

月刊推進技術



公益社団法人

<https://micro-tunneling.com>

月刊推進技術

検索



日本推進技術協会

<http://www.suisinkyo.or.jp>

特集 推進技術・最前線

8

Vol.35 No.8
2021(令和3年)

工事名 島屋北幹線下水管渠築造工事
場所 徐進止坑
3000mm 推進工

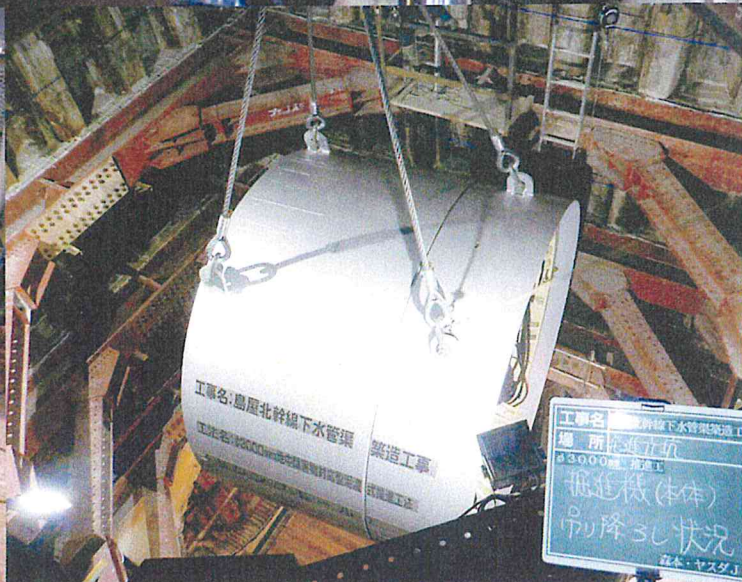
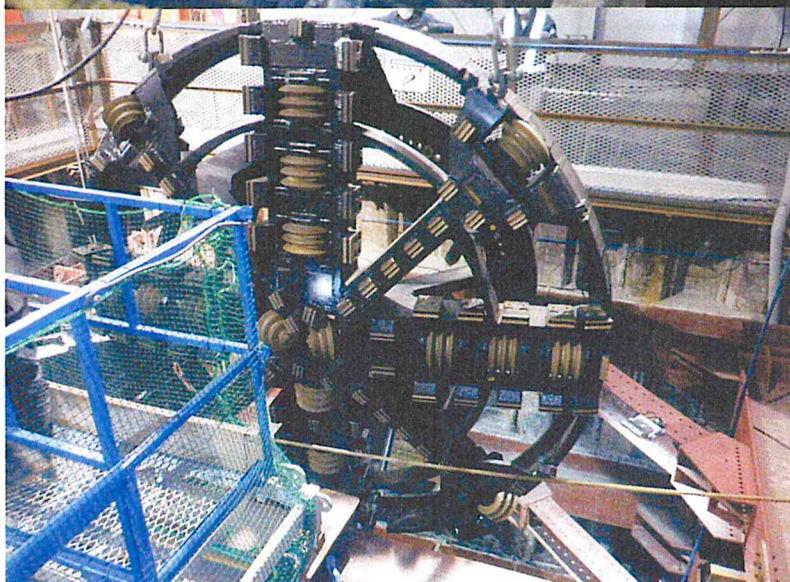
掘進機

据付完了

森本・ヤスダJV



ヤスダエンジニアリング株式会社



工事名 島屋北幹線下水管渠築造工事
場所 徐進止坑
掘進機(本体)
吊り降ろし状況

森本・ヤスダJV

1 スパンが石積暗渠からボックスカルバートに変化する

CMT 改築推進工法による敷設替え事例

くぼた あきら
久保田 明

京都府木津川市
建設部建設課課長



1 はじめに

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た。

本地区内には、JR 木津駅があり、京都、大阪、奈良、三重方面と結ばれている。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る。

本地区では、木津川の氾濫源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、過去から幾度の浸水被害に見舞われている。浸水被害の状況について、近年では平成25年台風18号、平成29年台風21号の2回内水氾濫による家屋浸水被害が発生している。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た。そのため、過去から幾度と見舞われている浸水被害の解消により一刻も早く安心安全に暮らせるための対策が求められ、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」が策定された。その中で、本地区を含む木津川支流域について「市民の生命や財産を水害から守るため、内水被害

