

# 効率的な管きょ老朽化対策に向けた 点検・調査の定量的優先度評価に関する検討

日本下水道事業団（前 国土技術政策総合研究所） ○福田 康雄  
国土交通省 （同上） 吉田 敏章  
さいたま市 （同上） 松宮 洋介

## 1. はじめに

下水道管路施設の老朽化が急速に進みつつある中、近年、長寿命化を前提とした対策事業が求められている。しかしながら、その対策に必要な財源は、人口減少や少子高齢化の局面に入ったことで、一層の困難化が見込まれる。加えて、管路施設の場合、膨大なストック量を有している。限られた財源の中で道路陥没等のリスクを回避し、改築や管きょ内調査を実施するには、どこから点検・調査を実施すべきかを定量的に評価して優先度決定することが重要になっている。

本調査は、まず既往の調査結果<sup>1)</sup>を活用して不具合発生確率式を整理した。さらに、大都市の管きょ維持管理担当者に対してアンケート調査を実施し、管きょ不具合に係る主観的判断を定量化した。これらの結果から「不具合リスク評価値」を算出し、管きょ不具合に係る点検・調査の優先度決定手法を提案した。提案した不具合リスク評価手法は、モデル処理区で実践的に検討した。以下に、その検討内容を報告する。

## 2. 不具合リスク評価の検討方法

### 2.1 不具合リスクの考え方

点検・調査の優先度付けは、管きょスパンごとのリスクを定量的に評価し、リスク評価の値が高いほど優先度が高くなる手法を採用した。リスクは、管きょの「不具合」に係るリスクに限定し、「不具合発生の可能性」と「不具合発生時の影響」のかけ合わせでリスク評価値を算出した。不具合とは改築又は修繕が必要となる劣化又は破損等と定義した。つまり、管路施設の緊急点検マニュアル（案）<sup>2)</sup>に記載されている「管の腐食」、「上下方向のたるみ」、「管の破損」、「管のクラック」、「管の継手ズレ」、「浸入水」、「取付管の突出し」の構造的な不具合項目が、1項目以上発生しているものとした。

### 2.2 不具合発生の可能性の定量化

不具合発生の可能性の定量化は、管きょ内調査から得た不具合結果と下水道台帳項目（管種、布設経過年数、管径、土被り、取付管本数等）との関係から不具合発生の有無を分析する手法が考えられる。しかしながら、管きょの場合、様々な都市環境や地盤条件下で埋設され、台帳項目以外にも不具合発生に影響する因子がある。本調査は、台帳項目を活用できる範囲はロジスティック回帰分析を用い、台帳項目以外の因子はAHP法を活用した。それらの結果値をかけ合わせることで不具合発生の可能性を定量化した。

ロジスティック回帰分析は、既往の調査成果<sup>1)</sup>の中から陶管、鉄筋コンクリート管に係る不具合発生確率式を活用した。AHP (Analytic Hierarchy Process) 法は、「人間の主観的判断」と「システムアプローチ」をうまくミックスした問題解決型意思決定手法であり<sup>3)</sup>、「階層化（階層図作成）」、「評価項目間の比較（一対比較）」、「評価項目の相対的な重みの決定」、「評価値の算出」の4つのステップから構成される。本調査では、まず大都市で管きょの維持管理に携わる職員36名を主な調査対象としてアンケートを実施した。アンケートは、階層化に向けた台帳項目以外の評価項目の抽出、抽出された評価項目間の比較を管種別に実施した。評価項目は、「大型車が通行する道路下の管きょ」、「植樹帯のある道路下の管きょ」、「圧送管の下流側の管きょ」、「特殊排水が流れる管きょ」、「地盤条件が悪い管きょ」、「開発者等から移管された管きょ」、「そ

# I - 1 - 5 (2/3)

の他」の選択肢を設け、可能性が高い選択肢 5 つを陶管、鉄筋コンクリート管、塩ビ管ごとに抽出した。図 - 1 に鉄筋コンクリート管における評価項目の階層図を示す。抽出された評価項目は、項目ごとに一対比較を実施した。比較結果は、幾何平均法により各評価項目のウェイト値と整合度 (C.I.) を算出し、評価式を構築した。整合度は、10~15%以下となる回答を採用した。

