

# 第29回 非開削技術研究発表会

## ■ 発表論文 アブストラクトの紹介



平成30年11月14日（水）政策研究大学院大学想海樓ホール（東京・六本木）において、第29回非開削技術研究発表会が開催され、5セッション17編の論文が発表されました。その論文アブストラクトをご紹介します。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。

## ○ 第29回 非開削技術研究発表会 プログラム

第1セッション 非開削 調査・診断（1）（調査）  
座長：尾崎 正明（(公社)全国上下水道コンサルタント協会 専務理事）

- 1.1 ケーブルを収容した管内への通線工法の開発ならびに施工実績  
東京電力パワーグリッド(株) 戸矢 貴幸
- 1.2 清掃と点検を同時に行うことができるカメラ付き洗浄ノズルの開発  
管清工業(株) 山村 章大
- 1.3 道路維持管理のための陥没危険度指標の活用  
(株)日水コン 清水 康生

第2セッション 非開削 調査・診断（2）（調査・地下探査）  
座長：佐々木史朗（(公財)水道技術研究センター常務理事）

- 2.1 下水道管路等閉鎖性空間に対応可能なドローンの開発  
(株)NJS 稲垣 裕亮
- 2.2 下水道管きょ点検調査におけるドローンの活用に関する研究  
(株)日水コン 磯崎 尚
- 2.3 電磁誘導法による埋設物の特異点検出に関する一考察  
フジテコム(株) 久保田兼士

第3セッション 非開削 推進工法（1）（計測・補助工法・評価）  
座長：石堂 暁（日本水工設計(株)東京支社 管路施設部 部長）

- 3.1 推進工法を用いたアンダーピニング工法の適用に伴う周辺地山の変形挙動に関する検討  
九州大学大学院 田中 雅弘
- 3.2 インドネシアにおける立坑保護のための薬液注入工法の適用性に関する基礎的検討  
九州大学大学院 浅野 哲

3.3 推進工法における脂肪酸を添加した充填材の水分収支と推進力低減に関する検討

九州大学大学院 前原 一稀

3.4 既設の地中送電用推進洞道の健全度の評価方法  
東京電力ホールディングス(株) 竹中 聡

第4セッション 非開削 推進工法（2）（施工事例）  
座長：吉本 正浩（東京電力パワーグリッド(株) 工務部 管路土木技術担当 部長）

- 4.1 改築推進工法（リバースエース）を活用した通信管路撤去工事  
アイレック技建(株) 国府田裕二
- 4.2 地下埋設物が輻輳した狭隘な道路での雨水管設計事例  
(株)三水コンサルタント 亀井 堅
- 4.3 大深度における既設シールドへの直接接続推進工の施工事例  
～貫入リング回転切削型接続工法～  
(株)アルファシビルエンジニアリング 森田 智
- 4.4 海底推進施工における課題と対策  
機動建設工業(株) 榊 康裕
- 4.5 ボックス推進工法を用いた国道直下横断歩道トンネル築造事例  
(株)アルファシビルエンジニアリング 池田 裕治

第5セッション 非開削 維持・保全（長寿命化）  
座長：木下 勝也（(株)建設技術研究所東京本社 下水道部 次長）

- 5.1 地下水等による構造物からの漏水を止水する工法の開発  
～石油樹脂・アクリル樹脂系材料を用いたコンクリート構造物への高圧注入工法～  
(STTG工法) (一社)STTG工法協会 佐藤 亘
- 5.2 更生管の非破壊検査手法の開発  
芦森工業(株) 北川 英二

### 1.1 ケーブルを収容した管路内への通線工法の開発 ならびに施工実績

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、2016年10月に発生した新座洞道の火災を受け、275kV 地中送電OFケーブルの防災対策を実施中である。このうち橋梁に添架された同ケーブル防災対策のため管路内への消火チューブを設置する通線方法を検討した。

対象管路にはすでにケーブルが収容されており、そこに消火チューブを導入するためには管路内に残されたわずかなスペースに通線するための技術開発が必要であった。

本稿ではこの条件に対し開発した工法の現場適用結果および今後の課題を報告する。

### 1.2 清掃と点検を同時に行うことができるカメラ付き洗淨ノズルの開発

管清工業(株) 山村 章大

管路の維持管理を行っていく上で、点検と清掃作業は必要不可欠なものである。下水道において、現在の施工方法では管路の状態をカメラ車や管内調査用の押し込みカメラを使用して確認した後に、高圧洗淨車で洗淨を行い、再度管路の状況を確認する方法が主流である。

