

新たな非開削ニーズに対応する改築推進技術 様々な管更新ニーズに応えるリバースエースシステム



日野 英則

HINO Hidenori

リバースエースシステム研究会
事務局長

1. はじめに

下水道管渠の整備延長は約40万kmに達し、敷設後50年を超えた経年管が整備延長の約2.5%、約10,000kmに達すると言われ、今後は昭和30年以降に大量建設されてきた管渠による経年管の増大とそれらの更新が重大な課題となってくる。とりわけ下水道が早期に普及した大都市では、耐用年数を超える経年管の比率が高く、管の老朽化、破損に起因する道路陥没が多発し深刻な社会問題となっている。

リバースエースシステムは、これら公共下水道管渠のみならず、農業用水管、鉄道軌道や高速道路盛土下越し管、工場・研究施設内排水管等ライフライン分野を始め様々な管更新ニーズに応えることができる技術を目指し開発・導入に取り組んでいる。リバースエースシステムの技術は、住民の生活環境に影響の少ない非開削・非破壊の技術を中核技術として、管のリニューアルに必要な4つの技術、即ち①既設管内・管周辺状況の事前調査技術②本管の改築推進技術③取付管の再生技術④これら一連の工程を通して行うバイパス水替技術によって構成されるトータルシステムを提案するものである。

本稿では、リバースエースシステムの技術の特徴とその適用範囲を解説すると共に、平成19年度に実施した研究施設内排水用ポリエチレン管の改築推進の施工事例について紹介する。

2. 管更新における改築推進技術へのニーズ

現在、下水道管渠の更新にあたっては、管更生工法

が多く採用されているが、老朽、損傷の程度が著しく管更生工法の適用が困難な場合、管の敷設替えが必要となる。

また、最近では、管の老朽化への対処のみに限らず、既設管の口径拡大、勾配変更を目的として既設管の敷設替えを行う場合がある。具体的には、

- ①合流管渠への雨水流入量の増加により既設管の処理能力が不足し口径を拡大する必要がある場合
- ②供用後長期間が経過し排水計画を見直し管の口径、勾配の変更を行う場合
- ③同一ルートの管渠の口径が小刻みに変化しており口径を統一、是正する必要がある場合

等があり、今後、こうした再構築事業が大都市を中心に拡大していくものと予想され、都市環境や生活環境を考慮すると、非開削による改築推進技術へのニーズが一層高まっていく。

3. リバースエースシステムの技術の特徴

3-1 システム概要

下水道等排水管の更新にあたっては、その供用を中断することができない場合が多く、リバースエースシステムは、下水道等排水管の継続使用を可能としながら、老朽化や損傷により構造的または機能的に低下した管を新管に敷設替えし再生する非開削システムである。

改築推進機により既設本管を、破碎・回収し既設管のたるみ、段差、損傷等を修復するとともに、管の口径を拡大して新管に敷設替えし流下能力の向上を図る。さらに下水道管渠の場合、既設取付管は管更生工法を応用した非開削技術により新管と再接続し、同時

