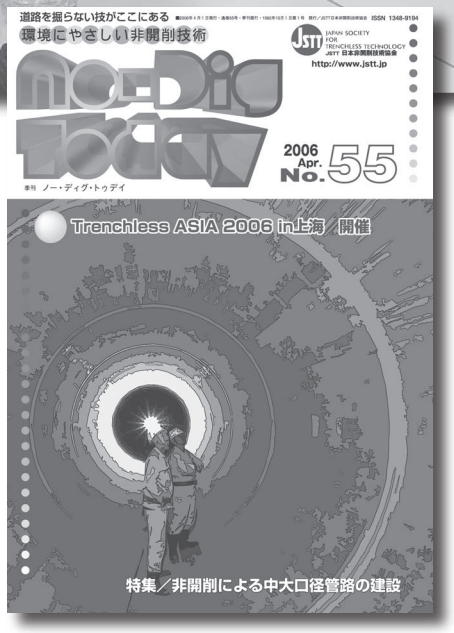
座 談 会　次なる非開削技術の展望「第2クールから見えるもの」

Part1 管路建設の非開削技術

［出席者・敬称略］
司　会：和田　洋（本誌編集企画小委員長）
出席者：粕川　雅敏（本誌編集企画小委員）
　　川合　孝（　〃　）
　　塩見　昌紀（　〃　）



和田：今日は，最初の対談として，超小口径から超大口径までの建設技術について3名のエキスパートにお集まりいただきました。

では，トップバッターは55号の中大口径推進工法の建設について，担当していただきました塩見委員にお願いいたします。

塩見：編集小委員の塩見でございます。

当時を振り返って，55号でねらった事などをお話したいと思います。

非開削による中大口径管路の建設

塩見：二年前に終わった第1クールでの中大口径管建設特集では，長距離推進や曲線推進などを可能にするための工法，たとえばアルティミットですとか管周混合ですとかの滑材施工方法や滑材モニタリング工法といった周辺技術にスポットを当てた編集でしたが，今回の第2クールでは既定の推進概念を超えた推進工法に焦点を当てました。

ちょうどその前年に，二分割した部材を組立て内径3000mmをこえる3500mmの超大口径推進工事を横浜と千葉で施工しましたので，この2工事の記事をお願いしました（**写真－1**）。また，運べない管を推進するという同じ範疇から，施工現場で大口径かつ長尺の管を製作した東京電力の事例もありました。

ラッキーだったのは，ちょうどその頃，日本最長推進記録を樹立した荒川河川横断の工事があったことです。これは鋼管とコンクリート管の二重管推進工事で，河川横断部分を押し終わったあとは鋼管の周囲を裏込めで固めてしまい，その後はインナーのコンクリート管を押すという画期的な工法でした。鉄道横断など重要構造物の下を推進すると，施工終了まで構造物の下を管が移動するわけで，やはり気持ちの良いものではないですね。そういった意味で，今後，利用価値の増えていく工法ではないかと思いました。

また，ヒューム管推進工法でのマシン同士の地中ドッキングですとか，角型パイプルーフでボックス壁体を構築した施工例などもありました。この工法を利用すればボックス断面にとどまらず自由な断面を地中に構築することができますね。

写真－1　超大口径推進管の組立

以上のように55号ではこれまでの推進工法の枠を超えた推進工事に着目して編集することができました。わりと盛りだくさんの内容だったと自負していますが，いかがでしたか?

和田：55号は中大口径管管推進に関する，成熟した推進工法の枠を超えた，大変盛りたくさんの技術紹介がありましたね。

最初には，φ3500の超大口径というこれまでの常識を超えた推進工法を取り上げられましたが，実際に工事も担当されました，協和エクシオの川合委員にさらにコメントをいただくことにします。

川合：横浜市南西部の境川沿い低地区の浸水解消を目的とした下水道整備工事の一環として超大口径推進は，シールド工法で施工された幹線ルート端末と境川放流部間を結ぶ推進延長194.5ｍに採用されたものでした。施工は戸田建設㈱様から弊社が請負い実施したわけです。工事を行うにあたって，超大口径管推進工法は，推進工法での新しいカテゴリーであり当社でも掘進機を保有していなかったことから，掘進機の設計から始めました。

完成した掘進機は容易に組立・解体が可能な汎用機

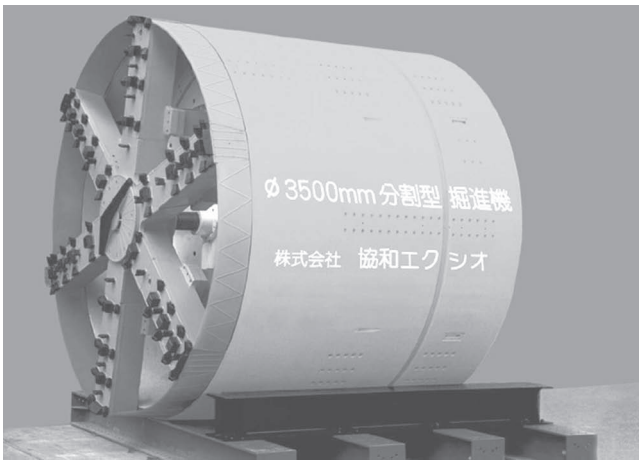
川合：推進工法における掘進機は，通常施工開始時に現場に持ち込み，完了後は回収を行うといったように転用することが一般的です。今回でもこれまでの推進工法の利点を活かせるよう回収転用を考慮した汎用機とすることや，推進管の水密機能等を考慮して，土被り30m，地下水のヘッド差20ｍと想定した条件を満足する構造として設計を行いました。また，土質条件により泥水・土圧式推進工法の両工法において容易に変更が可能な構造も盛り込むこととしたわけです。

掘進機の設計においては，呼び径3500超大口径推進管に対応したφ4070mmという大きさから，推進管と同様に道路運送上，掘進機外殻を長さ方向だけでなく，超大口径用推進管と同様に径方向にも半円筒状に分割する必要性がありました。通常のシールド機では，現地で半円筒を組み合わせた後，一体の円筒形に溶接することにより径方向の均等な強度を持たせていますが，汎用性を含め掘進機を回収することを前提としましたから，分割形状においては外殻を半円筒形とし，分割面をボルト止め構造にしました。

ボルト止め構造の場合，ボルトピッチや母材の設定によっては，変形量が大きくなり，外圧を保持できないことも想定されます。そこで，側面の分割面にはコッタのような補強板を取り付け，ボルトの引張力のみで荷重を受けないように考慮しながら，部材の形状や強度にポイントをおくものの，材料費・運搬費・組立工数にも注意を払い，最終的な構造を決定したわけです。特に構造上で注意したことは，

・前面抵抗力を支える修正ジャッキ支持部分の変形
・呑み込み部分の修正時に作用する左右の不均等外圧による外殻の変形
・半円筒状態における保管および吊り上げ・組立時の姿勢と自重による変形
・組立時の吊り金物の固定方法と固定位置・吊り上げ時の姿勢と組立方法
・推進管の製作許容誤差から掘進機の外殻の変形量の制限

