

環境にやさしい

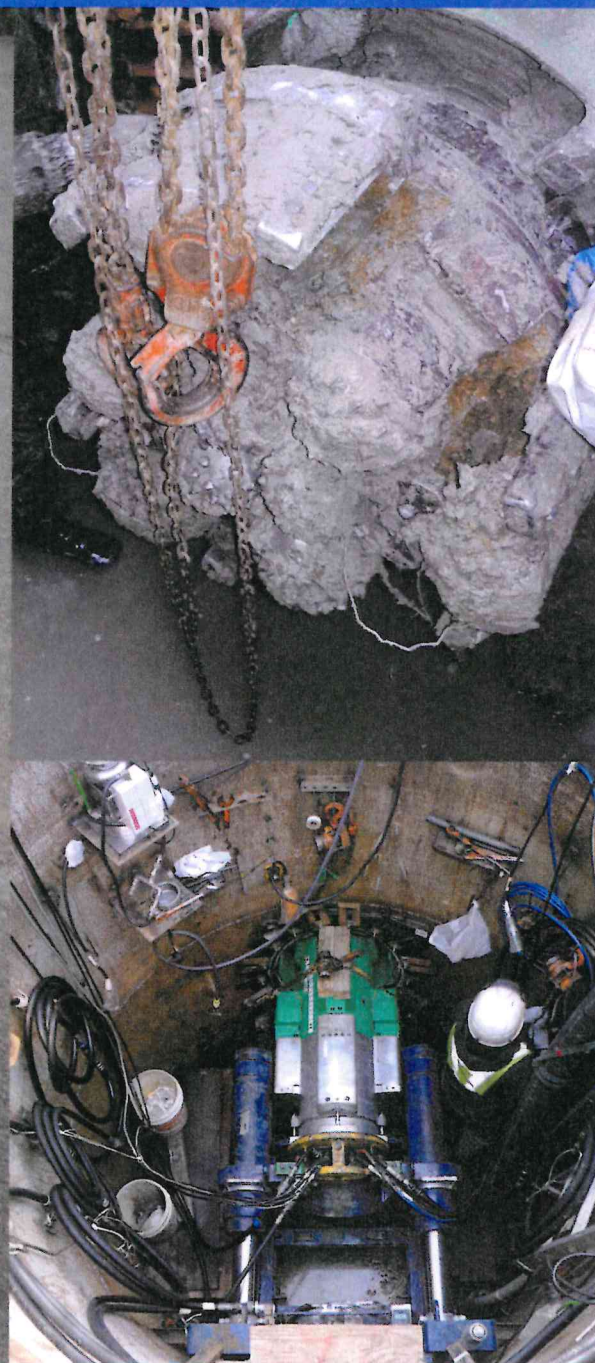
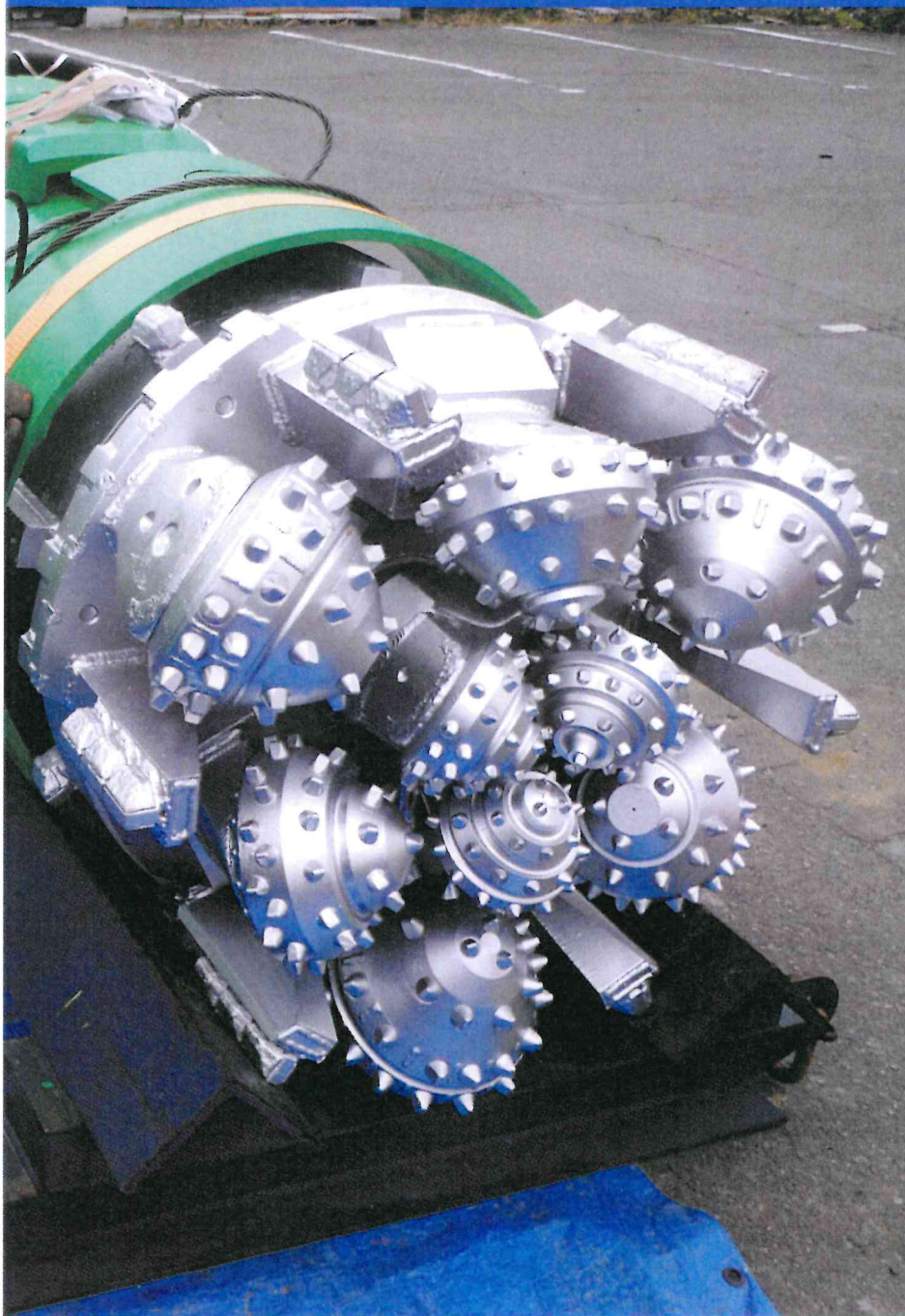
非開削技術