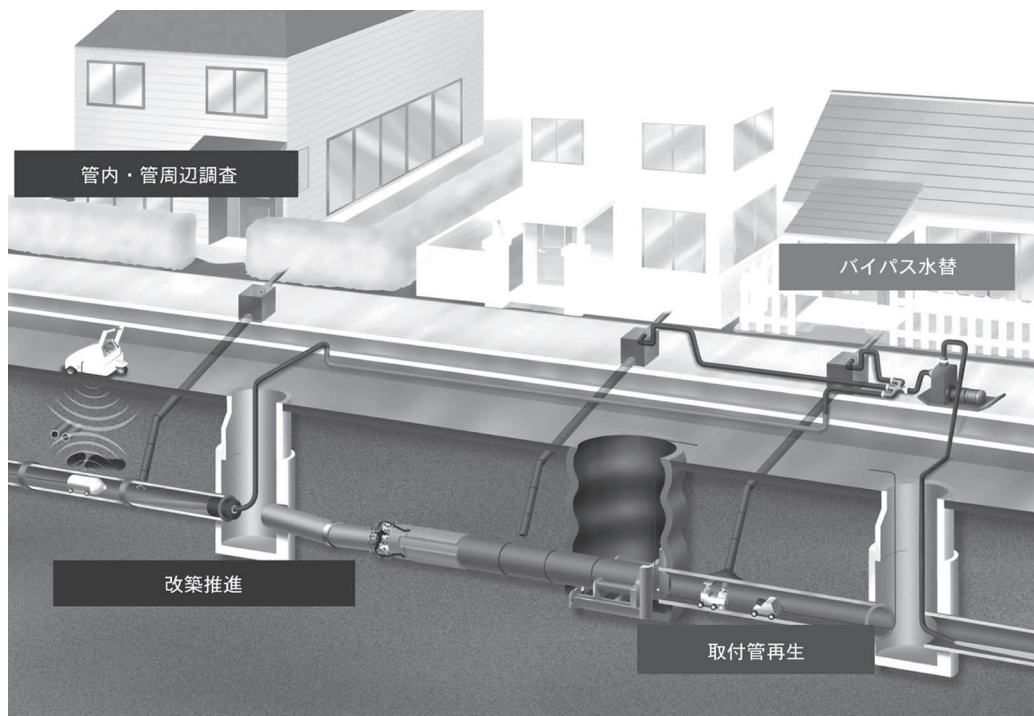


図-1 リバースエースシステムの構成技術

に再利用する既設取付管を更生することができる。

リバースエースシステムを構成する技術のイメージを図-1に示す。

3-2 リバースエースシステムの特徴

リバースエースシステムの主な特徴は以下のとおりである。

- ①既設管に対する新管の位置は任意に設置可能で、既設管の劣化状況によらず、たるみや段差を修正することができる他、勾配変更にも対応できる。
- ②管径φ200～700mmの既設管を破砕除去し最大700mmまで任意の口径に拡大した新管に敷設替えることができる。
- ③鉄筋コンクリート管、塩化ビニル管、ポリエチレン管、陶管を細かく破砕回収できる。
- ④既設人孔を通過する推進が可能で、既設管が鉄筋コンクリート管の場合、最大150m程度まで改築推進ができる。
- ⑤下水道管の既設取付管を再利用して非開削で取付管再生ができる。
- ⑥バイパス水替方式により施工区間の下水等排水の流下（仮排水のバイパスルート）を確保し、改築推進施工中でも排水供用ができる。

3-3 リバースエースシステムの構成技術

リバースエースシステムは、主要4技術で構成され、

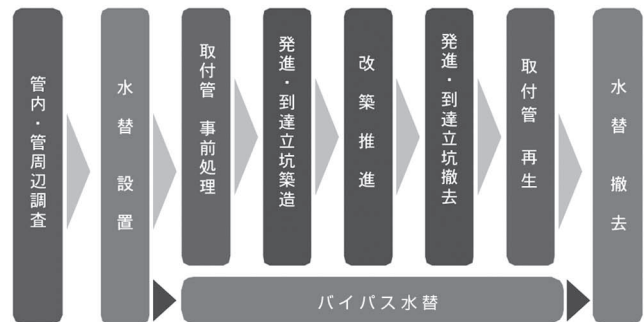


図-2 リバースエースシステム施工手順

更新計画の内容により組み合わせて適用する。以下に各構成技術について解説する。

リバースエースシステムの標準的な施工手順は、図-2に示すとおりである。

(1) 管内・管周辺調査技術

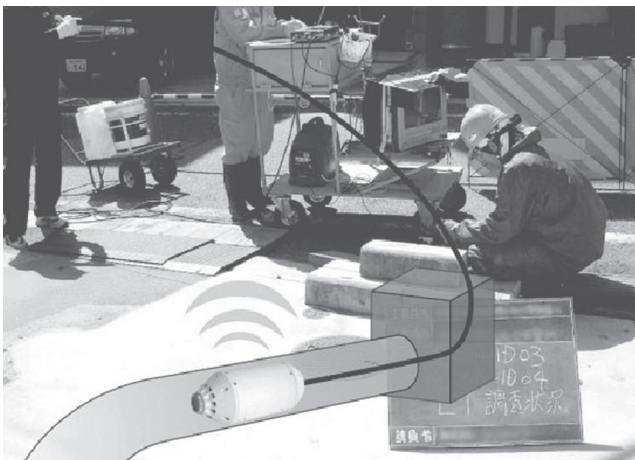
改築推進や取付管の施工に先立って既設本管内・取付管内の状況をテレビカメラシステム等で調査するとともに、本管や取付管周辺にある埋設管、空洞等の状況を、電磁波方式の探査技術により地上もしくは管内から調査を実施する。

既設管内の損傷状況や取付管の設置位置、数、管周辺の埋設物や空洞の有無等を事前に詳細に把握することにより改築推進、取付管再生を安全、確実に行うことができ、事前調査は更新工事の実施にあたって重要な事項である。

写真-1、2に事前調査の例を示す。



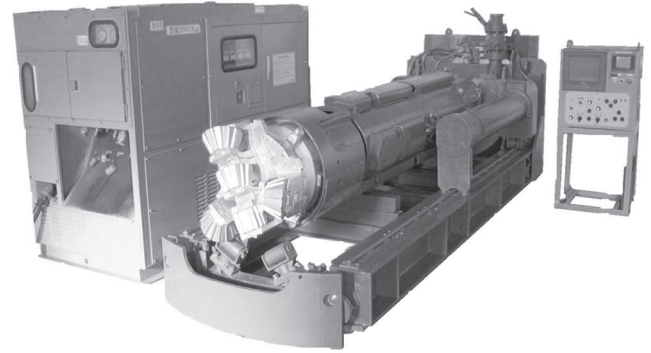
写真一 路上からの周辺埋設管等の調査



写真二 取付管内・管周辺の調査例

掘削泥土は先導体によって後方へ移送され先導体腹部の取込口から先導体内に取り込まれ、排土管内を地上まで圧送し排出される。この独自の掘削排土方式は、地下水の有無にかかわらず施工が可能であるとともに、地下水圧が高い場合にも適用できる。