について検討を行った結果，外殻部の部材厚は60mmとし，リブ材を含めた設計条件における地中での最大変位量は主管部の3.2mmとしました。分割面の止水対策は，分割面にシール溝加工を行い，水膨張性ゴム止水材を溝に接着する方法により止水機能を確保した掘進機となりました（写真－2）。



写真－2　呼び径4000まで対応可能な超大口径管推進工法用掘進機

掘進機内に配置する駆動部等の装備品については，組立時の作業半径やレッカーの耐荷重なども考慮して，最適な質量とバランスとなるように配置を考慮しました。駆動部の外周支持減速機部分を例にとると，質量は約12トンであり，輸送時はトレーラーに単体で積載が可能です。また，仮置きするまでは水平に寝かした状態で保管し，組立て時には垂直に立てた後，立坑内に降ろしてバルクヘッドに組み付けなければならないような状態を想定し，吊り込みを行うクレーンの性能や台数などを効率良く確保できるように吊位置についても検討しバランスを考慮しました。このような検討を行い製造した掘進機は，現場での組立・解体，また，施工においてもトラブルも無く順調に稼働することができました。

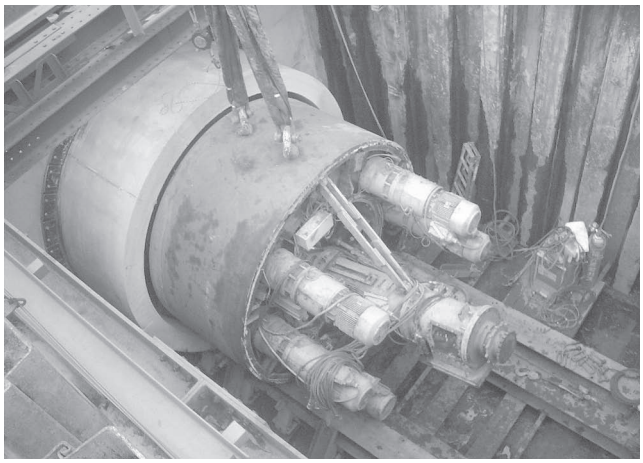
誌面では，横浜現場の他に千葉市での事例を紹介しました。どちらも呼び径は3500で，推進工法も泥土圧式ですが，使用する管材については，横浜がRCタイプ，千葉がPCタイプでの工事でした。千葉市の工事では線形に曲線を含んでいること，また，両工事の共通する特徴としては低土被りによる施工でしたが，両工事とも線形確保はもとより，低土被りにおける周辺への影響も無く工事を完了していることで，超大口径管推進工法が高い次元で確立しているものだと判断できると思います。

超大口径管推進工法の普及を願う

川合：残念ながら横浜で活躍した掘進機は現在次の出番を待ち望んでいますが，なかなかその機会が発掘されていないのが現状です。昨年，超大口径管推進工法研究会により，指針と解説・積算要領・管材についてのマニュアルが発刊されました。このマニュアルの作成においては，企業者や設計会社・メーカー・施工者の技術者の尽力により完成されたわけですから，今後超大口径管推進工法が多く採用されることを期待している次第です。

和田：推進の掘進機は転用が原則であり，シールド工法と大きく異なります。超大口径推進の掘進機は転用が大前提ですが，内径の守備範囲も超えた転用を前提とした設計をなされたわけですね。これは，内径ごとにそれぞれの掘進機を用意するのではなく，ある程度を包括した掘進機製作のヒントにもなるわけですね。

また，推進管も二分割で製作搬入し，現場で組み立てることによりこれまでシールド工法でしかできなかった内径3000mmを超える推進工法が可能になったわけですが，管材料のメーカーとして塩見委員のコメントもいただきたいと思います（写真－3）。



写真－3　超大口径掘進機の内殻引戻し完了

塩見：二つ割の管を組立て推進管とすることができたということは，とても意義深いことだと思っています。組立て方には特殊なくさびを使う方法やPC鋼材でつなぐ方法のほかにも接着剤で貼り付けるといった工法もあるようですが，いずれにせよ「組立て推進管を押すことはそんなにハードルの高い事ではないのです。」ということを示せましたね。この経験を生かして，たとえば大断面の共同溝などを推進したら経済的だと思います。普通，共同溝といえばシールドや推進あるいは開削で，断面空間を作った後に，間仕切りしたり鋼管を配置したりして作ります。組立管を使えばあらかじめ部屋割りした半割り部材を組立て，共同溝断面の管材を作って一発で施工することができる訳です。ぜひ，やってみたい工法なので，読者で発注者の方，よろしくお願いしますと言いたいです。

和田：では，次に東京電力の工事で長尺推進管の現場製作の論文がありました。東京電力は関連工場で4mという長尺管を製作した経緯はありましたが，この報告は現場で推進管を製作するという大胆な工事でした。

海外のシールド工法は，ドーバー海峡横断のユーロトンネルなど，セグメントを現場サイトで製作していたことは有名であり，韓国などにも例があると聞いていますが，推進管を遠心成型ではない方法で現場製作した実績について，コマツの粕川委員に聞いてみましょう。

粕川：コマツとしてドーバーにも取り組みました。

ドーバー海峡横断のシールドトンネル現場は，施工距離も長いため，広いサイト内に工場を作ったようなものでした。しかし，一般的に輸送コストが低減できるといっても品質確保には不安があり，二次製品化して高品質を確保しているのが日本の推進工法ではない

でしょうか。

また，遠心成型でなく流動化コンクリートの流し込みによる製作では，製品としての品質の保証はいかがなものでしょうか。

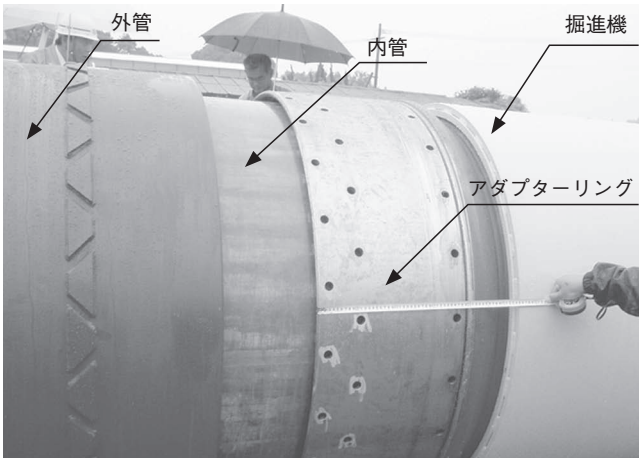
既成概念にこだわらない推進用管材

塩見：橋梁でもサイトPCというのがあるように，現地でコンクリート管を作って推進するというのも有りだとは思います。しかし推進工法というのは，土木工事の中でもフットワークを重視する種目であるように思っています。決して“重”“高”“長”“大”ではないと思うのですよ。そういった意味から，やはり品質の行き届いた工場製品を必要な量だけ輸送して使うというのが本筋ではあるように思いますね。ただし，現場が広くて，しかも輸送困難な大きさの製品が必要とされる場合は選択肢として現場製作は考えられますね。そして，どうせ現場で作るなら長尺の方がよいというのは自然な発想です。ただし遠心成型だと内面仕上げの問題で余り長尺にもできないのが現実です。4m長尺管の使用例は電力管の鞘管として使用されたものですが，鞘管ですから内面美観もそれほど重視されないので問題はなかったのでしょう。また，型枠を立て，流動化コンクリートの流し込みによる製作でも，高所での作業性や型枠に加わる生コンの液圧などとのトレードオフになりますから，長ければよいというものでもないでしょう。

