第27回　非開削技術研究発表会

■ 発表論文 アブストラクト

平成28年11月29日（火）東京・虎ノ門の発明会館において、第27回非開削技術研究発表会が開催され6セッションで24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。興味のある論文は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，発表映像を「You Tube」で視聴することもできます。

○ 第27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 推進事例（推進・シールド切換型工法）
座長　石堂　暁（日本水工設計㈱東京支社管路施設部長）

1.1　推進工法とシールド工法を融合させたデュアルシールド工法
㈱福田組　小野塚良明

1.2　推進工法とシールド工法を融合したエコスピードシールド工法の用途
エコスピードシールド（ESS）工法協会　檜皮　安弘

1.3　推進・シールド切換型工法に関する開発と施工事例
㈱奥村組　木下　茂樹

第2セッション　非開削 推進事例、資材（曲線・補助工法）
座長　村崎　裕一（全国ヒューム管協会技術委員長）

2.1　河川を縦断曲線施工（円弧推進）により横断し管路を敷設
機動建設工業㈱　原田　水胤

2.2　泥濃式推進工法による長距離・急曲線施工時の課題と対策
㈱アルファシビルエンジニアリング　池田　裕治

2.3　酸性硫酸塩土壌における推進工法のための充填材の配合に関する検討
九州大学大学院　佐々木駿尚

2.4　インドネシアにおける地盤改良を目的とした薬液注入工法の開発
九州大学大学院　松本　親樹

第3セッション 非開削 HDD（事例）
座長　酒井　憲司（(公社)日本下水道管路管理業協会専務理事）

3.1　陸上から海底へ長距離陸揚管路を敷設する『リードドリル工法』
㈱協和エクシオ　渡邊　康人

3.2　鍵穴掘削技術を使ったサービス管の新設・改築
「Trenchless Installation and Renewal of Property Service Lines with and without Keyholes」
TRACTO-TECHNIK　Sebastian Schwarzer

第4セッション　非開削 管更生・強靭化
座長　今井　一彦（㈱建設技術研究所東京本社上席技師長）

4.1　下水熱利用による歩道融雪　―新潟市事例―
積水化学工業㈱　髙橋　孝輔

4.2　アルファライナー工法
TMSライナー㈱　森岡　真弓

4.3　高い信頼性を実現する管更生工法 EX工法・ダンビー工法
～熊本地震後の現場調査結果報告等～
EX・ダンビー協会　宮川　恒夫

4.4　とう道漏水補修『樹脂系シート型止水工法』の開発・導入
NTTインフラネット㈱　椎名　久男

4.5　管きょの長寿命化を目的とした部分改築工法について
東亜グラウト工業㈱　田熊　章

4.6　新たな既設管更生の手法とデバイスの検討*医療技術の転用*
㈱メディス　松本　裕正

第5セッション　非開削 探査・調査・計測（開発、改善）
座長　川崎　清（アイレック技建㈱非開削推進事業本部営業部担当部長）

5.1　不均一土壌に対応した地中レーダ平面表示ソフト
日本信号㈱　中村　泰之

5.2　位相検波による埋設管路探査の精度向上
フジテコム㈱　三上　貴大

5.3　ハイパースタッキング方式地中レーダの性能評価実験
応用地質㈱　斎藤　秀樹

5.4　デジタルカメラを用いた埋設物の地上位置3次元計測
NTTインフラネット㈱　石原　達也

第6セッション　非開削 補完技術（シミュレーション、機械化、耐震化等）
座長　島田　英樹（九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門教授）

