

# 15. 泥水シールド工法における礫連続取出装置について

三井建設 高橋 義幸

## 1. まえがき

シールド工法は、圧気その他の補助工法を併用した。手掘式の時代からセミ機械式の時代を経て、密閉型の機械掘が主流を占める時代になりつつある。密閉型機械掘シールドは大きく分けると、泥水加圧式と土圧バランス式シールドに分類され、それぞれ改良が加えられ広範囲の土質に適応するようになりつつあるが、大形玉石を含む帯水礫層の施工に問題を抱えている。

特に土圧バランス式シールドでは、礫をカッター室内に一杯にすると流動性がないためカッターが動けなくなることと、スクリーコンベアを通過する玉石の大きさはスクリー径の約 $\frac{1}{3}$ であることなどの大きな難点がある。

近年泥水加圧シールドで礫層を施工している例が多くなっており、種々の礫取装置が考案され施工されているが、いまだ難しい問題を抱えているようである。

ここでは、トロンメルをシールド機内に取付、更に礫連続取出装置を取付けて施工した、礫泥水シールド工法を紹介する。

## 2. 工事概要

工事件名	古川幹線その8工事
工事場所	港区南麻布2丁目
発注者	東京都下水道局
施工延長	1057m
掘削径	4930φ
セグメント外径	4800φ
仕上り内径	4000φ
土被り	5m~24m
線形	R=150m, R=200m

## 3. 地質概要

シールド掘進に問題となる礫の分布は、東京礫層では50~70%が礫で、最大径は発進立坑で250φmm、回転立坑で150φmm、中間点で300φmm~350φmmが掘進中確認された。

また、東京礫層上部で崩壊性が非常に強い。地下水は古川河川水位よりも若干高くなっており、動水勾配をもって伏流しているものと考えられる。帯水層(東京礫層、下部東京層)の透水係数は、発進立坑部で $K=1.0 \times 10^{-2} \sim 7.84 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ であって、全般に非常に高い透水性を示している。

