

下水道の現場で活躍する最新の自動化技術

横田敏宏* 深谷 渉** 宮本豊尚***

1. 暗い・狭い・危ない下水道管内作業

平成21年度末現在、我が国の下水道普及率は74%、管きよ総延長は地球10周分に相当する約42万kmに達している¹⁾。

管きよの管理は、道路陥没や汚水流出等を防ぐ上で極めて重要であるが、一方、ほとんどの管きよは道路下に埋設され、日常生活で目にするのができるのは、路面のマンホール蓋くらいで人の目が届きにくい。当然のことながら、管きよ内に照明はなく、マンホールを開放したところで管きよの奥にまで光は届かない。よって、管きよ内で作業する作業員は、懐中電灯の明かり1つを頼りに作業をせざるを得ない。特に、維持管理において重要な目視による劣化状況確認では、わずか幅数mmのクラックを見つける必要があり、暗闇の中で漏れなくこれを把握することには限界がある。

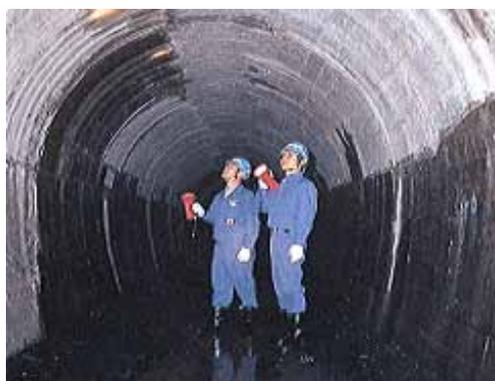


写真-1 大口径管きよ内の点検の様子②

また、下水道は水道と異なり排出系（受け手側）のライフラインであり、流下している水を完全に止めることは不可能に近い。平成20年8月5日には、東京都下水道局が発注する雑司ヶ谷幹線再構築工事現場において、突発的な局所的集中豪雨による急激な水位上昇が原因で管きよ内で作業中の作業員5名が流され死亡するという痛ましい事故も発生しており、改めて、下水道管きよ内作業の危険性を思い知らされた。

さらに、管きよ内は酸欠や有毒ガス発生（硫化

水素など）の可能性が極めて高く、管きよ内作業は、常に危険と隣り合わせである。

つまり、下水道管きよ内作業は、3K（暗い・狭い（狭隘）・危険）が常に潜んでいるのである。



写真-2 下水の滞る狭い空間での調査③

2. 労働環境改善と下水道技術

3Kな労働環境下にある下水道管きよ内での人力作業を回避するための技術開発が進められている。

従来は、建設、維持管理に限らず、人がその作業の多くをこなしてきた。しかしながら、少子高齢化にともなう作業員の高齢化・作業員不足、作業員の安全確保、交通事情の変化（作業時の交通への影響）など、下水道を取り巻く情勢は大きく変化している。

このため、時間の要する人力による作業は敬遠される傾向にあり、危険な労働環境下における人力での作業を回避し、可能な限り機械化を図るための技術開発が進められている。

下水道の維持管理（点検・調査）分野に注目してみると、現在その主流となっているのは自走式テレビカメラ（以下、TVC）である（図-1）。

ここで、作業員が潜入できる口径は800mm以上とされており、人が直接に点検することが出来る管きよは約15%でしかない。残り約85%の作業員の潜入が不可能な小口径管向けに開発・改良が進められてきており、地上部のオペレータ室からの遠隔操作により劣化状況を詳細に調査することが可能となっている（3. にて詳述）。