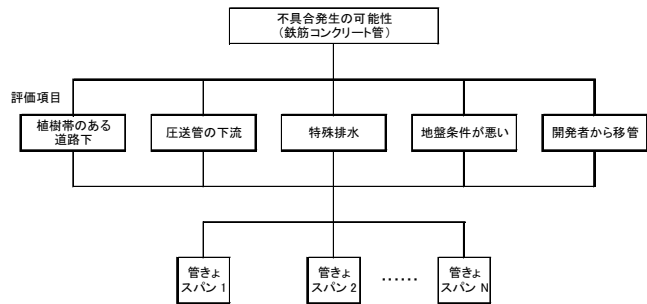


図 - 1 不具合発生の可能性における階層図  
(鉄筋コンクリート管の場合)

## 2.3 不具合発生時の影響の定量化

不具合発生時の影響の定量化は、台帳項目以外の不具合発生の可能性の定量化と同様、AHP 法を採用した。評価項目は、「商業地域又は工業地域の管きよ」、「人口密集地域の管きよ」、「防災拠点の下流側の管きよ」、「防災上重要な道路（緊急輸送路）下の管きよ」、「幹線道路下の管きよ」、「重要な他企業管と交差又は並行している管きよ」、「鉄道又は河川を横断する管きよ」、「土被りが大きい管きよ」、「管径が大きい管きよ」、「その他」の選択肢を設け、優先度の高い選択肢 5 つを抽出した。抽出された評価項目は、項目ごとに一対比較した。一対比較の結果は、幾何平均法によって各評価項目のウェイト値と整合度 (C.I.) を算出した。整合度は、10~15%以下になる回答を採用した。

## 3. 不具合リスク評価の検討結果

### 3.1 ロジスティック回帰分析による不具合発生の確率式

式 - 1~3 に既往の研究成果<sup>1)</sup>から得られた陶管、鉄筋コンクリート管の不具合発生の確率式を示す。採用した説明変数は、決定精度の高い (有意水準 5%) 説明変数係数を得るため、精度の低い変数を除外するステップワイズ法 (変数増加法) を用いた。この結果、陶管、鉄筋コンクリート管の確率式の説明変数は、経過年数と取付管本数となった。塩ビ管の確率式は、陶管、鉄筋コンクリート管との一対比較の結果から算出した。式 - 3 に塩ビ管の確率式を示す。

陶管	$Pr1 = \frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.080 + \text{取付管本数} \times 0.175 - 1.683)]}$	式 - 1
鉄筋コンクリート管	$Pr2 = \frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.041 + \text{取付管本数} \times 0.043 - 0.643)]}$	式 - 2
塩ビ管	$Pr3 = \frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.041 + \text{取付管本数} \times 0.043 - 0.643)]} \times \left(\frac{0.079}{0.239}\right)$	式 - 3

### 3.2 AHP 法による不具合発生の可能性に係る評価式

式 - 4~6 に陶管、鉄筋コンクリート管、塩ビ管における不具合発生の可能性の評価式を示す。アンケート調査の結果、陶管・塩ビ管の評価項目は、「大型車が通行する道路下の管きよ」、「植樹帯のある道路下の管きよ」、「特殊排水が流れる管きよ」、「地盤条件が悪い管きよ」、「開発者等から移管された管きよ」となった。鉄筋コンクリート管の評価項目は、「植樹帯のある道路下の管きよ」、「圧送管の下流側の管きよ」、「特殊排水が流れる管きよ」、「地盤条件が悪い管きよ」、「開発者等から移管された管きよ」となった。各管種の評価式のウェイトは、陶管・塩ビ管では「地盤条件が悪い管きよ」が最も高くなり、鉄筋コンクリート管では「圧送管の下流側の管きよ」が最も高くなった。

陶管(Pr4)=0.225×(大型車が通行する道路下の管きよ)+0.212×(植樹帯のある道路下の管きよ)+0.114×(特殊排水が流れる管きよ)+0.314×(地盤条件が悪い管きよ)+0.135×(開発者等から移管された管きよ) 式-4

鉄筋コンクリート管(Pr5)=0.131×(植樹帯のある道路下の管きよ)+0.274×(圧送管の下流側の管きよ)+0.212×(特殊排水が流れる管きよ)+0.253×(地盤条件が悪い管きよ)+0.131×(開発者等から移管された管きよ) 式-5