しかし、この方法であると機材の挿入と取り出しを数回繰り返す必要が出てくることに加えて、施工するにあたってそれぞれの機材の準備といった手間が発生する。カメラ付き洗淨ノズルは機材自体にカメラ機構と高圧洗淨機構を有しているため、洗淨から点検といった業務の流れを一括して行うことができ、効率的に作業を進めることが可能となっている。

カメラ付き洗淨ノズルは管路内径φ75以上、φ125以上、φ200以上対応の3種類があり、φ75とφ125対応のものは90°エルボ配管の曲りに対しても追従することが可能であり、曲りの多い取付管などの管路に対して点検と清掃作業を行うことを可能とする効率的な手法として開発を行っている。

本稿ではカメラ付き洗淨ノズルの適応管径に対しての実験結果の報告より、今後の課題及び対応策の報告を行う。

### 1.3 道路維持管理のための陥没危険度指標の活用

(株)日水コン 清水 康生

近年、道路下に埋設されている下水道管路の老朽化等が原因で管が破損し、このことが原因で地中に発生した空洞が道路陥没を誘発する不測の事故が多数発生している。道路陥没は、ひとたび発生すると大事故に至る可能性があるだけでなく、その補修等のために交通制限をかけるなど、都市活動への影響は大きい。

この下水道管路に起因する陥没危険度判定法については、開削して空洞の有無や老朽化等の管路の状態を確認し布設替え等を行う開削技術でなく、非開削技術として位置付けられる調査方法がある。

筆者らが提案した数量化理論Ⅱ類を適用した陥没危険度判定式により、陥没危険度指標を計算し、陥没の危険性のある管路を特定し、非開削技術で対応する予防保全技術である。

本稿では、道路管理者が、同指標の意味する陥没の危険度情報を通常の道路維持管理(舗装点検)の中で、非開削技術としてどのように位置付けて考えたら良いかについて示す。具体的には、A市を対象として陥没危険度指標を20mのブロック単位で実推計し、その危険度情報を道路維持管理フローの中でどのように利用することができるかについて提示する。

### 2.1 下水道管路等閉鎖性空間に対応可能なドローンの開発

(株)NJS 稲垣 裕亮

下水道管路の点検調査は、テレビカメラ車または人による目視調査が一般的である。これらの手法は、一日当たりの調査延長が300~500mであり、必ずしも効率的とはいえない。

また、人が人孔内に入坑し作業することから、安全面での課題もある。そのため、調査スピードの高速化による効率性向上と安全性の向上を実現するため、無人航空機に着目し、専用機の開発を行った。開発において解決すべき課題として、電波障害、ダウンウォッシュによる機体制御不能及びGPSデータ受信不能による自律制御飛行不可が挙げられた。

これら課題に対し、Wi-Fi5GHzによる通信、ホバー

クラフトの原理を応用した機体構造、Visual SLAMを採用した。その結果、小口径用の機体、中大口径用の機体ともに閉鎖性空間での飛行が可能で、動画データを取得することができ、点検機材として活用できることが確認できた。

## 2.2 下水道管きょ点検調査におけるドローンの活用に関する研究

株式会社水コン 磯崎 尚

老朽化した中大口径管きょにおける点検調査においては、従来から作業員が下水管内に潜行し、目視による点検調査が行われてきたが、ゲリラ豪雨による急激な増水や堆積汚泥の巻き上げによる硫化水素の発生等が労働災害の一因となっている。また、中大口径用のTVカメラによる調査手法等も適宜活用されているが、より低コストの技術開発が求められている。

筆者を含む共同研究体では、平成28年度及び平成29年度に国土交通省のB-DASHプロジェクト予備調査の採択を受け、無人小型飛行体（ドローン）を活用した下水道管きょ点検調査技術の導入効果などを含めた普及可能性の検討や技術性能の確認等の研究を行ってきた。また平成30年度からは自主研究として新たな飛行原理を導入した機体の開発や現地試験に取り組んでおり、今回はこれらの一連の取組みについて報告する。