改築推進システムの外観を写真一三に示す。



写真一三 改築推進システムの外観

イ. 特殊カタヘッド

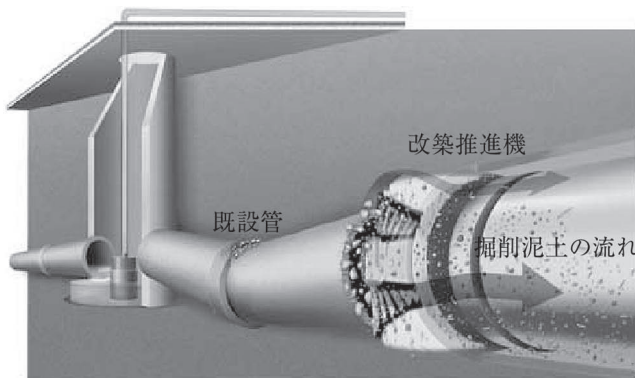
改築推進のカタヘッドは、既設管を破碎、回収するために細かく破碎する能力を必要とする。特に鉄筋コンクリート管では、コンクリートの破碎とあわせて、円周方向に配置された主鉄筋と管軸方向に配置された配力筋を切断する必要があるため、リバースエースシステムでは特殊カタヘッドA型を開発し装備している。

(2) 改築推進技術

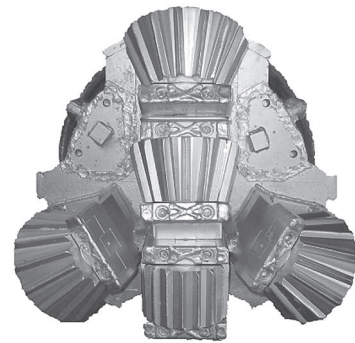
ア. 推進方式

改築推進は、泥土圧方式を採用し切羽の安定を図りつつ推進機により既設管を破碎・回収して推進機に追従して新管を敷設する方式である。

既設管を周辺地盤、基礎材とともに掘削破碎し、既設管や基礎材の破砕片と周辺地盤の掘削土を先導体前面から噴出する添加材と混合攪拌し泥土化する。改築推進イメージを図一三に示す。



図一三 リバースエース改築推進のイメージ



写真一四 特殊カタヘッドA型

この特殊カタヘッドの回転力により既設管のコンクリートは微細に破碎され、同時に特殊カタ先端のギア形状により管の断面は凸凹に破碎される。管断面から露出した配力筋は特殊カタヘッドの回転により回転方向に折り曲げられる。折り曲げられた配力筋と主鉄筋は管破碎断面の凹部で特殊カタの先端と背面のコンクリートに挟まれ、鉄筋断面が徐々に欠損し回転力との相乗効果で切断される。図一四に破碎メカニズムのイメージを示す。

また特殊カタヘッドA型は、破碎される既設管

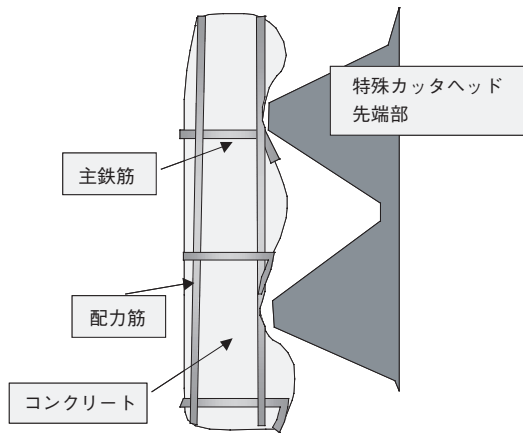


図-4 鉄筋コンクリート管破砕メカニズム

がどの位置にあっても同様な破砕性能が発揮される構造であり、既設管に対し新管の相対位置を自由に選択可能であることから、既設管と同径以上の任意の口径に拡大した新管を敷設でき、既設管に大きなたまりやズレがあったとしても修正し所要の線形に回復させることが可能である。

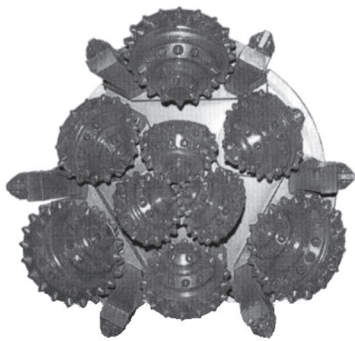


写真-5 特殊カタヘッドB型

既設管が塩化ビニル管、陶管の場合は、特殊カタヘッドB型を使用することにより効率的かつ微細な破砕が可能である。

ウ. 管・基礎の破砕性能

①管の破砕性能

特殊カタヘッドA型の破砕性能を検証した結果、コンクリートは周辺地盤との区別ができないほど粉々に破砕され、鉄筋は90%以上が約10cm以下で平均約4cmの長さに切断できることを確認した。

