

特集：ストックマネジメント技術研究の最前線

# アセットマネジメントに向けた 下水道管きょ調査における調査頻度の提案

深谷 渉\* 末久正樹\*\* 小川文章\*\*\*

## 1. はじめに

我が国の管きょストックは平成23年度末現在で約44万kmに達し、下水道事業に早く着手した地方自治体では、経過年数50年を超えた管きょの改築時期を迎え、管きょの劣化や老朽化による道路陥没等の事故が発生している。今後、改築を必要とする管きょは益々増加することが想定され、市民生活を脅かす道路陥没等の事故を未然に防ぐため、アセットマネジメントの導入が推奨されており、平成23年9月には「下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き（案）」<sup>1)</sup>が発表された。

アセットマネジメントの実現には、既存施設の健全度を正確に評価するための劣化調査を計画的に実施する必要がある。ところが、昨今の地方自治体の厳しい財政事情や技術者不足等の制約下において、膨大な管きょ全てを一律の頻度で調査することは極めて困難な状況にある。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」）では、実現可能な調査頻度の考え方の一つとして、個々の管きょが有する重要性やリスクの大小に応じた調査頻度について検討したので報告する。

## 2. 管きょ劣化調査頻度の現状

管きょの健全度を把握するための劣化調査頻度については、下水道維持管理指針<sup>2)</sup>に「供用開始後経過年0～30年では、潜行目視調査又はTVカメラ調査は10年に1回」の記載がある。この頻度は、管きょの平均経過年数と道路陥没件数の関係や、維持管理を積極的に実施している自治体の実績に基づき設定された<sup>3)</sup>、いわば理想的な設定例である。これに対し、全国での管きょ劣化調査の実態としては、年間の調査延長が総管きょ延長の1%程度<sup>4)</sup>となっており、理想と実態の大きな乖離が見られる。

## 3. 調査頻度の検討

予算や組織的な制約下において膨大な管きょストックを前述の頻度で調査するには限界がある。このため、管きょ全体の事故発生リスクを抑制しつつ調査を効率的に進めることが望まれる。ここでは、重要性が高いか又は事故が発生したときの社会経済的リスクの大きい管きょはリスクを回避するために高頻度に調査し、重要性が低い或はリスクの小さい管きょはリスクを低減するための最低限の頻度で調査を行う手法について検討する。

ここでは、道路陥没の最新データに基づく道路陥没の実態と、管きょの劣化状態（健全率曲線）を考慮した信頼性重視保全、及び健康寿命の3つの視点から検討を行った結果について述べる。

### 3.1 道路陥没の実態に基づく検討

国総研では、平成18年度より、下水道事業を実施する全自治体を対象とし、毎年発生する下水道管きょに起因する道路陥没件数を調査している。

平成18～21年度に発生した約1万7千件の道路陥没データについて、管きょ延長当りの道路陥没件数を経過年数別に整理すると図-1となる。

どの管種についても、年数が経過するにつれ陥没発生割合が高くなる傾向が見られるとともに、特に経過年数が30年を超えると、道路陥没の発

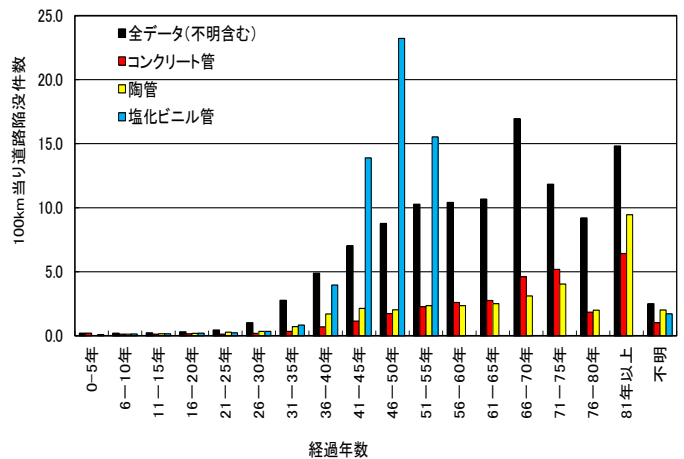


図-1 経過年数別管路延長当り陥没件数 (平成18～21年度)

