

月刊推進技術



公益社団法人

<http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/>

月刊推進技術 検索

日本推進技術協会

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

e-mail: info@suisinkyo.or.jp

特集 推進技術・最前線

7

Vol.31 No.7
2017(平成29年)



アルティミット工法協会

アルティミット工法 アルティくん



改築推進工法による新設管路への敷設替え

—大井川用水(二期)農業水利事業瀬戸川左岸幹線水路整備工事(その6)—



えんどう たけし
遠藤 建史

(株)熊谷組 名古屋支店
土木事業部作業所長



かねだ のりお
金田 則夫

(株)熊谷組 土木事業本部
シールド技術部技術部長



きのした たかよし
木下 貴義

CMT 工法協会
広報委員

1 はじめに

我々の安心で安全な暮らしを支えているインフラ施設。そのインフラ施設のうち、高度経済成長期に構築された施設は、既に法定耐用年数の50年を経過しており、早期の更新が求められている。

インフラ施設の更新には、新たな施設を構築する方法

と現在の施設を更生する方法があるが、築50年を経過している施設については、本体構造物自体の耐久性に問題があり、新たに施設を構築する方法が選定される。

昭和40年代に築造された大井川用水瀬戸川左岸幹線水路は、老朽化による改修の必要性とともに、水需要の変化から施設の増改築が求められている。築造当時は沿線に民家はなく、開削工事で用水路管路が敷設

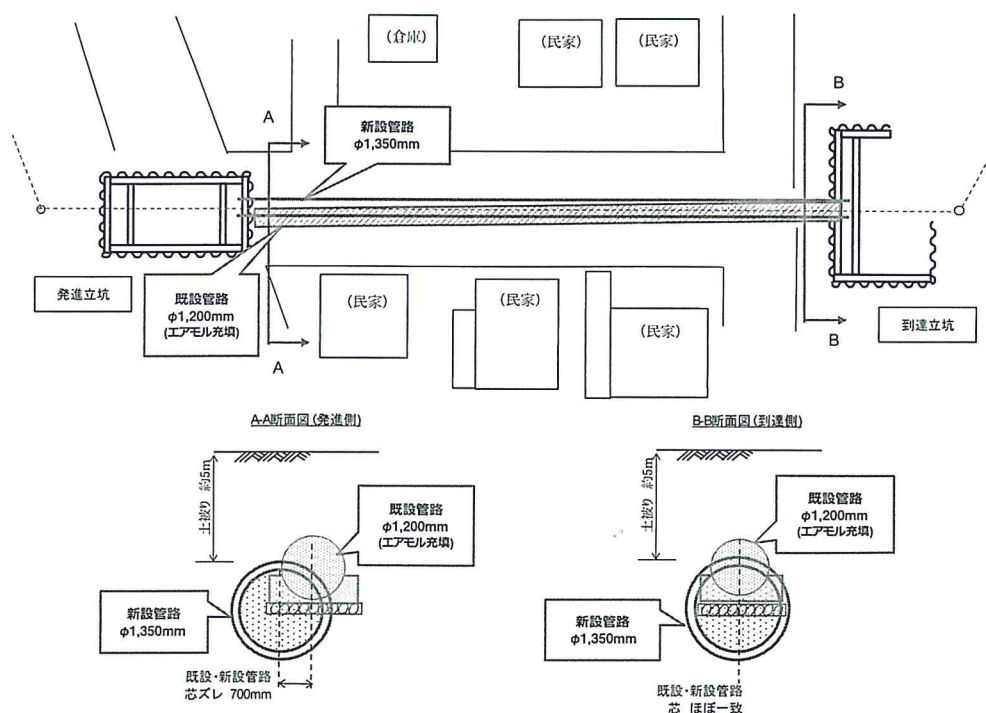


図-1 施工概要図

されたが、現在は沿線に民家が建ち並んでおり、開削工事での山留め杭打ち込みに伴う騒音・振動や引抜きに伴う地盤沈下の懸念などとともに、道路占用が生じるため、周辺住民の生活環境に大きな影響を与えることが予想された。

