

解説

ラムサス工法スマート^{さい}犀による 既設構造物への到達

よねもり せいじ
米森 清祥

ラムサス工法協会
事務局長
(サン・シールド社代表取締役)



1 はじめに

我が国で下水道をはじめとする地下インフラの整備に推進工法が用いられて70余年が経過しました。その間、推進工法への期待と役割は常に変化しつづけ大きく発展を遂げてきました。

ラムサス工法協会は、礫・粗石（玉石）層の掘進を得意とし、さらに長距離・曲線が可能な泥濃式の大口径管推進工法「ラムサス工法」の普及発展を目的として平成9年（1997）に発足しました。以来、これまでに多くの施工実績を積み上げてきました。

平成13年（2001）には、これまでの施工実績とノウハウを活かした礫層対応で小型立坑から発進し、長距離推進が可能な小口径管推進工法「ラムサス-S工法」（呼び径250～600）を発表しました。

2 既設構造物への到達技術の開発

2.1 開発のきっかけ

10年ほど前から推進工法に対するニーズが既設の管きょやマンホールなど既設構造物への接続や、発進立坑を小さくするなどに変化してきました。

当協会ではこれらの分野に未着手でしたので平成24年（2012）より、これらのニーズに応えるための技術開発に着手しました。

2.2 開発目標の策定

ラムサス工法の特徴である軟弱地盤から礫・粗石（巨石）層までの広範囲な土質対応と長距離・曲線推進が可能であることを既設構造物への到達技術の開発の前提条件としました。それに加え以下の項目を開発目標にしました。

- ①小型立坑から発進が可能
- ②既設構造物などに到達させ掘進機の分解回収が可能
- ③掘進機の外筒を残置し駆動部を発進立坑側に引き戻し回収が可能

2.3 開発の課題

ラムサス工法の高い破砕能力は、掘進機が外周駆動で（駆動）モータが高出力であることに由来しています。外筒を残置して内筒を引き戻すには、駆動部を外筒ではなく内筒に組み込まなければなりません。これまでのラムサス工法とは異なる外周駆動方式の設計思想が必要でした。

2.4 開発の手順の策定と手法

分割回収型駆動部の設計を先行させ、見通しが立った段階で、既設構造物到達の実施工に合わせた施工計画を進めることにしました。実施工を行いながら課題を抽出し、駆動部の設計や施工計画にフィードバックし修正と課題を解決する手法としました（図-1）。

(1) 駆動部の設計

従来機と同等のカットトルクを維持しながら、品質を確

保するため構造計算や部材の材質などを選定しました。

(2) 狭隘空間での分解作業

分解作業の作業標準を定めそれに基づき分解作業手順書を作成しました。その手順書に従い工場での分解のデモンストレーションを繰り返しました。

(3) 分解作業の安全確保と作業時間の短縮

デモンストレーションを経て、分解作業手順書のミスが発生しやすい箇所や作業手順が複雑な箇所には、数字や記号などを刻印して作業における安全性の確保と効率化を図り、分解作業時間を短縮しました。

3 既設構造物への到達技術の確立

これらの取り組みにより開発スタートから2年後の平成26年（2014）に開発の目途がつき、下水道展'14大阪（2014年7月22日～25日、インテックス大阪）にラムサス工法の既設構造物への到達技術「スマート厚工法」の実機を展示しました。

スマート厚工法は呼び径1000以下で開発目標に掲げていた①小型立坑からの発進と②掘進機の分解回収を実現した「小型立坑発進および分解回収型」、呼び径1100以上では③の外筒残置を実現した「クイックターン方式」としました。

