

第2クールへの助走として



塩見 昌紀

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
日本ゼネシパイブ(株)

一昨年10月発刊の45号から本誌52号までの8号の間、従来とは異なる編集方針で特集を組んできました。特集記事を編集していくうえで、ガス、電気、通信、上下水道、施工、機械、材料などの各ジャンルから選抜された小委員と事務局長、ご意見番としての石川編集委員長が中心となりイキの良い技術を紹介してきたつもりです。前号（7月1日発行）で一応2年間1クールの特集が終わりましたので、全体を俯瞰して総集編的に各号を振り返ってみたいと思います。

○はじめにマトリックスありき

最も頭を悩ましたのは、全8号の特集記事をどのようにまとめていくかについてでした。小誌の存在意義とは・・・。

「非開削技術をわかりやすく紹介し、環境にやさしい技術の普及に努める」ことです。

この目的に、よりふさわしいまとめ方を次のように考えました。

管路のライフステージには①建設 ②調査・探査・診断 ③維持・管理・更生・更新 ④改築・再構築があります。これらのすべてのステージにおいて非開削での対応が可能です。また、管路建設にかかわる事業区分としてa) 下水道 b) 上水道 c) ガス d) 電力 e) 通信 があります。これらを縦軸、横軸にマトリックスを作成すると下図のようになります。

このマトリックスに沿って各技術を紹介し、読者には特徴・差異を認識していただき、ある技術の他分野への応用・転用、異分野技術間での技術の組み合わせのヒントとして活用していただきたいと考えました。本稿を執筆するに当たって各号を読み返しましたが、読者諸氏もこのマトリックスを片隅に意識しながら再読すると、初読とはちがったヒラメキがあるかもしれませんよ！

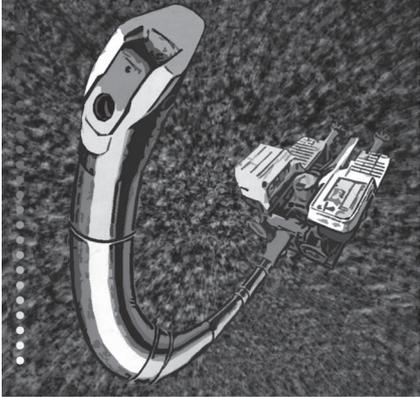
○道路管理者へのアピール

もう一点、編集小委員たちが考えたことがあります。非開削の優れた技術を道路管理者や発注者へアノウンスすることです。“もし”このような技術があることを知っていたら、道路を掘り返さなくても良かったのに”という体験がきっとあるはずだ。であれば情報発信は我々の使命だということです。そこで道路管理者等への献本枠を拡大するとともに、一般市民が読んでもある程度理解できるような平易な内容を心がけました。

本稿は記事を提供してくださった全ての技術に対して、目指すものは・・・、原理応用は・・・といった切り口で整理してみました。誌面の都合で伝えられるものがごくわずかであることをご理解いただいた上で、興味を持っていただいた技術があれば、もう一度書棚から取り出して詳しく再読してください。インデックス代わりに使っていただければ幸いです。

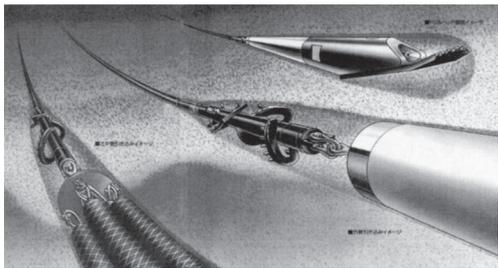
	下水道	上水道	ガス	電力	通信
建設 (construction)	Cs	Cw	Cg	Cp	Ct
調査・探査・診断 (investigation)	Is	Iw	Ig	Ip	It
維持・管理・更生・更新 (maintenance)	Ms	Mw	Mg	Mp	Mt
改築・再構築 (reconstruction)	Rs	Rw	Rg	Rp	Rt

No.45 超小口径管建設特集号



ここでは内径φ200mm未満の非開削技術について集めてみました。このサイズは下水道では取付管ですが、ガスや電力、通信では本管敷設の中心技術です。現在、このジャンルを学術的に取り扱っている窓口はなく、今後、実績の拡大とともに技術的な発展を大いに期待するものです。

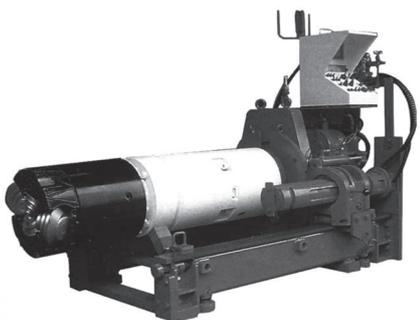
■アーバンノーディック工法 (Cs, pp.6-9)



欧米ではメジャーなHDD（誘導式水平ドリル）工法の一つである。ここでは下水での事例を取り上げているが、わが国ではガス業界がいち早く導入し普及に貢献した。第一工程でドリリングによりリード管を到達させて、第二工程で到達側から拡径しながら敷設管の引き込みを行う工法である。第一工程で地中位置はビーコンで検知しながら推進する。粘性土や砂質地盤を得意とし、玉石地盤は苦手である。φ150mmでは200mの推進が可能。低コスト、短工期、低環境負荷を可能にした工法であり、わが国ではまだまだ認識不足の感あるも、今後の普及が期待される。

■エンブライナー工法 (Cs, pp.10-14)

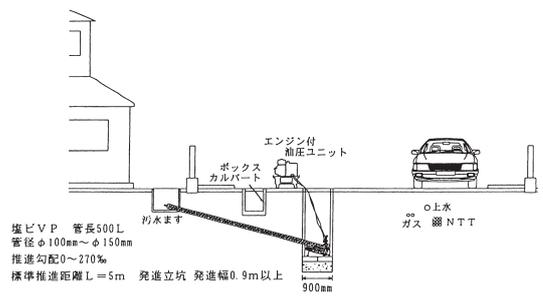
エンブライナー工法は世界初の塩ビ管一工程推進工法であり、塩ビ管を含む低耐荷力管の推進工法では代表的な工法である。今回、新たにVP150用を開発した。推進機本体は標準品を使用し、アタッチメントのみを開発してコストアップを防いだ。適応土質はN値50以下の普通土で標準推進距離は50mまで。また、

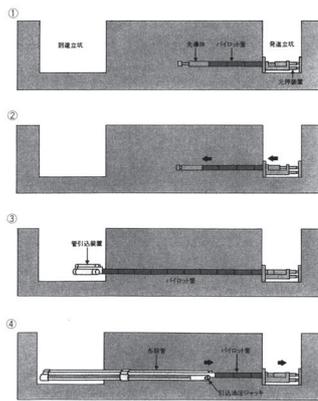


発進到達立坑ともφ2mあれば施工可能であり、掘進機を分割回収するなら1号人孔に到達も可能。

■スピーダー工法 “とりつけくん” (Cs, pp.15-18)

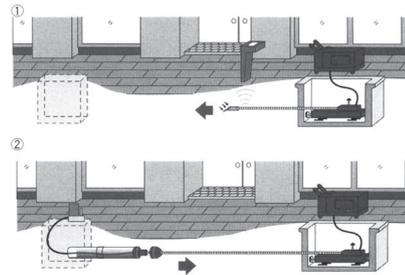
取付管用のスピーダー工法“とりつけくん”は、低耐荷力一工程オーガー掘削推進工法であり、本管布設用の開削溝から発進することができ立坑コストがかからない。急勾配の推進が可能であり、幅広い土質への対応ができる。礫混入率は30%以下で粒径45mmまでOK。方向制御システムがないので仕上がり精度に余裕があるとベター。蛇足ながら原形のスピーダー工法は高精度低耐荷力二工程方式である。





する工法。超小型推進機の使用によりコンパクトな立坑やマンホールからの発進が可能。電磁法による位置計測を行うことにより曲線推進が可能。また、長距離推進（100m）もできることが特長。N値15程度の砂質土、粘性土に適応。多条布設φ50～150の鋼管、短管布設φ150～400の鋼管が対象。

■アクセスモール（Ct, pp.41-42）



ブロードバンドの普及に伴い、客先ビルに光ケーブルを引き込む需要が増加した。ビルからハンドホールに向かってPC鋼線を到達させてから、到達に反力を取ってビル側から管を引き込むアクセスモールCBとハンドホール側から施工するアクセスモールIBがある。5mから15mと短距離用であるが、極めてコンパクトな仕様となっており、他分野での応用も期待できる。

課題と展望

和田 洋

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
（株）奥村組

非開削技術のうち、この超小口径管の建設技術については学術的に取り上げている窓口はなく、ここは当協会に課せられた大きな使命と考えます。

超小口径管建設に当たっては線的に小口径管を埋設する技術と取り付け管技術に大別される。そのうちHDD（誘導式水平ドリル）工法についてはご存知の通り、当協会では平成17年度に正式に委員会を立ち上げ、昨年度に引き続き、各工法を統一した技術・積算資料の作成作業を進めており、この基準が多くの企業者に採用されていくことが期待されています。

特にこのHDD工法を日本にいち早く導入したのは、ガス業界であり、企業者自ら機械を購入し、トライアルを繰り返しながら改善し、ガス業界では「非開削工法」イコール「HDD工法」といわれるまで普及が進んでいる。

今後は、このような環境にやさしい非開削工法（HDD）が下水道や上水道等にも普及していくものと思われま

す。下水の分野では、真空排水に代表される圧力管路においては、農村集落排水事業に採用機会が増えており、宮城沖地震時にも即日に復旧したとの報告もあり、耐震性にも優れたポリエチレン管とあわせHDD工法の評価が高まっている。

今後はさらにインテリジェントHDD技術も向上し、

自然流下の管路建設にもHDD工法が採用されることが期待されている（米国では実績あり）。

また、上水道へのポリエチレン管の採用に関しても、いつまでもポリエチレン管に対する疑惑を捨てきれないケースもあるようですが、近年では安全性の評価も高まりつつあり、施工性、耐震性、安全性とあわせ、環境にやさしいHDD工法として大いに工法の採用機会が伸びる可能性もっています。そのためには、統一した積算基準を普及させることが必要であり、HDD委員会だけでなく、ポリエチレン管普及によるコストダウンと、規格統一された管の供給が望まれます。

一方、その他の超小口径管路建設は下水道における取付管がありますが、この工法開発当時（1988年）は位置探査、工法制御、取付部の止水など苦労は多く、開発に携わった私としてもここまで普及するものとは思っても見ませんでした。それが昨今、環境を考慮したニーズも多く、各工法それぞれ苦労して工法を確立されたおかげで、今後もきわめて一般的な工法となっていくものと思われま

す。ガス、電気や通信の分野においても、各家庭への引き込み管における超小口径管推進はそれぞれの特質をもとにした各工法が確立され、道路下の配管から家庭へのサービス管も開削することなく取り付けられる工法が主流となるものと思われる。

No.46 小口径管路建設特集

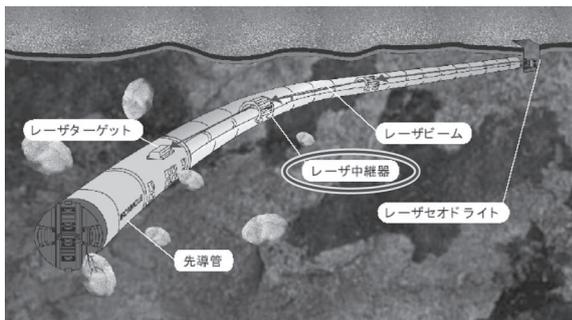
わが国における推進技術の歴史を考える上で、管内に人間の入れない内径800mm未満（かつてはφ600未満でしたが・・・）までの小口径管推進工法のデビューは一つの転換期であったように思い出されます。その後、中・大口径管推進技術と歩調をあわせて、めざましい技術開発が繰り返されてきました。本号を再読すると、小口径管推進の現状が見えてまいります。①小口径でもこんなに長距離、急曲線ができるんだという工法、②対象とする事業特有の工法、たとえばHDD工法であったり多連管推進など、③小口径だから立坑も設備も測量もコンパクトですよという工法、などです。通信からはITを用いたコントロール、ナビシステム開発の話も頂いています。今後の進む方向も見えてくるような気がします。