そこで選定されたのが、非開削かつ既設管路を破碎・除去しながら新設管路を敷設する推進工法「改築推進工法」である。

本稿では、大中口径（呼び径800以上）では2例目となる改築推進工法（CMT改築推進工法）による老朽施設更新の施工例について報告する。

2 改築推進工法の概要

2.1 工法の概要

CMT改築推進工法は、掘進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-2）。

CMT改築推進工法では切羽の安定を保持するため、面板加圧方式を採用している。本方式は元押ジャッキの推進力を掘進機後部に装備したアダプタリングおよび推力点ジャッキを介してカッターヘッドの面板に伝達する（推力点圧力）。これにチャンバ内圧力を加えることに

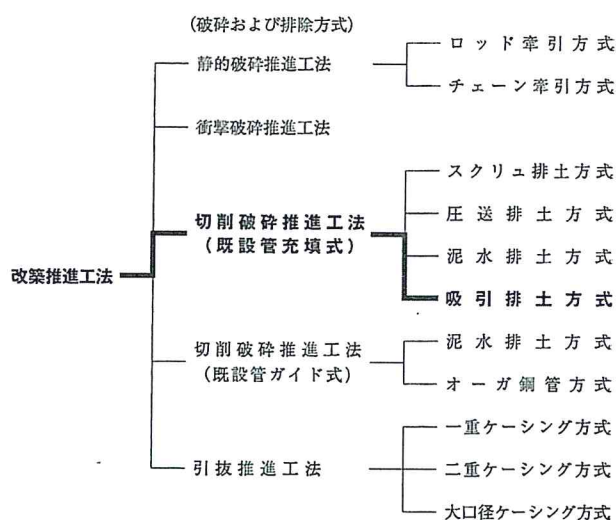


図-2 改築推進工法の分類

2017年度 推進工事用機械器具等損料参考資料第5編から引用（一部修正）

よって切羽の土圧および地下水圧に対抗し、切羽の安定を図る。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する。

カッター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、特殊ギヤ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ヤ内に充填させ、スクリュ回転数と排土口の開閉ゲートの開度調整によって、チャンバ内圧力を調整し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する（図-3）。

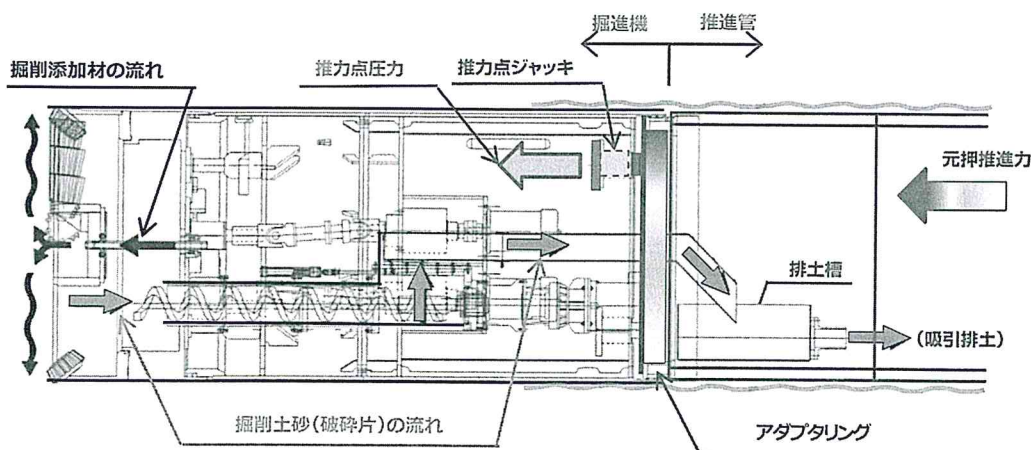


図-3 改築推進掘進機の概要図

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、既設管のコンクリートと鉄筋を破碎するための特殊ギヤ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、切羽への押付け力（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保持した状態で、特殊ギヤ型ローラビットに軸方向力を伝達し、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、ま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-4）。

