

東京下水道の管路調査の取組

東京都下水道局施設管理部管路管理課長 永田 有利雄

1. はじめに

高度経済成長期以降に整備された下水道、トンネル等の公共インフラ施設は、今後、耐用年数50年を経過する施設の割合が加速度的に高くなる。中央道笹子トンネルの天井崩落事故を契機に、国は平成25年を社会資本メンテナンス元年と位置付け、道路法等について改正を行った。平成27年5月には、下水道法および同施行令が改正され、腐食するおそれが大きい排水施設については5年に1回以上の適切な頻度で点検することが義務付けられた。

2. 東京都下水道事業経営計画2016

このような状況を踏まえ、東京都下水道局（以下「下水道局」という。）では、将来に亘って安定的に下水を流す機能などを確保するため、適切な維持管理により延命化を図りながら、老朽化した下水道管を計画的に再構築している。

平成28年2月に策定した東京都下水道事業経営計画2016（以下「経営計画2016」という。）では、腐食のおそれのある下水道管の管路内調査の頻度を高め、維持管理の充実を図るとともに、「東京2020オリンピック・パラリンピック大会」の成功に向けて、浸水対策や耐震対策、再構築などに取り組んでいる。

本稿では、下水道局が実施している予防保全の取組として、下水道管路内の計画的調査やデジタルデータを活用した維持管理と道路陥没対策について紹介する。

3. 東京都区部の下水道のこれまでのあゆみ

東京下水道は、明治時代の神田下水の建設に始まる。東京都区部では、明治時代、コレラなどの疫病が流行するとともに、低地帯などで浸水被害が頻発していた。このことから、トイレの水洗化など

による衛生環境の改善と雨水の速やかな排除を同時に対応し早期に効果を発現するため、合流式下水道を採用し明治41年から整備を進めてきた。

その後、下水道整備は昭和39年の東京オリンピック大会の開催に向けて、昭和30年代から本格的に進められ、昭和45年の公害国会で水質汚濁が問題になって以降、急伸した。結果、平成6年度末には普及概成を達成し、区部の下水道管の総延長は、東京とシドニーを往復する距離に相当する16,000kmに及んでいる。一方で、法定耐用年数の50年を超えた下水道管は既に2,500km(令和元年度末)に達しており、さらに、高度経済成長期以降、大量に整備してきた下水道管が一斉に法定耐用年数を迎え、今後20年間で、その延長が約8,900kmに増加するなど、区部の下水道管は急速に更新時期を迎える。

4. 管路内調査の計画

膨大なストックの健全化には多くの時間と労力を要することから、下水道局では、一定の調査周期で管路内調査を実施することで、下水道の健全性を確認している。下水道管路施設の大部分を占める本管の調査では、腐食のおそれの大きい箇所について5年に1回以上、重要路線について10年に1回、その他は30年に1回の頻度で調査が完了するよう計画している。管路内調査は、設計、施工、維持管理の全ての分野で必要不可欠な基本的な情報であり、この調査結果に基づき、老朽化した下水道管の再構築や補修を計画的に進めている。

このうち再構築では、下水道管の老朽化対策とあわせて、雨水排除能力の増強や耐震性の向上などを計画的かつ効率的に図っている。区部では、整備年代の古い都心4処理区を第一期再構築エリアと定め、下水道管を面的に整備する取組を進めている。下水道普及概成直後の平成

7年度から本格的に再構築事業に着手し、平成27年度までに都心4処理区の面積の約40%を整備した結果、同エリアの道路陥没件数は約7割減少した。

一方、第一期再構築エリア外では、当面の間、再構築整備を実施しないため、管路内調査結果を基に、必要に応じて部分的に補修を行い、下水道管を健全な状態に保っている。

以上の取組により、区部全体で平成12年度に約1,500件も発生していた下水道管の損傷等に起因する道路陥没（陥没には至らない道路表面の落込みの件数も含む）は、令和元年度は約400件と、約4分の1にまで減少した。