No-Dig Today —— 道路を掘らない技がここにある

季刊
2023
Jul.
No.

124

特集 管路の非開削改築技術



Why dig trenches
when there are better solutions?



JAPAN SOCIETY FOR
TRENCHLESS TECHNOLOGY
一般社団法人 日本非開削技術協会



アイレック技建



2種類の既設管からなる路線を CMT工法で改築推進施工



1. はじめに

CMT工法は、岩盤推進を原点としてビットの摩耗確認および交換が掘進機内からいつでも行えることを基本として開発された掘進機です。

そしてCMT改築推進工法は、老朽化した鉄筋コンクリート管（A型管、型管B）を岩盤推進の分野で培ったノウハウを活かし、確実に効率の良いコンクリート破碎と鉄筋切断を行い、破碎ガラと切断鉄筋を完全回収する大中口径管改築推進工法です。

本稿では、CMT改築推進工法の概要と国内では初となる矩形構造物で、途中から函種が異なるという特殊条件下での改築推進工事について紹介します。

定を保持します。カッタヘッド先端の中心部に設置した添加材噴出口から掘削添加材を切羽面に注入し、特殊ギア型ローラビットで掘削土および破砕片などを攪拌混合して泥土化します。泥土化した掘削土などをチャンバおよびスクリュコンベア内に充満させ、スクリュ回転数と排土口の開閉ゲート調整によって、切羽圧力（土圧+地下水圧）に対抗させながら泥土を排土槽に搬出する仕組みです。泥土は、吸引排土設備（バキューム）によって坑外へ搬送されます（図-1）。

既設管破碎時の推進力は、元押推進力を掘進機後部に装備したアダプタリングを介して推力点ジャッキによる圧力（推力点圧力）をリアルタイムに把握・制御することによって、安定した破碎力の確保と土質や既設管などの変化にも迅速に対応して切羽の安定を保持します。

2. CMT改築推進工法について

2-1 CMT掘進機の概要

CMT改築推進工法は、推進施工前に既設管内をモルタルなどで充填し、既設管の全面または一部を切削・破碎しながら掘削土および破砕片を吸引排土方式で回収し、新設管へと敷設替える工法です。

