

数量化理論による下水道管渠の損傷判別分析

東京都立大学大学院 フェロー 小泉 明
 東京都立大学大学院 正 員 ○何 璿
 東京都立大学大学院修了 孫 躍平

1. はじめに

近年、都市部における下水道の普及率は向上し、100%に近い地域も出現している。しかし、下水道管渠は経年変化等による老朽化の進行に伴い、その機能に支障を及ぼすなど、新たな都市問題の発生が懸念されている。現在、東京都下水道局では、下水道管渠の損傷状況を把握するため、テレビカメラ等による管路内調査を実施している。テレビカメラや目視で行う管路内調査は下水道管渠の損傷状況を知る最も直接的な方法であるが、全ての下水道管渠に対して管路内調査を行うには、多大な費用と時間が必要となる。また、管渠の埋設環境によっては管路内調査を行うことが困難な場合もある。そのため、下水道管渠の損傷について、管路内調査により収集した既存のデータをもとに、損傷の将来変化及び未調査箇所の損傷を推測する必要があると考える。

そこで、本稿では東京都の区部で行った下水道管渠の調査結果を用い、数量化理論第 Ⅱ 類による分析を行い、損傷状況と埋設環境との関係をもとに、下水道管渠の損傷程度を診断するモデルを作成する。

2. 分析に用いるデータの特性

2-1. 使用データの選択

本稿では東京都下水道局の管路診断システムに整備された人孔データと路線データのデータベースを使用した。人孔データは地域全体の個々の管渠に番号を付け、上下流の敷設年代、管種、土被りなど下水道管渠の基本情報を載せており、路線データはテレビカメラ調査から得られた管渠の損傷状況を表示しているものである。使用するデータとしては、下水道を整備した時期によって、明治時代以来の管渠も使用されている千代田区、東京の新都心である新宿区および比較的新しく整備された中野区を選定し、合計 4793 スパンの下水道管渠を分析対象とした。これらのデータより、「経過年数」、「管渠口径」、「管渠勾配」、「土被り」、「道路種別」、「管渠材質」、「管渠断面」および「基礎種別」の 8 アイテムを主な損傷関連要因として抽出した。

3 区の下水道管渠内調査に関する単純集計分析により、図 1 に示したように、円形管は 97%であり、鉄筋コンクリート管は 58%を占めている

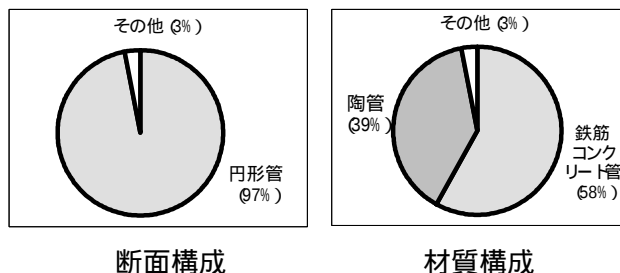


図 1 単純集計分析結果

ことから、鉄筋コンクリート円形管を対象とした分析を行うこととする。

2-2. カテゴリーおよび外的基準値の選定

ここでは、数量化理論第 Ⅱ 類による計算を円滑に行うため、計算に必要な各スパンの外的基準である損傷状況、アイテムである管渠の口径、経過年数、土被り、道路種別および基礎などのカテゴリーを単純集計分析の結果から設定する。具体的には表 1 に示す各要因のカテゴリーを設定する。なお、管路判定対象とする 1 スパンの延長は、長短の分散が大きいため、各スパンの延長を 30m に換算した平準化データを用いている。

表 1 各要因のカテゴリー分類

管渠口径	A1	300mm未満
	A2	350～600mm
	A3	700～800mm
	A4	900mm以上
経過年数	B1	0～20年
	B2	20～40年
	B3	40～60年
	B4	60年以上
道路種別	C1	国道
	C2	都道
	C3	区道
基礎種別	D1	砂基礎、砕石基礎
	D2	梯子及び杭基礎等
	D3	基礎無し
土被り	E1	1200未満
	E2	1201～1700mm
	E3	1701～2200mm
	E4	2201mm以上
管渠勾配	F1	3‰以下
	F2	3‰～10‰
	F3	10‰以上

【キーワード】下水道管渠 / 管路内調査 / 管路診断 / 数量化理論第 Ⅱ 類 / 損傷判別

【連絡先】〒192-0397 八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院工学研究科 Tel.0426-77-2788 Fax.0426-77-2772