3.1 小型立坑発進および分解回収型

(1) 小型立坑発進型の立坑寸法

小型立坑発進型の発進立坑の最小寸法を表-1に、分割した掘進機を写真-1に示します。いずれも推進管は半管を用いての施工となります。

表-1 小型立坑発進型の最小発進立坑寸法

掘進機（呼び径）	800	900	1000
立坑寸法（φ・mm）	2,500	2,500	2,500

※片発進の場合 半管施工



写真-1 小型立坑発進型掘進機

表-2 分解および回収作業に必要な立坑寸法

掘進機（呼び径）	800	900	1000
必要有効寸法（φ・mm）	1,500	1,500	1,500



写真-2 分解回収型掘進機

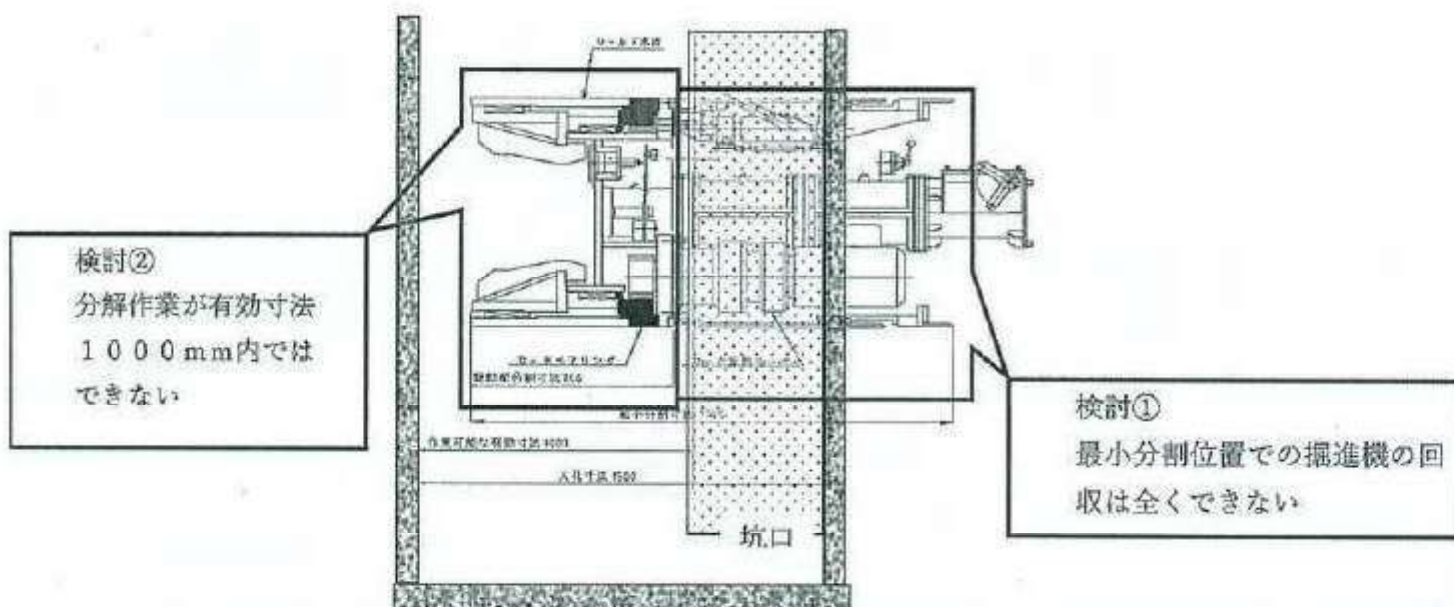


図-1 呼び径800分解回収型掘進機の既設構造物内での回収検討

(2) 分解回収型の作業スペース

分解回収型掘進機が既設立坑（既設構造物）に到達した場合に分解および回収作業に必要な最小寸法を表-2に、分解回収型掘進機を写真-2に示します。

3.2 クイックターン方式

(1) クイックターン方式の掘進機と駆動部の寸法

呼び径1100以上で採用しているクイックターン方式の掘進機の構造は、到達時に残置する外筒より2~3サイズ小さい駆動部の内筒を外筒が包み込むように組み込み、外筒部と駆動部はボルト継手構造としています(図-2)。既設構造物到達時に外筒と駆動部のボルトを外して外筒のみを残置し、駆動部は発進立坑側に引き戻

し回収し、再利用を可能としました。ボルト継手構造にすることで解体および回収作業時間の短縮と作業の安全性を確保することができました(図-2、3)。

本方式は、掘進機の外筒残置回収技術で先行しているやどかり君工法の開発に携わった(株)奥村組ならびに奥村機械製作(株)の技術協力によるものです。表-3に外筒となる掘進機と駆動部の寸法を示します。