カッタヘッドを、切羽および既設管に押し付ける面板加圧方式で切羽の安

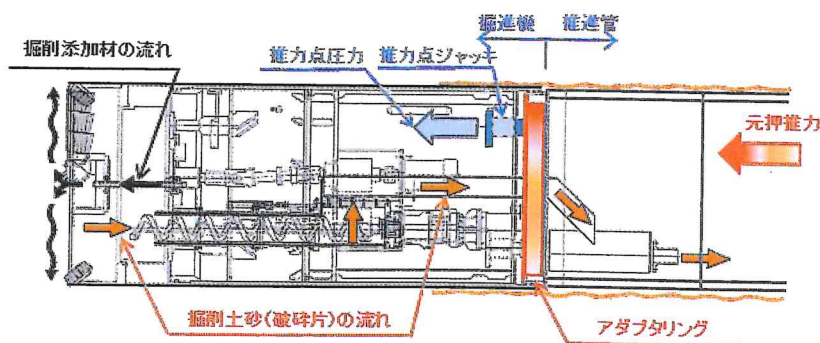


図-1 CMT改築推進工法用掘進機の概要

〈機関誌記事・論文の検索〉 ホームページ文献検索システムの技術区分検索で記事・論文をダウンロードできます。

☐ 推進(極小口径) ☐ 推進(小口径) ☐ 推進(大中口径) ☐ HDD(誘導式水平ドリル) ☐ 管更生(小口径) ☐ 管更生(大中口径) ☒ 既設管改築 ☐ 位置検知・資材 ☐ 地下探査・調査 ☐ 管内検査・診断・調査・清掃 ☐ 耐震・長寿命化 ☐ 理論解析・計測 ☐ ソーシャルコスト ☐ 海外情報・環境保全 ☐ 立坑・マンホール ☐ その他 ☐ 設計・調査 ☐ 資産管理

2-2 既設管破碎のメカニズム

掘進機のカッタヘッドには、既設管である鉄筋コンクリート管のコンクリート破碎と鉄筋を切断するための特殊ギア型ローラビットを装備しています。

既設管を破碎するメカニズムは、切羽への押付力(軸方向力)とカッタヘッドの回転力の組み合わせによります。軸方向力による面板加圧で破碎対象物を常にホールドした状態で、特殊ギア型ローラビットに軸力を伝達し、既設管断面部分を圧壊させ凹凸に破碎します。

破碎により露出した鉄筋(縦筋・らせん筋)は、回転方向に折り曲げられ、未だ破碎されずに固定されている既設管本体を反力として切断破碎されます(図-2)。

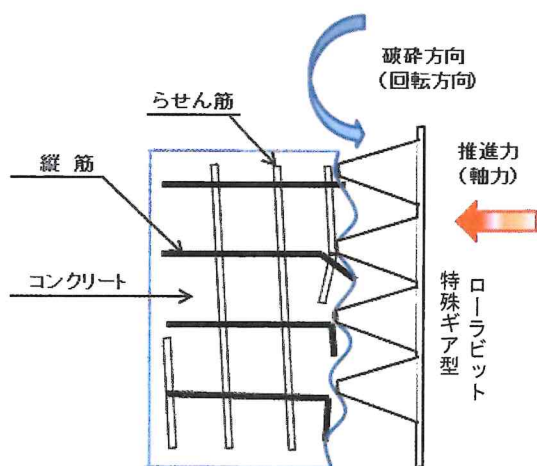


図-2 既設管破碎のメカニズム

3. 施工事例

3-1 工事概要

施工場所である木津川市は、京都・大阪の中心部から30km圏内に位置し、古くは「恭仁京」の頃より栄え、中世からは淀川の水運の拠点として農産物の生産拡大や仏教信仰の寺院や霊地の形成、特産品（お茶）を扱う商業活動が活発化し発展してきました。

本地区内には、JR木津駅があり、また、道路は、国道24号が南北に、国道163号が東西方向に整備されており、交通の要衝となっています。

本地区では、木津川の氾濫原にあたる低平地に多くの住宅が建てられており、特に木津小学校付近は地形的に低く、過去に幾度もの浸水被害に見舞われてきました。近年では平成25年台風18号と平成29年台風21号の2度にわたり、内水氾濫による家屋などの浸水被害が発生しています。特に、平成25年台風18号では床上浸水21戸、床下浸水17戸と大きな被害が発生しました。そこで、このような浸水被害を解消するための対策が求められ、木津川市では中長期の将来ビジョンとして、平成28年3月の「第1次木津川市都市計画マスタープラン後期計画」、平成31年3月の「第2次木津川市総合計画」が策定されました。

本工事は、その一環として木津小学校付近の一級河川小川に連絡している既設構造物である石積暗渠とプレキャスト函渠の路線位置を正常な路線勾配となるように既設構造物の一部を破碎しながら新設管を構築し

