

水道管内カメラ調査による既設管内面の評価分析

○國實 蒼治（首都大学東京大学院） 小泉 明（首都大学東京大学院）
荒井 康裕（首都大学東京大学院） 山本 政和（全国水道管内カメラ調査協会）
石川 美直（全国水道管内カメラ調査協会） 津崎 将人（全国水道管内カメラ調査協会）

1. はじめに

近年、水道管路施設の維持管理が水道運営に於いて重要な課題の一つとなっている。水道管路の殆どは地中に埋設されるため、管路の状態を直接観察することが非常に困難である。そのため、管体劣化の進行具合が把握できず、突発的に発生する水質事故や漏水事故を契機にその管路の状態が確認されるといった事例も多い。そこで、非開削且つ不断水で埋設管路の状態を直接診断できる数少ない手法として水道管内カメラ調査が注目されており、その実績も大中小事業体に関わらず年々増加傾向に有る。しかし、現在実施されている管内カメラ調査の殆どは水質事故発生後の事後対策として主に実施されている。今後の老朽管路が増加傾向にあることを懸念すると、このような事後対策では、水質事故も年々増加すると考えられ、住民の水道に対する不信感を生じさせる恐れがある。

そこで本研究では、これまで実施された水道管内カメラ調査によって得られた評価結果と、管路に関する履歴情報との関係を統計的な手法を用いて分析を試みた。カメラ調査による評価結果を目的変数とし、管路情報に関するアイテムを説明変数とした数量化Ⅱ類による判別分析を行い、水質事故の予防保全対策としての管内カメラ調査の活用を目的とする研究を試みた。

2. 水道管内カメラ調査の概要

2-1. 水道管内カメラについて

水道管内カメラについて写真-1に示す。水道管内カメラ調査は非開削且つ不断水で管路内面の状態を直接診断できることが大きな特徴である。調査は水道管路中に設置されている消火栓や空気弁を利用し、そこからカメラを挿入する。調査延長は約40m（現在は約100mまで可能）、カメラの耐水圧は10MPaで小型の広角レンズや超高輝度白色LEDライトを採用しており、暗い管内でも鮮明な画像の記録が可能である。



写真-1 水道管内カメラ

2-2. 水道管内カメラ調査による管内面評価について

「水道管内カメラ調査ハンドブック¹⁾（以下、ハンドブック）」に準拠し、管内カメラ調査による管内面の評価を行った。評価項目はハンドブックより、①錆の状態、②内面の付着物、③内面塗膜の状況、④堆積物の状況、⑤浮遊物の状況の5項目とした。そして、これら5項目についてそれぞれの状態を、S、A、B、C、Dの順に評価を行う。健全な状態の場合はSランクとし、最も悪い状態をDランクとする。

表-1 「錆の状態」に関する評価ランク

ランク	錆の状態
S	発錆が確認されない
A	発錆が確認される
B	錆の隆起（錆コブ）が確認される
C	錆による閉塞が起きている（目視閉塞率30%未満）
D	錆による閉塞が起きている（目視閉塞率30%以上）

参考として、「①錆の状態」についての評価ランクを表-1に示す。各項目に評価ランク表に基づいて、水道管内カメラ調査で録画した映像を確認し、各管路の管内面の評価ランクを決定した。

3. 数量化Ⅱ類による判別分析

3-1. 調査データについて

本研究では、2001年から2011年に全国各地で実施された1024件の調査データを集計して分析に用いた。管種別に集計すると、全体の約8割の831件がダクタイル鋳鉄管および鋳鉄管における調査事例であったため、今回はダクタイル鋳鉄管および鋳鉄管を分析対象とした。表-2に水道管に関する履歴データとして「パイプラインの部位」「内面の塗装仕様」「布設年」「口径」をアイテムとしたクロス集計結果を示す。また、各アイテムは表-2に示すカテゴリー別に集計を行った。