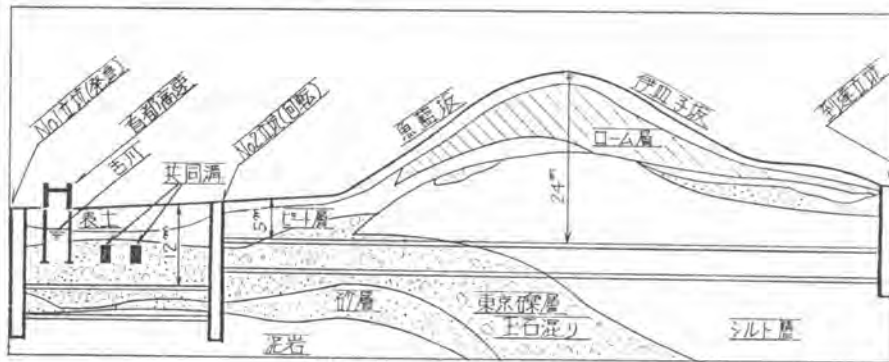


図-1 土質想定図

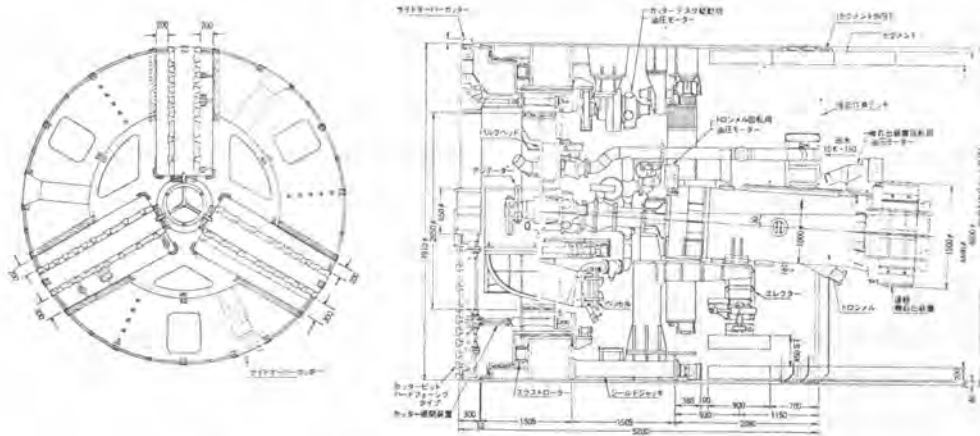


図-2 泥水加圧式シールド掘進機

#### 4. 大型玉石 礫除去装置の選定について

最近 大型玉石を含む礫層を泥水シールドで施工する工事が多くなり、大型玉石及び礫を除去する方法が幾つか考えられており、各方法を分類すると概略、表-1のようになる。

従来、大径礫はトロンメルでのキャッチ、クラッシャーでの破碎等考えられているが、いずれにしてもシールド機と礫取り装置までは数十mの距離となる。大径礫を輸送するための管径を大きくし、大容量の循環泥水を使用しているが、礫取り装置までの間での閉塞が考えられ、これらによる運転停止回数は時間的ロスだけでなく、切羽維持の点からもできるだけ避けたい。それで、当工事ではトロンメルをシールド機内に設置し、大径礫を輸送する排泥管を短くした。

さらに、礫の量の多いとき、従来のトロンメル方式では、一定量の礫がトロンメル内に貯留すれば運転を停止して礫の取出しを行っている。この貯留量の管理が徹底しないと閉塞の原因となることを考え、連続礫取出し装置を開発し後部に設け、作業の能率向上にもつとめている。

本機は、排泥口を10<sup>φ</sup>配管にしているが、これ以上の物が出た時に対応して、カッター室のアジテータ下部にゲートを介してベッセル(礫溜)装置を配備している。

	処理方式	設置場所			連続性	
		隔壁内	シールド 器内	シールド 接方	バッチ式	連続式
機械分離式	固定スクリーン	○	○	○	○	
	移動スクリーン	○			○	
	トロンメル		○	○	○	○
ベッセル式	沈降溜槽	○			○	
ロータリーバルブ式	チェーンコンベアと スクリーン	○				○
篩分方式	水中篩分方式			○		○
	切羽で破砕					○

表-1 礫処理方式の分類

合で、セグメント外径4000φ以上、後続台車設置の場合でセグメント外径3300φ以上必要である。

### 5. 礫連続取出し装置付トロンメルの構造

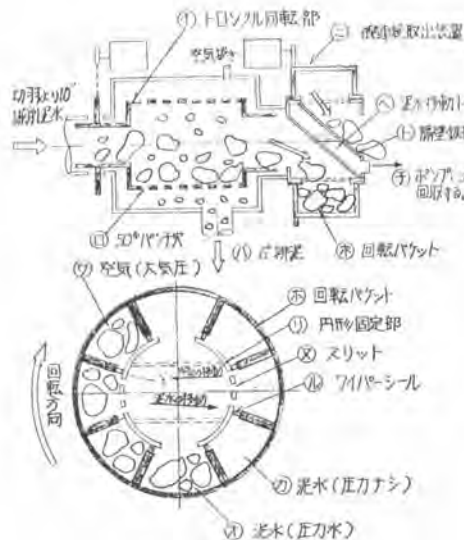


図-3. 礫連続取出し装置

周辺支持方式のシールド掘進機の長所を主とし、排泥管を下り勾配に配管し、更に短いため、大容量の循環泥水を必要としない。そのため、崩壊性の切羽の掘削にも、地山を乱すことなく、安定した掘削ができる。

以上の特徴をまとめると

- 1) 排泥管が短く閉塞がおこりづらい。
  - 2) 循環泥水が普通で切羽を乱さない。
  - 3) 連続に礫を取出すので、作業能率が良く、更に切羽の安定維持が保てる。
  - 4) 構造がシンプルでトラブルが少ない。
- しかし、この装置の欠点としては、あまり小口径のシールドに設置できず、機内設置の場合

掘削時に排泥水は10<sup>φ</sup>の管を通り、トロンメルで流体輸送され、①のトロンメル回転部で礫50<sup>φ</sup>以上と以下に分級して、50<sup>φ</sup>以下の礫は②の6<sup>φ</sup>排泥管より泥水とともにポンプにて処理プラントへ流体輸送される。