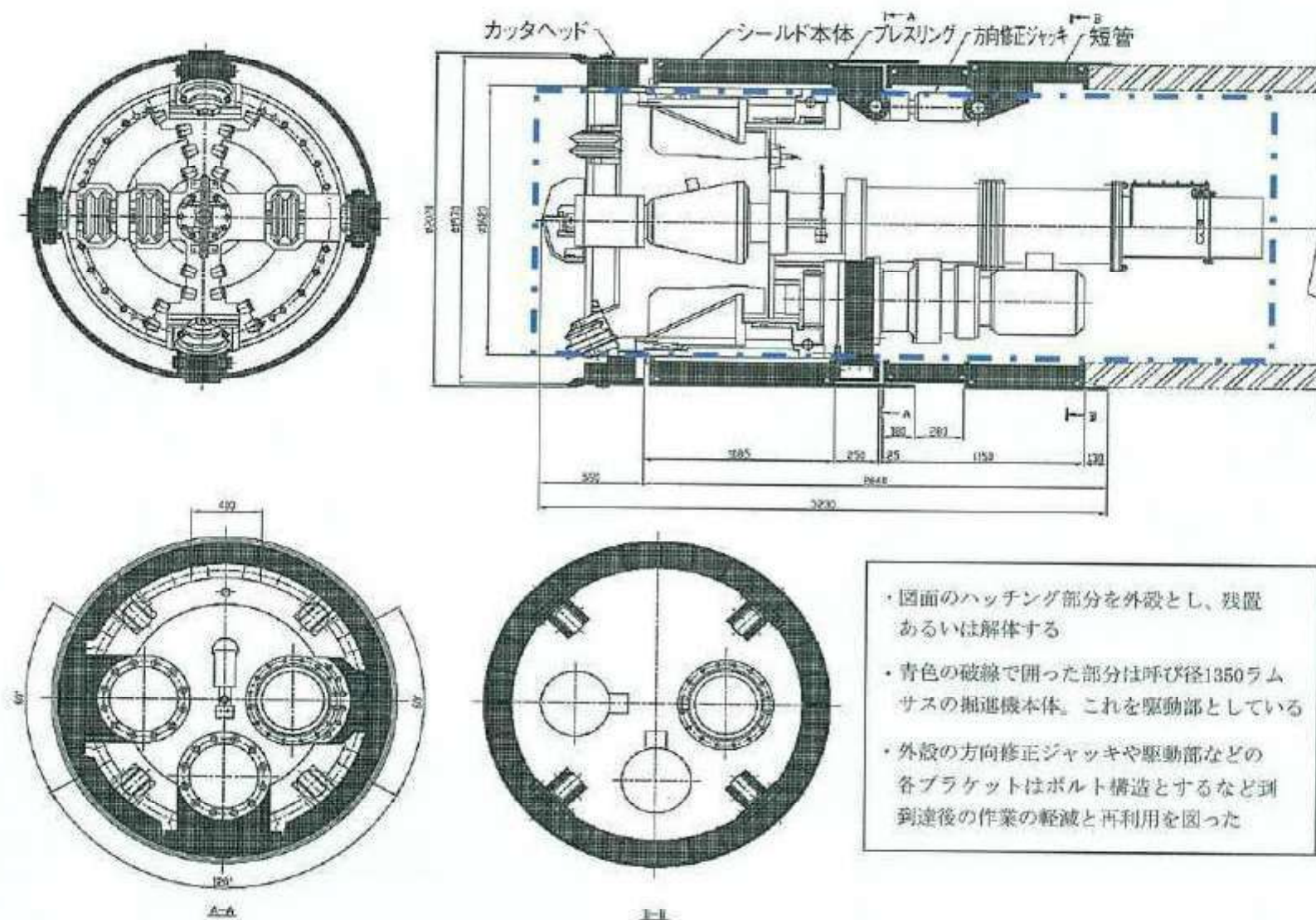


図-2 呼び径1650クイックターン方式の掘進機全体図

本体を後退させる前に元押しを押しプレスリングを解体してできた空間分だけ押し縮める。その後本体を発進立坑まで引き込む。

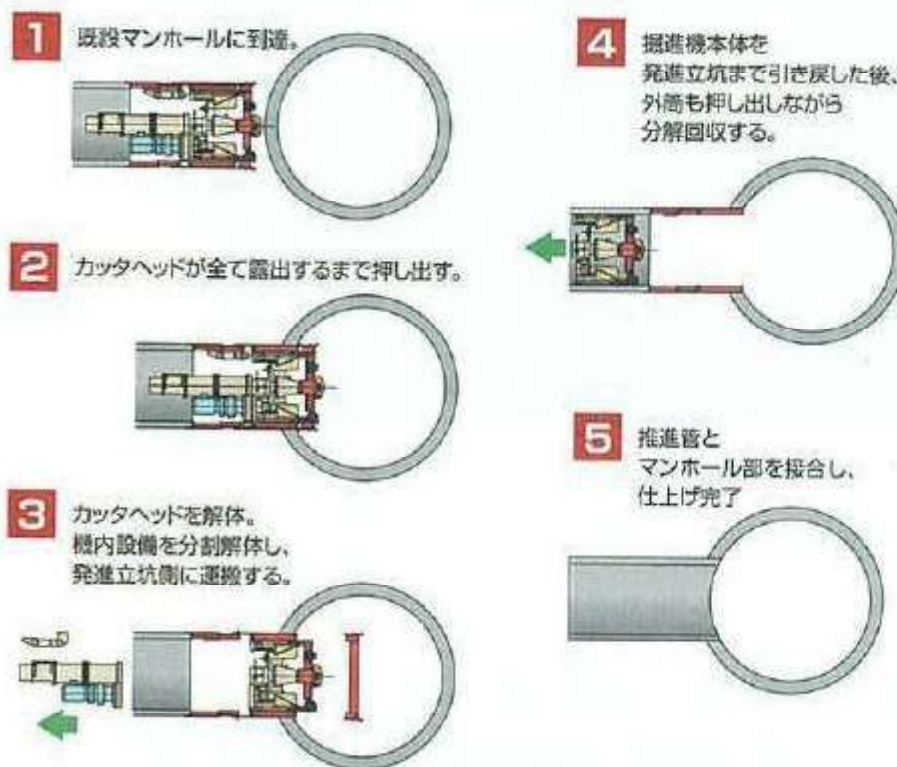
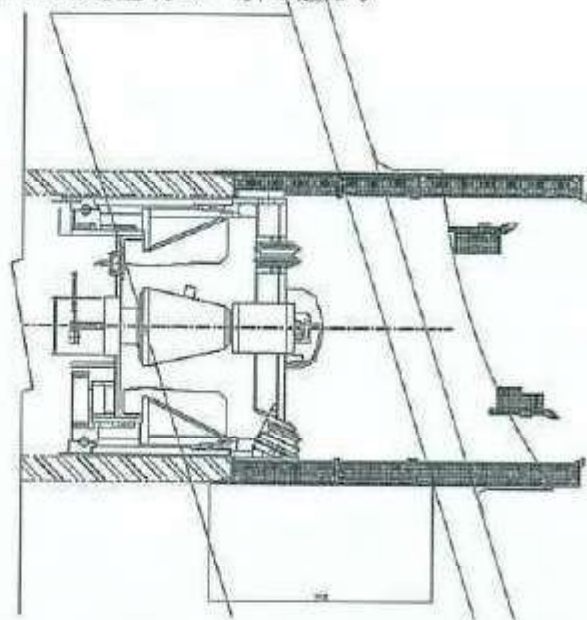


図-3 呼び径1650クイックターン方式の掘進機引き戻し施工計画抜粋

表-3 クイックターン方式の外筒と駆動部の寸法

外殻の掘進機（呼び径）	1100	1200	1350	1500	1650	2000
駆動部の掘進機（呼び径）	800	900	1000	1100	1350	1500
α 値	18.0	17.4	20.0	17.1	14.5	18.7

4 実施工への適用

スマート盾工法「分解回収型」のはじめての実施工について報告します。

【工事概要】

- 工 法：泥濃式推進工法
(ラムサス工法スマート盾)
- 呼 び 径：800
- 推進延長：84.173m
- 線 形：R=70mの曲線1箇所
- 立 坑：発進立坑 8,400×3,200mm（鋼矢板）
到達 3号組立マンホール ϕ 1,500mm
- 土 質：玉石混り砂礫土層
土質区分C-4、N値35以上 礫率60%
最大礫径 ϕ 500mm
- 場 所：三重県

4.1 施工状況

本工事は軌道横断と曲線施工を経て既設3号マンホール（ ϕ 1,500mm）内へ到達させる工事です。土質は巨石混り砂礫層で最大礫径 ϕ 500mm、礫率60%とラムサス工法の従来機であれば十分対応可能な土質でした。施工延長も84.173mと比較的短く、曲線もR=70mが1箇所という条件でした。 ϕ 1,500mmの既設の組立マンホール到達で、到達後に掘進機をマンホール内で分解しマンホール蓋から回収させるというものです（図-4）。