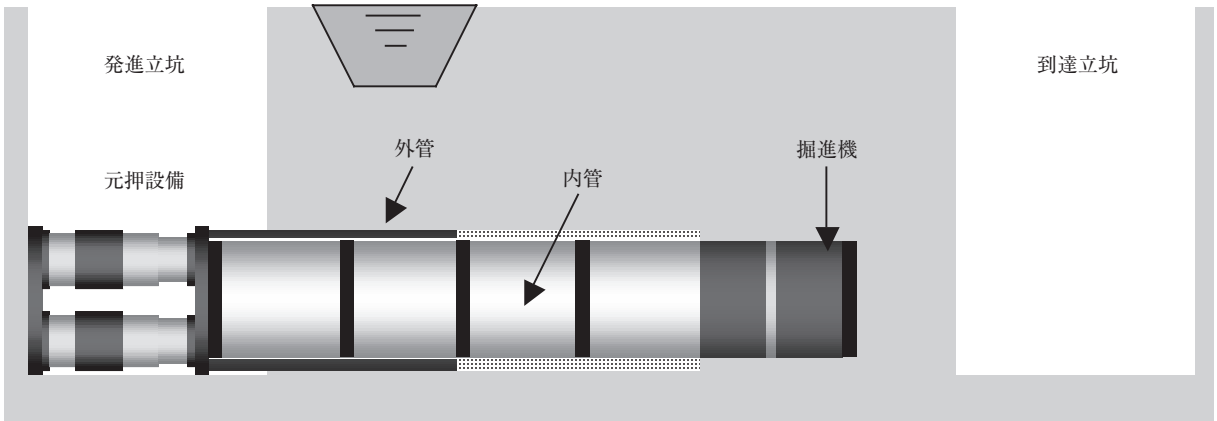
私的な総括として，この施工例が示唆するものは，ヒューム管は2.43mの長さに決まっている，管厚は規格どおりしかできない，運搬上運べないものは推進できないという既成概念を破る方法は色々ありますよということで，二分割推進管と共通するテーマであったように思います（写真－4）。

和田：なるほど，現場で推進管を製作することもできることはできるが，品質確保の面から，現状ではそのような方向に移行することはあまり考えられないことでしょうかね。しかし，二分割推進管が認知されつつある中，今後は機能性重視の規格破り新型管が出現し

写真－4　推進管の仕上がり状況



写真－5　外管から内管の抜け出し作動



図－1　二重管推進工法概要図

てくると思われますね。

さて，次は二重管を使用した長距離推進の施工例が発表されました。これは単に長距離推進の技だけでなく，推進工法の弱点の一つを払拭した技術だと思いますが，鉄道や道路など重要構造物の直下を長期間にわたって推進管を移動させることは嫌がられますね。一級河川の堤防下を推進する場合も同じと思いますが，通過したらその部分は固めてしまって，二重管の内側だけを推進するという発想は，ある意味で新しいシェアの発掘にもつながるのではないでしょうか（図－1，写真－5）。

最後まで推進管が地中を移動する推進工法の弱点を解消!!

川合：まさに和田さんのおっしゃる通りで，推進工法は工事完了までの期間，推進管全体が地中を移動しなければならないことが宿命ですね。そのためには，切削面を確実に保持することと，管周面の摩擦抵抗を極力低く抑えることが，長距離や曲線施工を行う上では特に重要なポイントとなると私は思います。しかし，長い時間，推進管周面のボイドを保持するのは，その状態を正確に把握・管理することが大変難しいことだと思います。以前，グラウトホールから推進管背面の状況を観察したことがありますが，当然全体をリアルタイムで把握はできるわけではなかったため，観察結果による想定しかできませんでした。通常は推進管の背面は見えないですし，同じ土質内でも，ある場所ではきちんとボイドが確保できているが，すぐ横では異なることもあると思います。また，今は良いが時間の経過と供に変化することもあると思います。このような事象に対応するために，これまで滑材や注入システムなど様々なものが開発されてきていますね。しかし，あくまでもポイントで捉えるのでは無く，傾向的な判断で対応する材料や技術ではないかと思います。そのような意味では，二重管推進においても同様ですが，二重管推進工法では，先行して完了した部分は，移動させる必要が無いことから，完了以降の周辺への影響が無く，推力に影響する周辺地盤の影響がその部分では完全にキャンセルできることが，最大のメリットですね。二重管部分での心配がキャンセルできることは，施工においても大きなリスク回避をもたらすことができると思います。

河川横断長距離推進 1200m!!

川合：記事では，呼び径1000，延長1265ｍといった，当時の日本最長推進記録の樹立として紹介されています。パイプラインのさや管としてそれぞれ鋼管部600ｍ，ヒューム管部600ｍが推進されたわけですが，掘進機に鋼管から内管となるヒューム管への切り替え時のスムーズで確実な離脱が行える装置（特殊アダプタ）の開発や，外径の異なる掘削を確実に行うとともに，低推力での推進を可能とするための技術が入念に

写真－6　二重管長距離推進施工位置

検討され導入されています。これにより，記事にも紹介されていますが，非常に低推力で施工が完了していることから，更なる長距離化も可能だと思われます。また，今回の施工においては，先行した鋼管部背面の裏込めが早期に行われたことにより，河床面への影響についても大きく貢献できたのではないかと思われます。今後，推進工法の弱点を補う重要構造物下等の推進では，この工法が期待されますね（**写真－6**）。

軌道横断でも採用

川合：本誌では紹介されなかったのですが，二重管推進工法では和田さんがおっしゃられた鉄道横断での実績もあります。

東日本旅客鉄道㈱発注の千葉県内における降雨防災強化工事で，呼び径800の雨水排水管を軌道直下1.8mの位置に埋設するものでした。軌道影響範囲となる箇所に二重管（ガイド管）を用いて行なわれた工事です。この工事では，ガイド管と鉄筋コンクリート管を一体化させています。ガイド管区間の施工完了後，即座にガイド管背面に裏込め注入が行えるよう，ガイド管内に装備された鉄筋コンクリート管とガイド管のグラウトホールは特殊なプラグで連結されています。

