

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1191

March 2022

下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

岩崎宏和・岡安祐司・川島弘靖・田本典秀・茨木誠・

日下部包・野田康江・原口翼・成瀬直人

Study on comprehensive sewer management

IWASAKI Hirokazu, OKAYASU Yuji, KAWASHIMA Yasuhiro, TAMOTO Norihide, IBARAKI Makoto
KUSAKABE Pao, NODA Yasue, HARAGUCHI Tsubasa, NARUSE Naoto

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

岩崎 宏和¹、岡安 祐司²、川島 靖弘³、田本 典秀⁴、茨木 誠⁵
日下部 包⁶、野田 康江⁷、原口 翼⁸、成瀬 直人⁹

概要

地方公共団体においては、膨大な下水道管路ストックを抱える一方で、下水道職員数や下水道使用料収入が減少しており、より効率的な管路のマネジメントが求められている。

本研究では、管材の種類等の状況に応じた経済的な点検・調査技術の選定手法を提示するとともに、蓄積された維持管理情報を活用した、効率的な修繕・改築工法の選定手法を提示した。

キーワード : 下水道管路、点検、調査、修繕、改築

-
- 1 下水道研究部 下水道研究室長 (2018年度)
 - 2 下水道研究部 下水道研究室長 (2019年度～2021年度)
 - 3 下水道研究部 下水道研究室 研究官 (2017～2018年度)
下水道研究部下水道研究室 主任研究官 (2019年度)
 - 4 下水道研究部 下水道研究室 主任研究官 (2020年度)
 - 5 下水道研究部 下水道研究室 主任研究官 (2021年度)
 - 6 下水道研究部 下水道研究室 研究官 (2021年度)
 - 7 下水道研究部 下水道研究室 交流研究員 (2018年度)
 - 8 下水道研究部 下水道研究室 交流研究員 (2019～2020年度)
 - 9 下水道研究部 下水道研究室 交流研究員 (2021年度)

Study on comprehensive sewer management

IWASAKI Hirokazu¹, OKAYASU Yuji², KAWASHIMA Yasuhiro³, TAMOTO Norihide⁴
IBARAKI Makoto⁵, KUSAKABE Pao⁶, NODA Yasue⁷, HARAGUCHI Tsubasa⁸, NARUSE Naoto⁹

Synopsis

More efficient management of sewer is required under the current situation of local governments where the number of employees engaged in the sewage works and sewage service charge income are decreasing while managing numerous installed sewer pipes.

In this study, we developed the method to select cost effective inspection and investigation techniques depending on types of pipe materials, and proposed the procedure to efficiently select repair and rehabilitation methods utilizing information obtained from operation and maintenance.

Key Words : sewer, inspection, investigation, repair, rehabilitation

1 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Head (FY2018)

2 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Head (FY201-2021)

3 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Researcher (FY2017-2018)
Senior Researcher (2019)

4 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Senior Researcher (2020)

5 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Senior Researcher (2021)

6 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Researcher (2021)

7 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Guest Research Engineer (2018)

8 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Guest Research Engineer
(2019-2020)

9 Water Quality Control Department, Wastewater System Division, Guest Research Engineer (2021)

目 次

1. はじめに	1
1.1. 研究の背景	1
1.2. 課題	2
1.3. 研究の目的と目標	3
1.4. 研究内容	4
1.5. 研究の実施体制	4
1.6. 用語の定義	5
1.7. 管渠の異常の種類	6
1.8. 本研究の評価結果	9
2. 管材の種類等に応じた点検・調査技術の選定手法の開発	11
2.1. 「下水道管きよ劣化データベース」の充実	11
2.1.1. 「下水道管きよ劣化データベース（分析用）」の作成	11
2.1.2. 「下水道管きよ劣化データベース（公開用）」の作成	13
2.1.3. 異常発生箇所データベースの作成	13
2.2. 「下水道管きよ健全率予測式」の作成	14
2.2.1. 健全率予測式作成の元となるデータの特性	14
2.2.2. 健全率予測式の作成方法	15
2.2.2.1. 健全率予測式の関数モデル	15
2.2.2.2. 管渠の残存率	18
2.2.2.3. 健全率予測式の読み方	22
2.2.3. 健全率予測式の作成結果	24
2.2.3.1. 全管種の健全率予測式	24
2.2.3.2. 鉄筋コンクリート管の健全率予測式	25
2.2.3.3. 陶管の健全率予測式	26
2.2.3.4. 塩化ビニル管の健全率予測式	27
2.3. 下水道管渠の劣化傾向の分析	28
2.3.1. 鉄筋コンクリート管の劣化傾向	28
2.3.2. 陶管の劣化傾向	43
2.3.3. 塩化ビニル管の劣化傾向	56
2.4. 点検・調査技術の性能等の実態把握および体系化	71
2.5. 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討	75
2.6. 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討	79
2.6.1. 点検・調査技術選定のフロー（案）	79
2.6.2. 適用条件による点検・調査技術の絞り込み	80

2.6.3. スクリーニング調査の導入に係る経済性評価の枠組み	80
2.6.4. 経済性評価の枠組みを用いた試算結果	81
2.6.5. 異常発見率を変化させた場合の感度分析	85
2.6.6. 経済性評価の枠組みの課題	86
2.7. ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価	86
2.7.1. ケーススタディの方法	86
2.7.2. モデル都市の概要	87
2.7.3. ケーススタディの試算結果	89
2.8. まとめ	95
3. 維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発	98
3.1. 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理	98
3.1.1 修繕・改築工法の適用範囲等の整理	98
3.1.2. 地方公共団体における修繕・改築工法の選定に関する実態	111
3.2. 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討	120
3.2.1 修繕・改築工法の選定フロー	120
3.2.2. 維持管理情報に基づく対象管渠の状況整理	121
3.2.3. 異常項目による絞り込み（一次選定）	124
3.2.4. 管渠条件及び施工条件による絞り込み（二次選定）	124
3.2.5. 経済性比較（LCC 比較）	125
3.2.5.1. 経済性比較における着眼点	125
3.2.5.2. 経済性比較に必要な基本条件の設定	124
3.2.5.3. 経済性比較のケーススタディ	134
3.3. まとめ	137
4. おわりに	138
4.1. まとめ	138
4.2. 今後の課題	144

参考資料

- 参考資料 1 経済性評価の枠組みに係る異常発見率 β 及び単価の設定
 参考資料 2 部分更生工法に係る課題と考察
 参考資料 3 維持管理情報を活用して修繕・改築・構造変更を行った好事例

1. はじめに

1.1. 研究の背景

我が国の下水道管渠ストックは着実に蓄積され、令和元年度末現在で約 48 万km（地球約 12 周分）となっており（図 1-1）、都市における衛生の確保および生活環境の改善等に貢献してきた。その一方で、標準耐用年数の 50 年を経過した管渠の延長は令和元年度末時点で約 2.2 万 km（総延長の 5%）だが、10 年後は 7.6 万 km（16%）、20 年後は 17 万 km（35%）と今後急速に老朽管が増加する見込みである。また、令和元年度には下水道管渠の老朽化等に起因する道路陥没は年間約 2,900 件発生している（図 1-2）。

平成 27 年には下水道法が改正され、腐食のおそれの大きい箇所は 5 年に 1 回以上の点検や異常判明時の措置等が地方公共団体に義務づけられ、法定事業計画に基づく現場での点検調査が本格化してきている。

これまで、国土交通省や企業等において、管路の点検調査の効率化や高速化を目的に、机上スクリーニング手法の検討や点検調査技術の開発等に取り組んで来ているが、地方公共団体の下水道職員数の減少や人口減少による下水道使用料収入の減少など執行体制や財政状況が厳しくなる中、国土交通省は、地方公共団体におけるより効率的な管路の点検・調査や管路管理に係るコストの最適化等が促進されるよう、管路の総合的なマネジメントを実践するための方策を提示していく必要がある。

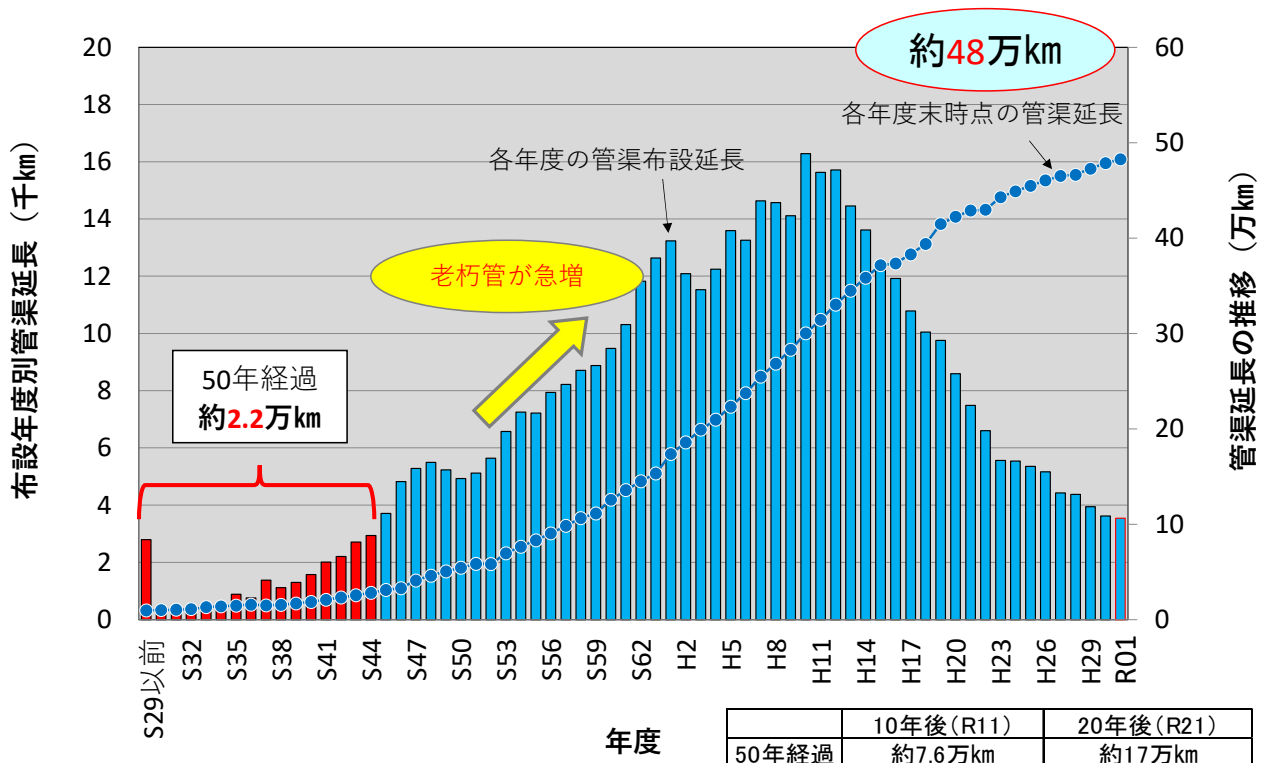


図 1-1 管渠の布設年度別整備延長と累積管理延長

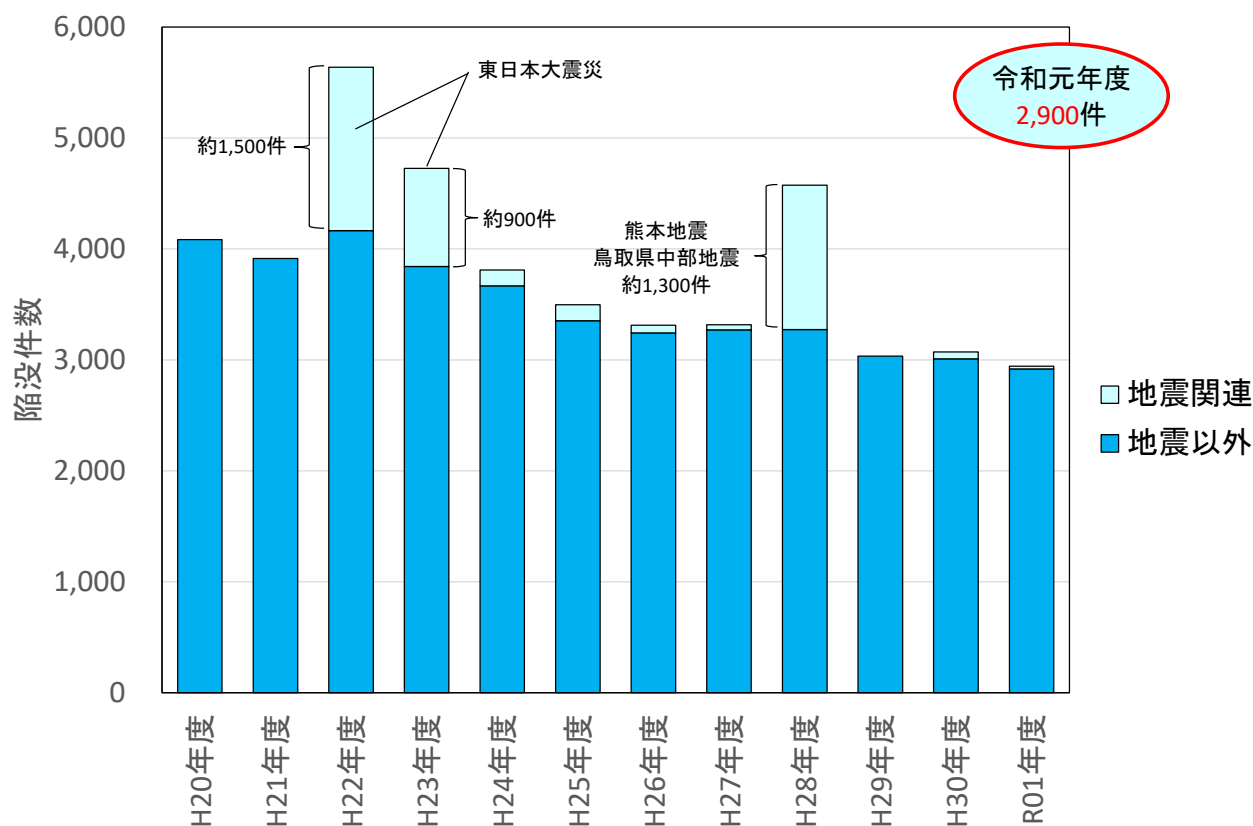


図 1-2 下水道管路に起因した道路陥没件数の推移

1.2. 課題

国土交通省は平成 27 年 11 月に、地方公共団体が下水道施設の総合的なマネジメントを実践する上での参考資料として、「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015 年版- (以下、「ストックマネジメントガイドライン」という。)²⁾」を公表した。ストックマネジメントガイドラインには、下水道施設のストックマネジメントの全体像として、図 1-3 に示すフローチャートを提示している。これまで、地方公共団体やそれらを支援する公的団体およびコンサルタント等は、原則としてこのストックマネジメントガイドラインに示された考え方や手法に基づき、ストックマネジメント計画の策定、点検・調査計画の策定、修繕・改築計画の策定、計画に基づく実施等に取り組んでいる。そうした中、ストックマネジメントの実施フローを遂行して行く上で、以下 2 つの課題が明らかになってきている。

【課題①】 管材の種類等に応じた点検・調査技術選定の具体的な手法がストックマネジメントガイドラインで解説されていないことに加え、スクリーニング調査方法など新技術の開発加速により技術の多様化が進み、予算・人材の限られる中小都市では効率的な点検・調査手法を適切に選定することが困難である。

【課題②】 平成 27 年の下水道法改正等により、地方公共団体において下水道管路の点検・調査が進み、点検・調査結果等の情報が蓄積されつつあるが、これら維持管理情報を生かして効率的な修繕・改築工法を選定する具体的な手法が確立されていない。

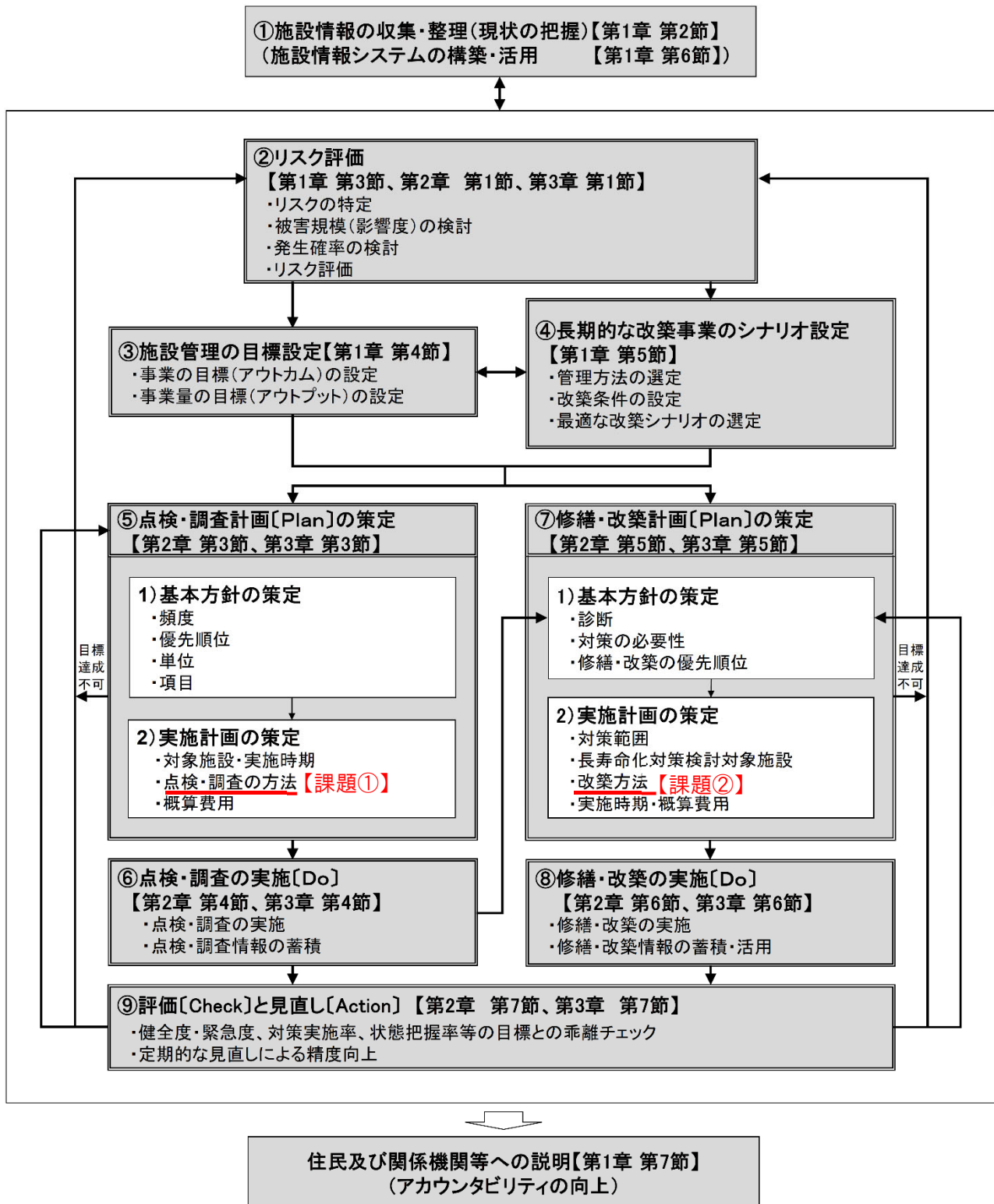


図 1-3 スtockマネジメントガイドラインにおけるStockマネジメント実施フローの全体像²⁾
 (赤字部分加筆)

1.3. 研究の目的と目標

上述の背景と課題を踏まえ、本研究は、地方公共団体における管路の総合的なマネジメントの実践

を促進するための具体的な手法を提示することを目的とし、以下の項目を開発目標として実施した。
【研究目標①】 管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法を開発する。
【研究目標②】 維持管理情報を活用した修繕・改築工法の選定手法を開発する。

1.4. 研究内容

開発目標①と②に対応した研究内容を以下に示す。研究フローを図 1-4 に示す。

開発目標① 管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法を開発（2章）

- ・①-1 「下水道管きょ劣化データベース」の充実、劣化傾向分析、健全率予測式を作成した。
- ・①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握を行い体系化した。
- ・①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法を検討した。
- ・①-4 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法を検討した。
- ・①-5 ケーススタディによりスクリーニング調査導入効果および社会情勢変化の影響を評価した。

開発目標② 維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発（3章）

- ・②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報を整理した。
- ・②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法を検討した。

研究目的	研究目標	研究内容	実施年度			
			平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度
効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を実現し、管路システムの持続的な機能確保及びコスト最適化を図る	①管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法の開発	①-1 下水道管きょ劣化データベースの充実・劣化傾向分析・健全率予測式作成		■		
		①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握・体系化	■			
		①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討		■		
		①-4 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討		■	■	
		①-5 ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価				■
	②維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発	②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理	■			
		②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討		■	■	
		研究成果のとりまとめ				■

図 1-4 研究フロー

1.5. 研究の実施体制

本研究は、上述の研究内容を円滑かつ効果的に実施するため、図 1-5 に示すように、地方公共団体や民間企業との連携の下、点検・調査及び修繕・改築等の実施状況や技術等に関する情報を収集するとともに、これまで国総研や他研究機関で蓄積してきた管路劣化等に関する知見も活用して効果的に分析・

検討を行った。また、国土交通省下水道部と連携し、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン³⁾」への反映等により成果の早期普及を図った。

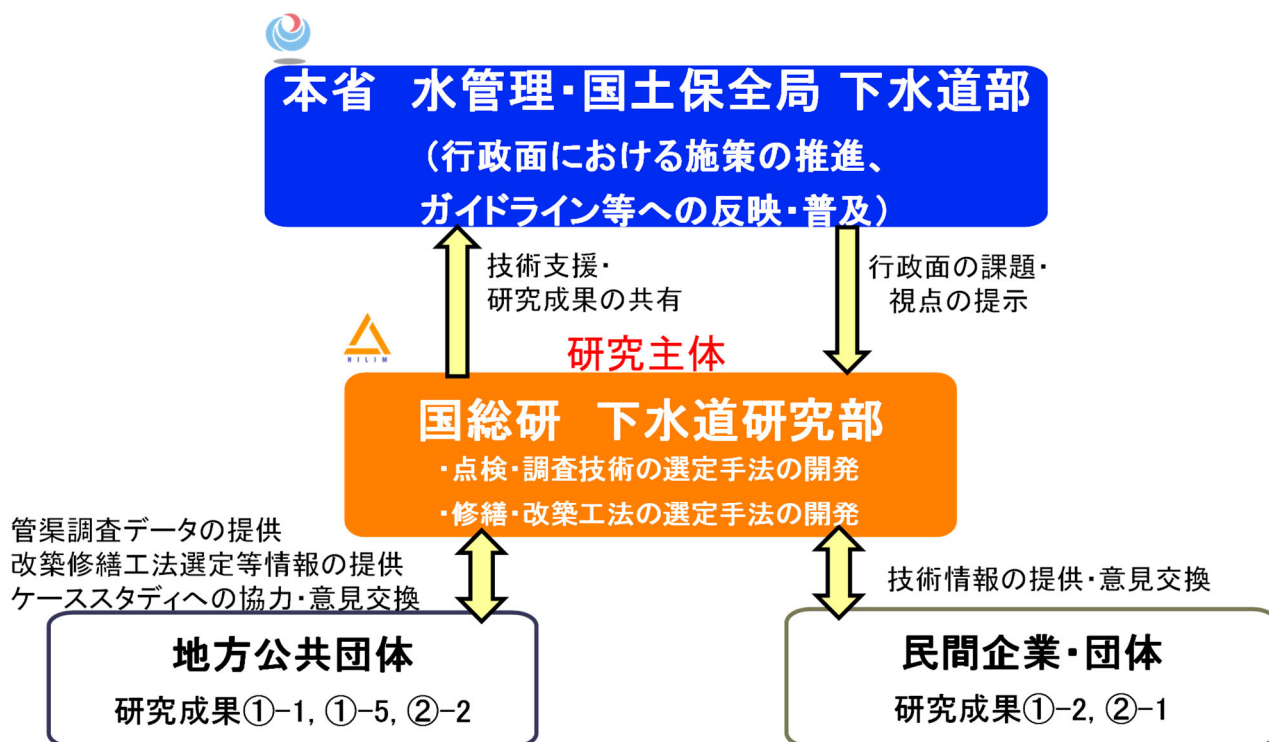


図 1-5 研究の実施体制

1.6. 用語の定義

本資料における主な用語の定義を以下に示す。

- ① **管路** 管渠、マンホール、雨水吐き室、吐き口、ます、取付け管等の総称⁴⁾。
- ② **管渠** 下水を収集し、排除するための施設⁴⁾。本資料では、排水管やボックスカルバート等を指し、マンホールや取付け管等は含まない。なお、固有名詞（例えば、「下水道管きょ劣化データベース」）又は、原典で「管きょ」と表記されている場合を除き、原則として「管渠」と表記する。
- ③ **異常** 点検および調査の結果発見される、管の腐食、破損、偏平、変形等の劣化および、管の流下能力に影響するたるみ、取付管の突出し等を総称したもの²⁾。（1.7 参照）
- ④ **点検** 施設の状態および異常の有無を確認すること。マンホール内部からの目視、地上からマンホール内に管口テレビカメラを挿入する方法等を用いる²⁾。
- ⑤ **調査** 施設の健全度評価等のため、定量的に劣化の実態や動向を確認するとともに原因を検討すること。調査員による管内潜行目視、下水道管渠用テレビカメラを挿入する方法等を用いる²⁾。
- ⑥ **修繕** 老朽化、故障、損傷した施設を対象として、所定の耐用年数内において機能を維持させるために行われるもの²⁾。
- ⑦ **改築** 更新または長寿命化対策により、所定の耐用年数を新たに確保するもの²⁾。
 - ・更新：既存の施設を新たに取替えること。
 - ・長寿命化対策：既存の施設の一部を活かしながら部分的に新しくすること。

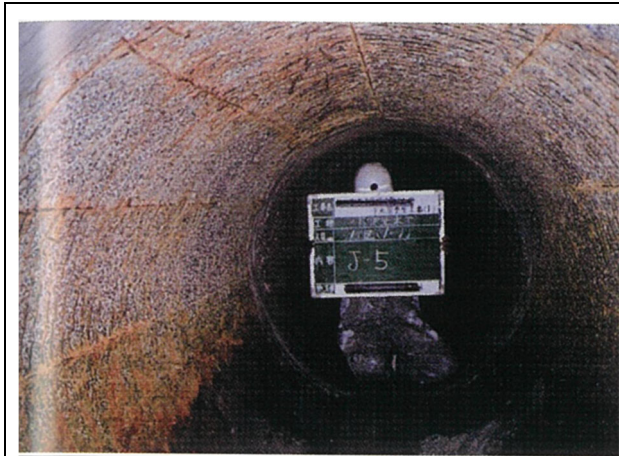
1.7. 管渠の異常の種類

本報告書で取り扱う「管渠の異常の種類」と「各異常が発生する管種」を表 1-1 に示す。表 1-1 は「下水道維持管理指針（実務編）-2014 年版⁵⁾」を参考に作成した。また、異常の事例の写真を図 1-6 異常の例 (1)-(2) に示す。写真は「下水道管路管理マニュアル-2019⁶⁾」から引用した。

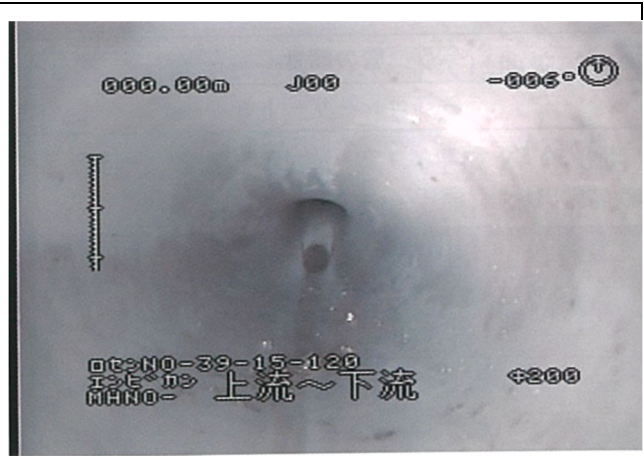
表 1-1 管渠の異常の種類と異常が発生する管種

番号	分類	異常の種類	異常が発生する管種	
			鉄筋コンクリート管等 及び陶管	硬質塩化ビニル管
1	劣化	管の腐食	○	—
2	流加能力低下	上下方向のたるみ	○	○
3	劣化	管の破損及び軸方向クラック	○	○
4	劣化	管の円周方向クラック	○	○
5	劣化	管の継手ズレ	○	○
6	劣化	扁平	—	○
7	劣化	変形	—	○
8	—	侵入水	○	○
9	流加能力低下	取付管の突出し	○	○
10	流加能力低下	油脂の付着	○	○
11	流加能力低下	樹木根侵入	○	○
12	流加能力低下	モルタル付着	○	○

下水道維持管理指針（実務編）-2014 年版-, p.112, 表 10.2.5 を参考に作成⁵⁾



1 管の腐食
(鉄筋コンクリート管の例)



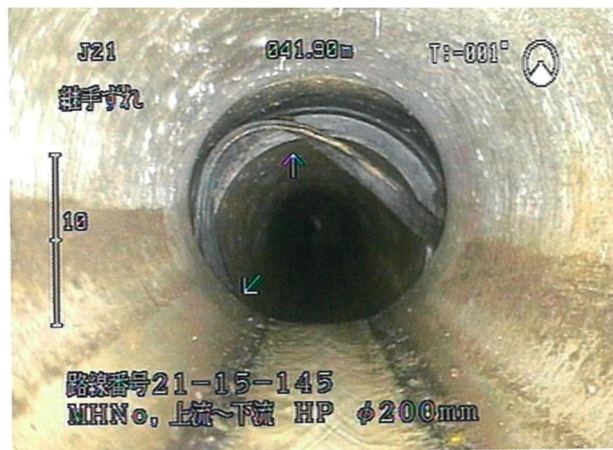
2 上下方向のたるみ
(硬質塩化ビニル管の例)



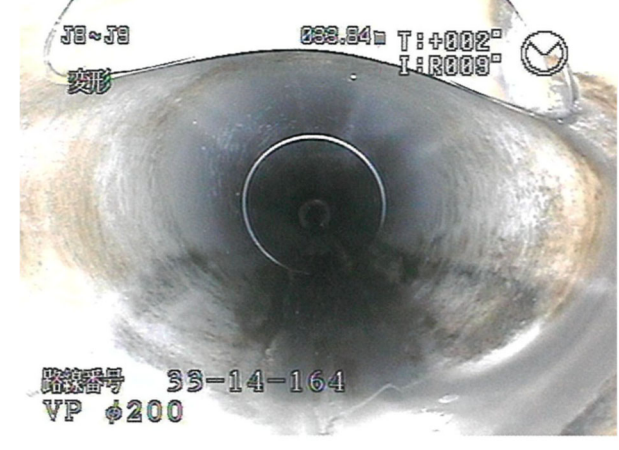
3 管の破損及び軸方向クラック
(鉄筋コンクリート管の例)



4 管の円周方向クラック
(鉄筋コンクリート管の例)



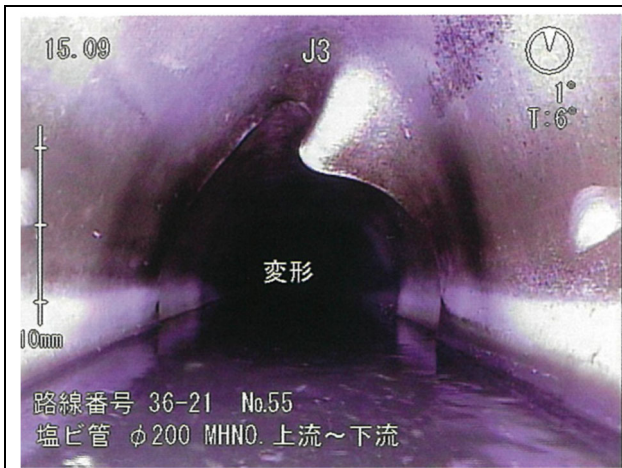
5 管の継手ズレ
(鉄筋コンクリート管の例)



6 偏平
(硬質塩化ビニル管の例)

写真は「下水道管路管理マニュアル-2019-より引用⁶⁾」

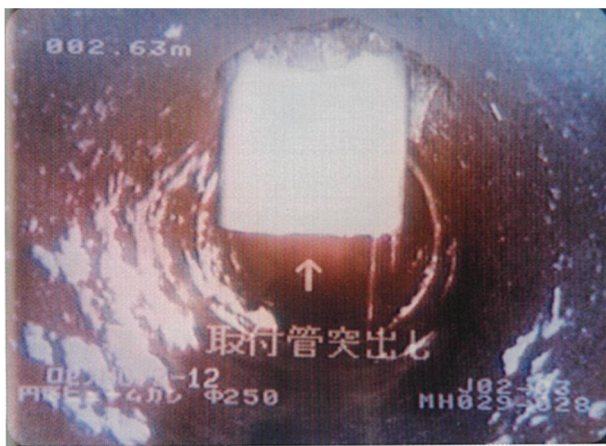
図 1-6 異常の例 (1)



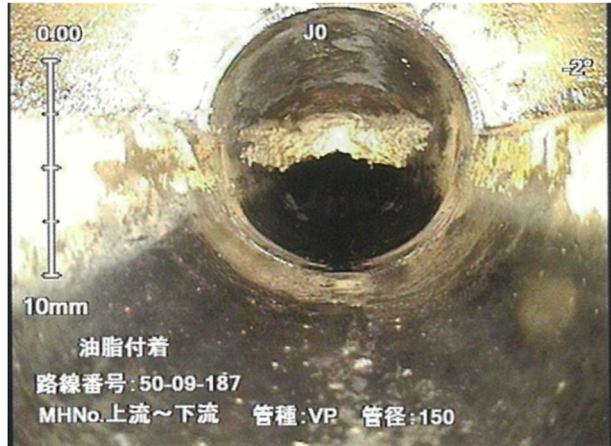
7 変形
(硬質塩化ビニル管の例)



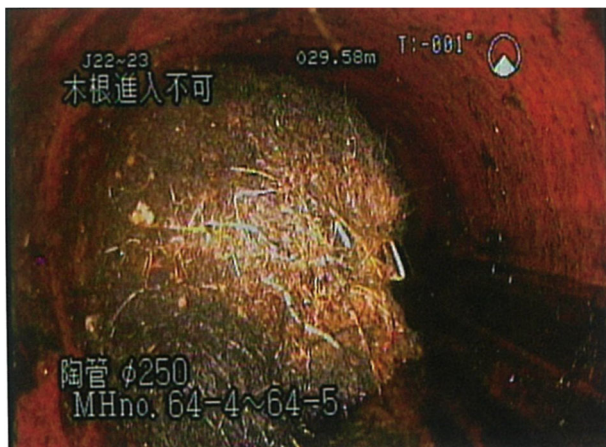
8 侵入水
(鉄筋コンクリート管の例)



9 取付管の突出し
(鉄筋コンクリート管の例)



10 油脂の付着
(硬質塩化ビニル管の例)



11 樹木根侵入
(陶管の例)



12 モルタル付着
(鉄筋コンクリート管の例)

写真は「下水道管路管理マニュアル-2019-より引用⁶⁾」

図 1-6 異常の例 (2)

1.8. 本研究の評価結果

本研究は、令和3年11月に「国土技術政策総合研究所研究評価委員会 第一部会」による終了時評価が行われ、以下の通り総合評価および指摘事項等が示された⁷⁾。本資料は、この評価結果で示された技術資料の整理の視点（下線部等）に留意し、取りまとめられた。

本資料作成にあたっては、データ提供で協力して頂いた地方公共団体に対してもメリットを提供できるように、「下水道管きょ劣化データベース」の充実や劣化傾向分析、健全率予測式作成に留まらず、それらを活用した点検・調査技術、修繕・改築工法等など、新たな知見や手法を提示するとともに、フローチャート等を活用し、技術の選定方法に関しより理解しやすく表現するよう努めた。

【総合評価】

研究の実施方法と体制の妥当性については、地方公共団体や民間企業と連携し、点検・調査及び修繕・改築等の実施状況や技術等に関する情報を収集するとともに、これまで国総研や他研究機関で蓄積してきた知見も活用し効率的に研究を実施したことから、適切であったと評価する。

目標の達成度については、得られた成果を「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン」等に反映し、地方公共団体の実務で活用されていることから、目標を達成できたと評価する。下水道管きょ健全率予測式を定式化したことも大きな成果である。

今後は、点検・調査技術等の選定方法について、現場状況に即したマネジメントがより進むよう、地方公共団体にとってより分かりやすい形で技術資料等を整理されることを期待する。

【指摘事項等】

- 下水道管きょ劣化データベースの充実や劣化傾向分析、健全率予測式作成に際して、データ提供等で協力していただいた地方公共団体にとってのメリットも明示した形での成果公表が望ましい。
- A I による画像診断といった最新技術との組合せによる技術革新も期待する。
- 地方公共団体が詳細を把握、分析するための技術開発等（特にGISや位置情報等を用いた管理）も重要と考える。
- 重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法やリスク保有額を勘案した点検調査技術の選定方法は実用的な提案であるため、他のインフラ部門への展開を期待する。技術の選定方法に関し、より理解しやすいフローチャートの整備も望ましい。
- 自治体協力による劣化データベースについて、充実度の定量的目標を持って実施できると良い。
- 実現場でどのように展開すべきかの方向性も提示する「総合マネジメント」の実現に向けた検討を、今後も継続していただきたい。

【参考文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所. B-DASH プロジェクト No.7 スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン（案）. 2015, 国総研資料第 876 号.
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局, 国土技術政策総合研究所下水道研究部. 下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版-.
<https://www.mlit.go.jp/common/001110722.pdf>

- 3) 国土交通省下水道部; 国総研下水道研究部. 維持管理情報を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン (管路施設編) -2020年版-.
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001338706.pdf>
- 4) 公益社団法人日本下水道協会. 下水道用語集, 2000年版
- 5) 公益社団法人日本下水道協会. 下水道維持管理指針 (実務編) -2014年版-. 2014, p. 112.
- 6) 公益社団法人日本下水道管路管理業協会. 下水道管路管理マニュアル-2019-. 2019, p. 125-134.
- 7) 令和3年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会 (第一部会) 資料,
http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/hyouka/R3/r3_b5.html