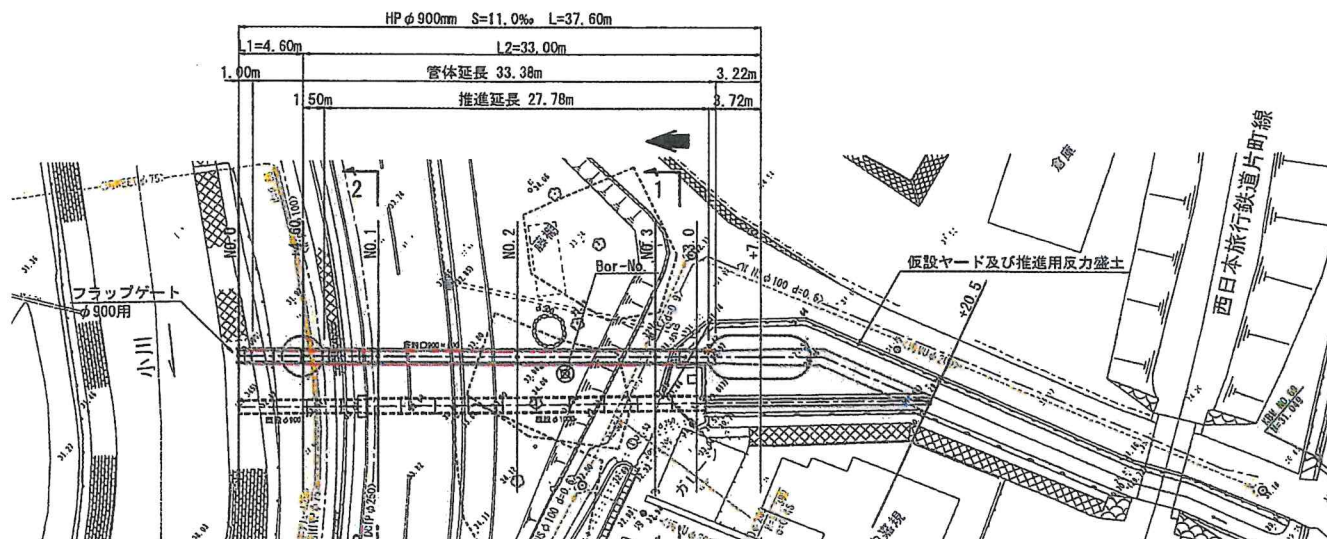


図-3 推進路線平面図

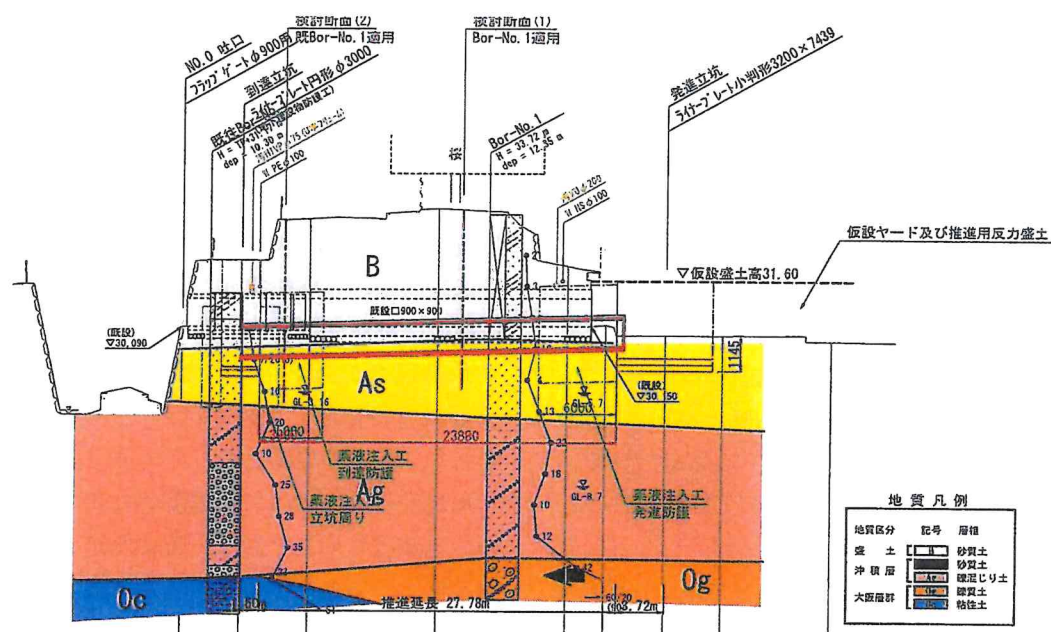


図-4 推進路線縦断面図

ていく改築推進工事です。1路線内に矩形の石積暗渠とプレキャスト函渠との2種類の異なる構造物の改築推進が求められるなど、非常に厳しい条件下での施工となりました (図-3, 4)。