道路を掘らない技がここにある
環境にやさしい非掘削技術

2004
Jan. No. 46



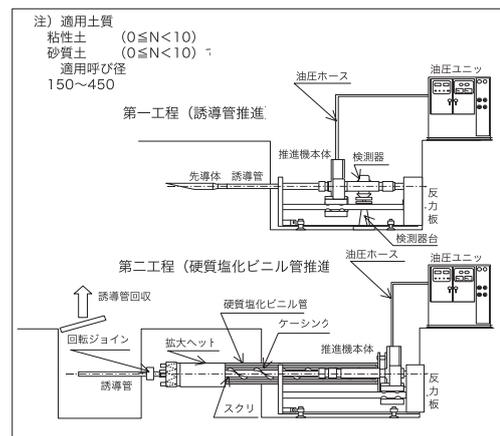
■小口径推進工法に対応した長距離、曲線施工用計測システム (Cs, pp.10-16)



人の入れない内径800mm未満の小口径推進における測量技術として、レーザ中継方式を用いた曲線施工用計測システムを開発した。レーザ中継方式は発達立坑から掘進機までの間に複数のレーザ受発光器を配置し、レーザ光の交角を計測することによりトラバース方式で位置を割り出す方式である。この方式は電磁波方式のような地上作業員が不要であり、ジャイロ方式より計測精度の信頼性が高い。

■アクモ工法 (Cs, pp.17-22)

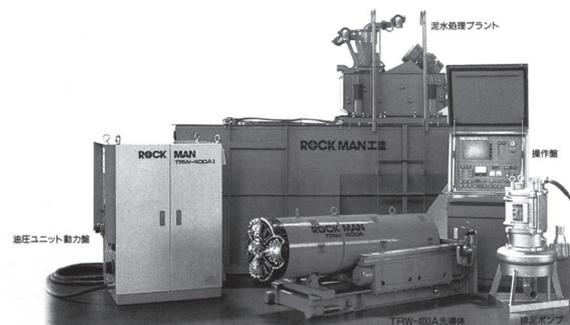
低耐荷力圧入二工程方式のアクモ①工法と、低耐荷力圧入オーガ推進工法のアクモ②工法を紹介。アクモ②工法は一工程目で到達した誘導管先端を到達立坑に固定しておき、二工程目は拡大ヘッドが誘導管を呑み込むように推進するため、到達側での誘導管撤収作業が不要となり、到達立坑の路面開放が可能であり日進量も増す上に、到達立坑は内径φ900mmあればよく



マンホール到達も可能となっている。

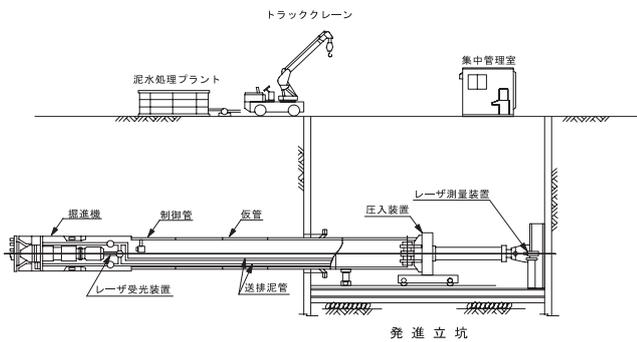
■ロックマン工法 (Cs, pp.23-28)

鋼管さや管工法が出発点の工法である。鋼管推進とトリコンビットの装備で軟岩、硬岩までの土質に適用できる。また、施工が早く長距離推進も可能である。これらの特長を生かしたまま直押し方式を開発したのがロックマンエース工法である。掘進機のパワーを受



け止めるために、推進管には合成鋼管を使用する。

■スーパーミニ・ダクティル管推進工法
(Cw, pp29-32)



泥水二工程方式のダクティル管小口径推進工法である。一工程目の仮管は送排泥管、滑材注入管、配水管などが内蔵された特殊な管であり、仮管接続時にケーブル類を切り離さずに、能率よく施工が可能である。泥水式であるので長距離、高精度、急速施工に適しており、呼び径800mmでは200m以上の推進が出来る。

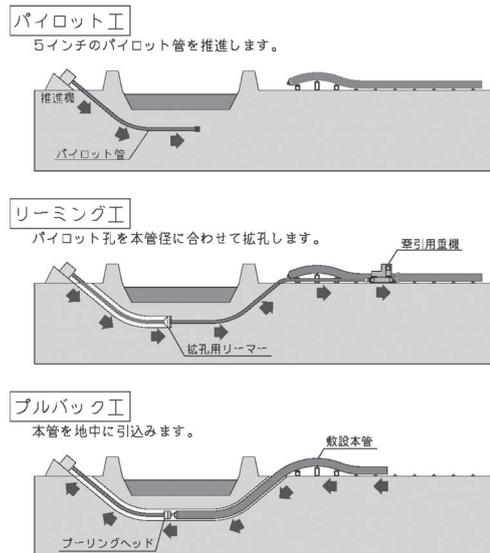
■コマツ水平ドリル (Cg, pp33-37)



わが国最初のHDD（誘導式水平ドリル）工法専用機である。わが国の施工環境を考慮して、輸入機にはないコンセプトを持っている。例えば狭い路地でも施工できるコンパクト設計であり、騒音公害に対する静粛設計であり、操作の容易性である。また、タッチパネル式操作盤やロッド継ぎ足し、切り離しの簡単な操作など、独自の技術を織り込んだ完成度の高さに注目される。主に、ガス管としてのPE管を引込施工しているが、200mmまで施工実績があるので、今後は他の事業にも利用されていくことと期待される。

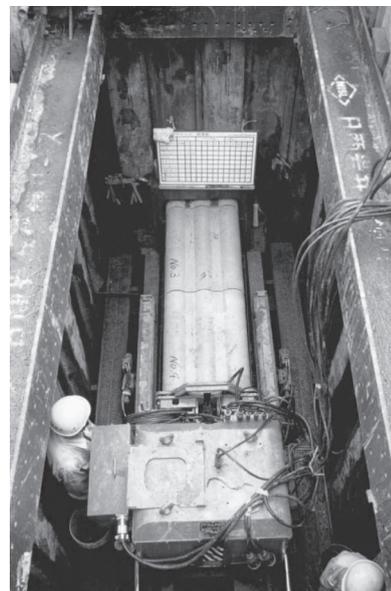
■NK-RAPID工法 (Cg, pp.38-41)

HDD工法を世界で最初に施工したチェリントン社と技術提携したもの。施工可能延長は1500～1800m



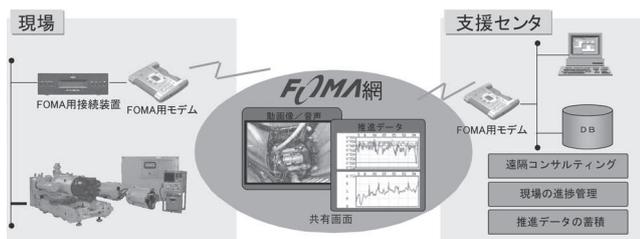
と長距離であり、適用管径も1000mm程度と大口径である。継手強度等の関係で主として鋼管を用いている。施工例を見ると大口径のガス管が多いようであるが(750Aまで)、ガス管の場合はポリエチレンライニング管を使用するため鞘管と組み合わせた二重管施工が一般的とのこと。

■PFPライナー工法 (Cp, pp.42-45)



電力ケーブル用の管路は多孔数であることが特徴であるが、本工法はレジコンを素材とした3連管を一気に推進することができる。工法自体は管内のケーシングを介して掘進機に推力を伝達する低耐荷力方式と考えられる。N値30までの砂質土、粘性土において50m程度の推進が可能である。幅2.4m×長さ4.4mの発進立坑からユニック等の揚重設備があれば施工できるコンパクトな工法である。

■エースモールDL工法 (Ct, pp.46-50)



通信の分野で開発された工法であるが、もちろん下水道等すべてのライフラインで施工可能である。

ヒューム管φ250～700mm、鋼管φ350～800mmまでに適応し、長距離、曲線推進を意識して開発された。工法は泥土圧であるが泥土改良装置の併用により建設汚泥をリサイクル利用できるなど環境に配慮している。また、エースモール独特の電磁法、液圧差法を利用し高精度の位置検知ができる。今後のエースモール工法の適用拡大に向けてITを用いたコントロールシステム開発に取り組んでおり、熟練オペレータでなくても高い品質の推進工事を目指しているところに通信業界らしさを感じる。

課題と展望

秋山 浩志

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
コマツ地下建機㈱

本号では、埋設管径φ200mmからφ800mm未満の管を非開削で埋設する小口径管推進工法について特集されました。小口径管推進工法は、昭和50年頃から道路交通事情や施工現場の制約、工事に伴う騒音・振動といった周辺住民環境への配慮から地表を掘削せずに非開削で管敷設を行う工法として開発され発展・普及してきました。

推進技術は、それぞれの時代において求められた新しい要望に対して改良・研究がおこなわれ、その要望にこたえてきました。当初は、砂・シルト・粘土層という比較的施工の容易な土質で精度良く推進できる工法が望まれ、滞水層や礫・玉石が含まれる施工の難しい地盤への適用範囲拡大の要求、また、同時期に高い耐荷力を備えるヒューム管以外にも水理特性耐腐食性にすぐれ、取り扱いの容易な塩ビ管の推進工法への適用、工事費縮減の要望から小型立坑化、長距離・曲線への対応等々、各時代の要請に絶えず技術の向上をおこない、技術革新を重ね多種多様の工法が、開発されてきました。

今後求められる小口径推進工法は、主要都市での下水道普及率が、高まってきたことから下水道建設は、地方都市での整備が、多くなっていくため、現状より小さい管径で粘土層から滞水層、礫・玉石層までの広範囲の土質に対応でき、長距離、曲線施工が出来る工法が望まれるようになってくるものと考えられます。非常に小さな管径（例えばφ250mm）で500m、1km推進するといったような工法が、でてくるかも知れません。

小口径管推進工法に求められる技術について考えてみたいと思います。小口径推進工法をささえている技術として主なところを考えると

- ①地山を掘削する技術
- ②水道管渠に要求される施工精度を計測する技術

③地山と推進管の推進抵抗を低減する技術

④広範囲の土質に適用できる泥しょう材の技術

⑤高度な施工に対応できる施工技術

長距離推進化により、土質条件が色々と変化することから上記の技術に対してもさらなる技術開発の要望が出てくることとなりますが、①～④項については、長年の歴史の中で常に研究されており、これからも技術向上していくものと思われま。しかしながら⑤項については、いまだにオペレータの経験と勘に頼っている状況でAIやフuzzy理論などといった自動制御理論の適用により、自動運転化のための研究開発も行われてはいますが、あらゆる土質に適用できるシステムは、今だに開発されていないのが現状です。地中の見えない世界の現象として、カッタの掘削トルクの挙動、推進力の変化、掘進機の位置・姿勢の変化、掘進機の掘削音等、得られる情報を基に推進機の運転操作を行います。地山の挙動は、同一に分類される地山でもその掘削特性や方向修正特性といった下水道管渠に必要な施工精度を確保し、掘削不能に陥ることなく施工を行うには、多くの経験と地山に対する豊富な知識が、必要となります。これらが必要となるのは、掘削している地山の特性を定量的に把握する技術が無いために経験から推察するしか判断のしようが無いものと考えられます。そこで、掘削している地山の特性をリアルタイムに計測できるセンサがあれば、地盤と機械の挙動を解析し体系だてていく事により、高度な施工に確実に対応することが可能となるものと考えられます。今後、熟練オペレータの確保が、困難になっていくことも考慮すると熟練オペレータ並に施工を行うことが出来る施工技術の確立と自動化システムの開発が、今後の小口径推進工法に求められる技術になっていくもの と思われま。

No.47 中大口径管建設特集

(内径800～3000mmまで)