2. 管材の種類等に応じた点検・調査技術の選定手法の開発

本章では、管材の種類等の管渠条件と異常発生の関係性等を把握した上で、管材の種類等に応じた点検・調査技術の選定手法を提示することを目的に検討を行った。

2.1 では、地方公共団体が実施した管渠の調査結果の情報を収集し、既存のデータベースに追加し拡充を図った。

2.2 では、データベースの情報を用いて管種毎に健全率予測式を作成した。データベースの一部と健全率予測式は令和3年6月に公表され、地方公共団体における点検・調査優先箇所や改築需要予測の検討へ活用可能である。また健全率予測式は本研究におけるその他の検討、例えば点検・調査技術や修繕・改築工法の選定手法の検討に用いられた。

2.3 では、データベースのデータを用いて、管渠条件と異常発生の関係性を定性的に把握した。

2.4 では、多様化する点検・調査技術に関して、ヒアリング等に基づき各技術の適用条件を整理体系化した。

2.5 では、点検・調査頻度の簡便な設定方法の検討を行った。

2.6 では、管材の種類等に応じた点検・調査技術の選定手法の具体的なフローを示したうえで、TVカメラ調査とスクリーニング調査を組合わせた効率的な点検・調査技術の選定手法を検討した。

2.7 では、実際の都市におけるケーススタディを行い、2.6 で提示した点検・調査技術の選定手法の適用性を確認した。

2.1. 「下水道管きよ劣化データベース」の充実

2.1.1. 「下水道管きよ劣化データベース（分析用）」の作成

「下水道管きよ劣化データベース（分析用）（以下、「劣化データベース（分析用）」という。）」とは、国総研下水道研究部が、地方公共団体から、管渠内調査結果データを収集し、表 2-1 に示す劣化データベース（分析用）のデータ仕様に適合するようにデータ変換やコード付け等の整理を行ったうえで、データベース化しているものである。

本研究においては、平成30年度と令和2年度に、国総研下水道研究部が、下水道技術開発連絡会議参加都市（東京都区部および政令指定都市）21 団体および下水道研究会議参加都市（一般都市）会員73 団体、計94 団体に下水道管渠内調査結果データの提供を依頼した。記録表が得られたのは、平成30年度は31 都市7.6 万スパン、令和2年度は26 都市データ約10 万スパンであった。地方公共団体より提供されたデータ（2 カ年計約18 万スパン）を、劣化データベース（分析用）に追加した。劣化データベース（分析用）は、地方公共団体の公開許可を得られていないデータを含むため非公開としている。データの追加により劣化データベース（分析用）に登録されているデータ数は計45.5 万スパンとなった。なお、劣化データベース（分析用）に登録されているデータの延長は約12,500km であり、全国の整備済み延長480,000km（図 1-1）に対するカバー率は約2.6%である。

劣化データベース（分析用）に格納されているデータの管種別・布設年度別・緊急度別のスパン数を表 2-2 に示す。

表 2-1 劣化データベース（分析用）のデータ仕様

列番号	項目名称	タイプ	項目説明
A	事業分類	テキスト型	公共：公共下水道
B	自治体種別	テキスト型	政令市・市別及び自治体仮名称（数字）
C	管径(mm)	テキスト型	管径・形状
D	路線延長(m)	数値型	路線延長
E	スパン内の管本数	数値型	スパン内の管本数
F	取付管本数	数値型	スパン内の取付管本数
G	布設年度（西暦）	数値型	布設年度を西暦で統一
H	調査年度（西暦）	数値型	調査年度を西暦で統一
I	経過年数	数値型	経過年数（調査年度（西暦）－布設年度（西暦））
J	管種CODE	数値型	管種コード(1:陶管、2:コンクリート管、4:塩ビ管、9:その他、空白:不明)
K	道路種別	テキスト型	国道、都道府県道、市町村道等の区分
L	歩車道区部	テキスト型	歩車道の区分
M	排水種別	テキスト型	分合流の区分
N	土被り(m)	数値型	土被り（上流側と下流側の平均値） ※提供データをそのまま入力
O	管の腐食_A	数値型	調査結果
P	管の腐食_B	数値型	調査結果
Q	管の腐食_C	数値型	調査結果
R	上下方向のたるみ_A	数値型	調査結果
S	上下方向のたるみ_B	数値型	調査結果
T	上下方向のたるみ_C	数値型	調査結果
U	管の破損_a	数値型	調査結果
V	管の破損_b	数値型	調査結果
W	管の破損_c	数値型	調査結果
X	管のクラック_a	数値型	調査結果
Y	管のクラック_b	数値型	調査結果
Z	管のクラック_c	数値型	調査結果
AA	管の継手ズレ_a	数値型	調査結果
AB	管の継手ズレ_b	数値型	調査結果
AC	管の継手ズレ_c	数値型	調査結果
AD	浸入水_a	数値型	調査結果
AE	浸入水_b	数値型	調査結果
AF	浸入水_c	数値型	調査結果
AG	取付け管の突出し_a	数値型	調査結果
AH	取付け管の突出し_b	数値型	調査結果
AI	取付け管の突出し_c	数値型	調査結果
AJ	油脂の付着_a	数値型	調査結果
AK	油脂の付着_b	数値型	調査結果
AL	油脂の付着_c	数値型	調査結果
AM	樹木根侵入_a	数値型	調査結果
AN	樹木根侵入_b	数値型	調査結果
AO	樹木根侵入_c	数値型	調査結果
AP	モルタル付着_a	数値型	調査結果
AQ	モルタル付着_b	数値型	調査結果
AR	モルタル付着_c	数値型	調査結果
AS	偏平_a	数値型	調査結果
AT	偏平_b	数値型	調査結果
AU	変形_a	数値型	調査結果
AV	変形_b	数値型	調査結果
AW	緊急度(1～10)	数値型	「油脂の付着」、「樹木根侵入」、「モルタル付着」の評価を含めた緊急度判定結果（1：Ⅰ、2：Ⅱ、3：Ⅲ、4：劣化なし）
AX	緊急度(1～7)	数値型	「油脂の付着」、「樹木根侵入」、「モルタル付着」の評価を除いた緊急度判定結果（1：Ⅰ、2：Ⅱ、3：Ⅲ、4：劣化なし）
AY	緊急度の判定基準	テキスト型	緊急度の判定基準
AZ	追加年度	テキスト型	劣化データベースへのデータ追加年度

表 2-2 令和2年度末劣化データベース（分析用）の管種別・布設年度別・緊急度別のスパン数

管種別			布設年度別			緊急度別		
管種	スパン数	割合	布設年度	スパン数	割合	緊急度	スパン数	割合
陶管	110,892	24%	～1945	17,384	4%	劣化無し	107,302	24%
鉄筋コンクリート管	308,994	68%	～1970	137,835	30%	Ⅲ	194,583	43%
塩ビ管	24,181	5%	～1980	145,494	32%	Ⅱ	137,583	30%
その他・不明	11,614	3%	～1990	59,686	13%	Ⅰ	2,365	1%
計	455,681	100%	～2000	18,049	4%	判定無し・不明	13,848	3%
			2000～	12,849	3%	計	455,681	100%
			不明	64,384	14%			
			計	455,681	100%			

2.1.2. 「下水道管きよ劣化データベース（公開用）」の作成

劣化データベース（分析用）に登録されたデータのうち、地方公共団体から公開の許可が得られており、かつデータ欠損が少ない等の観点で抽出したデータを、公開用の劣化データベースに登録した。登録されているデータ数は約 31 万スパンとなり、平成 29 年に公開されたものから約 6 万スパン増加した。なお、延長は約 8,700km であり、全国の整備済み延長 480,000km（図 1-1）に対するカバー率は約 1.8%である。

劣化データベース（公開用）は、「下水道管きよ劣化データベース 2021 Ver.3」として、令和 3 年 6 月に公開した。表 2-3 に劣化データベース（公開用）のデータ追加履歴を示す。

表 2-3 劣化データベース（公開用）のデータ追加履歴

（単位：スパン）

管種	Ver2			Ver3		
	H23追加 分	H29追加 分	計	H30追加 分	R2追加 分	計
陶管	23,272	40,806	64,078	728	5,425	70,231
鉄筋コンクリート管	73,033	93,149	166,182	22,663	24,217	213,062
塩ビ管	6,480	8,925	15,405	1,057	2,898	19,360
その他	2	913	915	141	1,490	2,546
不明	2,400	343	2,743	36	377	3,156
計	105,187	144,136	249,323	24,625	34,407	308,355

2.1.3. 異常発生箇所データベースの作成

令和 2 年度の調査で記録表が収集できた 22 都市、3 万スパンについて異常発生位置、異常発生内容、異常ランク等のデータ整理を用い、データベースを作成した（以下、「異常発生箇所データベース」という）。異常発生箇所データベースは、地方公共団体の公開許可を得られていないデータを含むため非公開としている。表 2-4 に、異常発生箇所データベースの管種別スパン数を示す。表 2-5 に、異常項目別箇所数を示す。

表 2-4 異常発生箇所データベースの管種別スパン数

管種	スパン数	割合
陶管	5,121	17%
鉄筋コンクリート管	22,467	76%
塩ビ管	1,121	4%
その他・不明	821	3%
計	29,530	100%

表 2-5 異常発生箇所データベースに含まれる異常項目別箇所数

異常項目	箇所数	割合
腐食	27,721	13%
たるみ	12,832	6%
破損	26,305	12%
クラック	28,879	13%
継手ズレ	52,124	24%
変形	56	0.03%
侵入水	32,301	15%
取付管突き出し	18,279	8%
油脂付着	338	0.2%
樹木根侵入	9,735	4%
モルタル付着	7,748	4%
クラック+破損	2	0.001%
クラック+侵入水	14	0.01%
継手ズレ+破損	3	0.001%
継手ズレ+侵入水	3	0.001%
侵入水+破損	1	0.0005%
油脂付着+モルタル付着	10	0.005%
計	216,351	100%

2.2. 「下水道管きよ健全率予測式」の作成

上述の劣化データベース（分析用）のデータを用いて、管種別（全管種、コンクリート管、陶管、硬質塩化ビニル管（以下、「塩化ビニル管」という。))の健全率予測式を作成した。なお、本研究で作成した健全率予測式は、「下水道管きよ健全率予測式 2021」として令和3年6月に公開された²⁾。

2.2.1. 健全率予測式作成の元となるデータの特性

まず、健全率予測式を作成する元となる劣化データベース（分析用）に登録されているデータの特

性を把握するために、図 2-1 に、劣化データベース（分析用）のデータの登録延長と全国の下水道管路管理延長（母集団）を都市規模別および管種別に整理した。図 2-1 から、劣化データベースに登録されているデータの特性が以下のとおり考察される。

- ・図 2-1 上段 A の通り、全国の管理延長（母集団）は、市町村の整備した管渠が多いが、劣化データベース（分析用）のデータは政令指定都市のデータが中心である。
- ・図 2-1 下段 B の通り、全国の管理延長（母集団）は、塩化ビニル管の延長が最も多いが、管渠劣化データベース（分析用）のデータは、コンクリート管が多くを占めている。
- ・劣化データベースのデータは 1970 年頃に布設された管が最も多いのに対し、実際の管理延長は、2000 年前後に布設されたものが最も多い。

このように、健全率予測式の元となるデータには偏りがあり、全国の管渠の母集団を代表しているとは言えないため、作成された健全率予測式を実際のマネジメントに活用する際は、元となるデータの特性を十分考慮する必要がある。例えば、全管種のデータで作成した健全率予測式は、塩化ビニル管の健全率予測には適用し難いなどに留意が必要である。

また、劣化データベース（分析用）に登録されているデータのうち、管齢の若い管渠については、劣化している管渠を優先的に調査している可能性があるため、劣化割合を過大に評価している可能性があることにも留意が必要である。

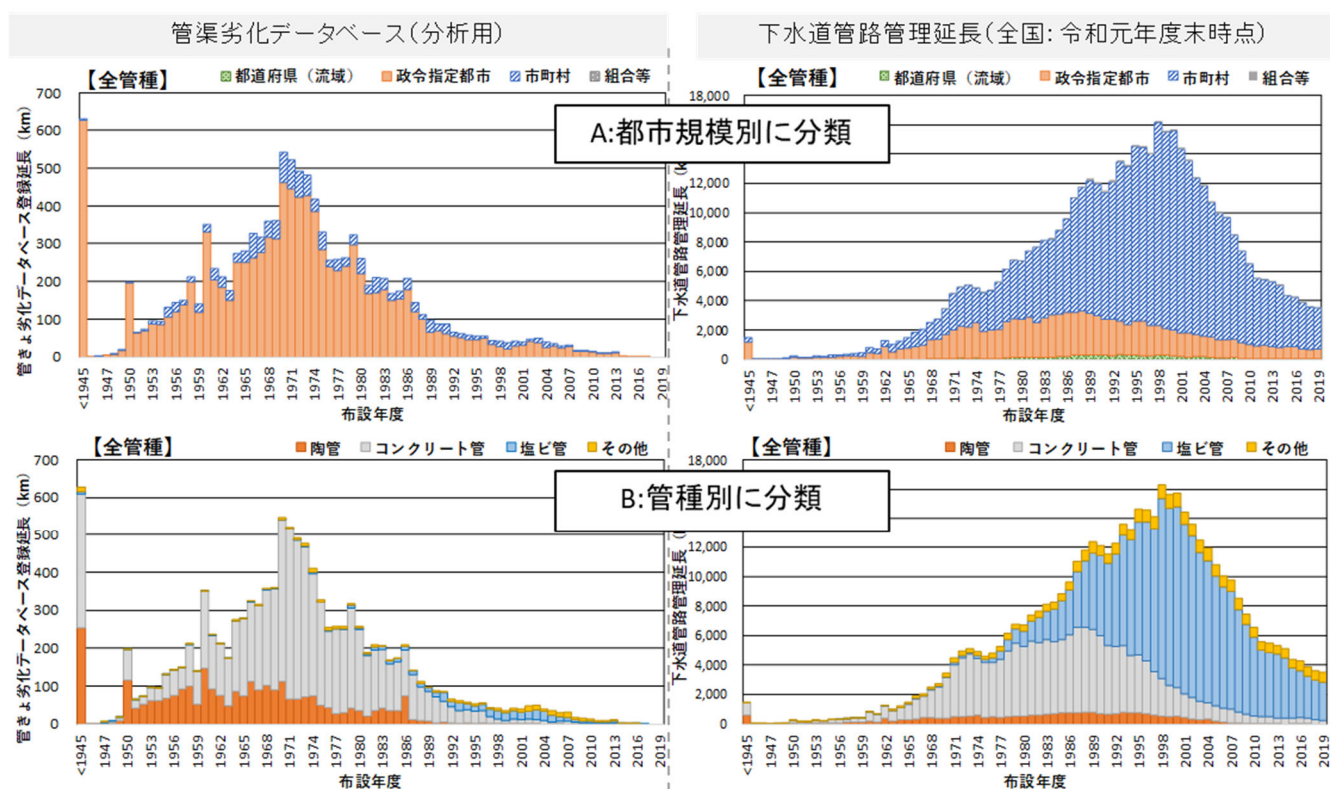


図 2-1 「管きょ劣化データベース（分析用）」の登録延長と下水道管路管理延長

2.2.2. 健全率予測式の作成方法

2.2.2.1. 健全率予測式の関数モデル

健全率予測式は、経過年数を説明変数とした予測式であり、年数の経過に伴って健全度が高い管渠の割合が低下していく（異常のある管渠の割合が増加していく）状況を表した式である（図 2-2）。管渠の経過年数と劣化割合の実測データがワイブル分布に精度良く近似することから、国総研下水道研究部は、

ワイブル分布を「下水道管きょ健全率予測式」の関数モデルとして使っている。

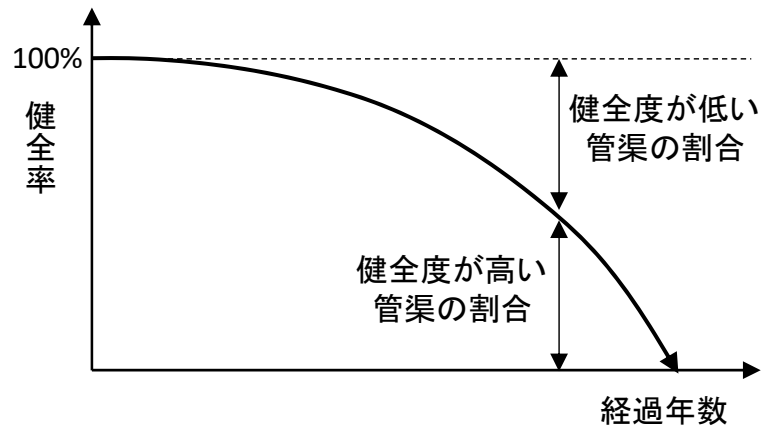


図 2-2 健全率予測式のイメージ

以下に、ワイブル分布の関数から健全率予測式を導出する過程を概説する。

ワイブル分布とは、機械や物体の故障確率を数式化するのに適した確率分布であり、鎖を引っ張る場合に、最も弱い輪が破壊することで、鎖全体が破壊したと見なすモデル(最弱リンクモデルと呼ばれる。)である。ワイブル係数(b)により、初期故障、偶発故障、摩耗故障等の時間経過に応じた故障確率を数学的に記述することが可能な点が特徴である。

ワイブル分布の確率密度関数 $f(t)$ は、以下の式で表される(式の導出過程については割愛する。)。この式は、ある瞬間 t で最初の故障が起こる確率を表す確率密度関数である。

$$f(t) = \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

ここに

a :尺度係数(時間のスケール決める係数)

b :形状係数(ワイブル係数)(分布の形を決める係数)

図 2-3 に、形状係数(ワイブル係数)を変化させた時の、ワイブル確率密度関数のグラフの例を示す。

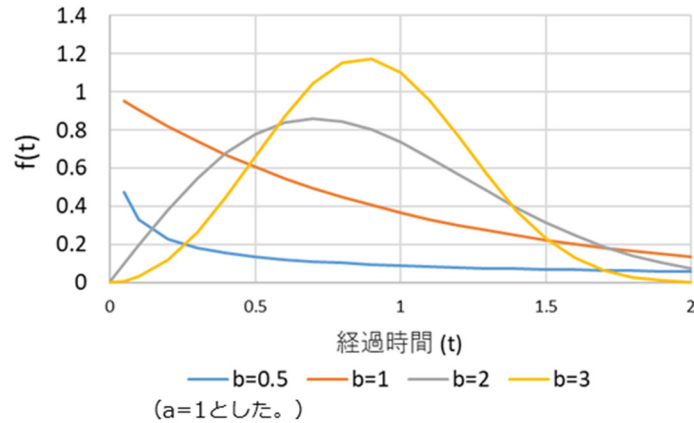


図 2-3 形状係数（ワイブル係数）を変化させた時のワイブル確率密度関数のグラフの例

図 2-3 に示すように、確率密度関数 $f(x)$ がピークとなる確率変数 t の位置とピークの大きさを形状係数（ワイブル係数）で調整することが可能である。

以下に、形状係数（ワイブル係数）の値と、表す故障確率の関係を示す³⁾。

$0 < b < 1$: 「初期故障確率」を表す。

$b=1$: 初期故障後の安定状態における「偶発故障確率」を表す。

$1 < b$: 劣化に伴い時間と共に故障が多くなる「摩耗故障確率」を表す。

（なお、ワイブル確率密度関数は、 $b=1$ の時に指数分布式となり、 b が大きくなるに従い正規分布に近づく。）

このことから、健全率予測式の形状係数（ワイブル分布）の値により、管渠がどのような故障モード（初期、偶発、摩耗）かを確認できる。

次に、ワイブル分布の累積分布関数 $F(t)$ は以下の式で表される。この式は、 $f(t)$ を 0 から t まで積分したものであり、時間 0 から t までの間に故障が起こる確率を示す。

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

ここに、

a : 尺度係数（時間のスケール決める係数）

b : 形状係数（ワイブル係数）（分布の形を決める係数）

図 2-4 に、形状係数（ワイブル係数）を変化させた時の、ワイブル累積分布関数のグラフの例を示す。

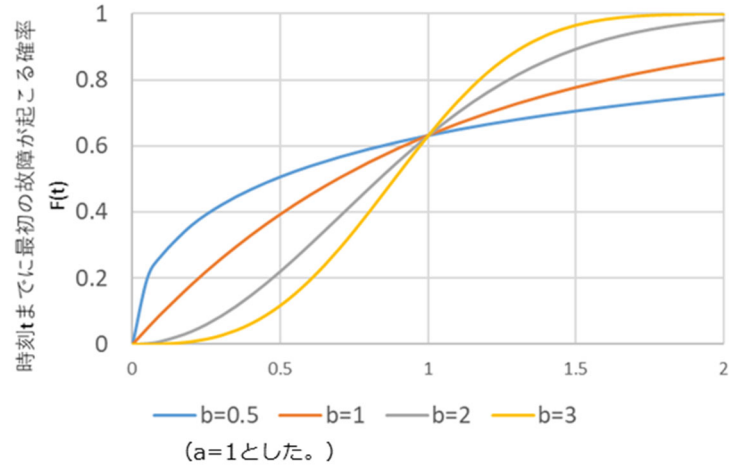


図 2-4 形状係数（ワイブル係数）を変化させた時のワイブル累積分布関数のグラフの例

健全率予測式は、時間 0 から t の間に故障が起これない (=健全) 確率として表すため、以下の式となる。

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

なお、健全率予測式の作成においては、実測データをこの関数モデルに当てはめる回帰分析を行い、最小二乗法でパラメータ a, b を決定している。

2.2.2.2. 管渠の残存率

健全率予測式の作成においては、ある経過年数までに劣化により残存できなかった（改築された）管渠の割合を考慮する必要がある。

図 2-5 の左上図は、ある経過年数までの見かけの健全率を、左下図は累積残存率を示している。右図は①見かけの健全率に②累積残存率を乗じた③補正後の健全率であり、劣化により改築されたものを含めた健全率の推移を表している。

本研究では、平成 17 年度末から令和元年度末の 15 年間のデータから、経過年数 i 年における平均累積残存率を図 2-6 および表 2-6 のとおり算定し、健全率予測式の算定に用いた。

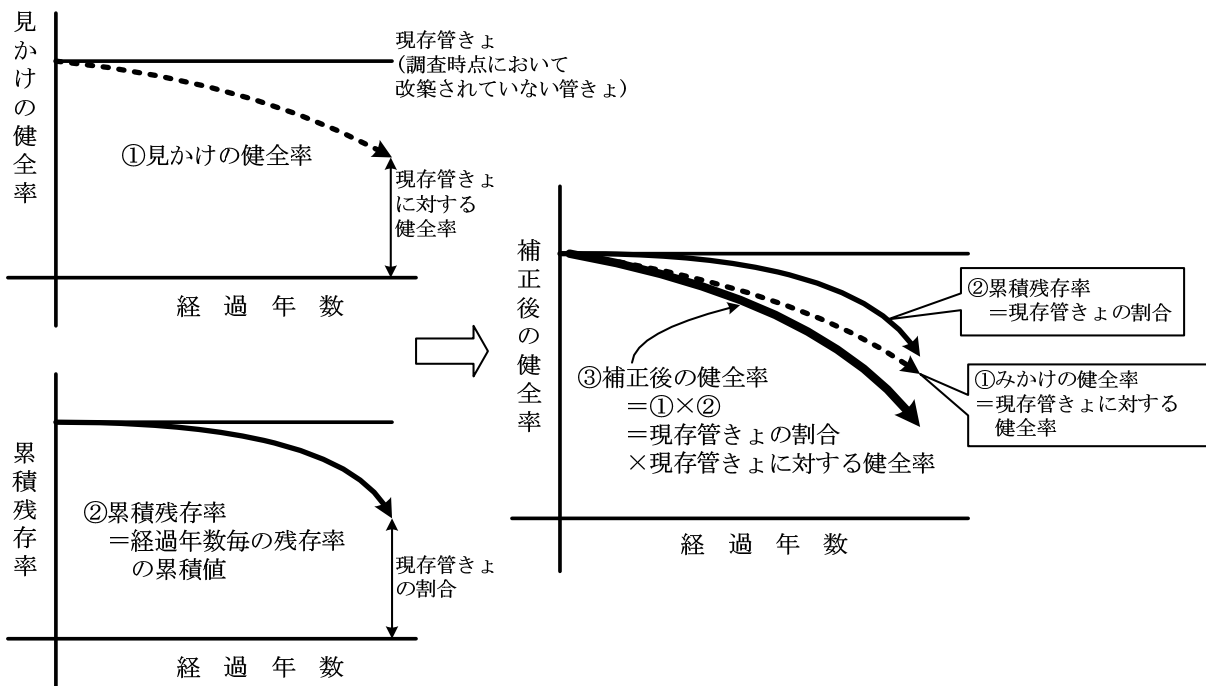


図 2-5 管渠累積残存率による健全率の補正方法

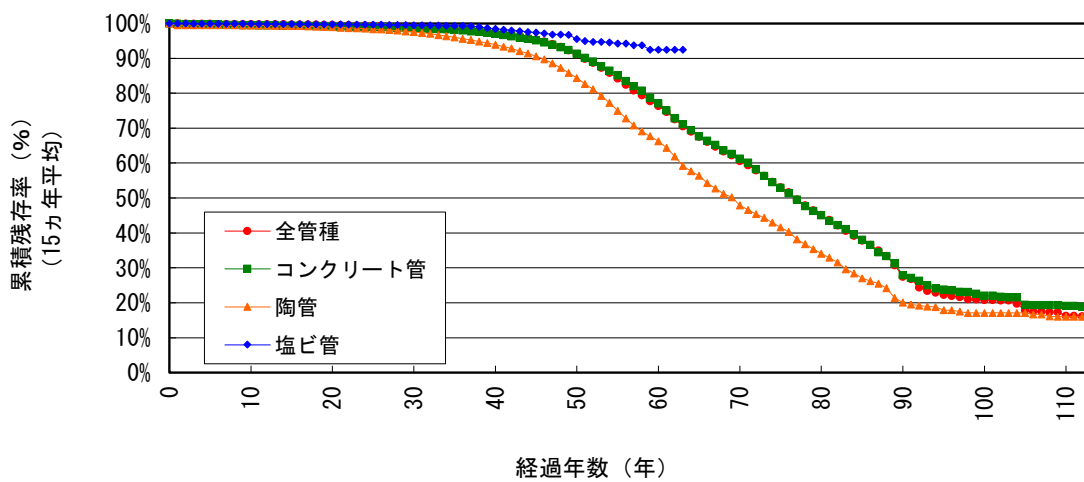


図 2-6 累積残存率 (15カ年平均値：平成17年度末～令和元年度末)

表 2-6 平均累積残存率（15 ヵ年平均値：平成 17 年度末～令和元年度末）

15 ヵ年平均（H17末～R01末）											
全管種			コンクリート管			陶管			塩ビ管		
経過年数	平均累積残存率	平均改築率	経過年数	平均累積残存率	平均改築率	経過年数	平均累積残存率	平均改築率	経過年数	平均累積残存率	平均改築率
0	100.000%	0.000%	0	100.000%	0.000%	0	100.000%	0.000%	0	100.000%	0.000%
1	99.963%	0.037%	1	99.898%	0.102%	1	99.536%	0.464%	1	99.984%	0.016%
2	99.934%	0.029%	2	99.822%	0.076%	2	99.532%	0.004%	2	99.963%	0.021%
3	99.919%	0.015%	3	99.774%	0.048%	3	99.530%	0.002%	3	99.956%	0.007%
4	99.902%	0.016%	4	99.728%	0.046%	4	99.528%	0.002%	4	99.948%	0.008%
5	99.888%	0.014%	5	99.687%	0.041%	5	99.528%	0.000%	5	99.941%	0.007%
6	99.875%	0.013%	6	99.655%	0.031%	6	99.527%	0.001%	6	99.932%	0.009%
7	99.862%	0.013%	7	99.628%	0.027%	7	99.512%	0.016%	7	99.922%	0.010%
8	99.846%	0.016%	8	99.602%	0.027%	8	99.494%	0.017%	8	99.911%	0.011%
9	99.823%	0.022%	9	99.543%	0.059%	9	99.468%	0.026%	9	99.898%	0.013%
10	99.803%	0.020%	10	99.500%	0.043%	10	99.456%	0.012%	10	99.885%	0.013%
11	99.786%	0.018%	11	99.466%	0.034%	11	99.419%	0.038%	11	99.874%	0.011%
12	99.768%	0.017%	12	99.440%	0.027%	12	99.402%	0.017%	12	99.862%	0.011%
13	99.749%	0.019%	13	99.410%	0.030%	13	99.370%	0.033%	13	99.852%	0.010%
14	99.732%	0.018%	14	99.384%	0.026%	14	99.329%	0.041%	14	99.842%	0.010%
15	99.711%	0.021%	15	99.353%	0.030%	15	99.280%	0.049%	15	99.831%	0.011%
16	99.688%	0.022%	16	99.324%	0.029%	16	99.242%	0.038%	16	99.816%	0.016%
17	99.666%	0.023%	17	99.286%	0.038%	17	99.182%	0.061%	17	99.803%	0.013%
18	99.639%	0.026%	18	99.244%	0.042%	18	99.128%	0.054%	18	99.789%	0.014%
19	99.613%	0.027%	19	99.203%	0.042%	19	99.065%	0.064%	19	99.771%	0.017%
20	99.582%	0.031%	20	99.168%	0.035%	20	98.945%	0.121%	20	99.756%	0.016%
21	99.539%	0.043%	21	99.119%	0.049%	21	98.792%	0.155%	21	99.738%	0.018%
22	99.503%	0.037%	22	99.075%	0.045%	22	98.692%	0.102%	22	99.723%	0.014%
23	99.465%	0.038%	23	99.032%	0.044%	23	98.602%	0.090%	23	99.704%	0.019%
24	99.429%	0.036%	24	98.991%	0.042%	24	98.519%	0.084%	24	99.688%	0.016%
25	99.387%	0.042%	25	98.943%	0.048%	25	98.417%	0.104%	25	99.672%	0.016%
26	99.338%	0.049%	26	98.890%	0.053%	26	98.294%	0.125%	26	99.648%	0.024%
27	99.282%	0.057%	27	98.832%	0.058%	27	98.144%	0.153%	27	99.619%	0.029%
28	99.224%	0.058%	28	98.776%	0.057%	28	97.957%	0.191%	28	99.587%	0.032%
29	99.161%	0.064%	29	98.715%	0.062%	29	97.765%	0.196%	29	99.562%	0.025%
30	99.093%	0.068%	30	98.649%	0.068%	30	97.565%	0.204%	30	99.546%	0.016%
31	99.011%	0.083%	31	98.574%	0.075%	31	97.362%	0.208%	31	99.517%	0.030%
32	98.895%	0.118%	32	98.468%	0.108%	32	97.045%	0.325%	32	99.475%	0.041%
33	98.781%	0.115%	33	98.379%	0.090%	33	96.658%	0.400%	33	99.424%	0.052%
34	98.677%	0.104%	34	98.279%	0.102%	34	96.388%	0.279%	34	99.388%	0.036%
35	98.521%	0.158%	35	98.127%	0.154%	35	96.028%	0.374%	35	99.351%	0.038%
36	98.356%	0.168%	36	97.973%	0.157%	36	95.650%	0.393%	36	99.318%	0.032%
37	98.155%	0.204%	37	97.770%	0.208%	37	95.279%	0.388%	37	99.236%	0.083%
38	97.938%	0.221%	38	97.557%	0.218%	38	94.828%	0.474%	38	99.056%	0.182%
39	97.709%	0.234%	39	97.326%	0.236%	39	94.404%	0.446%	39	98.667%	0.392%
40	97.432%	0.283%	40	97.041%	0.293%	40	93.927%	0.506%	40	98.483%	0.186%
41	97.080%	0.361%	41	96.676%	0.377%	41	93.401%	0.560%	41	98.182%	0.306%
42	96.722%	0.369%	42	96.313%	0.375%	42	92.853%	0.586%	42	97.984%	0.202%
43	96.277%	0.460%	43	95.916%	0.412%	43	92.051%	0.863%	43	97.849%	0.137%
44	95.885%	0.407%	44	95.533%	0.399%	44	91.402%	0.705%	44	97.609%	0.245%
45	95.419%	0.486%	45	95.129%	0.423%	45	90.600%	0.878%	45	97.374%	0.241%
46	94.830%	0.617%	46	94.584%	0.574%	46	89.754%	0.934%	46	97.153%	0.226%
47	94.093%	0.778%	47	93.925%	0.696%	47	88.576%	1.313%	47	96.816%	0.347%
48	93.276%	0.869%	48	93.224%	0.747%	48	87.315%	1.423%	48	96.813%	0.004%
49	92.313%	1.032%	49	92.407%	0.876%	49	85.820%	1.712%	49	96.733%	0.082%
50	91.181%	1.227%	50	91.302%	1.196%	50	84.393%	1.663%	50	95.524%	1.250%
51	89.917%	1.386%	51	90.159%	1.251%	51	82.675%	2.036%	51	94.956%	0.595%
52	88.732%	1.318%	52	89.038%	1.243%	52	81.152%	1.842%	52	94.769%	0.197%
53	87.332%	1.577%	53	87.738%	1.460%	53	79.322%	2.255%	53	94.732%	0.039%
54	85.843%	1.706%	54	86.478%	1.436%	54	77.289%	2.563%	54	94.594%	0.146%
55	84.241%	1.866%	55	85.127%	1.562%	55	75.020%	2.936%	55	94.244%	0.370%
56	82.456%	2.119%	56	83.485%	1.929%	56	72.819%	2.934%	56	94.244%	0.000%
57	80.842%	1.957%	57	82.068%	1.698%	57	70.788%	2.789%	57	93.745%	0.530%
58	79.429%	1.747%	58	80.743%	1.614%	58	69.111%	2.369%	58	93.745%	0.000%
59	77.743%	2.124%	59	78.729%	2.494%	59	67.760%	1.955%	59	92.492%	1.336%

15年平均 (H17末～R01末)											
全管種			コンクリート管			陶管			塩ビ管		
経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率	経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率	経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率	経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率
60	76.358%	1.781%	60	77.067%	2.110%	60	66.287%	2.174%	60	92.492%	0.000%
61	74.649%	2.238%	61	75.089%	2.567%	61	64.401%	2.845%	61	92.492%	0.000%
62	72.556%	2.804%	62	72.816%	3.028%	62	61.899%	3.885%	62	92.492%	0.000%
63	70.534%	2.787%	63	71.080%	2.384%	63	59.238%	4.299%	63	92.492%	0.000%
64	69.055%	2.096%	64	69.423%	2.331%	64	57.679%	2.632%			
65	67.578%	2.139%	65	67.622%	2.594%	65	56.379%	2.254%			
66	66.105%	2.179%	66	66.458%	1.721%	66	54.319%	3.653%			
67	64.753%	2.045%	67	65.188%	1.912%	67	52.744%	2.901%			
68	63.315%	2.221%	68	63.682%	2.311%	68	51.244%	2.843%			
69	62.192%	1.774%	69	62.586%	1.721%	69	50.238%	1.963%			
70	60.579%	2.593%	70	61.261%	2.116%	70	47.889%	4.676%			
71	59.370%	1.996%	71	60.086%	1.918%	71	46.571%	2.751%			
72	57.921%	2.441%	72	58.286%	2.995%	72	45.380%	2.559%			
73	56.341%	2.728%	73	56.355%	3.314%	73	44.377%	2.210%			
74	54.654%	2.993%	74	54.575%	3.158%	74	42.985%	3.138%			
75	53.075%	2.890%	75	52.937%	3.001%	75	41.558%	3.318%			
76	51.611%	2.758%	76	51.340%	3.017%	76	40.290%	3.053%			
77	49.605%	3.886%	77	49.508%	3.569%	77	38.191%	5.208%			
78	47.909%	3.419%	78	47.622%	3.809%	78	36.809%	3.619%			
79	46.470%	3.005%	79	46.298%	2.781%	79	35.383%	3.873%			
80	45.119%	2.906%	80	45.068%	2.656%	80	34.078%	3.688%			
81	43.677%	3.198%	81	43.452%	3.587%	81	32.915%	3.413%			
82	42.198%	3.385%	82	42.260%	2.742%	82	31.534%	4.195%			
83	40.593%	3.804%	83	41.067%	2.824%	83	29.658%	5.950%			
84	39.158%	3.534%	84	39.553%	3.686%	84	28.377%	4.319%			
85	37.753%	3.588%	85	38.051%	3.798%	85	27.002%	4.845%			
86	36.570%	3.134%	86	36.584%	3.855%	86	26.248%	2.794%			
87	34.971%	4.372%	87	34.514%	5.657%	87	25.492%	2.878%			
88	33.453%	4.339%	88	33.341%	3.399%	88	24.183%	5.138%			
89	30.717%	8.179%	89	31.271%	6.209%	89	21.334%	11.781%			
90	27.428%	10.708%	90	27.922%	10.709%	90	20.038%	6.072%			
91	26.758%	2.444%	91	27.087%	2.990%	91	19.515%	2.613%			
92	24.355%	8.982%	92	26.299%	2.910%	92	19.201%	1.606%			
93	23.380%	4.000%	93	24.989%	4.981%	93	18.916%	1.487%			
94	22.883%	2.128%	94	24.080%	3.636%	94	18.749%	0.880%			
95	22.223%	2.883%	95	23.768%	1.297%	95	17.890%	4.585%			
96	21.961%	1.182%	96	23.531%	0.998%	96	17.856%	0.187%			
97	21.576%	1.751%	97	23.129%	1.708%	97	17.452%	2.267%			
98	21.074%	2.327%	98	23.052%	0.332%	98	17.092%	2.060%			
99	20.951%	0.586%	99	22.604%	1.945%	99	17.092%	0.000%			
100	20.775%	0.838%	100	22.045%	2.473%	100	17.092%	0.000%			
101	20.763%	0.060%	101	22.015%	0.135%	101	17.092%	0.000%			
102	20.672%	0.437%	102	21.677%	1.534%	102	17.092%	0.000%			
103	20.624%	0.231%	103	21.566%	0.511%	103	17.092%	0.000%			
104	19.779%	4.096%	104	21.566%	0.000%	104	17.092%	0.000%			
105	17.817%	9.921%	105	19.426%	9.925%	105	17.092%	0.000%			
106	17.521%	1.664%	106	19.362%	0.327%	106	16.694%	2.328%			
107	17.521%	0.000%	107	19.362%	0.000%	107	16.694%	0.000%			
108	17.349%	0.978%	108	19.362%	0.000%	108	16.136%	3.343%			
109	17.334%	0.084%	109	19.352%	0.051%	109	16.053%	0.515%			
110	16.287%	6.041%	110	19.113%	1.239%	110	16.053%	0.000%			
111	16.287%	0.000%	111	19.113%	0.000%	111	16.053%	0.000%			
112	16.121%	1.019%	112	18.897%	1.126%	112	16.053%	0.000%			
113	16.121%	0.000%	113	18.897%	0.000%	113	16.053%	0.000%			
114	14.986%	7.040%	114	17.430%	7.767%	114	16.053%	0.000%			