管材開発につながる工法

塩見：この施工例を知ったときから，管材の開発につながるのではないかと思っていました。ガイド管と鉄筋コンクリート管をあらかじめセットしておいた管材です。多分，施工された業者さんには，管がこんなふうになっていればいいなというようなノウハウがあると思います。ガイド管を押すときの，コンクリート管との一体性ですとか，ガイド管周囲へのグラウトの作業性ですとか，コンクリート管を押すときの鋼管内の滑りやすさですとか，ですね。そのノウハウをぜひ教えてもらいたいと思います。また，この記事の最後の方には，将来の応用例として，自走式のアイデアが出ていましたが，管材の開発を含めて工法の開発にかかわって行きたいと思ったのが私の印象です。

和田：二重管の採用から発想が展開され，用途も広がる可能性もあるという明るい話でまとまりました。今後に続いていくものと期待しましょう。

さて，次はヒューム管推進工法による地中接合の話題となりますが，シールド工法では東京湾横断道路建設技術で確立されたMSD工法ですね。メカニカル・シールド・ドッキング（MSD）が広く採用されていますが，推進工法では測量という大きな問題もあると思います。推進管が絶えず移動していくものですから坑内に基準点を設置できない問題や，観測坑を掘れないなど，シールド工法と比べ，ハンディが大きいと思われます。実際にヒューム管推進を開発されました川合委員に伺いましょう。

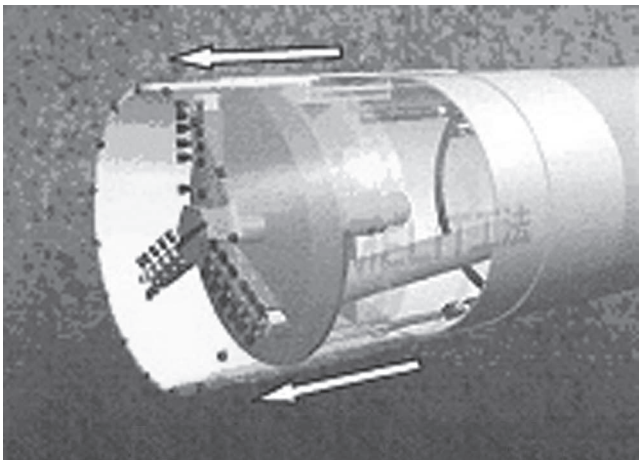
内臓型エントランスパッキンが2台の掘進機を地中で容易に接合

川合：この技術は，直接既設構造物に接続可能とすることで到達立坑を不要とする工法を開発したヒューム管推進工法の発展として，両方向から推進を行ってきた2台の掘進機を地中で接合することで，さらなる路上工程の削減と長距離管渠の築造を可能としたアースドッキング工法です。記事では，2台の掘進機のドッキング方法として，これまで既設構造物到達時に利用した内蔵型エントランスパッキンをそれぞれの掘進機に装備し，貫入処理時にそれらを密着させることで，安全かつ構造的にも管渠として完成する方法を紹介されています。この工事では，呼び径ϕ1350mmとϕ900mmといったように異径管による2台の掘進機における地中接合の結果ですね。また，この工事ではヒューム管推進工法という掘進機ユニットが坑内で撤去回収できることが，ドッキング工程を容易にしたと思います。

繰り返し行われる測量が高い精度を確保

川合：和田さんがおっしゃられるように，観測孔を設置しないで，地中で2台の掘進機を正面で接続する場合には，高い測量精度が求められると思います。この工事でも接合位置に到達するまでに，片側のスパンでは直角に近い曲線があること，また，反対側のスパンでも複数の曲線を経て到達しなければならなく，エントランスパッキンを有効に機能させるためには，掘進機径の差はあるものの，その到達精度は±10mmとたいへん厳しい条件です。しかし，測量においては特に事前に連絡孔などによるチェックを行ったわけでは無く，トラバースによる光学測量と，到達時にはトランシットを取り入れた一般的な測量でしたが，測定回数を増やすことで精度の向上を行い，無事に到達したと報告を受けています。写真でもわかるように，2台の掘進機の先端部分のクロスビットがピッタリと合致

写真－7　2台のマシンがピタリ



図－2　スライドリングによる地中接合

していることが判ると思います（写真－7）。シールド工法のように坑内に基準点を設けられない推進工法では，推進期間中は何回も始点となる立坑から測量を行うことで，発進立坑内に設置される基準線に誤りが無ければ，測量の間違いや誤差をキャンセルできますね。トンネルを施工する技術者としては，見えない地中を進んできて，所定の位置にカッタヘッドが顔を出した時の喜びを得るために「測量」ということに誇りと最善の技を注ぐのではないでしょうか？　これは個人的な考えだけかもしれませんが，中大口径管では人力による測量が可能なので，近年は自動測量システムも開発されていますが，疑うわけではないのですが最終的には自身で測量しないと納得できないという思いもありますね。どちらが良いかの判断は難しいですが，路上と地下の位置づけが明確に判るような技術が開発されたら，楽しみは減るかもしれませんがトンネル施工も楽になりますね。

ドッキング技術で超長距離管渠も

川合：今回のように地中で2台の掘進機がドッキング可能であれば，例えば片側1kmづつ推進することで2kmの管渠の築造も可能ですね。その他，2スパンで施工することでの超長距離施工のリスク回避や工期短縮なども可能かと思います。掲載された工事では，安全性の面からドッキング箇所の地盤改良がありましたが，ドッキング方法を確立することにより，地盤改良の削減による更なるコストの縮減も可能となると思います。また，この工事では異径による地中ドッキングでしたが，同径による施工が可能となれば，更に適用の範囲も広がることから，今後の課題ではないでしょうか。

フードが直接既設構造物を切削・貫入可能な技術も

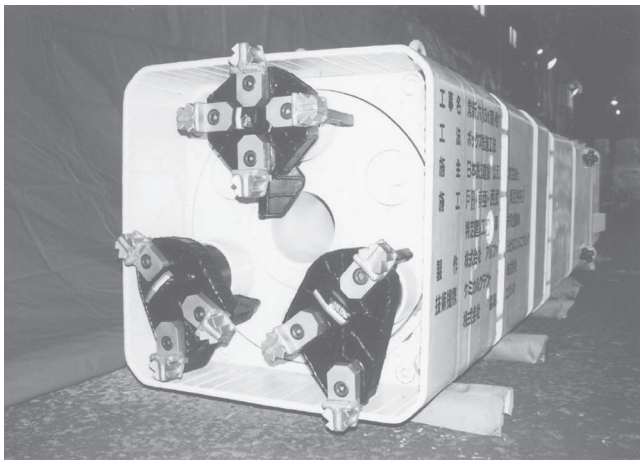
川合：その他に，地中での接合方法の新技術として，掘進機に格納装備された切削ビット付きの鋼製リング（切削リング）をカッタヘッドの回転トルクを利用して回転させ，既設トンネルを直接切削・貫入し，新設トンネルをＴ字形に機械接合する地中接合工法が昨年の下水道展で紹介されていました。直接到達では，既設側開口時の到達処理が最も危険ですね。このような場合に，堅固なリングが土留め壁の代替機能を果たすことができることは，安全性向上に大きく貢献できると思います。また，地盤改良の規模の縮小や作業性の向上などからコストの縮減も可能ではないでしょうか（図－2）。

