

第30回 非開削技術研究発表会 に参加して

河西 一嘉
KAWANISHI Kazuyoshi
(株)協和エクスオ
(本誌編集委員)



令和元年を迎えて最初となる、『第30回非開削技術研究発表会』が、11月19日に新宿区の角筈区民ホールにて開催され、私も参加して来ましたので、その時の模様を簡単にお伝えしたいと思います。

読者の方々は既にご存知の事と思いますが、“非開削技術”と言っても、推進工法だけではなく、管更生や探査・調査、維持管理などがあり、また、その用途も下水道だけではなく、電気・水道・通信・ガス・熱供給など様々な分野で用いられています。

これらの分野や業界ごとに工法や技術に関する様々な協会や団体等がありますが、(一社)日本非開削技術協会は、業界や分野を限定せずに幅広く“非開削技術”にスポットを当てて、学術・研究者だけではなく、会員も交えた技術発表の場を提供されている数少ない協会です。

今回の発表会では、『地中調査・探査』、『地中維持管理』、『地中掘削（推進工法）』、『地中掘削（推進応用）』の4つのセッションにおける合計13件の発表に加えて、“海外の最新非開削技術紹介”として、本誌前号の海外イベント報告にて紹介された中から2社の関係者による特別講演がありました。

この発表会の参加者は、下水道分野だけではなく水道・ガス・電力・通信・鉄道・設備プラント関連の幅広い分野の官公庁や各事業者、研究機関、大学関係者、そして設計・施工会社など全国から約170名の出席がありました。

発表会は、森田会長による挨拶によって始まり、セッションのテーマ毎に新しい技術や取り組みの他、学術研究成果、施工事例や応用事例、中には成功事例だけではなく、上手く行かなかった事例やトラブル事例とその克服方法など、他の発表会ではあまり聞くことができない貴重な発表が数多くありました。

また、特別講演の海外技術紹介では、北米非開削技術協会の学会にて「技術革新賞」を受賞した技術や、画像処理に関する最新技術の紹介があり、各発表者に対して活発な質問が交わされていました。閉会にあ

り技術委員長の宮武氏からのご講評により、盛況のうちに発表会は終了しました。

発表会の終了後は、会場を移して意見交換会も開催されました。

この意見交換会は、主催者や発表者だけではなく、希望者はどなたでも参加できるとあり、発表会出席者の多くが意見交換会にも引き続き参加されておりました。

会員同士による情報交換や交流のほか、ここでも発表者に対して追加質問や意見交換など活発な議論が開かれていました。

特に海外発表者の周りには時折人垣もできて、直接英語で質問や議論される出席者の方もおられるなど大変な盛り上がりを見せておりました。

意見交換会の閉会挨拶では、(一社)日本非開削技術協会の石川和秀副会長が、『この発表会は、(一社)日本非開削協会が設立された“平成元年”から特に力を入れて取り組んできた事業の一つであること』そして、『医学では、開腹手術から内視鏡手術へ技術が発達・進歩したように、道路をできる限り“開腹（掘削）”しない非開削技術を更に発展する為にも、優れた技術や情報を提供し、技術者交流を活発にする貴重な機会を提供するのが、この発表会の重要な役割である』というお話がありました。

“平成元年”の協会の設立と共に誕生した技術発表会ですが、今年から“令和”の時代に入り、今後もこの発表会が非開削技術の更なる進歩の役割を担う“灯火”としてあり続けて頂きたいと思います。主催者によると、今年の参加者数は例年よりも多く、また、来年度の開催に向けて、もう既に海外から“是非発表させて欲しい!”という依頼が届いているそうです。

今号では、この『第30回非開削技術研究発表会』にて発表された論文のアブストラクトが紹介されることですので、今回出席できなかった方々には、ご一読頂きたいのは勿論の事、次回開催時の発表や参加への大きな関心にもつながって頂ければ幸いです。