切断した鉄筋の状況と長さ分布を図-5に示す。

②基礎の破砕性能

既設管の基礎に対しては、枕木、碎石、無筋コンクリートのいずれの基礎材に対しても十分に破砕が可能で、周辺地盤とともに掘削し通常の推進工法と同様な施工が可能である。

(3) 取付管の再生技術

既設本管の改築推進により、既設取付管は本管との

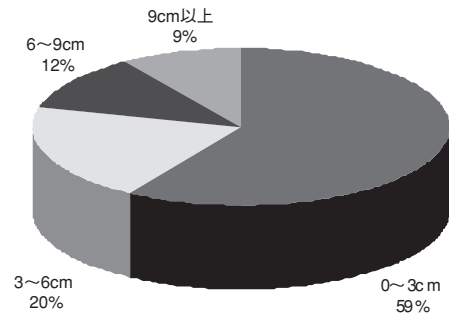
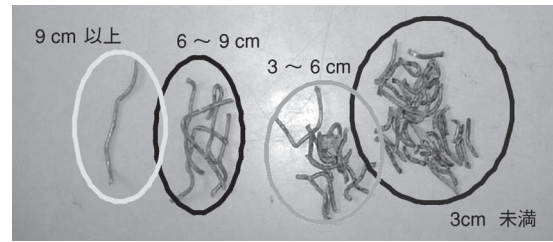


図-5 切断した鉄筋の状況と長さ分布

接合部が破砕され一旦離されるため、改築推進後に取付管を再生する場合、敷設替えされた新管に再接続する必要がある。

リバースエースシステムは、既設取付管内の空間を利用してライニング材による自立管を形成し本管と再接続するという独自の取付管再生技術を採用している。

その施工手順を図-6、本管内部からの取付管再生状況を写真-6、7に示す。

(4) バイパス水替技術 (仮排水)

バイパス水替は、改築推進や取付管再生の施工期間中、既設本管及び取付管内を流下する下水を迂回させることにより、下流や既設水路等へ流下させることを目的としている。

このバイパス水替により、施工中の断水や排水制限がなく、生活への影響をほとんど与えずに安全で経済的な施工を行うことができる。

施工中は管を密閉するため、悪臭等の影響が少なく、設置撤去や管理も容易に行うことができる。バイパス水替では、上流の下水道等排水管の管端部に対象管の口径に応じた通水器を人孔内から設置し、地上には特殊ポンプを設置する。通水器に取付けたセンサーにより、上流管内の水量を感知し一定量の水量が溜まった時に特殊ポンプが稼働し下流側へ圧送する。

図-7にバイパス水替方式の概要を示す。

(5) リバースエースシステムの適用範囲

以上の構成技術を踏まえたリバースエースシステムの適用範囲を表-1に示す。また本システムの改築推進では発進立坑と到達立坑が必要になるが、その際の標準立坑寸法を表-2に示す。

