

現場拝見 レポート

玉石を含む砂礫層における 長距離掘進施工について

西松・鴻池建設共同企業体
八王子シールド出張所 工事係長

三俣 和彦

多摩丘陵幹線は、都下昭島市の拝島増圧ポンプ所から同多摩市の聖ヶ丘給水所までの約32.0kmを結ぶ送水幹線で、多摩西南部地域への送水能力の強化、広域的なバックアップ機能の確保、更新を迎える送水幹線の補修および更新時の代替機能の確保を目的としている。

現在、都下八王子市の鑪水小山給水所から聖ヶ丘給水所までの12.6kmを第一次整備区間、拝島増圧ポンプ所から鑪水小山給水所までの19.6kmを第二次整備区間(図表1)として整備が進められている。

主な整備内容は、セグメント内径φ2,150mmのトンネルを築造し、そのトンネル内にφ1,500mmの送水管を布設することである。

当共同企業体では、第二次整備区間中、拝島増圧ポンプ所から八王子市丹木町までの2.4km区間を、シールド工法によりトンネル築造する工事を担当した。

1 工事概要

事業計画については下のとおり(図表1)、工事概要については次頁上のとおりである(図表2)。

図表1 事業計画図



出所 西松・鴻池JV「工事概要パンフレット」

2 施工路線について

【1】路線概要

施工路線(路線計画は次頁図表3参照)は八王子市丹木町の立坑を発進し、発進後20mほどで急曲線に入り、通過後は直線部にて谷治川を横断、東京純心女子学園前から滝山街道(国道411号)下を通り、途中で右にそって加住丘陵と呼ばれる丘陵山間部下を通過する。

丘陵山間部部分は約400mの直線で、土被りが80mを超える区間もある。丘陵山間部通過後は多摩川河川敷下を通るが、そこから多摩川を渡りきるまでは多摩川にかかる既設水管橋直下の掘進となり、約670m直進し多摩川地下を横断する(次頁写真1)。

多摩川横断後は、CLの短い細かい曲線部と急曲線部を掘進しながら住宅地や田園地帯を通過して、

図表2 工事概要

工事名	拝島ポンプ所（仮称）から八王子市丹木町一丁目地先間 送水管（1,500mm）用立坑及びトンネル築造工事	
発注者	東京都水道局	
施工者	西松・鴻池建設共同企業体	
工事場所	昭島市拝島五丁目七番地から八王子市丹木町一丁目地先間	
工期	平成18年8月1日～平成21年3月30日（650日間）	
工事内容	1）トンネル築造工事（シールド工法（複合式）） 曲線部16箇所（左右あり）最小半径20m（7箇所） 縦断勾配 下り最大31.4‰ シールド機外径 φ2,520mm（掘削外径φ2,570mm） セグメント外径 φ2,356mm（内径φ2,150mm） セグメント幅 B=1,000、500、300mm ビット交換 2）到達立坑築造工事（ニューマチックケーソン工法） 矩形形状 10.0m×7.3m、深さ29.860m 3）地盤改良工事 高圧噴射攪拌杭（SJM）（発進、到達防護） 薬液注入工（発進、到達防護2箇所、ビット交換部2箇所）	L = 2,367.1m 2回 1基 2箇所 4箇所