が発生する一級河川小川をはじめとした木津川支流域において、内水を強制排除するため排水設備などの改修・整備を進めるとともに、国や京都府などの関係機関に積極的な支援を働きかける」治水対策の強化が進められている。

本工事は、その一環として木津小学校付近の浸水被害を解消するために、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ていく改築推進施工である。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が必要であった。

以下に、矩形構造物の管種が異なる改築推進工法の選定および施工時における課題と対策について述べる。

2 施工条件と工法選定

2.1 工事概要

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：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

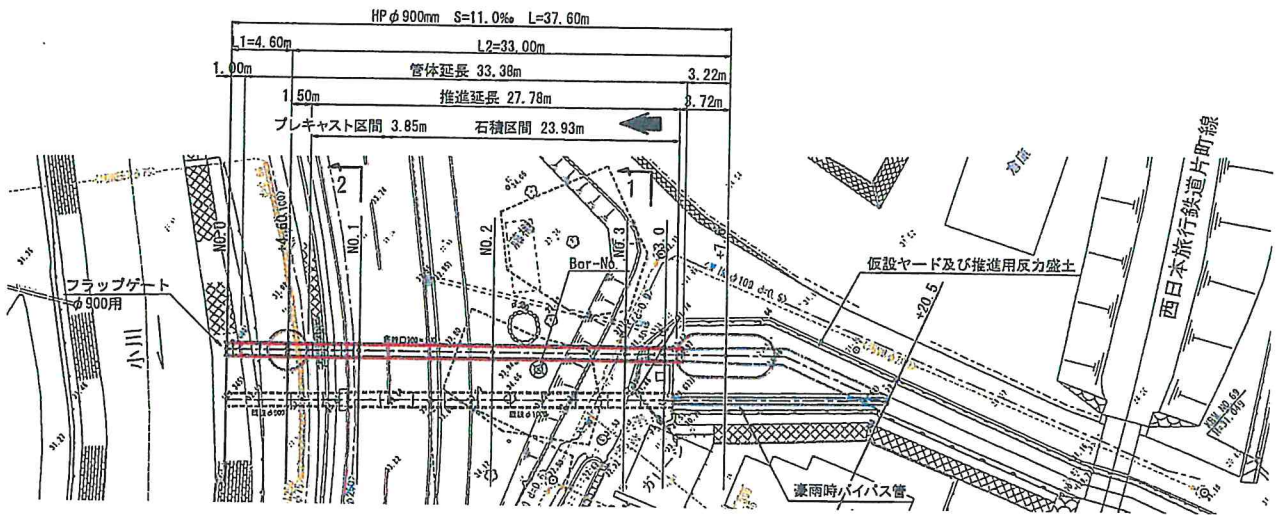


図-1 改築推進路線平面図

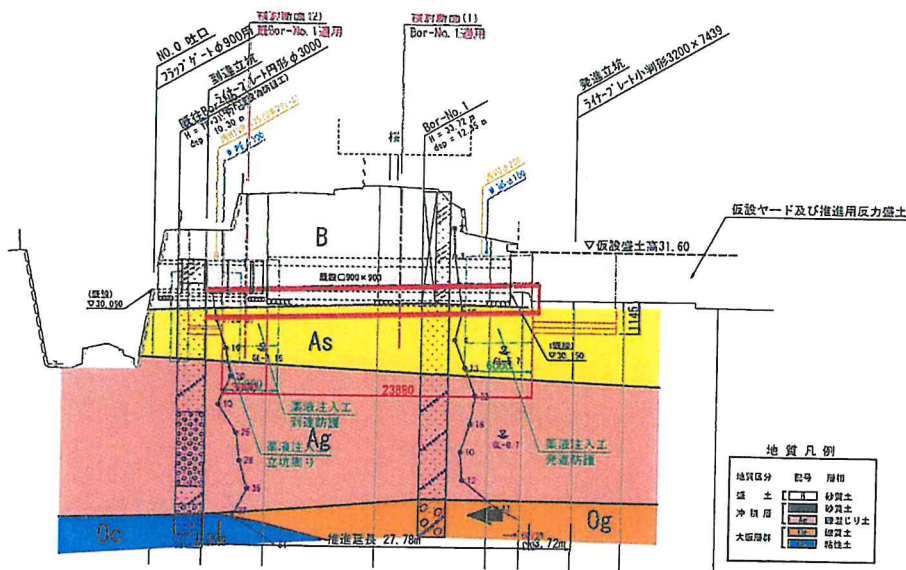


図-2 改築推進路線縦断面図

2.2 施工条件

本工事の路線を横断する市道は、朝晩の交通量が多く、また木津小中学校へ通う生徒の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る。石積暗渠は石積ブロッ