工 事 名：内垣外地区排水路敷設工事

工事場所：京都府木津川市木津町地内

発 注 者：木津川市建設部 建設課

受注業者：(株)KOSEI

推進業者：清田軌道工業(株)

工事内容：CMT改築推進工法

管呼び径：900

(下水道推進工法用鉄筋コンクリート管)

推進延長：L = 27.78m

土 被 り：1.2~2.1m

地下水位：GL - 5.7m

既設構造物：□900 × 900mm 石積暗渠

□900 × 900mm プレキャスト函渠

(破碎・除去)

既設構造物基礎：基礎栗石

対象土質：砂質土 (埋戻し土)

新設管と既設構造物 (石積暗渠) の位置関係：

新設管の管底は石積暗渠底盤から785mm下、

新設管と既設構造物の鉛直軸は一致 (図-5)

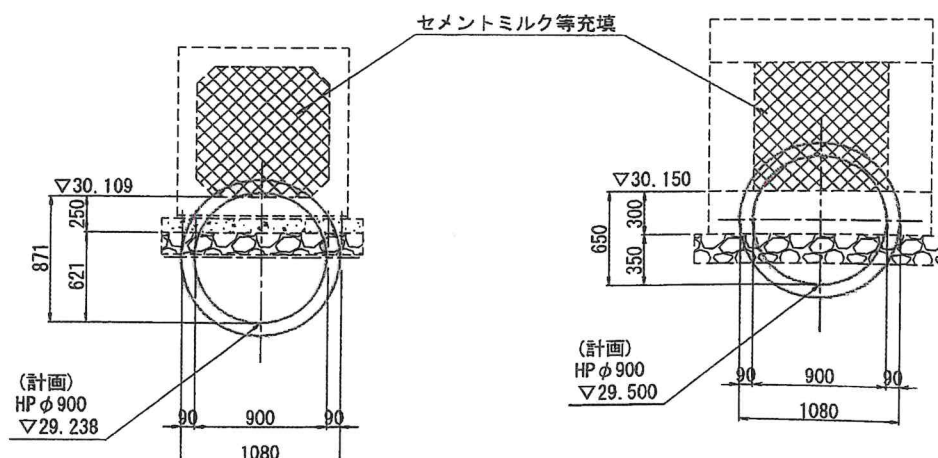


図-5 新設管と既設構造物の位置

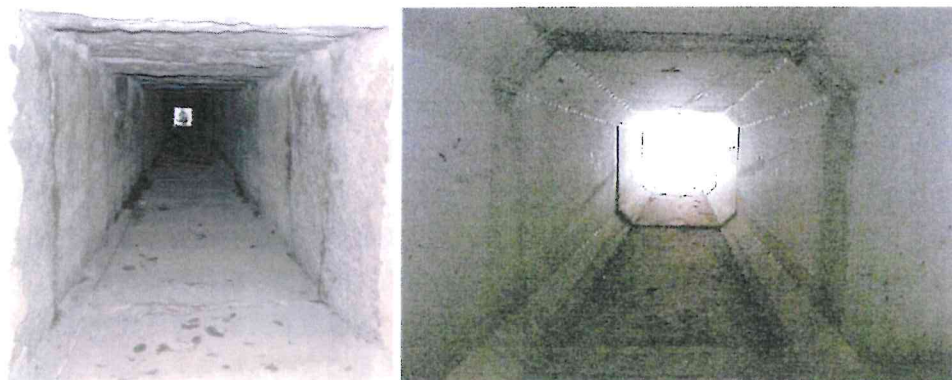


写真-1 同一路線にある2種類の既設管

3-2 工法の選定

本工事の路線を横断する市道は、朝晩の交通量が多く、通学路としても利用されているため、開削工法による施工が困難と判断し、改築推進工法により施工することとなりました。

一方、更新する既設構造物は、石積ブロックを組み立てた石積暗渠と二次製品のプレキャスト函渠から構成されます。石積暗渠は石積ブロック本体が高強度を持つことが想定され、本工事に採用する掘進機は石積暗渠の破碎とプレキャスト函渠の破碎および鉄筋切断が行える2つのシステムを装備した掘進機が必要となりました。