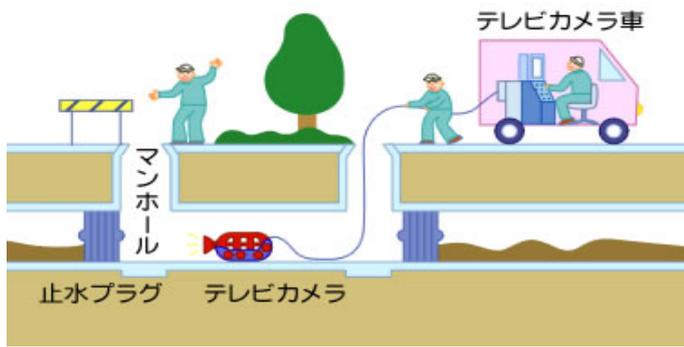


図-1 テレビカメラ調査のイメージ⁴⁾

改築分野では、下水の流下を止めることなく、非開削で、かつ作業の多くをオートメーション化した、管きょをリニューアルするための更生工法の受注実績が増加している（4. にて詳述）。

今後、管きょの老朽化にともなう改築事業が益々増加することが予想されることから、このような新工法の活躍が期待されている。

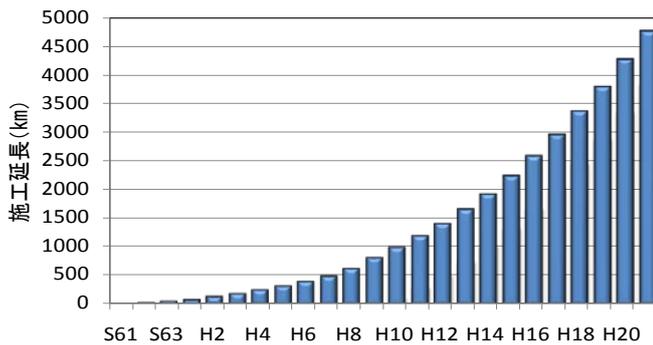


図-2 更生工法の施工実績⁵⁾

3. 維持管理分野で活躍する技術

現在の管路施設の維持管理は、視覚調査にて行われることが一般的であり、人の出入りが可能な大口径（800mm以上）においては作業員（自治体職員や維持管理業者）による直接目視調査、人の出入りが不可能な中小口径（800mm未満）ではTVC 調査が行われる。

一般的なTVCを用いた調査は、マンホール間を一工程とし、管きょ内の映像を地上のオペレータ室内のモニターテレビに映し出し、オペレータの判断により劣化状況を把握するものである。TVCは、走行中は前方の状況を映し、不具合箇所では一旦停止後、図-3に示すようにレンズを回転させ壁面の状況を映す（側視と呼ばれる）。

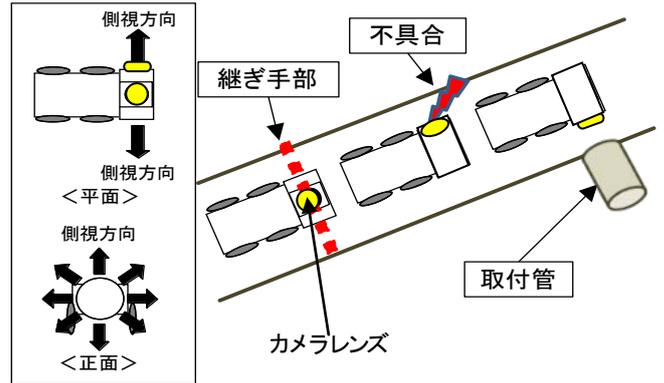


図-3 側視のイメージ

有線式で、起点となるマンホールから100m以上の走行が可能である。1日当たりの作業量は、劣化の程度により差があるが、標準的には300m/日程度である⁶⁾。なお、劣化状況の判定は、下水道維持管理指針⁷⁾の判定例に基づき実施される場合が多い（表-4参照）。

現状のTVCについては、調査遂行上のいくつかの課題が挙げられる。先述の通り、TVC調査は、現場において撮影から劣化状況判定、ビデオ編集までを実施することから、現場での拘束時間が長くなる傾向にある。また、不具合発見や程度の判定はオペレータの技量に委ねられることから、成果品の精度にバラツキが生じやすいという問題がある。

このため近年、レンズ回転不要の魚眼レンズ等の採用及び不具合の自動判定等の技術が開発され（図-4参照）、作業時間の大幅短縮や一定レベルの精度確保が可能になりつつある。