水道管内カメラ調査による既設管内面の評価分析

表-2 調査データにおける各アイテムのクロス集計表

アイテム名	カテゴリ名	部位			内面仕様			布設年			口径		
		異形管部	直管部	継手部	エポキシ	モルタル	コールタール	t<1970年	1970≤t<1990	t≥1990年	小口径(φ100以下)	小口径(φ300以下)	中大口径(φ350以上)
部位	異形管部	126			10	17	99	5	106	15	75	43	8
	直管部		166		0	157	9	17	125	24	78	72	16
	継手部			117	1	110	6	6	92	19	56	49	12
内面仕様	エポキシ樹脂	10	0	1	11			0	1	10	3	8	0
	モルタルライニング	17	157	110		284		13	223	48	143	117	24
	コールタール	99	9	6			114	15	99	0	63	39	12
布設年	t<1970年	5	17	6	0	13	15	28			4	20	4
	1970≤t<1990	106	125	92	1	223	99		323		179	112	32
	t≥1990年	15	24	19	10	48	0			58	26	32	0
口径	小口径(100以下)	75	78	56	3	143	63	4	179	26	209		
	小口径(300以下)	43	72	49	8	117	39	20	112	32	164		
	中大口径(350以上)	8	16	12	0	24	12	4	32	0			36

3-2. 水道管内カメラ調査による管内面評価の集計

本研究で対象とする鋳鉄管及びダクタイル鋳鉄管の 831 件の調査データについて、ハンドブックを参考に S~D の 5 ランクで評価した。そして、①~⑤の 5 つの評価項目で最も低いランクをその対象管路の評価ランクと決定した。ヒストグラムを作成して評価結果を比較すると、B ランクと評価された管路が全体の半数以上の 422 件を占めることが確認された。そこで本研究では、ランク S 及び A を「健全」、B を「注意」、C 及び D を「危険」として、S 及び A と評価された計 227 件を GOOD 群、C 及び D と評価された計 182 件を BAD 群とし、数量化Ⅱ類による判別分析を行った。

3-3. 判別分析の結果について

数量化Ⅱ類による判別分析の結果について以下に述べる。表-3 は各アイテムのレンジとレンジ割合を、図-1 には各アイテムのカテゴリースコアを示す。図-1 より、棒グラフが右側に伸びている場合は Good 群に、左側に伸びている場合は Bad 群に寄与するアイテムであることを示す。部位では「直管」、内面仕様では「エポキシ樹脂」が Good 群に、「異形管部」「コールタール」は Bad 群に大きく寄与するアイテムであることが判る。また判別の中率は 81.4% と非常に高い結果となった。本分析の結果、管内面の塗装仕様が最も管内面の劣化に影響することが明らかとなった。

表-3 各アイテムのレンジとレンジ割合

アイテム名	カテゴリ名	n	レンジ	レンジ割合
部位	異形管部	126		
	直管部	166	1.082	24.1%
	継手部	117		
内面仕様	エポキシ樹脂	11		
	モルタルライニング	284	2.858	63.7%
	コールタール	114		
布設年	t<1970年	28		
	1970≤t<1990	323	0.502	11.2%
	t≥1990年	58		
口径	小口径(100以下)	209		
	小口径(300以下)	164	0.045	1.0%
	中大口径(350以上)	36		

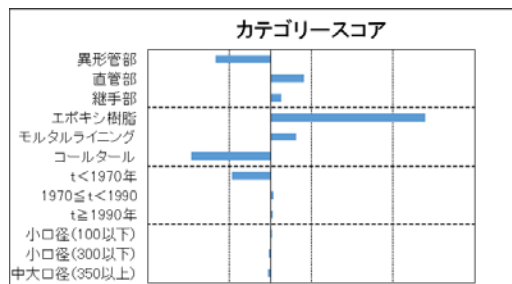


図-1 カテゴリースコア

4. おわりに

本研究では、管路の履歴情報から管内面の状態を推定する目的で数量化Ⅱ類による判別分析を試みた。本分析では、非常に高い判別の中 (81.4%) のモデルを得ることができた。また、分析の結果より得られたカテゴリースコアから、管内面の塗装仕様が最も管内面の劣化に影響することが明らかとなった。

今後の研究としては、ダクタイル鋳鉄管以外の管種の分析を行うために引き続き調査データの蓄積を図る予定である。また、水質データ及び管内流況についてのデータ等も収集し、管路履歴以外の要因も考慮した分析を行いたいと考えている。

【参考文献】 1) 水道管内カメラ調査ハンドブック, 全国水道管内カメラ調査協会, 2014