

特集：下水道技術が支える市民生活

# 道路と下水道 —道路陥没防止に向けた下水道管きよの維持管理・改築更新技術—

末久正樹\* 深谷 渉\*\* 横田敏宏\*\*\*

## 1. はじめに

我が国の近代的な下水道施設は、明治時代に東京都や横浜市、大阪市などの大都市で着手されたのが始まりである。平成23年度末現在、我が国の下水道普及率は75%を超えるまで整備が進み、道路等に埋設されている下水道管きよの総延長は、地球10周分に相当する約44万kmに達している<sup>1)</sup>。

このうち布設後50年を経過した管きよは約1万km、30年を経過した管きよは約9万km存在しており、今後、このような老朽管の急増に伴い、腐食等による管きよの異常が増加することが懸念されている。国総研が下水道事業者に対して行ったアンケートの結果、実際に下水道管きよの老朽化等に起因した道路陥没が大小含め毎年約4千件以上<sup>2)</sup>発生しており、管きよの老朽化は市民の生活を脅かす社会問題としてクローズアップされている。

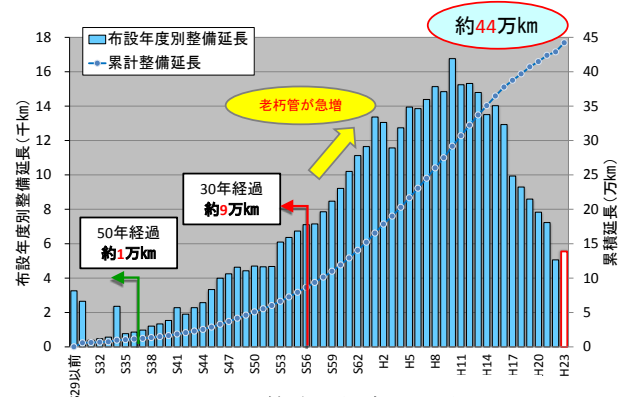


図-1 管路の年度別延長

社会資本が日本より早く高齢化を迎え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・老朽化とそれに伴う社会資本の一斉更新期が間近に迫っているが、世間の関心は必ずしも高くない。特に下水道の場合、ほとんどの管きよは地下に埋設されているため、特にその傾向が顕著である。

道路陥没のような日常生活や社会活動に重大な影響を及ぼす事故の発生や下水道機能の停止を未然に防止するための対策が急務であり、予防保全的な維持管理計画の策定とそれに基づく適切な改築更新の実施が自治体にとって重要な課題となっている。

国総研では、下水道管きよの致命的損傷の発生を未然に防ぐ予防保全的管理の推進と適切な改築更新の実施に向けて、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、③更生工法の品質確保等の検討を進めてきた。本稿では道路陥没の防止に向けた下水道管きよの維持管理・改築更新のための技術動向と国総研の現在の取り組みを紹介する。

## 2. 維持管理分野で活躍する技術（テレビカメラ調査）

### 2.1 管きよの点検・調査の現状

計画的に管きよの改築更新を進めていくためには定期的に点検・調査を行い、管きよの状態を正



写真-1 管路の破損の状況



写真-2 道路陥没の状況

Road and Sewerage  
-Sewer Maintenance and Pipeline Renewal Technology aimed to prevent road cave in sinkholes-

確に把握しておくことが極めて重要である。ただし、下水道管きよは道路下に埋設されるという特質上、異常の発見や補修が困難であるという課題を抱えている。事実、管きよの年間点検調査率は総延長の1%と低調な数字になっており、埋められた後の状況があまり把握されていないのが現状である。

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）ではテレビカメラ（以下、TVC）調査が行われる。劣化状況の判定は、下水道維持管理指針の判定例に基づき実施される場合が一般的である（表-1参照）。

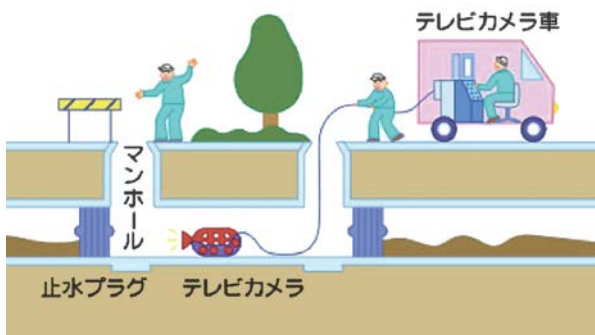


図-2 TVC調査のイメージ<sup>3)</sup>

表-1 判定基準表<sup>4)</sup>（鉄筋コンクリート管の例）

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

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。

通常、TVCを用いた調査は、マンホール間を一工程とし、管きよ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、壁面の状況を映す（側視と呼ばれる）。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。