5. デジタルデータを活用した施設管理

(1) 下水道台帳情報システムの概要

下水道局では、下水道管路施設に関する様々な情報を、下水道台帳情報システム（Sewerage Mapping and Information System：通称SEMIS）において一元的に管理し、再構築並びに補修等の計画立案、工事発注に活用している。また、再構築並びに補修等の実施内容をSEMISに反映させて、スパイラルアップを図っている。これらのデータを年6回更新し、最新の管路施設情報を共有することで、管路施設を健全に保つ重要な役割の一端を担っている（図-1）。

SEMISは、約16,000kmに及ぶ東京都区部の下水道管の布設位置、管種、土被り、布設年度等の基礎情報や、約49万個のマンホール、約195万個の公設汚水ますの種別、設置位置、深さ等の情報を保有している。また、工事完了図、特殊マンホール構造図も保存されており、これらの図面の閲覧および印刷を行うことが可能である。

さらに、下水道管の管網を追跡する機能を有しており、流入場所の特定や流達時間を算出することができる。また、道

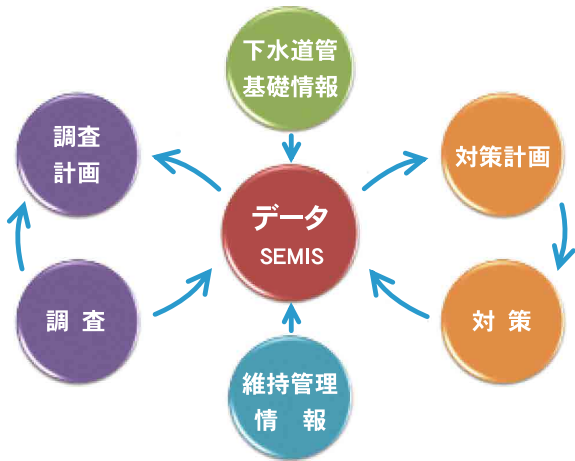


図-1 SEMISを中心とした情報活用イメージ



図-2 調査業務支援の事例

表-1 テレビカメラ調査および目視調査判定基準

項目		ランク	A	B	C
破損	鉄筋コンクリート管	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
		軸方向のクラックで幅：5mm以上			
破損	陶管	欠落	軸方向のクラックが管長の1/2以上	軸方向のクラックが管長の1/2未満	—
		軸方向のクラックが管長の1/2以上			
クラック	鉄筋コンクリート管	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	—
		円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上			
クラック	陶管	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満	—
		円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満			
継目ずれ		脱却	鉄筋コンクリート管：70mm以上 陶管：50mm以上	鉄筋コンクリート管：70mm未満 陶管：50mm未満	
腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態	
たるみ・蛇行		内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満	
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	
浸入水		ふきでている	流れている	にじんでいる	
取付管突出し		取付管内径の1/2以上	取付管内径の1/10以上	取付管内径の1/10未満	
ラードの付着・木の根侵入		内径の1/2以上閉塞している	内径の1/2未満閉塞している	—	



写真-1 ミラー方式テレビカメラ

B、Cランクの判定をし、管きよの状態を定量的に評価している。

人が直接入ることができない800mm未満の小口径管きよは、平成22年度からミラー方式テレビカメラ（写真-1）を導入している。マンホールから自走式のミラー方式テレビカメラを挿入し、破損やクラックなどの劣化状況を調査する。

ミラー方式テレビカメラは、特殊なミラー（主鏡・副鏡）をカメラヘッドに装着し、直進撮影のみで管側面の正対画像を捉えることができる。側面画像は、まず主鏡で捉え、次に副鏡を経由してCCDカメラに取り込み、デジタル信号でテレビ画面に結像させる。一方、自走運転に必要な前方画像は、副鏡を中心に設けられた直視レンズで捉え、側面画像の内側に結像される形でCCDカメラに取り込まれる。これがミラー方式テレビカメラの原理である（図-3）。