図表3 路線計画図



出所 西松・鴻池 JV「工事概要パンフレット」

拝島ポンプ所内の到達立坑へ急曲線（R=20m）を描きながら到達する。

【2】地形・地質の概要

多摩川の両岸である八王子市と昭島市は沖積低地

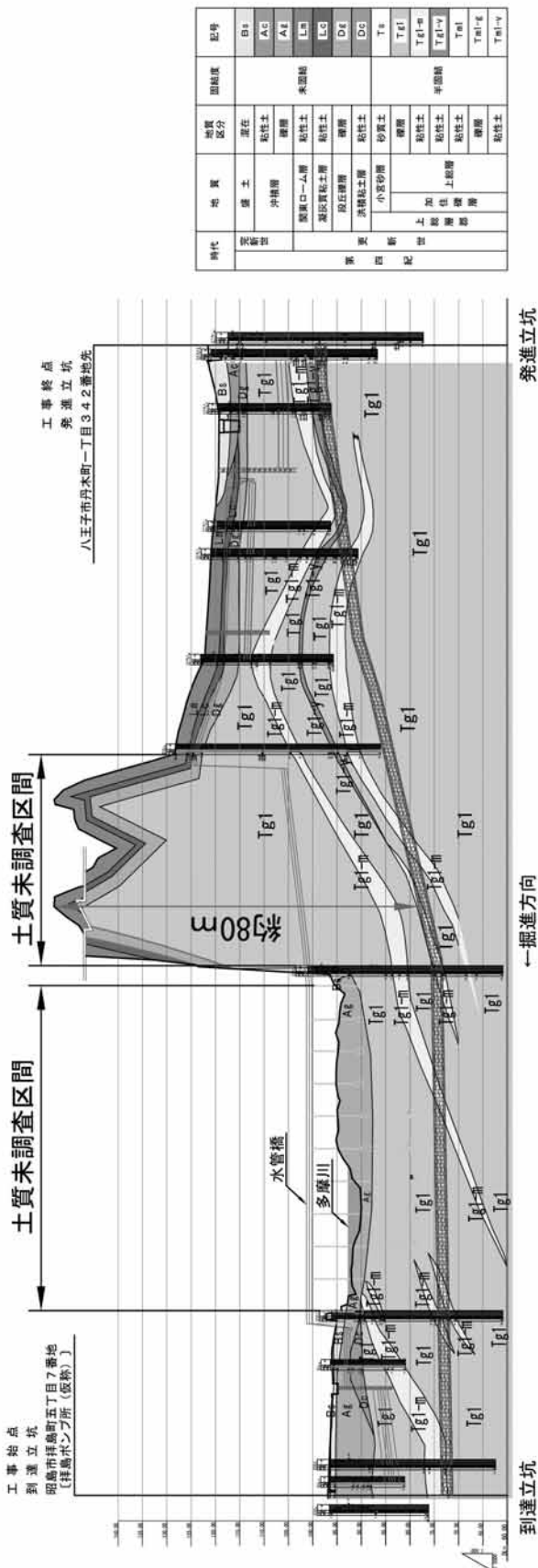
写真1 多摩川と水管橋（昭島市側より撮影）



に属し、加住丘陵などの丘陵に取り囲まれている。これらの丘陵は河岸段丘が浸食を受け、丘陵地や台地を形成している。

シールド通過部の地層は、加住礫層上部層となっており全域に広く分布している。礫種はチャート・砂岩・頁岩で、マトリクスは黄褐色～灰褐色の泥質あるいは火山灰質の中～粗砂を主体とし、層厚は100m以上と推定される。

図表4 土質縦断面図



この加住礫層上層部は、事前の土質調査により次のように報告されている（図表4）。

礫層 (Tg1)

黄褐～黄灰褐～茶褐を呈する粘性土質～粘土混じりの砂礫層で、礫径はφ10～30mmの亜角礫～亜円礫～円礫を主体とし、最大礫径はφ70mmである。

礫種は砂岩、泥岩、チャートからなり、非常に硬い。N値は9～50以上と広範囲ではあるが、平均値は50以上を示した。層厚は25m以上と推定される。

粘性土層 (Tg1 m)

Tg1層中に挟まれる粘性土層であり、黄灰～青灰～灰褐を呈する固結状のシルトで、全体に粘土分が混じり、無層理・塊状である。N値は20～50以上と広範囲ではあるが、平均N値は50以上を示した。層厚は1.0m～3.5m程度と推定される。

粘性土層 (Tg1 v)

同じくTg1層中に挟まれる粘性土層で、細粒の軽石、火山灰を主体とする層であり、火山灰質シルト、軽石質シルトからなる。黄橙～黄褐帯桃灰を呈し、細粒でφ2mm以下の軽石を多く含む。N値はすべて50以上であり、平均N値も50以上であった。