：累積残存率が50%を下回った経過年数

2.2.2.3. 健全率予測式の読み方

下水道管渠の健全率とは、布設済みの全管渠に対する健全な（ある緊急度ランク以上の）管渠の割合のことである。健全率予測式は、健全率が経過年数とともにどのように推移するかを予測する関係式で、図 2-7 のように、健全率曲線（グラフ）と共に示される。本資料では簡便のため数式と健全率曲線（グラフ）を健全率予測式と総称する。

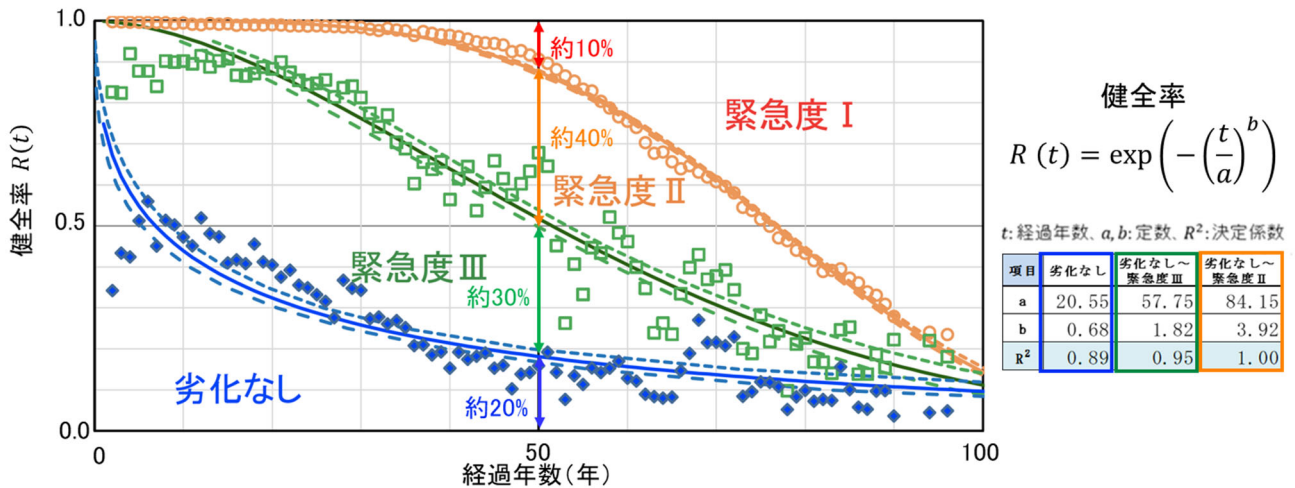


図 2-7 健全率予測式のイメージ

ここで、図 2-7 の 3 本の健全率予測式の意味は以下の通り。

- ・ 青の曲線は、調査した管渠全体のうち「劣化無し」であった割合を健全率とした場合の健全率予測式
- ・ 緑の曲線は、「劣化無し」と「緊急度Ⅲ」であった合計割合を健全率とした場合の健全率予測式
- ・ 橙の曲線は、「劣化無し」と「緊急度Ⅲ」と「緊急度Ⅱ」であった合計割合を健全率とした場合の健全率予測式

すなわち、青の曲線の下領域は「劣化無し」の割合を示し、緑の曲線と青の曲線に挟まれた領域は「緊急度Ⅲ」の割合を示し、橙の曲線と緑の曲線に挟まれた領域は「緊急度Ⅱ」の割合を示し、橙の曲線の上領域は「緊急度Ⅰ」の割合を示す。

例えば、経過年数（設置後）50 年を経過した管渠の全体の劣化状況は、

- ・ 劣化なし（健全）の管渠は約 20%
- ・ 緊急度Ⅲ（軽度）の管渠は約 30%
- ・ 緊急度Ⅱ（中度）の管渠は約 40%
- ・ 緊急度Ⅰ（重度）の管渠は約 10%

と推定できると読み取る。このように、健全率予測式は、設置からある年数経過した管路施設全体資産に対する健全資産あるいは劣化資産の割合を示すものである。個々の管あるいはスパンの健全度の時間的な劣化過程をあらわすものではないことに留意が必要である。

なお、緊急度とは、テレビカメラ等による管渠調査の結果発見された異常の程度を、判定基準により診断評価し、その結果をもとに緊急度の判定を行い、修繕・改築等対策の必要性を判断するもので、表 2-7 のように区分される。また、緊急度の判定フローの例を図 2-8 に示す。

表 2-7 緊急度の区分（下水道維持管理指針 2014 を参考に作成 4）

区 分	緊急度の区分	
緊急度Ⅰ	重度	速やかに措置が必要な場合
緊急度Ⅱ	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
緊急度Ⅲ	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合
劣化なし	健全	特別な措置を講じる必要がない場合

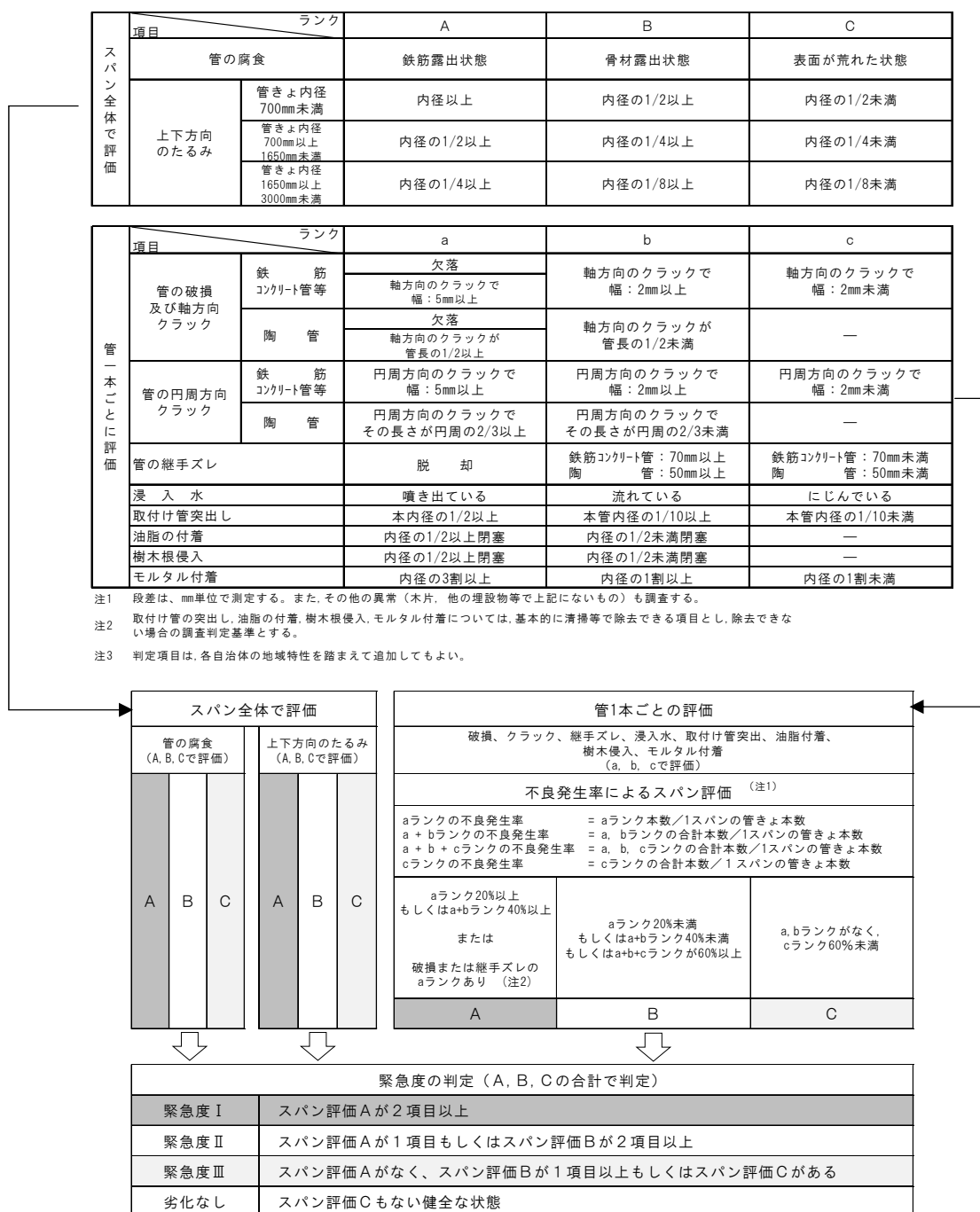


図 2-8 緊急度の判定フローの例（下水道維持管理指針 2014 を参考に作成 4）

2.2.3. 健全率予測式の作成結果

以下に、全管種および管種毎の健全率予測式の作成結果を示す。健全率曲線の読み方については、2.2.2.3.を参照されたい。

2.2.3.1. 全管種の健全率予測式

全管種の調査データをワイブル分布に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-9 に示す。3本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 1 に近く、ワイブル分布によく近似している。

緊急度Ⅱと緊急度Ⅰを速やかな対応が必要な劣化資産とみなす場合は、緑の曲線を読み取ることとなり、例えば経過年数 50 年の時点の健全率は 0.5 であるため、設置から 50 年が経過した管渠群は健全資産（劣化なしと緊急度Ⅲの合計）の割合が 50%、劣化資産（緊急度Ⅱと緊急度Ⅰの合計）の割合が 50% と推定される。

また、緑の曲線の形状係数（ワイブル係数） b は、 $1.82 > 1$ であるため、2.2.2.1 に示すとおり、時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで、管渠の異常が発生していることが示唆される。

項目	劣化なし	劣化なし～ 緊急度Ⅲ	劣化なし～ 緊急度Ⅱ
a	20.55	57.75	84.15
b	0.68	1.82	3.92
R^2	0.89	0.95	1.00

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]$$

$R(t)$: 健全率、 t : 経過年数、 a, b : 定数、 R^2 : 決定係数

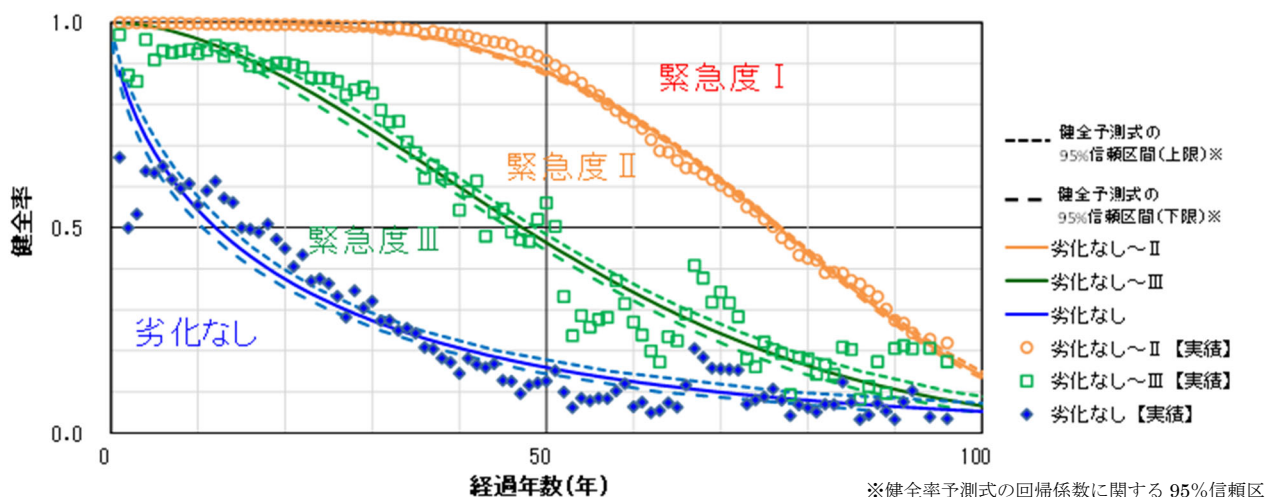


図 2-9 健全率予測式（全管種）

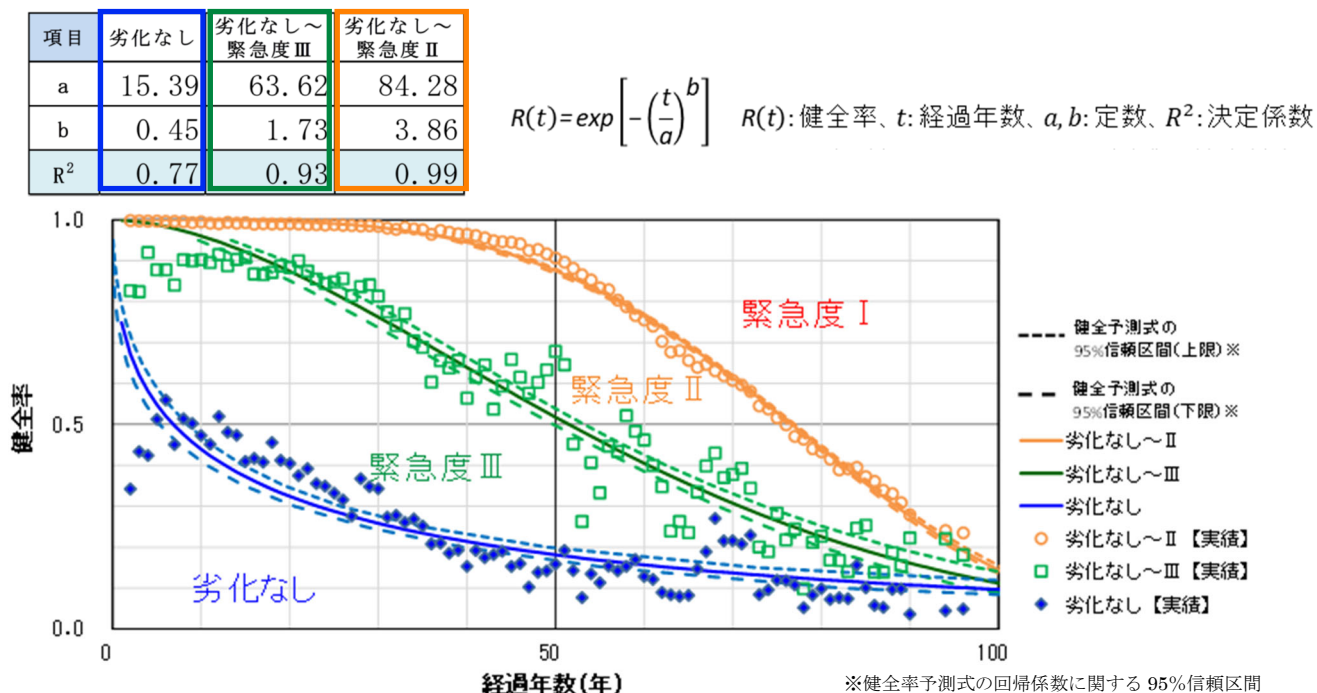
2.2.3.2. 鉄筋コンクリート管の健全率予測式

鉄筋コンクリート管の調査データをワイブル分布に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-10 に示す。3本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 1 に近く、ワイブル分布によく近似している。

緊急度Ⅱと緊急度Ⅰを速やかな対応が必要な劣化資産とみなす場合は、緑の曲線を読み取ることとなり、例えば経過年数 50 年の時点の健全率は 0.5 であるため、設置から 50 年が経過した鉄筋コンクリート管の管渠群は健全資産（劣化なしと緊急度Ⅲの合計）の割合が 50%、劣化資産（緊急度Ⅱと緊急度Ⅰの合計）の割合が 50%と推定される。

また、緑の曲線の形状係数（ワイブル係数） b は、 $1.73 > 1$ であるため、2.2.2.1 に示すとおり、時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで、コンクリート管の異常が発生していることが示唆される。

コンクリート管の健全率予測式は、2.2.3.1 で示した全管種の健全率予測式とほぼ同様である。これは、2.2.1 で示したように、管渠劣化データベース（分析用）のデータは、鉄筋コンクリート管が多くを占めているためである。



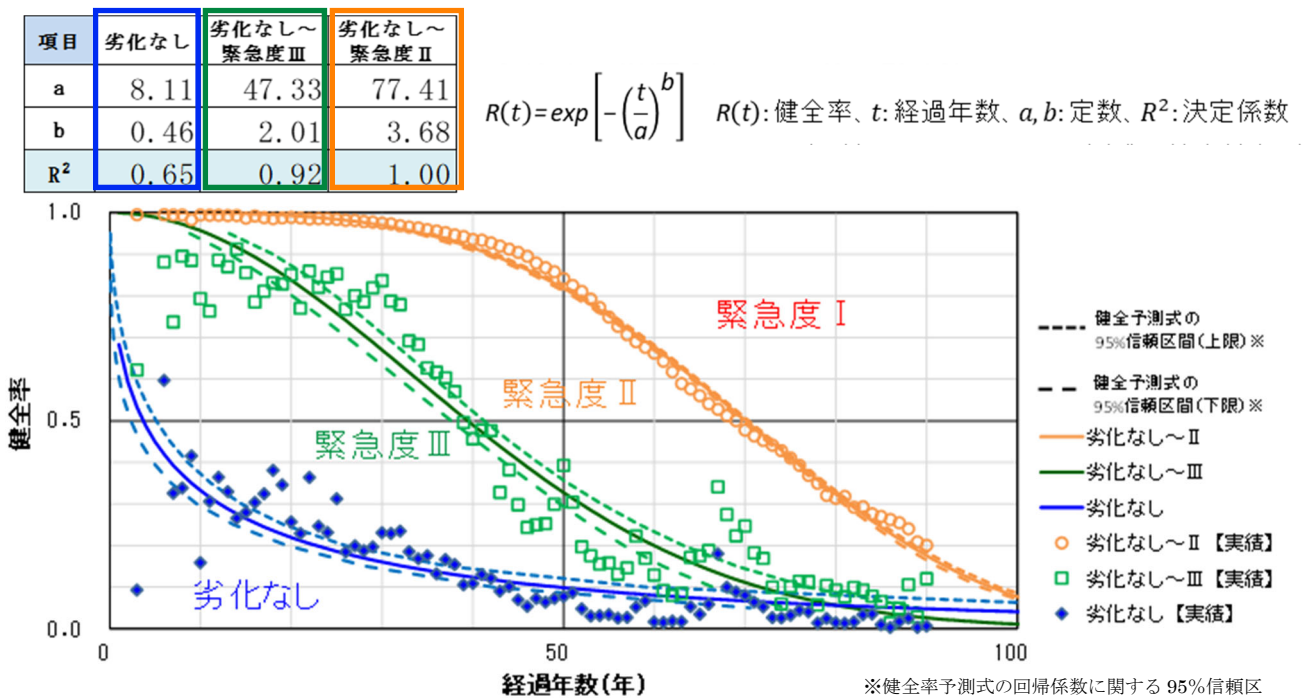
2.2.3.3. 陶管の健全率予測式

陶管の調査データをワイブル分布に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-11 に示す。緑の曲線（劣化なし～緊急度Ⅲ）および橙の曲線（劣化なし～緊急度Ⅱ）の2本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 1 に近く、ワイブル分布によく近似している。一方、青の曲線（劣化無し）の決定係数 R^2 は 0.65 と低いため、この曲線に限っては、ワイブル分布が関数モデルとして適切とはいえない。

緊急度Ⅱと緊急度Ⅰを速やかな対応が必要な劣化資産とみなす場合は、緑の曲線を読み取ることとなり、例えば経過年数 50 年の時点の健全率は 0.33 であるため、設置から 50 年が経過した陶管の管渠群は健全資産（劣化なしと緊急度Ⅲの合計）の割合が 33%、劣化資産（緊急度Ⅱと緊急度Ⅰの合計）の割合が 67%と推定される。

また、緑の曲線の形状係数（ワイブル係数） b は、 $2.01 > 1$ であるため、2.2.2.1 に示すとおり、時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで、陶管の異常が発生していることが示唆される。

陶管と鉄筋コンクリート管の健全率予測式の比較より、陶管の方が若干劣化の進行が早い可能性が示唆される。



2.2.3.4. 塩化ビニル管の健全率予測式

塩化ビニル管の調査データをワイブル分布式に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-12 に示す。3本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 0.1 未満であり、現時点では、塩化ビニル管の健全率予測式の算定にワイブル分布を関数モデルとして使うことが適切か否かは判断できない。これは、2.2.1 に示す通り、塩化ビニル管については、陶管や鉄筋コンクリート管と比べ歴史が浅く調査データが少ないこと、劣化が発生している標本数が少ないためである。別途、直線式を当てはめて作成した健全率予測式においても、決定係数 R^2 はほぼ 1.0 未満と、よい近似は得られなかった。このように、現時点で塩化ビニル管について得られている調査データの限りでは、経過年数と異常発生に関連性が見いだせていない。

現在、全国の下水道実施団体の約 85% を占める中小規模地方公共団体（人口 10 万人未満）においては塩化ビニル管による下水道整備が主流であり、人員体制や財政の厳しさが増す中小規模地方公共団体にとっては、塩化ビニル管に関するマネジメントの効率化が重要である。そのため、今後も塩化ビニル管の調査データの蓄積が必要であるとともに、塩化ビニル管の調査データに限られる中においては、例えば、管渠条件（管径、路線延長、スパン内の管本数、設置年度、経過年数、土被り、道路種別、歩車道区分等）を説明変数とする塩化ビニル管の劣化予測手法の開発など、健全率予測式とは異なるアプローチを試みることも有効と考えられる。

項目	劣化なし	劣化なし～Ⅲ	劣化なし～Ⅱ
a	1.4E+07	456.85	116.04
b	0.09	1.13	3.90
R^2	0.03	0.27	0.98

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]$$

$R(t)$: 健全率、 t : 経過年数、 a, b : 定数、 R^2 : 決定係数

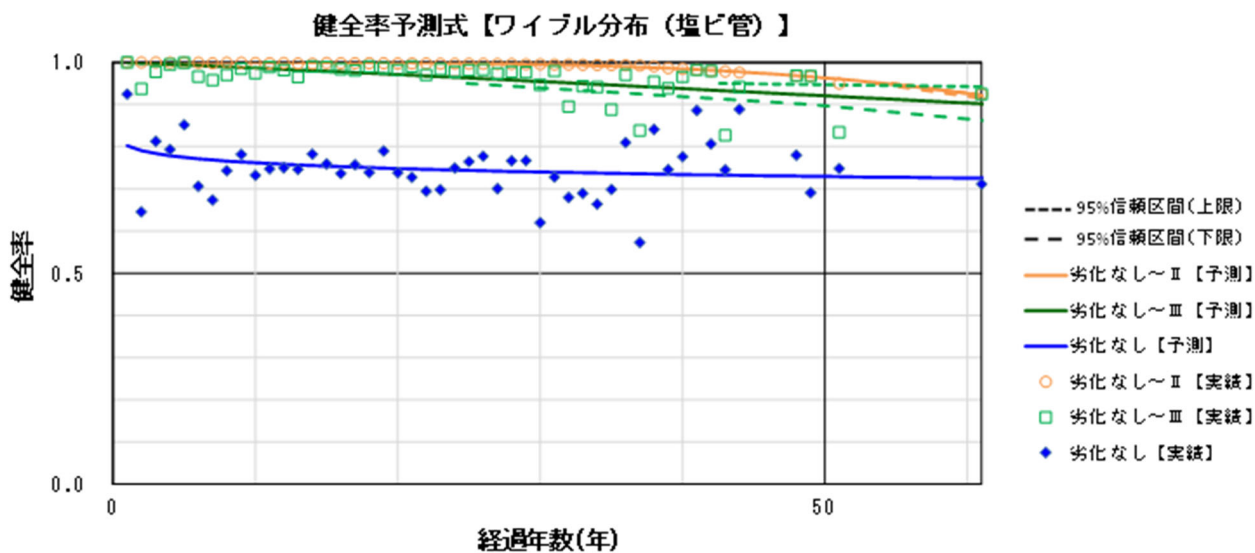


図 2-12 健全率予測式（塩化ビニル管）

※健全率予測式の回帰係数に関する 95%信頼区

2.3. 下水道管渠の劣化傾向の分析

管渠の劣化の傾向を把握することで、効率的かつ効果的な管渠の点検・調査技術の選定につながることを期待できる。そのため、劣化データベース（分析用）および異常発生箇所データベースに登録されているデータを基に、鉄筋コンクリート管、陶管、塩化ビニル管の管種別に、部位別（継手部、本管部、取付管部）の異常発生状況を把握するとともに、スパン内での異常発生位置および異常項目と管渠条件の関係を整理し定性的に把握した。

2.3.1. 鉄筋コンクリート管の劣化傾向

(1) 部位別の異常の発生状況（鉄筋コンクリート管）

表 2-8 に鉄筋コンクリート管の部位別の異常の発生状況を示す。また、図 2-13 に異常項目の発生割合のグラフを示す。

異常項目の発生割合は、継手ズレが 27.5%と最も高く、次いで腐食が 16.5%（うち本管部 16.4%）、浸入水が 15.8%（うち継手部 9.9%）である。

表 2-8 異常項目別の発生状況（鉄筋コンクリート管）

	箇所数				異常項目別割合			全体割合			
	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計
腐食	26,104	235	14	26,353	99.1%	0.9%	0.1%	16.4%	0.1%	0.0%	16.5%
上下のたるみ	8,225	243	8	8,476	97.0%	2.9%	0.1%	5.2%	0.2%	0.0%	5.3%
破損(軸方向クラック)	10,641	4,064	1,323	16,028	66.4%	25.4%	8.3%	6.7%	2.6%	0.8%	10.1%
円周方向クラック	14,612	184		14,796	98.8%	1.2%	0.0%	9.2%	0.1%	0.0%	9.3%
継手ズレ	226	43,505	95	43,826	0.5%	99.3%	0.2%	0.1%	27.3%	0.1%	27.5%
偏平・変形											
浸入水	6,991	15,726	2,473	25,190	27.8%	62.4%	9.8%	4.4%	9.9%	1.6%	15.8%
取付管突出	100		12,191	12,291	0.8%	0.0%	99.2%	0.1%	0.0%	7.7%	7.7%
油脂付着	275	6	11	292	94.2%	2.1%	3.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%
樹木根侵入	714	4,354	801	5,869	12.2%	74.2%	13.6%	0.4%	2.7%	0.5%	3.7%
モルタル付着	5,123	730	286	6,139	83.5%	11.9%	4.7%	3.2%	0.5%	0.2%	3.9%
計	73,011	69,047	17,202	159,260				45.8%	43.4%	10.8%	100.0%

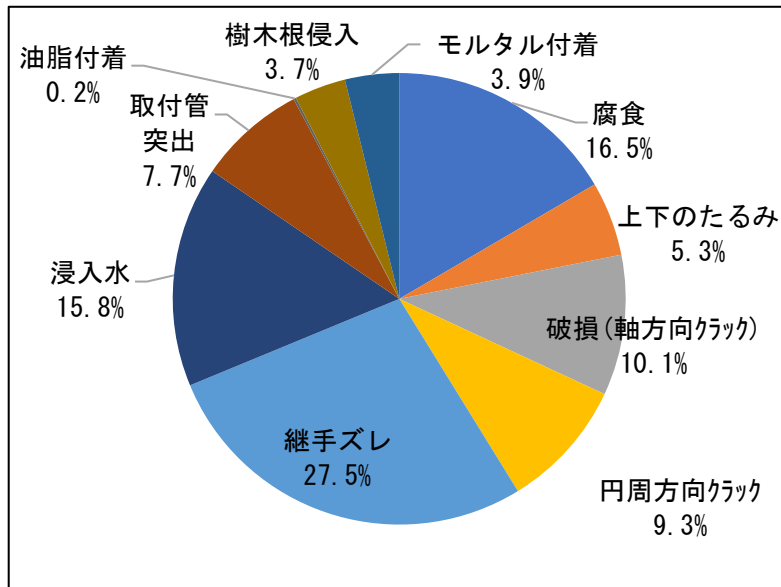


図 2-13 異常項目の発生割合 (鉄筋コンクリート管)

(2) 異常の発生位置の傾向 (鉄筋コンクリート管)

本管の-span内においてどのような位置に異常が多いか等の傾向を把握することで、異常発生傾向に応じた効率的かつ効果的な点検・調査手法の選定 (管口からの目視点検、管口カメラによるスクリーニング、TVカメラ調査など) が可能になると考えられる。そこで、異常発生箇所データベースに登録されているデータのうち、異常の発生位置を特定できるものについて、図 2-14 に示すように、管口から-span中心までの位置を割合で表示する方法で異常発生位置を整理し、傾向を分析した。なお、管口を 0%、-span中心位置を 100%とした。

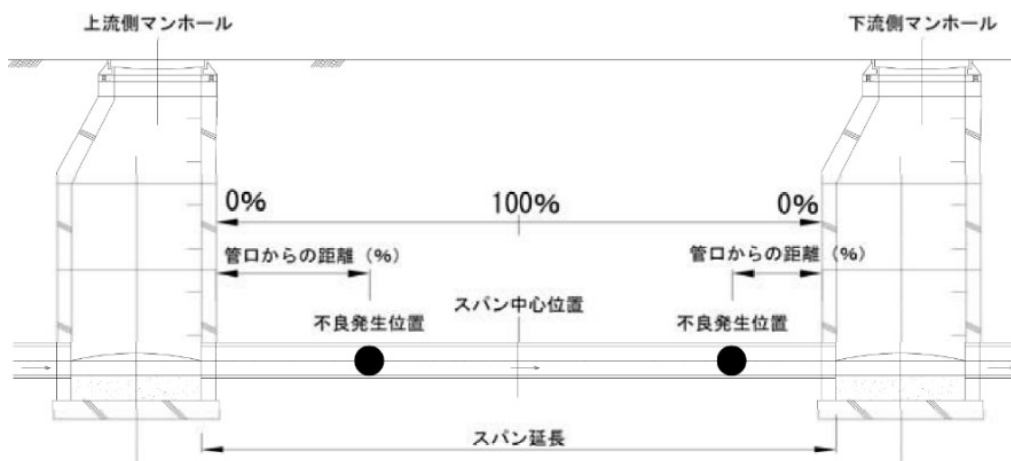


図 2-14 異常発生位置の表示方法

鉄筋コンクリート管の発生位置別の異常の発生箇所数を表 2-9 に示す。また、図 2-15 に、異常項目別に発生位置と箇所数をまとめたグラフを示す。

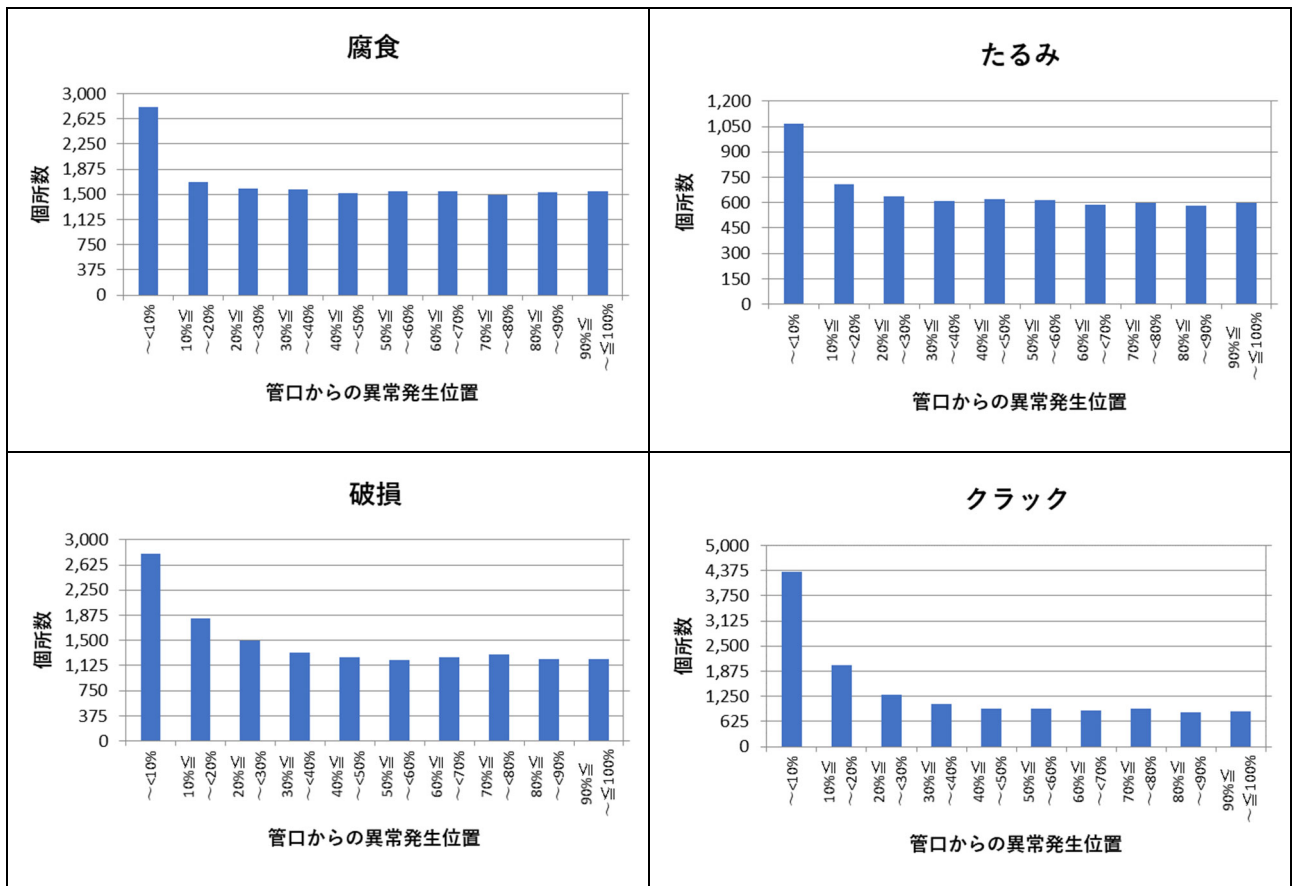
鉄筋コンクリート管については、腐食、たるみ、破損、クラック、浸入水、油脂付着、モルタル付着は、管口周辺 (管口から 10%未満) での発生割合が高くなっている。特にクラックは、管口周辺に集中

しており、これは、常時荷重や活荷重の応力集中により構造障害が発生しやすいためと考えられる。一方、継手ズレ、取付管突き出し、樹木根浸入については、発生位置に特徴的な傾向はみられない。

上記の傾向より、管口カメラにより管口周辺を重点的にスクリーニング調査にすることは、腐食や破損、クラック等の異常を発見することに関し、一定の有効性があると言える。

表 2-9 発生位置別の異常の発生箇所数（鉄筋コンクリート管）

異常項目	異常発生位置									
	～<10%	10%≤ ～<20%	20%≤ ～<30%	30%≤ ～<40%	40%≤ ～<50%	50%≤ ～<60%	60%≤ ～<70%	70%≤ ～<80%	80%≤ ～<90%	90%≤ ～≤100%
腐食	2,805	1,683	1,591	1,569	1,513	1,549	1,543	1,495	1,538	1,547
たるみ	1,069	707	639	607	620	614	586	601	584	596
破損	2,786	1,826	1,503	1,317	1,248	1,205	1,255	1,293	1,225	1,226
クラック	4,337	2,018	1,280	1,069	945	943	898	948	860	881
継手ズレ	1,122	4,965	4,966	4,813	4,576	4,645	4,482	4,509	4,522	4,522
変形	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
浸入水	2,790	2,607	2,378	2,207	2,200	2,186	2,144	2,079	2,147	2,217
取付管突き出し	454	703	670	691	727	701	726	715	780	785
油脂付着	42	25	22	17	27	20	16	19	19	21
樹木根侵入	416	611	564	567	546	537	547	558	568	556
モルタル付着	963	708	570	468	452	486	455	458	452	488
クラック+破損	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
クラック+浸入水	6	0	3	1	0	0	1	1	2	0
継手ズレ+破損	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
継手ズレ+浸入水	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
浸入水+破損	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
油脂付着+モルタル付着	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