従来方式のテレビカメラでは、オペレータが損傷箇所を発見するとテレビカメラを一旦停止し、カメラヘッドの撮影方向を変えて異常部の損傷判定を現場で行うため、オペレータの資質により損傷判定のバラツキや現場での調査期間が長期化するなどの課題があった。また、この調査方法では管きよの側面の画像が正確に撮影できないことから、劣化状況の判定をオペレータの経験に頼らざるを得

路陥没被害や浸水被害の発生日時や場所などについても蓄積しており、被害が発生しやすいエリアの特定に活用している。

この他に、管路内調査の結果についても登録しており、管内の状況や展開図化した調査結果を確認することができる。また、この調査結果を反映した管きよの損傷状況から補修の優先度を評価し、システム上で色分けして表示することも可能である（図-2）。

（2）管路内調査の手法

東京都区部では、管きよの劣化度合いを定量的に把握するため、点検ではなく調査を基本としている。管路内調査の方法は、内径800mm未満の小口径管きよはミラー方式テレビカメラ調査、内径800mm以上の管は調査員が管きよ内に入り目視で調査している。

表-1は、「鉄筋コンクリート管および陶管の判定基準」を示しており、破損やクラックなどを劣化状況に応じてA、

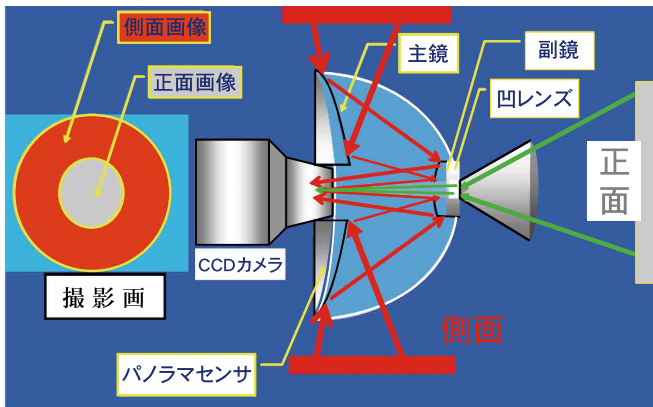


図-3 ミラー方式テレビカメラの原理

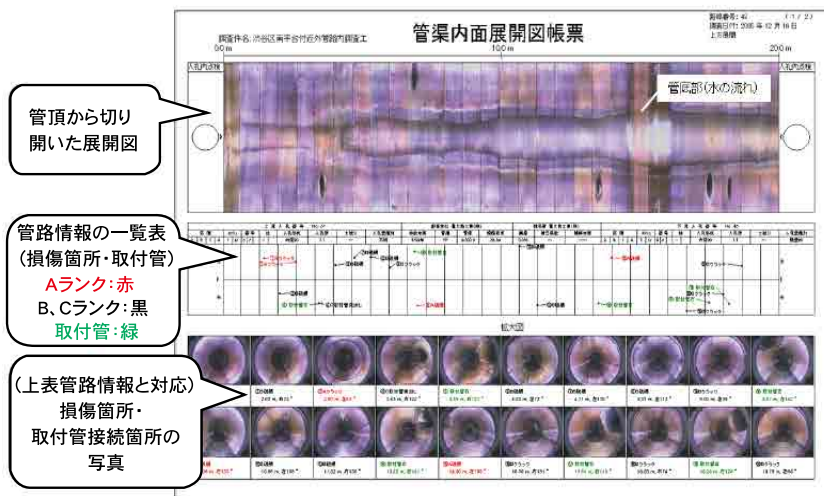


図-4 調査結果および展開図の出力例

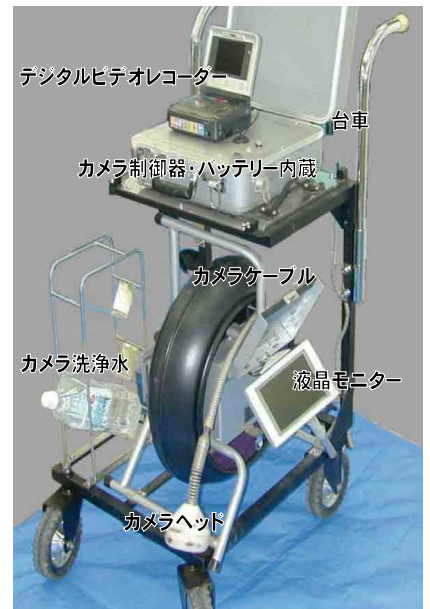


写真-2 簡易テレビカメラ調査機



写真-3 取付管のクラック

ないなど調査技術上の課題があった。

一方、ミラー方式テレビカメラは、一定の速度で直進するだけで管内の360°円周方向の画像を鮮明なデジタルデータとして得ることができるため、調査時間の大幅な短縮が実現した。

また、撮影したデジタル画像を用いて下水道管内を管頂から切り開いた展開図を作成し、様々なアルゴリズムを用いて管内の損傷箇所を特定することができる。管内面の付着物など、判定に人的な補正を必要とする場合はあるが、デジタルデータによる一連のシステムにより、管内異常発見までの時間を短縮し、作業の効率化を図ることが可能となった。

さらに、これらのデータを SEMIS へ登録していることから、前述の展開図を容易に検索・閲覧することが可能である(図-4)。従来は、SEMIS データと調査画像が別の媒体に保管されていたため、損傷箇所の特定に時間を要したが、このシステムでは一連の作業を SEMIS 上で実施できるため、大幅な時間短縮とともに、半ば自動的に下水道管の詳細な状態を把握