道路を掘らない技がここにある
環境にやさしい非開削技術



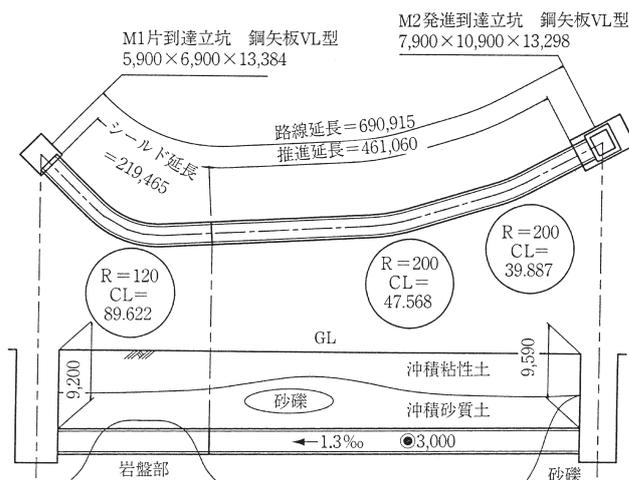
推進工法の出発点であった有人、刃口推進の流れを汲むジャンルです。さすがに技術の日進月歩はすさまじく、1kmを超える長距離推進や、直角に曲がるLカーブやJカーブ、あるいはUターンと称するように、戻ってくる線形まで可能になっています。本号では最新の技術を比較的バランスよく紹介することができています。長距離推進のために必要な周辺技術の開発、近未来を予感させる、推進とシールドとのコラボレーションなど興味の尽きないものがあります。以下の工法紹介でマトリックスは建設-下水道のCsが中心となっておりますが、あくまで施工例としての実績から来たものです。他の事業におきましても十分にご活用いただけるものと感じております。

■アルティミット工法 (Cs, pp.10-15)



超長距離推進の代表選手、滑材の自動注入システムや専用滑材の開発で超長距離を可能にした。このほかセンプリングという発泡ポリスチレンのクッション板を管の上下に貼り付け、左右のカーブ時に接触面積を増やし管への応力集中を緩和する工法や曲線用特殊継ぎ手を併用することにより、急曲線推進も守備範囲となっている。また、今後も増加すると思われる大深度施工の上で問題となるバックギング（掘進機が先端閉塞され、水圧を受けることにより、発進坑での管の盛り替え時に管が発進坑側に飛び出してくる現象）を立坑内で管を締め付けて防ぐ方法なども紹介されている。どこまでをアルティミット工法と称するのか分らないところもあるが、このジャンルでの技術水準の高さを示唆する工法である。

■推進・シールド併用工法 (Cs, pp.16-20)



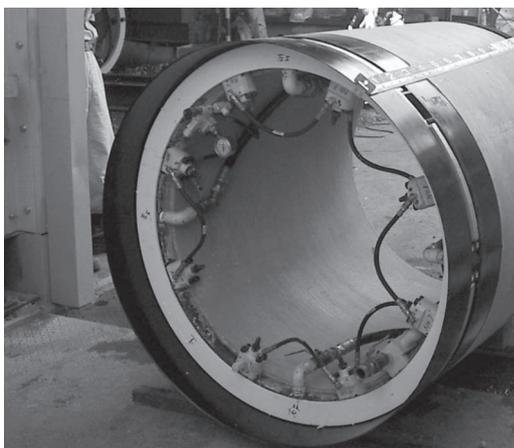
基本的なコンセプトは行ける所まで推進で行って、あとはシールドに切り替えて長距離施工をより速く経済的に施工するということである。最近ではデュアルシールド工法などの工法も発表されているが、発想豊かに推進とシールドの長所を生かし実用化された工法である。併用工法ではヒューム管とシールド二次覆工との内面の連続性が必要となるため、ポリリングというポリエチレン製ライニング材とセメント系中詰め材で75mmの薄さの二次覆工を可能にした。また、推進延長をできるだけ伸ばすためにスーパーエル工法と管皮膜推進工法という長距離技術も紹介されている。両者とも滑材の地山への逸脱防止がポイントであり、固結型滑材あるいは有機繊維の膜材を用いているところが特徴である。

■管周混合推進工法 (Cs, pp21-27)



筆者はこれまで、滑材というものは石鹸水や油のようにつるつるすべるから周辺摩擦抵抗が小さくなるという認識のみであったが、ここでは地山の土質性状を改良して内部摩擦角を小さくすることによりせん断抵抗の小さな改良層を管の周囲に構築することも目的の一つとしているところが新しく感じる。管の周囲に攪拌混合層を設けるためにハリネズミのように鋼製の攪拌混合ピンを用いたり、回転式の注入装置を用いたりする。φ1350で1010mの長距離推進実績がある。

■機械的テールボイド安定装置 “TRS装置” (Cs, pp.29-36)



文面から開発者は超泥水推進から泥濃式推進に深く携わってこられたことがうかがえる。この技術も原点はこれらの工法で着目されたテールボイドを積極的に活用した技術である。テールボイドに目詰材を含んだ高濃度泥水を加圧充満させ安定させることにより、推力低減に効果の顕著な工法である。崩れやすい地山では切羽でオーバーカットしたテールボイドが崩れてしまうことが予想されるが、この工法では再度、機械的にテールボイドを再構築する点が特筆される。施工実績では1000m近い長距離や25Rといった急曲線もある。他工法も含めて地山と管の間に確実に推力低減材を確保しておくことが重要なポイントであるようだ。

■推力伝達状況に着目した“DKIシステム” (Cs, pp.37-40)

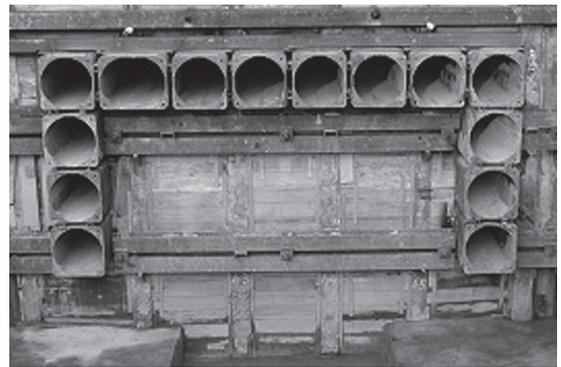


最も大きな特徴は延長方向の数箇所に応力計測システムを配置し、推進区間のどの範囲で推力が大きくなっているかを判断し、限定して効率よく滑材を注入していくプロセスにある。また、他工法にもあるように液状滑材の地山への逸脱を防ぐために固結する滑材を注入して地山を安定させ、液状滑材を注入する方法を採用している。また、このシステムは従来式の掘進機を使用して超長距離推進を可能にしていることも特筆できる。昨年2004年に藤沢市でφ3000を783m施工している。

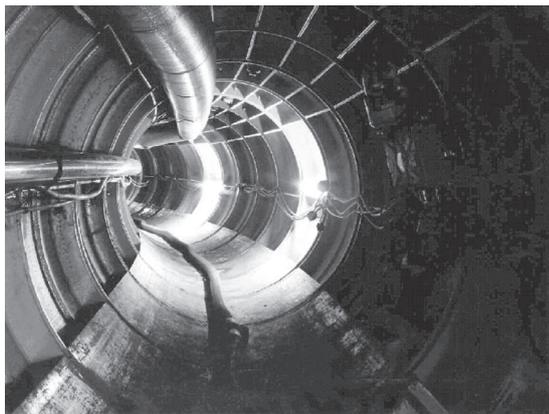
■長尺推進管 (Cg, pp42-46)



ガスの事例である。ガスや電力では本管を敷設するための鞘管を推進施工するケースが多々ある。鞘管は本管引き込み時を考慮して、継ぎ手部に段差のないこと、エアモルタル充填硬化までの水密性があること、外圧強度がヒューム管並みであることを満足すれば、内面が多少汚くても実用上問題ない。であれば、できるだけ長い推進管のほうが経済的であるとの発想から生まれた4mの遠心力鉄筋コンクリート管である。



■電力分野における推進工 (Cp, pp47-51)



電力でも鞘管による施工が多いが、L字型急曲線+バーチカルカーブといった複合曲線推進が日常的であり、下水道の分野などで開発されてきている種々の工法が用いられ、アクロバティックな線形の施工に取り組んでいるようだ。

■鉄道・道路横断に威力を発揮“R&C工法”

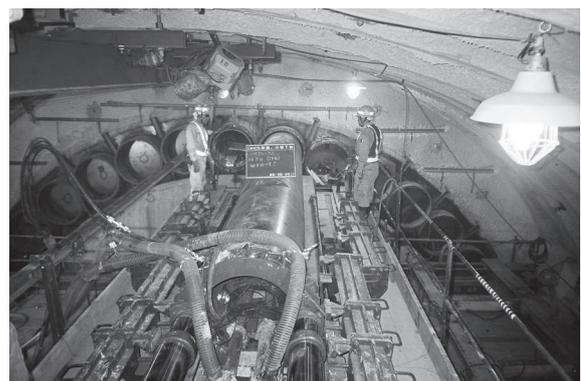
(Cその他, pp.52-55)

鉄道や道路のアンダーパスとしてボックスカルバートを敷設するための箱型パイプルーフである。すでに

300件の施工実績があるとのことで、この世界では、よく認知された工法であることがわかるが、一般の事業においてはボックスカルバートの推進工事自体が選択肢に入っていないことが多いのではないかと?このような技術があることを広く知ってもらうことも必要であろう。技術的には矩形断面(800×800)の掘削機が使用されている。

■引き戻し回収パイプルーフ工法

(Cその他, pp.56-60)



到達坑が施工できない場合や、山岳トンネルの防護に使用するために開発されたパイプルーフにおける回

不確かな時代の今こそあなたのお役に立ちます



〈5大特色〉

1. 基本姿勢は地域の活性化と魅力ある街づくり
2. どのページも問題解決のキーポイント
3. 技術革新の動きをリアルタイムで伝達
4. わかりやすい文章で下水道の動きを紹介
5. 官・学・民にわたる双方向の情報交流を実現

—どのページも実務者の視点—

▶ 毎月15日発行 ◀
 ◀ 購読料 ▶
 年間18,900円(税込み・送料サービス)
 1冊1,575円(税込み・送料150円)

月刊下水道
 JOURNAL OF SEWERAGE, MONTHLY

お申し込み・お問い合わせは—
 (株)環境新聞社・月刊下水道購読係
 〒160-0004 東京都新宿区四谷3-1-3 第1富澤ビル
 TEL.03-3359-5371 FAX.03-3351-1939

収工法である。掘進機のベースマシンはアンクルモールやアンクルモールスーパーを使用していることから、対応土質は広範囲であるが、パイプルーフの場合、パイプ同士の接合部がパイプから飛び出していることが多く、掘進機の切削面積外となる問題があった。この接合部をパイプ内に取り込むインナージャンクション鋼管を採用することにより、硬質地盤や岩盤でも施工が可能となった。

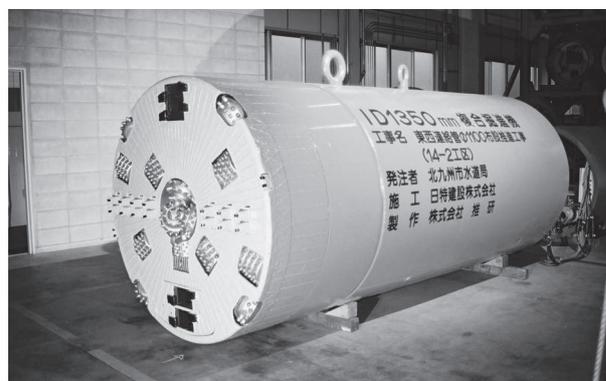
■ヒューム管推進工法 (Cs, pp.61-65)



ヒューム管や外周を鋼板でおおって補強したヒューム管をマシン筒として用い、先端にカッターヘッドを取り付け掘進機として使用する。マシン筒の内部に組み込まれた駆動装置は分解して到達坑あるいは発進坑から回収できる工法である。したがって到達が既設人孔でも施工可能である。ヒューム管を掘進機の一部と