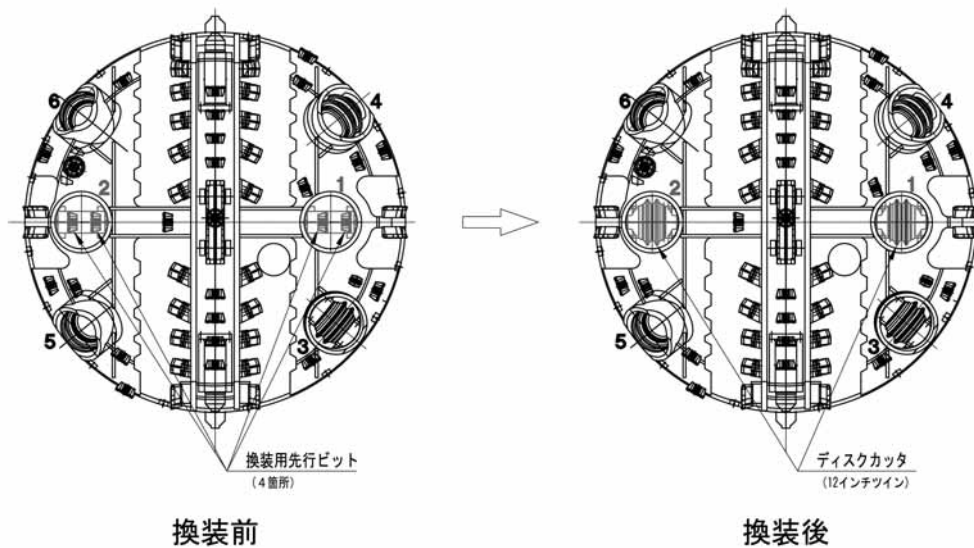
層厚は0.1m～1.9m程度であると推定される。

3 施工における課題

施工における課題としては、まず1つはシールド機の選定があった。当工事のシールド型式は、原設計では泥水式であったが、前述の土質条件のほかに、丘陵山間区間および多摩川横断区間において土質調査が行えず、土質条件が不確定な区間が多かった。

丘陵山間部においては土被り80mを超えるため、高水圧下の掘進が想定された。河川横断部においては、玉石混じり砂礫層の掘進が想定されたが、透水係数が不明であることから、逸泥により掘進に支障をきたす懸念があることに加え、既設水管橋の直下を掘進することから地盤変状による影響を与えるおそれがあった。さらに、2kmを超える長距離施工のうえに、全路線の掘削対象土質のほとんどが玉石を含む砂礫層ということから、カッタビットの寿命

図表6 シールド機カッタビット換装概要図



出所 (株)小松製作所「シールド機製作図」より西松・鴻池JV作成

し、ディスクカッタで破碎する。

スクリュウコンベアは礫対応のリボン式とし、スクリュウコンベア後部にはクラッシャーを配備し、流体輸送可能なサイズまで破碎する。スクリュウコンベアで排泥することにより、取り込む破碎サイズを泥水式より大きくできるため、カッタビットの寿命を延ばすことができる。当工事においてはスクリュウコンベアをφ300mmまでの礫を排出可能なサイズとした。

また、カッタビットの寿命検討から、小径礫区間(前半)と大径礫区間(後半)に区分し、途中でカッタビットを取り替える(換装)ことによりカッタ交換回数の低減を図ることとした(図表6)。つまり、カッタ交換の第1回目までの区間に対しては「呑み込み型」とし、その後、到達までの区間を「破碎型」に変更する。