できるようになった。

以上のように、下水道局は下水道台帳データと管路内調査データを一体的に整理・活用することにより、①既設のまま活用する、②全体的に再構築または改良する、③部分的に補修する、などの判断を迅速かつ的確に行い、最少の経費で最良のサービスを安定的に提供している。

6. 道路陥没対策について

(1) 道路陥没のメカニズム

下水道管路施設に起因する道路陥没の発生原因を施設別に分類すると、区部では、直径15cm程度の取付管の破損によるものが約7割も占めている。

原因としては、平成元年までに整備された取付管の多くが陶器製であり、衝撃に弱いことである。取付管は、比較的浅い場所に埋設されているため、トラックやバス等の大型車両の走行による振動や他企業工事の近接施工などによって衝撃を受けやすい。さらに、継手が多いこと、可とう性を有する構造でないこと、目地ずれが生じやすいことなどにより、周辺

の土砂を引き込んで道路陥没を発生させていることが多い。

そこで、下水道局では陶器製の取付管を衝撃に強い硬質塩化ビニル管に取り替えたり、更生工法により補修するなどの対策を進めている。

(2) 取付管の点検手法

取付管の劣化状況を確認するためには、簡易テレビカメラ調査機を用いる。簡易テレビカメラ調査機(写真-2)は、簡単に持ち運びができるようにコンパクトにできている。ファイバースコープのようなカメラを公共ますから取付管に挿入し、映った映像を液晶モニターで確認し調査する。また、撮影した映像は、デジタルビデオレコーダーに記録することもできる。写真-3は、モニター映像である。右上には、どの地点の映像であるかわかるように距離が表示される。写真-3のようなクラックを発見した場合は、迅速に取付管を硬質塩化ビニル管に取り替えるなどの対策を実施する。

7. おわりに

老朽化による下水道機能の支障や道路陥没の発生は、都民の生命や財産、都市活動に大きな影響を及ぼすことから早急な対策が必要である。一方で、高度経済成長期に整備した下水道管が、今後、一斉に更新期を迎える。

下水道の維持管理を適切におこなっていくためには、再構築の計画的な実施や、“発生対応型”から“予防保全型”への維持管理の転換が必要である。

下水道局は、都民の安全を守り、安心して快適な生活を支えるため、保有する膨大な情報を今後も有効に活用するとともに、「現場力」「技術力」「組織力」を発揮して、予防保全を重視した維持管理の充実に取り組んでいく。