して利用する自由な発想から生まれた工法と言える。従来の推進工法に比べて15～20%も工事費を削減できる。

■CTM工法 (Cw, pp.66-69)



随筆調のトーンから特集の枠をこえて紹介した工法であるが、岩盤推進において知る人ぞ知る工法であるので、ここでもインデックスに加えた。岩盤推進には特有の問題点があり、機内よりのビット交換や障害物撤去が必要であったり、硬岩対応だけでなく突然の地盤の変化や破碎帯にも対応が望まれる。ここでは北九州市水道局における岩盤、水平、鉛直、曲線推進工事の施工事例も紹介されている。

課題と展望

川合 孝

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
株協和エクシオ

No.47の特集では、近年における長距離や曲線施工を可能とした技術や、管渠築造を目的としたもの以外に、円形や矩形を推進することにより、推進技術が多方面で応用できる内容を紹介しました。また、日本の推進技術は世界においてもトップレベルであり、特集以外においても、海外で活躍する成果についても記事として報告してきました。

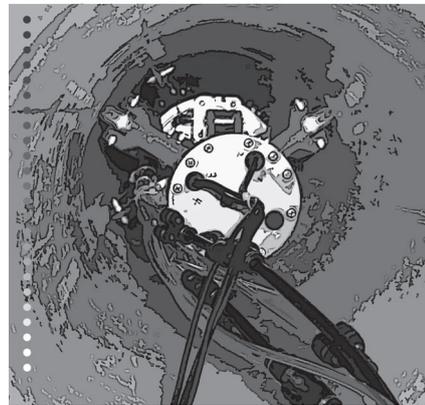
国内において、ここまで施工領域を拡大してきた大口径推進工法は、小中口径シールドと比較される機会が多くなってきています。規格化された管材料や、既存の掘進機を利用することにより、容易に設備の構築が行なえる推進工法は、短い区間での施工といったように、その生き立ちを考えると、安価で早いというイメージがあるのがメリットとなっているのが現状だと思います。しかし、大口径ともなれば、比較的浅い箇所には大きな穴を開け、しかも施工が完了するまで、配列された全ての管を地中内で移動させるためには、高度な管理と技術が要求されるものと考えます。本誌の現場見学記のコーナーでも紹介しているように、これ

までの内径3000mmから、3500mmから5000mmまでの超大口径推進が開発されています。施工を行なうにあたっては、これまでの推進工法の特徴を大いに活かすことはもちろんであるが、品質や施工条件を確保するためには、管理面など、事前の検討を踏まえ、なお一層の取組みが必要であることも事実であると考えます。また、本カテゴリーは、800mmという管内への有人施工が可能ではあるが、非常に狭隘な坑内環境から、手を伸ばしても届かないほど大きな内径の管までといったように施工環境においては大きく異なり、その対応も様々といったように、たいへん幅広い分野です。そこで、次回の中大口径推進クールでは、こんな技術があり、ここまでするから可能である中大口径推進において、設計や施工における注意点や苦労話などを盛り込み、だから中大口径推進はここまで『できる』といったように、数多くある工法や材料技術の組合せなどにより、益々広がる環境に優しい中大口径推進ワールドを紹介してゆきたいと思っています。

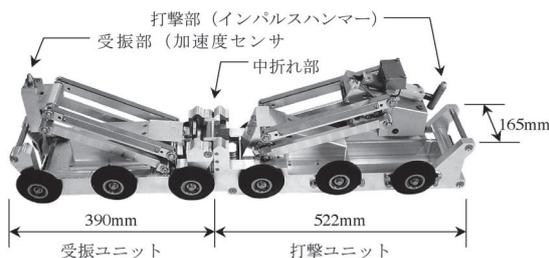
No.48 管路内部からの調査・探査・診断



管路内部から管路の健全性を調べたり、管路内から信号を発信させ位置検知を行う技術、管路網の漏洩箇所を検出する技術などの特集です。この内、管内カメラは中心技術の一つですが、あらためて技術の進歩に驚かされます。人間に置き換えても、胃カメラや腸カメラの進歩が顕著であるのと同じなのでしょう。このほか音を使った漏洩検査や管周囲の空洞検出技術の最新情報など、意外と知らなかった技術を興味深く知ることができました。



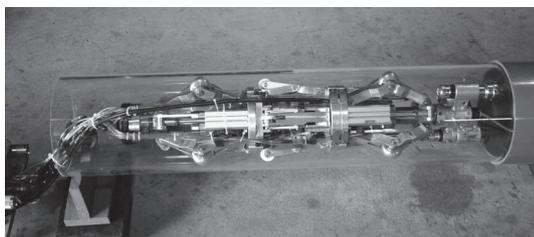
■衝撃弾性波法による老朽管の劣化判断システム (Rs, pp.10-15)



ハンマーでたたいて、約90cmはなれた位置で受信するユニットを開発。周波数の分布から主としてひび割れを調査する。テレビカメラとともに管内調査する。衝撃弾性波は低周波数成分を多く含み、エネルギーに富み、コンクリートの伝播性は優れている。ロボットは中折れ機能を持ち、マンホールからつりおろして管路内に挿入するのが容易。

■円形管の内径測定装置 (Rs, pp.16-18)

ライナーなどを用いた管更生後の内径を測定する装置である。人間の入れない小口径管路ではTVカメラによる目視が一般的であるが、内径を計れるものがない



かった。更生後の内径管理をどの程度精度良く測定しなければならないかに議論の余地は残すものの、測定するとなると高精度になってしまう技術力を誇るべきであろう。ほかのジャンルでも応用の効きそうな技術である。

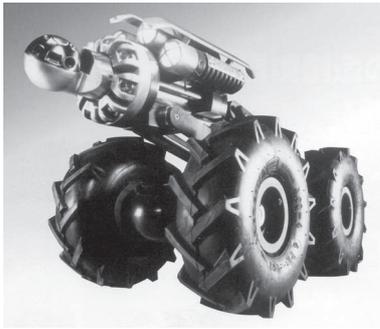
■更生材の膜厚を超音波で測定 (Rs, pp.19-22)



超音波でライナーの厚さや硬化度合いを測定する装置の開発。土木屋はFRPといえば全て良好に硬化すると思いがちだが、硬化不良やFRP内部の剥離などを調べる必要があるということだろう。以上三点は管路品質評価システム研究会の記事。

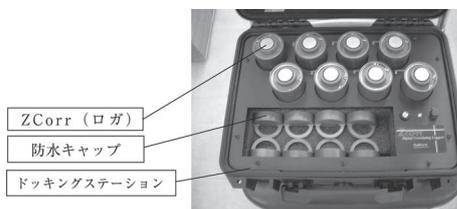
■取付管、マンホール、本管のTVカメラ調査 (Rs, pp.23-28)

カメラヘッド20mmの超小型カメラ、取付管位置まで自走して取付管内にカメラヘッドを押し込むカメラ、マンホールから吊り下げてロケハンをするカメラ、カーブ用もあれば大口径用もある。管内のカメラについてお探してあれば、まず情報提供者のコンツ



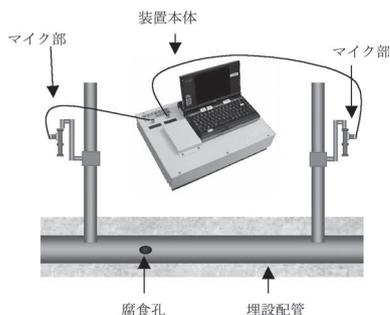
ル社へ連絡すればよいだろう。調査結果のデジタル化によるデータベース構築まではほぼ完備されているといった印象を受ける。

■ロガ型相関式漏水探査システム (Rw, pp.29-32)



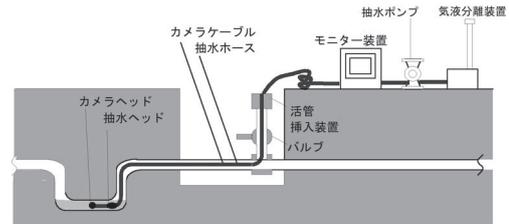
水道管の外面に距離を置いてセンサーを取り付け、漏水音の届く時間差から漏水箇所を絞り込む調査方法である。そういえば昔、水道管に耳を当てている検査員を見たように記憶しているが、どんな音がするのだろうか？

■音波式漏洩位置検知装置 (Rg, pp.33-36)



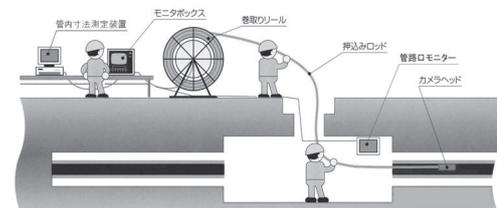
上水道同様に2箇所のガス漏洩音の時間差により漏洩箇所を絞り込む調査方法である。上水道と異なるのは、マイクを管内に挿入する必要があることだが、おそらく上水道に比べて音が微小なのであろう。ガスの場合、ユーザー側のガスメーター取付口があるので、これを利用してマイクを挿入する。また、ガスの場合、配管系が極めて複雑であるので、分岐位置を特定しないと、漏洩位置を特定できない欠点がある。本装置では分岐位置を人為的に打音し、分岐位置を特定させることで解析処理し漏洩点の距離表示を行う。漏洩量30ℓ/時間の漏洩位置を検出可能。

■抽水機能付き管内カメラ (Rg, pp.37-39)



ガス管の中にとまった漏水を吸い込む装置とCCDカメラを組み合わせた装置であり、従来の本管用を小型化したものである。50Aの屈曲したガス管内にも挿入可能である。

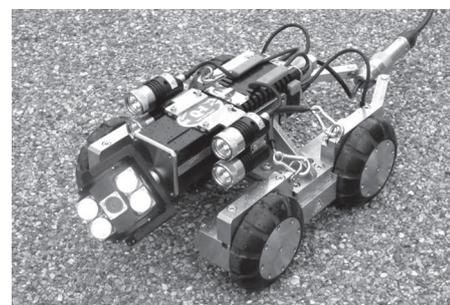
■電力分野の点検法 (Rp, pp.40-45)



電力ではCCDカメラを使う。漏水箇所に関してはムニボールという止水プラグをカメラの前後に配置し、濁水を高圧洗浄して清水に置き換え、視認性を上げてからカメラで撮影する方法を開発した。

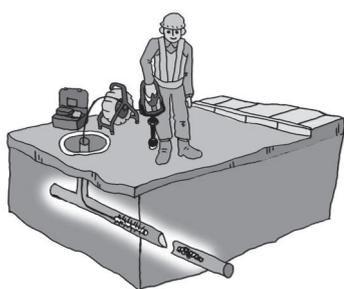
吸水をせず、水を張った状態で撮影するところに新規性がある。下水などでも激しい漏水がある場合、漏水箇所の撮影は困難であるが、逆に水を張っておくことにより撮影は可能となるのではないかと？

■カラーTVシステム (R全般, pp.46-51)



むしろカメラというよりは撮影ロボットである。外部リモコンにより自在に撮影が可能で、デジタル処理、データベース構築、報告書の作成といったところまでカバーしている。土木屋にとってのトランシットのように、調査会社が、業務を行うための機器といったイメージの装置である。

■ナビトラック埋設管路探査器、シースナイク管内検査カメラ (Rs Rw Rg, pp.32-55)



管内からの調査というよりは管内から信号を発生させて、地上から埋設間の位置情報や内部点検を行う装置。

■通信用地下管路の調査・探査 (Rt, pp.56-59)

通信用管路のマンホール間は150～300mと長いた



め、他の事業で見られるような自走式のカメラは使用困難である。したがって、引込あるいは押込み方式のカメラで、洗浄用ウォータージェットを備えたカメラを用いている。内径φ50という小口径の管路を撮影できる。また、電磁超音波を用い金属管の腐食を調べするための技術や、電磁波法を用いて管内より管周囲の空洞を調査する技術をフィールドテスト中ながら紹介されている。今後、多方面での応用も期待できる。