## 2.3 電磁誘導法による埋設物の特異点検出に関する一考察

フジテコム株式会社 久保田兼士

電磁誘導方式のパイプロケータは、埋設されている金属管やケーブルに探査用の交流電流を流し、発生する磁界を地表で検出して埋設物の位置と埋設深度を探知するものであるが、埋設物には多くの分岐部や屈曲部が存在しまた埋設深度が部分的に変化する場合等もあり、これらの特異点でその形状を正しく探知するには、パイプロケータに対する正しい知識と慎重な作業が求められる。

特異点近傍では直線状導体から発生する磁界と異なる磁界分布となる。埋設物を流れる電流により発生する磁界の三軸成分を測定し磁界分布を調べる実験を行っ

たが、実験の結果では特異点の形態によりそれぞれ特徴的な磁界分布を示し、特異点の検出と識別が可能であることを見出した。また単純化したモデルでの理論計算を行ったが、計算の結果からは三軸の磁界強度だけではなく磁界の位相も重要であることも分かった。

本稿では、これらの成果に基づく埋設物の特異点の検出方法を紹介すると共に、予想される技術的課題とその解決方法についても考察する。

## 3.1 推進工法を用いたアンダーピニング工法の適用に伴う周辺地山の変形挙動に関する検討

九州大学大学院 田中 雅弘

都市部の過密化に伴い地下空間も過密化が進んでいる。そのため、地下構造物が隣接する状況が増えてきている。地下構造物の隣接施工の一例として、既存構造物である地下鉄の下部に新規構造物である地下通路を構築する事がある。その際、新規施工が既存構造物へ大きく影響を及ぼす事が問題となっている。

その影響を抑制するための施工法として、アンダーピニング工法が期待されている。同工法とは、新規構造物の施工前に周囲にパイプなどの鋼管を打設する事で、新規構造物の周辺地山への影響を低減させ、既存構造物へ及ぼす影響を抑制させる施工法である。

本研究では、アンダーピニング工法を適用した場合の周辺地山の変形挙動について把握するために、三次元有限要素解析による数値解析を用いて行った。その結果、アンダーピニング工法を適用することによって周辺地山の変位を低減し、既存構造物へ及ぼす影響を抑制できることを確認した。

## 3.2 インドネシアにおける立坑保護のための薬液注入工法の適用性に関する基礎的検討

九州大学大学院 浅野 哲

インドネシアでは近年、都心部において急速な経済発展と人口の増加に伴い、地下通路や下水管の建設等のインフラ整備の需要が増加している。そこで、建設時における止水や立坑の保護等を主な目的として、薬液注入工法の導入が検討されている。

しかしながら、インドネシアでは過去に高分子系薬液使用による健康被害が発生したことから、事故以来、

薬液注入工法の使用が禁止されている。そのため、本工法に使用する薬液は環境負荷を低減するために水ガラス系薬液が検討されているが、これまでに同国における施工事例がない。したがって、同国の土壌環境下における水ガラス系薬液の適用には十分な検討を要する。

以上より、本研究では、インドネシアの土壌を模擬した試料に固化時間の異なる2種類の水ガラス系薬液を注入することで作製したサンドゲルを用いて各種物理試験を行い、同国における薬液注入工法の適用性に関して検討を行った結果について報告する。

### 3.3 推進工法における脂肪酸を添加した充填材の水分収支と推進力低減に関する検討

九州大学大学院 前原 一稀

都市部の過密化に伴い、推進工法を用いた地下空間利用が展開中である。本工法では、推進管と地山との間にテールボイドと呼ばれる空間を設け、施工中にテールボイドに滑材を充填し、推進管および周辺地山の接触を抑制することで推力を低減している。

しかしながら、推進工法の施工中、地質条件の変化や既存構造物の影響により施工が中断された場合、滑材が土被り荷重で圧縮され推進管と周辺地山が接触することにより中断再開後の推力が増大する事例が報告されている。

本研究では、推進施工が一時中断された場合でも推進管と周辺地山が接触せず、尚且つ滑材として推力低減効果を発揮する新規充填材の開発として、脂肪酸を添加した滑材兼裏込め材の開発を行った。すなわち、種々の割合で脂肪酸を添加した滑材兼裏込め材および模擬推進管を用いた模擬推進施工試験を実施し、滑材兼裏込め材への脂肪酸の最適添加量に関する検討を行った。