一方で、一部の不具合に対しては適用できない等の代償が生じている他、機材が高価で買い換えが進まない等の課題もある。

流速が早いために管きょ内の作業が不可能な管きょや、有毒ガスからの労働者の安全確保の為、大口径管においてもTVC調査が採用されてきている。現在、車両型（写真-3）や船体型（写真-4）が開発されており、実績も増えつつある。

4. 改築分野で活躍する技術

古くに下水道に着手した大都市において、老朽化した管きょの改築工事が進められている。しかしながら大都市では、交通量の増加や密集する家屋等の理由により、開削工事による管きょの布設替えは困難であり、非開削による施工方法（更生工

表-4 判定基準表 (例)

ランク 異常項目	Aランク	Bランク	Cランク
腐食	鉄筋露出	骨材露出	表面が荒れた状態
たるみ	本管内径以上	本管内径の1/2以上	本管内径の1/2未満
破損	欠落・軸方向のクラックで幅5mm以上	軸方向のクラックで幅2mm以上	軸方向のクラックで幅2mm未満
クラック	円周方向のクラックで幅5mm以上	円周方向のクラックで幅2mm以上	円周方向のクラックで幅2mm未満
継手ズレ	脱却	70mm以上	70mm未満
浸入水	噴き出ている	流れている	にじんでいる
取付管の突き出し	本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
油脂付着 木根侵入	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
モルタル付着	内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

※鉄筋コンクリート管の例
 Aランク：重度。機能低下が著しい。
 Bランク：中度。機能低下が少ない。
 Cランク：軽度。機能低下が殆ど無い。

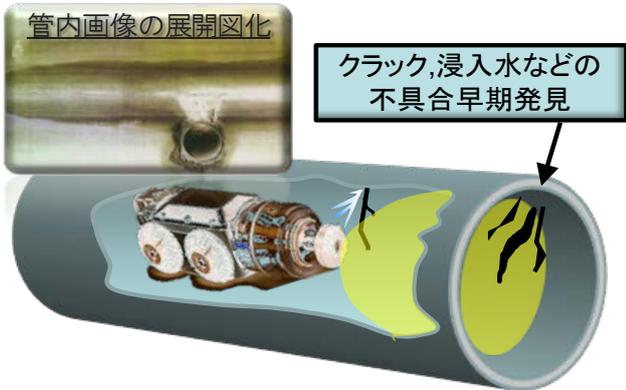


図-4 新世代テレビカメラ



写真-3 大口径用テレビカメラ (車両型)



写真-4 大口径用テレビカメラ (船体型)

法) が採用されつつある。

更生工法の一例をあげると、老朽化した既設管の内側に、硬質塩化ビニル製のプロファイルによる管路を形成し、その隙間に裏込め材を注入する方法がある。既設管・裏込め材・プロファイルが一体化することで、強固な複合管を構築し、管路の機能を再生するもので、この工法により再生された管きよは、一般的に、複合管と呼ばれている。また、自走する製管機の開発により、長距離・曲線施工にも対応が可能である (図-5)。

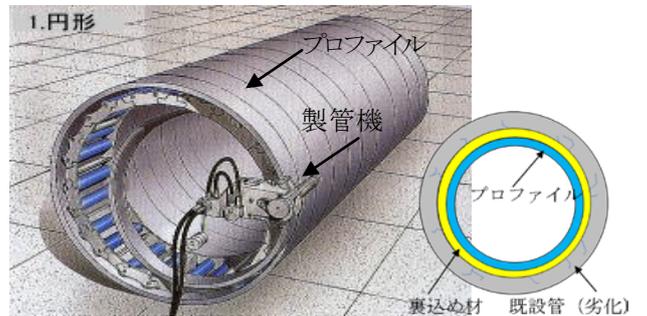


図-5 更生工法 (複合管タイプ) 8)

複合管の他に、自立管と呼ばれるものがある。自立管とは、硬質塩化ビニル管などの可とう管をマンホールより既設管内に引き込み、蒸気加熱や紫外線等により円形に復元させるもので、既設管の強度を期待せず、引き込んだ管自らで外力に抵抗するものである (図-6)。