■ 発表論文 アブストラクトの紹介

この論文はJSTTのホームページで閲覧、ダウンロード(会員無料)することができます。

1.1 衝撃弾性波検査法を活用した小口径管の定量的な耐震診断

管路品質評価システム協会 越石 博行

緊急輸送路や幹線道路、避難場所へ接続される管路の安全性を適切に確保することは、社会インフラとして重要なことである。

下水道施設の耐震計算としては、施設の重要度によって、レベル1地震動、レベル2地震動について考慮しなければならず、既存管路施設についても同様の検討が必要である。

既存管路施設については、『下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-公益社団法人日本下水道協会』によると、「老朽度調査等により残存強度耐荷力（ひび割れ幅、鉄筋の腐食、部材厚の減少等）の評価ができれば耐震診断に反映させる。」としている。

しかしながら、小口径管は残存強度の適切な評価方法がないため、現在では施工当時の新設管路と同等の残存強度として照査していることが一般的である。

そこで、衝撃弾性波検査法を活用することにより、既存の管路施設について残存強度（耐荷力等）を推定し、管きよの老朽化の程度を考慮した定量的な耐震診断を実施した。

また、耐震診断の実施事例を基に問題点を整理することで、管路品質評価システム協会（ピケスト協会）として、「衝撃弾性波検査法による耐震診断技術資料（案）」を作成した。

1.2 浅層探査用 GPR の鉄筋舗装探査への試み

日本信号㈱ 松山 崇

現在、埋設管探査や空洞調査に使用している地中レーダは、国内外のメーカーから多種多様な機種が販売されている。しかし、各メーカーともスペックを重視するあまり、分解能や精度よりも探査可能深度を追い求めるため、現場ニーズに合わない機種であった。

震災の早期復旧による浅埋化、無電柱化による電力ケーブルの浅埋化など、浅埋探査が重要になってきているため、探査深度を60cmまでの浅埋に限定し、分解能向上を図ると共に、埋設管判定を支援する機能など

を本体に組み込み、現場での作業性向上を目標とした機種を開発した。探査深度を浅埋の60cmまでに限定することで、高分解能用のアンテナ、最適化した高周波回路、信号処理と画像処理などにより分解能向上が可能となった。

その結果、舗装直下の埋設管探査も判定できる性能が得られると共に、これまでの地中レーダでは探査が困難と言われていた鉄筋を有する舗装での埋設管探査も、鉄筋に電波を遮断されることなく探査することが可能となった。

1.3 誘導探査による浅層金属管探査の可能性について

フジテコム㈱ 久保田兼士

埋設管の調査のため、探査対象管や管に併設しているロケーティングワイヤーに直接接続しなくても埋設管の探査ができる技術を開発した。

ガス管や水道管は路面下の本管や支管から需要家の敷地内に供給管を引き込んでいるが、需要家の不在などで敷地内に入れず探査対象管にパイプロケータの送信器を接続することができないことも多い。

また誘導法では送信器と受信器を5m以上離す必要がある。これは送信器からの強力な磁界が探査に影響する事を防ぐ為であるが、このため供給管等の探査では使用が困難である。

そこで探査深度を60cmまでに限定し、誘導法をベースとして送信器と受信器を一体構造とした探査器を開発した。一体構造とすることで送信器から直接受信する磁界は一定となり、また配管からの磁界とは位相が異なるため、位相検波により直接受信する磁界の影響を除去することが可能となった。

2.1 大口径管きよ無人化清掃の効率化に向けて

管清工業㈱ 内海 克哉

ライフラインは、快適な社会生活を支える重要な施設であり、一旦、事故が発生すると大きな社会問題となる。下水道施設も同様で、事故を未然に防ぐために、点検、清掃、修繕・改築を計画的に行う必要がある。また近年、

