

支障する汚水幹線をシールドで直接切削してトンネルを施工

鉄道・運輸機構	東京支社	新横浜鉄道建設所	正会員	○松尾	知明，田中	淳寛
鉄道・運輸機構	東京支社	新横浜鉄道建設所	非会員	下牧	尚平	
大成・東急・大本・土志田特定建設工事共同企業体			正会員	大森	裕一	

1. 工事概要

相鉄・東急直通線、羽沢トンネルは、羽沢駅（仮称）と、新横浜駅（仮称）の間に位置する延長 3,499m、直径 10.4m の複線鉄道トンネルである。本トンネルでは、延長約 41m にわたって交差する $\phi 1,500$ の鳥山污水幹線本管（以下、本管）と、直交する污水管枝管 $\phi 250$ （以下、枝管）が支障したが、施工環境等から開削工法での撤去が困難であるため、切回した後に旧管をシールドによる直接切削にて撤去した。本稿では、地質や近接構造物などの施工条件、直接切削のために装備したシールド設備、施

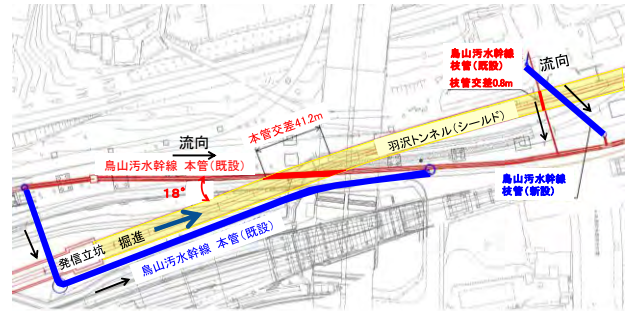


図-1 羽沢トンネル発進立坑付近平面図

2. 汚水管との交差状況

羽沢トンネルの掘削には相鉄・JR 直通線，西谷トンネルで使用した泥土圧シールドを転用し，覆工は SENS の場所打ちライニングとセグメントを併用している．污水管と交差する区間はセグメントを採用している．トンネル通過部の地質は主に第四紀前期更新世の海成層である上総層群粘性土 (Km) ($N \geq 50$) であり，被圧地下水を有する砂質土 (Ks) ($N \geq 45$) が介在する．

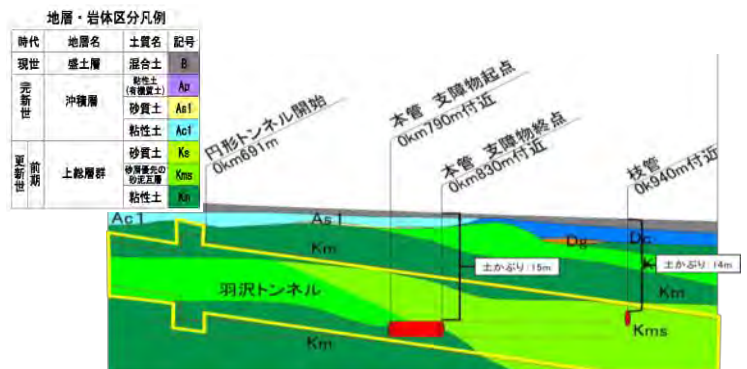


図-2 羽沢トンネル発進立坑付近縦断面図

支障する汚水管の交差状況を図-1、図-2に示す。本管は、土被り約 15m で 18°の交差角で交差し、交差延長は 41.2m に及ぶ。外径 2,150mm の鋼製セグメントの内側に無筋コンクリートの二次覆工を施工しており、スキンプレートの厚さは 3.2mm である（図-3）。枝管は、土被り約 14m でほぼ直角に交差する。枝管は外径 φ400 の鋼管の中に φ250 の塩ビ管を設置したものである（図-3）。なお、旧管はエアモルタル及び流動化処理土で充填した。（図-1、図-3）

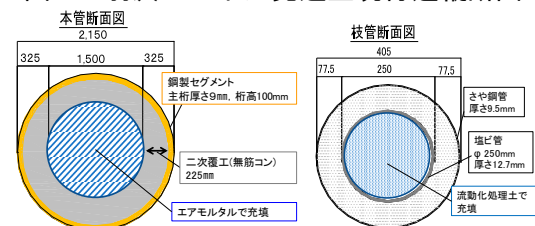


图-3 污水管断面图

3. シールド装備の検討

シールドによる管路直接切削において次の二つの問題が懸念され

た．一つは、管路にカッタが食い込み、カッタトルクが上昇して切削不能となること、もう一つは、管路切削に伴うチップの破損・脱落である．一つ目の問題の対策として、切込厚さ（カッタ1回転あたり、1つのビットで掘削される地山の厚さ、図-4）の低減を行った．具体的には、①低速掘進制御装置の導入、②カッタ回転数の増加、③パス数（同一円周上に配置されているビットの個数）の増加である．①は、シールドジャッキの

図-4 切込厚さ模式図

$$\text{切込厚さ(mm)} = \frac{V}{(N \times a)}$$

a=ビットのパス数(同一円周上にあるビットの個数)
N=カッターの回転数(rpm 一分間の回転数)

