

シールドの急曲線施工対策と近接施工結果

(株)大林組 杉山 和久 正会員 ○山本 裕三
中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 竹田 隆太郎 金城 孝文

1. はじめに

近年、都市機能の整備にあたり、立坑用地の取得が困難なことや地下構造物の輻輳化から、急曲線施工や近接施工の重要性が増している。本工事では、市道直下に急曲線施工($R=25\text{m}$)と近接施工(既設地下鉄トンネル上越し、最小離隔 $3,786\text{mm}$)を含む、シールド外径 $6,560\text{mm}$ (仕上り内径 $\phi 5,500\text{mm}$)の施工を泥土圧シールド工法で行った。図-1に平面図、図-2に断面図を示す。

本稿では、当現場で採用した急曲線施工の対策工法および近接施工の計測結果について述べる。

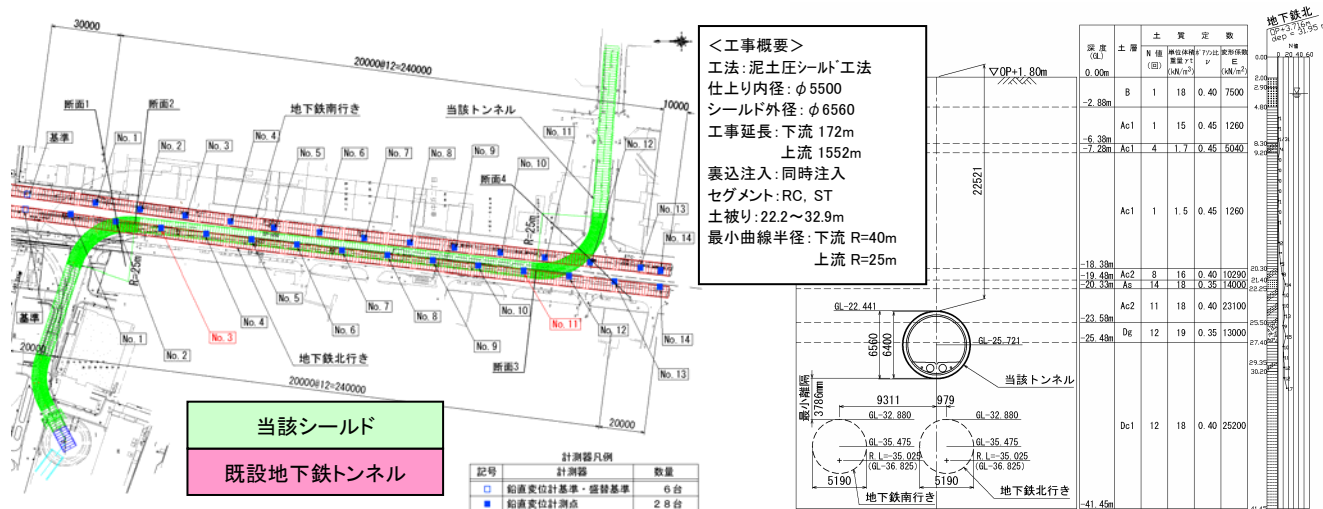


図-1 平面図

図-2 断面図

2. 急曲線施工対策

2.1 急曲線施工のポイント

急曲線を施工するためには、一般に次の条件が必要となる。

- ・ シールド急曲線部における最大地盤反力が、原地盤の強度を超えないこと
- ・ シールドテール部で、セグメントがクリアランスを確保しながら組み立てられること
- ・ シールド掘進時の施工時荷重により、セグメントが変形や移動を起こさないこと
- ・ 余掘りを行った場合においても、地盤の安定が図られていること

本工事では、下流側($R=40\text{m}$ 部)は特別な対策を施さずに通常の管理で施工したが、上流側($R=25\text{m}$ 部)は急曲線施工箇所の近傍で実施した土質調査の結果から、「①曲線外側の地盤反力確保」および「②余掘り部の崩壊防止」を目的とした対策工が必要となった。

2.2 急曲線施工対策の検討

(1) 曲線外側の地盤反力確保を目的とした対策

$R=25\text{m}$ 部は、地上からの地盤改良工が施工困難であった。そこで、「セグメントの剛性を高める」ことによりトンネル全体の変位量を抑えてセグメントに働く地盤反力を低減させるという考え方にに基づき、トンネル軸方向の構造解析を行い、セグメントを設計した。 $R=40\text{m}$ 部と $R=25\text{m}$ 部のセグメント仕様を表-1に示す。

表-1 セグメント仕様

	R=25m部 標準型	R=40m部 高剛性型
セグメント幅	500mm	300mm
主桁本数	2本	2本
主桁厚	16mm	25mm
リング間ボルト仕様	M24(4.6)	M27(10.9)
リング間ボルト本数	42本	84本