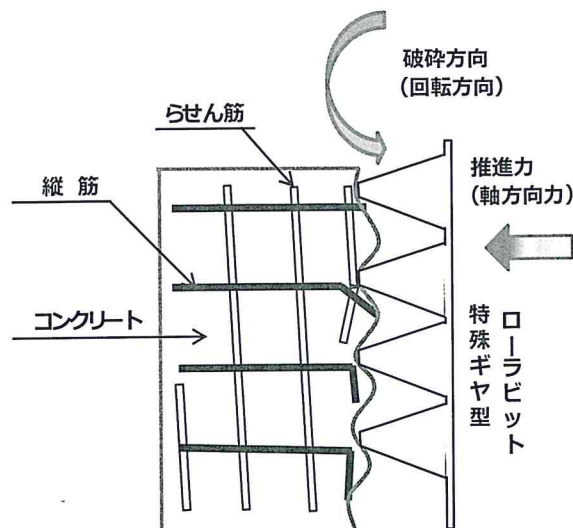


図-4 既設管破碎のメカニズム

3 工事概要

工 事 名：大井川用水（二期）農業水利事業
瀬戸川左岸幹線水路整備工事（その6）

施工場所：静岡県藤枝市

発 注 者：関東農政局

施 工 者：㈱熊谷組

工事内容：CMT改築推進工法

呼び径1350 延長47m

既設管：鉄筋コンクリート管

呼び径1200破碎・除去

基礎コンクリート180°巻き栗石基礎

掘進対象土質：砂質土（埋戻し土）

砂礫土

新設管と既設管の位置関係

新設管の天端は既設管のほぼ管芯付近

発進側で既設管芯と約700mmのズレ

到達側で既設管芯とほぼ一致（図-1）

・既設管（充填モルタルおよび基礎コンクリートを含む）
破碎によるビット摩耗進行度の確認

4.2 施工フロー

施工フローを図-5に示す。

既設管内のモルタル充填は、破碎対象物を一体・一様な状態にして安定した破碎を行うことと、既設管の重量を大きくし破碎、鉄筋切断時に確実な反力を得ることを目的に実施した。

4.3 掘進機

掘進機の全体構成を図-3に、カッタヘッドのビット配置を図-6、掘進機を写真-1に示す。

掘進対象土に砂礫土が含まれ、既設管にはモルタルが充填され、管の基礎は180°巻きのコンクリートと栗石から構成されているため、それらを圧壊することを目的にビット配置や取込み開口を計画した。

カッタヘッド中心にトリコンビットを配置し、フェイス部分と外周に既設管と基礎コンクリートおよび基礎栗石を圧壊する特殊ギヤ型ローラビットを配置した。最外周の特殊ギヤ型ローラビットは、掘進機外周のオーバカッタを行うゲージカッタの役割も果たす。また圧壊および破砕片の噛み込みによる鋼板の損耗を防ぐため、面板および前胴外周に強化肉盛り溶接を施した。

また既設管を破碎し切羽面で土砂と確実に混練りして塑性流動化させるため、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確実にチャンバに