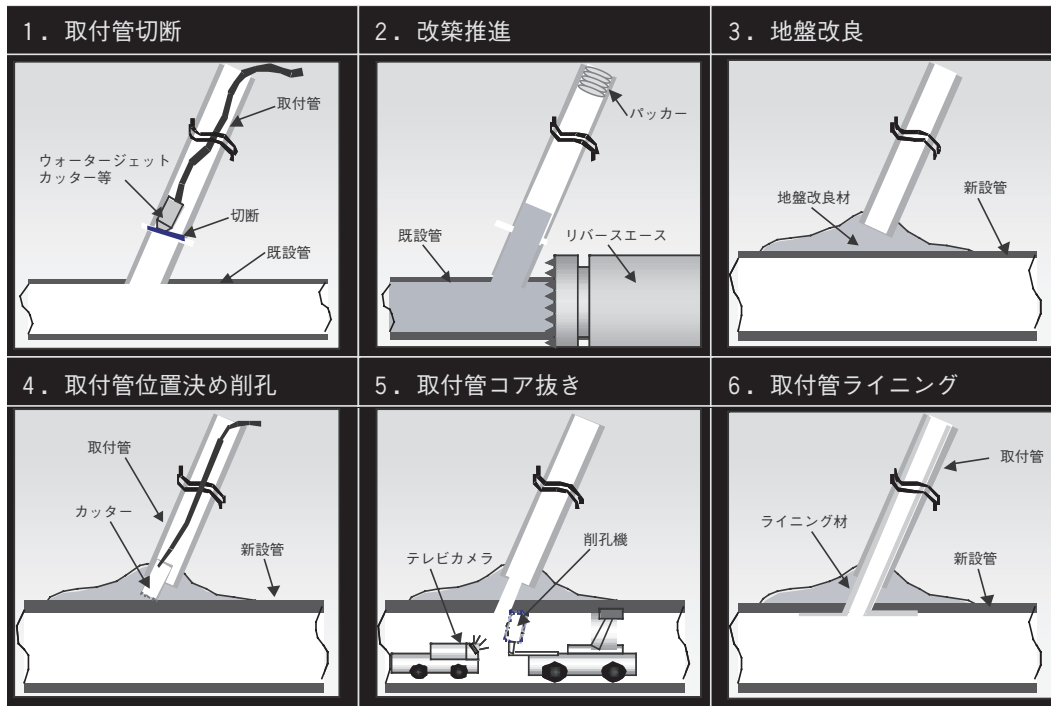


図-6 取付管の再生手順

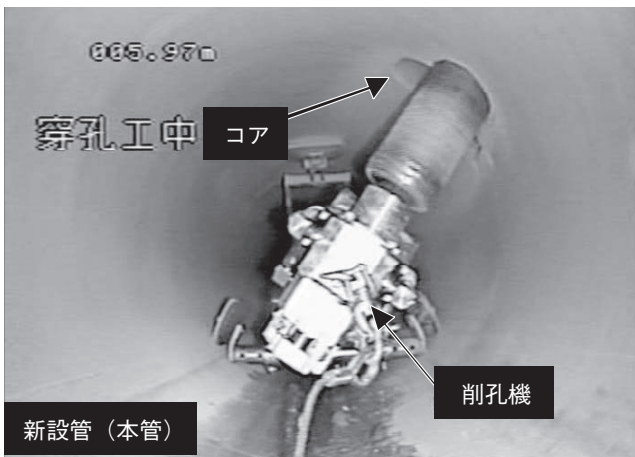


写真-6 本管内からの取付部コア抜き

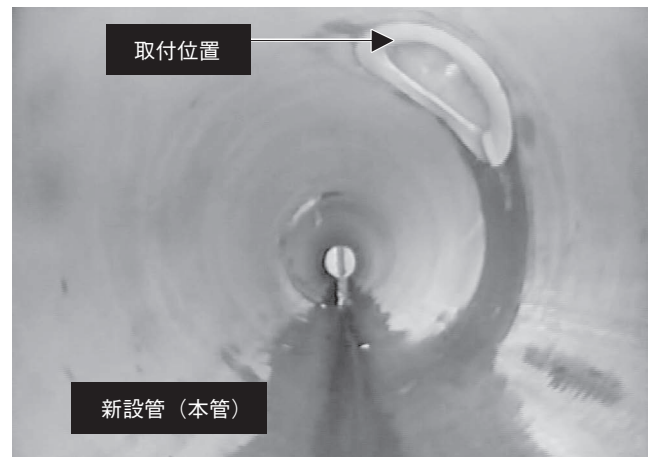


写真-7 取付管ライニング (本管内)