カッタヘッドは玉石破碎能力が200MN/m²程度まで対応可能なMXヘッド（最大礫径：呼び径40～60%未満、岩盤破碎能力：20MN/m²程度）としました（写真-3）。さらにディスクカッタにチップを埋め込むことでディスクカッタの摩耗を遅らせることと、チップが巨石に食い込み破碎を促進させる効果を期待しました。

巨石をディスクカッタで大割にした後、チャンバ内に取り込み、コーンクラッシャで二次破碎させる構造で、コーンクラッシャにも通常より突起を多く配置し二次破碎効率

も向上させる工夫をしました。

このように、掘進機の巨石破碎能力を十分発揮できるように土質への対応をしていたため、日進量は計画の3.5本/日を上回る平均4.0本/日を達成することができました。

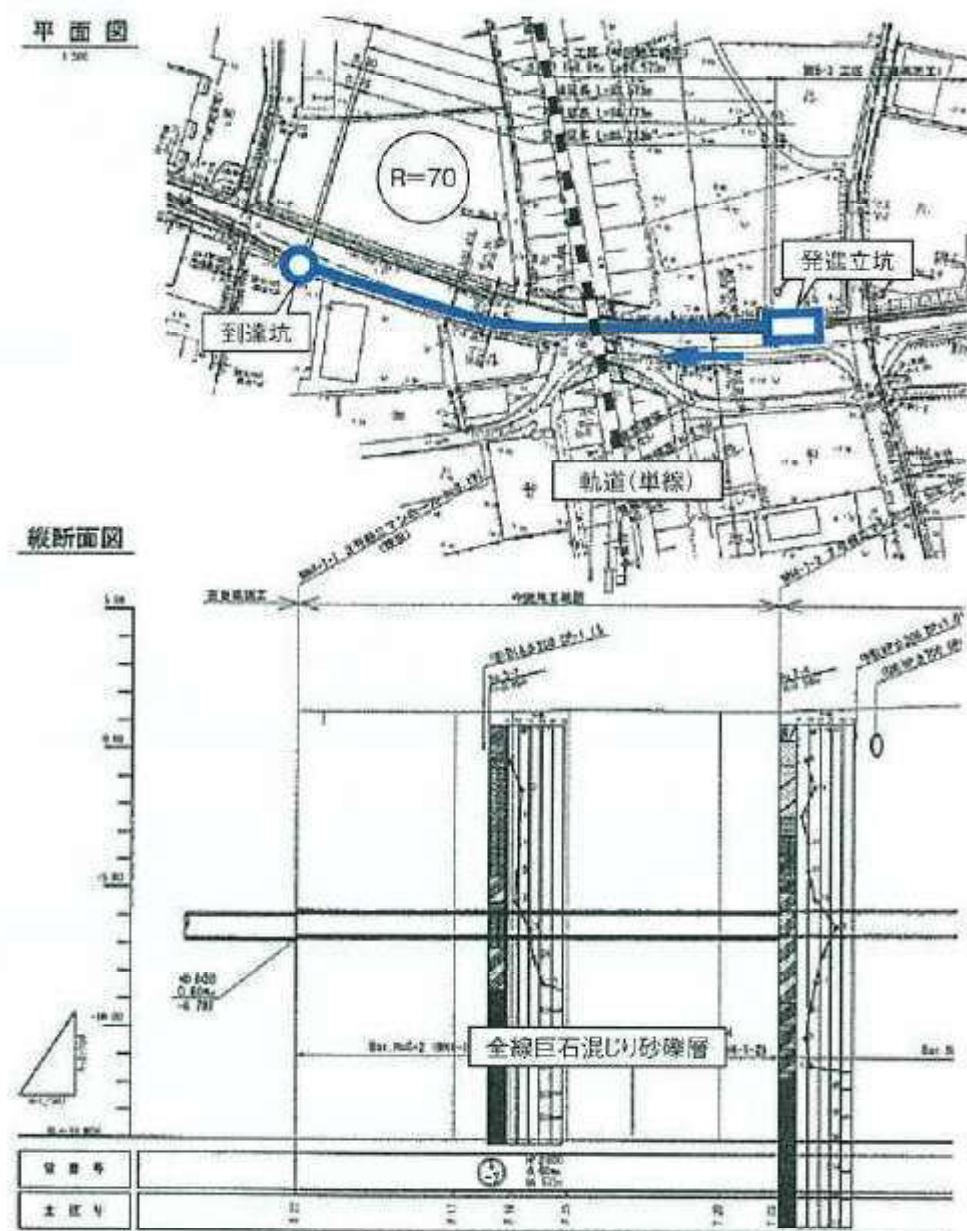


図-4 工事概要



写真-3 チップインタイプのディスクカッタ（最外周はチップを埋め込んだ）



写真-4 到達時のカッタヘッド（最外周のチップが捻転している）

到達回収後、ディスクカッタの状態を確認すると、チップのいくつかは捻転していましたが脱落することなく十分に機能を果たせたことが確認できました（写真-4）。

4.2 掘進機の到達回収状況

事前調査により、到達の既設組立マンホールの背面に土留め壁などないことがわかったため、到達坑口をアンカー止めタイプにしました。そのため坑口の取付けに若干の時間を要しましたが概ね計画通りに実施できました（写真-5、6）。



写真-5 マンホールに坑口をアンカーにて固定



写真-6 コア抜き後坑口ゴム取付け状況

既設マンホール内に到達後、掘進機を迎え入れMXヘッドを分解し、内筒の駆動部を分解作業手順書通りに実施しφ900mmのマンホール蓋から無事回収できました（写真-7～9）。



写真-7 MXヘッド回収状況



写真-8 二次破碎装置の分解作業状況



写真-9 分割構造としたバルクヘッド

4.3 分解回収作業の反省

今回はφ900mmのマンホール蓋からの回収だったので部材が引っかかるなど吊り上げ回収のトラブルはありませんでしたが、専用の吊り具などの検討が必要と感じま

した。また、一般的なマンホール蓋φ600mmを想定して分解作業手順書の見直しが必要でした。