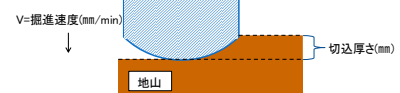


图-4 切入厚度模式图

キーワード 相鉄・東急直通線、都市トンネル、泥土圧シールド、直接切削

連絡先 〒222-0033 鉄道・運輸機構 東京支社 新横浜鉄道建設所 TEL 045-415-4580

油圧ポンプ吐出量を微細に制御できる低速掘進制御装置を導入し、2~3mm/minでの安定した低速掘進を可能とした。
 ②は、可変速カタモータを導入することで、通常時の回転数 0.65rpm に加え、直接切削区間用の回転数 0.975rpm の2段階調整を可能とした。③はパス数（同一円周上に配置されているビットの個数）を増やすためにスポークに配置する支障物切削ビットを、当初の先行ビットの配置箇所よりも増設した(図-5)。

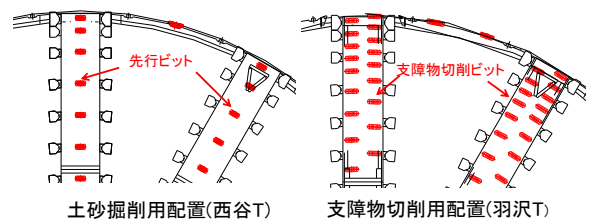


図-5 スポーク拡大図

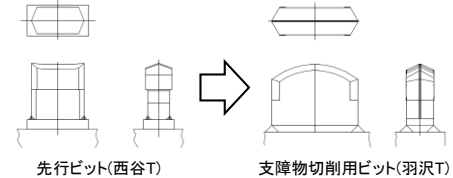


図-6 支障物切削用ビット比較詳細図

二つ目の問題に対する対策として、土砂切削用の先行ビットを支障物切削用のビットに交換した。支障物切削用ビットは、鋼材を鋭利なチップで切り取るのではなく、靱性の高いチップを押し付けて鋼材をこそぎ取るもので、硬質チップの先端が鋼材に引っかかって欠けることを防止するため、図-6に示すような扇状のビット形状とした。このほか、低速掘進により連続した掘進時間が伸び、土砂シールドが過熱する恐れが生じたことから、土砂シールド冷却装置を設置することとした。

4. 施工結果

羽沢トンネルでは、平成28年3月に掘進を開始し、同年7月から直接切削区間に入り、本管の直接切削区間約41mを20日間で通過した。写真-1には発生土に混入した大きさ100mm程度の本管の切断片を示す。発生土に混入した本管と枝管の切断片は、ほとんどが1~2mmのチップ状の破片であった。



写真-1 本管切断片

本管の直接切削区間のカタトルク（各リングの平均値）を図-7に示す。図には比較のため、前後20リングのカタトルクと平均掘進速度もあわせて示している。掘進速度は3~5mm/分で、掘進中の変動もほとんど見られなかった。非切削区間の平均カタトルクが約8,400kN・mに対し、直接切削区間は約6,600kN・mであった。直接切削区間の平均カタトルクは、掘進速度を抑えたため、非切削区間に比べて小さくなったが、装備トルク最大値19,955 kN・mに比べて十分低く抑えることができた。

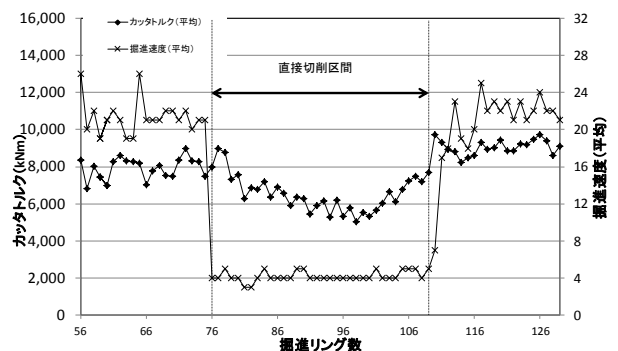


図-7 カッタトルク

各リングのジャッキ推力（平均値）を図-8に示す。直接切削区間に入った直後に推力の上昇が見られたが、これは、チャンバー内土砂の粘性が上昇したことが要因と考えられ、土砂性状調整後の推力は非直接切削区間と同程度となった。なお、地表面で振動計測を実施したが、直接切削に起因する数値は確認できなかった。また、近接する道路高架橋の橋脚高さはシールド通過中に2mm程度の沈下が確認されたが、大きな影響を与えることなく掘削できた。

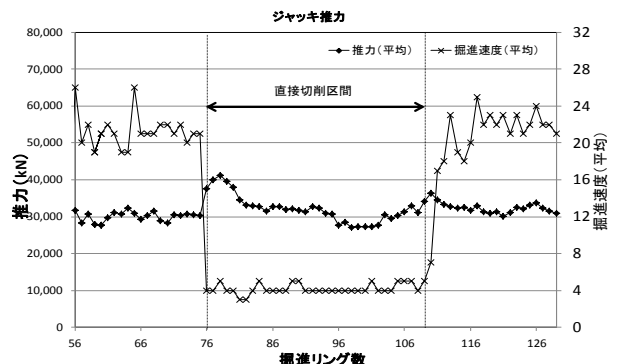


図-8 ジャッキ推力

5. おわりに

本工事では延長約41mにわたって支障する本管を撤去する方法としてシールドによる直接切削を採用し、大きなトラブルなく通過できた。本事例が、地下利用が高度化、大深度化した近年の都市土木における埋設物撤去工事の一助となれば幸いである。

参考文献

松尾他：支障移設後の汚水幹線をシールドで直接切削してトンネルを施工，トンネルと地下，Vol.48,pp251-258,2017