

17. 軟弱層に適応した土圧式シールド工法の開発と施工

日本国土開発 玉野井 峻

1. まえがき

シールド工法は地下鉄道にみられる大断面から上下水道の小断面にいたるまで、広範囲にわたって各種事業に採用され、その施工量も年々増加の一途をたどり、工法の普遍化とともにシールド掘進機も、いろいろの施工条件に適応できるよう研究、開発がなされている。

なかでも軟弱地盤でのシールド工事では切羽の安定、地盤沈下などの問題があり、近年泥水シールドが採用される例が多くなったが、コストが高いこと、泥水処理プラント用地の確保難、泥水処理に使用する凝集剤による公害問題等、未だ諸々の問題がある。

そこで、当社では泥水式シールドの問題点を補ったものとして、主として軟弱地盤を対象にした「土圧（スクリュー排土）式シールド掘進機」（EK-SPシールド）を石川島播磨重工業（株）と共同開発し、東京都葛飾区の水道工事および、茨城県竜ヶ崎市の流域下水道工事で施工の実績をあげたので、ここに機械構造と特長を発表し諸兄の御批判をいただきたい。

2. シールド掘進機の仕様（表-1）

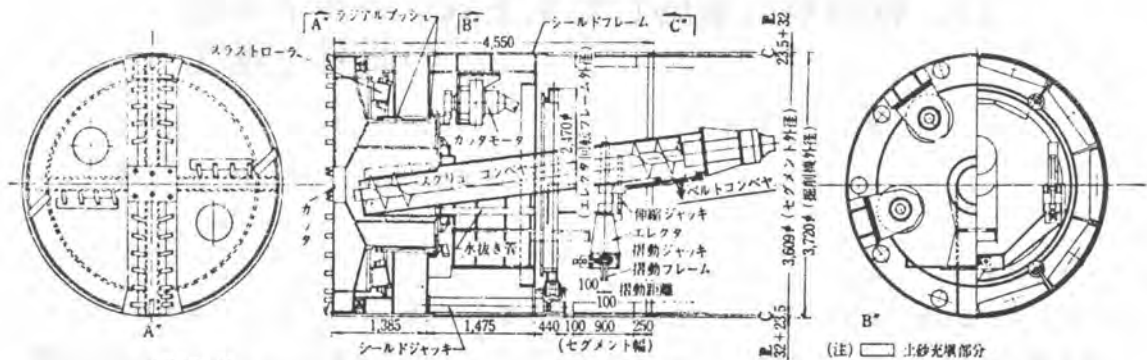
名称：土圧（スクリュー排土）式シールド掘進機（EK-SPシールド）

表-1 土圧（スクリュー排土）式シールド掘進機仕様

	1号機	2号機	3号機
実績工事 仕上り×延長	東京都上水道 Φ2,600mm × 873m	東京都上水道 Φ2,600mm × 993m	茨城県下水道 Φ2,400mm × 665m
1. 外径×機長	Φ3,720mm × 4,550mm	Φ3,720mm × 4,550mm	Φ3,300mm × 4,350mm
2. 総推力	850t	850t	800t
3. 推進速度	63 $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$	63 $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$	68 $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$
4. シールドカット力	最大60t-m	最大60t-m	最大45t-m
5. スクリューコンバヤ回転数	22rpm	22rpm	22rpm

3. 機械の構造

本機は大別してシールドフレーム、エレクタ、カッタ、スクリュー・コンバヤ、制御装置、後続台車より構成されている。



掘進機仕様

掘進機外径	3,720 mm ϕ
掘進機全長	4,550 mm
掘進速度	63 mm/min
シールドジャッキ	85 t \times 350 kg/cm 2 \times 1,050 mm \times 10 本
エレクタ伸縮ジャッキ	2.7 t \times 140 kg/cm 2 \times 600 mm \times 2 本

エレクタ伸縮ジャッキ	2.7 t \times 140 kg/cm 2 \times 200 mm \times 1 本
カッター回転数	最高 60 t-m \sim 14 rpm
カッター台数	4 台
スクリュ コンベヤ	22 rpm
量	本体 54 t, スクリュー他 20 t

図-5 土圧(スクリュー排土)式シールド掘進機(IK-SPシールド)-概図-12号機



写真-1 土圧(スクリュー排土)式シールド機(後部より)

流入を防止している。

スラストローラは潤滑油封入型(フローティングシール付)で、カッターフレームとの摺動面はオイルバスとなっている。

(1) シールドフレーム

フード部、リングゲータ部およびテール部より成り、溶接構造物となっている。フード部はシールド外周先端部であり、内部にカッターを装備している。リングゲータ部内には掘進機を推進させるためのシールドジャッキとスキンプレート内周に等間隔に10本配置し、さらにカッター駆動装置を4台装備している。テール部にはセグメント組立用エレクタが設置され、また、テールプレート端にはテールシールを取付け、裏込め剤等の流入を防止している。