## 2.2 新型TVC等を用いた効率的な維持管理の検討

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、管内画像の展開図化が可能なミラー方式TVCの採用や不具合の自動判定等の技術の開発等により、作業時間の大幅な短縮や一定レベルの精度確保が可能になりつつある（図-3参照）。ただし、構造上レンズがむき出しになるため浸入水等が発生している管内では撮影ができない、機材が高価で買い換えが進まない等の課題もある。

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

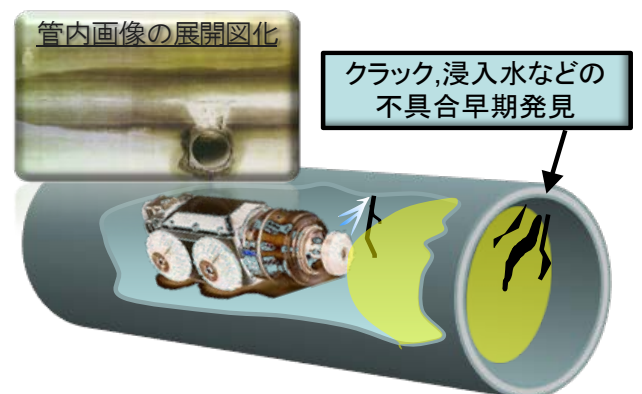


図-3 新世代TVC（ミラー方式TVC）



写真-3 大口径用TVC（船体型）

現在、国総研では、より効率的な点検・調査の開発に向けて簡易カメラを活用したスクリーニング手法の検討や、企業との共同研究による新たな維持管理機器や路面調査手法の検討を行っているところである。

### 3. 改築更新分野で活躍する技術（管きよ更生工法）

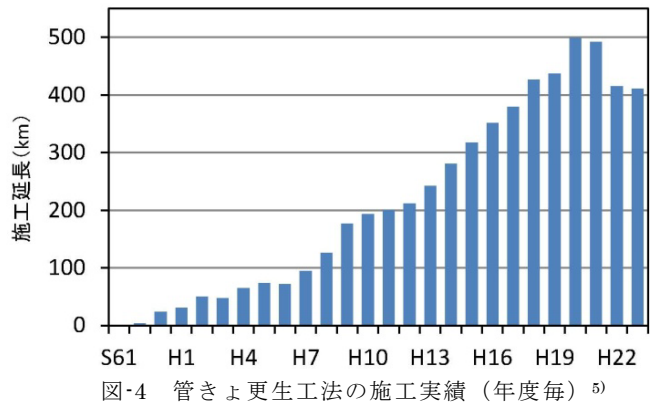
#### 3.1 管きよ更生工法のメリット

老朽化した管きよの改築更新のため密集した市街地内で開削工法を行う場合、道路交通障害や騒音・振動・地盤沈下等の建設公害の発生に十分留意する必要がある。近年、道路を掘削することなく改築更新が可能な工法として、更生工法への関心が高まっている。更生工法とは既設管きよに破損、クラック、腐食等が発生し、耐荷力、耐久性の低下及び流下能力が保持できなくなった場合に、既設管内面に新たに管を構築して既設管きよの更生および流下能力の確保を行う工法である。

更生工法は、密集市街地内での管きよの改築更新において、次のような利点がある。

- ・ 工事に起因する騒音、振動、交通渋滞等が少なく、周辺住民の生活への影響が最小限にでき、工事の円滑化が図れる
- ・ 道路の掘削規制、他企業埋設物の制約を受けることが少なく計画的な事業の進捗が図れる
- ・ 工期の短縮ならびに道路復旧費の不要による事業費の削減が図れ、予算の効果的な運用が可能となる
- ・ 工事に伴う事前調整が容易となる

下水道事業の効率的な推進や維持管理が求められる中、更生工法は着実に施行実績を伸ばしており、管路施設の長寿命化や耐震化を図る上で、今や不可欠な技術となっている。



#### 3.2 管きよ更生工法の種類

更生工法は更生後の構造形式の違いなどから、自立管、複合管、二層構造管などに分類される。各管の特徴については次のとおりである。

##### (1)自立管

自立管は、更生材単独で自立できるだけの強度を発揮させ、新設管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有するものである。施工方法上、反転工法、形成工法、鞘管工法等に分類される。

##### (a) 反転・形成工法（熱または光硬化タイプ）：

熱または光等で硬化する樹脂等を配合した材料を既設のマノホールから既設管内に反転加圧または引込ながら挿入し、既設管きよ内面で密着した状態のまま樹脂が硬化することで管を構築する工法。