3. 数量化理論第 類による分析

下水道管渠システムの維持管理において、実際のテレビカメラや目視などの管路内調査をする前に、対象地域の下水道管渠に対する損傷の有無を予測し、どのような損傷が発生しているかを判別することが必要である。その結果によって、維持管理の優先順位を決定し、時間やコストの削減ができると考えられる。以下では、数量化理論第 類により、下水道管渠の損傷状態を診断可能なモデルを作成する。

3-1. 数量化理論第 類

数量化理論第 類は、個々のサンプルの属する群が外的基準として与えられ、カテゴリースコア x_{jk} を用いた次式より各サンプルの数値を算出し、サンプルがいずれの群に属するものかを判別する手法である。

$$Y_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{k_j} x_{jk} d_i(jk) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 Y_i は各サンプルの数値、 n はアイテム総数、 k_j はアイテム j のカテゴリー数、 $d_i(jk)$ はサンプル i がアイテム j のカテゴリー k に該当する場合を 1、該当しない場合には 0 とするダミー変数を表す。

3-2. 損傷判別予測式の作成

外的基準としている管渠の損傷箇所を「損傷無し (2032 サンプル)」と「損傷あり (2761 サンプル)」の 2 群に分け、数量化理論第 類により、判別分析を試みる。分析の結果は相関比が 0.123、判別率的中率が 65% であった。下水道管渠の損傷有無を判断する判別予測式は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} Y = & -0.33A1 - 0.11A2 + 0.49A3 + 0.74A4 + 0.34B1 - 0.02B2 - 0.12B3 \\ & - 0.19B4 + 0.31C1 - 0.01C2 - 0.10C3 + 0.05D1 - 0.06D2 - 0.07D3 \\ & - 0.06E1 - 0.03E2 - 0.02E3 + 0.16E4 + 0.002F1 + 0.03F2 - 0.09F3 \quad \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

損傷判断に影響を及ぼす主な要因は、レンジの大きさから判断することができ、第 1 位は「管渠口径」であった。これは下水道管渠の口径が大きいほど損傷の発生する確率が低いということを示している。第 2 位は「経過年数」であり、埋設後 60 年以上が経過した下水道管渠の損傷確率が高くなっている。続いて、第 3 位は「道路種別」であり、国道の下に埋設された鉄筋コンクリート管の損傷発生可能性が区道より低いことが明らかとなった。

上記の (2) 式を用いた一例として、経過年数が 65 年、区道の下に基礎無しで埋設され、口径は 300mm、土被りは 1m、管渠勾配は 15‰ というデータを得たとき、この下水道管渠のサンプルスコアは (2) 式によって、-0.75 となる。これは表 2 に示した階級で -0.70 ~ -0.90 の範囲に入ることから、「損傷あり」の確率は 85% と推測することができる。

表 2 サンプルスコア階級別度数表

階級幅	階級値	損傷なし	損傷あり
-1.10 ~ -0.90	-1.00	0%	100%
-0.90 ~ -0.70	-0.80	15%	85%
-0.70 ~ -0.50	-0.60	23%	77%
-0.50 ~ -0.30	-0.40	27%	73%
-0.30 ~ -0.10	-0.20	35%	65%
-0.10 ~ 0.10	0.00	41%	59%
0.10 ~ 0.30	0.20	49%	51%
0.30 ~ 0.50	0.40	58%	42%
0.50 ~ 0.70	0.60	64%	36%
0.70 ~ 0.90	0.80	75%	25%
0.90 ~ 1.10	1.00	82%	18%
1.10 ~ 1.30	1.20	91%	9%
1.30 ~ 1.50	1.40	100%	0%
1.50 ~ 1.70	1.60	100%	0%
1.70 ~ 1.90	1.80	100%	0%

4. おわりに

本稿では、東京都下水道局の管路診断システムから選択した 3 区のデータに基づき、数量化理論第 類により、管渠の損傷有無を判断できる判別予測式を提案することができた。今後の課題として、下水道管渠に損傷を及ぼす質的な要因、例えば埋設土質、地下水位、下水の水質等についても検討する必要があると考えている。最後に、本稿の分析に用いた管路内調査データは、東京都下水道局より提供されたものであることを付記し、関係者各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 林 知己夫・駒澤 勉：数量化理論とデータ処理，朝倉書店，pp.49 - 88，1982
- 2) 伊東 三夫・大橋 彰：東京都における管路施設の維持管理に対する管路診断システムの活用について，下水道協会誌 Vol.37 No.448，pp.18 - 23，2000