4 施工上の課題および施工計画

4.1 施工上の課題

本工事は、大中口径の改築推進工法では2例目であり、過去の実績を参考にすることができず以下の項目が施工上の課題であった。

・既設管破碎の可否と地山掘削時の安定した切羽保持

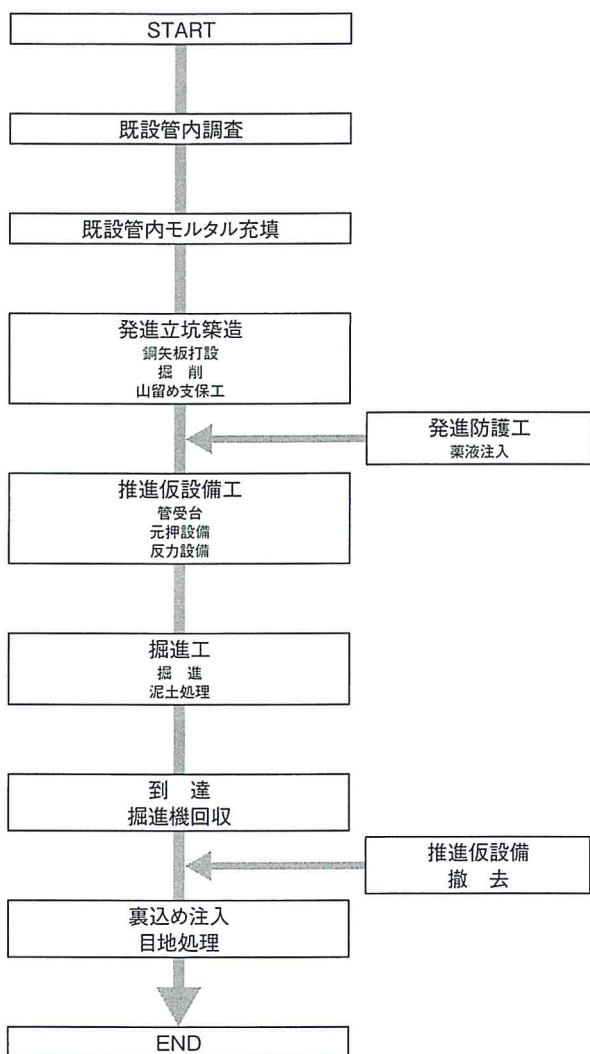


図-5 施工フロー

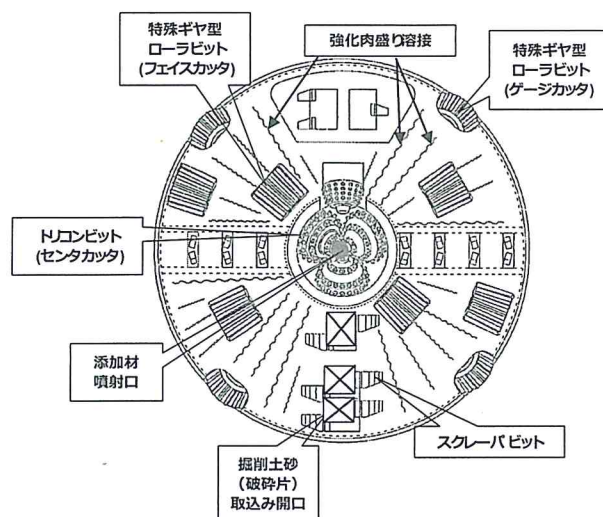


図-6 カッタヘッド ビット配置図

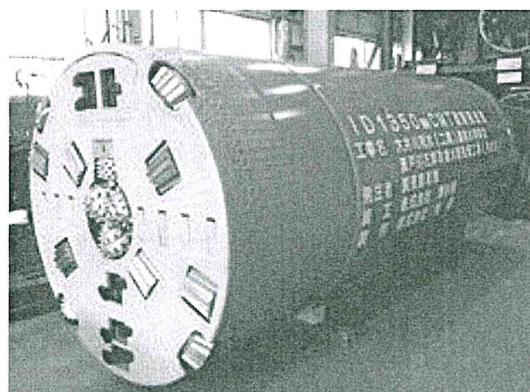


写真-1 掘進機全景

取込むため、取込み開口を小さく（開口率約5%）し、開口端部には掻き込み用スクレーパビットを配置した。取込み開口には、仕切り板を設置して取込む破砕物を150mm以下とすることで、スクリュコンベヤを通過できるよう、取込み物の大きさを制限した。

4.4 推進力の算定

必要推進力の算定は、CMT工法協会式を用いた。

必要推進力は、切羽圧力（土圧＋地下水压）と既設管破碎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、掘進距離延伸に伴い増加する外周抵抗への対抗力の総和で求められる。

先端抵抗のうち既設管破碎に必要な圧力は、管径

とカッタヘッドの形状から決まるが、本工事においては、既設管の基礎がコンクリートと栗石からなっているため、同クラスの最大値 250kN/m^2 として算定し、切羽圧力と合せて 626kN とした。

また外周抵抗は、軟弱な砂質土（埋戻し土）と砂礫土および破砕片の噛み込み等を考慮して通常より2ランク高くして 2.56kN/m^2 として算定した。

上記による算定の結果、必要総推進力は $1,220\text{kN}$ となったが、元押し装置としては $1,500\text{kN} \times 2$ 基（ $3,000\text{kN}$ ）のジャッキを装備した。