A proposal about the frequency of sewer pipe inspection for asset management

生割合が顕著に増加する傾向が見られる。

よって、経過年数30年以上の管きよを1つの目安として重点的に点検・調査することは、最新のデータから見ても妥当であると言える。なお、塩化ビニル管と全データの数値が他管種と比較し高いのは、塩化ビニル管の整備延長（昭和25年～昭和45年）が約10km/年と非常に小さいことと、管種不明の管きよが多く存在することに起因するものである。

### 3.2 信頼性重視保全に基づく検討

施設不具合に伴う安全上・環境上の影響を回避し、期待される機能を発揮し続けるための維持管理方法の考え方の一つに信頼性重視保全（RCM: Reliability-Centered-Maintenance）がある。

RCMの考え方は、図-2の概念図に示すように、施設が経過年数とともに劣化していく中で、劣化を発見できる時点（P点）と機能停止に至る時点（F点）の間（P-F間隔）に1度でも点検調査を実施すれば、機能停止を回避できるというものである。一般的には、P点とF点を結んだ線分の半分程度の頻度（P-F間隔÷2）で調査を行えば十分であるとされている。

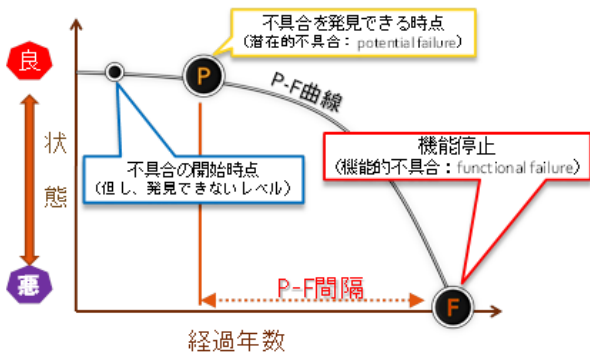


図-2 RCMの概念図

管きよを対象として考えた場合、P点とF点を結ぶ曲線（P-F曲線）は、管きよの健全率の推移（健全率曲線）で代用することができる（図-3）。ここで、緊急度とは管きよ1スパンの劣化程度を示し、緊急度Ⅰは速やかな改築等の措置が必要な状態、緊急度Ⅱは補修により必要な措置を5年未満まで延長できる状態、緊急度Ⅲは補修により必要な措置を5年以上まで延長できる状態を指す。

緊急度ⅢがP点に相当し、緊急度ⅠがF点に相当すると考え、管きよの管理目標を危険度50%（通常管理）とすると、図-3の通り、健全率曲線をP-F曲線に置き換えることができる。なお、幹

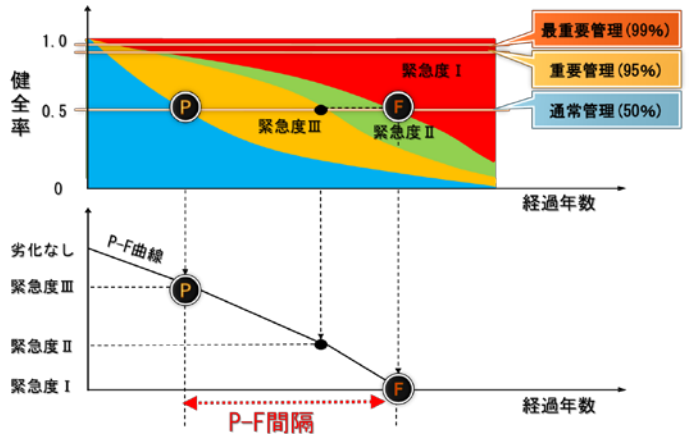


図-3 管渠のP-F間隔の設定方法(通常管理の場合)

表-1 管渠のP-F間隔

	通常管理	重要管理	最重要管理
P-F間隔	65年	35年	22年

線等の重要な管きよは高い安全度による管理を要することから、危険度を5%（重要管理）もしくは1%（最重要管理）とすることが考えられる。

以上の考えを基に管きよのP-F間隔を算出すると、表-1に示す結果となる。望ましい管きよ内調査の頻度をP-F間隔の半分と考えると、管きよの重要性を加味することにより、特に重要な公共下水道の管きよは10年、重要な公共下水道の管きよは15年、その他は30年と試算できる。

### 3.3 健康寿命に基づく検討

管きよの劣化には、突発的な事故によるものと、腐食や摩耗に代表される時間とともに進行するものがある。国総研の健全率曲線では、劣化速度（近似線の傾き）は布設当初は遅く、時間の経過とともにその速度は速くなる傾向が現れている。このため、劣化の実態に合わせた調査頻度を考えた場合、布設後間もない期間の調査頻度は低く、時間の経過とともに頻度を高くする方が効果的である。