6.1　外部費用を考慮した革新的な地下管路新設工法の総合経済比較方法の考案
JSTTソーシャルコスト検討委員会　宮武　昌志

6.2　河川横断におけるダクタイル鉄管布設のコスト縮減事例
㈱栗本鐵工所　末松　康成

6.3　合成鋼管用離脱防止継手の試作とその性能評価
日本ヒューム㈱　秋元　昌哲

6.4　大口径管きょ清掃の無人化技術の開発
管清工業㈱　内海　克哉

6.5　狭隘な道路下における下水道雨水管基幹施設の施工法検討・設計事例
㈱三水コンサルタント　袖山　弘

1.1　推進工法とシールド工法を融合させたデュアルシールド工法

㈱福田組　　小野塚良明

従来の非開削での管路構築工法は，推進工法とシールド工法に大別される。推進工法は，コンパクト化されており，経済性に優れた管路構築工法であり，一方シールド工法は，曲線施工，長距離施工に優位性を持つ工法である。この両者の優位性を融合させた新たな管路構築工法がデュアルシールド工法である。その施工手順は，発進立坑から掘進機を推進工法で発進し，推進距離の限界や急曲線など推進施工の限界点でシールド工法に切り替え施工する。この方式により”シールド切替型推進工法”という名称を頂いている。今回は，二次覆工省略型RCセグメントを使用し，夜間施工時に防音効果を発揮する地下利用式のプラントヤードを使用した現場と，デュアルシールド工法での最長施工1433ｍを完工した現場を合わせて報告する。

1.2　推進工法とシールド工法を融合したエコスピードシールド工法の用途

エコスピードシールド（ESS）工法協会　　檜皮安弘

非開削工法であるメリットをいかした推進工法とシールド工法は，双方それぞれの施工領域において，個別の技術として発展してきたことは周知の通りである。推進工法は，工事占有面積が小さく，交通や周囲の生活環境といった都市環境対策に優れている。また，シールド工法は，長距離施工・急曲線施工において，推進工法のような制約を受けることは少ないが，工事占有面積が大きく，工期が長くなることから，経済性に劣る。そこで,エコスピードシールド（ESS）工法は，推進工法とシールド工法の個別の技術に着眼し，2者を融合することで，経済性・確実性・安全性および優れた品質を提供できる工法を開発した。推進工法からシールド工法への切り替え位置では，ESS特殊先頭管（推進管）とセグメントを直接接続する方法を採用している。掘進機の後方にESS特殊先頭管を配置し，ESS特殊先頭管を起点に，推進工法区間では後方に推進管を順次接続し，元押しジャッキにより圧入する。一方，シールド区間では前方にセグメントを組立て，掘進機に装備したシールドジャッキにより圧入する。当工法は，下水道をはじめとして，雨水管・貯留管・農政他の内水圧対応管渠および上水道に対応している。上水道については，㈱栗本鐵工所と共同開発したハイブリッドシステム工法により，さや管径より3口径小さい本管（ダクタイル鉄管）の布設が可能である。

1.3　推進・シールド切換型工法に関する開発と施工事例

㈱奥村組　　木下茂樹

近年，ライフラインの地下化が急速に進む中で，推進工法，シールド工法に対するニーズも多様化してきている。

そのような背景の中，推進工法は，従来は困難とされていた様々な線形，延長，施工深度および土質条件に対応するべく発展を遂げている。また，シールド工法については，推進工法で施工できない範囲となる大断面，大深度および長距離施工を中心に役割を担っている。

ところが，施工条件によっては，どちらの工法にもそれぞれ課題点が見出されて，工法選定に苦慮することがある。

これらを解決するため，当社では推進工法とシールド工法を掘進途中で切り換える新たな工法として「推進・シールド切換型工法」の開発に一早く取り組み，平成12年に実工事に適用した。

本稿では，施工条件毎に推進工法とシールド工法の長所・短所を整理するとともに，両者の特徴を生かした「推進・シールド切換型工法」の開発経緯と工事に採用した数件の事例を紹介する。

2.1　河川を縦断曲線施工（円弧推進）により横断し管路を敷設

機動建設工業㈱　　原田水胤

・推進工法は上水道，工業用水，農水，通信，電力，ガス等さまざまなライフラインに活用されている。
・下水道は自然流下が基本であるため，推進工法でも縦断方向に関しては緩い勾配の直線で敷設されるが，電力，通信ケーブルのさや管や上水道，工業用水，農水等圧力管のさや管として推進工法が用いられる場合は，縦断方向の曲線施工も活用されている。