参照：【推進力算定】（CMT工法協会式による）

【推進力算定式】(CMT 工法協会式による)

$$F = F_0 + (f_0 \times L)$$

F: 総推力 kN

F₀: 先端抵抗力 kN

f₀: 単位 m 当たり外周抵抗力 kN/m

L: 掘進延長 m L=45.47m

$$F_0 = (P_e + P_w) \times \pi \cdot B_c^2 / 4$$

P_e: カッタヘッド仕様により定まる単位面積当たり抵抗力
(モノスリット・ローラタイプ: 180~250kN/m²)

既設管・基礎を考慮し最大値を採用 250kN/m²

P_w: 切羽泥土圧土被り・地下水圧のより設定 50kN/m²

B_c: 掘進機外径 1.63m

$$f_0 = C_n \times D \times \pi$$

C_n: 緩み土圧抑制材のズリ抵抗 砂礫土

2液性抑制材 粘度 mPa.s ズリ抵抗 kN/m²

(通常値) 19,000 2.22

20,000 2.38

(採用値) 21,000 2.56

22,000 2.74

23,000 2.92

軟弱砂礫地盤及び破砕片の嚙込み等を考慮し2ランク高い値を採用

D: 推進管外径 1.60m

5 施工結果と評価

5.1 掘進状況

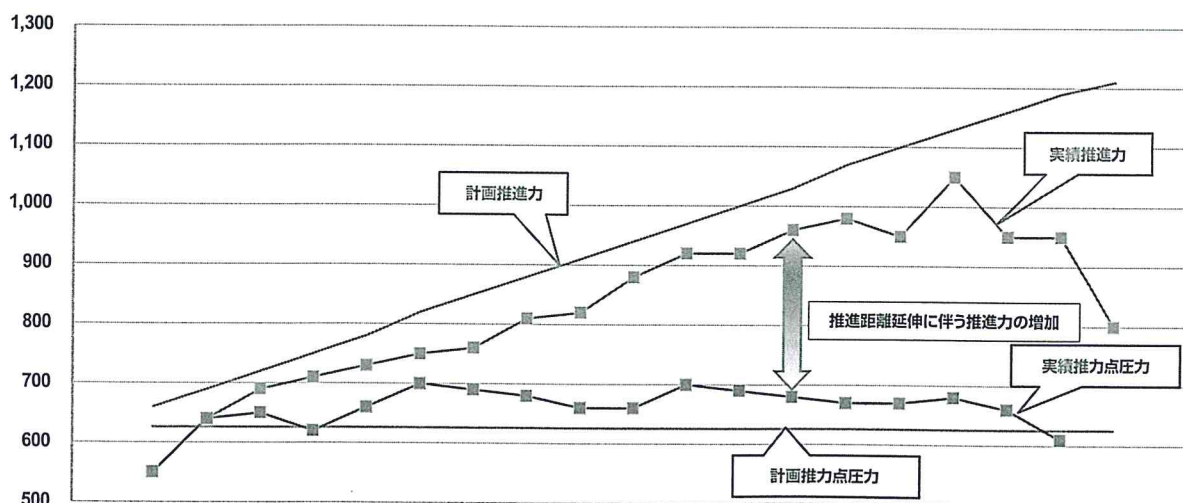
掘進時の推進力の推移を図-7に示す。推力点圧力を計画の626kNに対し620~680kNに維持しつつ、掘進距離延伸に伴う外周抵抗に対抗する推進力が加わり、元押推進力の最大値は1,050kNとなったが、計画推進力の約90~95%で推移した。

掘削土の性状は、当初スランプ10cm程度に管理し

たが流動性が悪く閉塞気味となったため、掘削添加材を調整してスランプ12cm程度とすることで良好な流動性を保持した。

また既設管の破碎については、3~5cm大の破砕片と礫(栗石)、鉄筋切断片が排出された(写真-3)。

到達に近づき、掘削断面に占める既設管の破碎面積が大きくなるにつれて切断された鉄筋の量が増え閉塞気味となったため、排土槽で鉄筋片を念入りに除去することによって良好な排土状況を維持できた。