和田：回収型の掘進機を利用した用途として，最も難しい工事だったのでしょうが，掘進機先端のクロスビットがドッキングするすばらしい写真は感動しますね。この工法はまだまだ発展される要素が非常に大きいものと思われますね。

55号の最後の話題となりますが，非円形掘進機を利用した工法です。これは単に掘進機構が矩形だというだけでなく，矩形の小トンネルを組み合わせることにより様々な用途展開が図れるというものですね。でも，トンネルの構造としては円形が一番理想的と思われるのですが如何なものでしょうか。

矩形のトンネル技術も進歩

粕川：他にも円形シールド工法では，親子シールド，球体シールド，H&Vなど，曲芸的な工法があります。矩形もその一つと考えてはいかがでしょうか。近年で

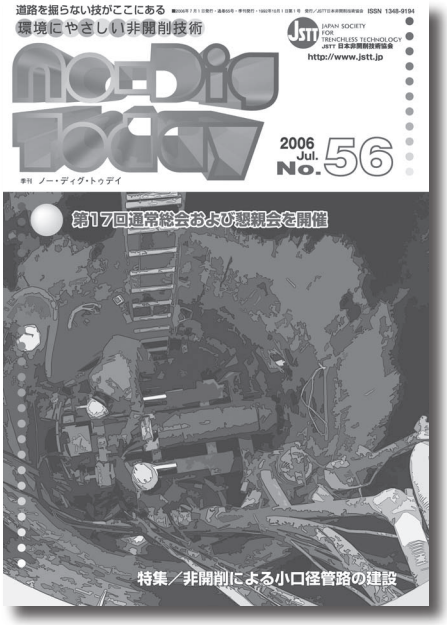


写真－8　ボックス掘進機全景

は開かずの踏み切り対策として，軌道・道路等のアンダーパス工法として，矩形シールド工法や矩形パイプルーフ工法なども開発されています。矩形断面は有効断面の縮小も可能となり，幅員の狭い場所や土被りの減少も可能となる他，発進・到達立坑レスの工法も新たに考案されており，今後のニーズに対し適用範囲が更に広がっていると思います。しかし構造物としては確かに円形が理想ですし，構造物の強度や矩形の掘進機の適用土質は玉石層などでは，特にコーナー部の掘削は掘進機の構造上切削が難しいなど課題は多いと思います。現状都内で鉄道関係の開かずの踏み切り対策工事が行われていますが，立地条件，用地の問題，トータルコスト，適用条件などがなかなかマッチしないためか，軌道の高架橋化または円形シールド工法による地下化が主流で行われているようです。この矩形のトンネル技術は都市の鉄道・道路などの再構築技術として，必要な場所があると思いますし必要な技術であると思うため技術的に期待しています（**写真－8**）。

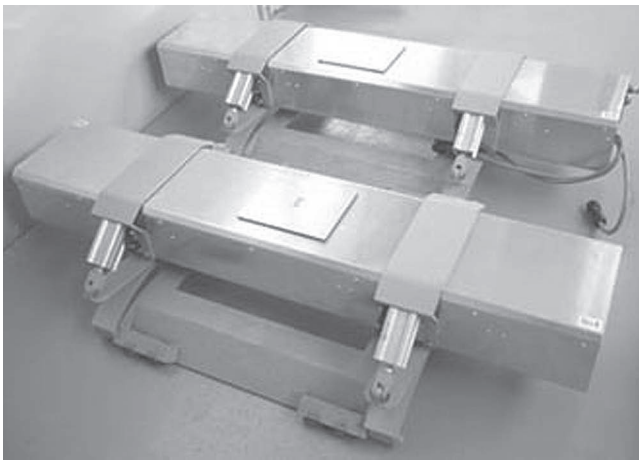
和田：中大口径管管路建設につきましては55号に盛りたくさんの話題が集中しましたが，どれをとっても日本の非開削技術の集大成といえる内容のものであったと思います。話はつきませんが，次のテーマに移りたいと思います。

56号は人が入れない口径φ800mm未満の小口径推進工法についての特集でした。この特集はコマツの秋山委員に担当していただいた号でしたが，委員交代されましたので，コマツの粕川委員に最初のコメントをいただきたいと思います。では，粕川委員お願いいたします。



小口径管推進工法の30年の歴史

粕川：昔は人が入れる断面である手掘りシールド工法で管路が布設されていましたが，徐々に人が入れない口径φ800mm未満の小口径へとニーズがシフトし，約30年前にアイアンモールという小口径管推進工法が世の中に登場しました。またレーザーターゲットにより，人が入れない断面でも施工精度が保てるといった画期的な計測器も登場しました。その後，方向制御技術の進歩や様々な工法の登場もあり，各工法は適用土質を広げ,推進可能距離を伸ばしてきたと思います。今では幹線が終わった地域では枝管φ200～300mmが主流となっており，ニーズは更に小口径化へと進んだと思います。このクラスの推進機では駆動部や揺動部のスケールダウンをはじめ，施工精度を保つために計測・測量機器も限られた小さなスペースに，装置・機器を詰め込むためスケールダウンが非常に難しくな



写真－9　曲線測量装置（角度計測センサ）

りました。また装置・機器を詰め込むだけではなく，特に先導体などは製造上の組立やメンテナンスにおける分解・再組立が曲芸的になります。更にはこのクラスの口径で長距離・曲線推進に至ってます。

56号ではこれらの50工法ほどある，人が入れないφ800mm以下の小口径推進のうちから，特に話題性の大きい技術について取り上げ，原稿を集めました。

和田：そうですね，小さいことの難しさは理解されていると思いますね。人が行っていた操作を全て遠隔で操作するわけですからリスクも大きくなるでしょうね。下水道としては300mmや400mmで十分な設計を，人が入って施工できる最小径の800mmで設計，施工される例も多かったと聞いていますが，小口径推進が発展すれば，必要な口径で施工できるわけですから合理的といえるのでしょう。

測量一つを取り上げてみても，測量方法が各新工法を支えるといえるくらい開発競争がなされてきたと思います。小口径曲線施工を左右する測量技術と工法の関係についていかがなものでしょう（**写真－9**）。

地上環境に左右されない測量システムが多数開発される

川合：小口径での測量については，直線でも狭い管内から掘進機に装備したターゲットを，発進立坑から視準するのは難しかったと思います。そのため，発信器を掘進機に組込み磁力線を利用して，掘進機の直上で測定する方法を採り入れ位置の検出を可能としたことで，直線でも曲線推進でも位置計測が可能となったと思います。磁力線による測量は，その位置で測定するために，トラバース測量のように累積誤差が無く簡単に測定できることが利点ですね。しかし，水面上でもボートを浮かべることにより測定は可能ですが，深い場所や交差点部や構造物の下越し，また，磁力線に影響を及ぼす物が周囲にある場合には測定が行えないことがネックだったと思います。このような問題を解決するために，レーザーを曲げる方法，ジャイロを使用する方法，最近ではCCDカメラの原理を応用したものなど，中大口径と同様に小口径での坑内での測量技術が開発されています。掲載記事以外には，坑内を計測台車が走行して連続的な軌跡を含め測定する技術もあったように思います。小口径でのネックは，やはり坑内でのメンテナンスが途中では行えないことだと思います。最近富士フィルムが衛星に搭載する写真装置のコマーシャルでも見受けられるように，掘進機も同