・本稿では，石川県の水道用水供給事業における送水管耐震化事業の一環として実施された，河川部の縦断曲線推進を紹介する。
・本工事では護岸矢板が制約条件になり，通常の水平施工では発進および到達立坑の深さが約20ｍ必要であったが，縦断方向の曲線施工（円弧推進）を採用することで，発進・到達立坑ともに浅くでき，トータルの施工コストの縮減が可能になった。
・円弧推進は，発進立坑から16ｍ下方の最深部に向かい，到達立坑に向かって18ｍ上るという難易度の高い施工となったが，掘進中は推進管内に人が入る必要が無い泥水式推進工法を基本に，種々の安全対策を講じ，高精度に完了した。

2.2　泥濃式推進工法による長距離・急曲線施工時の課題と対策

㈱アルファシビルエンジニアリング　　池田裕治

推進工法の場合，道路占有面積は少ないが都市部においては，用地の確保が困難であり，限られたスペースの中で施工ヤードの設置や立坑築造を実施しなければならない。また，交差点付近での立坑築造は困難であることから，必然的に長距離化が進み，道路交差部に沿った直角推進（急曲線推進）となるケースが求められている。

しかしながら，推進工法の性質上，管列が常に移動するため，長距離・急曲線化が進むと，周面摩擦力が上昇し，施工の難易度が増す。また，その傾向は大口径になるほど増加する。

よって本稿では，これらの要求事項と同様な施工事例として，φ1500mm，L＝600ｍ及び直角30Rの急曲線施工を取り上げ，この厳しい施工条件を乗り越えるための事前に実施した検討内容と，実際に現場で実施した対策について紹介するとともに，施工結果及び今後の課題について記述する。

2.3　酸性硫酸塩土壌における推進工法のための充填材の配合に関する検討

九州大学大学院　　佐々木駿尚

近年，経済成長の著しい東南アジア諸国では推進工法によるインフラ整備が計画されている。しかしながら，東南アジアの熱帯地域に広く分布する酸性硫酸塩土壌により，推進管の施工時に使用される充填材の土被り圧に対する強度や摩擦低減効果等の機能に影響が及ぶことが懸念される。また，酸性条件下における使用を目的とした推進管の施工時に使用する充填材の配合に関しては，未だ十分な検討は行われていない。そこで本研究では，酸性条件が充填材の呈する強度および摩擦低減効果に与える影響に関して検討を行った。その結果，酸性条件は充填材の摩擦低減効果に大きな影響を与えないが，著しい強度低下を引き起こすことが示された。そこで，酸性条件が引き起こす強度低下を最小限に留めるため，今回の研究で用いた充填材に使用されており，中和作用を示すとされるスラグ及びフライアッシュの配合比を増大させた。その結果，充填材のスラグ配合量を増大させることにより，酸性条件が引き起こす充填材の強度低下を最小限に留めるとともに，十分な摩擦低減効果を示す充填材を作成することができると示された。

2.4　インドネシアにおける地盤改良を目的とした薬液注入工法の開発

九州大学大学院　　松本親樹

インドネシアでは近年，都心部において非開削工法による地下通路や下水管の建設等のインフラ整備が進んでおり，周辺の地盤改良を目的とした薬液注入工法（止水や立坑の保護等を主な目的とする）の導入が検討されている。しかしながら，同国では薬液注入工法による周辺環境への影響が懸念されていることから，同国へ薬液注入工法を導入するためには，機能性および安全性の双方の観点から十分な検討を行うことが必要である。そこで本研究では，固化時間の異なる2種類の薬液注入剤を新規に開発するとともに，それらの基礎特性および安全性に着目することにより，インドネシアにおける薬液注入工法の適用に関して検討を行った。その結果，いずれの薬液注入剤を使用した場合においても，改良地盤の透水係数は1.0x10-5（cm/s）前後の値を示したことから，十分な遮水性を示す改良地盤を構築することができると示された。また，改良した地盤からの溶出物濃度は，いずれもインドネシアの水質基準を満たすことが示された。以上より，本研究で開発した薬液注入剤は，機能性および安全性の観