(2) エレクタ

リング方式のエレクタである。

(3) カッター

カッターフレームはラジアル荷重、スラスト荷重をそれぞれラジアルブッシュ、スラストローラで受ける構造になっている。また、シールドフレームとカッター間にはシールを置き、土砂の



写真-2 土圧(スクリュー排土)式シールド機(前面)

にシールドジャッキによる無理押しを防ぐためカット作動圧を自動的に制御する回路を設けている。

カットビットは超合金チップ付で、耐磨耗性に優れたものを用いる。

(4) スクリューコンベヤ

カットフレーム(回転)とスクリューコンベヤ(固定)間はゴムシールによりシールされ、カットフレーム内のザリが外部へ流出するのを防止している。

(5) 制御装置および後続台車

後続台車上に設置されたパワーユニットにより各作動はすべて油圧により行う。

(6) 安全装置

カット負荷が増大している場合

4. 掘削機能

① カットおよび隔壁により切削の崩壊を押えながら切削した土砂はカットフレーム内にかき込まれ貯えられる。

② 貯えられた土砂はスクリューコンベヤにより強制的にシールド機後方のベルトコンベヤに送り出される。

③ シールド機の操作は隔壁後部に設置された油圧操作バルブで行ない、カット、スクリューコンベヤ、推進系の油圧計、切削土圧計、シールド傾斜計等を見ながら1名で確実にこなすことができる。

なお、シールドフレームとカット部の隔壁は貯えた土砂が坑内へ流入するのを防止し、オペレータおよび坑内作業員の安全を確保している。

5. 特長

(1) 軟弱土質から硬質土質まで施工が安全で確実に行なえる。

高い地下水位でシールド機への地下水流入が予想されるような土質でもカットと一体になった隔壁部カットフレームに掘削土砂を貯えることができ、掘削土砂が流入水圧を押え、同時に切削の崩壊を防ぐので安全で確実な施工をすることができる。

(2) 坑内の圧気が不要

隔壁を貫通するスクリューコンベヤ内に土砂が充填することによって切削側とトンネル側の間に圧力栓の作用が起るため、二次災害の起こりうる圧気を必要としない。

(3) 搬出土が水分の少ない良質のものとなる。

傾斜したスクリューコンベヤによりカッターフレーム内にたまった泥水の中から土砂だけを掻き上げ、さらに、スクリューコンベヤ内での脱水効果を利用して後方のベルトコンベヤに搬送するので、搬出土は切羽の土砂に比べ水分の少ない良質のものとなる。

したがって、後方の硝処理も汎用の設備を使用できる。

(4) 作業員の省カバが可能である。

シールド後方の土砂搬出まで掘削作業が1人のオペレータにより行なえる。また、坑内が圧気下作業となることがないので作業環境が向上し、能率も一挙と増すことができる。

6. 泥水式シールド工法との比較

泥水式シールド工法との比較については、表-2 にまとめた。

表-2 泥水式シールド工法との比較

		IK-SPシールド	泥水式シールド	一般の機械式シールド
1.	適用土質	軟弱土質から硬質土質まで可能	一般土質から軟弱土質まで可能	軟弱土質には不適
2.	切羽安定法	隔壁部カッターフレーム内に土砂を貯え、切羽の崩壊を防ぐと同時に泥水の流入を防ぐ	泥水圧管理による	カッターヘッドによる
3.	排出土処理	軟弱土でもスクリューコンベヤによる脱水効果が期待できるので、一般的な汎用の土砂搬出設備で可能	搬出土をすべて泥水化するので泥水処理プラントを必要とする	直接ベルコン搬出なので軟弱土はドロになり搬送困難である
4.	発進方法	シールド機長程度の地盤改良	特殊工法を要す	無圧気区間(ロック取付)まで地盤改良
5.	坑内圧気圧	不要	不要	理論圧気圧
6.	コスト	比較的安い	高い	安い

7. あとがき

滞水砂層における1、2号機、また3号機は隣接する工区が軒並み泥水シールド工法で諸条件もほぼ同じであるにもかかわらず、いずれも所定の工期内に無事掘進できたことは、本土圧シールド工法の安全確実性を立証する上で大いに役立てたものと思う。

その後、1、2号機例としての土圧式シールド工法が発表されているが、いずれも本実績が基盤となっていることは喜ばしい限りである。

現在、本工法の歩掛りについて最終的まとめの段階に入っているので近日中に発表できるものと思う。