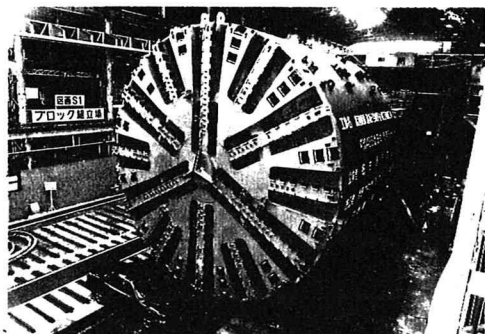


名古屋市高速鉄道桜通線野並橋工区における大断面土圧式気泡シールドの施工

名古屋市交通局技術本部高速鉄道建設部 正会員 星合 礼
 名古屋市交通局技術本部高速鉄道建設部 正会員 山田哲夫

1. はじめに 名古屋市地下鉄桜通線は、本市西部の七宝町から、都心部及び近年開発の著しい本市東南部を経て隣接の豊明市に至る総延長30km余の長大な路線である。今回報告する工事は、桜通線の当面の終着駅となる野並駅(駅)と天白川を挟み西方の鶴里駅(同)を結ぶ延長541mのトンネル区間を、シールド工法で施工するものである。今回、本市の地下鉄工事でも初めての複線断面シールドを採用し、残土処理の有利さ、後方設備ヤードの制約から土圧式気泡シールドを選定した。なお、土圧系シールドとして、マシン直径 10.48m は、工事着手当時、国内でも最大規模であった。



2. 工事概要 本工事では、野並方より33%の下り発進で市道東海橋線直下を西進し、途中最深部にて天白川を横断し、再び、33%の上り勾配で鶴里方に到達する。なお、平面線形はR=2000mを有しほぼ直線である。全区間道路下施工の為、天白川に架かる野並橋(3径間単純桁)、跨道橋(ボックスカルバート構造)、用水路等重要構造物下を掘削する。

シールド通過地の土質概要として、発進当初は、八事層砂礫(D₂₀)、及び矢田川累層(P)の砂礫・粘土の互層部を掘進するが、到達部に近づくに従い最大径 150mmの礫を含む完全な八事礫層となる。地下水位は、全般にGL-1.5~-6m、土被は、発進・到達部で最小10m、河川堤体部で最大23mである。

3. シールド工法の選定 本工事では、立地条件、施工条件等より総合的に検討し、複線断面の土圧式

気泡シールドを採用した。土圧式シールドの掘削メカニズムは、チャンパー内土圧によって切羽土圧に対抗するというのが基本であるが、10mを越える大断面タイプでは施工実績がなく、次の点を重点的に検討した。

- ①チャンパー内土砂の固結防止及び流動性の改善
- ②チャンパー内の土砂充填性改善。
- 特に、上半断面部の空洞化防止
- ③切羽の安定性の保持

これらについては、チャンパー内に設置する固定翼・回転翼の形状、配置等の最適化、アジテータの大型化を計ると共に、気泡注入口をカッタ部に9孔、チャンパー内に14孔設置し、土圧を監視するためチャンパー内に土圧計を上中下各段に2箇所ずつ計6個設置した。また、施工の万全を期すため、ジャッキ推力、カッター・スクリー、アジテータトルク等各出力をパワーアップした。

なお、礫対策として外周部にローラーカッタを配置し、磨耗対策としてビットを内部から交換できる構造とし、更に、磨耗検知ビットも設置した。また、土質条件を考慮し、面板部のスリット幅 400~600mm、開口率は、44%と決定した。

4. 掘進管理 土圧式シールドでは、掘削土排出時の止水性を保持しながら、掘削、排土を過不足無かつ連続的に行うことが重要なポイントであるが、このことが泥水シールドと異なり、大断面化に伴う施工管理上の大きなネックとなっていた。本工事では、コンピュータ制御による集中管理システムを採用し、従来の掘進管理に伴う問題点を解決した。

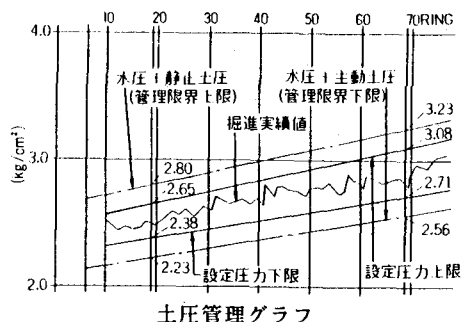
掘進管理は、土圧計による土圧管理を主体とし、気泡・裏込注入、排土管理も併せて行ない相互のデータで総合的に判断することとした。