点から，インドネシアにおける施工において十分に適用可能であるといえる。

3.1　陸上から海底へ長距離陸揚管路を敷設する『リードドリル工法』

㈱協和エクシオ　　渡邊康人

近年，通信・電力として整備した海底ケーブルも更新時期を迎えている。浅瀬の砂浜は開削工法による敷設が主流となっているが，国立公園として特別保護区に指定された離島などは珊瑚礁の自然保護等の観点から，開削による管路敷設が禁止されており，非開削工法による施工が求められている。

リードドリル工法は，石油掘削の原理・技術を応用し，石油などのパイプラインを地中化するために発達した従来の弧状推進工法（海外においてはHDD（Horizontal Directional Drilling））を進化させた工法で，1km以上の長距離推進が可能な工法である。

リードドリル工法の概要と沖縄県糸満市での施工実績を紹介するとともに，沖縄特有の琉球石灰岩に対する今後の課題について紹介する。

3.2　鍵穴掘削技術を使ったサービス管の新設・改築改築 Trenchless Installation and Renewal of Property Service Lines with and without Keyholes

TRACTO-TECHNIK GmbH　Sebastian Schwarzer,

For a long time now, the trenchless installation and renewal of transmission and collector lines has been state-of-the-art. These techniques and methods were developed further to establish property service connections. Based on the soil displacement hammer as a standard machine, meanwhile all domains, from sewerage to the integration of FTTB, can be installed and renewed without trenches. Water-proof wall ducts for gas and water lines allow trenchless installation from the basement of the building without the need for additional assembly pits in front of the outer wall.

Property service connection lines for supply average up to 15 m in length, with outer diameters of the casing and product pipes between 32 mm and app. 160 mm. They can conduct gas, water, wastewater, district heating, electricity and data to single buildings and housing blocks or commercial areas and industrial plants. Disposal within the sewerage sector usually begins with ND 150. For new installation and renewal of all these property service connection types, TRACTO-TECHNIK offers different approved methods.

New is the trenchless installation and renewal of gas, water, power or data lines for property service connections from a tiny circular keyhole. Where the keyhole technique is applied, surface damage and the consequential costs only too well known from open trench installation methods are insignificant. The performance of all soil and surface works is safer, more productive and less extensive. It is unnecessary to enter the construction pits.

4.1　下水熱利用による歩道融雪　―新潟市事例―

積水化学工業㈱　　髙橋孝輔

近年，再生可能エネルギーの利活用がより一層求められており，その中の一つである下水熱は，省エネルギーやCO_2排出量削減に貢献することから，こうしたエネルギー対策と一つとして期待されている。一方，新潟市は，低炭素型都市づくりを進めており，その一環としてBRT（Bus Rapid Transit）を導入している。また，新潟市は，降雪量は少ないものの，気温が低く，溶け残った雪が交通の支障となる恐れがある。そこで，バスターミナル歩道付近下にある合流式下水道に設置した下水熱回収システムを用いて，歩道の融雪を行った。導入したシステムは，下水管路内に敷設した採熱管で下水と熱交換され，温められた熱源水が循環ポンプにより融雪パネルに送られる，ヒートポンプを用いない簡易的な融雪システムである。採熱管は，耐食性・耐久性に優れる樹脂を使用し，管を直接下水と接触させることでより効率的に採熱を行う。2015年春にシステムを設置し，2015年冬に稼働したデータを基にシステムの採熱・放熱設計値と実測値の比較を行った。また，降雪深さ約1.5cm/h未満であれば，路面温度を0℃以上保持し，歩道部において積雪が無いことが確認できた。