##### (b) 形成工法（熱形成タイプ）：

既設管きよに挿入可能な変形断面形状にさせた熱可塑性樹脂パイプを蒸気で軟化させ既設管内に引込ながら挿入し、加熱状態のまま、空気圧等で拡張させ、既設管きよ内面に密着した状態のまま、冷却養生することで更生管を構築する工法。

##### (c) 鞘管工法：

既設管きよより小さな管径で製作された管きよ（新管）を牽引挿入し、間隙に充填材を注入することで管を構築する工法。

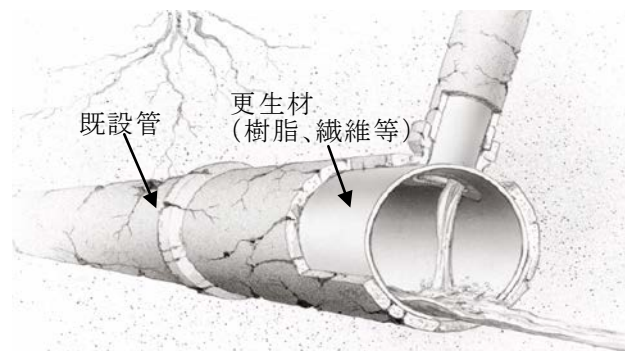


図-5 更生工法（自立管タイプ）



(2)複合管

複合管は既設管きよと更生材が構造的に一体となって、新設管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有するものである。これには、製管材を既設管きよ内部で製管し、既設管きよとの間隙にモルタル等の裏込め材を充填注入する製管工法がある。

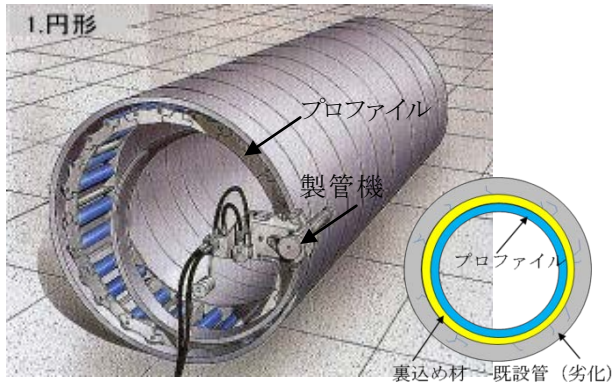


図-6 更生工法（複合管タイプ）

(3)二層構造管

既設管が残存強度を有し、二層構造で外力を分担するために構築されるもので、反転工法及び形成工法がある。

3.3 更生工法の品質確保に向けた取り組み

更生工法は海外においても施工実績が増えてきており、国内外を問わず低コストで高い品質を確保することが求められている。一方、更生工法は現在でも多種多様な工法が開発されており、工法ごとに施工方法、材料、強度、適用範囲等が異なっている。更生工法は、現場において完成品である更生管を構築する工法であり、多くは半製品として現場に納入された材料を加工する現地製作品であることから、施工にあたっては工法毎に定められた管理手順、管理値を遵守し、関連仕様書に基づき、適正に管理を実施する必要がある。

日本下水道協会では、国総研を含む有識者からなる「管路施設の更生工法に関する検討委員会」を設置し、過去5年間の検討に基づき、平成23年12

月に「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン（案）」（以下、ガイドライン（案））<sup>6)</sup>を発売している。ガイドライン（案）は、更生工法を採用する際に目的に応じた適切な工法選定、品質確保を行うための標準的な評価方法、施工管理基準の策定方法について取りまとめたものである。

さらに、国総研では更生工法の国際展開や国内技術力のスパイラルアップの観点から、ISO規格に準じた更生工法の国家規格（JIS規格）の作成を行っているところである。規格の策定により発注者、工法メーカー、施工者がそれぞれの立場からしっかりと更生工法の品質確保に向けた取り組みを進めて行くことが望まれる。

4. まとめ

道路陥没の防止に向けた下水道管きよの維持管理・改築更新に関する新技術の動向と国総研の主要な取り組みを紹介した。これらの技術等の活用により、道路陥没に代表される国民生活や経済社会活動に甚大な影響を与える下水道管きよ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。

参考文献

- 1) 国土交通省下水道部HPより
- 2) 国総研下水道研究部調べ
- 3) <http://www.city.kobe.lg.jp/life/town/waterworks/sewage/cont02.html>
- 4) 下水道維持管理指針、日本下水道協会
- 5) [http://www.jascoma.com/siryou/20100727\\_syuzenkai.pdf](http://www.jascoma.com/siryou/20100727_syuzenkai.pdf)の資料を加工
- 6) 管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン（案）、日本下水道協会

末久正樹\*



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  
Masaki SUEHISA

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 主任研究官  
Wataru FUKATANI

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