管呼び径：900

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石積暗渠破碎-除去

□900×900mmプレキャスト函渠

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。

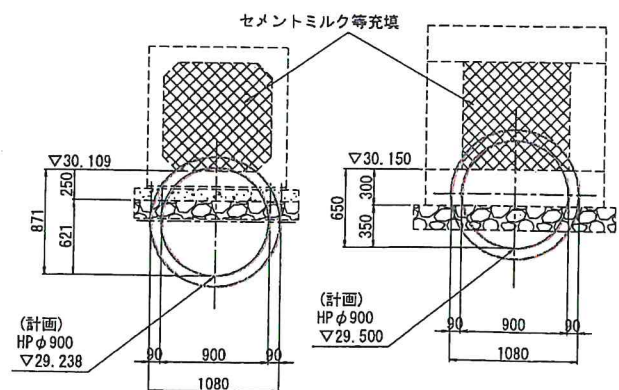


図-3 新設管と既設管の位置関係図

ク本体が高強度を持つことが想定され、岩盤を破碎するシステムが必要となることと、プレキャスト函渠は躯体コンクリートの破碎と躯体内に配筋されている鉄筋の確実な切断が必要になる。従って、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る。

2.3 工法選定

工法選定にあたっては、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）を選定した。

CMT改築推進工法は、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のビット交換が可能である。

以下に、CMT改築推進工法の概要について説明する。

(1) CMT改築推進工法の分類

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は吸引排土方式で回収し、新設管へと敷設替えする工法である。

本工法は、(公社)日本推進技術協会の分類では「改築推進工法」・「切削破碎推進工法(既設管充填方式)」・「吸引排土方式」に分類される(図-4)。

カッタヘッドを切羽および既設管に押付ける面板加圧方式で切羽の安定を保持する。カッタヘッド先端の中心部に設置した添加材噴射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混合攪拌して泥土化する。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填させ、スク