4.2　アルファライナー工法

TMS ライナー㈱　　森岡真弓

昨今，老朽化もしくは破損した下水道管きょの再構築や長寿命化の目的で，多数の管更生工法が維持管理に採用されている。その中で，いわゆる現場硬化型の更生工法は，1日で完工する必要があるために，限られた時間での施工可能延長が1スパンの延長より短いという問題がある。そこで，強度を向上させることで更生材の厚みが薄くなり，硬化に要する時間を短縮できると考え，アルファライナー工法を導入した。アルファライナー工法とは，光硬化の技術を応用した形成工法に分類される本管更生用の管更生工法である。強固な耐酸性ガラス繊維を用いることで，長期曲げ弾性係数9,500N/mm^{2}という高強度な材料となった。その結果，更生材の厚みが，管径によっては4mmも薄くすることが可能となった。さらに，高強度になったことで，適用管径も広がり1000mmまで可能となった。2016年3月には，㈶日本下水道新技術機構による建設技術審査証明書を取得しており，公共事業の施工実績も増やしている。今後は，安定した品質はもちろんのこと，市場のニーズに応えられるよう，アルファライナー工法を発展させていく。

4.3　高い信頼性を実現する管更生工法　EX 工法・ダンビー工法　～熊本地震後の現場調査結果報告等～

EX・ダンビー協会　　宮川恒夫

小口径を対象とした管更生工法のEX工法および中大口径を対象としたダンビー工法に使用する管更生材は，管路用資材として長年の実績がある硬質塩化ビニル樹脂を使用し，日本下水道協会の認定工場制度において認定された工場で製造されます。

両工法ともそれゆえに曲げ特性や耐薬品性などは工場で発現した品質を，そのまま施工後も確保することができるため，施工後の品質は安定しています。

また，更生管の耐震設計においては，屈曲や抜出しに対する性能を照査するため模擬管路を用いて実験を行い，許容値の妥当性を確認し，地震発生時の地盤液状化で大きな変位の発生が懸念される管路などの流下機能確保に関しても，現場等を通して十分な耐震性能を有していることを確認しています。

今回，特に熊本地震後のダンビー工法による現場の管路調査を行いましたので，結果報告を行います。

4.4　とう道漏水補修『樹脂系シート型止水工法』の開発・導入

NTT インフラネット㈱　　椎名久男

NTTでは，電気通信ケーブルを地下に収容する設備として，とう道を採用している。とう道は鉄筋コンクリート構造であり，大量に建設された時期から30年以上経過している。そのため，設備の延命化と効果的な維持管理が課題となっている。

とう道打継目等の漏水補修対策として，従来技術の課題として「止水用補修材の劣化」・「僅かな目開きによる再漏水の発生」を克服できる工法が望まれていた。

打継目・伸縮継手部は，とう道全周に亘って躯体コンクリートを貫通する間隙が構造的に存在するため，補修範囲が広範囲になるほか，補修後も補修材の劣化進行と僅かな目開きによる漏水の再発生など，長期信頼性に問題が発生している。

このため，とう道耐震対策として導入している可とう性継手の止水構造に着目し，「接着強度と容易な作業性」を有する樹脂と「防水シートの可とう性」に着眼した，低廉かつ簡易な構造・工法で要求条件（僅かな目開きに追従・耐水圧性能）を満足できるシート型止水工法を開発・導入したものである。

4.5　管きょの長寿命化を目的とした部分改築工法について

東亜グラウト工業㈱　　田熊章

日本に埋設されている老朽化した下水道管路の増加は深刻な問題である。国土交通省によると全国にある下水道施設は，管路が延長約45万km，処理場の数が約2200箇所，道路陥没の件数も年間で約5,000箇所も発生しており，その多くが更新期を迎えている状況である。しかし，地方自治体の予算は，人口の減少と維持管理費の増加による影響で逼迫しているのである。そこで，管理施設のライフサイクルコストを最小化する効率的な部分的工法が望まれている。