キーワード シールド, 急曲線, 近接施工, 高剛性セグメント, 余掘り部充填材

連絡先 〒540-0031 大阪市中央区北浜東 4-33 (株)大林組 TEL 06-6946-4480

(2) 余掘り部の崩壊防止を目的とした対策

余掘量の確保・地盤沈下の抑制・総推力の低減を目的として、高粘性の可塑性充填材(写真-1)をシールド側部より注入した。充填材配合は配合試験により決定し、粘度 $30\text{Pa}\cdot\text{s}$ とした。配合を表-2に示す。なお、注入量は余掘量 $\times 100\%$ とした。

表-2 充填材配合

充填材配合(A+B=1m3当り)		
A材		B材
助材V	水	特殊消石灰溶液
91kg	875 $\frac{\text{L}}{\text{L}}$	91 $\frac{\text{L}}{\text{L}}$



写真-1 充填材混合状況

(3) その他の対策

- ・早期のセグメント固定および裏込材の切羽への回り込み防止を目的として、裏込材配合を早強型(ゲルタイム 10 秒以内)に変更した。また、閉塞防止のため同時裏込注入管を先端混合方式に変更した。
- ・過去の事例を考慮して、曲線前後の約 2m 区間を RC セグメント(1200mm 幅)から鋼製セグメント(300mm 幅)に変更した。曲線出口はさらに鋼製セグメント(1200mm 幅 $\times 2$ リング)を追加した。

2.3 急曲線施工結果

上記対策を実施した $R=25\text{m}$ 部(上流側)と対策を実施しなかった $R=40\text{m}$ 部(下流側)を比較する。

(1) 日進量

$R=40\text{m}$ 部(500mm 幅)と比較して $R=25\text{m}$ 部(300mm 幅)の日進量(m/日)は70~80%であり、セグメント幅の縮小による日進量の相違はあるが、 $R=25\text{m}$ の急曲線部においても施工能率の低下はなかった。

(2) 真円度

$R=40\text{m}$ 部では上下 -14mm 、左右 $+15\text{mm}$ (平均値)の変形となったが、 $R=25\text{m}$ 部は上下・左右とも変形が平均 $\pm 2\text{mm}$ 程度であり、セグメントの剛性増加による真円度向上および変形防止の効果が見られた。

(3) 総推力

図-3に総推力図を示す。 $R=40\text{m}$ 部の推力は直線部と同等であったが、 $R=25\text{m}$ 部は若干推力が減少した。また、余掘り部の崩壊による胴締めは見られなかった。

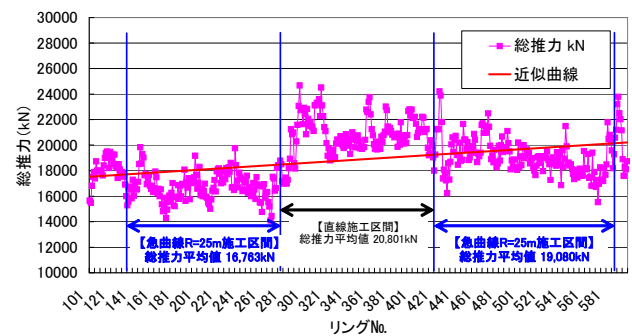


図-3 総推力変化図

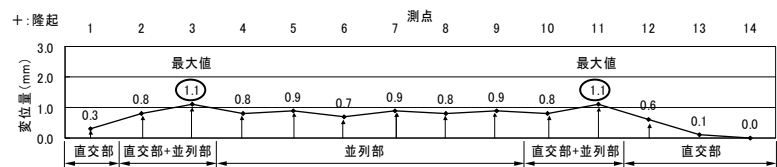
(4) 工費

高剛性部のセグメント単価は一般部の約 1.5 倍であるが、地盤改良費と比較すると約 70%コストダウンとなった。また、余掘り部充填材については、チャンバー内への添加材として使用していた加泥材料および加泥注入設備を共用することにより、最小限の材料費および追加設備費のみで施工が可能となった。

3. 近接施工計測結果

既設地下鉄トンネルへの影響隆起量は、当初の想定通り「直交部+並列部」で最大値を示し、その値は 1.1mm であった。この要因としては、並列部と比較して余掘量が大いことなどが考えられる。なお、地表面での最大沈下量は 5mm 程度であり、この値は当初 FEM 解析値と概ね同値であった。図-4に地下鉄トンネルの縦断方向の隆起変位分布図を示す。

図-4 縦断方向の隆起変位分布図



4. おわりに

急曲線部においても適切な対策を施したことにより、直線部と同程度に周辺地盤および既設構造物への影響を抑制することができた。また、高剛性セグメントの採用により、急曲線部の施工時荷重によるセグメント自体の部分的な変形がほとんど発生せず、線形確保および一次覆工の品質向上に寄与することができた。

参考文献・中野他 第42回地盤工学研究発表会 「上越し直交・並列シールドによる既設構造物の挙動に関する一考察」