ここで、適切な調査頻度を検討するために、人の健康指標として注目されている健康寿命の考え方を管きよに適用した。健康寿命とは、健康な状態で生活することが期待される平均期間を指し、人に例えれば、介護なしに自立した生活を送れる期間とされている。ここでは、管きよの健康寿命を「布設された管きよが何らかの障害を発生し補修等の修繕を要する状況に至る期間」と定義した。

健康寿命の算定には、生命表と生涯有病率を用いて計算するSullivan法を参考にし<sup>5)</sup>、健康寿命

の算定に必要な項目は、国総研が有する全国の管きょ延長データを元に算出した。この結果、健康寿命は表-2の通りとなった。

表-2 健康寿命算定結果

管種	健康寿命 (年)			平均寿命 (年)
	緊急度Ⅲ 発現	緊急度Ⅱ 発現	緊急度Ⅰ 発現	
コンクリート管	15.8	46.7	61.7	73.0
陶管	13.4	41.0	57.2	73.5
全管種	21.1	48.3	62.5	74.0

#### 4. 管きょの最適調査頻度の提案

ここでは、管きょの重要度に応じたメリハリのある調査頻度及び不具合の実態に即した最低限必要な調査頻度を例示する。表-3に管きょの重要度に応じた調査頻度設定例、図-4に調査頻度の概念図を示す。

##### ①重要監視路線

重要監視路線は、道路陥没や污水溢水等の事故の発生可能性及び社会経済的リスクが共に高い路線を指す。本路線は、事故の発生を完全に防止、回避する必要があるため、管きょの経年劣化に関しては、軽度の不具合を発見するとともに、これ以上の劣化進行を防止するために補修することを基本とする。軽度の不具合を発見するための調査頻度は、健康寿命を参考にすると緊急度Ⅲの発現時期（陶管の場合約13年）が1つの目安となる。

また、重要監視路線では、管きょの経年劣化に加え、他事業者の掘削工事による損傷など人為的な突発事故による損傷の有無等についてもきめ細かく把握しておく必要がある。突発事故発生時期の予測は難しいが、信頼性重視保全の調査頻度算出に用いた健全率曲線は、突発事故による損傷データも包含していることから、表-1に示す信頼性重視保全の最重要管理の調査頻度（10年）の結果を用いることができる。よって、重要監視路

線の調査頻度は、経年劣化による軽度な不具合と突発事故の不具合発見を目指し10年間隔とする。

##### ②要監視路線

要監視路線は、事故の発生可能性又は社会経済的リスクのいずれかが高い路線を設定する。事故の発生を極力防止、回避する観点から、中程度の不具合発症発見を目指した調査頻度を設定する。健康寿命を参考に、中程度の不具合に相当する緊急度Ⅱ発現時期を算出すると40年経過時となる。道路陥没事故の発生可能性が供用後30年を境に高くなることに配慮すると、陥没の発生確率を低減させるために緊急度Ⅲが発現する15年経過時に一旦、劣化の状況を判断することが望ましい。また、3回目以降の調査については、表-2より求められる健康寿命に基づく緊急度Ⅱと緊急度Ⅰの間隔（約15年）及び緊急度Ⅰと平均寿命の間隔（約15年）、信頼性重視保全の重要管理の調査頻度（15年）より15年間隔とする。

##### ③その他の路線

①②で示した以外の枝線等は、事故時の社会経済的リスクが相対的に低いことから、道路陥没事故の発生可能性が高くなる供用後30年を目安に初回調査を実施するものとする。2回目以降については、平均寿命の時期（約70年）に調査を実施するものとするが、初回調査と平均寿命時期の調査間隔が40年となり、信頼性重視保全の通常管理における調査頻度（約30年）を大きく越えるため、2回目調査を中間点の50年経過時とする。

なお、初回調査時点で緊急度Ⅱ（もしくはランクB）以上の不具合が発見された管きょや平均寿命を超えた管きょについては、不具合による事故の発生の可能性が極めて高くなることから、得られた調査結果を十分検討した上で、以後の調査頻度を設定することが望ましい。