本誌にて紹介する部分改築工法は，日本下水道新技術機構と民間企業 五社（東亜グラウト工業，SGC下

水道センター，管清工業，カンツール，極東技工コンサルタント）にて取り組んでいた「管きょの長寿命化を目的とした部分改築工法の開発に関する共同研究」として研究開発を行った技術である。

4.6　新たな既設管更生の手法とデバイスの検討＊医療技術の転用＊

㈱メディス　　松本裕正

医療分野での，経皮的冠動脈形成術/大血管ステントグラフト術における手法やデバイスを転用し水道管及びあらゆる既設管に対しての新たな更生工法や自立型更生管を提案する。

胸を大きく開胸して心臓を停止させ人工心肺装置を使用する侵襲の大きな外科的手術から，開胸したり心臓を停止させる必要のない低侵襲なカテーテル治療へと医療分野における血管内治療は大きく進歩した。

20年程度の期間を経てカテーテル治療が大きく進歩したがインフラ分野での既設管の更生方法についてはまだまだ大きな進歩の可能性が残されていると大きく感じた。

自己拡張型ステント（金属メッシュ）に繊維膜を被覆させたステントグラフトと冠動脈ステントをメインに工法の仮説や更生管の仮説を提唱したい。

5.1　不均一土壌に対応した地中レーダ平面表示ソフト

日本信号㈱　　中村泰之

近年，地中レーダでも広がっている複数データを平面的に表示するソフトは，15～20年前に地中レーダ向けに研究されていたが，不均一な土壌では埋設管の深さ補正がされず，埋設管がつながらず点線となる平面表示となっていた。そのため，比較的均一なコンクリート用のレーダで広く展開されるようになった。

如何に不均一な土壌でも深さ補正できるかが，正確な平面表示に求められる課題であった。

そこで，埋設管を探査した画像データから正確な電波速度を推定する技術，不均一な土壌を探査した複数のデータから均一土壌マップを作成する技術，探査データから抽出した埋設管が複数の探査データで連続性があるかを判定する技術を開発した。

その結果，浅部と深部で大幅に電波速度が異なる土壌，土壌入替えが頻繁に行われた土壌，暗渠管を含んだ探査データでも，正確な平面表示ができるようになった。さらに，表示する深さを連続的かつ任意に変更し必要な配管経路だけを表示する処理，および埋設管連続性を判定し直線で結ぶ処理を開発した。この平面表示ソフトは機器制御用タブレットPCに搭載し，現場で簡単に表示できるようにしている。

5.2　位相検波による埋設管路探査の精度向上

フジテコム㈱　　三上貴大

これまで埋設されたガス，水道管路等は電磁誘導方式で探査する機器が使用されてきたが，無電柱化などで地中はさらに輻輳するため探査が困難になると思われる。そのため，より安全かつ高精度に探査，把握する研究を進めてきた。今回，その成果として管路の分岐や曲部などの特異点検出，輻輳配管での配管識別方法を搭載した新たな機器を開発した。

1）管路特異点の検出

管路の分岐や曲部などの特異点では磁界の方向が変化するため複雑な磁界となり，特異点付近で精度よく探査することが困難であった。

そこで特異点の磁界を正確に計測できる多軸の受信コイルを持つ機器と，その位相を検出する計測方法を開発した。その結果，特異点位置の精度が向上，T分岐と曲部や上越し配管と下越し配管の判別が可能となった。

2）輻輳管路の探査性能向上

埋設管が輻輳していると，探査対象管の磁界は近接管の磁界と合成した磁界となるため，探査位置のずれや異なる配管を探査していたなどの問題があった。

そこで探査対象管と近接管の磁界の方向は逆向きとなることから，磁界の方向（電流の方向）を検出する計測方法を開発した。その結果，探査対象管のみを検出することが可能となった。