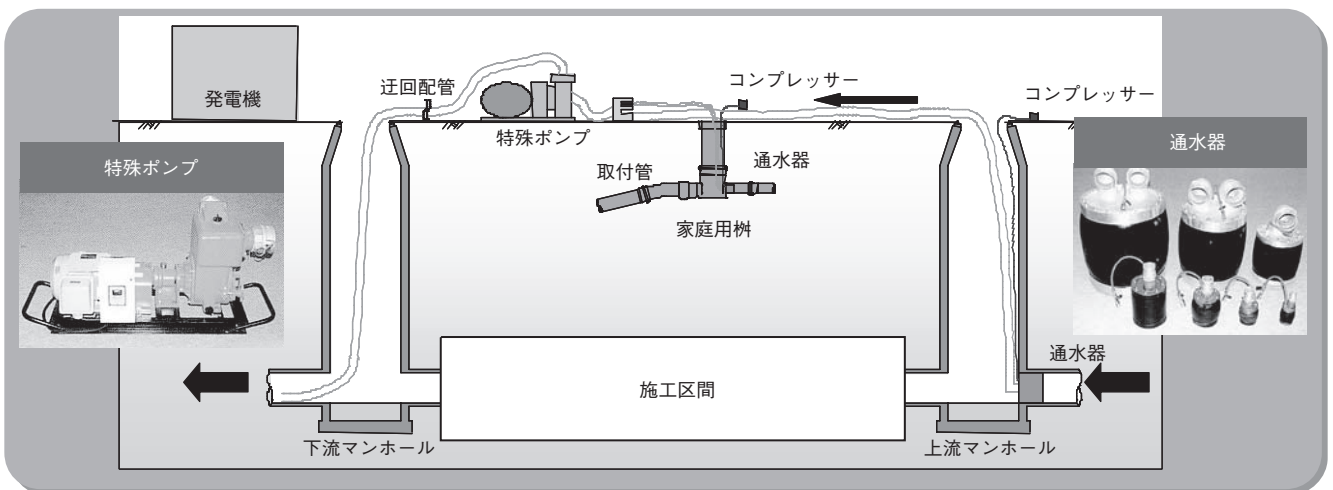


図-7 バイパス水替方式の概要

表-1 リバースエースシステムの適用範囲

項目		適用範囲	
既設管	本管	管種	開削用鉄筋コンクリート管・塩化ビニル管・ポリエチレン管・陶管
		呼び径	200～700（鉄筋コンクリート管の場合）
		基礎	砂・砕石・枕木・コンクリート（無筋）
	状態	目地・段差・ズレ等の程度に影響されず適用が可能	
取付管	管種	鉄筋コンクリート管・塩化ビニル管・陶管	
	呼び径	150～200	
新設管	管種	推進用鉄筋コンクリート管・推進用レジンコンクリート管・推進用強化プラスチック複合管・鋼管	
	呼び径	250～700 ※既設管径によらず任意の口径に増径が可能	
施工長		最大150m程度 ※既設管が鉄筋コンクリート管の場合	
土被り		2mから6m程度 ※本管のバイパス水替えが不要な場合は土被りの制限なし	
推進曲率半径		最小100m程度	
周辺地盤の条件		全ての地盤で適用可能 地下水位以下で施工可能	

表-2 標準立坑寸法

（単位：mm）

		新設鉄筋コンクリート管呼び径							
		250	300	350	400	450	500	600	700
発進立坑	標準管	4070 × 2500		4541 × 2500				5826 × 3000	
	半管	φ 2500							
到達立坑	標準管	φ 1800			φ 2000			φ 2100	
	半管	φ 1500							

4. リバースエースシステムによる改築推進の施工事例

4-1 工事概要

(1) 施工環境・条件からの工法採用理由

本工事は、研究施設内の排水管の老朽化等に伴う敷設替えであり、施工路線は、更新する排水管に並行近接して他の管が埋設され開削施工による敷設替えが効率的でないこと、地上部には樹木が連続的に植えられ開削施工の際の移設復元が困難な環境となっていること等から非開削による改築推進工法が選定された。

更に、管の更新後は、幾つかの既設人孔を廃止する計画であることから、経済性の観点から既設人孔を通過し、曲線区間を含んでできるだけ長距離の推進が必要とされたこと、排水管のルート変更に伴い既設排水管の途中から管破碎ができる改築推進工法が必要とされたこと等がリバースエースシステムの採用に繋がった理由である。

改築推進区間路線状況例を写真-8に示す。



写真-8 路線状況（地上部）

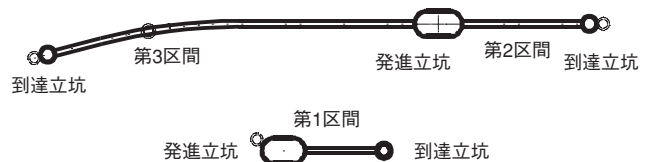


図-8 概要平面図

(2) 改築推進施工条件

工事場所：茨城県内

既設管：ポリエチレン管呼び径300・400

新管：推進用鉄筋コンクリート管呼び径450

鋼管呼び径550

※新管はともにさや管で内管を敷設

推進長：第1区間39.1m（直線）

第2区間64.3m（直線）

第3区間144.9m（曲線250R）

適用改築推進工法：回転破碎推進方式A

【リバースエースシステム】

既設管基礎：まくら土台基礎

土被り：2.9m～4.8m

取付け管：なし

水替：仮排水管を地上敷設して迂回ルート確保

概要平面図を図-8に示す。

(3) 施工上の留意点

本工事における改築推進のポイントは以下のとおりである。

- ①ポリエチレン管の破碎推進
- ②長距離改築推進（推進長L=144.9m）
- ③曲線改築推進（曲線半径R=250m）
- ④既設管破碎断面が変化する改築推進
（部分断面破碎⇔全断面破碎）

⑤既設人孔通過推進

ア. 特殊カッタヘッドの選定

特殊カッタヘッドはB型を選定したが、ポリエチレン管は塩化ビニル管よりも弾性係数が小さく延性が大いと思われたことから、事前に行ったポリエチレン管の破碎実験からビットのチップに歯型形状のものを採用し破碎効率の向上を図ることとした。

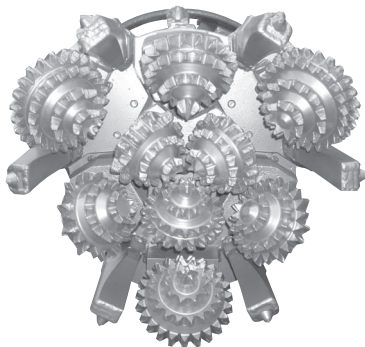


写真-9 特殊カッタヘッドB型（歯型）

イ. 長距離・曲線改築推進における留意点

管周辺地盤が比較的軟弱な地盤であったことから、曲線推進時、長距離推進時には、改築推進工法特有の推進管理が必要とされた。

特に曲線推進においては、管周辺地盤の特性データが区間全体に亘って詳細に把握できないこともあり、先導体の挙動、姿勢等の変化に細心の注意を傾け慎重な推進制御、管理を行った。