川合　孝氏

様ですが測量装置についても，コンパクト化する技術と耐久性・信頼性を確保するということでは，難しい技術だと思います。どうしても技術者としては，精度においても極限を追及してしまいがちだと思いますが，施工や環境条件における要求精度を満たすためのグレードがあって，利用者がその条件により選択が可能となることで必要以上のコストを抑えることも可能だと思います。それには，これは課題ではないのかもしれませんが，測量技術の開発が工法毎に行われている場合が多いように感じます。掘進機の仕様や後続の推進管内の形態等を考慮すると，各工法で異なることから難しいとは思うのですが，研究開発費の捻出も難しいような厳しい社会情勢の中では，中大口径推進のように一般化した測量技術のように，どの工法でも利用が可能な技術開発を行うことも，更なる進歩の早道になるのではないかと思います。

和田：人が入れない管というのはリスクが大きいと思います。掘進機の構造もシンプルにしておかないと，電磁弁一つ具合が悪くなっても，漏電しても掘進ができなくなってしまうのですから。また，測量技術は完成の域に達したかに見受けましたが，まだまだ進歩していく必要があります。汎用型の測量装置が開発され，どの工法にも利用できる測量装置があれば嬉しいですね。

さて，塩ビ管の推進については「開削より安い」というキャッチフレーズで広く採用されてきましたけれど，やはり限界があるのでしょうか。塩ビ管の推進は日本の特有な技術なのでしょうか。将来はどうでしょうか。管材メーカーとして塩見委員はどのように思っていらっしゃるのかお聞かせください（**写真－10**）。

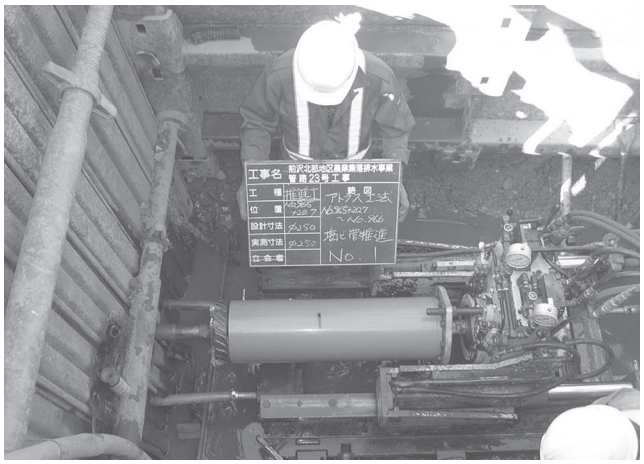
塩見：最近，小口径推進に使うヒューム管は，長さ1mあるいは1.2mの半管が急に増えてきました。この背景には，話題に上った曲線推進に対するニーズで

塩見　昌紀氏

すとか，小口径立坑からの発進ですとかがあるのでしょうが，小口径で長い管というのは，曲げに対して弱点を持っていますので，半管が増えていくことは歓迎できることです。曲げで管が割れるというのは推力と余り関係がありませんが，トラブルの起きた現場では，必ずといってよいほど「推力が小さいのになぜ割れた?こんなことは一度も経験がない。」と言われます。原因を管メーカーに特定せよといわれても，それは非常に難しいことです。「推進屋さんのほうが分かるでしょう!?」というのが本音です。塩ビ管の推進では余りクレームはないのでしょうか?“低耐荷力”ということばがあるから推進屋さんも気を使って施工してくれるのでしょうか?考えてみると，ヒューム管はかわいそうな管です。

塩ビ管の話が出ましたが，ヨーロッパでは余り塩ビ管が使われることはなく，塩ビ管推進も日本独自の技術であると聞いています。現状では塩ビ管といえども推力の70％を管材で伝達しているといわれていますが，できるだけ管に推力を加えないという独創的な技術は素晴らしいものだと思います。

また，小口径推進管に目地仕上げが必要かという議論があることも聞いていますが，実用上は目地が開いても，すぐに固形物が詰まりますし，カラーも耐食性の良いステンレスカラーにしておけば，腐食についても余り大きな問題ではないように思っています。結局のところ，これからの小口径推進管に要求される性能と聞かれると，もう既にありますけれど，可とう性推進管のように長くても曲げに強い性能でしょうか?また，粕川委員がおっしゃっていた事がありますが，将来のことを考えて，耐食性もあり，また改築の際に壊しやすいという性能も求められてくるのかもしれませんね。



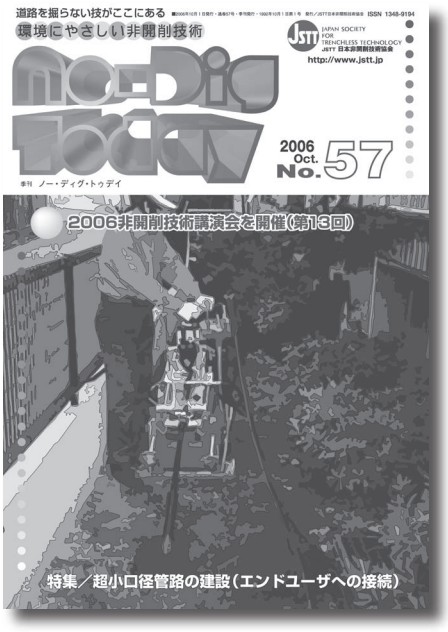
写真－10　塩ビ管推進工発進状況（第二工程）

和田：そうですね。

塩ビ推進も今後は更なる長距離化，曲線施工対応した工法も出てくるような気配があります。また，管材に関してもこれからも新しい発想に基づいた新しい管も出現するのでしょうか。

さて，57号は超小口径管路建設の特集でありました。

第1クールの終了後，54号で「HDD（誘導式水平ドリル）工法の普及にむけて」の特集を行ないました。これはHDD委員会で検討してまいりました工法標準設計・積算資料が完成した記念号としての特集でした。



57号は超小口径管建設の特集ですが，HDD工法そのものは，今申し上げたように54号で詳しく掲載しましたので，ここでは「エンドユーザーへの接続」という視点での特集となりました。本号の担当でありました川合委員に超小口径管路建設全般から振り返りながら特集について，語っていただきます。

川合：超小口径管路の建設ということで，和田さんか

らご説明があったように，特集としては比較的小規模ながら本管として利用できるもの，支管として利用するもの，また，直接本管に接続する技術を紹介しました。ここでは，54号でのHDD特集の記事も含め議論できたらと思います。

