

側部先行・中央揺動型三連シールドトンネルの施工

鈴木 章悦¹・山上 享²

¹正会員 帝都高速度交通営団 1 1 号線押上工事事務所工事副主任(〒130-0022 東京都墨田区江東橋四丁目 1-3)

²正会員 熊谷・前田・三井建設工事共同企業体 1 1 号線清澄工所(〒135-0024 東京都江東区清澄 3-4-11 サイネックスビル 2F)

キーワード：三連シールドトンネル, 軟弱粘性土層, 鉄筋コンクリートセグメント

1. はじめに

地下鉄 1 1 号線工事は、現在営業中の半蔵門線（渋谷～水天宮前）を北東部へ延伸するものである。

路線は、水天宮前駅から江東区の清澄駅（仮称）、住吉駅（仮称）、墨田区の錦糸町駅（仮称）を経て、押上駅（仮称）に至る延長 6.1km であり、押上駅において東武伊勢崎線と相互直通運転を行う予定である。

これにより、既に相互直通運転を行っている東急田園都市線を介して神奈川県から東京都を貫通して埼玉県に至る長大路線が完成する。

当工区は、清澄駅と留置線を築造する全長 448.1m 区間であり、三連シールド機により駅部 143.6m を掘進した後、中間立坑（延長 75.4m）でシールド機を移動し、再度留置線部 229.1m の掘進を行った。

本文は、世界で初めての側部先行・中央揺動型三連シールド機による駅・留置線トンネルの施工例について報告するものである。

2. 工事概要および特質

当工事は、泥水式三連型シールド機（φ7440×全幅 16.44m、全長 7.525m）で、既に開削工事により築造された停車場始端部、中間立坑および変電所の 3ヶ所の構築を停車場型トンネルおよび留置線型トンネルによりつなぐものである。停車場型トンネル延長 143.6m、および留置線型トンネル延長は 229.1m である。

平面線形は直線、縦断線形は掘進方向に向かって下り 3‰、その間の土被りは平均で約 16m である。

当工事は、三連型シールド工事としては 4 例目であるが、過去 3 例とは違う以下の新しい条件を有した。

① 世界で初の側部先行・中央揺動型三連シールド機械

の採用。

② 三連型シールド工事として初めて対象地質が軟弱粘性土層である。

③ 三連シールドトンネルとして初めての鉄筋コンクリートセグメントの採用。

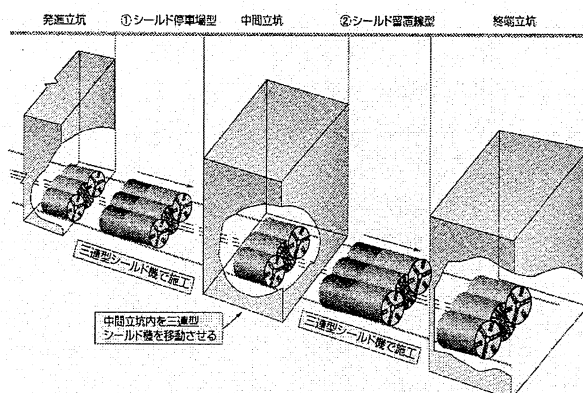


図-1 清澄工区施工概要

3. 地質概要

当工区は、隅田川と荒川に挟まれた下町低地に位置し、トンネル対象地質は全断面 N 値が 0～4 と極めて軟弱な下部有楽町層 (Ylc1, Ylc2) である。

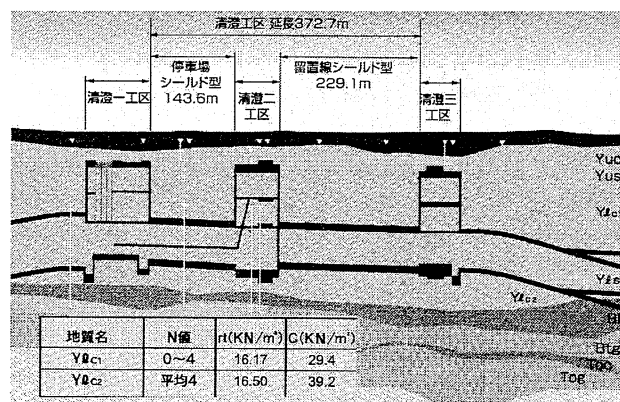


図-2 地質縦断面図

4. 三連シールドの開発

当工区の三連シールド機（ $\phi 7.44\text{m} \times$ 全幅 16.44m, 全長 7.525m）は、面版の配置が過去3例の中央先行・側部後方型に対し側部先行・中央揺動型である。