局地的集中豪雨や台風による水害が頻発しており、下水道による内水排除の効果を最大限に発揮させるため、雨水管内の土砂を撤去し、ドライ化する等の適切な管理方法が極めて重要と考える。一方、大口径管きよの清掃作業は、機械人力併用で管内に作業員が入り作業するのが一般的であるが、堆積汚泥等から発生する有害ガスや高水位・高流速等により、作業員が入ることが出来ない作業環境にある場合が多く、作業安全性や作業効率性の面で課題が多い。本稿は、人力による清掃が困難な箇所で行う、2016年に紹介した大口径清掃ロボット『グランド・スウィーパー』について、これまでの施工事例及び作業効率化に向けた取組みについて紹介する。

2.2 ヒューム管非開削充填工法の開発と現場適用評価について

NTTアクセスサービスシステム研究所 牛草 将彰

老朽化したヒューム管を経済的に補強するため、既設マンホール内でロボットを遠隔操作し非開削でモルタルを充填する工法を考案し2018年度から現場導入を開始した。今回、本工法の内容を説明するとともに、現場適用における成果や課題等について考察を行う。

通信管路は、地下ケーブルを保護・収容する設備であり、軟弱地盤や特殊区間においては、信頼性確保のため、管路がヒューム管の内部に敷設されている場合がある。ヒューム管は端面を閉塞した上で内部は空洞としていたが、今後ヒューム管の劣化が懸念されることから、内部をモルタルで充填し、恒久的な安定を保つこととした。

技術のポイントとしては、①ロボットで既設管路（直径75mm）に穴を削孔し、管路を通じてヒューム管内部にモルタルを充填②ヒューム管内に水が存在している場合でも充填可能な水中不分離性モルタルの開発③管路の気密性確認方法の確立④作業手順の決定や作業状況（削孔や充填完了等）の視認方法の確立、が挙げられる。

本工法を適用することによって、より安価な費用で設備の信頼性を担保できるとともに、道路規制や騒音の回避により周辺環境への影響を大幅に軽減することができる。

2.3 UAVを活用したインフラ点検の有効性検討および事例報告

(株)NJS 稲垣 裕亮*

われわれは、閉鎖性空間でも飛行可能なUAVを開発し、その有効性について検討した。具体例として1つ目は、下水管きよである。下水管きよの場合、TVカメラ調査などに比べ1日当たりの調査可能延長が3～5倍の1,500m以上、調査員が人孔に入ることなく調査が可能であり、HD（1,920×1,080ピクセル）にて撮影できるため有効な手法と考えている。2つ目は、水力発電所の鉄管である。水力鉄管は山の斜面などに設置されており、現在の点検調査の課題は調査機器の重量と設置に要する時間である。また、点検調査機器を管内に設置するための仮設なども必要であり、UAVにより調査が可能であれば非常に効率的である。加えて、一時的な停止による逸失電力を最小限にすることもでき、非常に有効であると考えている。これまでに4発電所の余水路および本管の内部点検を実施し、有効性を確認している。われわれが開発しているUAVは、閉鎖性空間で飛行ができ、点検調査に必要な品質の映像取得が可能である。

3.1 マレーシアにおける岩盤推進施工事例

アイレック技建(株) 森 治郎

東南アジアを中心とした途上国が著しい経済成長を続けており、そのインフラ整備において日本の推進技術が注目されている。日本から推進機械の提供や日本の推進会社による施工が始まっている。この度、マレーシアのφ450小口径推進の現場において、他工法が岩盤による推力上昇で推進不能となり撤退したため、そのトラブルスパンにおいて、要請を受けエースモール工法で施工することとなった。

エースモール工法による施工においても途中トラブル等に見舞われたが、原因究明および対策を講じることで完工することができた。今回の施工事例とともに、留意点や反省点を含め報告する。今後の日本企業の海外展開の参考になれば幸いである。