表-3 管きょの重要度に応じた調査頻度の設定例

重要度	完成検査時	初回調査	2回目調査	3回目以降	RCMに基づく頻度
重要監視路線	0年	10年に1回			1回/10年
要監視路線	0年	15年経過時	40年経過時	以後15年に1回	1回/15年
その他の路線	0年	30年経過時	以後20年に1回		1回/30年
健康寿命		13～20年 (緊急度Ⅲ発現)	40～48年 (緊急度Ⅱ発現)	57～62年 (緊急度Ⅰ発現)	

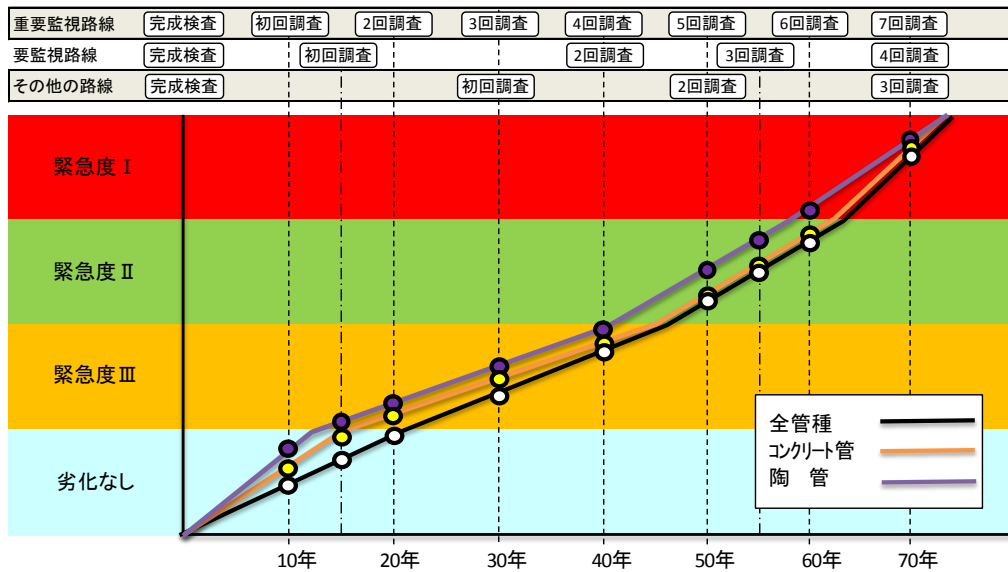


図-4 管きよの重要度に応じた調査頻度概念図

## 5. おわりに

近年、老朽化した社会資本の維持管理方法のあり方がクローズアップされている。下水道管きよも例外でなく、布設後30年を経過した改築予備軍の管きよが全延長の3割近くを占めている。下水道管きよは、市民の足下に広がる身近な公共施設であり、一旦事故が起きると即座に市民生活に影響が生じる。特に、交通量が多い幹線道路や下水量の多い幹線管きよで事故が発生すると、市民生活のみならず都市活動にまで重大な影響を及ぼす。よって計画的に維持管理を行うことで事故を未然に防ぐ予防保全型維持管理の導入が望ましい。

本稿では、最低限の維持管理をするための調査頻度の設定方法について検討を行い、管きよの重要度に応じた調査頻度の設定例を提示した<sup>6)</sup>。今後老朽管きよストックが増大していく中、本成果の活用により、効率的かつ効果的に維持管理が実施

され、下水道サービスの安定供給及び安全安心な市民生活が継続されることを期待するものである。

### 参考文献

- 1) 国土交通省下水道部：下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き（案）、2011.9
- 2) 日本下水道協会：下水道維持管理指針・前編（2003年版）、2003.8
- 3) 建設省都市局下水道部：下水道管路施設の維持管理方法に関する調査報告書、平成8年3月
- 4) 榑原隆、松宮洋介、深谷渉、福田康雄、西尾称英：下水道管渠におけるストックマネジメント導入に関する検討調査、平成20年度下水道関係調査研究年次報告書集、pp.1～6、国総研資料第543号、国土技術政策総合研究所、平成21年8月  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0543.htm>
- 5) 切明義孝：介護保険制度を利用した健康寿命計算マニュアル、公衆衛生ネットワーク、  
<http://plaza.umin.ac.jp/phnet/>
- 6) 深谷渉、宮本豊尚、野澤正裕、横田敏宏：下水道管きよの調査頻度に関する提案、下水道協会論文集、Vol.49、No.600、2012.10

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

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

小川文章\*\*\*



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  
Fumiaki OGAWA