そこで、高強度の石積暗渠の破碎と後続するプレキャスト函渠の躯体コンクリートの破碎および躯体内に配筋された鉄筋の確実な切断が可能な土圧式推進工法（CMT改築推進工法）を選定しました。

全機種の掘進機の隔壁に装備した「点検扉」の開閉により機内からのビット交換が可能で、岩盤用から既設管破碎用へとビット交換を可能にすることによって改築推進施工を行うことができます。

3-3 施工上の課題と対策

(1) 事前調査

当該区間の既設構造物は、発進側の排水路から市道を横断して一級河川小川に雨水等を排出する矩形暗渠です。発進側から21.8m区間は□900×900mmの石積暗渠で、それから到達までの5.9mは□900×900mmのプレキャスト函渠となっています。石積暗渠やプレキャスト函渠下は、栗石等による基礎工が施され、その下方はN値10前後の砂地盤となっています。砂地盤の占める割合は、30%前後となっており、

残りの上部約70%は石積ブロック、中込めコンクリート、基礎栗石等の強固なもので構成されています。

石積暗渠は、外観調査では老朽化が進んでいないとの判断から、事前に現地において岩盤用ロックハンマによる一軸圧縮強度試験を実施しました。試験は、発進立坑側から見て左側面壁と右側面壁の2箇所、各測点ごとに5箇所の打撃測定を行いました。各測点の平均圧縮強度は、左右側面共に300MN/m²程度と、非常に高強度の測定結果となりました。また、プレキャスト函渠の断面構成は、施工図面から壁厚が130mmで、破碎対象となる下庄版の鉄筋径はD13mmとD10mmが明らかになりました（写真-1）。

(2) 破碎対象ごとのビット交換

このような経緯から、高強度の石積暗渠等を改築推進用の特殊ギア型ローラビットを装備した Cutterヘッドでは、対応ができないとの判断に至りました。そのため、発進側から21.8mの石積暗渠区間は、上部の約70%が高強度の石積ブロックや栗石などで構成されていることから、CMT工法の基本システムである「CMT岩盤システム」を採用して、岩盤用ローラビットを装備したCutterヘッドで計画しました。

対象土質としては、前記した石積暗渠の一軸圧縮強度から岩強度を200～300MN/m²以下の（I）土質と想定し、日進量を作業時間昼8時間で1.22m/日と計画しました。

発進から21.8mを過ぎた到達までの5.9m区間では、□900×900mmのプレキャスト函渠となっています。岩盤用ローラビットを装備したCutterヘッドでは、プレキャスト函渠内に配筋されたD13mmとD10mmの異形鉄筋を所定の長さに切断することは困難との結論となりました。岩盤用ローラビットでは、異形鉄筋を

所定の長さに切断させる機能はなく、不揃いの長い鉄筋片が取り出され、チャンバ内から破砕物や土砂とともに排土するコンベア機構内に取り込まれると、複数の長い鉄筋片がリボンスクリュ本体に絡みつき、閉塞することが懸念されました。

このため、プレキャスト函渠区間に関しては、特殊ギア型ローラビットを装備した通常の改築用カットヘッドで対応するために、ビット交換を行うこととしました。対象土質としては、岩強度 50MN/m^2 未満の(E)土質と想定し、日進量を作業時間昼8時間で 3.60m/日 と計画しました。

また、既設函渠を破砕し切羽面で土砂と確実に混練して塑性流動化させるために、フェイス中心に添加材

噴射口を設けました。次に、土砂および破砕片を的確にチャンバに取り込むため、取込口(開口率約 5.8%)を小さくし、開口端部には掻込用スクレパビットを配置しました(図-6、写真-2、3)。

(3) 推力点圧力の設定

必要推進力は、切羽圧力(土圧+地下水圧)と既設函渠破砕に必要な圧力の和からなる先端抵抗に対抗する推力点圧力と、推進距離延伸に伴い増加する外周抵抗の総和で求められます。

先端抵抗のうち既設函渠破砕に必要な押付圧力は、管径とカットヘッドの形状から決まりますが、本工事では、既設函渠が高強度の石積暗渠や栗石が主体となっていることから、同クラスの最大値 400MN/m^2 として算定し、切羽土圧と合せて 380kN としました。

4. 施工結果と評価

改築推進工法の施工に先立ち、既設構造物である石積暗渠とプレキャスト管渠内には既設構造物の切削破砕時の振動等により、既設構造物外周部の土砂が既設構造物内の空隙部に崩壊したり、流れ込まないように、あらかじめ既設構造物の空隙を充填する目的で貧配合の中込めコンクリートを事前に注入しました。