海外ではあたりまえ、国内での普及は？

川合：海外では主要管路建設としてのHDD工法は広く普及しています。国際会議での機械の展示はほとんどがHDDの機械です。そんな工法が日本では，一部ガス業界では比較的普及していますが，水道はポリエチレン管の採用が認められないといったように企業者の取り組みに左右されています。また，埋設物が輻輳する都市部において比較的浅い箇所で施工する場合は，容易に施工が可能なHDD工法でも近接埋設物の調査などを入念に行わなければといったことが懸念されますね。しかし，縦断線形をあまり必要としない管渠設備には，今後もっと多く採用されても良いような気がします。そういった意味では，前方探査しながら避けながら施工できるインテリジェントHDDに期待したいと思います。

前方探査技術への期待

川合：残念ながら現状では接触を回避する程度の範囲でしか探査ができないようですが，さらに前方の探査が可能となれば，障害物を回避しながら推進を行うことも可能となりますね。だた，あまりにも自由に進めるようになった場合には，施設記録として残すための，軌跡を正確に測定する技術も必要となりますね。遠い宇宙まで寸分の狂いも無く飛んでゆける時代ですが，我々の住んでいる地球の内部を見る技術は地表面

写真－11　フレックスドリル掘進機

粕川　雅敏氏

のすぐ下でもはっきりとしないということでは，まだまだこれからの技術なのかなと思います。おそらく地中をリアルに透視できる技術を開発したらノーベル賞ものですかね。

和田：欧米では非開削工法イコールHDD工法だというほど普及している工法がなぜ日本で普及しないのでしょうか。JSTTではソシアルコスト研究会を発足する準備を進めていると聞いています。CO_2削減をコスト換算し，ライフサイクルとして経済性を考慮すれば，超小口径といえども非開削工法の採用機会は増えるのでしょうね。

さて，幹線として建設するHDD工法のほかに，57号はエンドユーザーへの接続でした。このなかには大変興味深い記事もありました。小型バックホウのアタッチメントサイズのコンパクトな「フレックスドリル工法」がありましたね。機械の設置が困難な急勾配や階段などでも施工が可能ということですが，発想が面白いですね（写真－11）。

家庭への引込にも利用可能な非開削技術

川合：そうですね。地上構造物を壊すことなく施工できる工法としては有効的ではないでしょうか。本誌のサブタイトルは「道路を掘らない技術がここにある」ですが，公共的な道路の掘削と自身の敷地の掘削を比較すると，一般の企業や家庭では，たとえば自宅の車庫の土間や塀，植木など庭を掘り起こされるのは，イメージ的に大きいと思います。家庭へのライフラインの引込は道路から家の裏側まで行うことも多いと思います。そのような場合に，ここで紹介したような技術を用いて施工されれば大いに歓迎されるのではないでしょうか。「たけのこモール」といったユニークなネーミングにもあるように，庭先で工事をしてい

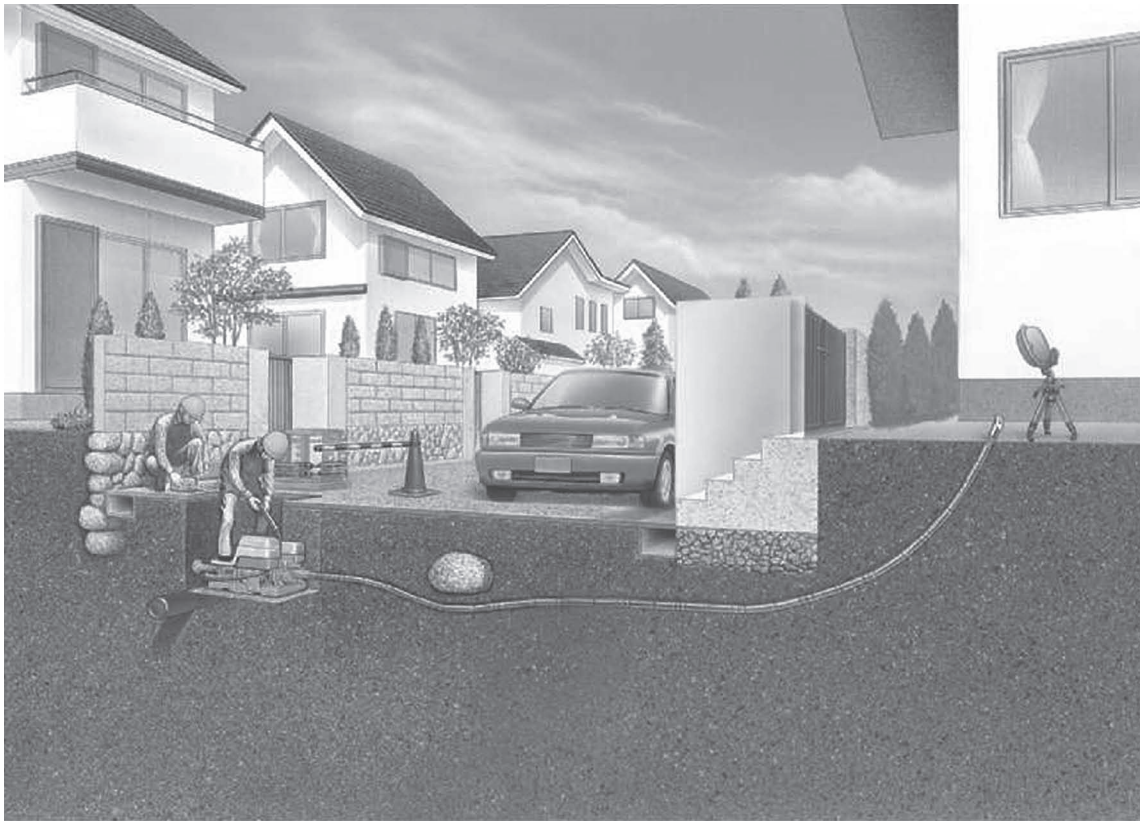
和田　洋氏

たと思ったら，突然たけのこのように家の裏がわにパイプがニョキッと現れるという技術があるということは，一般の人は知らないのではないでしょうか。僅かなスペースから施工可能な技術を広くPRすることで益々需要も増えるとおもいます。そういった意味ではJSTTも一般市民を対象に普及活動もしてゆく必要がありますね（図－3）。