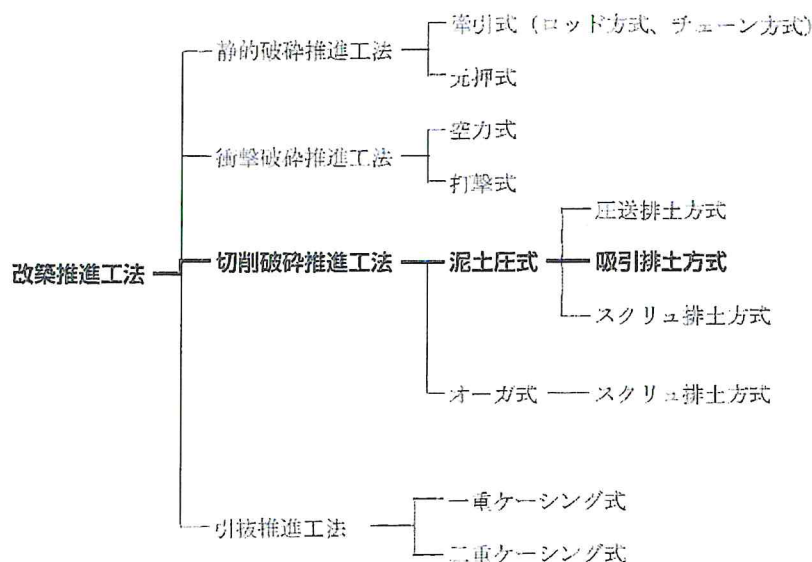


図-4 改築推進工法の分類²⁾

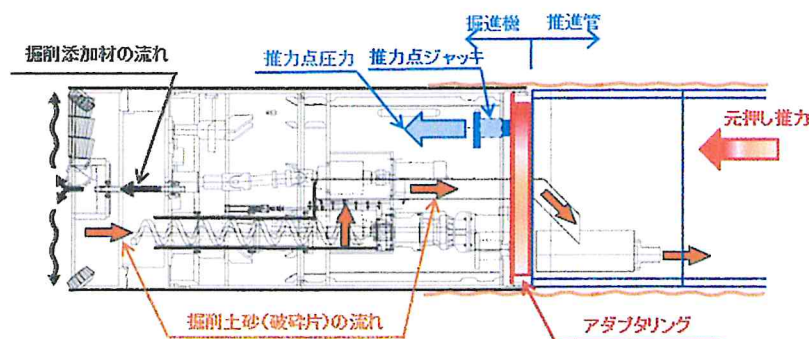


図-5 CMT工法改築推進掘進機の概要

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排出する。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る。

既設管破碎時の推進力は、元押し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迅速に対応した切羽の安定を保持する。

(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る。

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合せによる。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する。

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

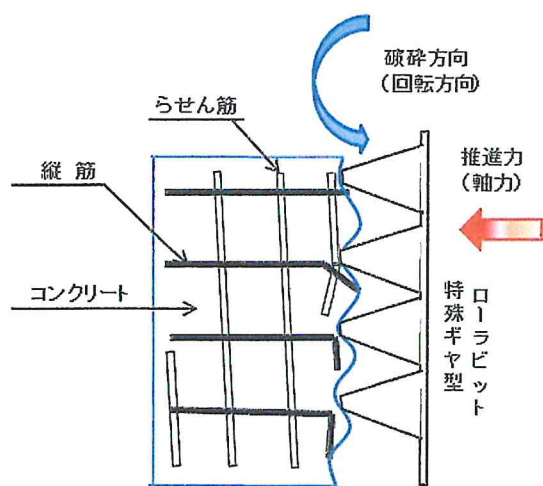


図-6 既設管破碎のメカニズム

3 施工上の課題と対策

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、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る。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る。砂地盤の占める割合は、30%前後となっており、残りの上部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る。

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、各測点毎に5箇所の打撃測定を行った。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

測定結果となった。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が明らかになった(写真-1)。

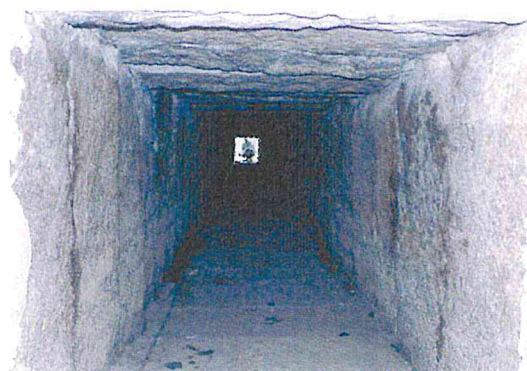


写真-1 石積暗渠



写真-2 プレキャスト函渠

(1) 掘進機の対応

このような経緯から、高強度の石積暗渠等を通常の特種ギア型ローラビットを装備したカッタヘッドでは、対応できないとの判断に至った。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カッタヘッドで計画した。