管番号		掘進機	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
総推進力	計画推進力 (kN)	660	690	720	750	780	820	850	880	910	940	970	1,000	1,030	1,070	1,100	1,130	1,160	1,190	1,210
	実績推進力 (kN)	550	640	690	710	730	750	760	810	820	880	920	920	960	980	950	1,050	950	950	800
推力点圧力	計画圧力 (kN)	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626	626
	実績圧力 (kN)	550	640	650	620	660	700	690	680	660	660	700	690	680	670	670	680	660	610	

図-7 推進力の推移

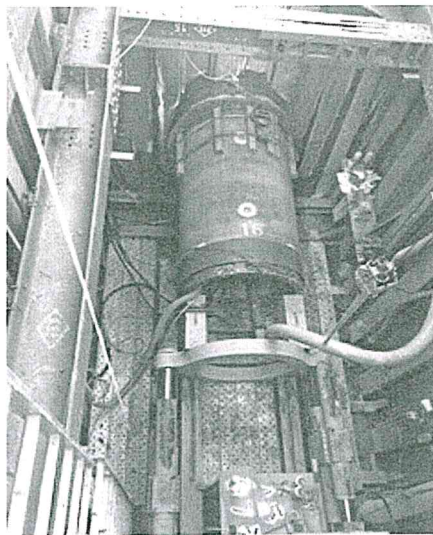
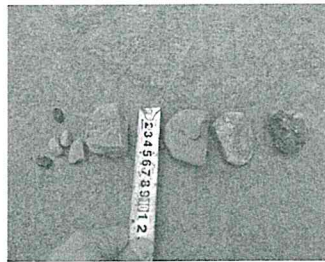


写真-2 推進状況（発進立坑）



破碎された栗石

切断された鉄筋

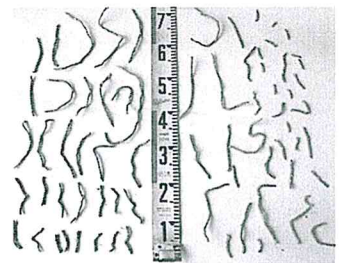


写真-3 既設管破碎状況

掘進進捗は平均掘進速度約7mm/分、1日当たり1本（ $L=2.43\text{m}$ ）の進捗であった。破碎された既設管（コンクリート）と充填されたモルタルがチャンバ内で再固化することが懸念されたが、毎分約7mmの掘進速度を保つことによって再固化することなく順調に掘進は推移した。

5.2 線形管理

線形の出来形は、水平変位で最大9mm、管底高さ（基準高）で最大12mmの誤差精度で収まり、いずれも管理範囲内であった。（発注者管理基準値：水平65mm 基準高 $\pm 30\text{mm}$ ）

水平変位については、掘進機に装備した方向制御ジャッキで調整を行ったが、発進当初から右向き傾向にあった。これは既設管の位置が発進時で掘進機の右側約700mmにズレていたため、地山強度との差異により掘進機が強度の大きな既設管方向に向いたものと思われる。

管底高さについては、既設管の管芯位置がほぼ掘進機の天端の位置であり、水平変位と同様に上向き傾向となることが危惧されたが、掘進機を多少下向きに制御することによって-10mm程度の精度に収めることができた（図-8、9）。

5.3 ビット摩耗

掘進を終了し、到達立坑から掘進機を回収した後、ビッ

トの摩耗状況を計測した。その結果、最外周のゲージカッタのカッタ径で11mm（片側5.5mm）、外周側のフェイスローラビットのカッタ径でも11mm（片側5.5mm）摩耗していた。

またフェイスローラビットの1箇所ではビット先端に大きな欠損が確認された。

特殊ギヤ型ローラビットの稼動実績が非常に少ないため、今回の摩耗量や欠損の評価は難しいが、延長47mの掘進においては到達まで安定した掘進ができたことから、ビットの摩耗・欠損が掘進に影響を与えることはなかったと判断される（写真-4）。

5.4 施工結果の評価

施工上の課題とされた既設管破碎の可否や破碎掘進中の切羽地山の自立保持、掘削土の過剰取り込みなどの問題は発生せず、地山の緩みに伴う地表面への影響も路面沈下3mm以下（自主管理値5mm）に押えることができた。