その結果、滑材兼裏込め材に脂肪酸を3%添加することで滑材兼裏込め材に要求される機能を満足し、施工中断再開後の推力を低減できることが分かった。

### 3.4 既設の地中送電用推進洞道の健全度の評価方法

東京電力ホールディングス(株) 竹中 聡

東京電力パワーグリッド(株)における地中送電洞道

(トンネル設備)の多くは経年30年を迎えており、今後ますます老朽化が進行していくことが予想される。

本報告はコンクリート製推進管を用いた洞道を対象に評価基準を設定することを目標とし、材料特性試験、載荷試験などを行ったものである。材料特性試験の結果を用いた構造計算の結果、載荷試験の内空変位量、コンクリートや鉄筋のひずみ、部材の曲率など、試験全体の挙動を良好に再現することができた。

本研究の結果、内空変位やびびわれ幅などの変状状況から既設の推進洞道の健全度を評価することが可能となった。

### 4.1 改築推進工法(リバースエース)を活用した通信管路撤去工事

アイレック技建(株) 国府田 裕二

改築推進工法は、下水道の分野において既設管路の老朽劣化や著しい破損、管ズレ、蛇行、たるみ等で、流下機能が低下した管路を推進工法により破砕排除しつつ、新しい管路を埋設する工法である。よって、本来は下水道管路の改築工事に用いられる工法である。

しかしながら、ここでは既設管路の撤去工事に活用したためずらしい事例を紹介する。既設通信管路が土地区画整理事業により占用位置が民地となってしまう支障となったため、改築推進工法(リバースエース)により、それらの既設管路を破砕・撤去を行ったものである。

今後、人口減少等によりあらゆるインフラ設備のスリム化が求められる。本事例は、管路撤去の有効な方法の一つとしての可能性を示唆していると考えられる。

### 4.2 地下埋設物が輻輳した狭隘な道路での雨水管設計事例

(株)三水コンサルタント 亀井 堅

都市部での雨水管整備では、先行して道路に埋設されている污水管、水道管、ガス管等が輻輳しており、急曲線や多曲線による非開削工法の採用が多くなってきている。

本報告では、狭隘な道路下に計画されている雨水管埋設における、線形の検討及び施工法の比較検討を踏まえた設計事例を記述する。

#### 4.3 大深度における既設シールドへの直接接続推進工の施工事例～貫入リング回転切削型接続工法～

(株)アルファシビルエンジニアリング 森田 智

昨今、日本全国で多発している集中豪雨の対策工として、都市部を中心として輻輳する既設構造物下にシールド工法等を用いて貯留管を埋設し、浸水被害の回避が図られている。それら雨水貯留管への集水用としての接続管きよの築造においては、次のような課題がある。

①成熟した都市環境の中で十分な地上作業スペースが確保できない、②貯留管自体の埋設位置が大深度であり高水圧が作用する、③地上や既設構造物からの作業をなくし、既設構造物への迅速な接続が必要となる等、掘進機側からの対策工が可能でかつ周辺地盤への影響軽減が可能な施工法が求められている。

そのような状況に対応するため、既設構造物への直接接合技術として、止水性の高い貫入リング（回転切削型）接続工法を開発し、施工の安全性・確実性・迅速性に主眼を置いた推進工法技術の確立を行っている。

本稿では、限られた推進作業ヤードおよび狭小発進立坑からの大深度施工により、既設シールドに直接接合した施工事例を通して、現場において実施した対策工・施工状況ならびに施工結果について紹介する。

#### 4.4 海底推進施工における課題と対策

機動建設工業(株) 榊 康裕

推進工法は上下水道、工業・農業用水、電力、通信、ガス等の様々なライフラインに活用されている。近年、火力発電に伴う冷却水や海洋深層水等の取水を目的とした海底推進について当社も7件の実績を有している。

本稿では、福岡県豊前市大字八屋地内において豊前バイオマス発電事業に伴い沖合500m付近から海洋水を取り込む取水管として、推進工法にて呼び径2000の推進管を敷設した工事を紹介する。

本工事は、延長約468mを推進後、海底に築造した立坑から掘進機を回収した。推進線形は平面的に直線となるが、縦断的には5.73%の下り勾配で発進し、縦断曲線半径1000mを経て0.51%の下り勾配で到達した。