課題と展望

黒岩 正信

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
アイレック技建株

管路内部からの非開削・非破壊の調査・探査・診断技術(48号)では、各分野で活用されている技術が紹介されている。パイプカメラで画像として記録するものから定量的に厚さや管径などを計測できるものまで開発されている。ここで紹介された開発中の技術で1年後の現在実用化されているものもある。開発の経緯を見ると、まずはどの分野もパイプカメラで見るところからスタートして見る角度を広げたり、平面的に展開したりとコンピュータを初めとしたIT技術の発展と機械的なロボット技術の発展に伴い適用範囲を広げて実用的に活用できるようになってきたように思う。

各ライフラインの地下設備総量は約200万km程度あるが、調査対象になる老化したり老朽化した設備はこれから増えていく状況にあり、調査・探査・診断技術の需要も今後さらに増大していくと考えられ、求められる内容も高度化していくと思われる。48号で紹介されている計測技術でも、適用できる管径や長手方向の距離に制限があり、小口径の管路や600mを越えるパイプラインを任意の位置で調査できる機器は今後の開発を待たなければならない。どのような設備かは明確でなかったが、5kmの管路を調査するカメラはないかという話もあって、特殊な設備であるにしても幅広い潜在的なニーズが出てくる可能性がある。

また、短距離でも極端に曲がり部の多い排水配管のようなものは、通線ロッドを通過することもできないので調査されずに放置されていて、道路陥没など間接的な被害が出て初めて劣化度がわかるものも残されており、新しい技術開発が必要な分野は各ライフラインにあると思う。

最近では、医療分野でも医療用のカメラで詳細なデジタル映像を撮れるようになっており、カルテもデジタル化されて、X線、CT、MRI、超音波など体の外から診断する機器の調査結果と連動して、検査が終わると同時にコンピュータ上で映像も参照した形での説明を医師から受けられるようになってきた。その結果に基づいて、食事内容や日々の運動などの健康管理方法や2～3ヶ月後の追加調査などが指示されフィードバックされる。

ライフラインの調査・診断も医療分野と同じように、管路内部からの調査と外部からの調査ならびに各種計測結果を総合的に実施して、今後の破損予測や計画的な設備管理にフィードバックできるような事業運営が望まれる時代にさしかかって来たのではと想っている。一部のライフラインでは、そのためのデータベースを作成して運用されているが、補修時期を明確にできるようなソフト改善など内容をもっと充実させていく必要があり、そのような前提で調査・診断を行うためには、報告書を含めてすべてをデジタルアウトプットにしておき、調査機器の仕様変更も行っていかなければならないと思う。

これらの事を実現していくためには、社会的なコンセンサスを得ることが必要で、設備の現状や持続的に運用するための課題などを公開討論したり、広く地域住民に説明を行うような地道な努力も求められる。そして、建設から保全への予算シフトが行われることで、産・官・学連携した開発もスムーズに行われるのではと思う。

No.49 地上からの調査・探査・診断特集



今回は地上からの管路位置調査ならびに空洞調査という副題の通り、いわゆる試掘のかわりです。今でも本工事に先立ち、試掘は日常的に行われていますが、試掘中に水道管を破ってしまったなどという笑えない事実も耳にします。ぜひ、特集技術のさらなる改良、精度の向上を期待します。また近年、注目されているGISを利用した埋設物管理システムの紹介も掲載されています。

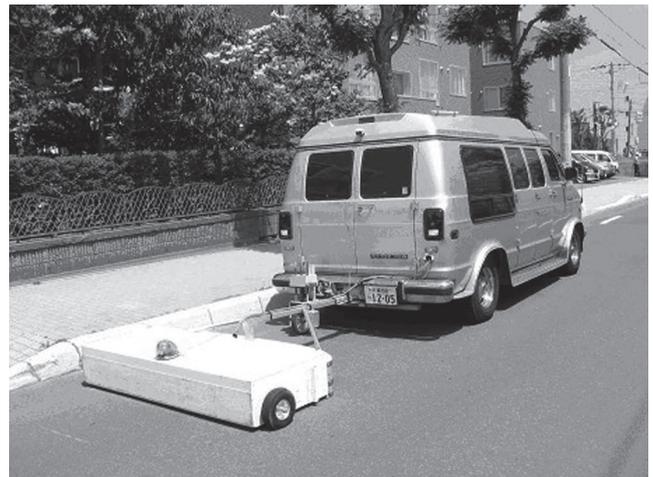
■地中レーダ (I全般, pp.9-12)



路面から地下に向けて電磁波パルスを放射し、反射波を受信することにより地中内部の埋設物や空洞を探索できる。地盤の比抵抗によって探索可能な深度が変化する。地盤の状況や空洞厚さに応じたアンテナの種類を選択が重要である。

■地上からの非開削埋設物探査技術 (It, pp.13-17)

通信業界で使われている探査技術を紹介している。電磁波法は上記の地中レーダと同じ原理である。一般に電磁波パルスの周波数と探査の分解能にトレードオフの関係があり、高周波数ほど分解能は高くなるが、探索可能深度は浅くなる傾向にある。現在車載型の電



磁波探査装置 (ロードエスパー) も開発され、時速50kmまでの計測走行が可能となっており、著しく効率の良い探査ができる。

電磁誘導法は導電性の管路を基本的に対象とした探査方法であり、管路に微弱な交流電流を流し、これにより生じる交流磁界を地上で測定して埋設物の位置を決定する方法である。いわゆるファラデーである。管路に直接電流を流す直接法と地上から間接的に電流を生じさせる間接法とがある。地中レーダが断面探査であるのに対して電磁誘導法は線的探査となる。このほかには磁気探査、音響探査、弾性派探査、電気抵抗探査がある。高精度の探査を行うにはそれなりの作業方法を守り、各種を積極的に併用することが望ましい。

■大阪ガスの埋設物探査技術



(lg, pp.18-21 pp.41-44)

電磁誘導方式であるパイプロケータ PL-960G と電磁波方式であるレーダマン・Mが紹介されている。原理は上述したものと同一であるが、PL-960Gでは探査精度を向上させるための工夫が織り込まれている。また、コンクリート中の埋設物である配管や鉄筋などを探査する狭所用レーダを開発し、ビル内の“あと施工”での穿孔作業などに利用している。

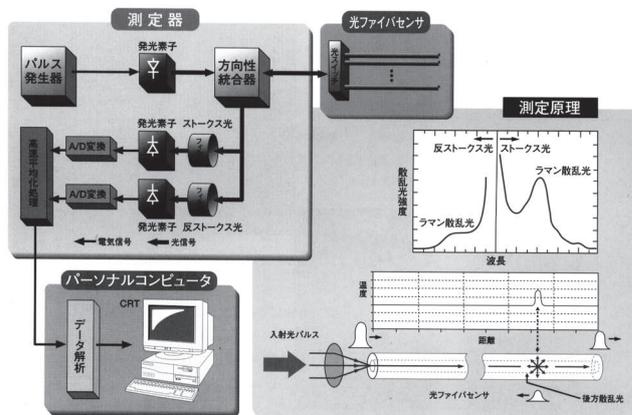
■スーパーコーディネンス (lg, pp.22-28)



地中導管に交流信号を発信し、地上を走行する2つの車輪電極の電位差を測定することにより導管の塗覆装の損傷を探査する技術であるとのことだが、小生、恥ずかしながら原理は難解である。需要の93%は都市ガスである。スーパーコーディネンス・テスラは、磁気センサも用いることにより高精度の導管モニタリングを可能にしたシステムとのこと。導管位置、分岐管

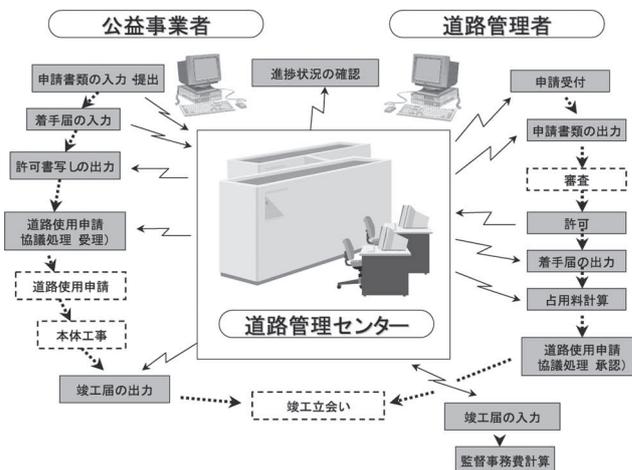
位置、埋設深さ、近接する他の導管とのメタルタッチなどが検知できる。

■FOTM：フォトム (lg, pp.29-33)



光ファイバー一本で数千点の温度計に相当するデータを同時に長期間取得することができる。光ファイバーセンサーをガス導管外部に埋設しておく、供用中に漏洩が生じた場合、漏洩箇所が生じる温度変化を観測することで位置を検知する技術である。海外では供用中のガス管内にパラシュートを利用してセンサーを引き込むユニークな方法も検討しているとのこと。

■道路管理システム (Iその他, pp.34-40)



ROADISは国交省、自治体ならびに専用事業者が共同で構築してきた地下埋設物を管理する高度な地理情報処理システムである。話はそれるが、道路管理センター設立は大規模ガス爆発事故の判決がきっかけのことである。小生は大阪出身であるので天六の（地元では天神橋六丁目をこう呼ぶ）ガス爆発はよく覚えている。東京ガスではROADISデータを活用してパイプの直線性や非開削による管の入替といった新工法

適用の可否などを迅速に抽出することができるシステムを作っている。他の事業においても有効利用を考えるべきと感じた。

■地下探査と電磁探査技術（Iその他，pp.46-48）

推進器先端にデータゾンデを装着し，地上からゾンデの位置，深さ，ロール角，傾斜角，温度等の情報を探査表示させることができる。工事の安全確保や推進機先端の状況確認を非開削で行えるということである。



課題と展望

蔦ヶ谷 哲

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
東京ガス株

レントゲン診断に喩え，ある目的物の新設工事に着手する前に，その施工場所に既存の構造物を傷つけない為に間接診断する各分野の技術を中心にご紹介した。その際に，既存技術を以下の様に分類した。

- ①上下水道，電力，ガス，通信等のライフラインを探索する地下埋設物探査
- ②道路面下の空洞等の空洞探査
- ③トンネル，ビル外壁，橋梁・橋脚等のコンクリート内部探査
- ④鉄筋及び配管等の構造物探査
- ⑤推進工事設計時に必要な土質連続探査等の土壤探査
- ⑥遺跡等の埋蔵物探査等

この特集を振り返り，これら技術に期待する事を，既存埋設設備のメンテナンスに切り口を変えてイメージしてみる。

非開削工法で既存埋設設備の老朽化（劣化）状況を調査し，適切な更新修繕計画を作成する事は，地下埋設物を管理する者に課せられた重要な役割である。特に，上下水道，電気，通信，ガスなどのインフラ設備は，ライフラインとして公道下に占用しており，その多くが既に安定期を過ぎメンテナンス必要期に入っていると言われており，各社努力している。

一つの方向性としては，地上など管路の外から検査する技術でも，管内カメラの様に管内から検査する技術でも，“管の表面だけを評価するのではなく，管体表面に加え肉厚の深さ方向に渡りレントゲン写真の様

に診断できる技術”が，将来的にはメンテナンス技術の主流になるだろう。

また，メンテナンスを効率的に実施する為には，新たに設置する段階から具体的に“将来何が点検できる事”で，“何が点検できない事”なのかを，少なくとも管理者は予め明確にしておくことが肝要である。点検結果から推定さえも不可能な事態が予想されるならば，イニシャルコストを投じ相当な対策を講ずるか，若しくはBM（ブレイクメンテナンス）対応と割り切り保障を準備する。No.49号掲載「FOTM」は，漏洩検知を目的とした光ファイバーを管付属設備として事前に設置する技術で，重要設備の維持管理で要求される高度なレベルの点検が可能となると期待される事例であろう。

