

ランダムサンプリング手法による下水管渠の状態推定とコスト削減効果

日本大学生産工学部 正会員 ○保坂成司
The University of Sheffield Simon Tait

1. はじめに

古くに下水道整備を開始した都市においてはほぼ整備は完了し、現在は維持管理の時代に移っている。効率的かつ効果的に管渠の維持管理を行うためには、巡視・点検・調査の基本業務が重要であり、巡視・点検といった日常の維持管理から、調査対象範囲を重点化し視覚調査を実施していくことが肝要である。

本研究は、東京都下水道局が面的に実施した管路内調査工のデータの再調査・分析を用い、ランダムサンプリング(以降、R.Sと略す)手法により、合流式下水道管渠の劣化状態(異常の総数)が推定可能か検討を行った。またR.S手法によるコスト削減効果について試算を行った。

2. 研究方法

本研究は、R.S手法により地域全体の管渠の状態が推定可能であるか、次の2項目について検討を行った。

- ①管種ごとの R.S により地域全体の異常の総数を精度良く推定するための、最適標本抽出率の検討
- ②R.S 手法による調査費用の試算

検討対象地域は、東京都下水道局が区域を設定し管路内調査工を実施した23区内の土地利用用途の約9割が住宅の住宅地で、計335路線の異常のデータが揃っている。本地域はストックマネジメント計画策定における区域としては狭小であるが、管路内調査工などの維持管理業務における1ユニットの大きさと考え、この地域において標本抽出率を5%~95%まで5%刻みでR.Sを行い、その推定精度と標本抽出率との関係から最小標本抽出率について検討した。図-1に最小標本抽出率の検討手順を示す。なおR.Sは管路内調査工で付された路線番号を使用し等間隔サンプリングとした。各異常の総数は(2)式を用い、正確性を期し路線数ではなく路線延長を用い推定した。ここで“たるみ”は日本下水道協会の判定基準(案)において路線ごとの評価であり、また浸入水は判定基準(案)では管一本ごとの評価であるが、“浸入水”は基本的に地下水位の影響が大きく、他の異常に伴って発生すると考えられることから路線ごとの評価とした。

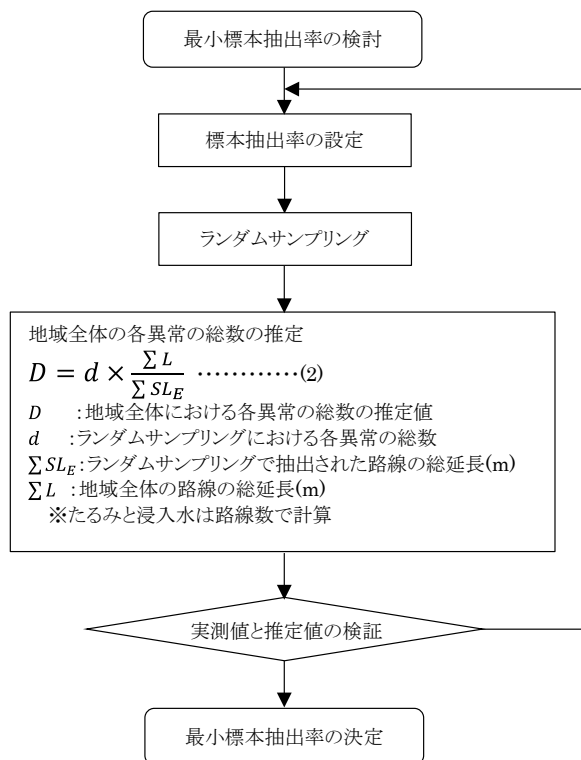


図-1 RSにおける最小標本抽出率の検討手順

3. R.Sによる標本抽出率の検討

表-1は管路内調査工のデータから検討対象地域における各異常の総数と発生頻度を求めたものである。

図-2に検討対象地域において、管種ごとに標本抽出率を変化させR.Sを行った結果を示す。図はR.Sと(2)式により求めた地域全体の各異常の総数の推定値と、実際の調査データによる地域全体の各異常の総数の実測値の標本誤差を示したものであり、y軸の100%が推定値と実測値の完全一致となる。なお鉄筋コンクリート管における継ぎ手ズレは1箇所であり、またモルタル付着は発生原因が不明のため分析対象外とした。