掘削土砂の取り込みは、全断面一体型チャンバで中央一系統の排泥とした。今回のような軟弱粘性土層の掘削の場合、切羽泥水圧の管理が施工上重要課題であり、圧力管理が比較的容易であることと、掘削土量の取り込みに偏りが生じないためである。

また、中央後方の面版配置から、中央チャンバが狭く左右の掘削土砂の中央排泥部への集積効率が懸念されたため、事前に実機の1/6モデルにて排泥実験を行った。

その結果、左右チャンバ内に各2ヶ所の中央方向への噴射機能を設けた。

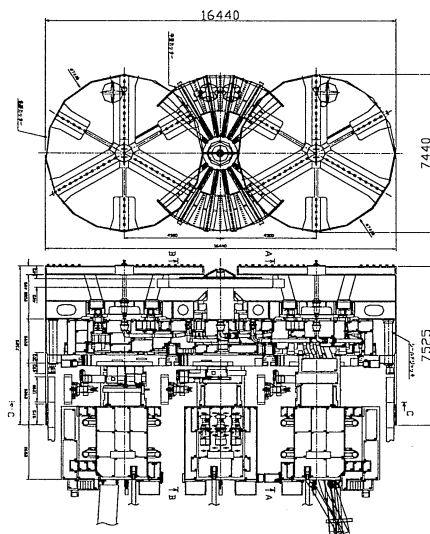


図-3 側部先行・中央揺動型三連シールド機

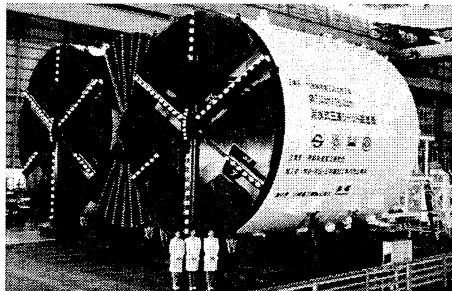


写真-1 側部先行・中央揺動型三連シールド機

5. 掘進管理

掘削対象土質は、図-2 に示したとおり非常に軟弱で、地盤の変形を最小限に抑えるために、泥水圧と裏込め注入圧の管理が重要であり、地盤変状計測によるリアルタイムな施工管理を行った。

(1) 泥水圧管理

泥水圧管理値は、主働土水圧 ($Ka=0.6$) + 変動圧を下限、鉛直土水圧を上限とし、その中間値の 250kPa（静止土水圧相当）を設定泥水圧とした。

(2) 裏込め注入管理

裏込め注入は、シールド機の同時注入管4ヶ所のうち常時3ヶ所を選択して行った。

また、注入管理は圧力管理を優先し、管理値は下記のとおりとした。

- ・ 注入圧力上限：切羽泥水圧+50kPa
- ・ 目標注入率：140%

(3) 地盤計測結果を踏まえた管理

泥水圧においては、若干の先行隆起を適正とし、250kPaで管理した。

裏込め注入については、直上部で通過時隆起が見られ設定管理値を上限とし低目の管理をおこなった。

6. 三連で初めての鉄筋コンクリートセグメント

セグメントは外径7.2m×全幅16.2m（セグメント幅1.2m, 桁高350mm）の円形三連型で、A型×10ピース、D型（円交差部）×4ピースの計14ピースからなる。

三連シールドは過去3例（営団南北線白金台駅、都営地下鉄大江戸線飯田橋駅、大阪地下鉄7号線 OBP 駅）あり、何れもダクタイル鋳鉄またはスチール製のセグメントであったが、今回初めて鉄筋コンクリート製セグメントを使用しコストダウンしている。

D型（円交差部）セグメントには、地震時などの異常時荷重を想定すると大きなせん断力が作用することが考えられることから、せん断力作用断面に補強鋼材を設置し、事前に実物大モデルにより載荷試験を行い、せん断耐力の向上を確認した。

7. おわりに

世界初の側部先行・中央揺動型三連シールド機による掘進は、軟弱粘性土層での困難な施工条件下であったが、平成12年12月から平成13年8月にかけて最適な掘進管理を行うことで地盤変状を最小限に抑え、無事完了することが出来た。

今回の各施工結果、計測結果を今後の同種シールド工事に活用できれば幸いである。