3.2 海外にて大土被り、高水圧、河川横断、長距離推進を施工

機動建設工業(株) 刈谷 光男

本工事は、東南アジアのインドシナ半島西部に位置するミャンマー連邦共和国ヤンゴン市において、導水管（呼び径700、NS型ダクタイル鋳鉄管）敷設のため、バゴー川横断部のさや管管路を呼び径1100の推進管を使用してアルティミット泥水式推進工法にて築造するものである。対象土質は、シルト質砂層からシルト粘土層に変化する互層地盤であり、N値はシルト質砂層が最大34、シルト粘土層が8とされる。推進延長は約814mと長距離であり、土被りは発進側と到達側ともに約31.6m、発進してから約100mで河川下となり河川横断距離は約650m、河川最深部での離隔が約5m、最大自然水圧は0.30MPaと想定された。

本稿では、大土被り、高水圧、河川横断、長距離推進と厳しい条件が重なった海外案件の施工報告について、課題と対策とともにその施工結果について報告する。

3.3 φ2200mm 泥濃推進工法としての国内最長且つ超近接施工実施報告について

(株)協和エクシオ 松本 譲司

今回、雨水管渠布設工事として、φ2200mmでは国内最長距離となる1スパン950mを超える泥濃式推進工事の施工事例を報告する。現場は、発進立坑およびプラントヤードが2車線道路内の限られたスペースであり、到達立坑は掘進機の回収が困難な狭い交差点内であった。そのため、掘進機は外殻を残置する工法を採用した。また、掘進ルートには、多数の既設埋設物、不明管の他、空洞等の存在が想定され、且つ鉄道トンネル直上約300mmの超近接施工であった。

本報告では、事前に想定されるトラブルや課題、鉄道トンネルとの近接施工に対する対策など、施工において留意した点を中心に施工事例を紹介する。また、無水層砂質土・低土被りにおける超長距離推進の施工であったことから、推進力の安定や切羽・排土管理の方法についても報告する。

4.1 中砂埋めトラフに収容された電力ケーブルの非開削撤去工法の開発

東京電力パワーグリッド(株) 戸矢 貴幸

東京電力パワーグリッド(株)では、使用済みとなった地中送電用OFケーブルの撤去を順次進めている。OFケーブルのうち、コンクリートトラフ内に収容されるものは、開削工法にてトラフを露出させてからOFケーブルを切断し撤去している。しかしながら、トラフは建設後40年以上経過している設備であり、トラフ上部への建築物の建設や周辺埋設物の輻輳化などの理由により、開削工法の適用困難箇所が存在することが問題となった。この問題に対し従来の非開削工法ではOFケーブルの撤去ができないため、新規の非開削撤去工法を開発した。

開発した工法は、長距離（100m程度）や短距離（30m程度）など様々なケーブル長に対して適用が可能である。

4.2 推進工法の新たな用途について ～ボトムパイプ推進工～

(株)アルファシビルエンジニアリング 森田 智*

昨今、推進工法は様々な用途で用いられてきており、従来から実施されてきた円形管路構築技術の他に、地山掘削時の安定性確保のための補助工法としてのパイプルーフ構築、また矩形断面空間の形成としてボックス型コンクリート函体を使用した推進工による歩道・車道の構築、あるいは既設管路の改築推進など、その適用範囲を広げてきた。

そのような状況のなかで、推進工法の新たな用途として、ボトムパイプ推進工を実施した。工事概要としては、移設が必要となった樹木について、鋼材で『植木鉢』を構築するに当たり、底（ボトム）となる箇所に推進工にて鋼管列を構築して、巨木と木株を一体として周辺土砂も合わせて移設を実施するものであった。

