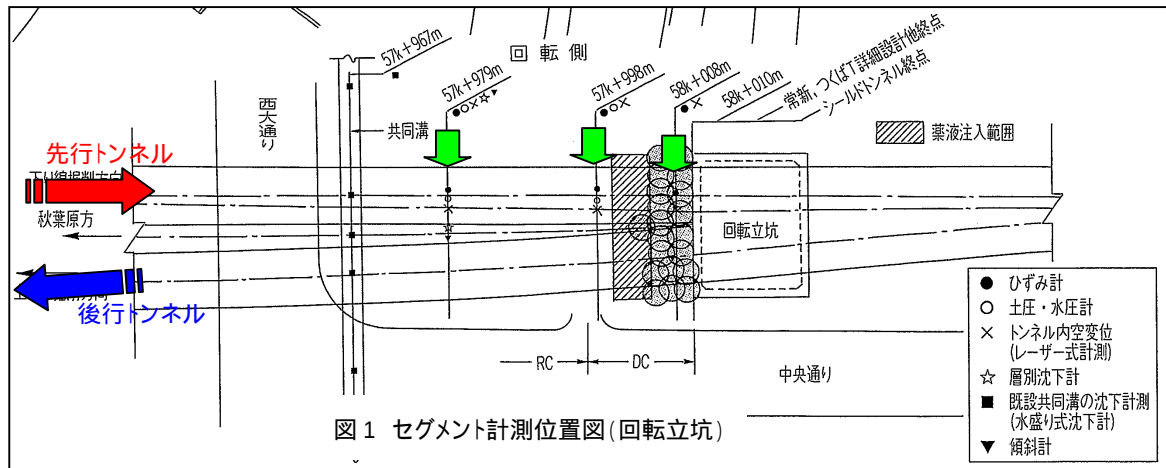


図1 セグメント計測位置図(回転立坑)

は発生しておらず、当初懸念していた超近接部の掘削に伴うトンネル間地山への大きな影響はなかったと考えられる。しかしながら、先行シールド側スプリングラインの曲げに注目すれば、後行シールドの切羽圧によりシールド到達時に $5.2\text{kN}\cdot\text{m}$ 押され、シールド通過後には $10.9\text{kN}\cdot\text{m}$ (図2参照)後行シールド側に引き込まれた傾向の曲げモーメントとなっている。

変動はわずかであるが近接施工の影響によりトンネル間の地盤が乱れ、先行トンネルのセグメントを後行トンネル側へ変形させる傾向が認められる。

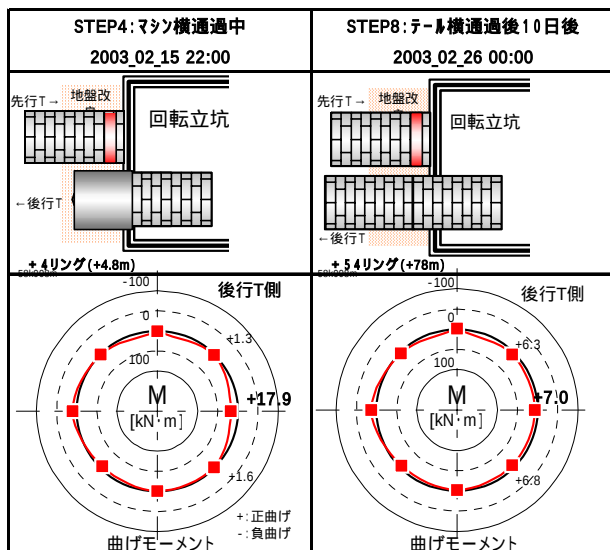


図2 セグメント計測結果図

(2) 末地盤改良区間、離隔 1200mm(57km+998m)

57km+998mでは上下線セグメント離隔が1200mm程度と近接しているが、地盤改良が施されていない箇所であった。事前検討で想定していた影響ほどの曲げ変動は出ていないが、後行シールドの切羽圧により $4.7\text{kN}\cdot\text{m}$ 押され、シールド通過後には $30.5\text{kN}\cdot\text{m}$ 後行シールド側に引き込まれた傾向の曲げモーメントとなっている。

後行シールドが接近するに従い、切羽圧が作用しセグメントスプリングライン周辺が押し込まれ、シールドが完全に通過した後に後行側へ変形が増加している点で 58km+008mと同様な挙動が見られる。

(3) 末地盤改良区間、離隔 2500mm(57km+979m)

57km+979mでは後行シールドの切羽圧により $34.14\text{kN}\cdot\text{m}$ 押され、それからシールド通過後には $33.3\text{kN}\cdot\text{m}$ 後行シールド側に引き込まれた傾向の曲げモーメントとなっている。

ここでも上述した2箇所と同様の傾向が見られるが、留意点としては後行シールド通過前後で先行トンネルセグメントの曲げ分布がほとんど変わっていない点である。これは、一度は切羽圧などで押されたセグメントがシールド通過後には戻っており、トンネル間の地盤の乱れによる変形増加が生じていないものと考えられる。

今回だけの影響検討と計測結果から併設トンネル施工に伴う影響について一義的に述べることはできないが、本トンネルの場合には以下のことが言える。

超近接部では、事前検討のとおり、後行シールド通過後、トンネル間地山の乱れにより先行トンネルセグメントが後行トンネル側へ変形が増加する傾向がみられる。0.35D(離隔2500mm)程度離れば近接施工の影響は少なくなる。

6. おわりに

当工事では施工管理が比較的難しいとされる泥土圧シールドにより前例のない超近接施工を無事早期に完成することができた。特に、トンネル間の地山の乱れを考慮した検討と補強対策を行い、慎重な施工管理を行ったため、併設シールド間隔 30cm 以下の超近接施工による影響を最小限に抑えることができた。