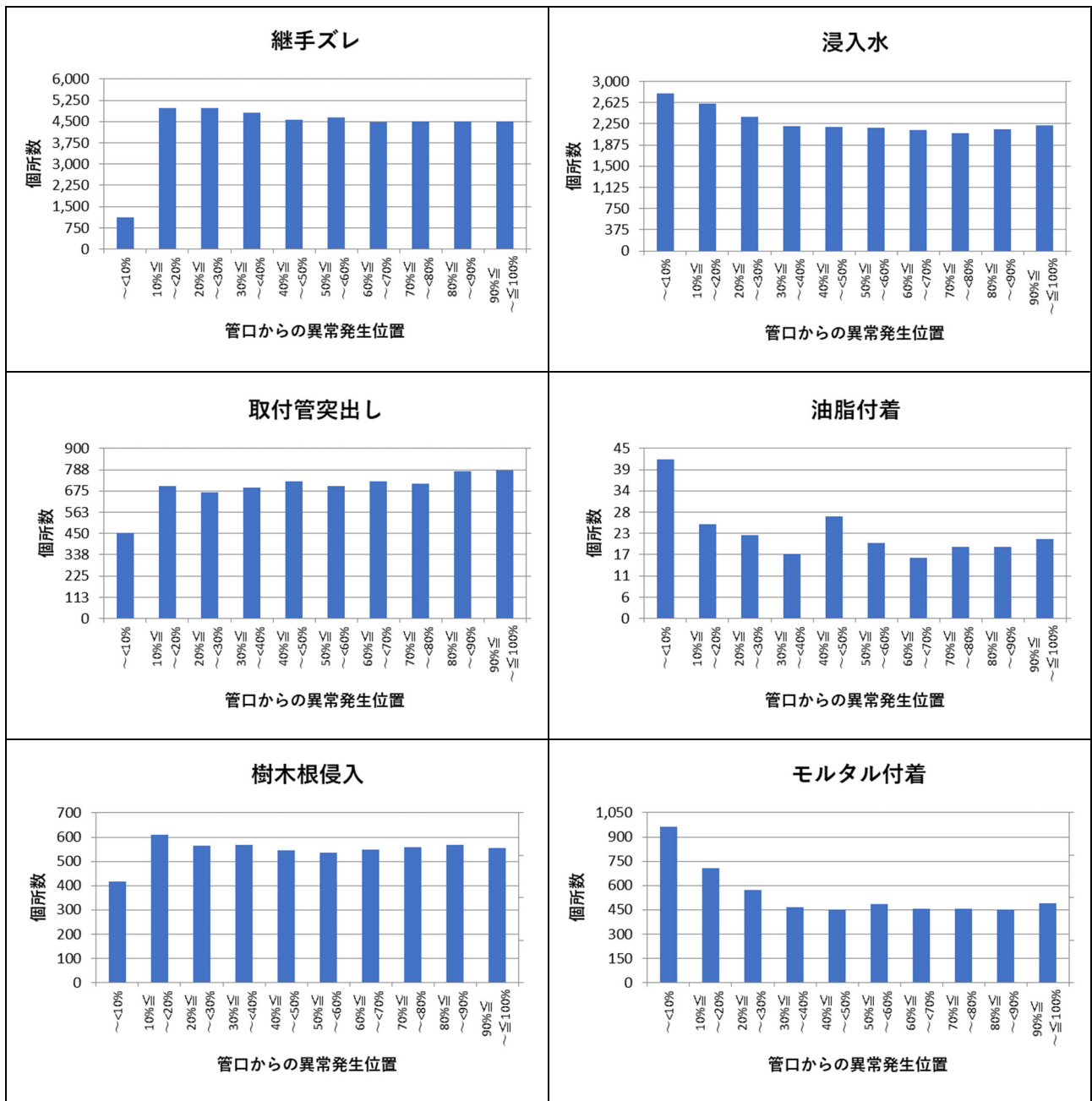


図 2-15 異常項目別の発生位置と箇所数 (鉄筋コンクリート管)

(3) 異常発生と管渠条件の関係の定性的把握 (鉄筋コンクリート管)

異常の発生と管渠条件の関係を把握することで、異常の発生しやすい条件にある管渠から優先的に点検・調査するなどの効率化につなげられる可能性がある。そこで、劣化データベース (分析用) に登録されているデータを活用し、鉄筋コンクリート管に発生する代表的な 10 種の異常項目 (腐食、たるみ、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出、油脂付着、樹木根侵入、モルタル付着) それぞれについて、4 種の管渠条件 (布設年度、経過年数、取付管本数、土被り) を横軸にとり、異常が発生したスパン数およびその割合を縦軸に取ったグラフを作成し (図 2-16～図 2-25)、異常発生と管渠条件の関係を以下のとおり定性的に把握した。

破損について、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された (図 2-18(a)(b))。 (なお、布設年度 1994 年、1995 年のデータにおいて破損スパンの

割合が突出しているが、これはある1都市で破損が集中的に確認されたことが影響している。) この傾向の要因としては、経過年数が増加するほど、鉄筋コンクリート管の経年劣化および車両通行による輪加重や衝撃荷重を受ける回数が増えること等が想定される。また、この傾向は、2.2.3.2において、鉄筋コンクリート管は時間と共に劣化に伴う故障が多くなるいわゆる「摩耗故障確率 (P17 参照)」のモードで異常が発生していることが示唆されたこととも一定の整合がみられる。

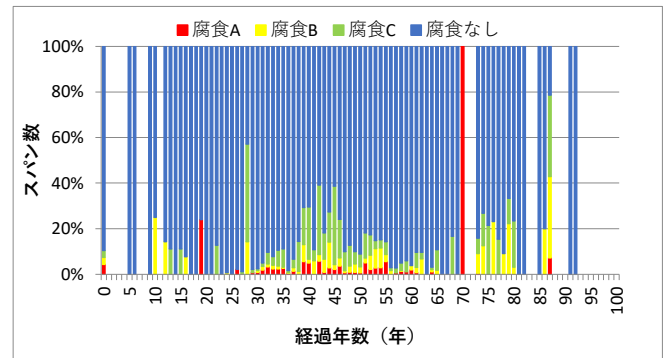
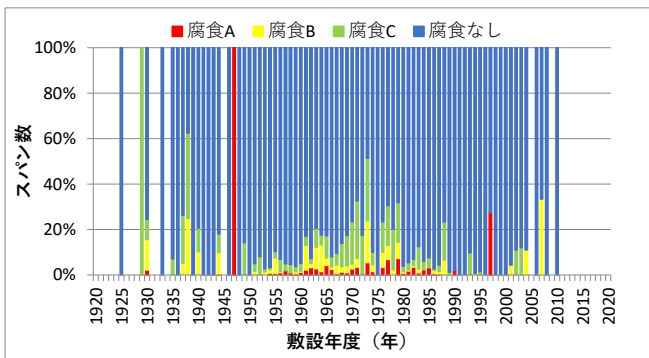
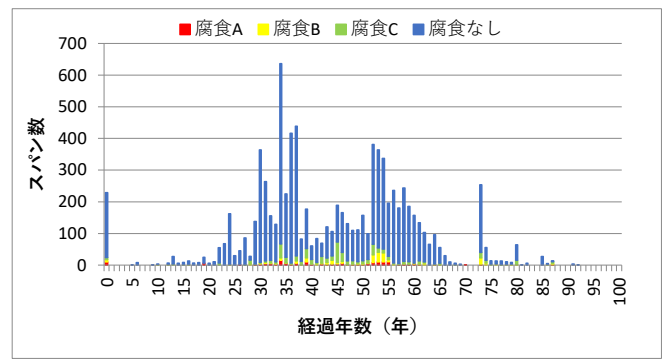
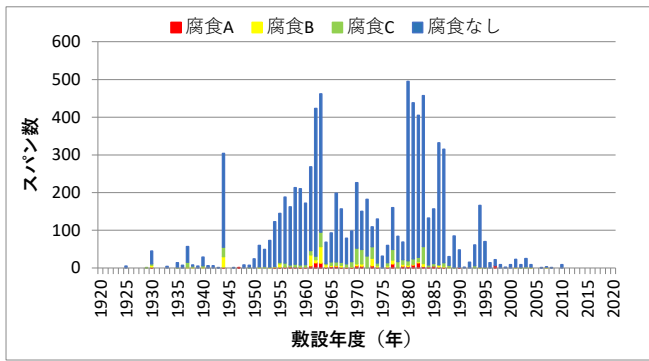
継手ズレは、1950年～1975年にかけて発生割合が大きいが、1975年頃以降は減少している(図2-20(a))。この要因の一つとしては、経過年数の増加による継手部の劣化が考えられる。さらには、継手の規格の変遷も要因として考慮する必要があると考えられる。1950年～1964年の間、ヒューム管の規格は日本工業規格(以下、「JIS」という。)のJIS A5303(遠心力鉄筋コンクリート管)のみが存在していた。当該規格では、直管(A型管)をコンクリートカラーで継手することとされていたために、現場でモルタル詰め等の作業を要し、施工者の熟練度に応じて継手部に施工品質にばらつきが生じやすかったのではないかと推測される。その後、1965年に、JIS A5303に受け口継手付きの直管(B型管)が追加された。これを機に、鉄筋コンクリート管の継手の施工精度の向上が図られていったと推測される。なお、1987年に、日本下水道協会規格(以下、「JSWAS」という。)においては直管(A型管)が廃止された。

浸入水について、土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された(図2-21(d))。これは土被りが深いほど、地下水位より低い位置に管渠が設置される可能性が高まるためと想定される。また、上述の継手ズレ発生件数が多ければそれに応じて浸入水の発生数も増えると考えられる。

取付管突出しについて、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど、取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された(図2-22(a)(b))。この要因の一つとしては、経過年数の増加による取付管接合部の劣化が考えられる。さらには、取付管接合部の規格も要因として考慮する必要があると考えられる。下水道の支管を含むJSWAS K-1下水道用硬質塩化ビニル管が制定されたのは1974年6月であり、1975年以前に布設された管には、本管と取付管を接合する支管が無く、接合部の不良により取付管の突出が多く発生していると思料される。

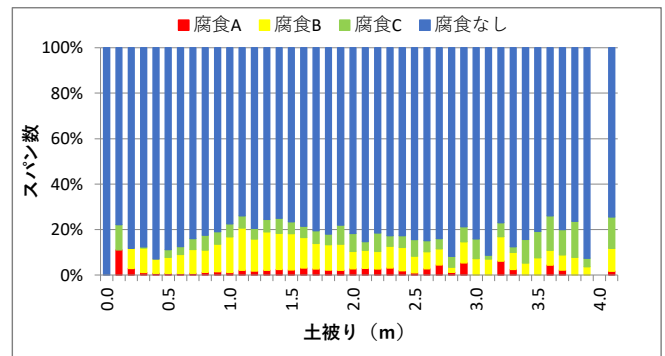
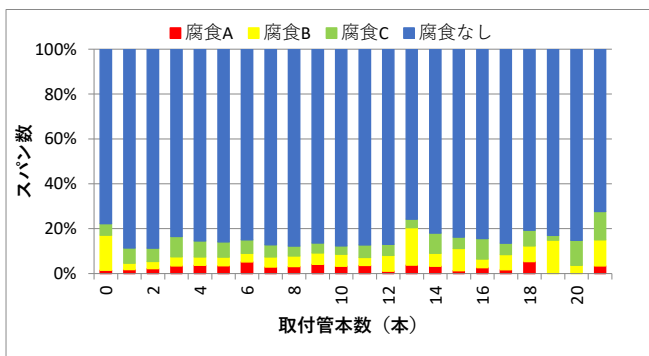
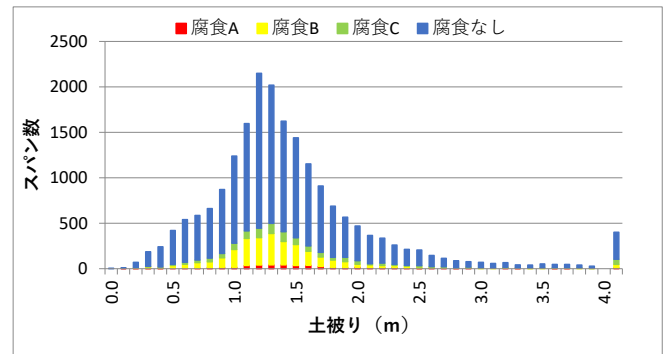
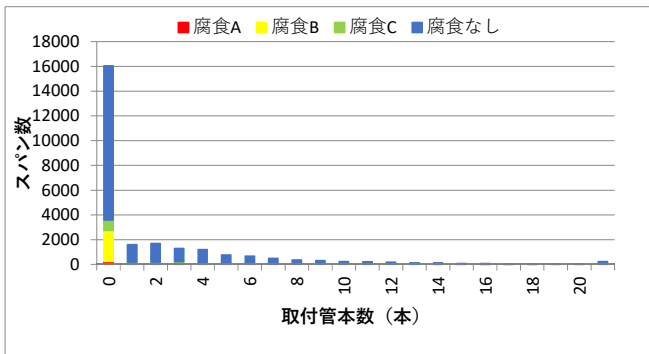
他の異常(腐食、クラック、たるみ、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着)については、布設年度、経過年数などとの関連性はグラフを観察する限りでは確認されなかった。これらの異常は、腐食環境の有無、布設箇所の地盤強度、油排出事業者の有無、街路樹の有無など、ここで取り上げた管渠条件(布設年度、経過年数、取付管本数、土被り)以外の条件に影響を受けている可能性がある。

1) 腐食（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

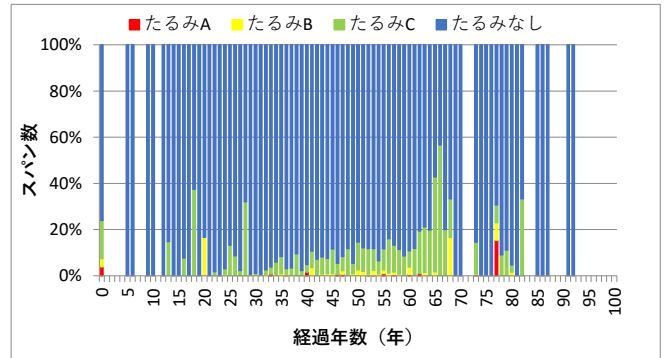
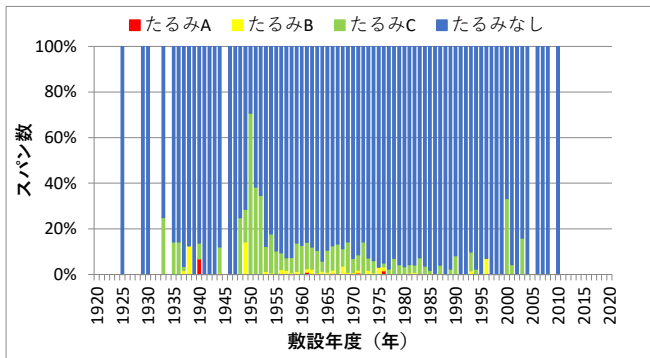
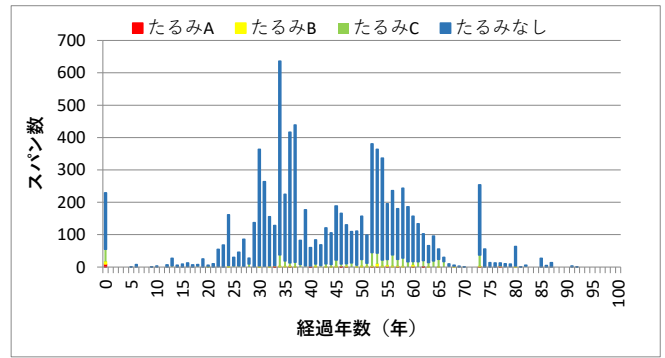
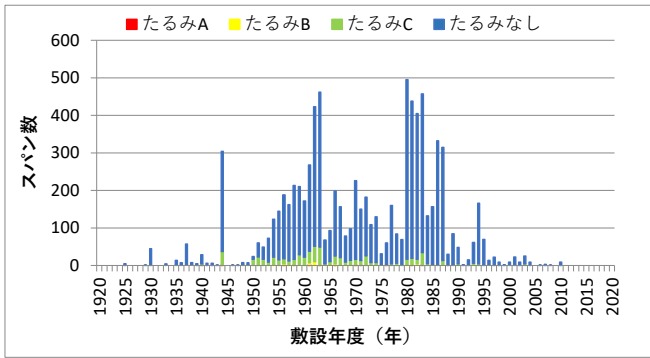


(c) 取付管本数

(d) 土被り

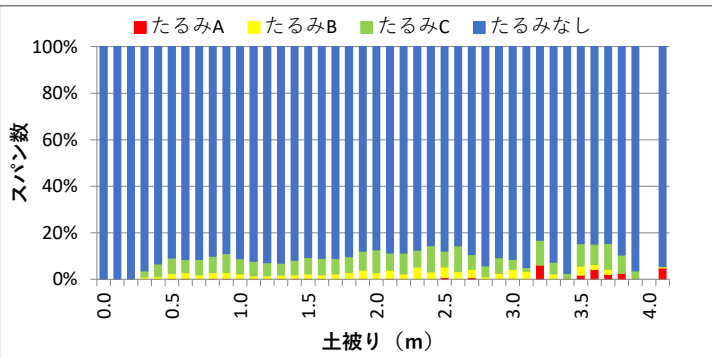
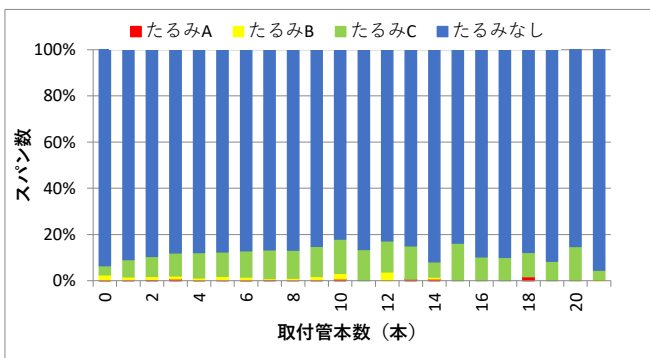
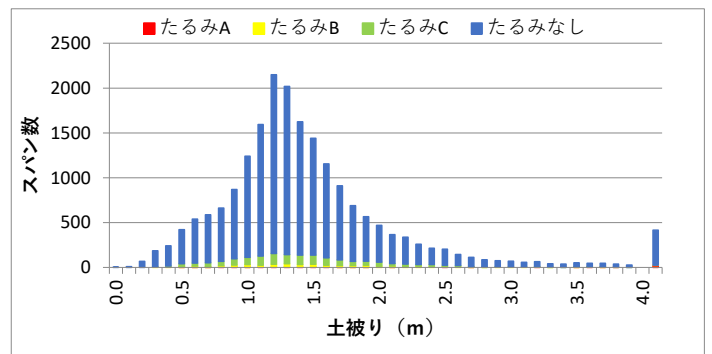
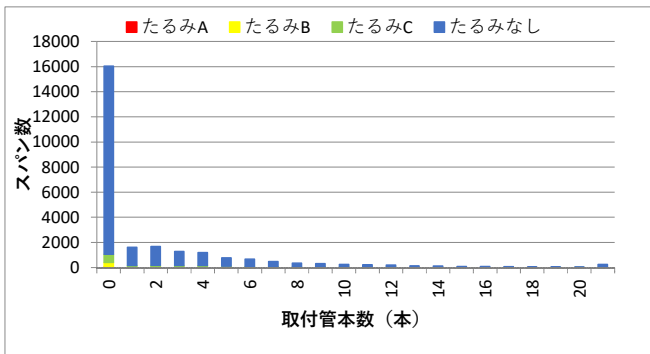
図 2-16 腐食の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

2) たるみ (鉄筋コンクリート管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

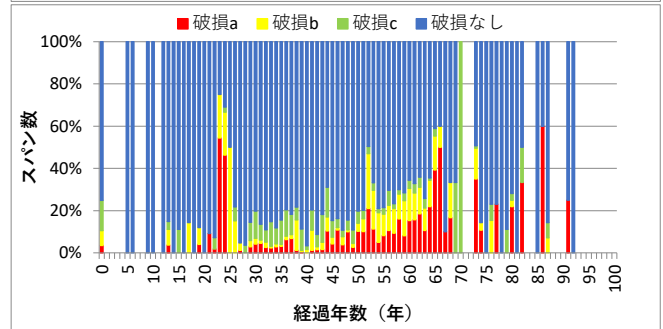
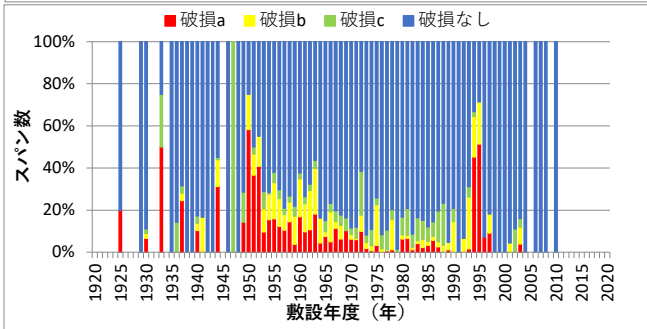
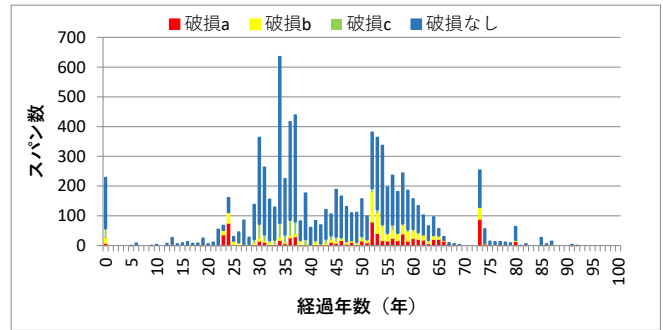
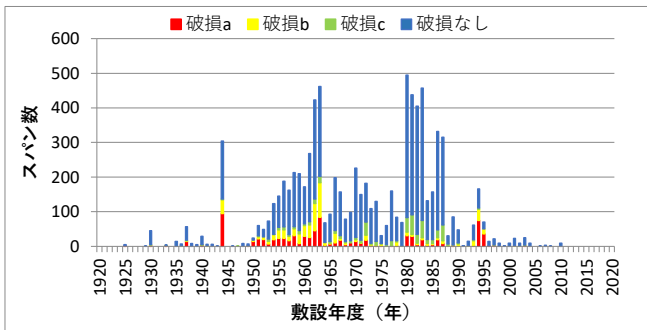


(c) 取付管本数

(d) 土被り

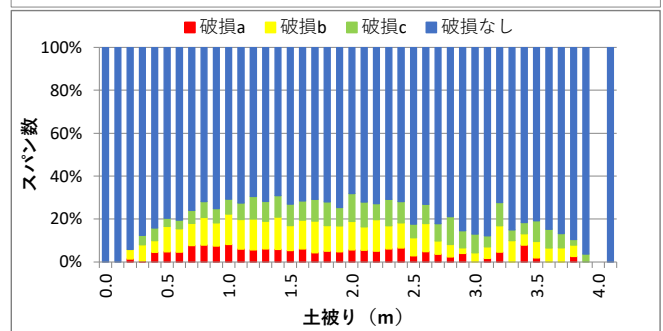
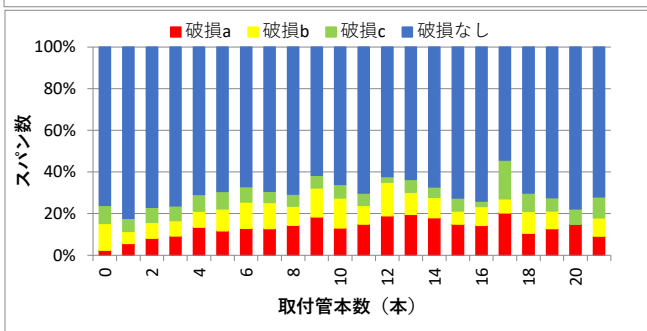
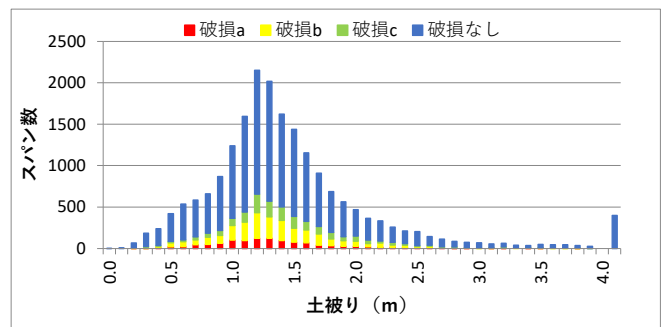
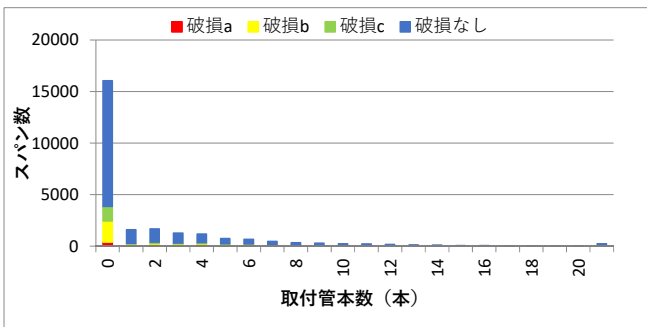
図 2-17 たるみの発生と各管渠条件の関係 (鉄筋コンクリート管)

3) 破損（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

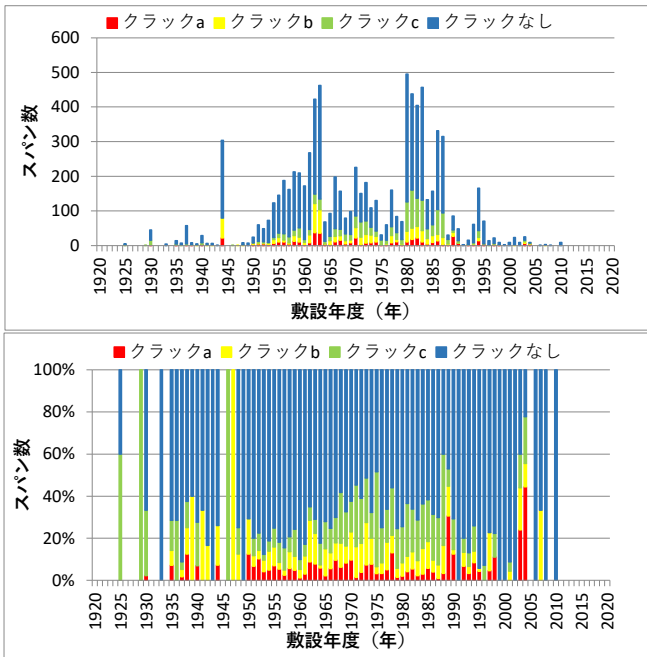


(c) 取付管本数

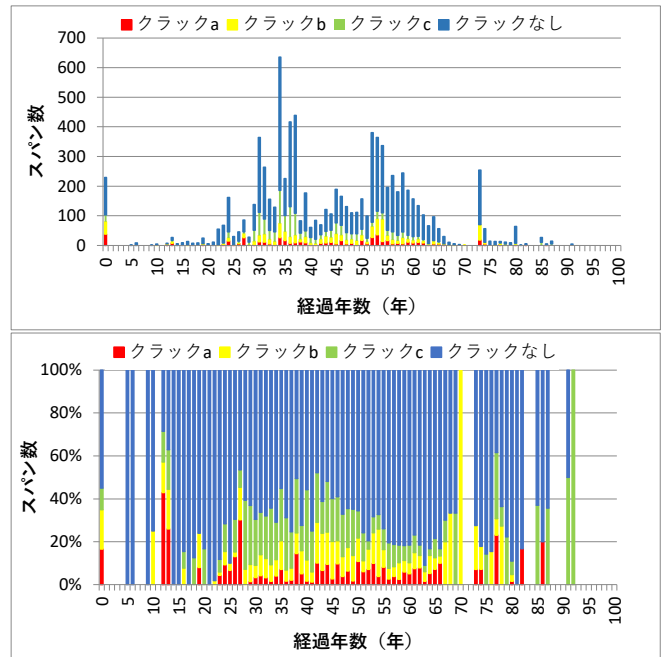
(d) 土被り

図 2-18 破損の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

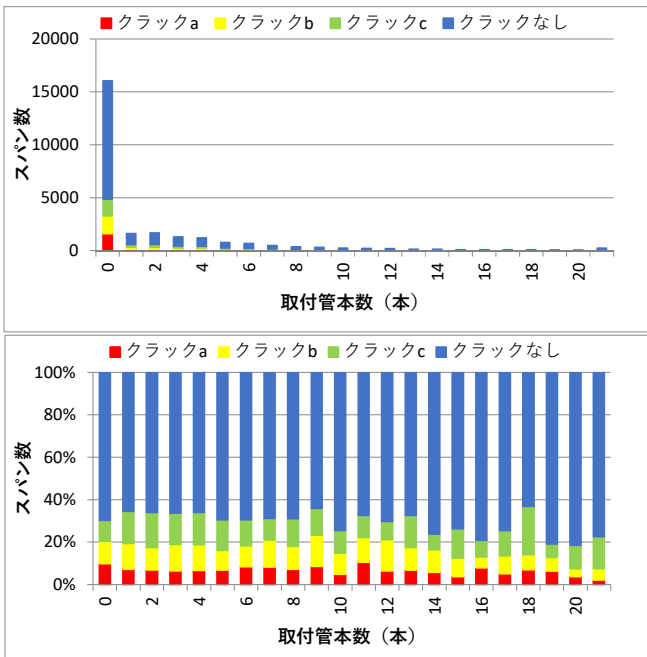
4) クラック（鉄筋コンクリート管）



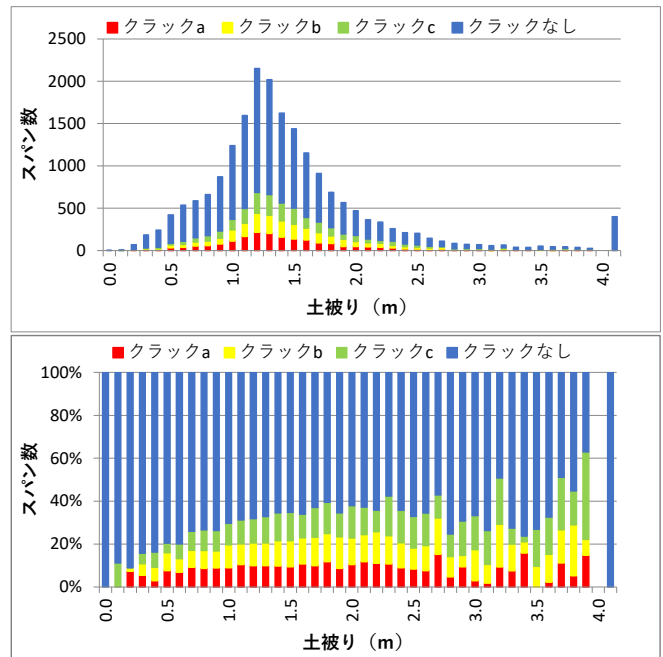
(a) 布設年度



(b) 経過年数



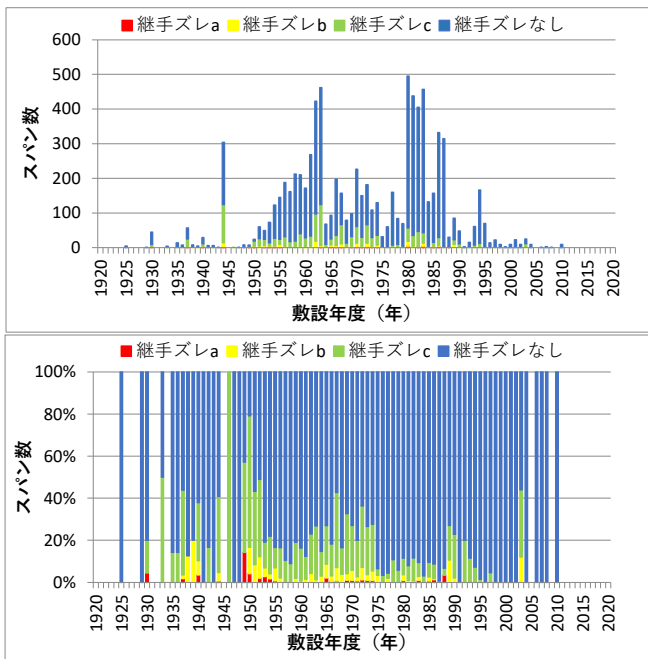
(c) 取付管本数



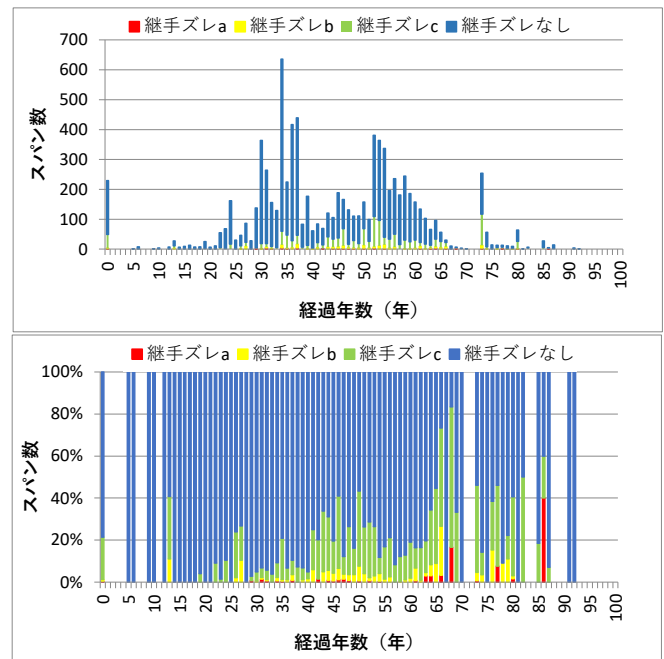
(d) 土被り

図 2-19 クラックの発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

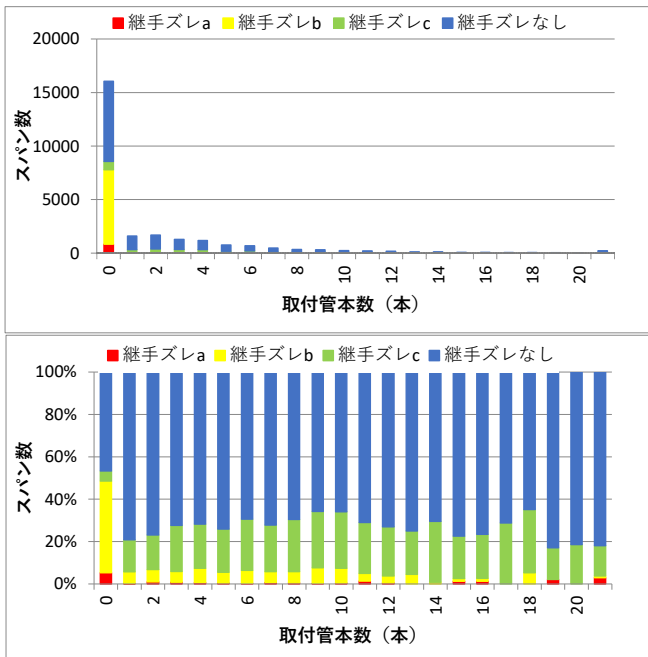
5) 継手ズレ (鉄筋コンクリート管)



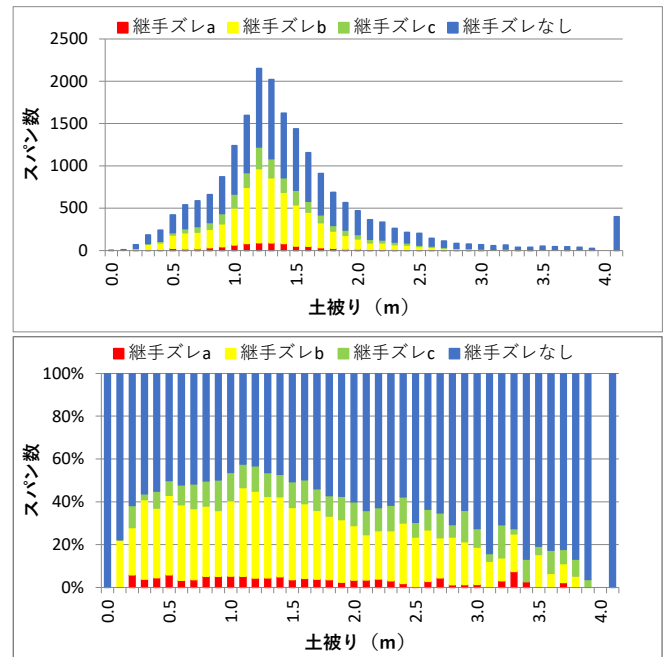
(a) 布設年度



(b) 経過年数



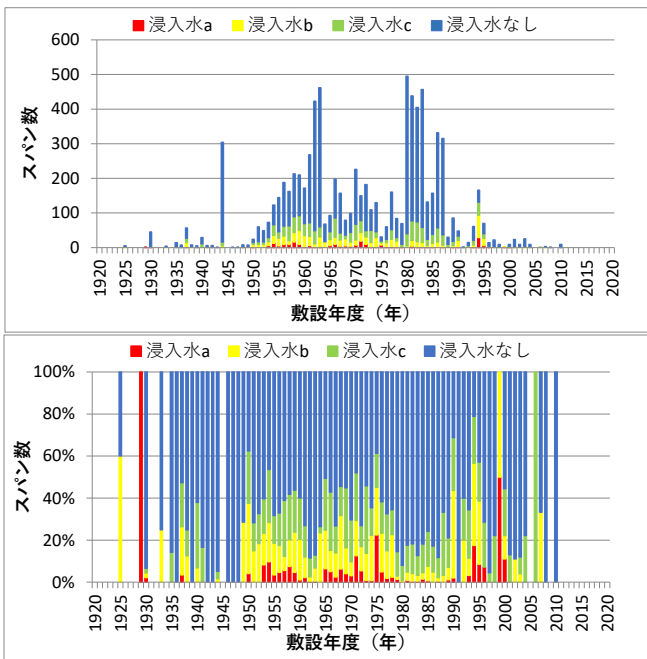
(c) 取付管本数



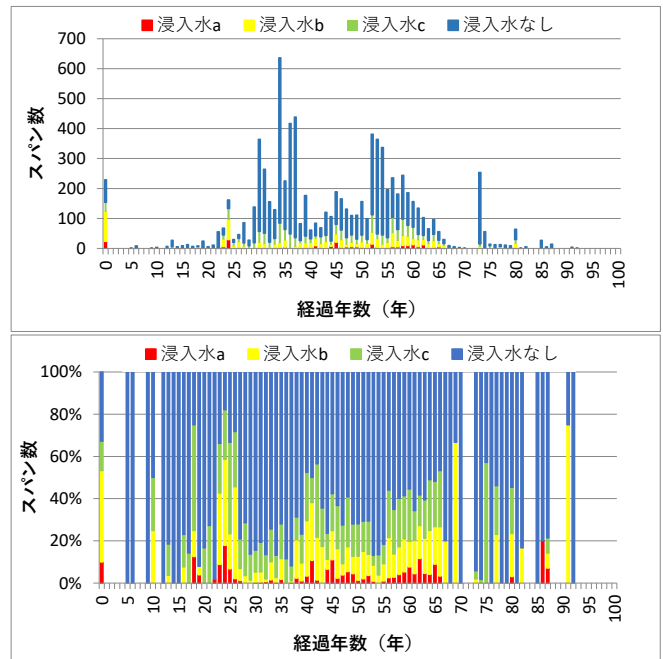
(d) 土被り

図 2-20 継手ズレの発生と各管渠条件の関係 (鉄筋コンクリート管)