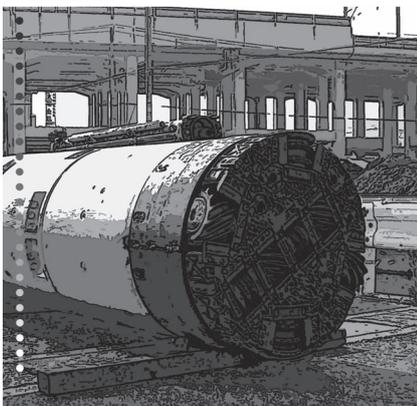
二巡目の特集に我々が期待することは，劇的な内容ではないと思う。ただ，劇的な・・・と同じ位に重要な“ポイント”が存在する。それは，更に実績を重ねたことによる地道な進化の兆候である。厳しく言えば，進化が全くゼロな技術は，社会が今以上の期待を寄せない技術か，既に発展する要素が残っていない技術のいずれかと言える。本書の読者は，管理者（ユーザー）か開発者（施工者及びメーカー）が大半を占めよう。この両者が本当に知りたいことは，実はこのトレンドかもしれない。それは，少しでもプラスになる技術を，双方とも自らの立場で問題解決の為に取り入れたいと熱望しているからである。

No.50 改築・更新特集

道路を掘らない技がここにある
環境にやさしい非開削技術

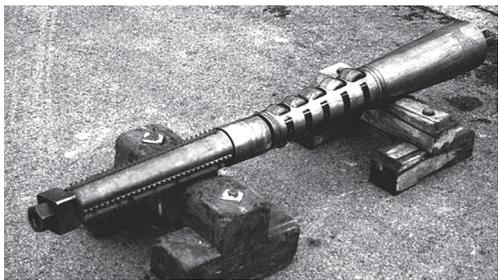


JSTT JAPAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY
http://www.jstt.jp



地下埋設管路の改築・更新特集です。もともと非開削技術は下水道分野からスタートしたものが多く、小誌でも下水道からの話題提供が若干多い傾向にありますが、本号の特集ではガス分野での技術が成熟しているように印象付けられました。昨年末には(社)日本下水道管渠推進技術協会により「最新改築推進工法」講習会が開かれ、今後、わが国で施工実績の増加が期待されるジャンルと考えられます。

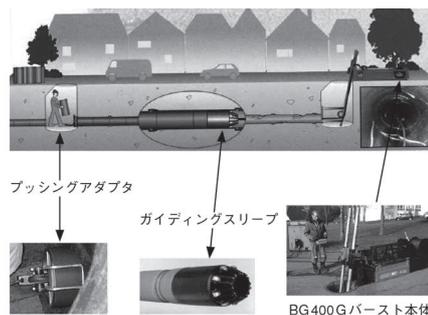
■ECOCAT工法 (Rg, pp.13-17)



経年铸铁管をポリエチレン管に更新するために開発された工法である。铸铁管の内面からあらかじめ長さ方向の上下左右に切り込みをいれた後、内部から拡張して铸铁管をきれいな短冊状に分割する。このあとに連続してポリエチレン管を挿入する工法である。铸铁管はポリエチレン管の保護管としての位置づけができることから、不定形の小片に破壊される場合に比べて道路管理者の理解を得やすい工法である。東邦ガスによると開削工法に比べて25%以上のコストダウンがはかれる。1998年から2003年までに50万トンの掘削土および廃材の削減に貢献したという。最大50m。のこ刃カッターを使用。

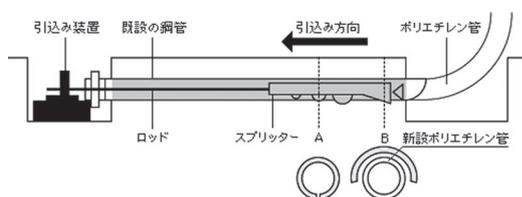
既設管が白ガス管であるが、ECOCATと同様に短冊状に裂く工法である。原型は1990年にアメリカのブルックリンユニオンガスで開発されたものとのこと。1993年に東京ガスなどが中心となって改良し実用化したものである。ECOCATに比べて簡易な装置のようだ。施工は最大60m。ホイールカッター（丸のこ）を使用。

■グランドバースト工法 (Rg, pp.21-24)

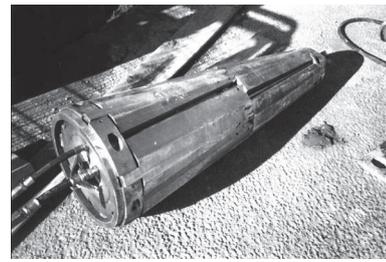
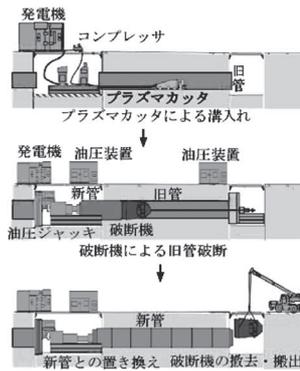


トラクトテクニク社（ドイツ）が開発した工法。基本的な工程は既設管にロッドを先行挿入して、カッター機構や破碎機構および拡張機構を伴う本体部を引き込みながらポリエチレン管に改築して行く工法である。文面から察するに、先行して挿入するロッドがねじ部のないクイック接続方式を持っており、1日の施工延長が200mにも及ぶということから、急速施工を売りにした工法と考えられる。また、最大600mmの径に対応可能ということであるのでガスのみならず他の管路にも適応可能ではないか？

■パイプスプリッター工法 (Rg, pp.18-20)



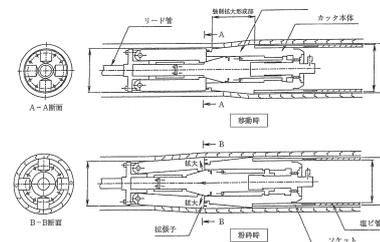
■プラズマモール工法 (Rw、pp.25-28)



して地中に残置される。下水のバイパスが問題になるので、少なくとも1日で1スパンの施工ができるよう急速施工に重点を置いている。また、新設管としては地球環境の面から陶管を推奨している。

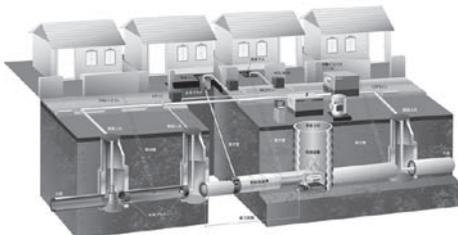
対象管は内径φ400～1000の铸铁管である。水道管の耐久年数は40年～60年といわれているが、東京都では昭和30年以前に埋設されたφ400以上の水道管延長が118kmとなっている。プラズマトーチで切断溝を入れた後に6個のローラーを持つ破断機と新管が押し込まれる。発進坑の反力が不足の場合は到達坑から牽引することにより補助する。200m以上の長距離施工が可能である。

■スピーダー SPM工法 (Rw、pp.41-44)



既設のヒューム管や陶管を破碎しながら塩ビ管を新設していく工法である。ガスや水道では先行してカッターによる切れ目を付けておいてから拡径部を牽引する力で破碎するのに対して、下水の場合は牽引や押し込み力に頼らず、その位置で油圧を用いた拡径破砕機を用いている工法が多い。ヒューム管のように鉄筋が入っていると、牽引力だけでは破碎しきれないためと考えられる。エコTMSでもスピーダーでもこの破砕機に工夫がある。

■アイエムリバー工法 (Rs、pp.29-34)



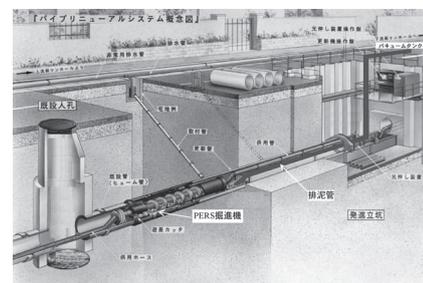
下水の場合は既設管より一回り大きな管に入れ替えるケースがある。本工法は基本的にはアイアンモール工法である。カッターヘッドに既設管破碎用特殊カッターを装着したものであり、元押し推進工法の延長線上にある。下水の場合、供用を停止できないことから、バイパスを設ける必要があるが、自動的に上流マンホールからポンプアップし、下流のマンホールに放流するRPS工法を開発して、下水道バイパスに関しては無人運転が可能となっている。既設管破砕片は新設管敷設位置にあるものに関してのみ回収できる。

■エコTMS管入替工法 (Rw、pp.35-40)

小口径管(φ250まで)に適するEC-ミニと600mmまでカバーできるEC-Jスーパーとがある。前者はカッターで切込みを入れた既設管をローラーで拡径しながら破碎し、新設管を入れ替えていくものであるのに対し、後者はエクスパンディットと呼ばれる油圧破砕機を牽引あるいは押し込みながら連続的に新設管を押し込んでいく工法である。既設管は破砕片と

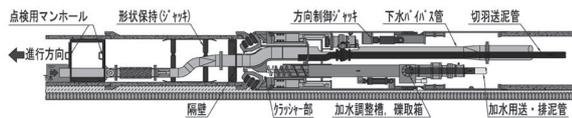
■PERS工法 (Rw、pp.45-48)

掘進機内部に下水を流す空間を持っているため、内径によっては下水供用を続けたまま改築ができる



工法である。φ250～700までを対象としているが、φ250～400までは非供用での更新となる。既設管内部から遊星カッターという破碎方式で既設管を破碎し、スクリュコンベヤで排土する方式を採用している。取り付け管は新管敷設後に管内部より削孔ロボットおよび反転ライニング工法を用いて復旧できる。

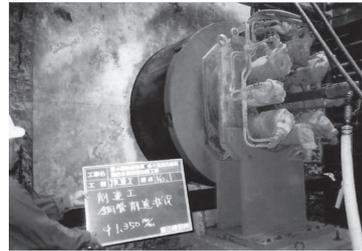
■非開削撤去工法 Re キューブモール (R一般、pp.49-52)



対象としている内径は3000mmまでカバーしているため、かなり大口径の改築を意識した工法である。アーマー工法（さや管方式）、ルーパー方式（引抜き方式）、イーター方式（破碎方式）がある。タイトルにもあるように撤去工法であり、撤去後に新管を敷設することも、埋め戻してしまうことも可能な特殊な意

図を持った工法である。長距離施工も可能である。

■ベビーモール工法 (R一般、pp.53-55)



既設管の外径より大きな鋼管をかぶせて推進し、既設管を撤去する。鋼管内に新管を敷設し周囲を注入しながら鋼管を引抜く工法。

課題と展望

秋山 浩志

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
コマツ地下建機株式会社

本号では、既存の地下埋設管を非開削で入れ替えていくことができる改築・更新技術を紹介しました。使用環境が厳しく管の損傷、老朽化につながりやすい下水道管については、既にたくさんの入れ替え工法が存在することを認識していましたが、ガス、上水の非開削での管路入れ替えについてもいくつもの技術が開発されていることを知り、「道路を掘らない技」がこの分野でも着実に進展しつつあると感じました。

先人たちから譲り受けた貴重な財産である上下水道、ガス、電気、通信などの地下埋設管路（=インフラパイプライン）を維持し、後世に残していくことは、私たちの責務です。そのためには定期的な調査が不可欠であり、その結果を正しく分析、診断して、ケースに応じて、「維持管理を続ければよいのか、修繕が必要なのか、更生工法が適しているのか、あるいは入れ替えなければならないのか」等を判定し、しかるべき処置をとらなければなりません。

本号で特集したような道路を掘らずに非開削で管を入れ替える改築・更新技術は、そのなかでも究極の選択でしょう。当然技術レベルが高くまたコストも高くなることになっていくのですが、管路の維持という目的のためには対処メニューの選択肢の一つとしてなくてはならない技術です。

この究極のメニュー(?)に関し、以下に今後望まれるであろう技術を予想してみました。

まず考えられるのは、せっかく入れ替えるのだったら現状に合わせて、あるいは将来を見越して最適な管径を選択すべきです。そうすると自然流下の下水道の場合、当然勾配の見直しもしたくなるでしょう。こういったことから管径あるいは勾配等も自由に変更できる改築更新技術がますます望まれてくると思いま

す。

さらに下水道の場合、本管の入れ替えだけでなく、各家庭への取付管の再接続あるいは入れ替えまで確実に非開削で行え、しかもその間下水の供用を止めることなく使用者に不便を感じさせないようなトータルで面倒が見れる工法が必要とされてくるでしょう。