本稿では、当該工事における検討段階での懸念事項とその対応策について紹介するとともに、実施工状況について示す。

4.3 推進工法を用いたアンダーピニング工法の適用による既存構造物および周辺地山への影響の低減に関する検討

九州大学大学院 前原 一稀

既存構造物が隣接する状況で新規構造物を施工する場合、新規構造物の施工に伴う既存構造物への影響を低減する施工法を検討する必要があるが、そのひとつとして推進工法を用いたアンダーピニング工法の適用がある。アンダーピニング工法とは、既存構造物の周囲および下部を新規構造物の施工の前に補強することで、新規構造物の施工に伴う既存構造物の沈下などを抑制する工法の総称である。本研究では、地下の既存構造物の下部に新規構造物を施工する場合を想定し、事前に新規構造物の周囲にパイプなどの鋼管を推進工法により打設することで、新規構造物の施工に伴う周辺地山への影響を低減させるアンダーピニング工法の適用に関して数値解析により種々検討を行った。すなわち、既存構造物および周辺地山の变形挙動について、パイプの有無の影響、従来のアンダーピニング工法と推進工法を用いたアンダーピニング工法適用時の比較、パイプと新規構造物間の距離、パイプの打設長さの影響、などに関する検討を行った。その結果、推進工法を用いたアンダーピニング工法を施工することにより、既存構造物への影響のみならず周辺地山への影響をも低減できることが示された。

4.4 地盤改良杭が設置された軟弱地盤の県道下における下水管渠推進工法設計の一事例

(株)三水コンサルタント 石田 幸宏

本事例は、現況が軟弱地盤の田畑で地盤改良杭が設置された道路に対応した管渠布設工法の検討を行ったものである。この道路は、現況地盤が軟弱であったため、地盤改良杭の施工及び盛土の施工中であった。

本論文は、地盤改良杭を考慮した、小口径推進工法の検討結果を報告するものがある。

5.1 3D 写真測量技術を使った下水管及びマンホール調査

Easy Sight Technology Co., Ltd. Wing Chan

管内調査機 (CCTV) は、1946年にアメリカで、大

規模な発電所のボイラー検査のために開発されたものが最初だと言われている。1964年には下水管の調査に使われ始め、それが世界的に広がり、今日に至っている。自治体等の管路の所有者は、年々、管内調査により多い情報量を求めるようになり、CCTVもそれに対応してレーザープロファイラー、レーザースキャナーなどの技術を搭載しながら進化してきた。そして近年、3Dの定量的画像化技術に用いることのできる3Dソナーが出現した。この3Dソナーは管内の対象物を正確に計測したり、破損度を把握したりすることができる。

本発表では、写真測量法 (写真を用いて被写体の位置や形状等を定量的に測定する方法) を用いて下水管、その他の埋設管及びマンホール等を調査する方法を紹介する。中国の武漢にある Easy Sight Technology 社は、この技術を用いて2次元のビデオ映像を3Dの定量化モデルに変換し、対象物の種類、形、破損度を正確に把握できるソフトウェアを開発した。対象物を最適な角度から見て、寸法を測ることもできる。この手法から得られた情報は、インフラの構造性を正確に評価するだけでなく、最適な維持管理、補修、更生技術を選んでインフラの性能を上げるのに寄与することができる。

5.2 水道管同時入替工法の開発

Kobus Pipe Puller 社 Tom Atienza

Kobus Pipe Puller KPP400機は老朽管 (給水管又はガス管) を新管 (銅管又はポリエチレン管) に、同時に入れ替える工法である。

本技術により口径25-30mmの鉛製給水管、亜鉛めっき鋼管、銅管及びプラスチック製給水管を一度の引き抜き作業で新管と入れ替えることができる。施工延長は約25mまでとする。

新管は既存管と同じ軌道とし、ピットは敷設する管路の始点と終点に小さなものを設置するだけでよい。ピットを設置する場所は本管側と止水栓側、また、建物の構造によっては始点側の一箇所でも済む場合もある。

本システムは開削を大きく減らし、住宅所有者や地域住民の負担を大きく減らすことのできるものである。また、掘削面積を減らせることにより、埋戻し土や、復旧作業費を減らす効果もある。結果、作業員の安全性、及び公共の利便性に大きく寄与するものである。