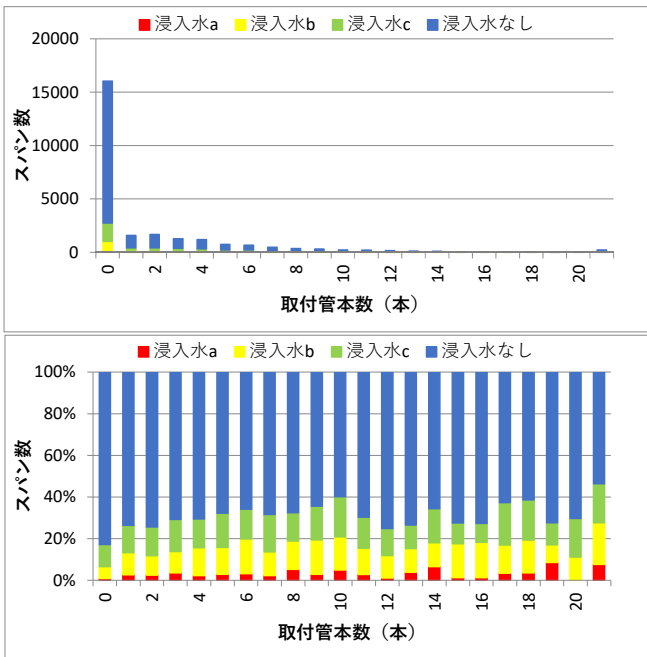
6) 浸入水（鉄筋コンクリート管）



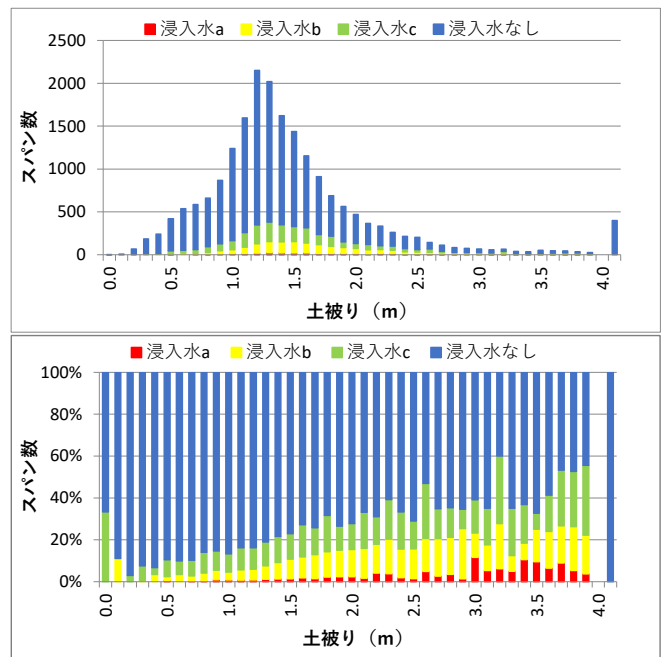
(a) 布設年度



(b) 経過年数



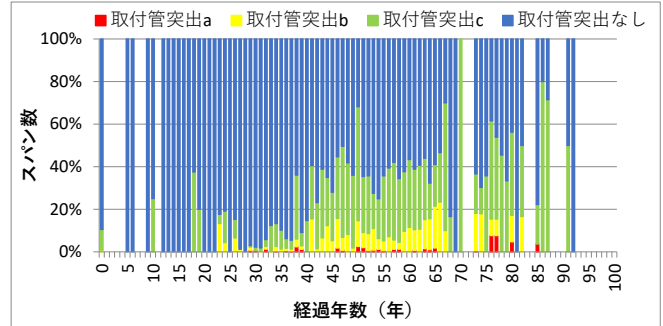
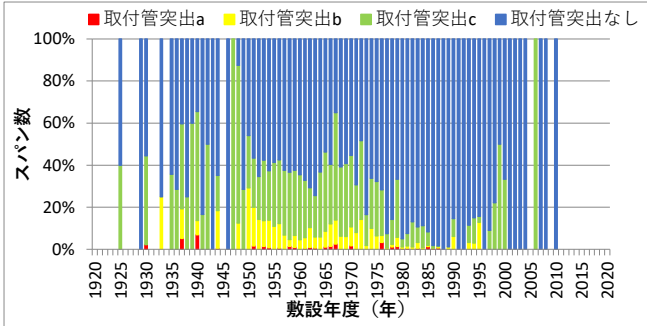
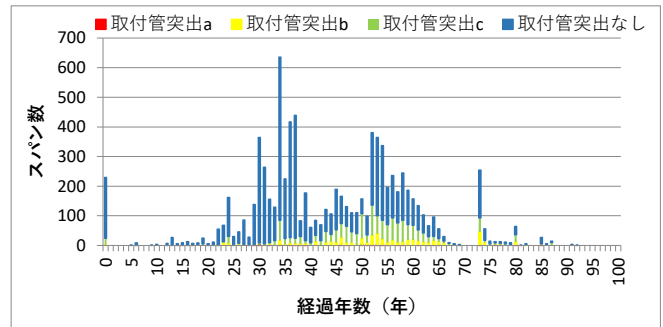
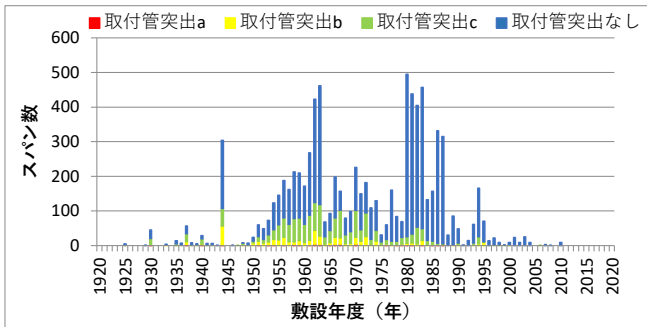
(c) 取付管本数



(d) 土被り

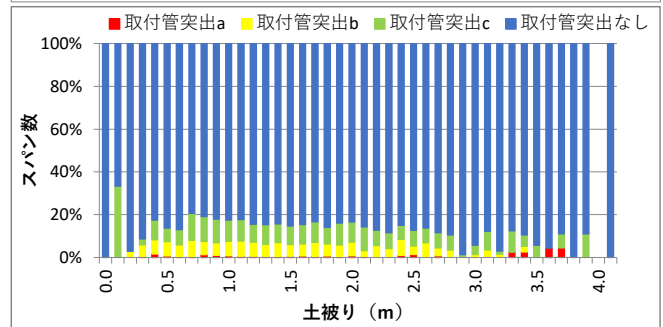
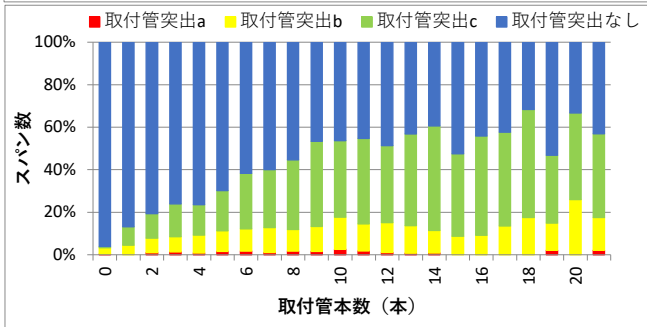
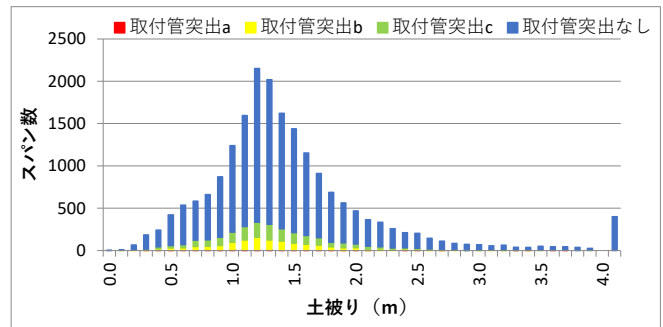
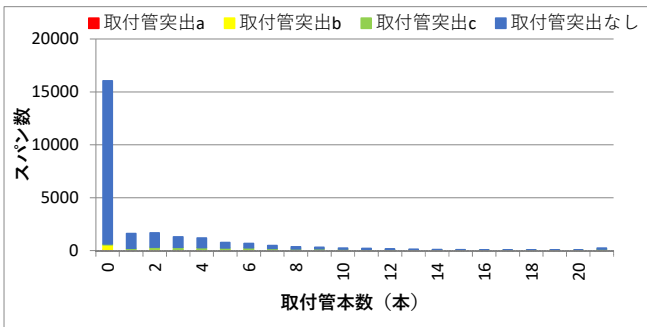
図 2-21 浸入水の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

7) 取付管突出（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

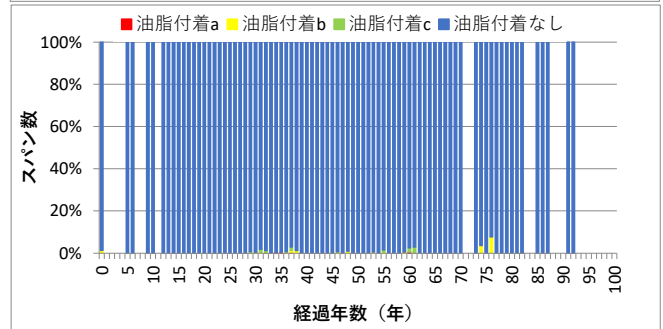
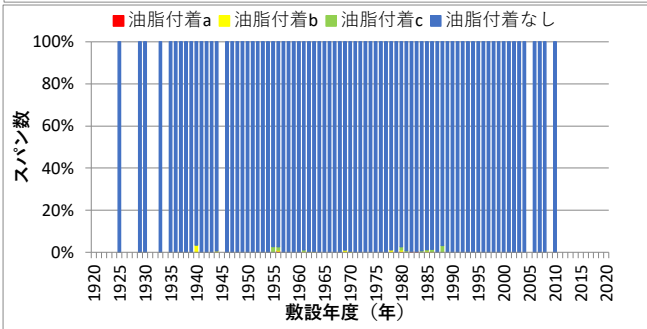
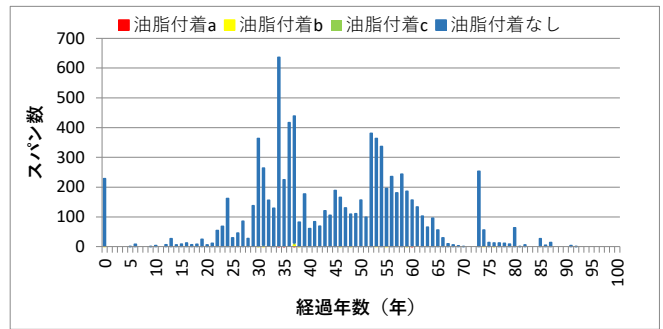
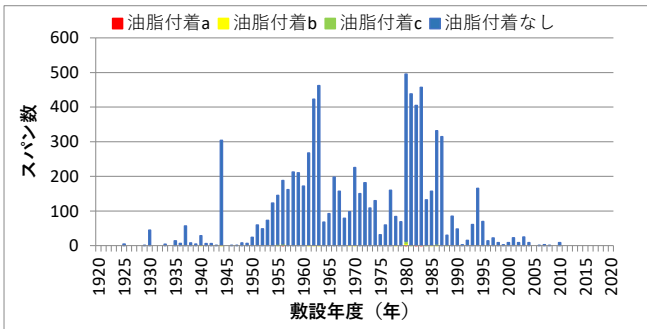


(c) 取付管本数

(d) 土被り

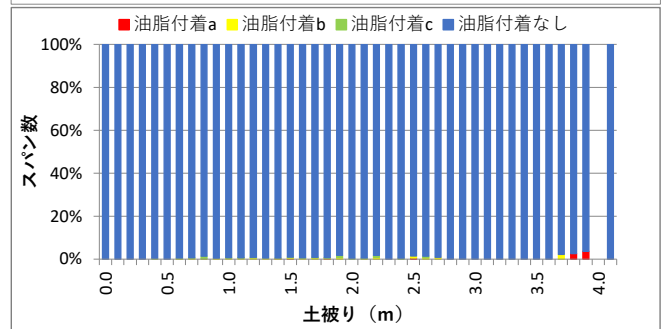
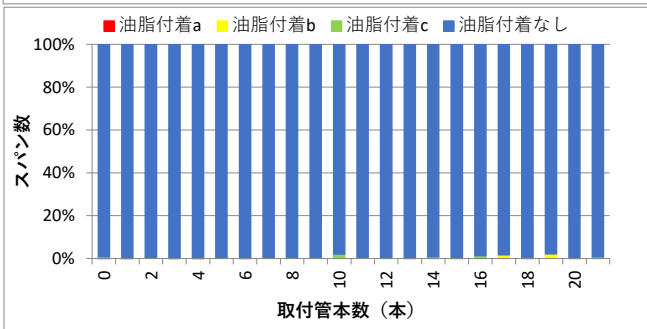
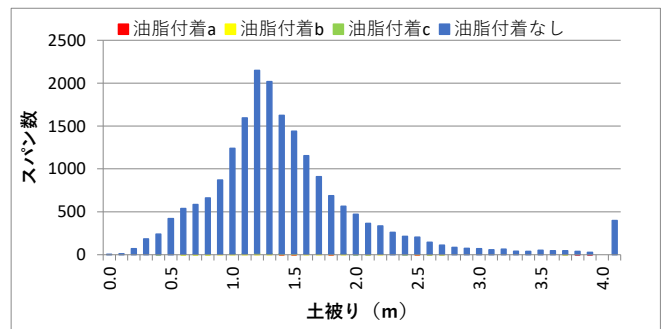
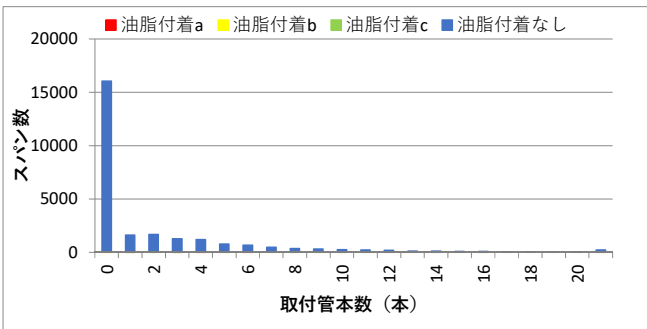
図 2-22 取付管突出の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

8) 油脂付着（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

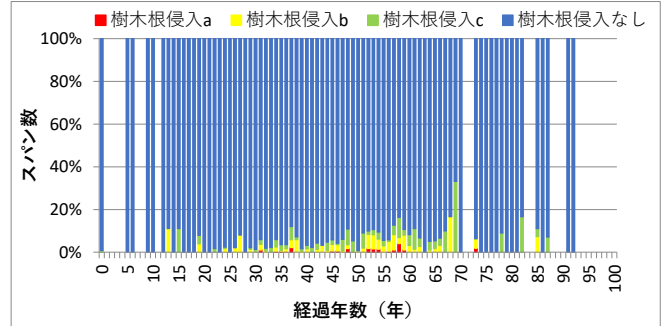
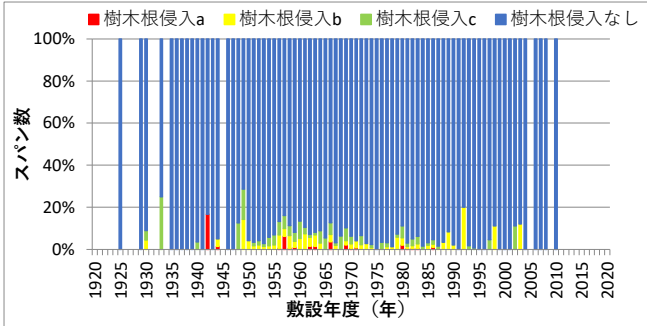
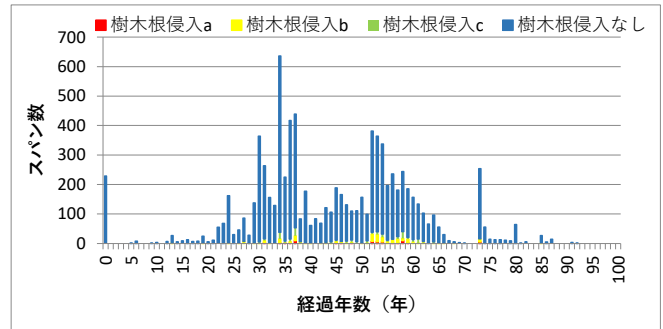
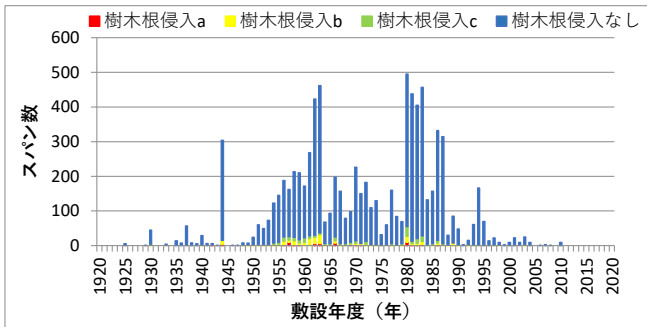


(c) 取付管本数

(d) 土被り

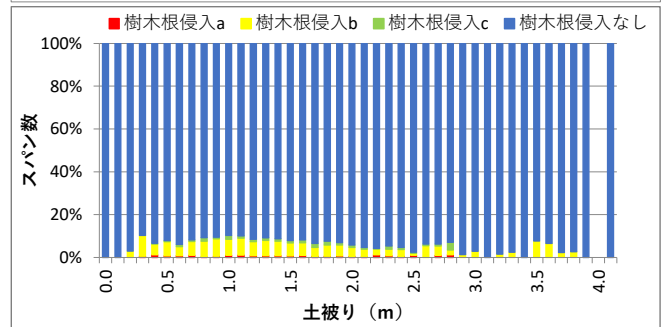
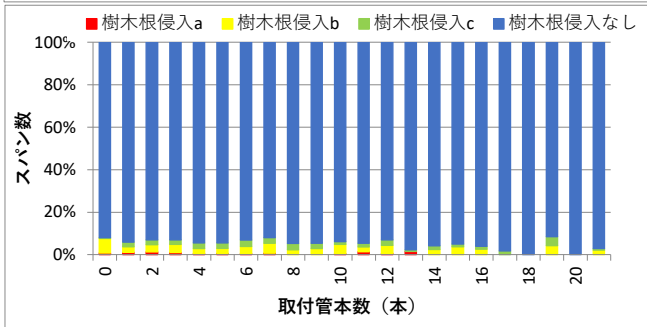
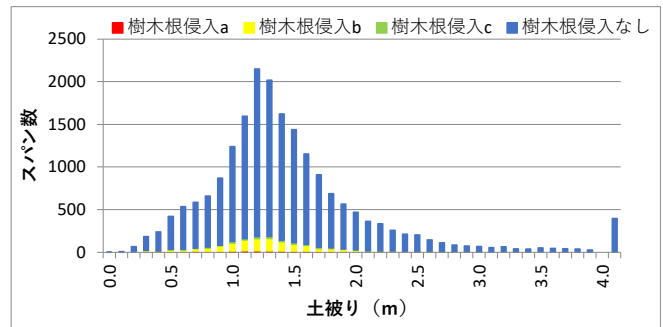
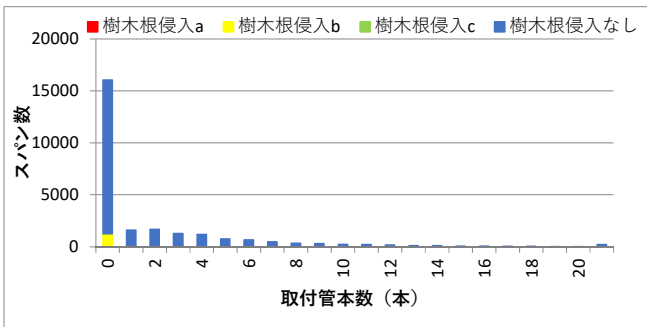
図 2-23 油脂付着の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

9) 樹木根浸入（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

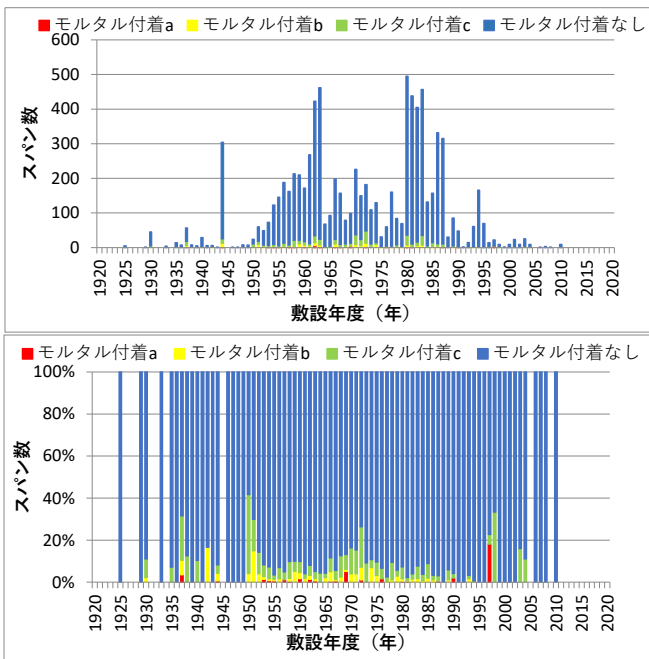


(c) 取付管本数

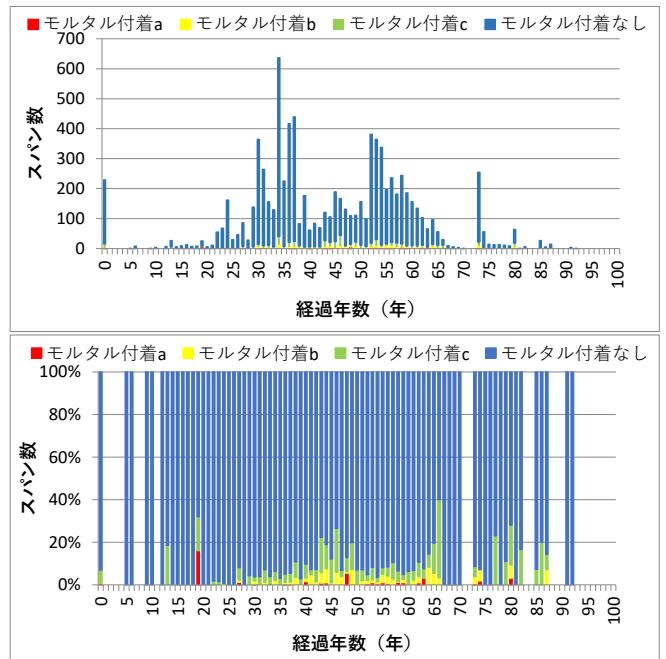
(d) 土被り

図 2-24 樹木根浸入の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

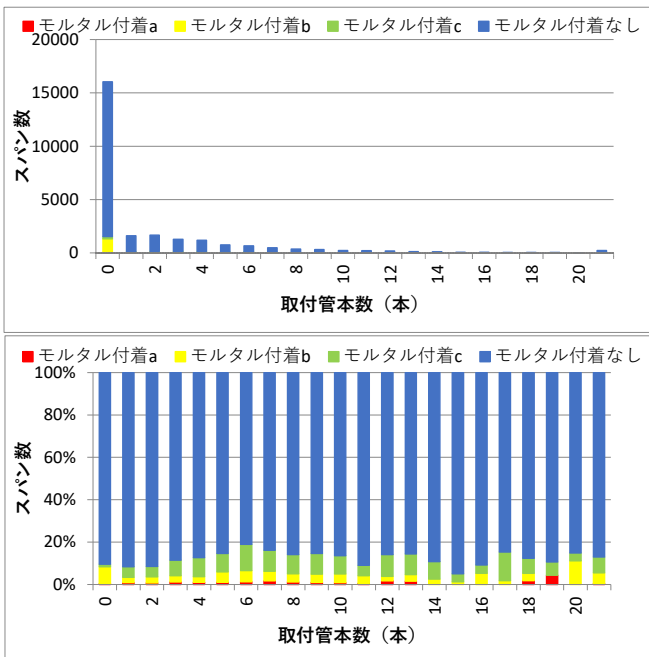
10) モルタル付着（鉄筋コンクリート管）



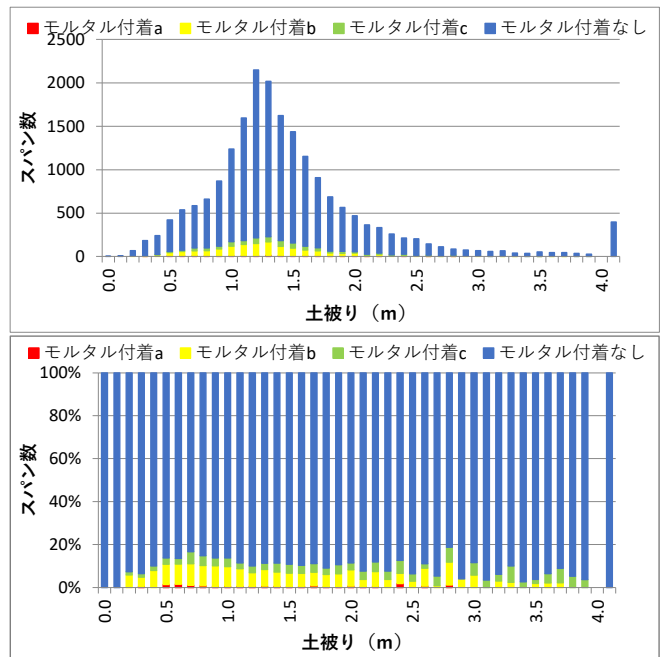
(a) 布設年度



(b) 経過年数



(c) 取付管本数



(d) 土被り

図 2-25 モルタル付着の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

2.3.2. 陶管の劣化傾向

(1) 部位別の異常の発生状況（陶管）

表 2-10 に、陶管の部位毎の異常の発生状況を示す。また、図 2-26 に異常項目の発生割合のグラフを示す。

異常項目の発生割合は、クラックが 26.9%（全て本管部）と最も高く、次いで破損が 17.4%（うち本管部 17.1%）、継手ズレが 15.8%（うち継手部 15.5%）である。

表 2-10 異常項目別の発生状況（陶管）

	箇所数				異常項目別割合			全体割合			
	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計
腐食											
上下のたるみ	3,465	15	5	3,485	99.4%	0.4%	0.1%	6.9%	0.0%	0.0%	7.0%
破損(軸方向クラック)	8,531	68	106	8,705	98.0%	0.8%	1.2%	17.1%	0.1%	0.2%	17.4%
円周方向クラック	13,434	27		13,461	99.8%	0.2%	0.0%	26.9%	0.1%	0.0%	26.9%
継手ズレ	66	7,734	121	7,921	0.8%	97.6%	1.5%	0.1%	15.5%	0.2%	15.8%
偏平・変形											
浸入水	2,247	3,232	143	5,622	40.0%	57.5%	2.5%	4.5%	6.5%	0.3%	11.2%
取付管突出	47		5,629	5,676	0.8%	0.0%	99.2%	0.1%	0.0%	11.3%	11.4%
油脂付着	22	3	4	29	75.9%	10.3%	13.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
樹木根侵入	338	3,178	109	3,625	9.3%	87.7%	3.0%	0.7%	6.4%	0.2%	7.3%
モルタル付着	1,120	310	42	1,472	76.1%	21.1%	2.9%	2.2%	0.6%	0.1%	2.9%
計	29,270	14,567	6,159	49,996				58.5%	29.1%	12.3%	100.0%

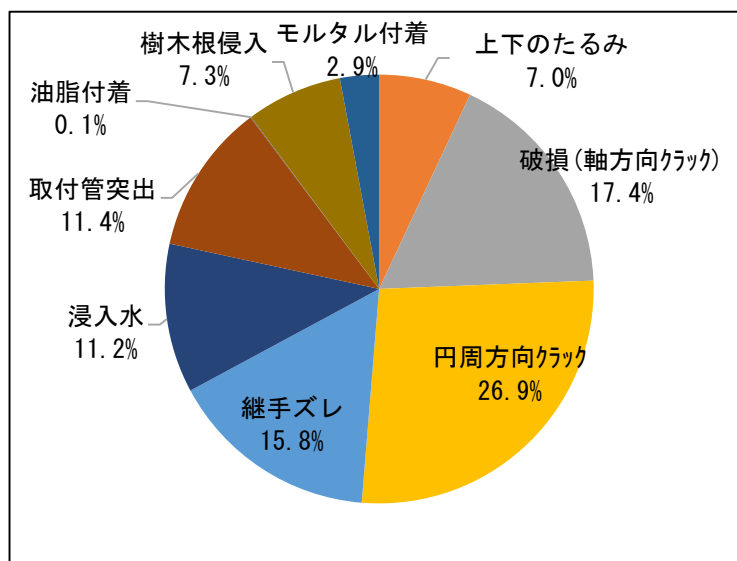


図 2-26 異常項目の発生割合（陶管）

(2) 異常の発生位置の傾向（陶管）

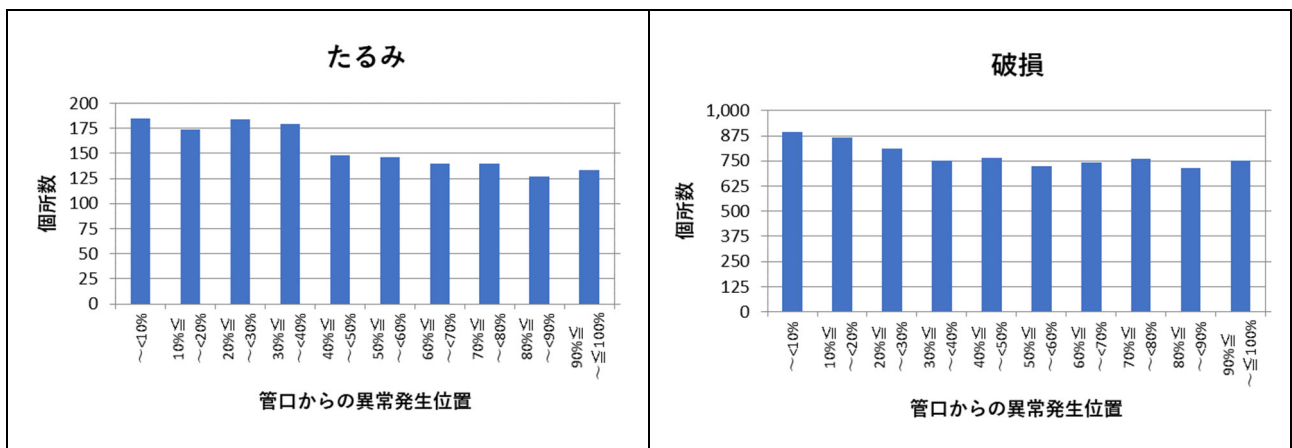
2.3.1.(2)と同様の方針で、陶管の異常発生位置を整理し、傾向を分析した。

陶管の発生位置別の異常の発生箇所数を表 2-11 に示す。また、図 2-27 に異常項目別に発生位置と箇所数をまとめたグラフを示す。

たるみ、破損、クラックは、管口周辺（管口から 10%未満）での発生割合がやや高い傾向がみられる。その他の異常については、発生位置に特徴的な傾向はみられない。陶管は衝撃に弱いため、管口付近に異常が発生しやすい鉄筋コンクリート管と異なり、スパン全体でまんべんなく異常が発生している傾向にあると考えられる。

表 2-11 発生位置別の異常の発生箇所数（陶管）

異常項目	異常発生位置									
	～<10%	10%≤ ～<20%	20%≤ ～<30%	30%≤ ～<40%	40%≤ ～<50%	50%≤ ～<60%	60%≤ ～<70%	70%≤ ～<80%	80%≤ ～<90%	90%≤ ～≤100%
腐食	2	3	1	0	0	0	2	1	0	1
たるみ	185	174	184	179	148	146	140	140	127	133
破損	894	865	813	751	766	725	744	763	714	750
クラック	1,546	1,580	1,343	1,284	1,189	1,188	1,186	1,143	1,185	1,177
継手ズレ	537	821	786	814	728	762	770	789	739	767
変形	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
浸入水	363	513	494	511	514	512	527	537	512	522
取付管突き出し	163	278	278	258	256	245	247	226	265	241
油脂付着	2	0	1	2	3	1	5	2	0	1
樹木根侵入	203	327	339	343	375	347	384	372	332	355
モルタル付着	131	118	96	104	119	108	93	78	99	106
クラック+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
クラック+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+破損	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浸入水+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
油脂付着+モルタル付着	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



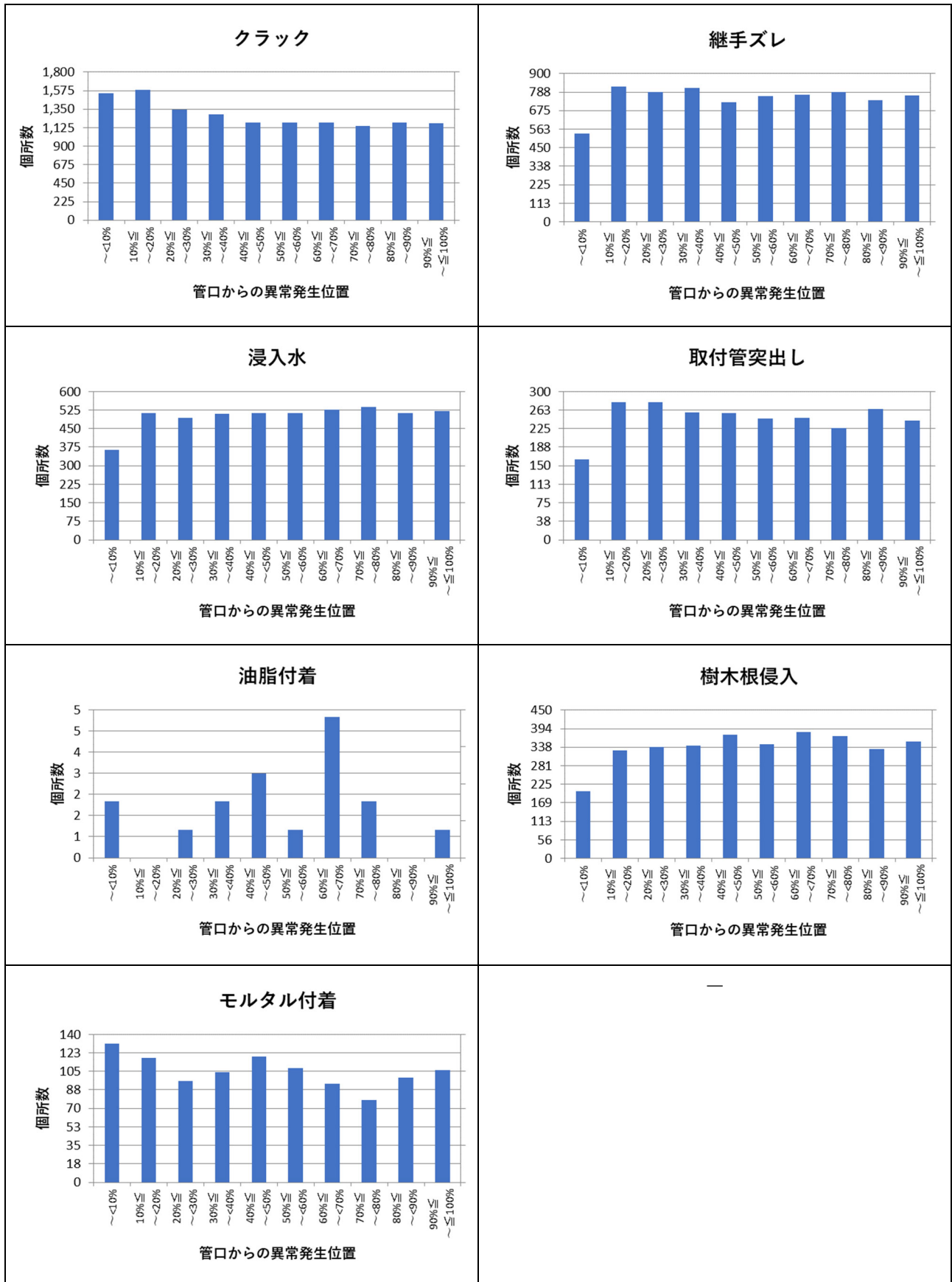


図 2-27 異常項目別の発生位置と箇所数 (陶管)

(3) 異常発生と管渠条件の関係の定性的把握（陶管）

2.3.1.(3)と同様の方針で、陶管に発生する代表的な9種の異常項目（たるみ、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着）と4種の管渠条件（布設年度、経過年数、取付管本数、土被り）の関係を示すグラフを作成し（図2-28～図2-36）、異常発生と管渠条件の関係を以下のとおり定性的に把握した。

破損とクラックについて、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど破損やクラックが発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された（図2-29(a)(b)および図2-30(a)(b)）。この傾向の要因としては、経過年数が増加するほど、車両通行による輪加重や衝撃荷重を受ける回数が増えること等が想定される。また、この傾向は、2.2.3.3において、陶管は時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで異常が発生していることが示唆されたこととも一定の整合がみられる。また、鉄筋コンクリート管の破損と経過年数のグラフ（図2-18(b)）およびクラックと経過年数のグラフ（図2-19(b)）と比較すると、陶管の方が比較的小さい経過年数で破損やクラックが発生している割合が高い。これは、2.2.3.3において、陶管と鉄筋コンクリート管の健全率予測式の比較において、陶管の方が若干劣化の進行が早い可能性が示唆されたこととも一定の整合がみられる。