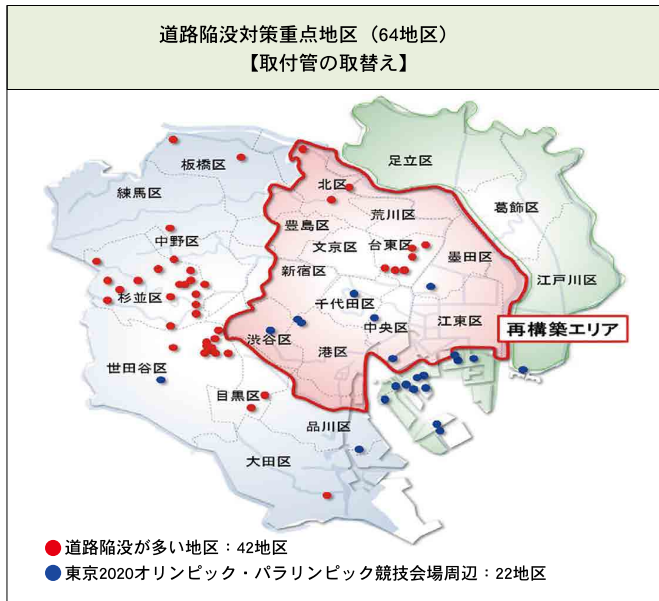


図-5 再構築エリアおよび道路陥没対策重点地区

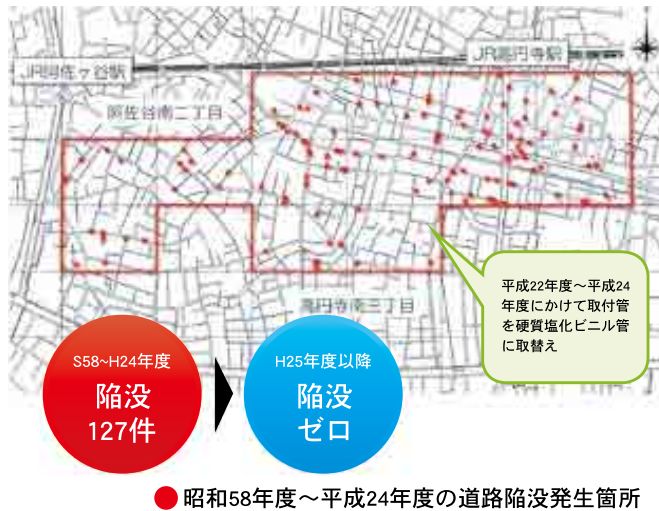


図-6 道路陥没対策重点地区での効果

(3) 道路陥没が多い地区への重点化対策

区部における取付管の数は膨大であり、全ての箇所を硬質塩化ビニル管に取り替えるには多大な時間を要する。そのため、道路陥没多発地区を抽出して重点化して対策をとるとともに、再構築エリア内についても、再構築工事を補完する局所的な点検や補修工事に取り組むなどの柔軟な対応を図っている。

具体的には、SEMISの陥没情報を活用し区部をメッシュ化（250m×175m）して、道路陥没の多い地区（1メッシュに過去5年間の道路陥没が3件以上）を道路陥没対策多発地区として抽出した。経営計画2016では、この道路陥没が多い42地区と東京2020オリンピック・パラリンピック大会の競技会場周辺22

地区を合わせた64地区を「道路陥没対策重点地区」とし、取付管の硬質塩化ビニル管への取替や更生工法による補修などを進めてきた。これらの取組は、令和元年度末までに完了した（図-5）。

(4) 道路陥没対策の取組効果

「道路陥没対策重点地区」の対策効果の一例として、平成22年度から平成24年度に硬質塩化ビニル管への取替などを実施した高円寺駅南側周辺の道路陥没発生状況を図-6に示す。

当該地区では、昭和58年度から平成24年度にかけて道路陥没が127件発生していたが、対策実施後、道路陥没は発生しておらず、重点化した対策が効果的であるといえる。