(1) 掘進状況

最初の石積暗渠の下庄版部分と基礎栗石を取り壊しながらの掘進は、面板開口率(約 5.8%)の制限と推力点圧力を計画した 380kN と同等となるように維持することによって、地山を確実に保持しつつ安定した掘進が行えました。ジャッキスピードは $4\sim 6\text{mm/sec}$ で推移し、計画日進量(1.22m/日)を上回る進捗を確保できました。

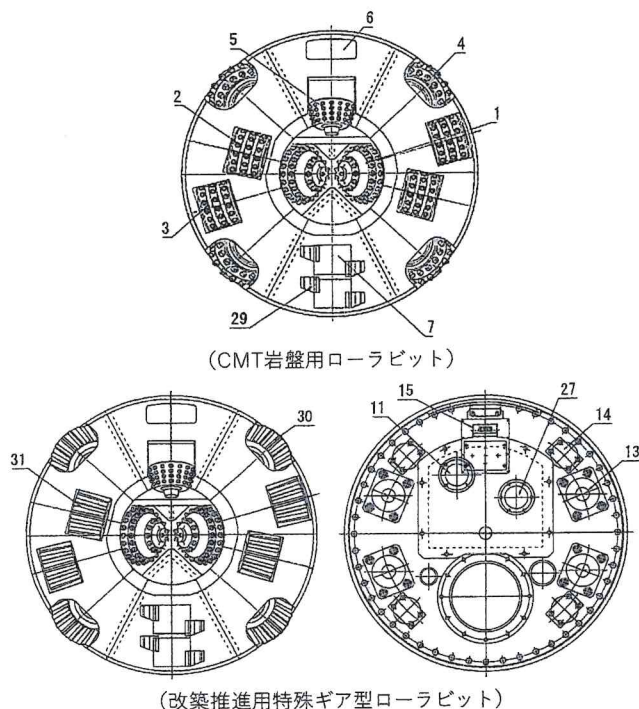


図-6 カッターヘッド形状図



写真-2 CMT改築推進掘進機

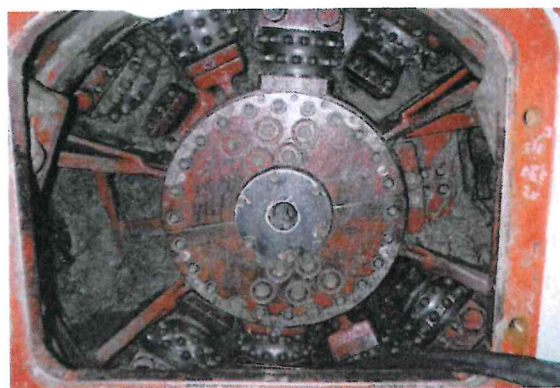


写真-3 岩盤用ローラビットを装置したカッターヘッド(ビット交換前)

また、石積暗渠本体および基礎栗石の破碎は、最初に掘進機に岩盤用ローラビットを装備したカッタヘッドを計画した推力点圧力で押し付けることにより、効率の良い切削・破碎が行え、順調に施工できました。

石積暗渠区間の掘進途中から、コンベア装置から搬出される排土に流木と想定される木くずが混入されました。当初は、開口端部に装備した掻込用スクレパビットによって切削されて、チャンバ内に取り込まれコンベア装置から搬出されていましたが、徐々に排土量に比べて木くず量が多くなり、開口部などに木くずの繊維が絡み付いて開口部やビット部を閉塞したと想定され、ビット交換直前に推進施工ができなくなりました。

このため、掘進機内から点検扉を開け、チャンバ内の状況を目視確認しました。チャンバ内全体には玉状になった木くずが固結し、開口部や各ビット部には切削された流木の繊維が絡み付き、掘進および排土が不能な状態となっていました（写真－4）。そこで、機内からチャンバ内に固結した木くずや開口部および各ビットに絡み付いた木くずの繊維を撤去しました。その後、推進を再開して残りの石積暗渠区間の改築推進施工を完了しました。