ウ. 推進区間で既設管破碎断面が変化する改築推進

第1区間の改築推進では、既設管ルートの見直しが計画されたことから、既設管を区間途中から破碎し始め、管の部分破碎から全断面破碎に順次変化する推進線形となった。

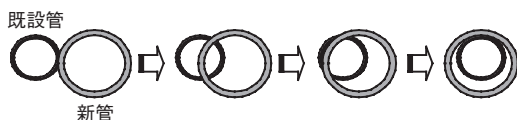


図-9 既設管の破碎断面が変化する改築推進
（既設管と新管の断面位置関係）

この計画に対しては、事前に特殊カッタヘッドB型（歯型）による破碎実験を実施して既設管の側面からの切削、破碎が可能であることを検証した後施工にあたった。

この施工事例のように、既設管の位置に対して任意の位置に新管を敷設できることがリバースエースシステムの最も大きな特長の一つであり、この機能により既設管のたるみや段差を修正して管を更新することができる。

エ. 既設人孔通過推進における留意点

既設人孔を通過する推進においては、改築推進機による人孔の破碎推進は困難なことから、改築推進機が通過する位置に対応して推進機が通過できるように事前にコンクリート、鉄筋を除去して開孔する。開孔部に対しては、現場条件によって止水等の目的で事前に補助工法が必要となる。

4-2 施工結果

リバースエースシステムによる改築推進の施工結果を以下に示す。

(1) 事前調査状況

ア. 既設管周辺状況

施工した区間の既設管周辺の埋戻し土は、N値3～5程度の砂混じり粘土であった。

また、改築する既設管に並行、近接する他の埋設管及びその人孔が存在しており、これら構造物に影響を与えない慎重な推進管理を行った。

(2) 機器設置状況

リバースエースシステムでは、発進立坑内に元押装置を据付け、地上には運転操作盤・地上ユニット・添加材注入プラント・排土タンク等を設置する。システム構成図を図-10、改築推進機先導体外観を写真-10に示す。



写真-10 改築推進機先導体

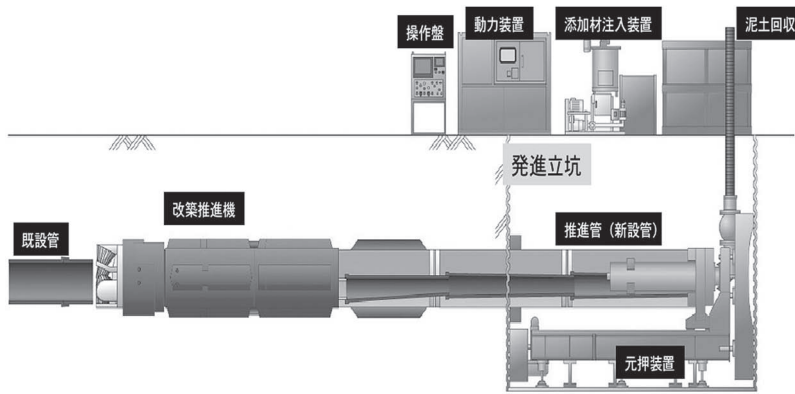


図-10 システム構成図

(3) 既設管の構造

既設管は黒色のポリエチレン製の管で、継手部は溶着用熱線巻構造となっている。

写真-11に立坑掘削時に掘り出された管を示す。

(4) 改築推進状況

破碎されたポリエチレン管は掘削した周辺地盤の掘削土と区別がつかない程度に細かく破碎され排出された。

排土を水洗いした結果、掘削土中の砂礫とともに排

出されたポリエチレン管が微細に破碎された状況を確認した。

写真-12に推進完了後の特殊カッタヘッドの状況を示す。掘削ビットには、切削時にビット間の隙間に付着したポリエチレンの残留物が存在していたが、改築推進時の切削、破碎性能には全く支障を与えるものではなかった。