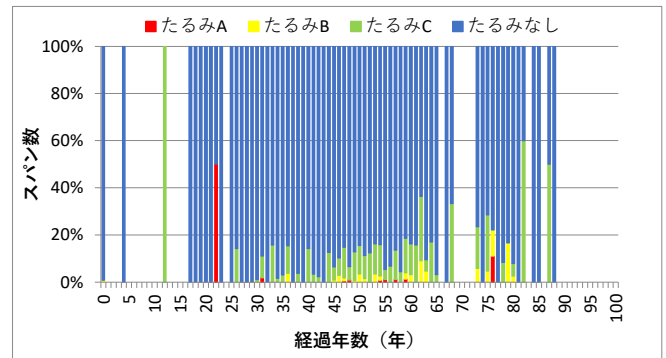
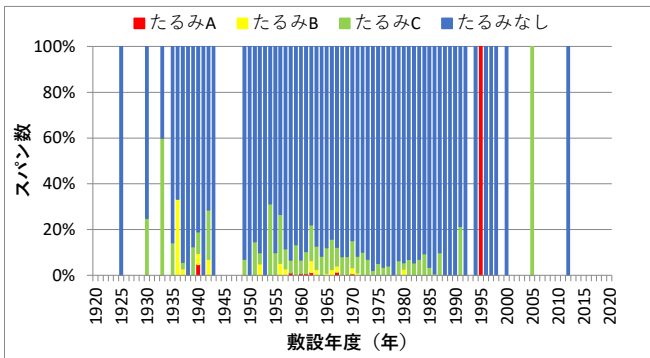
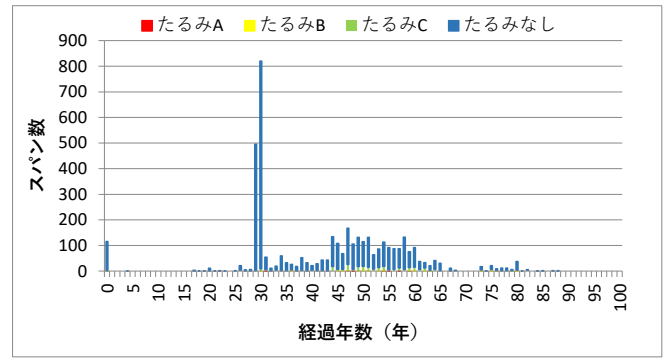
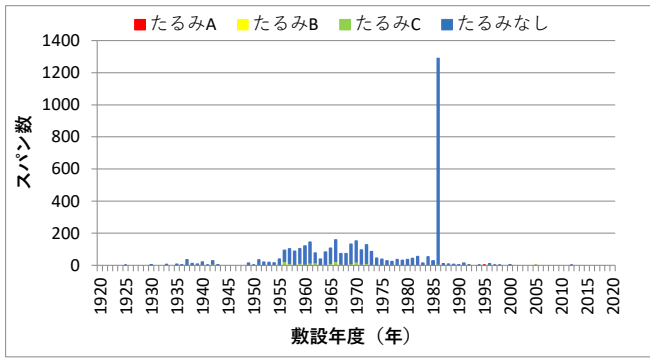
また、図2-29(a)および図2-30(a)において、1970年頃から、破損とクラックの発生割合が減少傾向にあるのは、陶管の製造方法や仕様の影響も考えられる。陶管は、1970年以降に製造方法や仕様が大きく見直され、強度の段階的な向上（φ150:1,667kgf/m → 2,860kgf/m）、有効長の延伸化（660mm → 1,000mm）、受け口の成形方法の改良（手仕上げ → 自動化）、止水性能の向上（モルタル → 圧縮ジョイント）等技術的進歩があった⁵⁾。

浸入水について、土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された（図2-32(d)）。これは土被りが深いほど、地下水位より低い位置に管渠が設置される可能性が高まるためと想定される。

取付管突出しについて、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど、取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された（図2-33(a)(b)）。これは、布設された時期には本管と取付管を接合する支管が無かったことによる接合部の不良によるものであり、経年的な劣化ではないと想定される。下水道の支管を含むJSWASK-1下水道用硬質塩化ビニル管が制定されたのは1974年6月であり、1975年以前に布設された管において取付管の突出が多いこととも整合する。

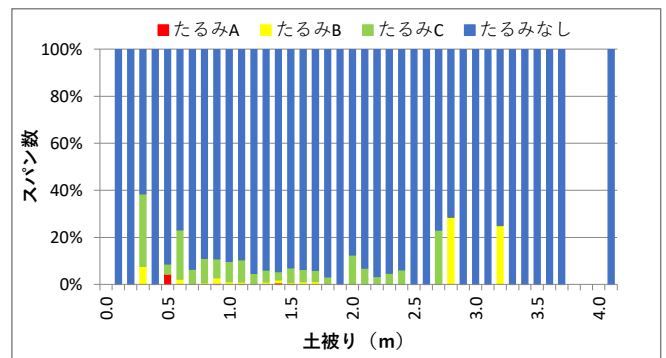
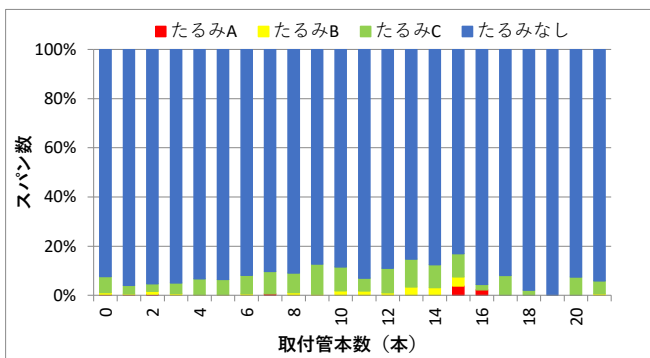
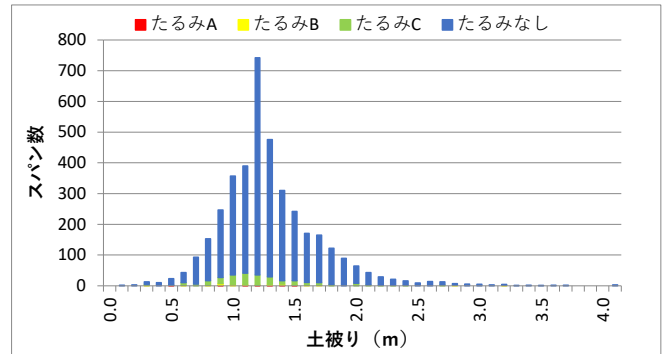
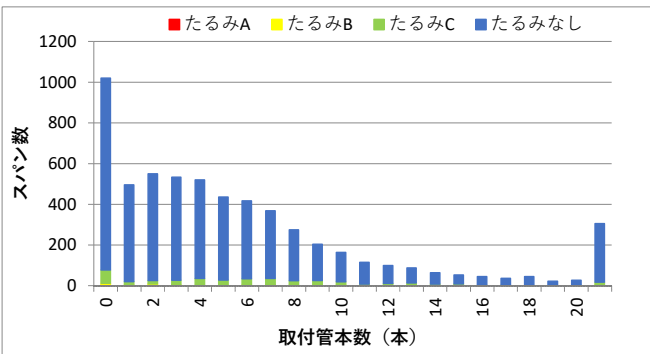
他の異常（たるみ、継手ズレ、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着）については、布設年度、経過年数などとの関連性はグラフを観察する限りでは確認されなかった。これらの異常は、布設箇所の地盤強度、油排出事業者の有無、街路樹の有無など、ここで取り上げた管渠条件（布設年度、経過年数、取付管本数、土被り）以外の条件に影響を受けている可能性がある。

1) たるみ (陶管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

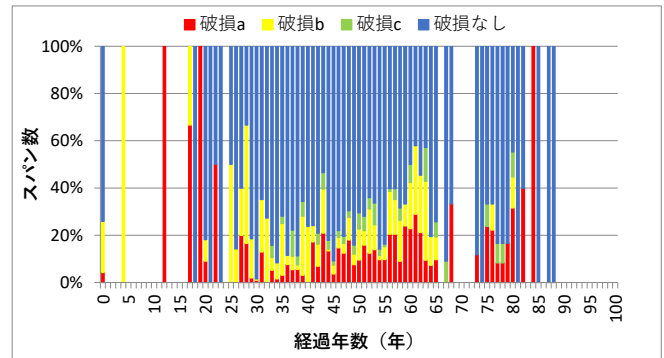
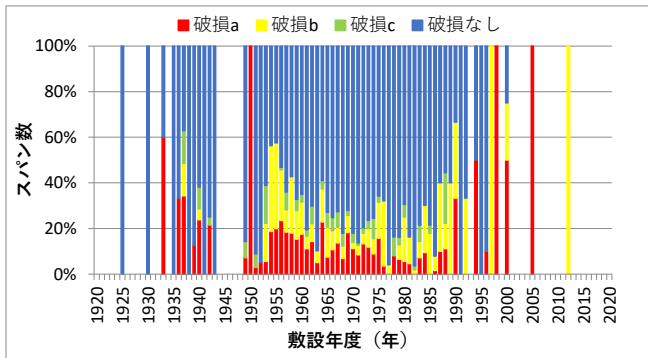
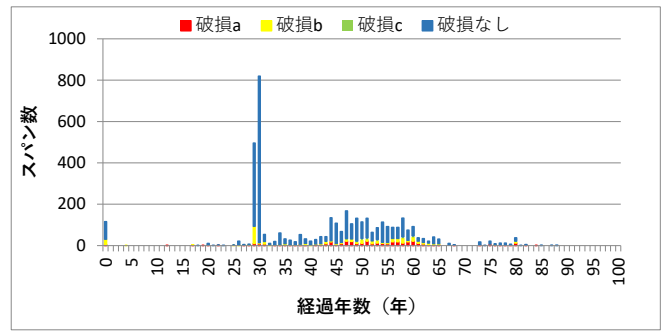
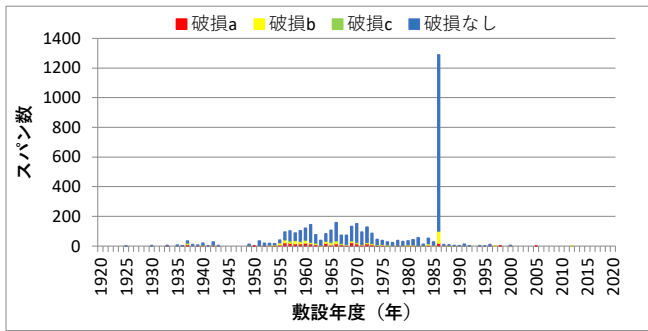


(c) 取付管本数

(d) 土被り

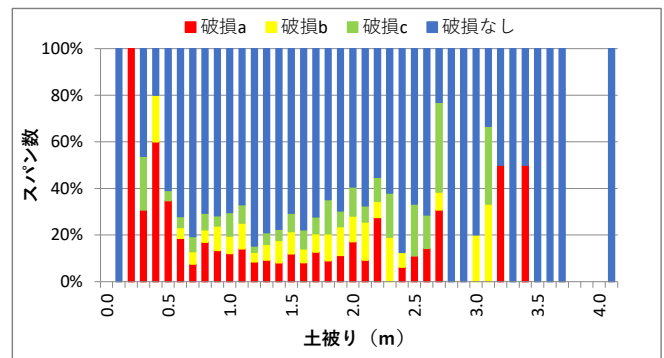
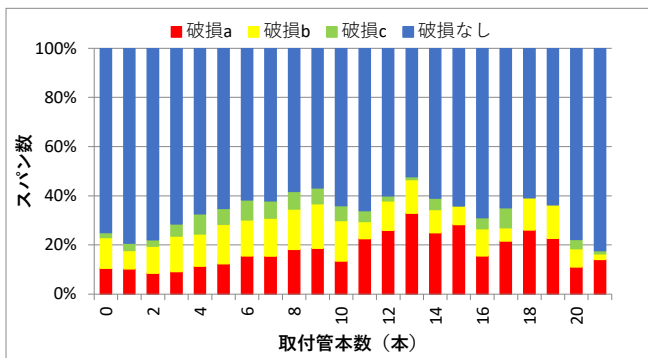
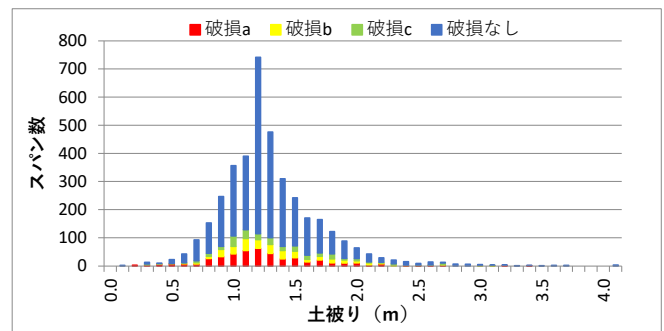
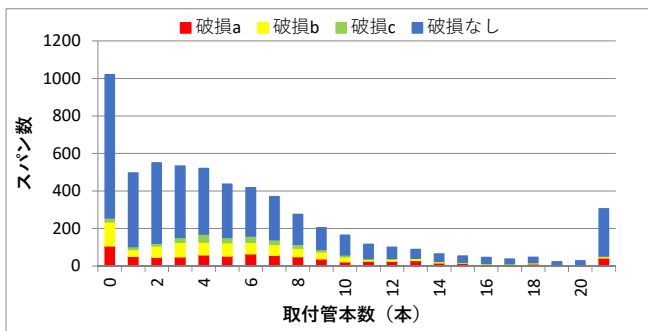
図 2-28 たるみの発生と各管渠条件の関係 (陶管)

2) 破損（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

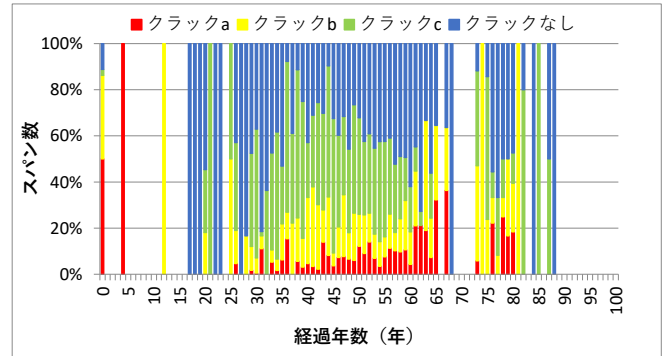
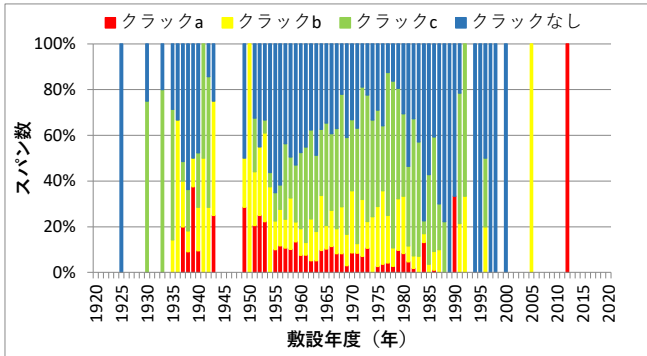
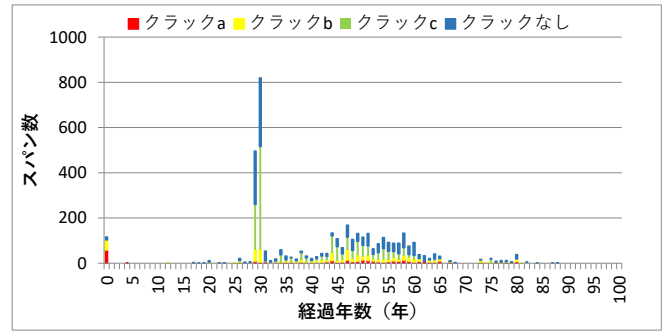
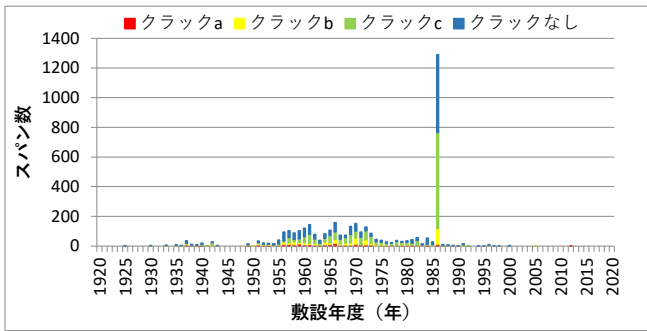


(c) 取付管本数

(d) 土被り

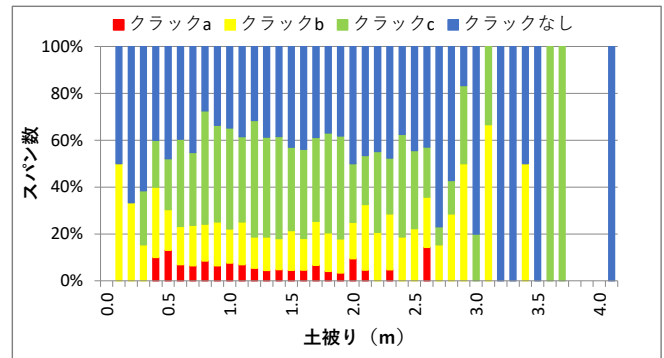
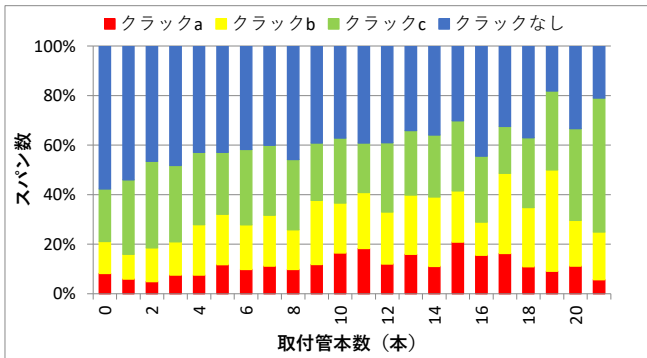
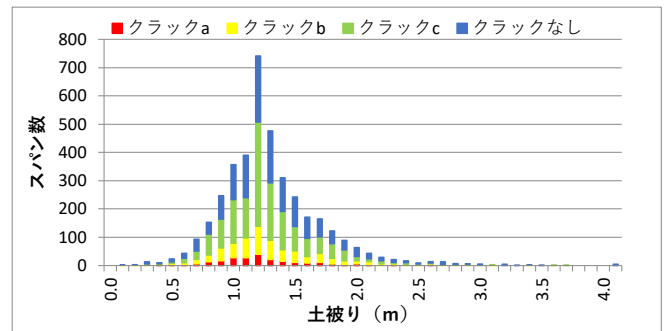
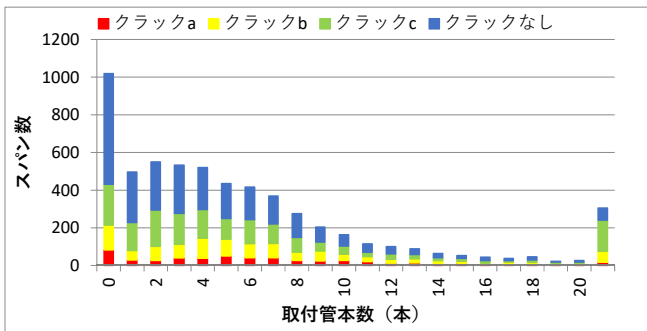
図 2-29 破損の発生と各管渠条件の関係（陶管）

3) クラック (陶管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

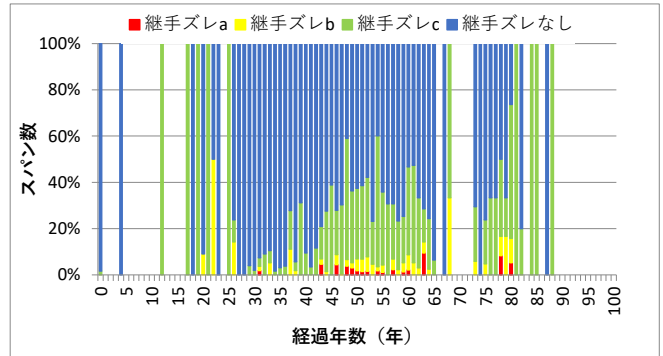
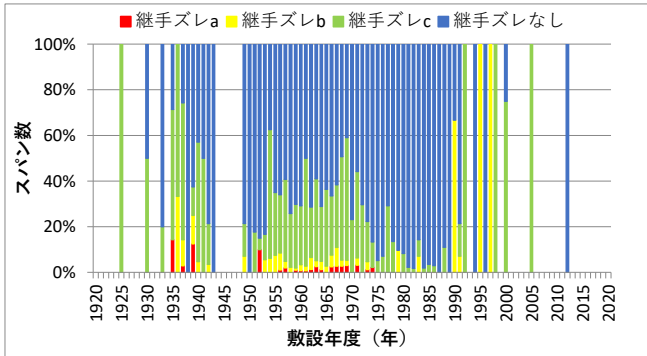
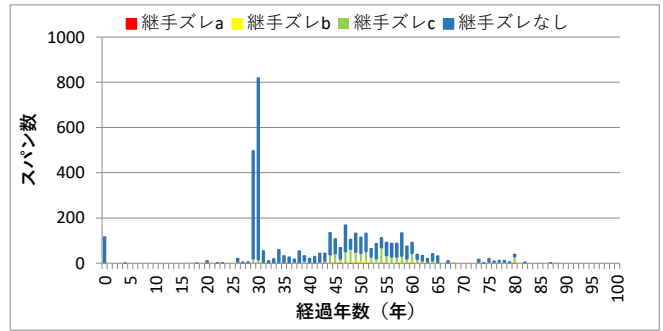
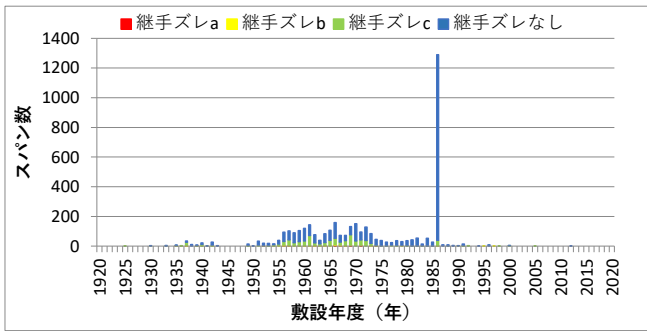


(c) 取付管本数

(d) 土被り

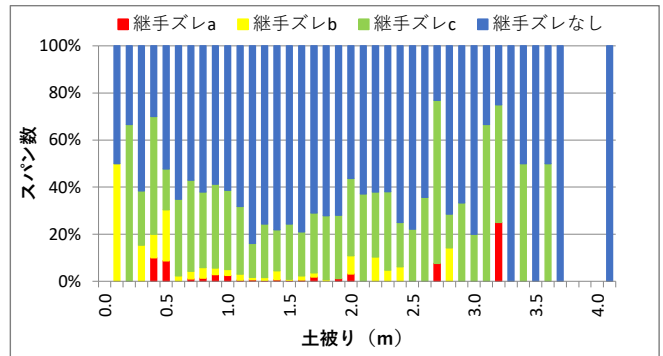
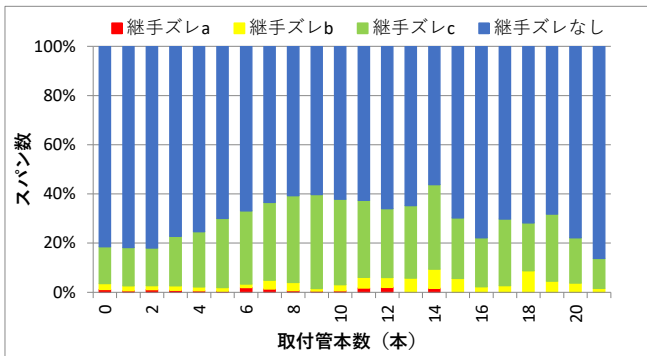
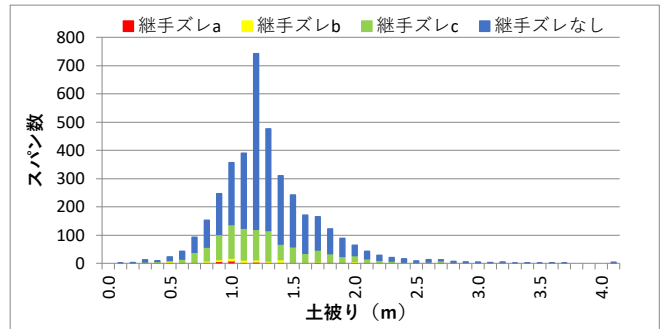
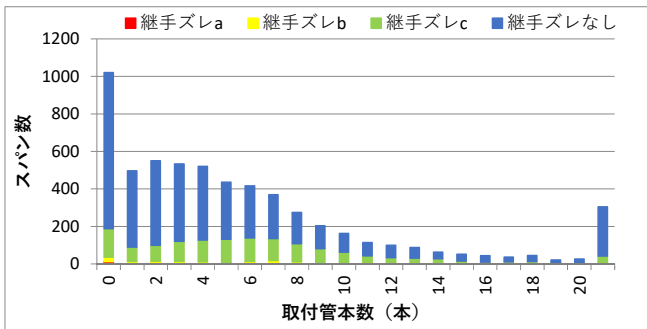
図 2-30 クラックの発生と各管渠条件の関係 (陶管)

4) 継手ズレ (陶管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

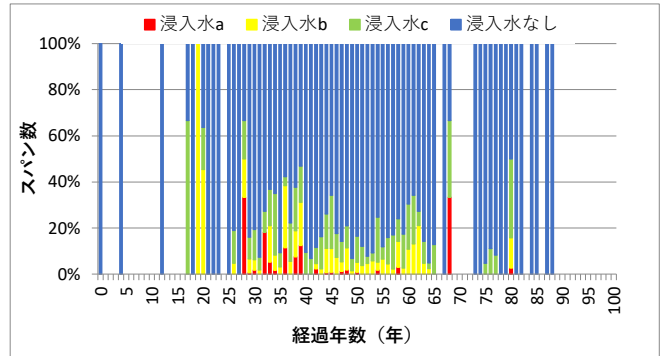
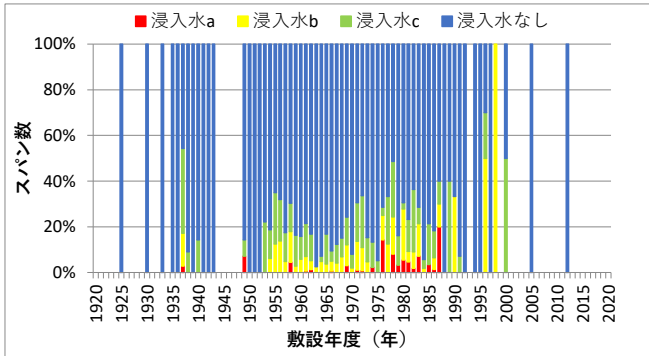
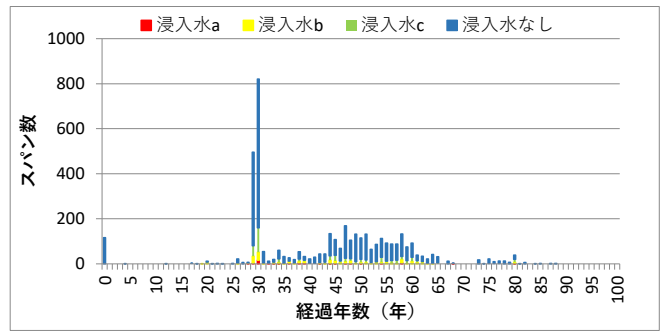
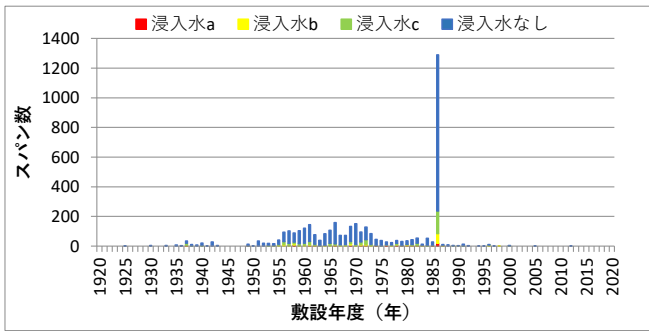


(c) 取付管本数

(d) 土被り

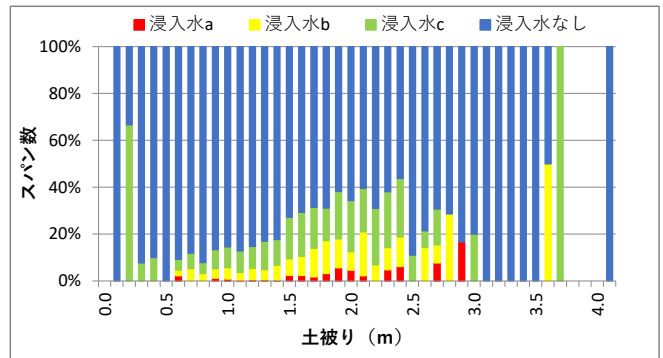
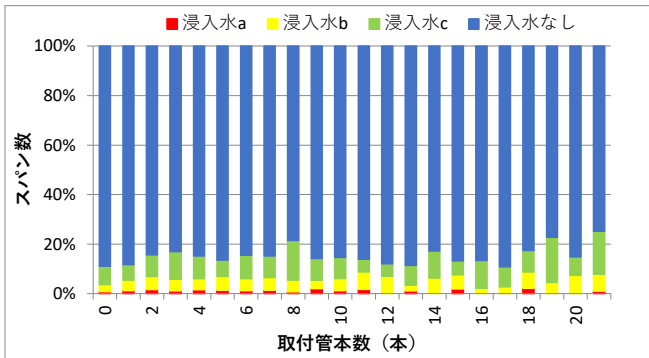
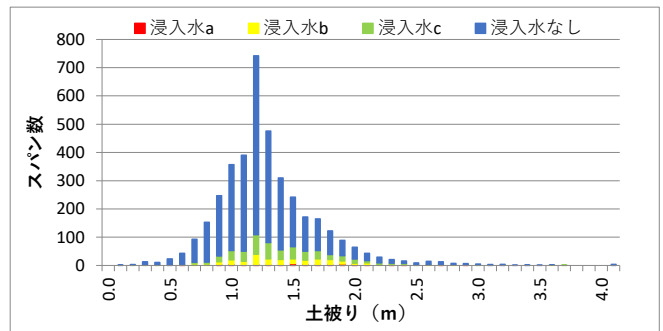
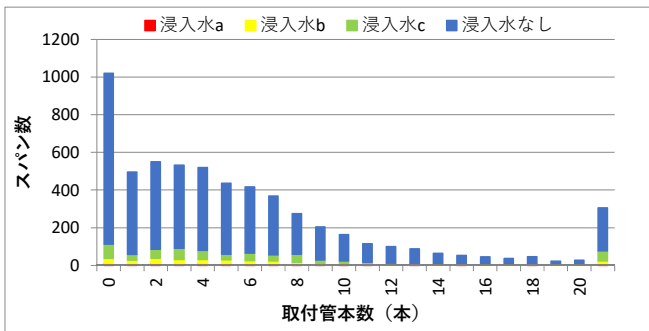
図 2-31 継手ズレの発生と各管渠条件の関係 (陶管)

5) 浸入水（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

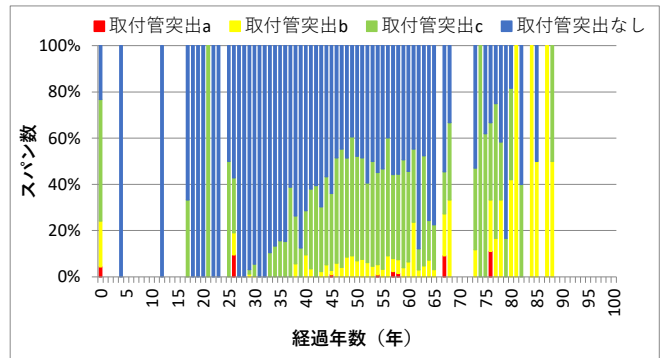
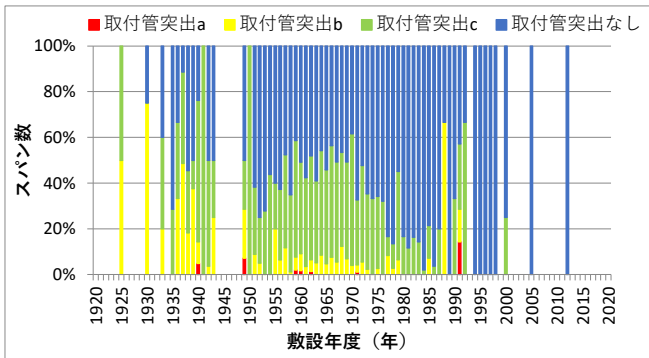
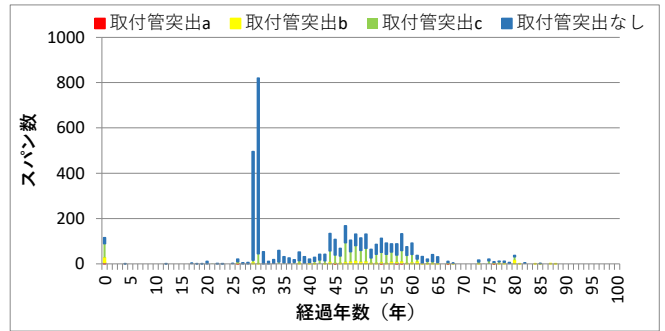
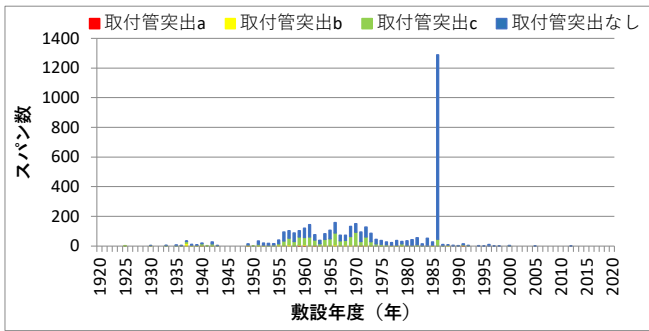


(c) 取付管本数

(d) 土被り

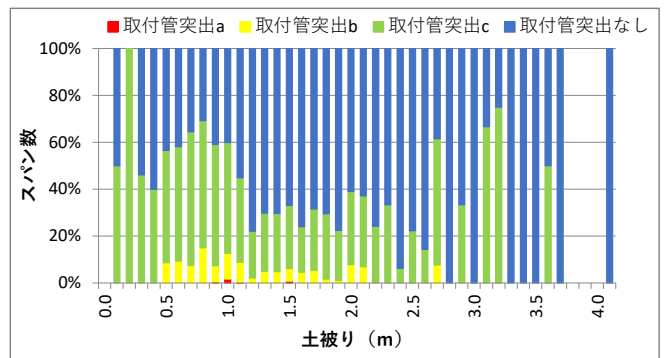
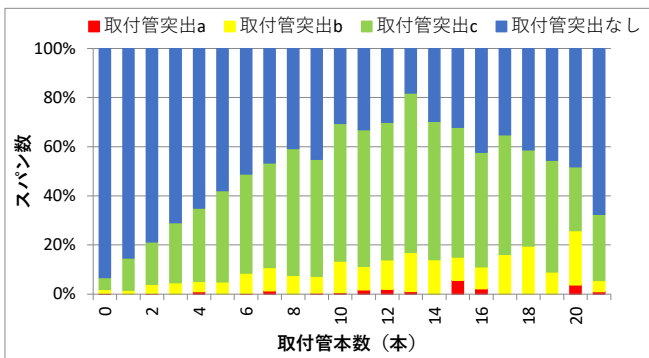
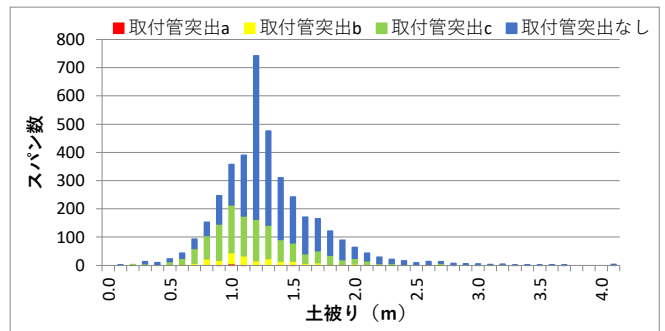
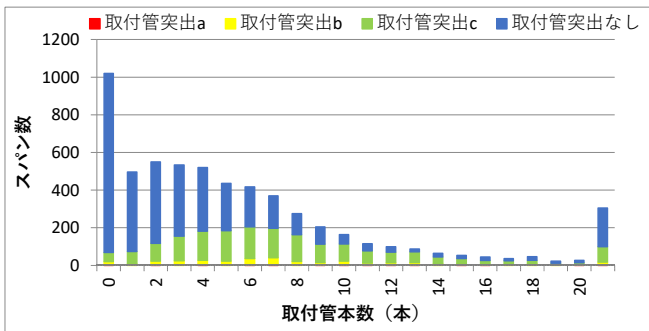
図 2-32 浸入水の発生と各管渠条件の関係（陶管）