そのため、カッタヘッドはディスクカッタを装備可能な構造とし、カッタの換装作業についてもカッタヘッドチャンバ内から可能なものとした。

【3】急曲線(R=20m)への対応

前述のとおり、施工路線には急曲線(R=20m)が多いため、曲線施工によるテールブラシの疲労を低減させる目的で、テールグリス自動給脂装置を装

備した。また最後段のブラシには、裏込材の侵入固結、漏水防止および耐久性向上を目的としてウレコンシールを採用した。

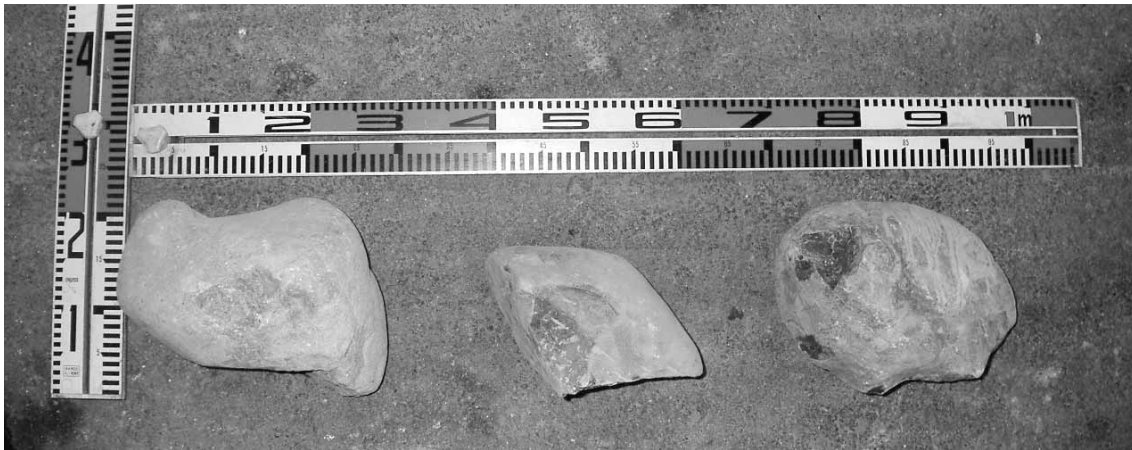
シールド機の基本性能として、急曲線(R=20m)通過時の理論中折れ角は7.8°であるため、これに施工余裕を加え装備中折れ角を9.0°とし、余掘り機構として、コピーカッターを2基(主と予備)装備し、装備ストロークは、理論余掘り長62mmに対し、施工余裕を加え100mmとした。

【4】掘進結果

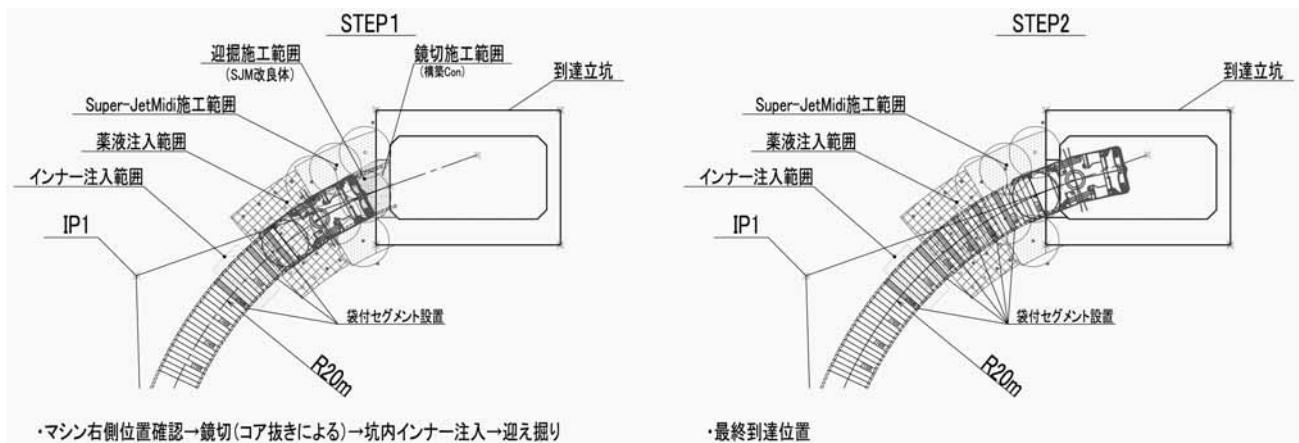
実施工の結果、丘陵山間部や河川横過部の土質不確定区間だけでなく全線において、想定していたよりも粘性土層の占める割合が多かったが、砂礫層も細かく入り込んでいた。そのため、1日の掘進延長数mの間に極端な土質の変化があり、排土や掘進管理の各計測値から粘性土層と想定して掘進中に、突然、礫による閉塞にみまわれることもあった。

泥水輸送管等の閉塞箇所から採取された礫は、測定方向によっては300mmを超えるほどの大きさがあるが、断面的に欠けていることから、シールド機の選定時に想定したとおり、ディスクカッタで破碎し、スクリュウコンベアにて取り込むことがバランスよくできていたと想定される(次頁写真3)。