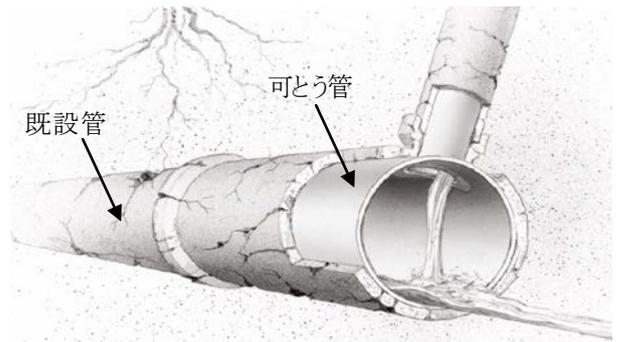


図-6 更生工法 (自立管タイプ) 9)

これらの更生工法は、管きよの形状に関わらず、かつ水を流しながら施工できるため、交通や市民生活に対する影響が少なく、工期・工事費とも開削工法と比べ大幅に削減できるメリットがある。

5. 国総研における取組み

社会資本が日本より早く高齢化した米国では人命を巻き込む落橋事故が発生した。日本でも高度経済成長期に集中投資した社会資本の高齢化・老朽化による事故や災害、維持管理費・更新費の急増が懸念される。従来は損傷等に対して個別・事後的に対処してきたが、事故や災害を未然に防ぎまたコストを抑制するためには、施設を定期的に点検・診断し、致命的欠陥の発生前に対策を講じることが望ましい。

しかしながら、現在、目視できない部位、目視による評価が困難な変状に対する点検・診断技術は未熟な状況にあり、これらを経済的かつ確実に点検・監視する技術の開発に早急に取組む必要がある。

国総研では、下水道管路施設の致命的損傷の発生を未然に防ぐ予防保全的管理を推進するために、①点検・監視技術の性能評価と劣化診断基準の策定、②より簡易な診断手法・診断装置の開発に取り組み、点検の効率化、点検実施率の向上を図るための研究を開始している。

なお、診断装置の開発にあたっては、民間企業の有する技術、研究開発力を活かし、民間企業の当該分野の技術水準向上もあわせて支援することとしている。

これにより、予防保全の考え方に基づく適切な維持管理が推進され、国民生活や経済社会活動に甚大な影響を与える社会資本の致命的な損傷の回避、長寿命化、コスト縮減の進展が期待される。

6. おわりに

地下埋設物には、水道、ガス、電気等があるが、下水道を除いて供給系のライフラインである。供給系ライフラインは、供給施設の圧力低下やサービスを受ける住民からの異常の通報などにより不具合が発見しやすく、また管理者の手で供給を停止することが可能である。しかし下水道は、排出系ライフラインであるとともに自然流下方式を採用しており、住民側での異常が発見しにくく、圧力低下等もないため点検調査を実施しないと不具合の発見が難しい。また補修等を行うにも、暗く狭い地下空間における作業は非常に過酷なものとなる。ここに紹介した工法等は、これらを克服する画期的な技術であり、ますますの技術革新が進むことを願う次第である。今後、地下の下水道に光を射す救世主となることを期待せずにはいられない。

参考文献

- 1) 国土交通省下水道部HPより
- 2) <http://www.gesui.metro.tokyo.jp/kanko/newst/150/n150.htm>
- 3) http://www.azuma-mie.co.jp/service_gesuido.html
- 4) <http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/waterworks/sewage/cont02.html>
- 5) http://www.jascoma.com/siryoku/20100727_syuzenkaichiku.pdfの資料を加工
- 6) 下水道施設維持管理積算要領—管路施設編一、日本下水道協会
- 7) 下水道維持管理指針、日本下水道協会
- 8) <http://www.spr.gr.jp/method/spr/result.html>
- 9) <http://www.om346.co.jp/technique/pipe.html>

横田敏宏*



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室長
Toshihiro YOKOTA

深谷 渉**



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 研究官
Wataru FUKATANI

宮本豊尚***



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 研究官
Toyohisa MIYAMOTO