6) 取付管突出（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

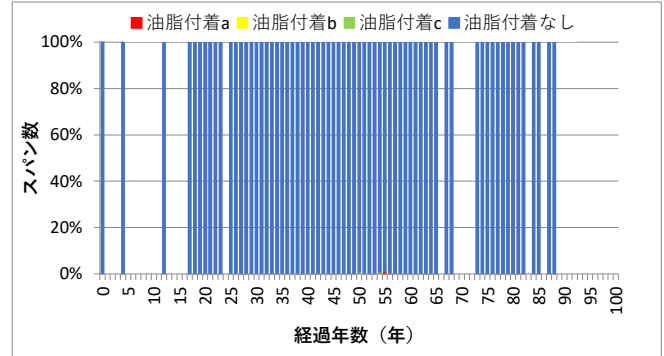
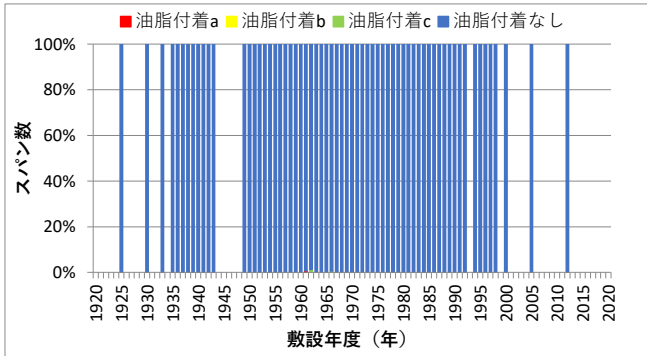
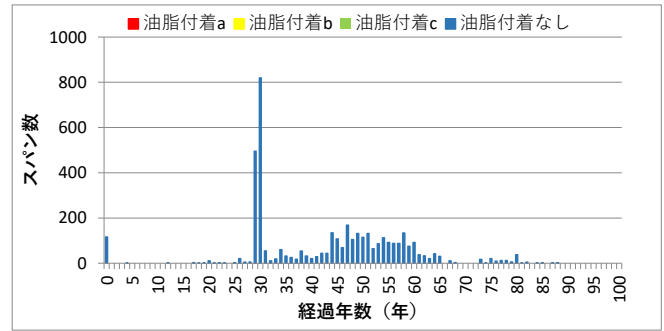
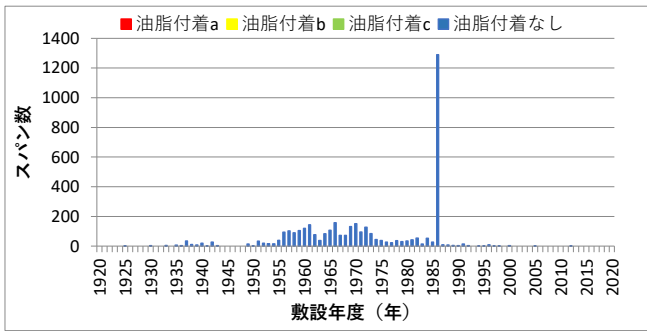


(c) 取付管本数

(d) 土被り

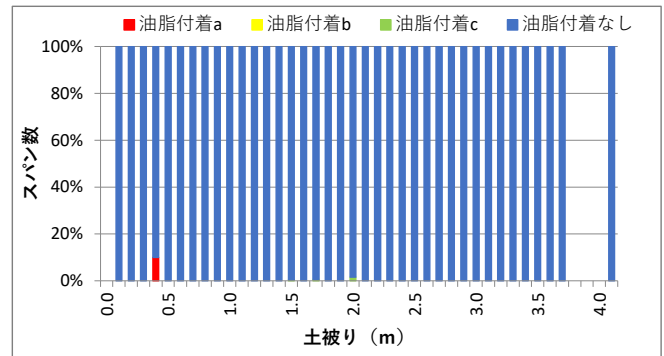
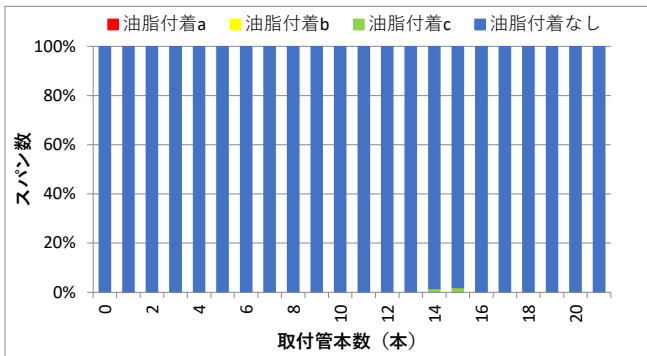
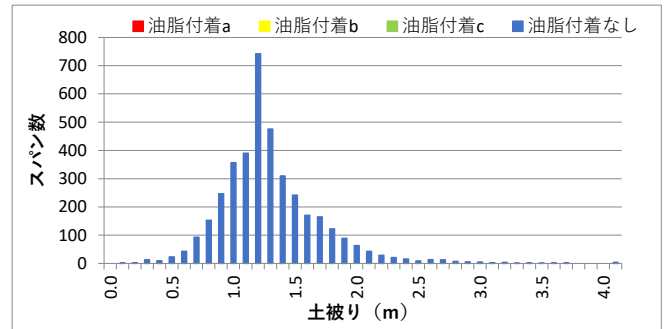
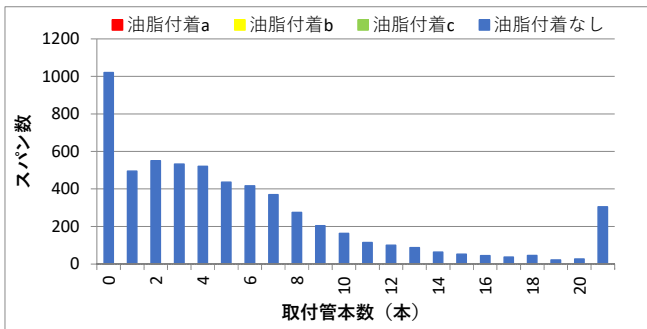
図 2-33 取付管突出の発生と各管渠条件の関係（陶管）

7) 油脂付着（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

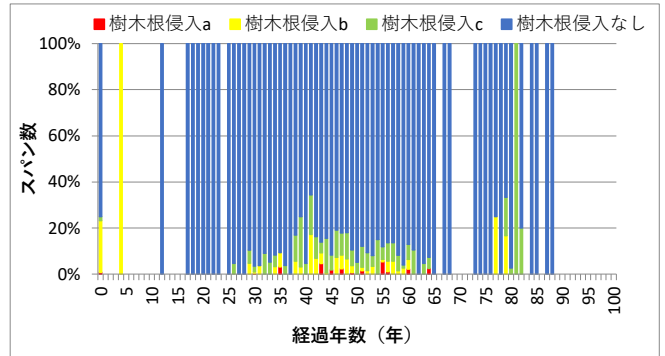
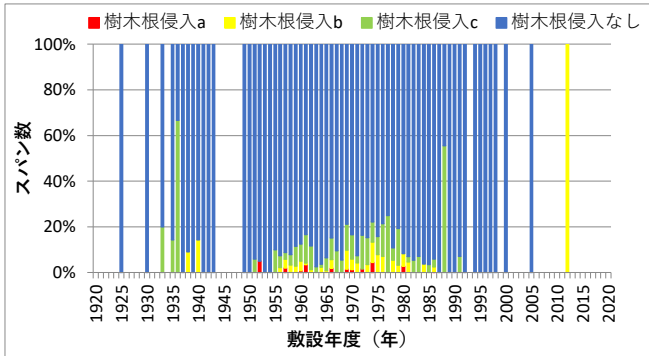
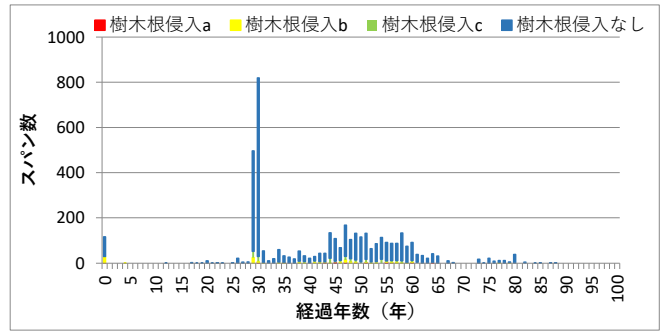
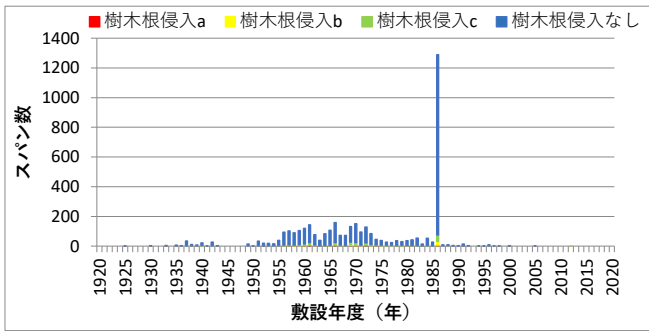


(c) 取付管本数

(d) 土被り

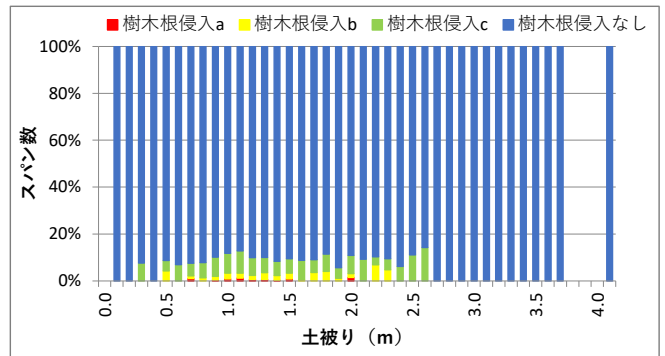
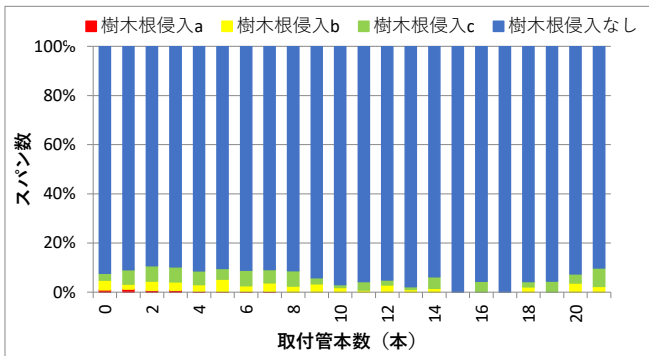
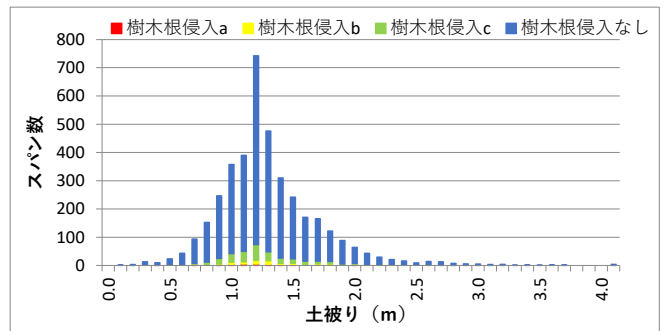
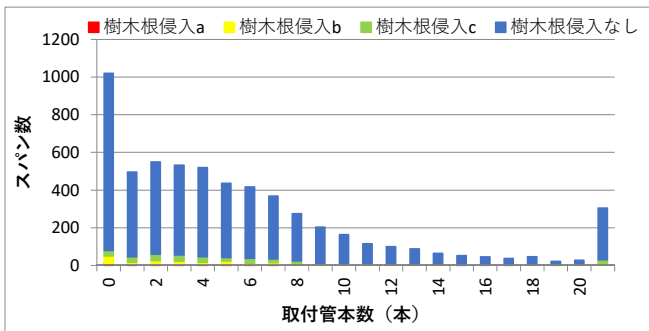
図 2-34 油脂付着の発生と各管渠条件の関係（陶管）

8) 樹木根浸入（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

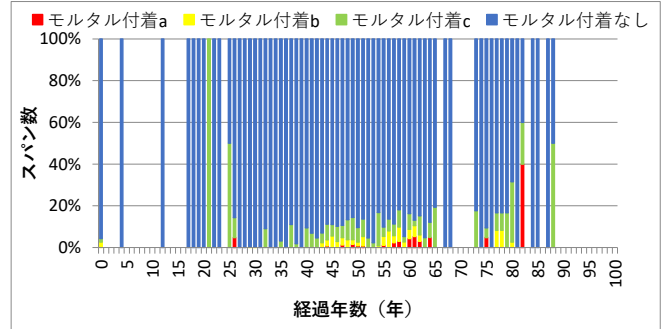
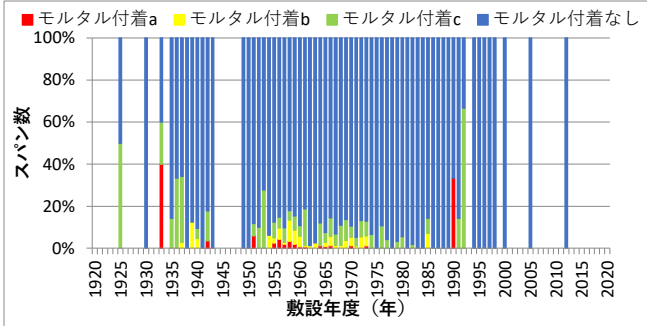
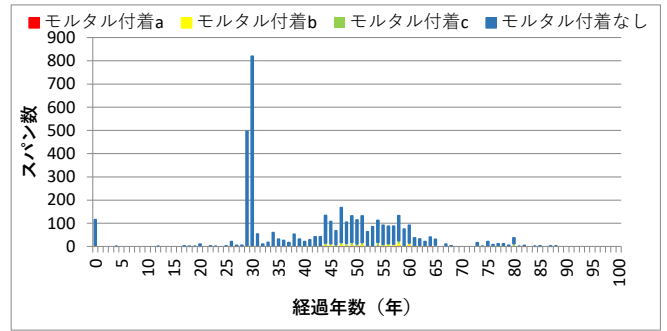
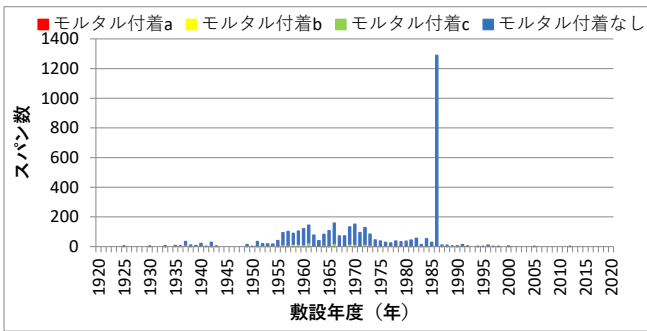


(c) 取付管本数

(d) 土被り

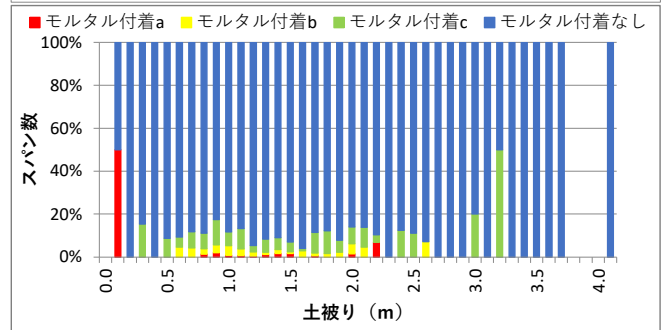
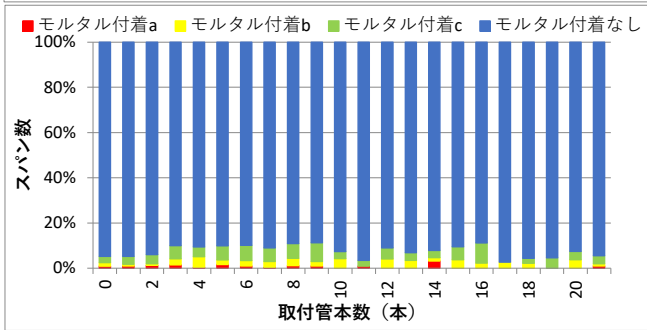
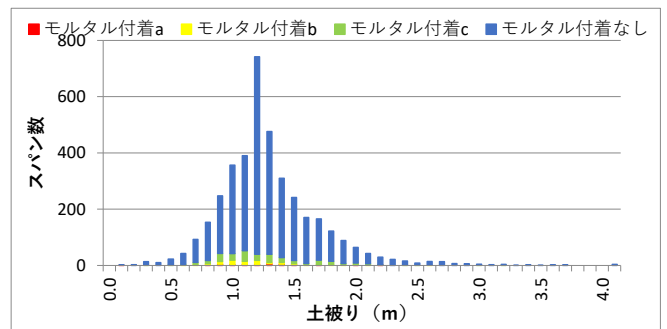
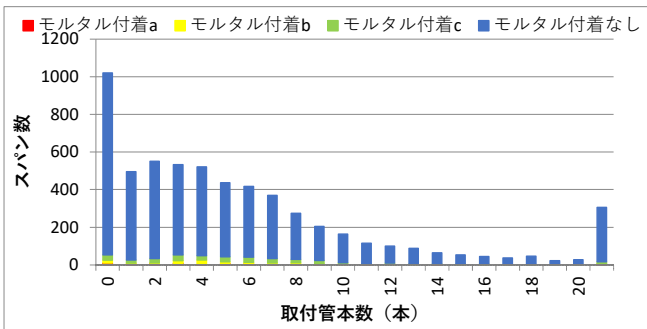
図 2-35 樹木根浸入の発生と各管渠条件の関係（陶管）

9) モルタル付着（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数



(c) 取付管本数

(d) 土被り

図 2-36 モルタル付着の発生と各管渠条件の関係（陶管）

2.3.3. 塩化ビニル管の劣化傾向

(1) 部位別の異常の発生状況（塩化ビニル管）

表 2-12 に、陶管の部位毎の異常の発生状況を示す。また、図 2-37 に異常項目の発生割合のグラフを示す。

異常項目の発生割合は、浸入水が 31.6%（うち継手部が 19.6%、取付管が 8.8%、本管部が 3.2%）と最も高く、次いで上下のたるみが 30.0%（うち本管部 29.8%）、継手ズレが 11.8%（うち継手部 11.5%）である。

表 2-12 異常項目別の発生状況（塩化ビニル管）

	箇所数				異常項目別割合			全体割合			
	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計
腐食											
上下のたるみ	763	4		767	99.5%	0.5%	0.0%	29.8%	0.2%	0.0%	30.0%
破損(軸方向クラック)	185	33	12	230	80.4%	14.3%	5.2%	7.2%	1.3%	0.5%	9.0%
円周方向クラック	72	1		73	98.6%	1.4%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	2.9%
継手ズレ	4	293	5	302	1.3%	97.0%	1.7%	0.2%	11.5%	0.2%	11.8%
偏平・変形	26	2		28				1.0%	0.1%	0.0%	1.1%
浸入水	82	501	225	808	10.1%	62.0%	27.8%	3.2%	19.6%	8.8%	31.6%
取付管突出	1		112	113	0.9%	0.0%	99.1%	0.0%	0.0%	4.4%	4.4%
油脂付着	17			17	100.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.7%
樹木根侵入	15	90	21	126	11.9%	71.4%	16.7%	0.6%	3.5%	0.8%	4.9%
モルタル付着	69	4	21	94	73.4%	4.3%	22.3%	2.7%	0.2%	0.8%	3.7%
計	1,234	928	396	2,558				48.2%	36.3%	15.5%	100.0%

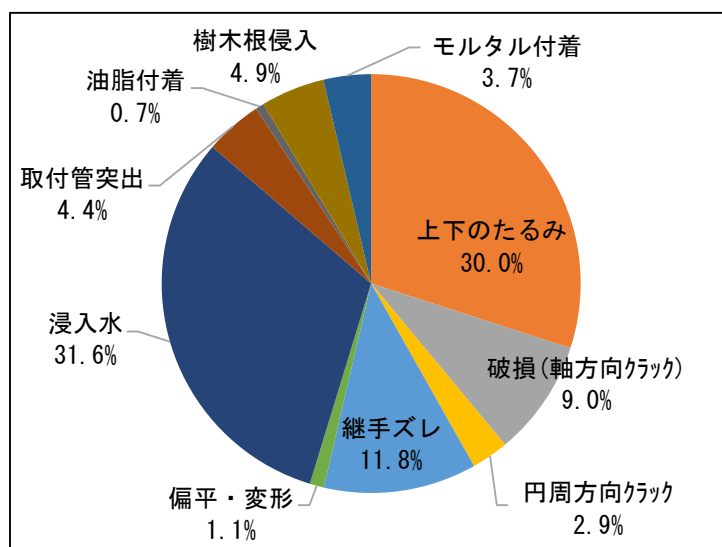


図 2-37 異常項目の発生割合（塩化ビニル管）

(2) 異常の発生位置の傾向（塩化ビニル管）

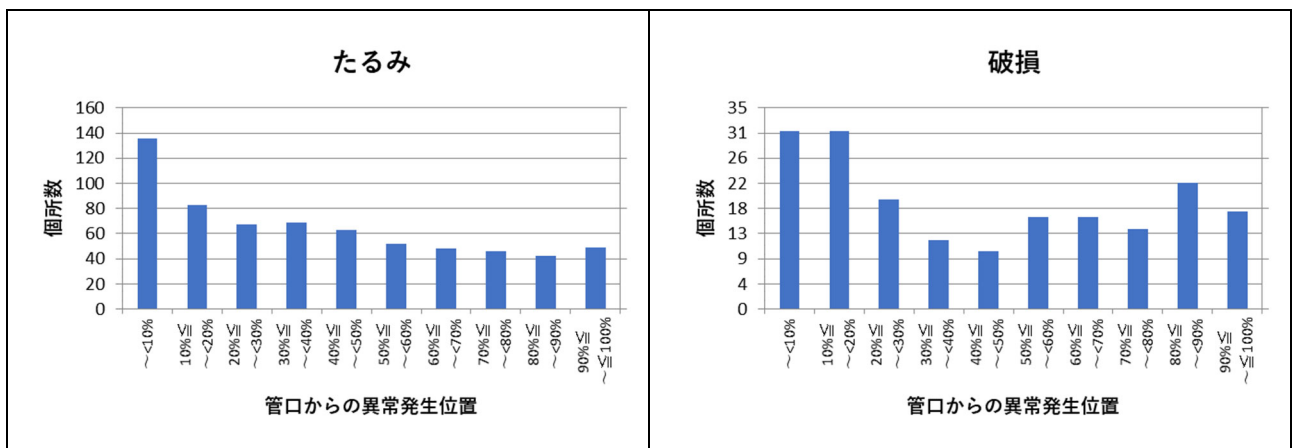
2.3.1.(2)と同様の方針で、塩化ビニル管の異常発生位置を整理し、傾向を分析した。

塩化ビニル管の発生位置別の異常の発生箇所数を表 2-13 に示す。また、図 2-38 に、異常項目別に発生位置と箇所数をまとめたグラフを示す。

たるみ、破損、浸入水、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着に関して管口周辺（管口から 10%未満）での発生割合が高くなっている。その他の異常については、発生位置に特徴的な傾向はみられない。塩化ビニル管については、現時点で異常に関するデータ数が少ないため、さらなるデータの収集・蓄積が必要である。

表 2-13 発生位置別の異常の発生箇所数（塩化ビニル管）

異常項目	異常発生位置									
	～<10%	10%≤ ～<20%	20%≤ ～<30%	30%≤ ～<40%	40%≤ ～<50%	50%≤ ～<60%	60%≤ ～<70%	70%≤ ～<80%	80%≤ ～<90%	90%≤ ～≤100%
腐食	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
たるみ	136	83	67	69	63	52	48	46	42	49
破損	31	31	19	12	10	16	16	14	22	17
クラック	6	8	3	9	6	8	5	3	8	7
継手ズレ	22	21	31	37	36	34	25	32	28	25
変形	3	3	1	1	4	2	6	1	2	5
浸入水	328	55	31	28	29	24	35	35	36	41
取付管突き出し	7	3	5	9	4	9	8	12	9	2
油脂付着	4	0	1	1	1	0	0	0	1	1
樹木根浸入	32	8	4	1	5	10	7	11	11	7
モルタル付着	18	10	12	3	6	5	6	5	4	6
クラック+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
クラック+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浸入水+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
油脂付着+モルタル付着	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



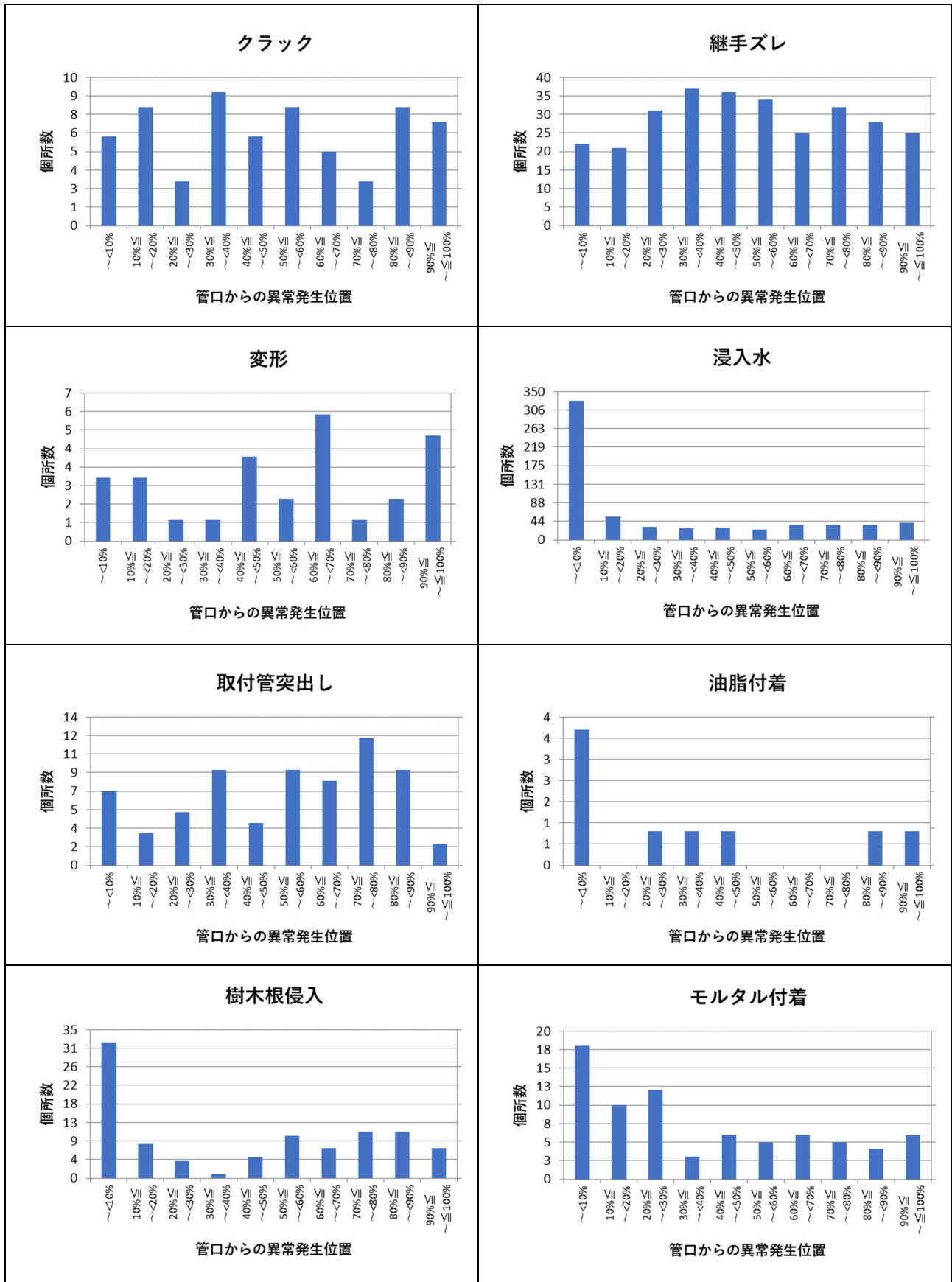
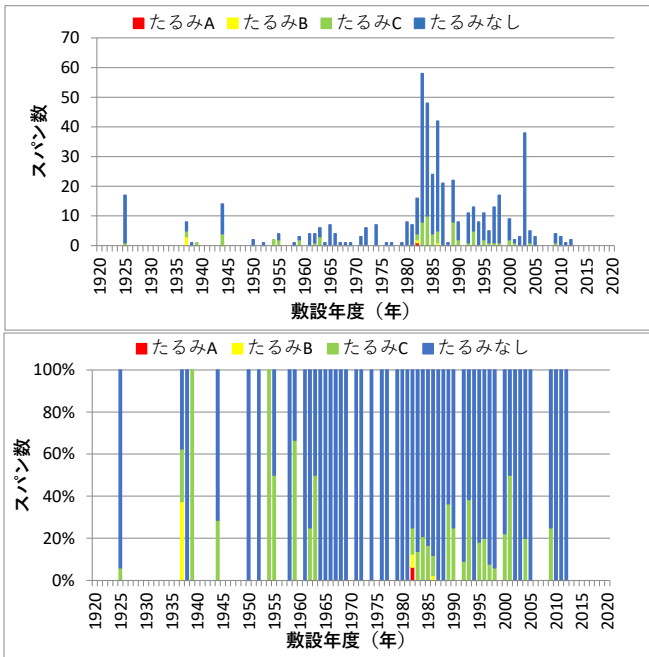


図 2-38 異常項目別の発生位置と箇所数（塩化ビニル管）

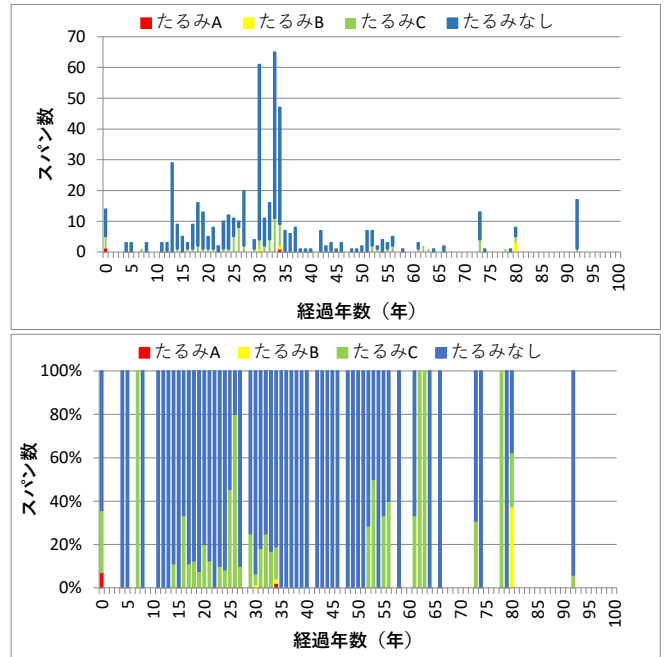
(3) 異常発生と管渠条件の関係の定性的把握（塩化ビニル管）

2.3.1.(3)と同様の方針で、塩化ビニル管に発生する代表的な11種の異常項目（たるみ、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着、偏平、変形）と4種の管渠条件（布設年度、経過年数、取付管本数、土被り）の関係を示すグラフを作成し（図 2-39～図 2-49）、異常発生と管渠条件の関係を確認したが、データ数が少ないこともあり、グラフを観察する限りでは特徴的な傾向は確認されなかった。さらなるデータの収集・蓄積が必要であるとともに、他の管渠条件（管径、路線延長、スパン内の管本数、道路種別、歩車道区分等）と塩化ビニル管の劣化の関係性を確認することも必要と考えられる。

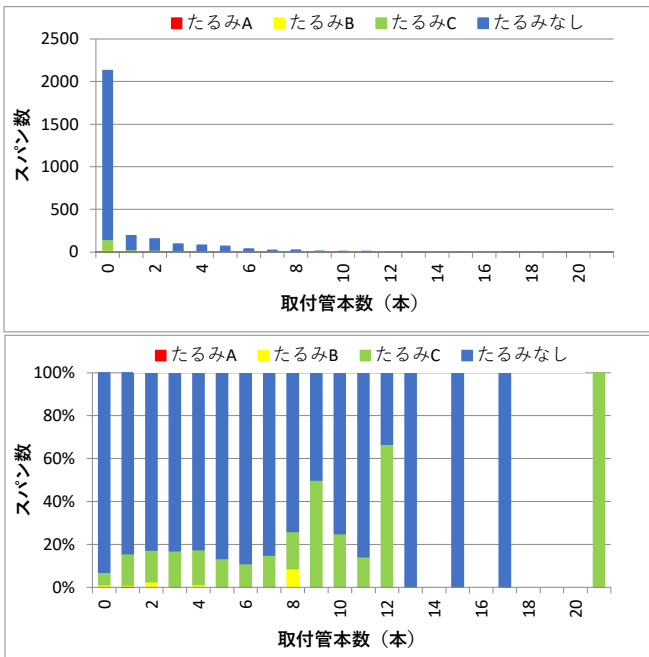
1) たるみ (塩化ビニル管)



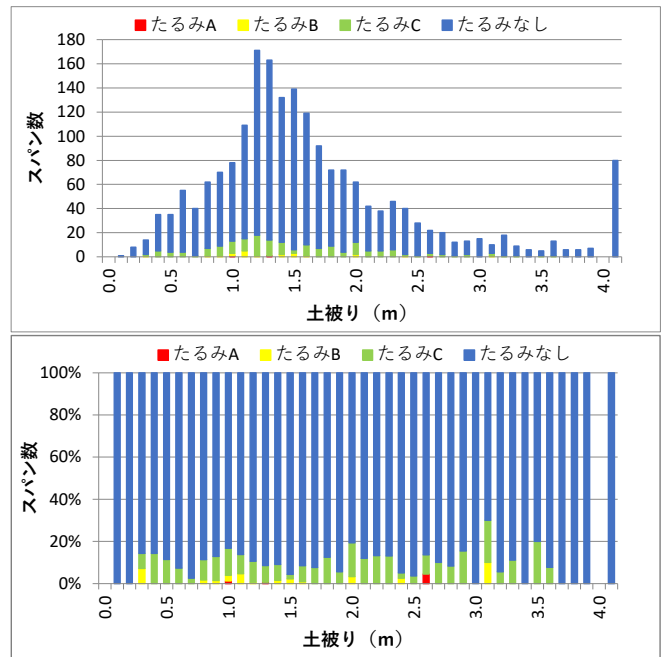
(a) 布設年度



(b) 経過年数



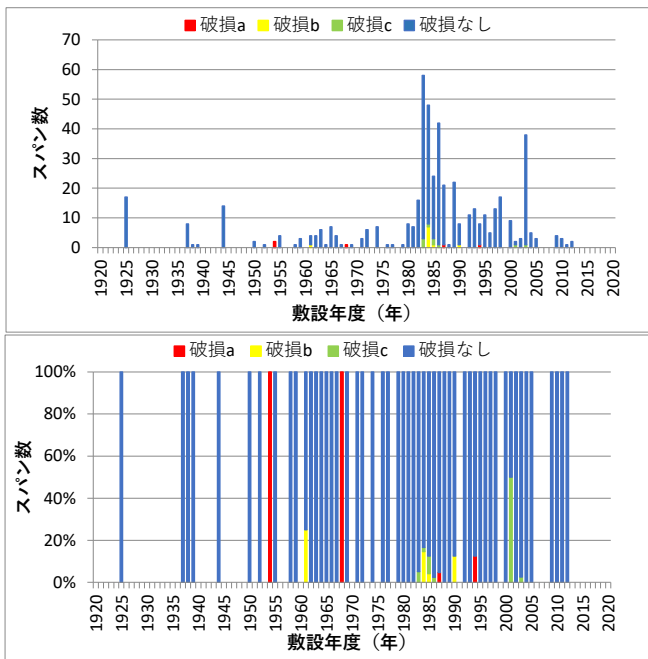
(c) 取付管本数



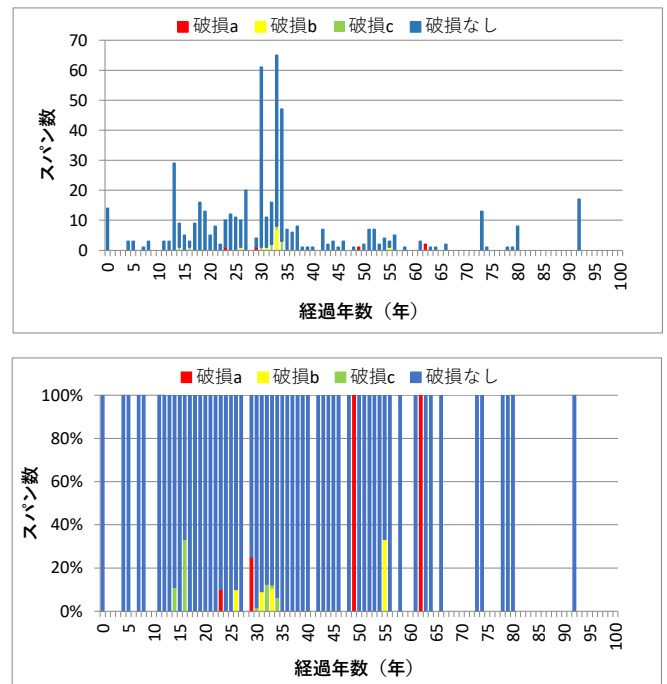
(d) 土被り

図 2-39 たるみの発生と各管渠条件の関係 (塩化ビニル管)