写真-13には、排土中から確認された黒色のポリエチレン管破砕片を示す。

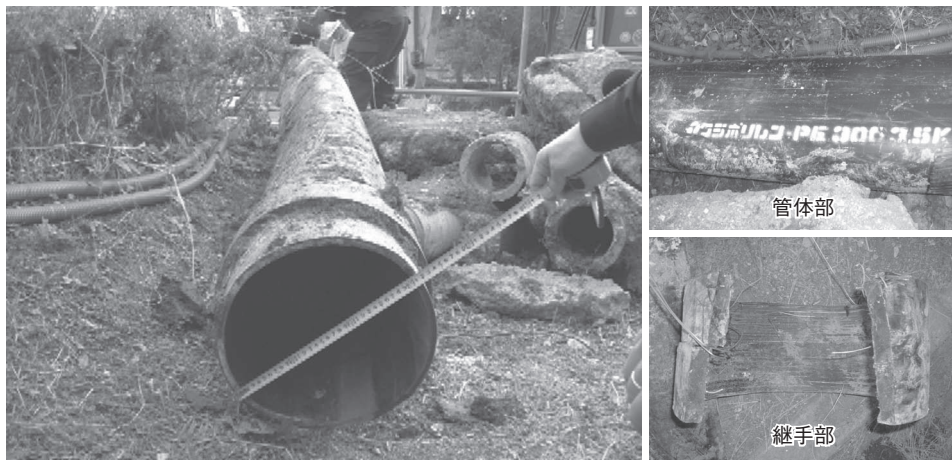


写真-11 ポリエチレン管の構造

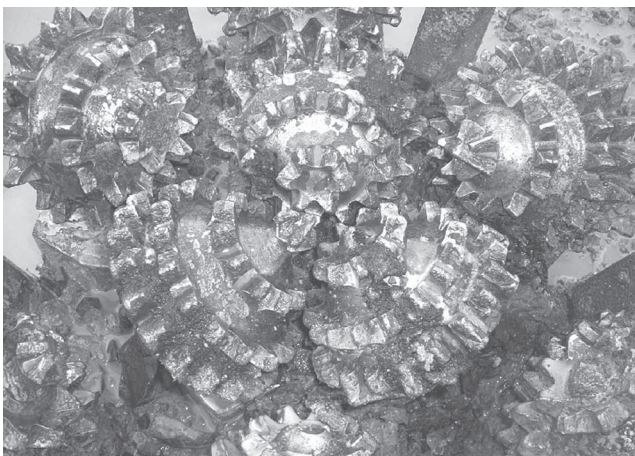


写真-12 改築推進後の特殊カッタヘッド

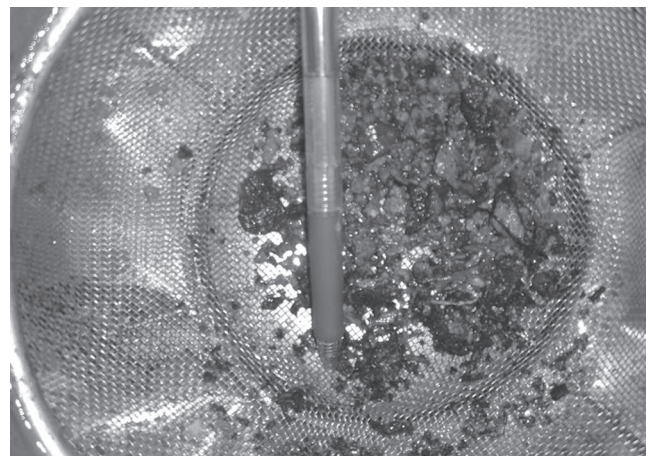


写真-13 ポリエチレン管の破砕片

5. 今後の課題と展望

改築推進工法による管更新の計画立案，設計，施工にあたっては，事前調査が重要であり，調査不十分のため，思わぬ障害に遭遇し設計変更や工期の変更を余儀なくされたり，思わぬ事故の原因ともなることから調査は十分に行われなければならない。

改築推進工法の実施にあたって特に重要な事前調査は以下のとおりである。

- ①現状の流下下水（排水）の状況とその処理に関する調査
- ②既設管及び既設人孔の状況に関する調査
- ③既設管及び既設人孔の周辺状況に関する調査
- ④新設管の条件に関する調査

これらの調査結果を基に，仮排水の方式を決定したり，既設管と新管の位置関係を明確にし，他の埋設物に支障を与えない，安全，確実に信頼性の高い改築推進工法としていくことが大きな課題である。

リバースエースシステムは，本工事において技術の有効性を確認することができた。

今後，改築推進工法へのニーズは大都市を中心に拡大していくと考えられるが，現状の技術ではニーズに

応えるには未だ未成熟なところも多く，埋設物の輻輳，交通事情の悪化，工事時間帯の制約，環境負荷低減への対応ができる管更新のソリューションを提供できる技術へと革新を図って行きたい。

今後，更に多くの実績を積み重ねるとともに，様々な管更新ニーズに応じていく技術の開発・改良に取り組み更なる高度化，経済化，効率化を進めていく。

最後に本工事を実施するにあたり，ご指導ご協力をいただいた関係各位に感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) リバースエースシステム研究会：平成20年度リバースエースシステム技術積算資料
- 2) 管渠再構築事業における改築推進工法の施工事例，月刊推進技術，Vol.30 No9 2007
- 3) 下水道管渠の改築推進工法（リバースエース），月刊推進技術，Vol.19 No12 2005
- 4) 非開削技術による管渠再生トータルソリューションシステム“リバースエースシステム”の技術概要と施工事例，季刊NO-DIG TODAY 2008Jan.No.62技術セミナー（JSTT日本非開削技術協会）

お詫びと訂正

No-Dig Today 63号の非開削技術講演会「水道事業におけるインフララインの整備状況と課題」記事（1頁及び40頁）において、団体部署名に誤りがありましたので、訂正してお詫びいたします。

正 東京都水道局建設部設計課長 今井 滋
誤 東京都下水道局建設部設計課長 今井 滋

No-Dig Today 編集室