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る。岩盤

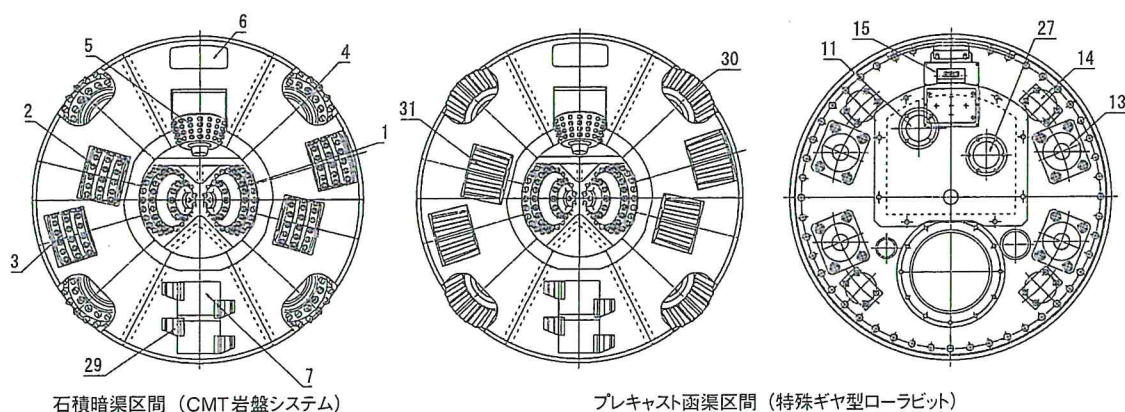


図-7 カッタヘッド形状図

用ローラビットを装備したカッタヘッドでは、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った。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ー本体に絡みつき、閉塞することが懸念された。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タヘッドで対応するために、ビット交換を行うこととした(図-7)。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ーパービットを配置した(写

真-3)。

(2) 推進力の対応

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る。

先端抵抗のうち既設函渠破砕に必要な押付圧力は、管径とカッタヘッドの形状から決まるが、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、切羽土圧と合わせて 380kN とした。

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函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部の空隙に崩壊したり、流れ込まないように、予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り、切羽地山を確実に保持しつつ安定した掘進が行えた。ジャッキスピードは $4\sim 6\text{mm/min}$ で推移し、計画日進量(1.22m/日)を上回る進捗を確保できた(写真-4)。



写真-3 CMT改築推進用掘進機

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た。当初は、開口端部に装備した掻込用スクレパー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った。

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た（写真－5）。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

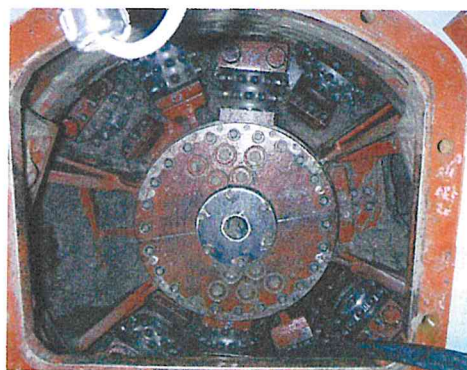
の石積暗渠区間の改築推進施工を完了した。

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管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た（写真－6、7）。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もなく、効率の良い改築推進が行えた。切断されたD10mmとD13mm鉄筋片の大部分は、写真－8に示すように10～15cm前後の長さに切断されて搬出されていた。搬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区間に使用された鉄筋と考えられる。

また、鉄筋片に交じって切断されたプレート片が搬出されていた。これはプレキャスト函渠間を固定するための接続プレートと想定されるが、全て10cm以下の長さに切断されて搬出されていた。



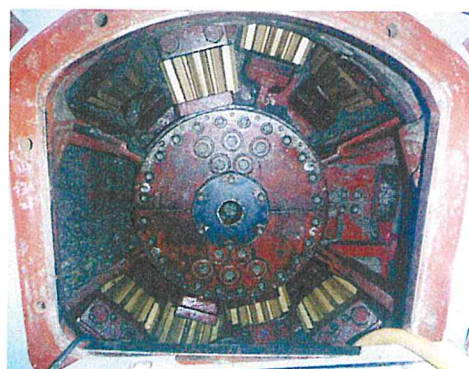
写真－4 CMT改築推進状況



写真－6 ビット交換前（岩盤用ローラビット）



写真－5 チャンバ内に固結した木くず



写真－7 ビット交換後（特殊ギア型ローラビット）

CMT改築推進工法

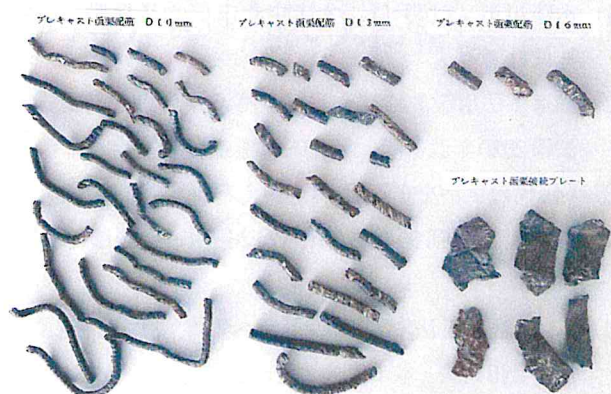


写真-8 搬出された鉄筋片と接続プレート

プレキャスト区間のジャッキスピードは、7～10mm/minで推移し、計画日進量（3.6m/日）を上回る進捗を確保できた。

(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、最終精度センチ右5mm、レベルー10mmと高精度に推進できた（写真-9）。