分解回収作業は分解作業手順書と分解箇所への刻印により作業手順に手戻りが少なくスムーズに分解作業ができたと評価しています。

今後の課題としては①標準化した分解作業手順のマニュアル化②分解吊り上げ部材の軽量化③油脂類飛散防止策④火気使用の最小限化などがあげられます。

これらの施工事例を基に分解回収型のシステムは、国土交通省新技術情報システム（NETIS）でラムサス工法（分解回収型推進工法、登録番号KT-180053-A）で登録されています。

5 おわりに

既設構造物への到達の「克服」という大きな挑戦は、ラムサス工法の将来への可能性を広げただけではなく、開発者にとっての「もの作り」「人の役に立つ」等やりがいや自信の芽生えに繋がりました。

現在、多くの建設業者が抱える「技術の伝承」という課題解決の糸口にデータとデジタル技術を業務に活用したDX（デジタルトランスフォーメーション）技術が用いられることが期待されています。作業手順や安全教育、シミュレーションなどで技術を習得するまでの期間を「早く濃いもの」にすることの実現を目指しています（図-5）。

本稿で紹介した現場の担当者に掘進機の分割回収作業の感想を聞くと「狭くて暗いし何よりキツイ、できることなら二度と（施工は）したくない」という残念な回答でした。

この言葉を聞き流すのではなく、新たな開発のヒントにしなければならないと思います。駆動部を分解するから構造が複雑になる。複雑だから作業日数も掛かり、安全性の低下や周辺の汚濁などのリスクが高まると思うのです。

以前、ある掘進機メーカーの設計の方から「子機では



図-5 ラムサス工法開発会社（サン・シールド㈱）のMR（複合現実）技術導入事例を紹介するパンフレット

α値が低くなりませんか」「初めから高いα値の子機を作るんですよ」と言われたことを思い出しました。

前述のDX技術を用いれば、早くそれが具現化できるかもしれないと思っています。ラムサス工法のすべてを「クイックターン方式」にするという挑戦を続けていきたいと思っています。

○お問い合わせ先

ラムサス工法協会

〒462-0825

愛知県名古屋市北区大曾根2-8-26

サン・シールド㈱名古屋支店内

Tel：052-938-4711 Fax：052-934-7195

E-mail：info@ramsus.com

http://www.ramsus.com