図より推定値は鉄筋コンクリート管、陶管とも標本抽出率

表-1 検討対象地域における各異常の総数と発生頻度

異常の種類		破損	クラック	たるみ※	継ぎ手ズレ	モルタル付着	浸入水※	取付管突き出し※	取付管接合部破損※	路線数 ()は車道埋設	管路総延長(m)	取付管総数 (箇所)
管種												
鉄筋コンクリート管	総数(箇所)	36	52	8	1	51	66	19	763	121	4256.38	1272
	発生頻度※	118.2	81.9	15.1	4256.4	83.5	1.8	66.9	1.7	(105)		
陶管	総数(箇所)	573	33	45	25	53	36	38	534	214	6718.39	1989
	発生頻度※	11.7	203.6	4.8	268.7	126.8	5.9	52.3	3.7	(189)		

※発生頻度=管路総延長(m)/各異常の総数。ただし“たるみ”と“浸入水”は分子を路線数、“取付管突き出し”と“取付管接合部破損”は分子を取付管総数として計算

Keywords:ランダムサンプリング, 下水管渠, 異常, 管路内調査, 調査費用

連絡先:275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 Tel:047-474-2444 E-mail:hosaka.seiji@nihon-u.ac.jp

が 100%に近づくほど目標値に近付くが、標本抽出率 30%以下では推定精度が低下する。一方、鉄筋コンクリート管では標本抽出率 35%~70%の間、陶管では標本抽出率 35%~60%の間において標本数の増加に対し推定精度は然程向上せず、推定値/目標値の範囲は鉄筋コンクリート管で±40%、陶管で-20~+30%である。推定精度が向上しないのは、鉄筋コンクリート管におけるたるみや取付管突き出しなど、異常が少ない異常の種類における異常発生路線のサンプリングが原因であり、これらの異常を除くと標本誤差±20~30%程度で異常の総数が推定可能といえる。以上、検討対象地域の母集団の数に対する実用的な標本抽出率は35%以上と判断する。

4. R.S 手法による調査費用の試算

R.S 手法により異常の総数が推定可能であることが示されことから、検討対象地域において R.S 手法を用いた場合の調査費用について試算を行った。なお試算は調査単価と路線延長からの単純計算とした。

試算条件は、管渠内 TV カメラ調査の実施周期は日本下水道協会の下水道維持管理指針から供用開始後 0~30 年は 10 年に 1 回、30 年以上は 7 年に 1 回とした。また比較として、過去の実績から都区部における管路内調査の実施周期を 20 年と仮定した試算も行った。また詳細調査はできないが、安価かつ迅速に調査が行え、スクリーニング調査などに有効な管口調査を、供用開始後 30 年まで併用した場合の費用の試算も行った。本研究における試算ケースは表-2 の 1)~5)である。なお試算に用いた調査単価は管口調査 300 円/m、TV カメラ調査 1,900 円/m³とした。

試算結果を図-3 に示す。下水道維持管理指針に基づいて試算したケース 2)のライフタイムの調査費用は約 1 億 8,770 万円であり、東京都都区部の推定ケース 1)の約 6,260 万円のほぼ 3 倍のコストとなる。下水道維持指針に管口調査を用いたケース 3)では約 1 億 3,500 万円であり、約 3 割のコスト削減が可能である。一方 35%R.S の場合、全て TV カメラ調査を用いたケース 4)でも 6,570 万円とケース 1)とほぼ同額となる。加えてケース 4)はケース 2)のような全数調査ではないが、調査頻度は 3 倍になり調査周期も短くなる。さらに 35%R.S に管口調査を用いたケース 5)では約 4,720 万円とケース 2)の約 1/3 のコストとなり、ケース 1)およびケース 4)に対しても約 3/4 のコストとなる。