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た。これは、計画最大推進力の約53%であった。

(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なかった。

これは、石積暗渠は岩盤用ローラビット、プレキャスト

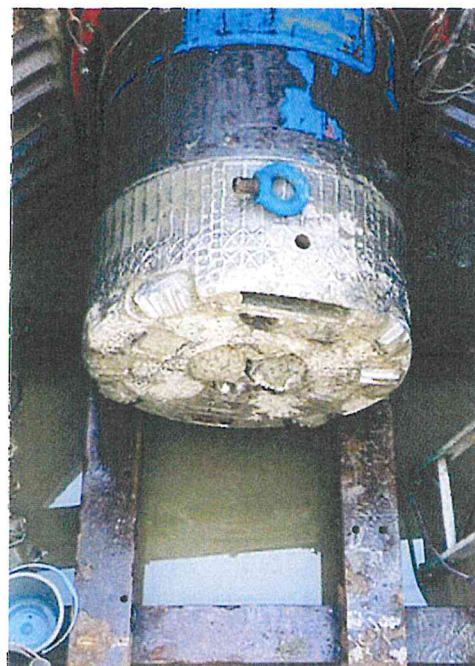


写真-9 CMT掘進機到達状況

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る。

本工法は、元押ジャッキだけでなく、切羽の切削管理は推力点ジャッキで行い、方向修正は方向制御ジャッキにより行うことで、操作性などの推進管理が効率的で確実に行える。

5 おわりに

改築推進工法については、いまだ実績と経験が少なく、特に大中口径においては本工事が3例目とのことであり、技術が確立されているとは言い難いが、CMT工法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」がまとめられている。また、工場において長年継続して行われてき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ると思われる。今後も更なる技術の確立、発展が求められており、本工事の施工データが有効に活用されることを期待する。

本施工は改築推進の中でも、国内初となる特殊条件下での厳しい工事であった。今回の施工に関して、ご尽力をいただいた協力業者各位に誌面を通じて御礼申し上げます。

この事例が今後の同様な工事の参考としていただければ幸いである。

【参考文献】

- 1) 木津川市 Web サイト：木津中心市街地地区都市再生整備計画
- 2) 推進工法用設計積算要領「改築及び管敷設替推進工法編 2020 年改訂版」(公社)日本推進技術協会
- 3) 「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) P64-67
- 4) 「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) P70-77

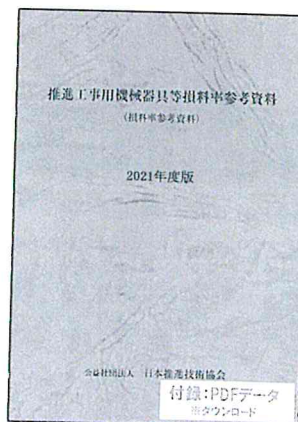
2021年度版 推進工事用機械器具等損料率参考資料

5月25日発売開始

「推進工法用設計積算要領」に準拠した、推進工事用の機械器具等の損料参考資料
本書では適宜、工法（79 工法）・機械メーカー・材料メーカー等の連絡先を掲載

主要
目次

- I. 大中口径管推進工法
- II-1. 小中口径管推進工法 高耐荷力管
- II-2. 小中口径管推進工法 低耐荷力管
- III-1. 鋼製管推進工法 鋼製さや管
- III-2. 鋼製管推進工法 取付管
- IV. 改築推進工法
- V. ケーシング立坑
- VI. その他



● A4判 854頁

● 定 価 16,500円(税込)、会 員 8,250円(税込)

● PDFデータ(ダウンロード)

● お申し込み・お問い合わせは ●

編集・監修・発行

公益社団法人 日本推進技術協会

〒135-0047

東京都江東区富岡2-11-18 リードシー門前仲町ビル3階

TEL(03)5639-9230 FAX(03)5639-9215

図書の購入は、協会ホームページより
お申し込み下さい。

<http://www.suisinkyo.or.jp/>