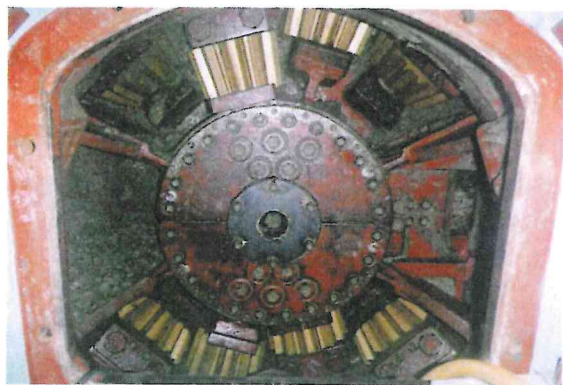


写真－4 チャンバ内に固結した木くず

次のプレキャスト函渠区間の基礎栗石およびプレキャスト函渠本体のコンクリート破碎・鉄筋切断は、特殊ギア型ローラビットを装備したカッタヘッドを計画したことから石積暗渠完了後に、掘進機内の点検扉からビットの交換が行なわれました。交換された特殊ギア型ローラビットにより、確実なプレキャスト函渠本体のコンクリート破碎と一定の長さでの鉄筋切断が行え、コンベア装置内で鉄筋片が閉塞することなく、効率の良い改築推進が行えました。切断されたD10mm

とD13mm鉄筋片の大部分は、写真－6に示すように10～15cm前後の長さに切断されて排出されていました。排出された鉄筋片の中に、プレキャスト函渠配筋図にないD16mmが混入していました。これは、石積暗渠とプレキャスト函渠の接続部にあたる現場打コンクリート区間に使用された鉄筋と考えられました。

また、鉄筋片に交じって切断された金属片が排出されていました。これは隣り合うプレキャスト函渠を固定するための接続プレートと想定され、全て10cm以下に切断されて排出されていました。



写真－5 特殊ギア型ローラビットを装置したカッタヘッド（ビット交換後）



写真－6 排出された鉄筋片と金属片

(2) 推進精度管理

推進精度、推進力も管理範囲内に収まるとともに、予定工程内で推進施工を終了するなど満足できる成果が得られました。

推進精度は、発進当初から新設管の管底高が石積暗渠の管底高より785mm下にあることから、水平変位が上向き傾向になることが危惧されました。方向制御ジャッキを多少下向きに制御することによって調整し、最終精度は右に5mm、下に－10mmの高精度で

到達することができました。

また、元押推進力は、上部の約70%が強度のある既設構造物であり、掘進機外周面よりも所定の大きさに余掘りされた空隙（テールボイド）が比較的保持されていることと、初期発進時から掘進機内より連続して掘進機外周に注入された滑材がテールボイド内に回り込んで充填され、周辺の緩み土圧を抑制したことで、元押推進力は最大値350kNと低推進力で到達しました。これは、計画最大推進力の約53%でした。

(3) 施工結果の評価

施工上の課題とされた既設構造物である石積暗渠の破碎とプレキャスト函渠の破碎および鉄筋切断の可否や破碎掘削中の切羽地山の自立保持、掘削土の過剰取込などの問題は発生しませんでした。

これは、石積暗渠は岩盤用ローラビット、プレキャスト函渠は特殊ギア型ローラビットと2種類のビットを機内から交換可能な掘進機構造にした計画と、推力点圧力の設定が概ね妥当で面板加圧および取込開口の制限により、円滑な掘削土・破砕片の排出ができ、切羽の安定が保持できたことによるものと判断されます（写真－7）。



写真－7 掘進機到達状況

5. おわりに

CMT改築推進工法については、未だ実績・経験が少なく、特に大中口径においては本工事が3例目であり、技術が確立されているとは言い難いですが、当協会によって岩盤推進の経験で培われた技術を応用して、「技術資料」がまとめられています。また、工場において長年継続して行われてきましたヒューム管のビット破碎実験のデータ分析が蓄積され、大中口径の改築推進技術も徐々に確立しつつあります。

最後になりますが、今回の施工に関して、ご採用・ご指導をいただきました木津川市、施工に関してご協力をいただきました協力業者の方々に誌面をお借りして厚く御礼申し上げます。

この事例が今後同様の工事の参考としていただければ幸いです。

【参考文献】

- 1) 「住民の生活を守る 切羽が視える改築推進工法」 杉本 秀一、月刊推進技術 Vol.26 No.9 (2012年9月) pp64-67
- 2) 「改築推進工法による新設管路への敷設替え」 遠藤建史、金田則夫、木下貴義、月刊推進技術 Vol.31 No.7 (2017年7月) pp70-77
- 3) 「2種類の既設管のある路線をCMT工法で改築推進」 岡村 道夫、月刊下水道, Vol.45 No.9 (2022年9月) pp40-46

◆お問い合わせ先◆

CMT工法協会

〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48

Tel.06-4303-6026 Fax.06-4303-6029

<https://www.suiken-cmt.co.jp/>