それからあたりまえですが、発進、到達等の地上占有スペースがより小さい工法のほうが、混み入った住宅地等での施工が新設工事以上に多くなると予想される入れ替え工事では採用のチャンスが多くなりますので、作業時の安全性を損なわない範囲での小スペース工法が望まれるのではないのでしょうか。

これも下水の場合ですが、管の損傷具合は経年変化による老朽化よりもその管がさらされる環境による影響のほうが大きいという話も聞きますので、開削で入れた管だけでなく非開削で敷設された管（推進管）を破碎回収して新管に入れ替えることができる技術も要求されてくると思います。

また、せっかく入れ替えた管が同じように損傷していくのでは悲しいので、今度は従来よりも長持ちするよう、耐環境性がアップした管材の開発も同時に望まれます。

どうしても話が下水道主体になってしまいましたが、上水、ガス、電気、通信に関しても同じようなことが言えると思われます。

その技術レベルの高さゆえか現状では施工実績が充分ではなく、更生工法等と比べると採用に至ることがまだまだ少ないようですが、これらの改築・更新技術は、技術開発が進むにつれて今後ニーズが急増する可能性が高く、いろんな非開削技術のなかでもいちばん伸びが期待される分野だと思えます。

No.51 小口径管路の更生技術特集号

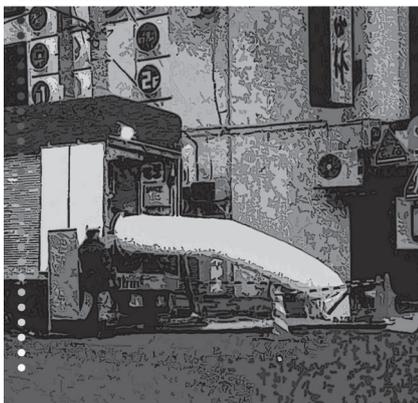
敷設後50年を経過した下水道管渠は政令都市を中心に7000kmもあるらしく、老朽管の更生は平成15年度までに2190kmを超えたとのこと、まさに旬の技術分野です。これら種々の更生技術は個別に独自の設計思想と基準により普及活動を進めてきましたが、平成11年に管渠更生技術協会を発足し、主として下水道分野でわが国の管渠更生工法の標準を示そうとしています。協会では施工方法や機能により分類し体系化しています。また、下水道以外の事業でもニーズに応じた更生技術が開発されていることを本号で知りました。誌面の都合で詳述できませんが、情報を頂いた工法の要点は以下に示すような内容です。

道路を掘らない技がここにある
環境にやさしい非開削技術

no-Dig
today

JSTT
JAPAN SOCIETY
FOR
TRENCHLESS TECHNOLOGY
2011 日本非開削技術協会
http://www.jstt.jp

2005
Apr. No. 51



■オメガライナー (Ms, pp.9-14)



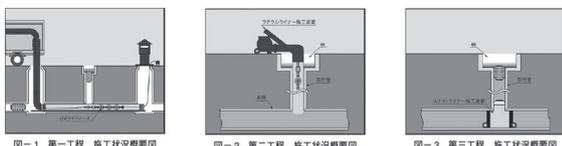
形状記憶塩ビを使用し、折りたたんで管内に挿入した後、蒸気で加熱して既設管内に密着させる。材質が塩ビであるので臭いや火災の危険がない。 ϕ 150～200 (取付管) および ϕ 200～400 (本管) を標準とする。施工延長は50m (ϕ 350～400) および100m (ϕ 200～300) を標準とする。自立強度を有している自立管の形成工法に分類される。

■ICPブリース工法 (Ms, pp.18-22)



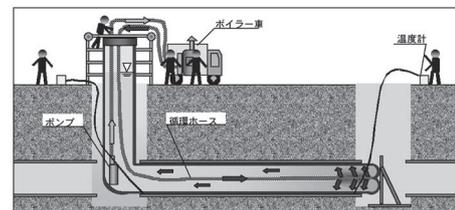
熱硬化型ライナー材を使用し、温水シャワーで固める。本管と取付管は反転工法、マンホールは形成工法といえる。 ϕ 100～250 (取付管) および ϕ 200～800 (本管)、施工延長15m (取付管) および70m (本管)。自立管の反転工法に分類。

■シームレスシステム工法 (Ms, pp.15-17)



光硬化ライナー材を使用する。メインライナー (本管用)、ラテラルライナー (取付管用)、ユナイトライナー (本管と取付管一体用) の組み合わせで管渠全体を一体的に更生する技術である。また、老朽度合いに応じてライナーの厚さを自由に選択できるのも特徴。 ϕ 100～200 (取付管) および200～600 (本管)、施工延長10m (取付管) および100m (本管)。自立管の形成工法に分類。

■インシチュフォーム工法 (Ms, pp.23-27)



老朽管更生のルーツの工法であり、207kmの豊富な施工実績を持つ。水を満たしてライナー材を反転挿入した後、ボイラーにより水を温め、ライナー材を硬化させる。標準工法に加えて、高内圧型、強化型 (大きな外圧に耐える)、ボックスカルバート用などのラインアップがある。自立管の反転工法に分類。

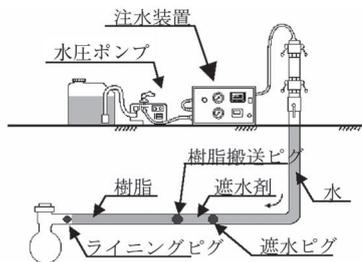
■アクアシャトルライニングⅡ【ASL】

(Mw, pp.28-31)



ガスで開発した技術を上水道に利用した工法。老朽管をブラスト処理した後に、エポキシ樹脂をピグを利用して塗りこむ工法である。ピグとはゴム製のボールで加圧空気により管内を移動する。15A～150Aに用いる。協会の分類には入らないが、防食塗装工法である。

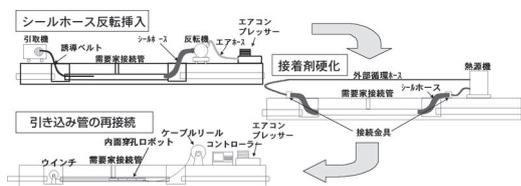
■Hi-NEXT工法 (Mg, pp.32-34)



ライニングピグを用いて白ガス管の内面を樹脂被覆する工法である。ASLと異なる点は、一旦末端まで圧送した樹脂とピグを、再び吸引して引き戻す過程でライニングする点にある。分岐箇所のある配管系や大口径（80Aまで）のために3種類の施工方法がある。客先地内の20A～80Aまでに適応。防食塗装工法である。

■新支管反転シール工法 (Mg, pp.35-38)

50mm程度のガス支管に使用する工法。あらかじめ



接着剤を塗布した被覆材を反転工法でガス管内に挿入し、温水循環で接着剤を硬化させる反転シール工法と、引込管分岐位置を穿孔するロボットとの併用工法であり、開削工法に比べて40%のコスト縮減に寄与する。

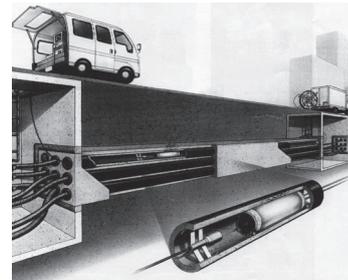
■通信管路の補修・更生技術 (Mt, pp.39-43)

アイライナー工法とスリムライニング工法とがあり、膜厚が3mmと1mmの違いがある。いずれのライナーも3層構造になっており管内への引き込み抵抗を減じ、ポリエステル樹脂の硬化を効率よく行わせる



ための層を持っている。アイライナーは自立管と考えられる。75～100mmに適用でき、最大250mの施工が可能。

■CR管路更生システム (Mp, pp.44-47)



電力用管更生のために開発された技術であり、PRR2000工法は管路の段差修復などを目的とした部分補修工法であり、切削ドリルロボットを管内に挿入し、エアモータの力で段差を切削する。CR管路更生工法は光硬化型ライナー材をCR補修機に巻きつけて管内に挿入し、補修箇所まで停止させUV硬化させる部分補修技術であり、止水や補強などの補修に用いる。

■オールライナー工法 (Mp, pp.48-52)



下水道用に開発された技術を電力用管更生に応用した工法である。内径150～1500mmに対応し、ライナー厚さは4mm以上である。熱硬化型ライナーを用い温水で硬化させるタイプである。また、オールライナーで補修した既設のヒューム管内へステンレス製可とう電線管を3条一括引き入れた、管路二重化工法と呼ばれている工事を紹介。

■ASS工法, ASS-L・H工法 (Ms, pp.53-56)



CR管路更生システムと基本原理は同じ。ライナー

材には熱硬化型と光硬化型がある。内径150mm～700mmに適用し、補修幅は400mmであり、部分補修である。施工延長100m以内とのこと。

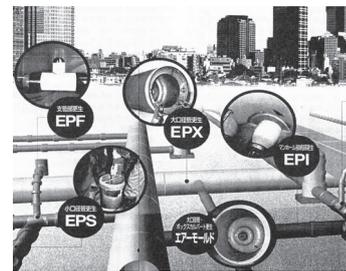
■FRP内面補修工法 (Ms, pp.57-60)



基本的にはCR管更生システムやASS工法などと同じ部分補修工法であるが、取り付け管接合部付のライナー材や、取付管ライニング工法を組み合わせ、マンホールからマンホールまでのすべての管更生に対応できる。熱硬化系と光硬化系のライナー材があり、本管内径150～700mm（補修幅40cm）と内径

150～400mm（補修幅1m）および取付管内径100～200mmを対象とする。

■部分補修ERP工法 (Ms, pp.61-64)



常温硬化のエポキシ樹脂含浸ライナー材を所定位置まで移動させ、空圧で管内に押し付け硬化させる補修方法である。元来エポキシ樹脂は収縮がなく、水中でも固まり、高強度の上、施工機材が比較的コンパクトに設計でき、スチレンを使用していないことから爆発のリスクがないため安全である。

課題と展望

岩田 洋

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
芦森工業株式会社

我が国の地下に埋設されている管路は、上水道、下水道、農業用水、工業用水、ガス、電力、通信等の分野において200万kmを越え、その延長は毎年増え続けています。

これらの管路は徐々に老朽化が進み、いつかは再整備する必要がありますが、これら全てを従来通りの開削技術で整備することは、コスト、交通渋滞や建設残土、騒音、振動等の環境問題からも課題が多く、非開削で整備することが望まれています。

開削せずに埋設された管路を補修、あるいは新管と同様な機能まで回復する管路の更生技術は、1960年代に開発、1970年代から採用され、各分野の管路に対する要求性能により様々な技術が国内で開発、あるいは、海外から導入されています。

更生技術が我が国に採用され、30年余りが経ち、その間に更生技術は飛躍的な発展を遂げましたが、一方では克服すべき課題は数多くあります。例えば、設計の考え方、施工コスト、施工管理の問題があり、それらは徐々に解決されるべく努力され、一部には解決されたものもあります。しかしながら品質の確保については、まだ解決されたとはいえません。

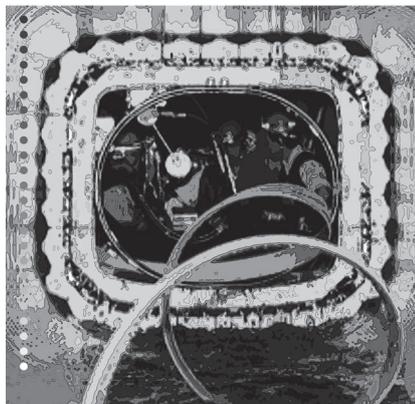
更生技術はその大部分が工場で作られた材料を施工現場で加工することにより更生管路としています。つまり半製品を各現場の相違した環境下で製品化して最終の更生管路としています。現在は、この半製品から現場で製品化する課程を厳しく施工管理していくこ

とにより製品の品質を確保しています。一部の分野では、施工後に人が入ることができない管路では、TVカメラを通したり、管内径の測定機械を通して、また、人が入ることができる管路では目視により、更生管の仕上がり状況を確認しています。しかし、本当にそれだけで良いのでしょうか？