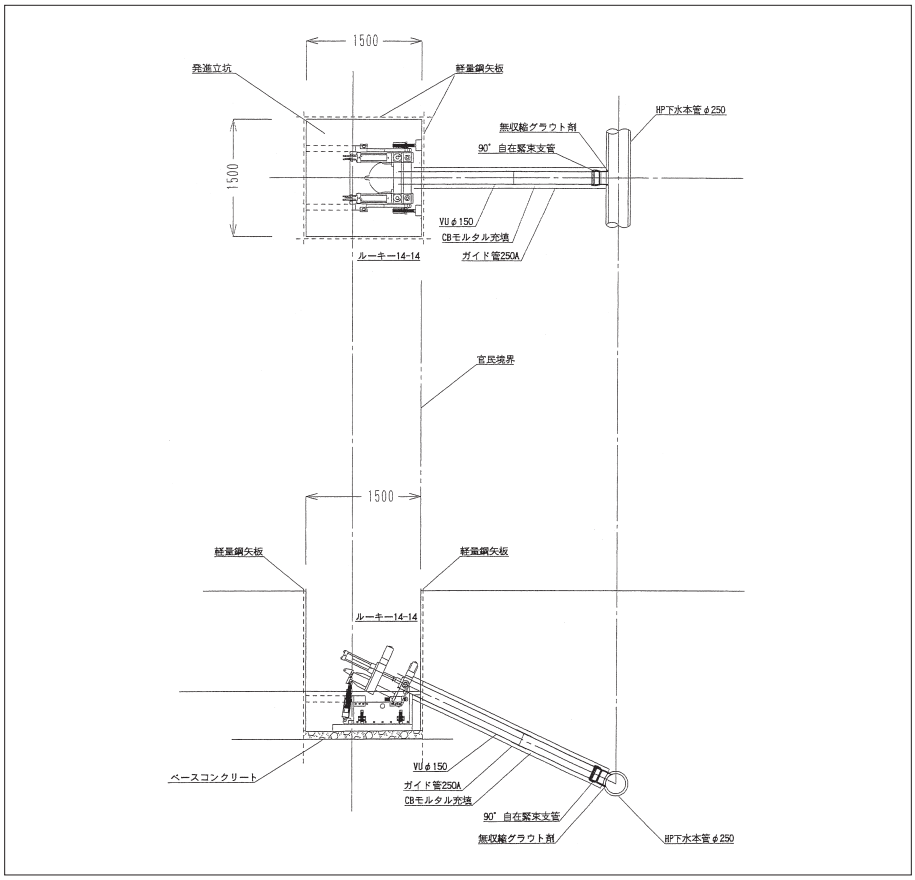
和田：基本の原理はHDD工法そのものですが，小型化を目指し各工法も切磋琢磨している様子が窺えます。さて，非開削で管路を敷設しても，各家庭からの流入管を開削で取り付けているのではまずいですよね。そこで，ハウスコネクション（取付管）を非開削で行なう工法も要求されてきた訳ですね。私も20年ほど前から横浜市と共同で開発に携わっており，何ヶ所も施工した経験があります。地下10mの深さに埋設されたφ250mmの推進管に，φ150mmの塩ビ管を取り付ける工事で，非常に難しい施工でした。斜め削孔方法，位置の探査方法，接合部の取り合いとコアーの回収方法，塩ビ管挿入部の止水方法など，今考えてもよく施工したなという自己満足に浸ってしまう仕事でした。57号に報告されている本管に接続する技術はどんな傾向か振り返って見ましょう。

分岐部の非開削化により、末端までの一連の非開削技術がシリーズ化

川合：誌面では，グッドモール工法・ストライク工法・ベビーモール工法の3工法を紹介しました。通常接続する本管は，車道や歩道下に埋設されています。分岐部を開削で施工する場合には，本管の周辺以外に，分岐部については車道や歩道を横断して掘削しなければなりません。取付管推進工法は交通等の支障をきたさない場所から施工ができるのがメリットですね。取付管推進工法では，本管に斜めに取付ける場合



図－3　たけのこモール工法概念図



図－4　施工例（立坑～本管）

が多いことから，必ず本管の中心軸に推進しなくてはならなく，本管の位置を正確に把握する必要があることや，推進長が長い場合は，先端の拝みなどにも十分に注意する必要がありますね。現在は，非開削による推進技術の他に，取付け部の構造的な技術課題に対して，耐震性を備え安全に施工が行える技術開発がなされているようです（図－4）。

分岐管は場合によっては，その間隔が密である場合が多くあると思います。せっかく本線を非開削で施工しても，分岐部で掘る工程が発生してはもともこもありませんね。そんな場合には，取付管推進技術は有効に活用できると思い，益々の普及を願っています。

粕川：そうですね。先ほど小口径管推進の小型化の話をしましたが，更なる小口径管推進は取付管推進技術ではないでしょうか。取付管は一般的にφ100～150mmですが，計測・測量技術も更にハードルが高くなります。また取付管を布設する際，付近に他のライフラインも埋設されていることがあると思いますが，これらを回避しながら布設しなければならないなどの課題もあります。幹線，枝管の布設が終わると最後は取付管布設となり，ニーズはφ250～300mmの小口径管推進と取付管推進が当面続くと思います。今後技術的にこれらの諸問題を解決し発展することを期待しています。

塩見：皆さんのお話を聞いていると，中大口径では既成概念の枠を飛び越えて推進工法が発展していこうとしています。小口径も管材を選ばず技術が確立してきたし，さらに極小口径では取付の技術的課題を解決していけば更に需要は伸びる，といった推進工法の応援団的な発言がどうしても中心になりますね（笑）。われわれの思いが，今後さらに実を結んでいってほしいと思います。

最近，ソシアルコストですとかアセットマネジメントですとかの横文字がはやっていますが，結局のところ，“お客様のことを真剣に考える”ということにつながると思うのです。聞いた話ですが，ヨーロッパでは浅層埋設でも非開削で施工することがある。これはなぜかというと，伝統的な石畳や街路樹をそのままにしたいから，ということらしいのですね。施工時の“お客様”の交通支障を減らす，トータルで見た“お客様”の経済的負担を減らす。また“お客様”の環境を守る，といったユーザー重視の視点から考えると，非開削が良いに決まっていると思います。また逆に，“お客様”であるわれわれ国民が，求める力，文化水

準，人間力といったものも高めていかなければならないということもあると思います。第3クールではこのような視点から非開削技術を見直しても面白いのではありませんか？

和田：そうですね，塩見委員が纏めてくださったように，「お客様のことを大切に考えること」，すなわち環境を守る，CO_2の排出量を抑え，地球温暖化を抑制していくためにも非開削技術はこれに貢献していかなければなりませんね。

3名の小委員のかたにそれぞれの担当したテーマを切り口として，非開削技術による管路の建設について，超大口径から超小口径までのお話をいただき，管路建設における最新の技術が非常に多岐にわたって紹介されました。

これらの話題提供から将来に向けた非開削技術の展望が少しは見えましたでしょうか。「道路を掘らない技がここのある」をキャッチコピーに，非開削技術が採用される機会が少しでも増えていくことを期待してこの座談会を閉じさせていただきます。みなさまお疲れ様でした。

推進工法の専門技術雑誌　毎月1回10日発行　B5判

月刊推進技術
MAGAZINE, MICRO-TUNNELLING TECHNOLOGY

購読料(消費税込)…1冊1,000円、送料100円
年間購読(12冊)12,000円(送料含む)
お申し込みは下記まで
発行　社団法人日本下水道管渠推進技術協会
〒135-0047 東京都江東区富岡2-11-18(西村ビル) ☎03-5639-9230