以下に、その要点を述べる。

1)土圧管理 基本的にチャンパー内設定土圧は、次のように切羽にかかる土圧を基準とする。

設定土圧 (kg/cm²) = 土圧 (切羽) + 間隙水圧

なお、実施工では、設定土圧に管理限界を定め、
 上方限界は、「間隙水圧＋静止土圧」、
 下方限界は、「間隙水圧＋主動土圧」の値を採用した。施工実績では、管理限界内のほぼ、ニュートラルの位置で掘進した。



2) 気泡注入 混合率、起泡材は、通過地の土質構成より決定した。起泡材は、発泡倍率6倍のBタイプを採用し、粘性土においては、付着防止を考慮し混合率の最小値は20%とした。

3) 裏込注入 本市の施工実績及び当工区の地質に適合し、かつ2液混合式の注入として、TACプラス工法を採用した。実注入量は、概ね140%程度であった。

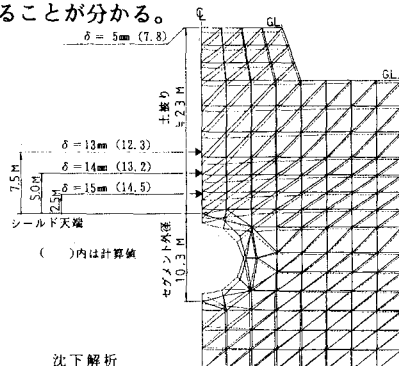
4) 掘削管理 土圧式シールドでは、泥水シールドの様に土量の連続管理が困難なため、鋼車重量・台数、土の密度を測定し、相互の関係から排土量と地山掘削土量の対比を推定した。その他にも、ジャッキ推力、カット・スクリュコンベアトルク、推進速度等の計測値をリアルタイムに掘削管理に反映させた。

5. 地盤変位及び線形管理

1) 地盤変位 地表面変位の測定点を20m間隔に設置した。更に、地中変位測定用（シールド天端より、2.5m, 5.0m, 7.5mの3点）の層別沈下計を2か所設置した。全般的な沈下特性としてシールドテール部が測定点を通過すると共に、ほぼ全沈下が発生することである。硬質地盤の特徴として弾性的挙動（即時沈下）が支配的な地盤といえる。なお、野並橋への取付け道路部は石積擁壁の不安定な構造であるので、FEMによる沈下解析を行なった。

大断面土圧系シールドの解析例が無いため、施工実績の多い泥水シールドでの応力解放率を採用した。堤体道路部での地表面、地中内変位の実測値と、数値解析結果を比較したところ、両者は極めて良く一

致していることが分かる。



2) 線形管理 本工事では、自動測量システムと掘進制御を相互にリンクして、いわゆるファジー制御に基づく無人運転が可能なシステムを採用した。掘進精度について、上下左右の最大蛇行量は、50mm程度、平均で20mmと良好な結果となっている。

6. 結論 当初懸念された堤体道路部、橋梁・河川部及び八事礫層での掘進においても、何ら異常も認められず無事施工することができた。今回の施工における結論として次の点が挙げられる。

① 今回の掘進管理の手法として土圧計による土圧管理が極めて有効であった。チャンパー内の上中下各段の土圧計の実測値は、深度に比例した静水分布をなし、各位置での切羽土圧の理論値を正確に反映していることが分かった。この事は、チャンパー内の土砂の充填性、流動性、及び泥漿材に代り採用した気泡材の注入効果も良好であったことが分かる。

また、排土スランプも、0～3cmと良好なコンシステンシーであった。

② 高地下水位下での施工であったが、スクリュコンベアを含むシールド機の止水性も完全であり、特に、一次覆工の止水性は、完璧であった。これは、シール、コーキング技術の向上による所が大である。

③ 今後、シールド工法は大規模化すると共にシールド型式も多様化することが予測されるなかで今回の施工実績により、泥水シールドと同様10mを超える大断面タイプにおいても土圧式シールドの有効性が実証されたものと考えられる。

[参考文献]

- 1) 土質工学会；NATM工法の調査・設計から施工まで
- 2) 中山隆・中村信義ほか；泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について 土木学会論文集 397号
- 3) 土木学会；トンネル標準示方書（シールド編）・同解説