写真3 閉塞箇所にて回収された礫



図表7 到達手順概要図



泥水輸送配管の閉塞により、礫回収のための時間的ロスがあったが、カッタ先端部で取り込めない巨礫を抱えながら掘進することや面盤閉塞などの大きなトラブルもなく、比較的順調に進捗することができた。

5 到達方法

【1】検討結果

到達の状況としては、シールド機が進行方向の右にカーブしながら立坑に到達するが、立坑は構造上、路線線形の接線方向に位置していないため、矩形立坑に斜めに到達することになる。したがって、シールド機については、立坑手前で止めずに機体の7割程度を立坑内に抜き出すこととなった。

懸念事項としては、シールド機が曲線途中であることから、その余掘り部が地下水の水道になるおそれがあることや、シールド機の位置および姿勢によっては、立坑に開けた鏡箱抜きにシールド機が接触し、それ以上進めなくなるなどがあった。

施工における手順および決定事項は、次のとおりとした(図表7)。

- ① シールド機先端がSJM改良体に入るときには下部以外の余掘りを行う
- ② シールド機を立坑外壁面まで進めた状態で泥水による流体輸送を停止する
- ③ コア抜きにより探り穴を設け、地下水量およびシールド機位置の確認を行う
- ④ 鏡切りは、コア削孔により縁切りを行い、3分割のブロック割にて撤去を行う

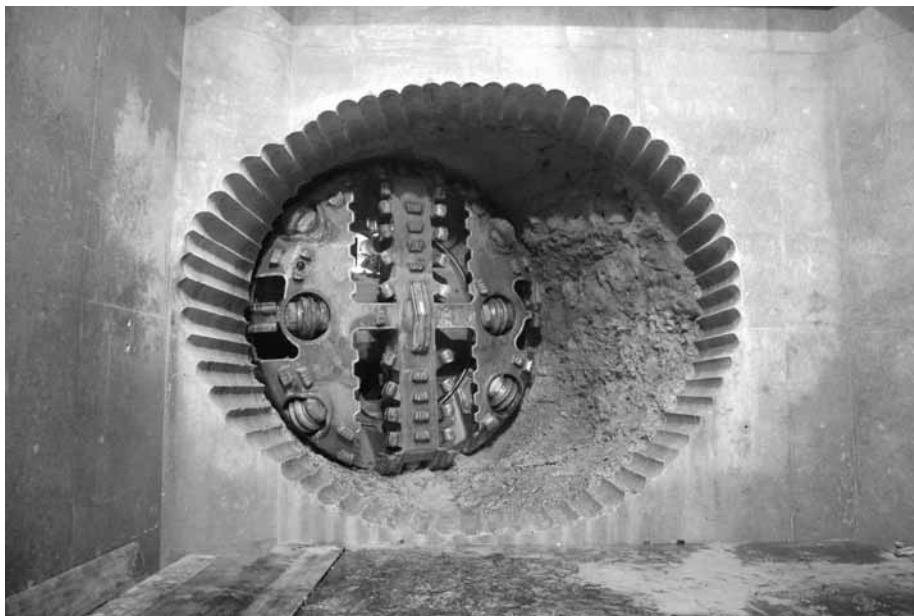


写真4 迎え掘り完了後のシールド機



写真5 到達抜き出し完了後の状況

- ⑤ SJM改良体は、到達立坑側から迎え掘りにて撤去を行う
- ⑥ シールド機後端部が薬液注入範囲に入った際に、坑内からインナー工法により注入を行い、薬液注入範囲を拡大し後方の水止めを行う

【2】施工結果

出水による事故や推進停止等のトラブルが想定され、前者については薬液注入、最悪は立坑内水張り等をいつでも行える体制をとっていたが、大きなト

ラブルもなく、無事に立坑内にシールド機を抜き出すことができた(写真4、5)。

* * *

現在、シールドトンネル内および発進基地内の設備解体・撤去作業、坑内清掃作業等を行っておりますが、竣工まで無事故無災害を継続していきたく思います。

最後になりましたが、当工事に対し、ご指導、ご支援をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。