路線土質は、巨石を含む凝灰岩礫（Dg）層、N値50以上を含む凝灰質砂（Dvs）層となり、発進と到達の高低差は10.2mとなる。

#### 4.5 ボックス推進工法を用いた国道直下横断歩道トンネル築造事例

(株)アルファシビルエンジニアリング 池田 裕治

近年、主要幹線道路の交通渋滞解消としての整備は、道路拡幅やバイパス道路の建設によって問題解決を図っているが、それらにつながる枝線等の交差部に対しては、構築時の交通支障等の問題により、未整備になっている箇所も多い。

特に、交通アクセスの阻害となっている住宅地からの市道・県道と幹線道路とをつなぐルートについては、う回路が多く幅員も狭路となっていることから、自動車同士の接触事故や、歩行者との接触による死亡事故も多発している。

これらの対策手段として、交通アクセスの円滑化や高齢者・学童等の安全な歩行空間確保のために、地下人道通路の構築が急務となっている。

従来、これらの構築技術として、開削工法や先受け工法（パイプルーフ工法）等による施工がなされてきたが、構築時の支障物件、地下インフラ管路の切り廻しおよび周辺地山への影響も大きく、施工期間も長期化することが多い。

そこで本稿では地下人道通路構築技術として、非開削でかつ一工程での急速施工が可能な「密閉型ボックス推進工法」を用いて交通量の多い国道バイパスの直下を横断し、歩行者用トンネルを構築した事例を取り挙げ、本工事における検討課題と事前対策および施工結果について紹介する。

#### 5.1 地下水等による構造物からの漏水を止水する工法の開発～石油樹脂・アクリル樹脂系材料を用いたコンクリート構造物への高圧注入工法～(STTG工法)

(一社)STTG 工法協会 佐藤 亘

従来の漏水補修では、即効性のあるウレタン系止水材が使用されていましたが、引張強度と付着強度が低く、某電力会社管内の補修箇所では約7割で再漏水が発生していました。

STTG工法は石油樹脂・アクリル樹脂系材料を主材

とするため、ウレタン系止水材に比べ硬化後の伸びや付着性能に優れ、温度変化や地盤沈下等により目地やクラック等が開いても止水材が追随し、長期に亘り止水効果を維持することができます。

この工法は従来工法の実績、材料の市場調査、踏まえて材料試験により確認して開発しました。これにより、従来数年で再漏水していた補修が不要となり、設備維持管理コストの大幅な削減が図れます。この開発経過について報告するものです。

## 5.2 更生管の非破壊検査手法の開発

芦森工業(株) 北川 英二

高度経済成長とともに増加した下水道管路は、経年に伴う老朽化が進んでおり、耐用年数を超過した管路も増加傾向にある。この老朽管対策として管きょ更生

工法が全国で採用されており、その施工延長も増加を示している。

JIS規格において、管きょ更生工法には密着管、現場硬化管、ら旋巻管、組立管に分類されるが、これらはすべて現場で何らかの加工により更生管を形成している。施工を完了した更生管そのものの検査を実施する技術が存在していない。そのため、施工後の更生管は目視観察や人孔に突き出した更生管による物性測定や厚み測定でしか検査されていないのが実態である。

我々は現場硬化型更生工法の既設管内における硬化度合を非破壊で検査する方法を開発して現場検証について報告してきた。非破壊検査法は計測したデータを基地に持ち帰って解析することで管路全長の硬化を確認しているが、万が一不具合が発生している場合は早急な対応が要求される。そこで、非破壊検査直後に管路全長の硬化状態を計測直後に現場でチェックできるように改良したので報告する。

## 推進工事技士試験 過去6年間(2012~2017年度)

# 試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

推進工事技士試験「合格への近道」は、過去問題を「実際に解いてみることだ」と多くの合格者からの声が寄せられています。本書では模範解答はもちろん、その問題が工法体系のどこから出典されたのかが記載されています。出典箇所がわかるので、学習するポイントが明確化され「効率的な学習ができ合格できた」との声も多く寄せられています。

是非とも、本誌をご活用いただき合格していただければ幸いです。

### 1. 内容と特長

- 過去6年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

### 2. 価格

各年度単位 2,000円(消費税・送料込)

### 3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。

これらのことをインターネットでご案内しています。

購入方法は  
こちらから