5. まとめ

本研究結果より得られた結論は次の通りである。

- ①100 路線程度を有する地域であれば、35%R.S で±20~30%の標本誤差で管渠の状態推定が可能である。
- ②R.S 手法は全数調査に比べ、低コストで管渠の状態の把

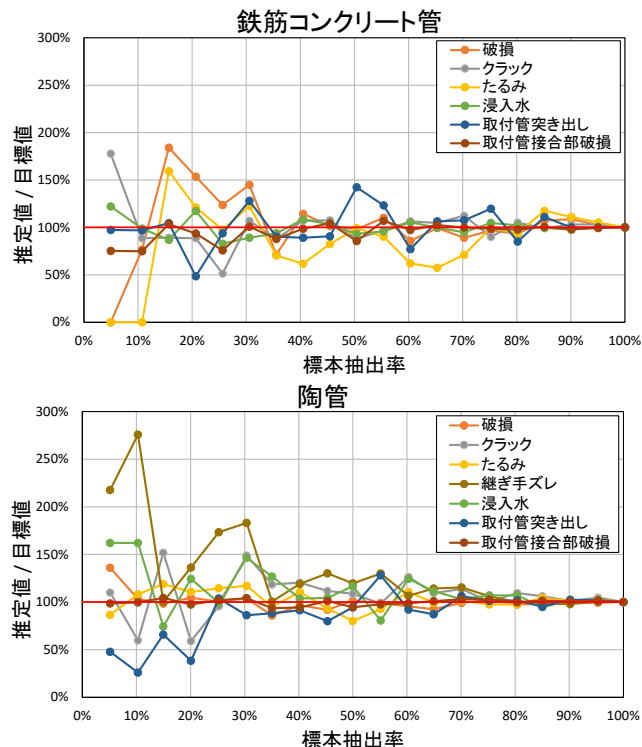


図-2 標本抽出率と推定値/目標値の関係

表-2 本研究における管渠の調査費用の試算条件

試算条件	供用年数	調査方法	調査周期
1) 東京都都区部における推定調査周期	0 10 20 30 40 50 60 70 80	TVカメラ	20年ごと
2) 下水道維持管理指針 (TVカメラ)	0 10 20 30 40 50 60 70 80	TVカメラ	10年ごと
3) 下水道維持管理指針 (管口&TVカメラ)	0 10 20 30 40 50 60 70 80	管口カメラ	10年ごと
4) 35%ランダムサンプリング (TVカメラ)	0 10 20 30 40 50 60 70 80	TVカメラ	7年ごと
5) 35%ランダムサンプリング (管口&TVカメラ)	0 10 20 30 40 50 60 70 80	管口カメラ	7年ごと

★: 調査実施

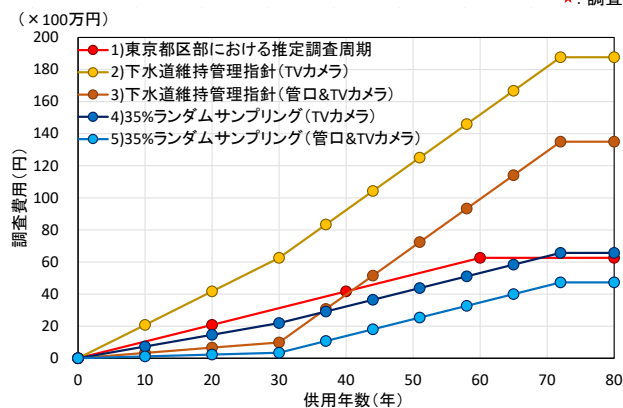


図-3 検討対象地域における調査費用の試算結果

握が行えることから、効率的かつ効果的な維持管理、およびストックマネジメントへの貢献が期待できる。

<謝辞>

本研究を行うにあたり、東京都下水道局 西部第二下水道事務所より管路内調査工のデータの提供を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 高島英二郎: 下水管ストックマネジメントの最新動向, 平成 25 年度国総研資料 第 759 号, 国土技術政策総合研究所, p58, 2013