これは、特殊ギヤ型ローラビットを含めた掘進機の構造検討と推力点圧力および総推進力の設定が概ね妥当であったこと、面板加圧および取込み開口の制限により、円滑な掘削土・破砕片の排出ができ切羽の安定が保持されたことによるものと判断される。

線形精度についても管理範囲内に収まるとともに、予定工程で掘進を終了するなど満足できる成果が得られた。

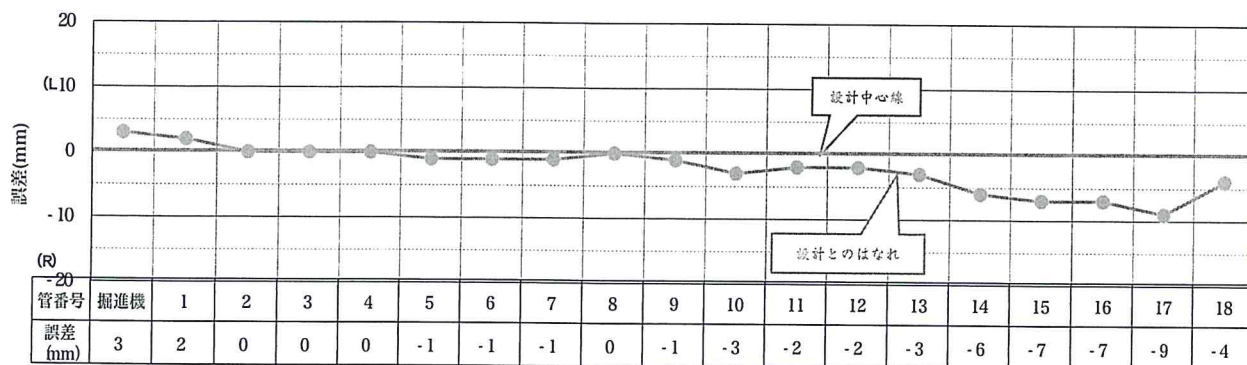


図-8 線形管理図 (水平)

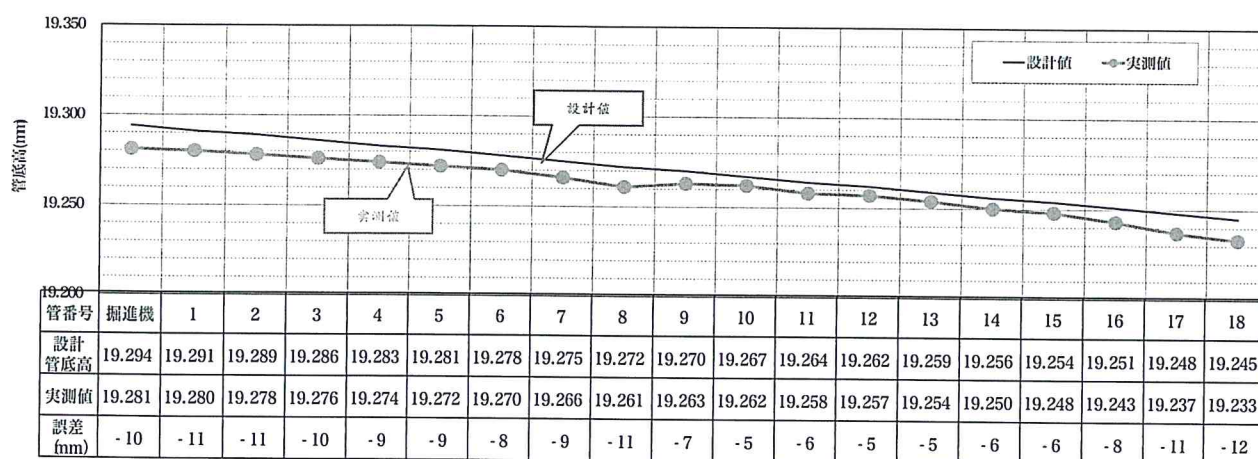


図-9 線形管理図 (管底高)