50<sup>φ</sup>以上の礫は③の礫連続取出し装置に移動し、④の回転バケットに投入され、回転バケットが回転することにより大気中に放出される。

泥水と大気は⑤の隔壁鉄板と⑥の円形固定部で仕切られ、⑦の回転バケットのシール枚(ワイパーシール)にて泥水の漏を防いでいる。⑧の圧力をもった泥水は、左側に回転することによりスリットの部分で礫と泥水は分離され、⑨のトイを通過して右側の空のバケットに泥水のみ移動し空気と置き変わる。右側のバケットに移った泥水は再び泥水圧中に入り込む。ワイパーシールより漏れて、礫とともに泥水が出てくるような状況のときは、④の部分よりポンプにて強制的に再びトロンメルに戻すような安全サイドの設備もある。

## 6. 施工実績

碟連続取出装置は第1号機であるため諸々の問題点が発生して改良を重ねた。当初より予想されたことであつたが、砂分の多い層であつたためワイパーシールの摩耗がはげしく、分級された碟と土に泥水の漏れることが多かつた。当工事においては、ポンプにて強制的にトロンメルに返送する方法により解決したが、2号、3号機はそのポンプを設置せず、漏水を防ぐように改良されて実績があると報告されている。

掘削地山に50 $\phi$ 以上の碟が45%以上という箇所もあり、従来のバッチ式のトロンメルでは、2%位しか掘進できないと予想されるどころで8%と、碟連続取出装置の効果は充分に発揮された。碟層における最大掘進リング数は14%と記録し碟連続取出装置の成果はあつたと判断される。

カッタービットは、初期掘進時が碟層と泥岩の互層であつたため、超硬チップとハードフェーシングを交互に取付けたが、36R掘削した時点で半数交換した。その後、ビットの構造を改良したが、200R~300Rで交換を要した。また、カッターフェースも摩耗がはげしく、400R位で穴があき、補修した。排泥管、排泥ポンプの摩耗も相当あり、200R~300Rで排泥管のバンド部、ポンプのインペラーを交換した。

切羽の安定は泥水圧とカッターフェースで固める工法ではあるが、大型玉石を取り入れるため、スリットが大きく、崩壊性の地山では危険であり、泥水圧である程度切羽を安定させるよう考慮せねばならない。しかし、砂層のようにマッドフィルムを作り泥水圧で切羽を自立させることは理論的にも不可能であるが、碟と碟の間隙に介在する砂に濃い泥水が侵入して、マッドフィルムを形成し碟の噛み合い力を強めることにより切羽を安定させると考えるべきであろう。

碟層においては、一般に比重1.2、粘性30 sec以上が必要であるといわれているが、現実にはそれ以上の濃度が要求される場合も多く、当工事でも比重1.3以上の赤泥水を使用した箇所もあつた。

いずれにしても泥水の濃度のみで切羽を完全に自立させることは難しいと判断し、途中でスリットの形状、寸法を改造し、できるだけ開口率を小さくして、それ以後、安定した掘削を可能にした。

シールド機隔壁よりトロンメルまでの間は約1mの10 $\phi$ 管で配管されている。循環泥水は排泥6 $\phi$ 管に合わせた流量(3 $\text{m}^3/\text{min}$ )で、10 $\phi$ 管の部分においては限界沈降流速を完全に克服しているが、その10 $\phi$ 管が短かく、3 $^\circ$ の下り勾配で設置されているため、流体輸送上の問題はなかった。大型玉石層において、これほど少量の循環泥水で掘進できたことは、設備費が安いばかりでなく切羽の維持の点からしても大きな成果といえる。

## 7. あとがき

以上、大型玉石を含む滞水碟層を泥水加圧式シールド工法で施工した例を紹介してきた。大型玉石、碟を処理する方法は各種開発され施工実績も多いが、本工事においてはシンプルであること、切羽の安定を配慮した機構であることを目指し開発し、改良を重ねて掘削を完了した。そして現在は、6650 $\phi$ の同機種の新機製作中である。

一応の成功をおさめたが、まだまだ実績を浅く改良を要する点も多くある。多くの方々の御意見、御指導をお待ちしております。