不況が続く中で、下請け、あるいは孫請による低価格の受注により、一部の施工業者による手抜き工事と指摘されている現場が見られます。それにより多くの業者が迷惑しているのも事実です。それらの手抜き工事を防ぐ為にもやはり施工管理を厳しく行うことだけでなく、今後は現場で製品化された更生管路の性能を直接測定することにより正規の製品であるかどうかを判断する必要があります。一部の会社では既に開発に着手していますが、まだまだ商品化されたとは言えないのが現状です。しかし、更生管路の任意の場所での硬化確認や充填確認の技術は管路の更生技術が発展する為にも不可欠であり、是非とも克服しなければならぬ課題だと思えます。

過去には、一部の業者による工事が全体の技術の評価に繋がり、世の中に受け入れられない技術分野もあったように聞きますが、我が国の管路の更生技術を更に発展していく為にも、現場で製品化された更生管路の性能を確認することにより発注者等の信頼を得、非開削で管路を補修、改築できる更生技術のすばらしさを広めていきたいとも思えます。

No.52 中・大口径管路の更生技術特集号



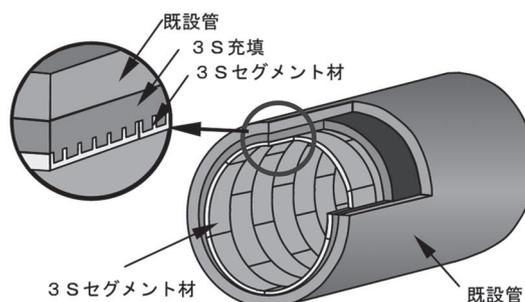
特集の最後を締めくくって、中大口径管の更生工法をご紹介します。このジャンルは同じ更生と言っても小口径管とは異なる色合いを持っています。工事自体がやや大掛かりなものとなり、本格的な土木工事の様相を示しているように感じます。しかし一方では樹脂製の帯板を自動的に巻きたてる工法など、作業者の負担を軽減する工法の開発も行われているようです。

■SPR工法 (Ms, pp9-18)



東京都での実績が豊富であることから中大口径管の更生工法では最も知名度が高い工法である。記事を読んで驚いたが、昭和61年の開発とのことである。約20年も前からあることになる。工法はプロファイルと呼ばれる塩ビ性の帯板を巻きたてる工法である。プロファイルは2重にロックする構造になっている。またスチール補強材をプロファイル外側に嵌めこむことにより剛性を高めるとともにスチールの塑性変形を利用してボックスなどの特殊形状を維持できるように工夫されている。プロファイルを巻きたてた後に裏面にモルタルを注入して既設管と一体化させると新管同等以上の強度に復元できる。円形、矩形、背割り管などの特殊断面の実績が多く、海外にも展開しているとのこと。

■3Sセグメント工法 (Ms, pp19-22)



硬質塩ビ製の透明なセグメントを既設管内に組立てて、裏面にモルタルを注入する工法である。透明であるので充填材の注入状況が目視でき確実性を高めている。また、セグメントの重さは最大で4kgと大変軽く、人力施工が容易な工法である。また、曲線施工や非円形管にも対応が可能であり、供用中でも施工できる。

■ダンビー工法 (Ms, pp23-28)



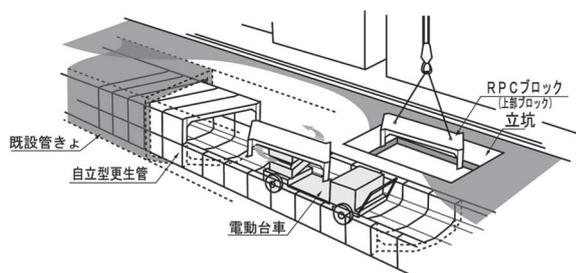
硬質塩ビの帯板をスパイラル状に巻きたてる更生工法である。帯板と既設管の空隙には2液混合型の充填材を注入する。基本的には複合管の考え方で減肉した既設管を更生することにより、耐荷力が増すことを実験で確認している。帯板と帯板を接合するための部材は伸縮性を持っており、地震時の伸びを期待している。円形、矩形、馬蹄形など種々の断面に対応可能であり、円形管では呼び径φ800～3000mmに適用。

■パルテムフローリング工法 (Ms, pp29-34)



円形管ではφ800～3000mmの中大口径管の更生を目的とした工法である。鋼製リング、ポリエチレン製かん合部材および表面部材を既設管内面に組立て、既設管との間隙に高流動モルタルを充填する方式を採用。①既設管の損傷度合いに応じて更生管の強度を変えることができる、②矩形や馬蹄形などあらゆる断面形状および曲線敷設に対応できる、③管路を供用しながら更生することができる、などの特長を持っている。

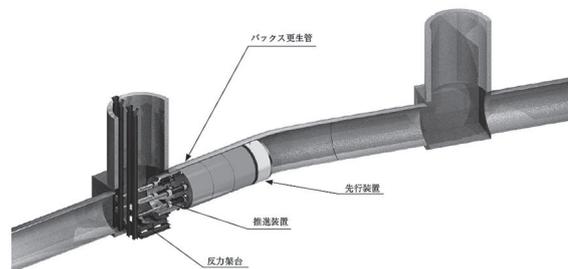
■RPC工法 (Ms, pp35-40)



矩形きよを対象とした更生工法である。基本的には既設きよ内にボックスカルバートをすえつけて裏込めする工法であるが、ボックスカルバートが上下二分割であること、平面視で平行四辺形となっていることに特長がある。この理由は主として既設きよ内の搬送性と回転を考慮したものである。ボックスカルバートを布設する工法であるから、外圧強度に関して懸念材料がないことや、内面にFRPをはったボックスカルバー

トを使用すれば耐酸性にも優れるメリットが考えられる。

■ボックス工法 (Ms, pp41-48)



既設管内に更生管を推進装置を用いて挿入していく。推進終了後に既設管と更生管の空隙に急結モルタルを充填して一体化する。更生管自体が十分な耐荷力を有しているため更生後の力学的課題は満足しやすいと考えられる。更生管は内面樹脂ライニングの鉄筋コンクリート管であるボックスRC管と強ブラ管であるボックスFRPM管とがある。施工はマンホールの斜壁、直壁および中床版などを撤去した後にボックス管および推進装置をつり下ろして施工する。既設管の呼び径φ800～2000mmに対応している。

■スーパースナップロック工法とマグマロック工法 (Ms, pp49-56)



スナップロック工法とは主として小口径管の漏水箇所修繕に用いる工法である。裏面に水膨張ゴムを貼った幅数10cmのステンレスバンドを取り付けることで手軽に部分補修ができる。ここで紹介されているスーパースナップロック工法は中大口径管路用に開発したもので、ステンレスバンドは3分割部材となっており、マンホールから部材の搬入ができる。管内に搬入したバンドはくさび状の固定金具で組立てることにより内径3000ミリまでの管に対応した1体リングを形成可能である。マグマロック工法はスナップロック工法を応用した耐震補強を目的とした工法であり、管やマンホールの継手位置に装着することによりレベル2地震における抜け出しや屈曲に対応できる。

おわりに

45号から52号までの特集記事（69編+52号分）をかけ足で振り返ってみました。下表に特集のタイトルをまとめてみましたが、あらためて非開削技術の懐の広さ、裾野の広がりを感じます。各号に技術紹介あるいは話題提供いただいた執筆者の皆様にあらためて御礼申し上げます。

非開削技術を人間で言うところの内視鏡手術にたとえられる識者がおられますが、内視鏡手術は外科的手術に比べて患者の負担を著しく軽減できます。また、患者を取り巻く家族、仕事などへの影響も小さくなります。人間の場合は意思を伝えることができますから内視鏡手術を選択することが可能です。でも地球は自然災害や異常気象というような究極の意思表示の前に、我々が選択してあげなければなりません。わが国

では財政の悪化ともなって公共工事の「建設コスト縮減」が“錦の御旗”となり久しくなりますが、環境や市民への負担低減をコストとして表現していく時代がもうそろそろ来ても良いのではないのでしょうか？

さて、8号の特集が終わりました。小誌編集小委員会も事務局長を含めて刷新されました。“道路を掘らない技がここにある!”をスローガンとする新しい企画をこれから練ろうと思っています。今後ともご愛読下さいますようお願い申し上げます。

特集のステージ		
①建設	No.45 (2003.10)	超小口径管路建設のための最新非開削技術
	No.46 (2004.1)	小口径管路建設のための最新非開削技術
	No.47 (2004.4)	中大口径管路建設のための最新非開削技術
②調査・探査・診断	No.48 (2004.7)	地下埋設管路の調査・探査・診断の最新非開削技術 (管路内部からの調査・探査・診断技術)
	No.49 (2004.10)	地下埋設管路の調査・探査・診断の最新非開削技術 (地上からの管路位置調査ならびに空洞調査)
	No.50 (2005.1)	地下埋設管路の改築・更新の最新非開削技術
③改築・再構築	No.51 (2005.4)	地下埋設管路における更生技術 (小口径管路)
	No.52 (2005.7)	地下埋設管路における更生技術 (人が入れる管路)

課題と展望

今川 明

No-Dig Today 編集企画小委員会委員
積水化学工業(株)

全8回の特集のラストとして、No.52では「中・大口径管路の更生技術」を集めて紹介した。ここで紹介した工法以外にも更生・更新工法は存在するが、今までの施工実績を紐解き、かなりの更生延長実績を有する有名どころの更生工法から何工法が最近の新工法をピックアップした。ちょっと調べるだけでもかなりの数の更生工法が存在していることがわかるが、ここで、この特集を読んでいた方々に、ひとくちに「中・大口径の更生技術」と言っても、管路の改築・更新を行なう際に、全ての工法が、どんな管路にも適応できるというわけではないというは是非気をつけていただきたい点である。

既設管の劣化状況にしても、クラックが縦横にはしり、中性化によりコンクリート部が崩落、鉄筋が露出して腐食しているなど、緊急な強度補強が必要となってくるケースから、管路自体はそれ程劣化してはいないが、流量を増やしたいというケースまで様々であり、それぞれ、最も適した更生工法が決まってくる。

自治体など、ライフラインを資産として保有するいわゆる発注者側においては、管路の耐用年数を越え、更新時期が集中し、極端なピークが生じてしまうのが明らかとなり、それだけの管路を布設替える事業費は莫大な金額となることから、今の段階から徐々に更生工法を採用して前倒し更生を行い、計画的に更新事業を平準化すると言ったことを計画されているところもある。

こういった様々な状況、制約条件の中、どの工法でも全て適応できるはずは無く、管体強度アップは困難であったり、逆に過剰品質すぎるという場合もありうる。最適な更生工法を選定するということが非常に重要なポ

イントとなる。しかし、現実問題としては、どれでも一緒だから、最も工事費の安い工法を採用するという場合もあると漏れ聞く。

この様な事態をさけるためにも、各工法の有する性能・品質レベルをキッチリ示すことが今後必要である。更生後の管体強度、耐久性、メンテナンス性などに加え、地震大国日本であるがゆえの耐震性には今後さらに着目していかなくいてはならないポイントであり、ライフサイクルコストを考慮した上での工事費も重要視していかなくてはならない点である。

この様に、各種更生工法の個々の有する性能レベルを、発注者側もしっかり把握した上で、設計検討、工法選定していくことが重要であり、そのためには公平性の観点からも、第三者機関にその評価・検査をゆだねるということも視野に入れて、検討していかなくてはならない課題の一つである。

私達の生活になくなくてはならない各種ライフラインも、戦後50年の年月が経過し、更生のニーズがますます増えていくことが予想される。今回の特集で紹介した各種更生工法も、更なる開発が進められると共に、新しいより良い工法も生まれてくるであろう。編集企画小委員の一員として、様々な業種に目を向け、新技術・新工法の紹介にとどまらず、異業種ではなかなか知ることが出来ない業界動向なども含めて、新しい情報を掴み、発信していきたい。そんな情報発信がきっかけとなり、異業種において更なる拡大・発展していく一助となれば幸いである。