5.3　ハイパースタッキング方式地中レーダの性能評価実験

応用地質㈱　　斎藤秀樹

近年の集積回路技術の発展に伴い，低価格・低消費電力の高速A/D変換器が開発され，インパルス型地

中レーダデータのリアルタイムサンプリングが可能となった。筆者らは，今春市場に出されたリアルタイムサンプリング方式の地中レーダ装置を導入し，その性能評価実験を行った。この新しい地中レーダはハイパースタッキングという機能を有し，リアルタイムサンプリングされた波形記録を数百回スタッキングすることによってS/N比の向上をもたらすものである。今回の実験地では，深度3mまでの反射面を，従来のインパルス型地中レーダより高いS/N比で，明瞭に検出することができた。今後，異なる地盤条件で，より深い反射ターゲットを対象として，適用事例を増やしていきたい。

5.4　デジタルカメラを用いた埋設物の地上位置３次元計測

NTT インフラネット㈱　　石原達也

埋設物探査現場の付帯業務の一環として行われる地上部のオフセット計測において，現場での簡易的な計測作業は，メジャーを用いて記録することが主であり，計測や記録による手間，測り漏れよる再計測，交通量の多い道路での計測作業の危険性など，多くの課題を抱えていた。これらの対策として導入される写真測量技術は，精密機械工業用カメラが用いられており，機材の導入コストが高額になるという欠点があった。また，工業用カメラは，持ち運びの不便さや，使用するのにスキルも必要であるため，各種の地物の計測を写真撮影で実施するにはコストや作業性に不向きであった。

これらの課題を解決するため，エヌ・ティ・ティ・インフラネット㈱では，市販のデジタルカメラ2台を用いて撮影し，撮影した画像からパソコン画面上で簡便に地物のオフセット計測が可能となるステレオ計測技術を開発した。この技術により，現場での簡易的な計測作業の安全性・作業性が向上する。また，市販のデジタルカメラを用いている為，比較的安価に実現できる。

6.1　外部費用を考慮した革新的な地下管路新設工法の総合経済比較方法の考案

JSTT ソーシャルコスト検討委員会　　宮武昌志

従前，地下管渠工事の社会的影響は，採用される工法（開削工法か非開削工法か）で大きな違いがあることは感覚的に理解されていたものの，社会的影響すなわち工事の外部費用を算定する方法が明確でなかったことから，これらを定量的に把握して工法の選定や設計に活用するケースはほとんど報告されていない。しかしながら，外部費用を定量的に算定し，これと私的費用（直接的な工事費用）とを合算した社会的費用（総工事費用）を把握することは，工事工法や設計内容を合理的に決定するうえで極めて重要である。

日本非開削技術協会は，直接的な工事発注費のみならず，工事に起因するさまざまな不利益をも盛り込んだ地下管路新設工法の総合的経済比較方法について，平成22年から「ソーシャルコスト検討委員会」を中心として検討してきた。このたび，7年にわたる総合経済比較方法の検討結果及び試算値をとりまとめたマニュアルの編纂が完了した。

以下に列挙する外部費用の算定式及び試算値を中心に報告する。

＊自動車の走行時間・環境負荷・走行経費・交通事故に関する外部費用
＊歩行者・自転車の所要時間・交通事故に関する外部費用
＊周辺地域の工事騒音・工事振動・健康被害・停電断水に関する外部費用
＊周辺地域居住者の外出行動・事業活動に関する外部費用
＊工法別の環境負荷に関する外部費用

6.2　河川横断におけるダクタイル鉄管布設のコスト縮減事例

㈱栗本鐵工所　　末松康成

河川横断部での管路布設は水管橋や仮締切による開削工法の他，推進工法といった非開削工法での布設が多く用いられている。また，河川下では，上水道等の圧力管は二重管構造とするために推進工法用ヒューム管等を推進し，その中にNS形等の耐震性を有するダクタイル鉄管を挿入する「さや管推進工法」で布設されることが多い。