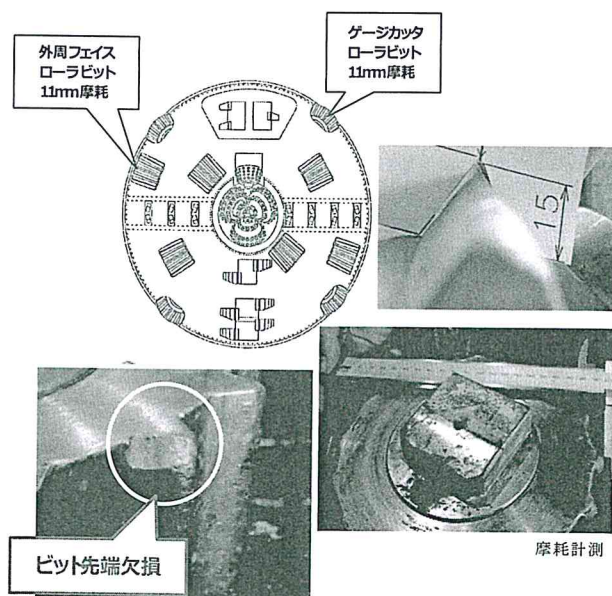


写真-4 ビット摩耗・欠損状況

6 今後の展望

推進技術は、数多くの施工実績から成り立っており、それらの経験の集積や分析、数値化によって現在の技術水準が確立されている。

改築推進工法については、未だ実績・経験が非常に少なく、特に大中口径においては本工事が2例目であり、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、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等が蓄積され、大中口径の改築推進技術も徐々に確立しつつあるが、さらなる技術の確立、発展が求められており、本工事の施工データは有効に活用されるであろう。

改築推進では、既設管が敷設時の施工方法、材質、

強度等が異なることや経年数や供用時の環境により老朽具合が異なること、また管周辺の地山の土質も多々あることなど、掘進時の施工条件は多岐にわたる。このような条件の下、切羽の安定を保持し、周辺地山に影響を与えずに既設管を破碎するため、今後多くの施工実績データを集積し分析する必要があるが、具体的には以下の項目の分析、検証が求められる。

【切羽安定技術の向上】

- ・破碎対象物の材質や強度と周辺地山の土質による必要推力点圧力の設定
- ・破碎対象物の掘進機断面に対する出現比率による必要推力点圧力の設定
- ・地下水圧が高い場合の切羽圧力の設定

【破碎技術の向上】

- ・破碎対象物の材質や強度、破碎摺動距離によるビット摩耗の進行度
- ・ビットの形状や材質、配置状況による摩耗の進行度や欠損の状況など

改築推進技術は、既設管の破碎にとどまらず、岩盤などの硬質地盤の推進や長距離推進などへの技術展開が有効であり、改築推進技術の発展・向上は他の推進工法の技術向上にも大きく寄与する。

7 まとめ

今回の施工に関して、ご指導をいただいた発注者である関東農政局各位にお礼申し上げますとともに、施工に尽力していただいた協力業者各位およびご指導をいただいた関係各位に誌面を通じてお礼申し上げます。

本報告が推進技術発展の一助となることを祈念致します。

○お問い合わせ先

CMT 工法協会事務局

<http://www.suiken-cmt.cp.jp/>

〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48

Tel : 06-4303-6026 Fax : 06-4303-6029

工法NAVI

非開削技術検索サイト 工法ナビ

<http://www.kouhounavi.com>

非開削工法の普及を目指し
設計をお手伝いする画期的サイト

本システムは、非開削工法の設計・施工において、ユーザーの条件にあった工法の選定及び機械材料などの紹介を行うものです。近年、非開削技術における工法や材料の開発は目まぐるしい進歩をとげています。しかし、情報不足や種類の多い工法や材料などを設計者や施工者がそれらを有効的に利用することが難しくなっていることから、その解決手段として、非開削技術に係る最新情報や相談窓口をインターネットによりユーザーに提供します。

主な特徴

- ▶ 工法選定の大幅な省力化
- ▶ 最新情報の入手
- ▶ 検討依頼がシステム上から可能
- ▶ あらゆる相談が可能



JAPAN SOCIETY FOR
TRENCHLESS TECHNOLOGY

一般社団法人 日本非開削技術協会

●お申し込み・お問い合わせ 〒135-0047 東京都江東区富岡2-11-18 (西村ビル3F) 電話 03(5639)9970 FAX 03(5639)9975