塩ビ管(Pr6)=0.188×(大型車が通行する道路下の管きよ)+0.130×(植樹帯のある道路下の管きよ)+0.176×(特殊排水が流れる管きよ)+0.327×(地盤条件が悪い管きよ)+0.180×(開発者等から移管された管きよ) 式-6

### 3.3 AHP 法による不具合発生時の影響に係る評価式

式-7に不具合発生時の影響に係る評価式を示す。アンケート調査の結果、評価項目は、「商業地域又は工業地域の管きよ」、「防災上重要な道路(緊急輸送路)下の管きよ」、「幹線道路下の管きよ」、「鉄道又は河川を横断する管きよ」、「管径が大きい管きよ」となった。評価式のウエイトは、「鉄道又は河川を横断する管きよ」が最も高くなった。

不具合発生時の影響(Co)=0.135×(商業地域又は工業地域の管きよ)+0.189×(防災上重要な道路下の管きよ)+0.167×(幹線道路下の管きよ)+0.304×(鉄道又は河川を横断する管きよ)+0.205×(管径が大きい管きよ) 式-7

### 4. モデル処理区における点検・調査の優先度評価

本調査で得られたリスク評価値の適用性を検討するため、A市処理分区の一部(幹線55路線、幹線以外734路線)をモデル処理区として優先度評価した。対象処理区の管種は、ヒューム管と塩ビ管であるため、各路線の評価項目は式-2~3及び式-5~7を用いて不具合リスク評価値を算出した。ヒューム管は鉄筋コンクリート管の式を代用した。図-2に管種別のリスク式と各リスク評価ランクに対する路線数を示す。横軸のリスク評価ランクに着目すると、評価値0が最も多く存在することが明らかになった。これは、A市の場合、不具合発生時の影響の評価項目がいずれも該当しない路線が多かったからである。リスク評価値の小さい路線をさらに細かく優先度評価するには、評価項目を見直すことも必要であり、現場で適用する上での今後の課題である。

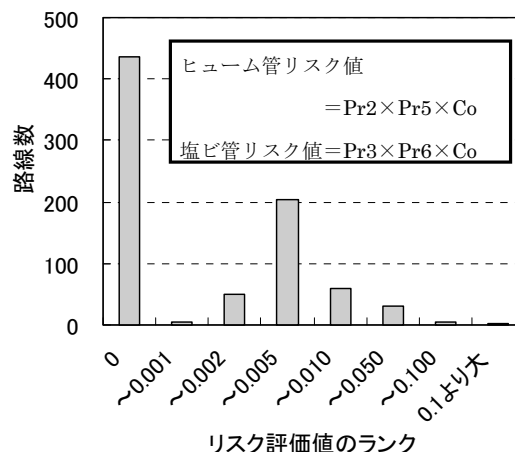


図-2 A市における不具合リスク評価結果

### 5. まとめ

本調査の結果、不具合発生の可能性の評価式は、「地盤条件が悪い管きよ」(陶管・塩ビ管)と「圧送管の下流側の管きよ」(鉄筋コンクリート管)における評価項目のウエイトが高くなった。不具合発生時の影響の評価式は、「鉄道又は河川を横断する管きよ」の評価項目のウエイトが高くなった。

モデル処理区での検討の結果、不具合発生時の影響が大きい路線では優先度付けが可能になったが、影響が小さい路線の評価は困難であった。影響が小さい路線をさらに優先度決定するには、優先度決定の必要性や都市の埋設状況に適した評価項目を選定することが必要であり、現場で適用する上での今後の課題である。

【謝辞】本調査に際し、ご協力を頂いた地方公共団体の皆様ならびに(株)日水コン・日本工営(株)に深く謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 松宮他：下水道管きよの不具合リスク評価に関する検討，第46回下水道研究発表会講演集，(社)日本下水道協会，平成21年6月
- 2) (社)日本下水道協会：下水道管路施設の緊急点検実施マニュアル(案)，平成19年3月
- 3) 木下栄蔵：入門AHP 決断と合意形成のテクニック，(株)日科技連出版社，平成18年4月

【問合せ先】：日本下水道事業団 東日本設計センター 計画設計課 福田 康雄

〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 湯島台ビル TEL：03-3818-1149 FAX：03-3818-3538