河川横断部の管路を推進工法で布設する場合，管路と河床高との離隔を確保する必要があるため，一般的な直線推進では立坑が深くなり，立坑築造費や薬液注

入費等の工事費が割高となる傾向にある。

工事費のコスト縮減案として，河川を縦断方向に曲線推進で横断することで，管路と河床高との離隔を確保しながら両側の発進および到達立坑を浅くすることで工事費の縮減を図る方法が考えられる。

今回，河川横断部における φ900NS形ダクタイル鉄管管路の布設部で，直線推進と縦断曲線推進について，工法および経済比較を含めた検討を行い，縦断曲線推進を用いた「さや管推進工法」を採用することで，管路の耐震性を確保しながら，コスト縮減を図った事例について報告する。

6.3　合成鋼管用離脱防止継手の試作とその性能評価

日本ヒューム㈱　　秋元昌哲

伸縮能力と離脱防止抵抗力の両方を備えた離脱防止継手は，地震時に隣接する管を次々に引き出し，複数の継手の伸縮能力を足し合わせることによって，地盤ひずみの集中に対応することができる。この種類の継手はパイプラインの耐震性を向上させる手段として期待されている。また，下水道用の管路では危険度や重要度が高く，復旧の難易度が高い路線では原則として抜出し防止継手管を採用することが望ましいとされている。下水道管として，高内外圧急曲線に対応した合成鋼管に耐震性を付加する離脱防止継手を試作して試験を行なったところ，直線施工と曲げ施工の両方において離脱防止機能を発揮できることを確認できた。この継手が備える伸縮性能と離脱防止抵抗力の両方を評価し，その継手の管路として十分な伸び量を有し，耐震性能を有することを確認した。

6.4　大口径管きょ清掃の無人化技術の開発

管清工業㈱　　内海克哉

管径800ミリ以上の中大口径下水道管きょは，下水道収集システムの幹線に主として用いられ，季節・昼夜問わず休むことなく使用されている。

その間，外からの土砂や車輌の重みと，内部の腐食環境により，管きょは老朽化していく。また下水中に含まれる土砂は次第に管きょ内に堆積していく。

これらを放置しておけば，管きょが劣化・破損し，陥没事故を招いたり，堆積した土砂による溢水事故を引き起こす可能性がある。

これらを未然に防ぐには計画的な維持管理として点検・清掃が不可欠である。

こうした中大口径管きょの維持管理は，主として作業員による人力で行われてきた。

しかし，近年，局地的大雨による急激な水位の上昇，堆積土砂からの有害ガスの発生等，人力での作業環境としては厳しさを増してきている。

特に清掃作業は重量のあるホースをとりまわすため作業自体が重労働であり，それに前述の作業環境の悪化が加わってきている。

このような状況を鑑み，管きょ内に作業員が入らずに安全に清掃を行うことを目的として，大口径管きょ無人清掃ロボット『グランドスウィーパー』の開発を行ってきた。本稿では，この機能と活用について紹介する。

6.5　狭隘な道路下における下水道雨水管基幹施設の施工法検討・設計事例

㈱三水コンサルタント　　袖山弘

都市部では浸水対策事業の拡充により土地利用や道路状況等が制限された占有地への布設計画も増え，下水道基幹施設の施工法としては非開削工法による長距離・急曲線が求められている。そのうち，本報告としては狭隘な道路下における設計事例とし，次に示す課題の解決策について論じることとする。

①計画する線形ルートの道路幅員は5.0～6.0m程度であり，昼間の車両交通量が比較的多い道路である。
②雨水管への取水ポイント及び掘進に必要な立坑の配置が他企業埋設物の輻輳により制約が生じる。
③事前計画での発進立坑周辺部には施工ヤードスペースがほとんどなく公園用地利用を検討する必要がある。
④交通事情や道路管理者協議により立坑築造部を通行止めで計画することは困難であり，車上プラントでの計画ができない。

工法選定では，長距離・急曲線推進を必要とする線形計画であることより，経済性・施工性及び地域特性に適した工法を抽出し，検討した。