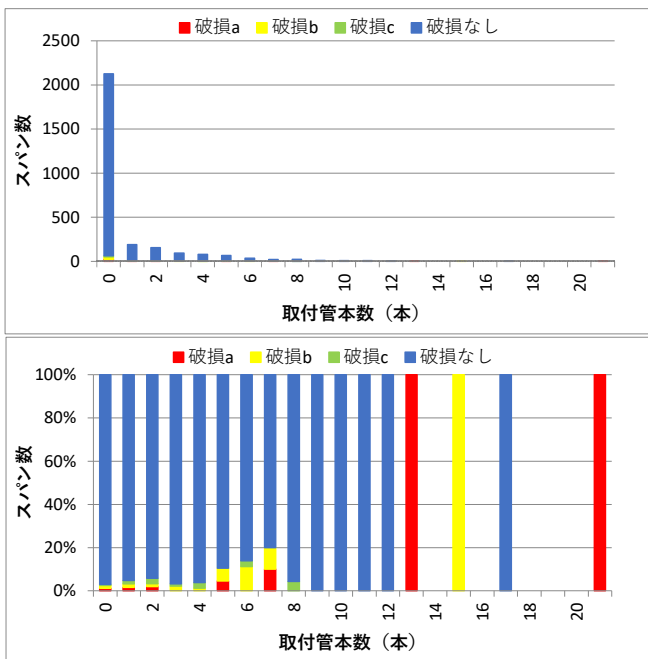
2) 破損（塩化ビニル管）



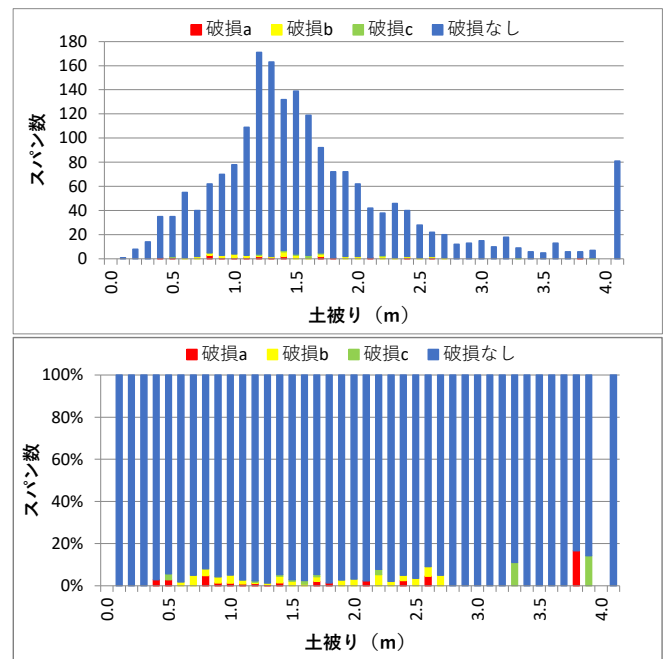
(a) 布設年度



(b) 経過年数



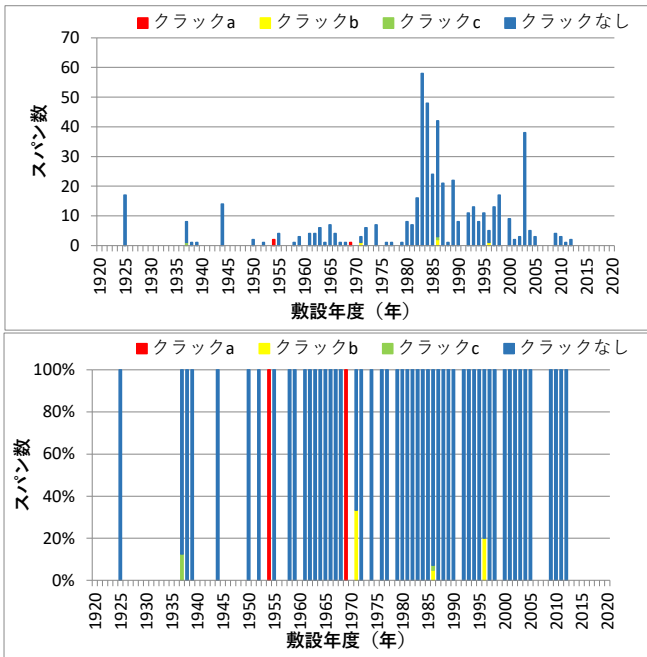
(c) 取付管本数



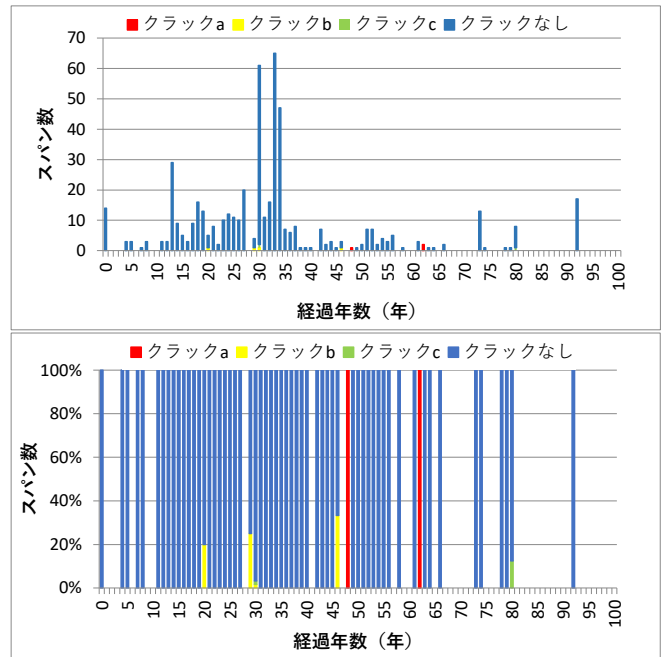
(d) 土被り

図 2-40 破損の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

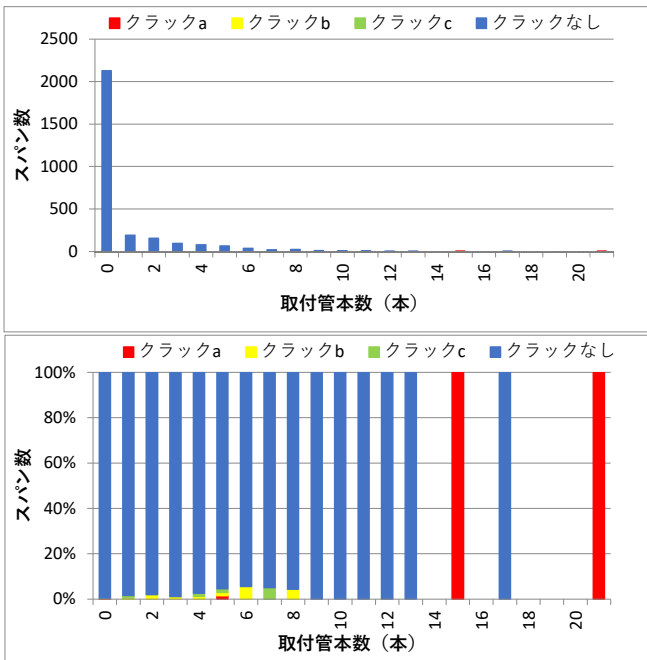
3) クラック（塩化ビニル管）



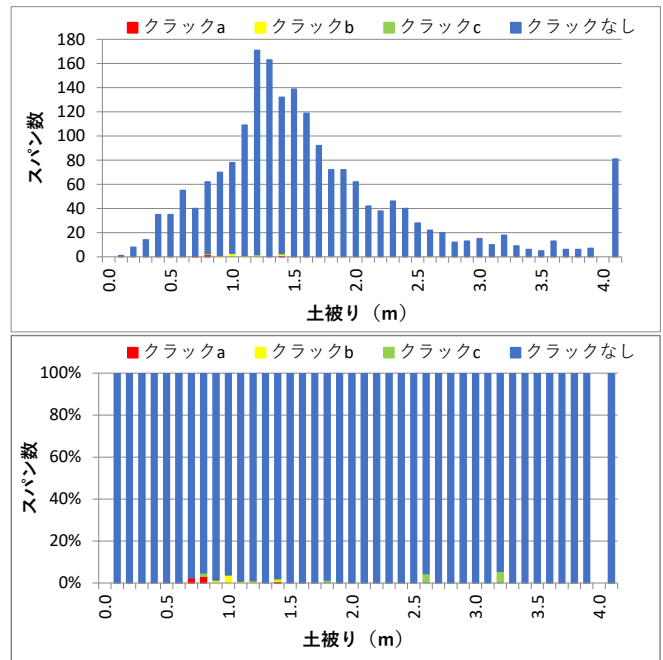
(a) 布設年度



(b) 経過年数



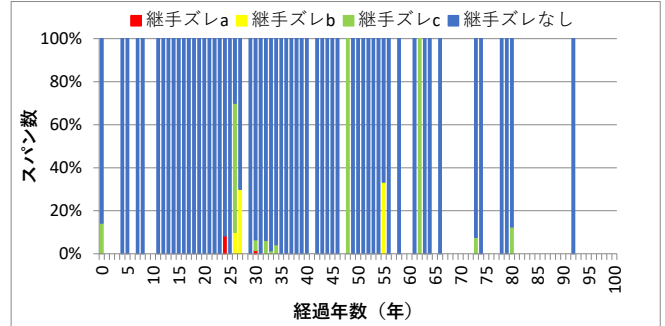
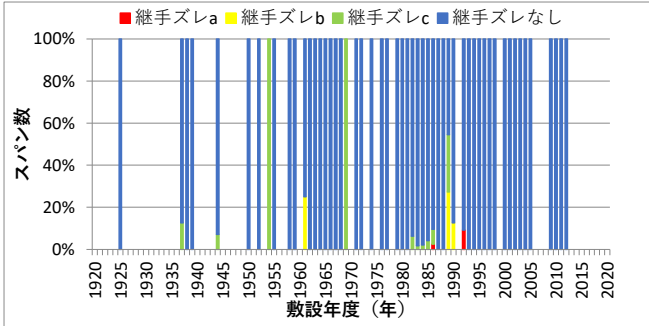
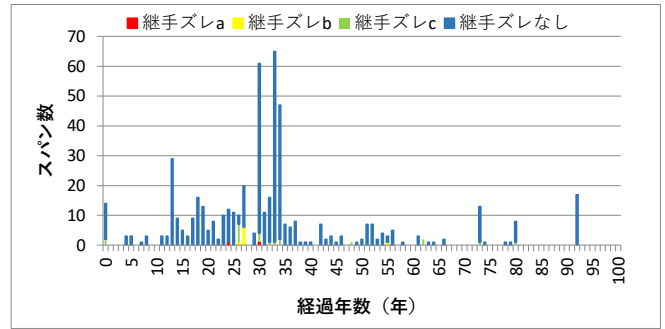
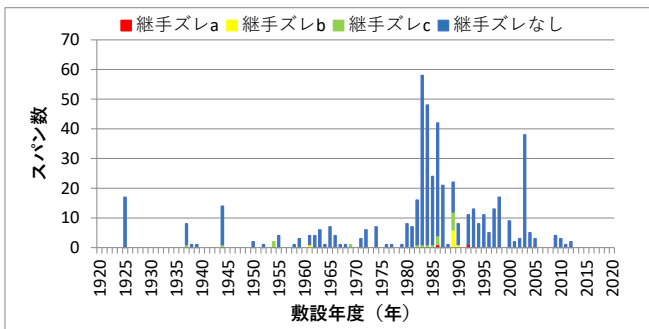
(c) 取付管本数



(d) 土被り

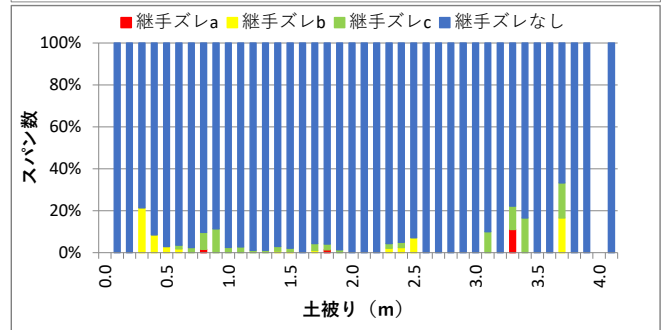
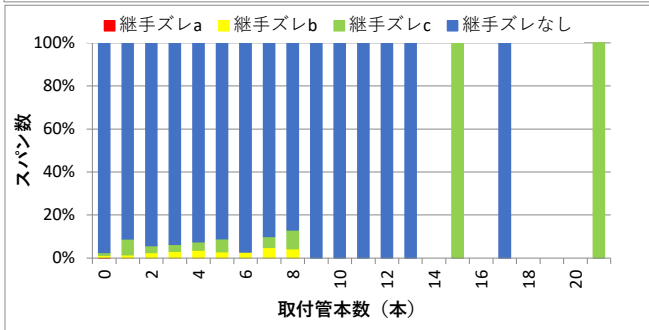
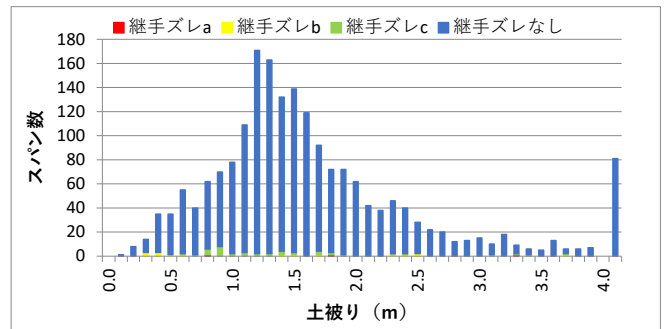
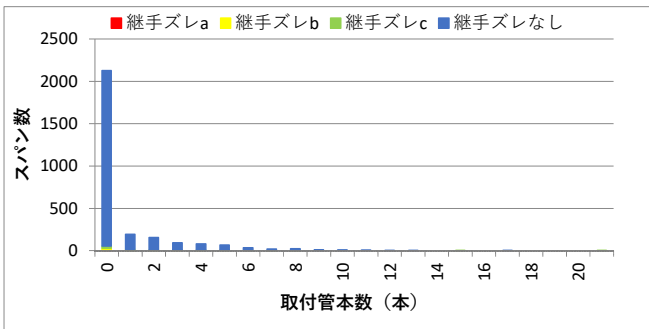
図 2-41 クラックの発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

4) 継手ズレ (塩化ビニル管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

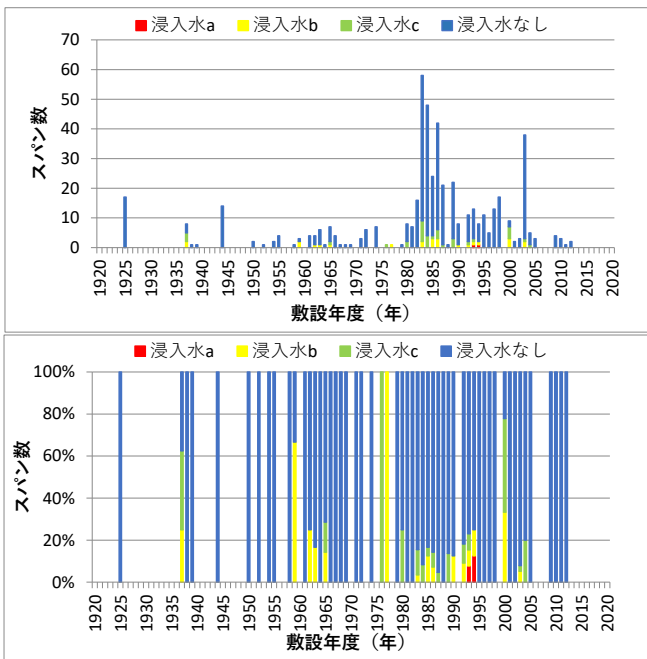


(c) 取付管本数

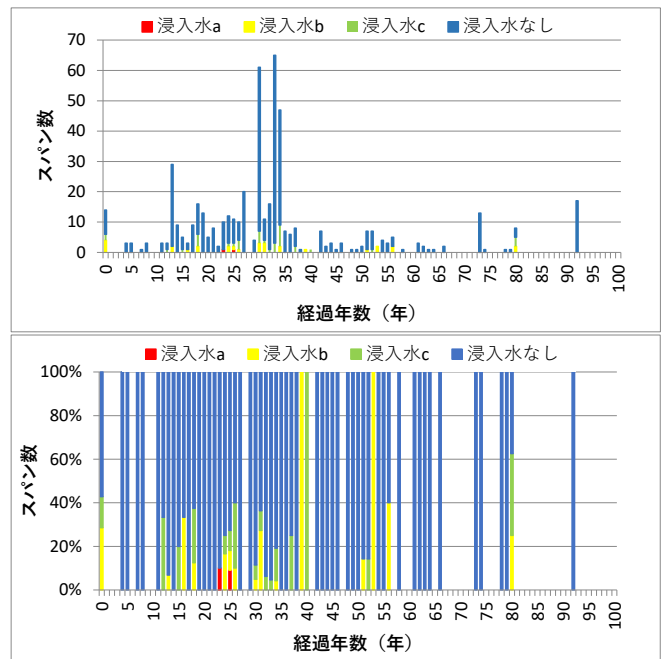
(d) 土被り

図 2-42 継手ズレの発生と各管渠条件の関係 (塩化ビニル管)

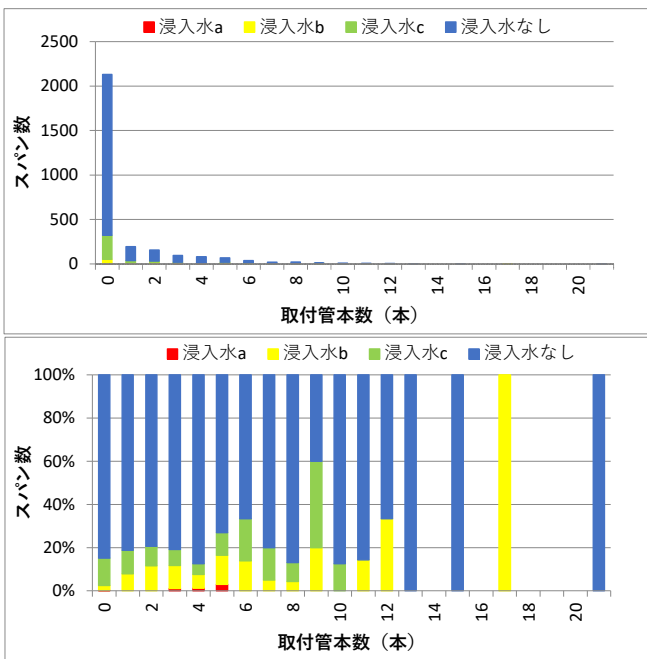
5) 浸入水（塩化ビニル管）



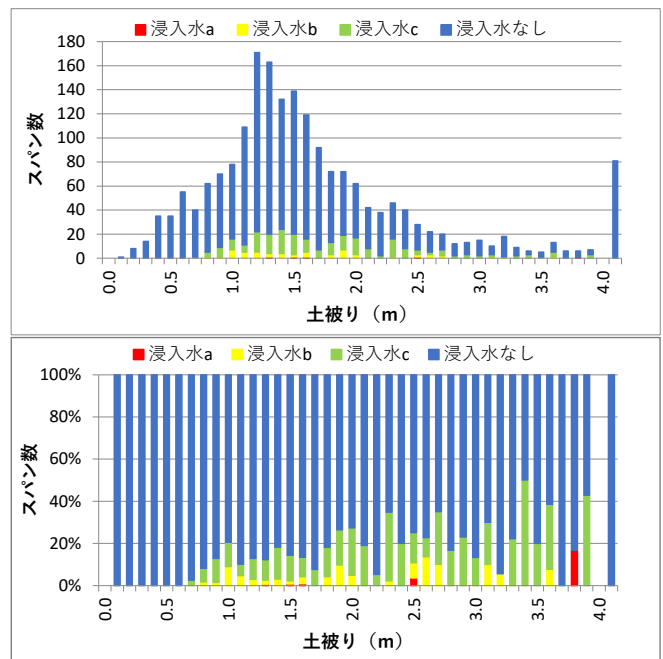
(a) 布設年度



(b) 経過年数



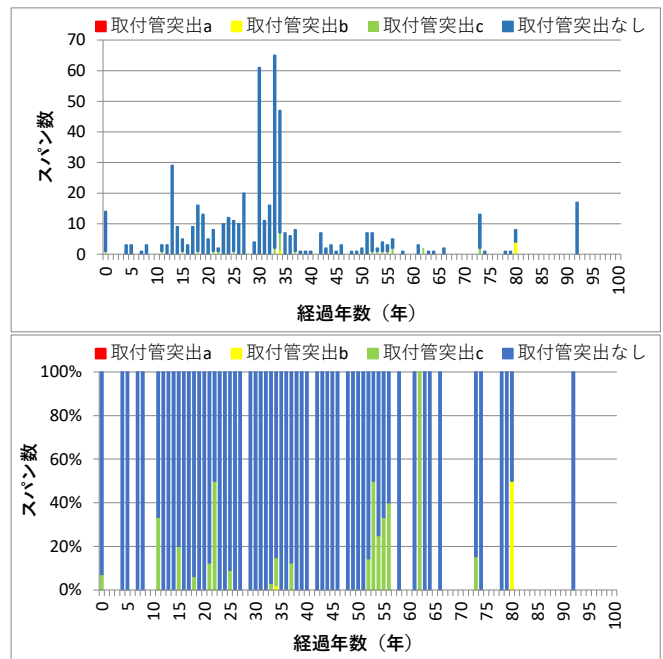
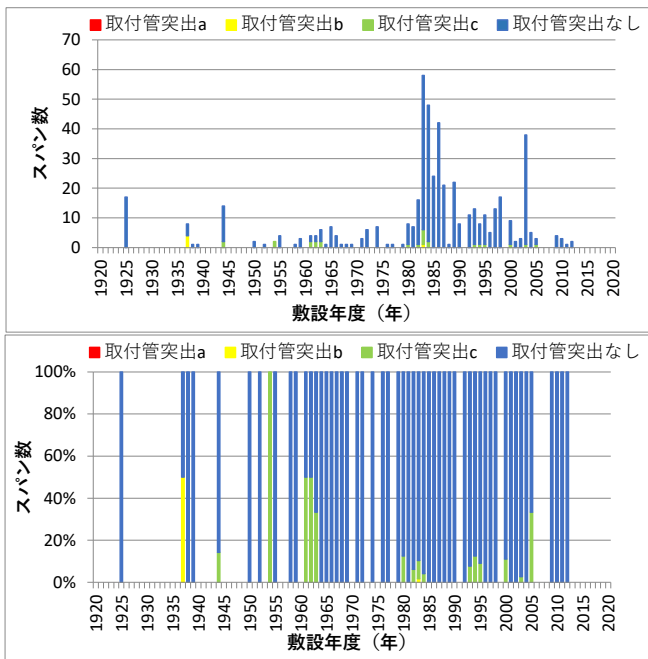
(c) 取付管本数



(d) 土被り

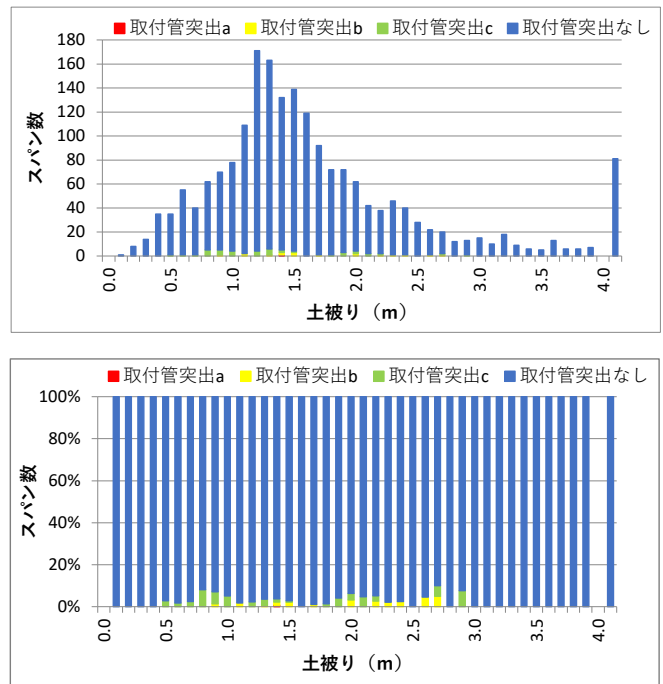
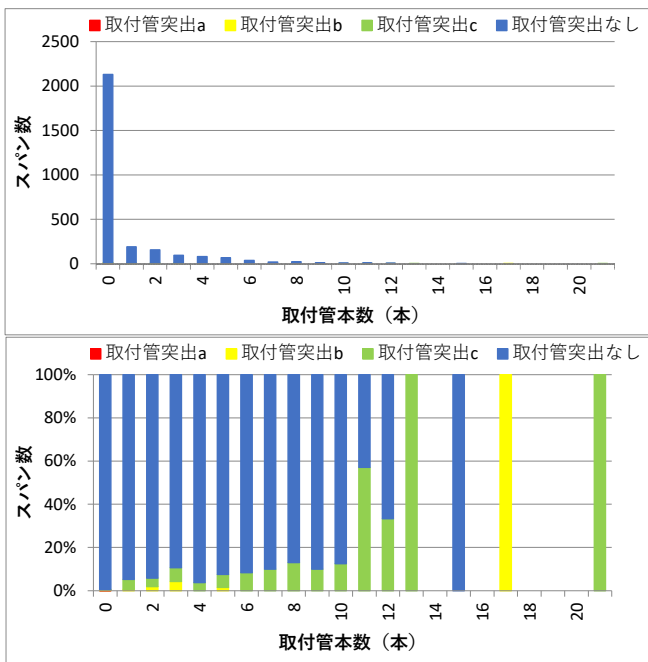
図 2-43 浸入水の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

6) 取付管突出（塩化ビニル管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

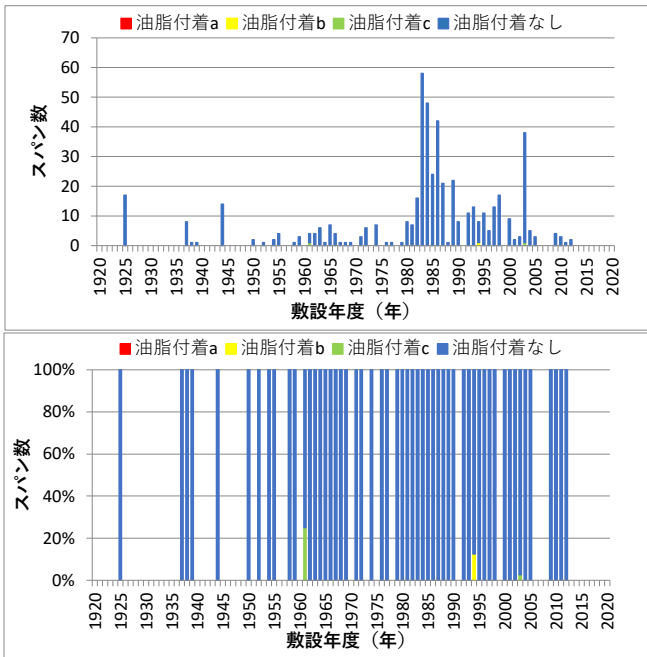


(c) 取付管本数

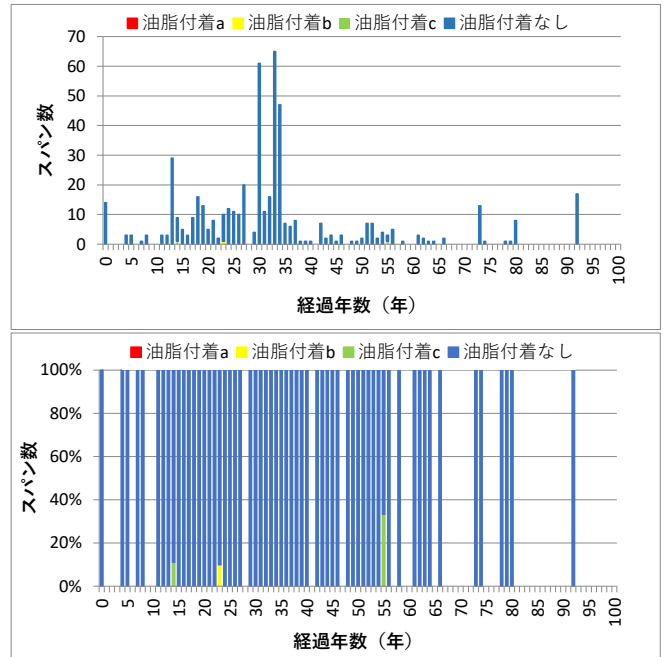
(d) 土被り

図 2-44 取付管突出の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

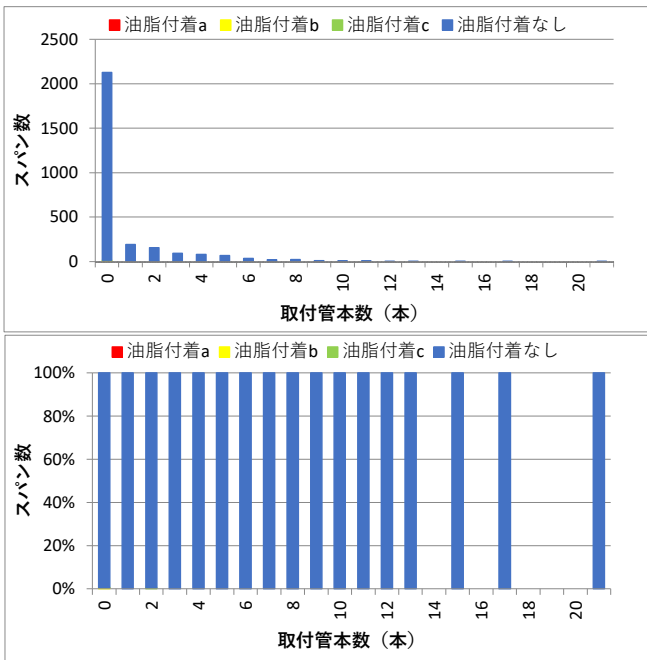
7) 油脂付着 (塩化ビニル管)



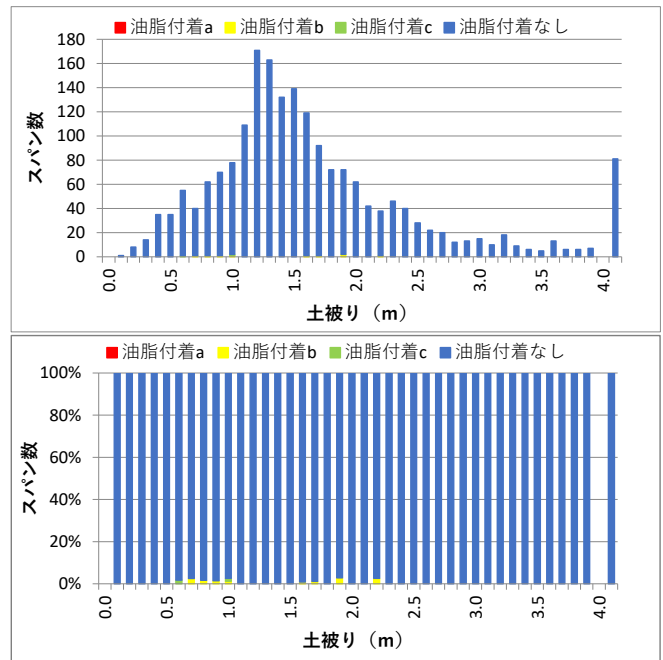
(a) 布設年度



(b) 経過年数



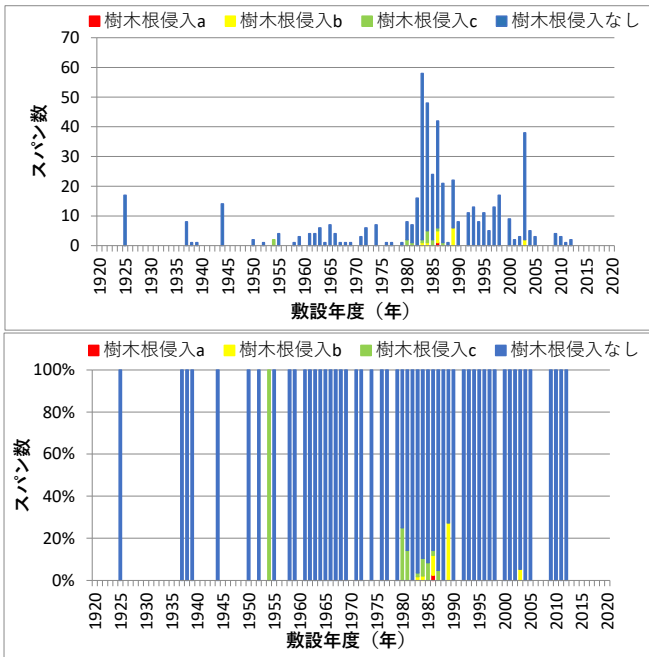
(c) 取付管本数



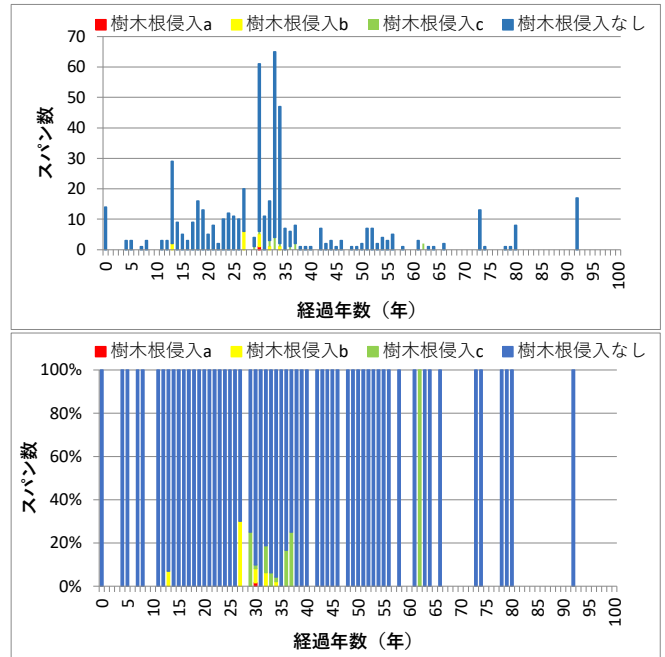
(d) 土被り

図 2-45 油脂付着の発生と各管渠条件の関係 (塩化ビニル管)

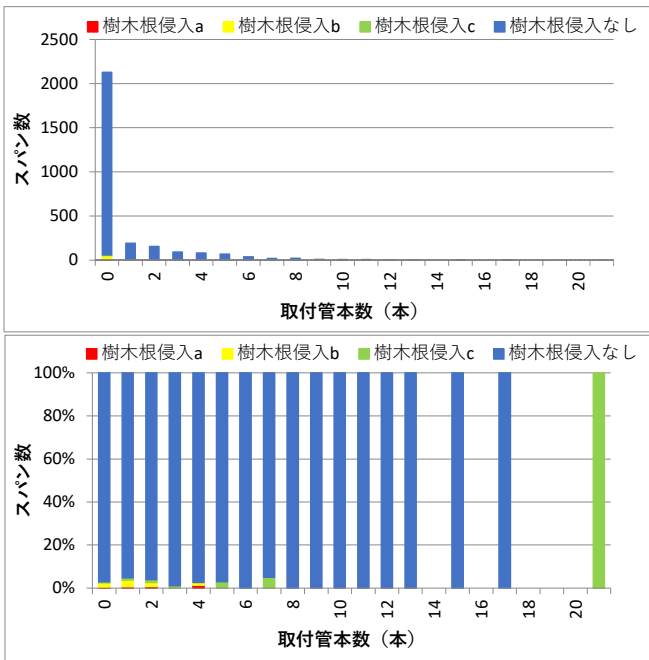
8) 樹木根浸入（塩化ビニル管）



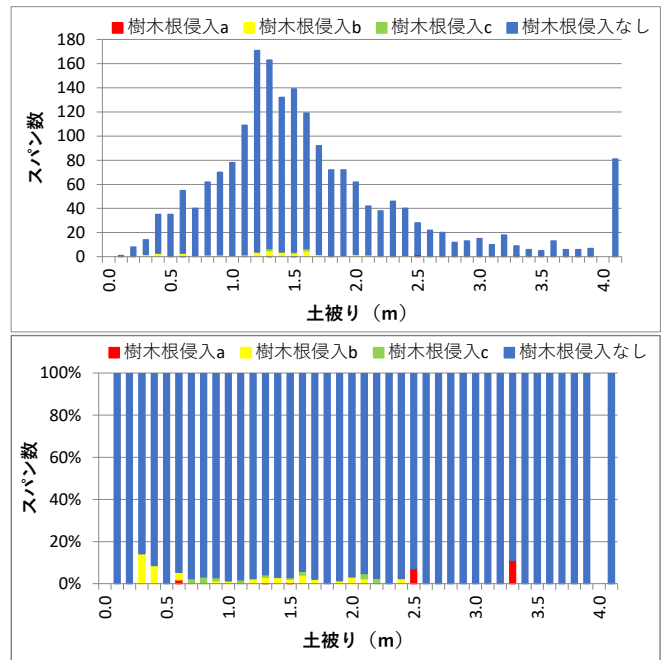
(a) 布設年度



(b) 経過年数



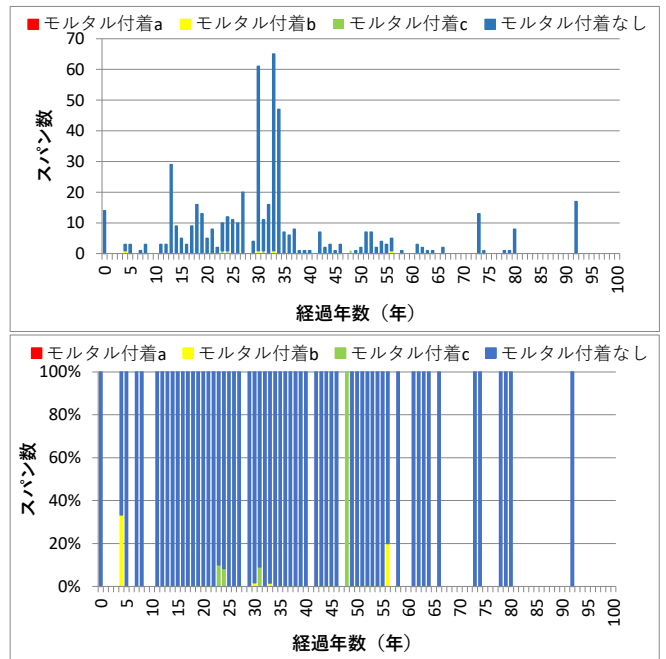
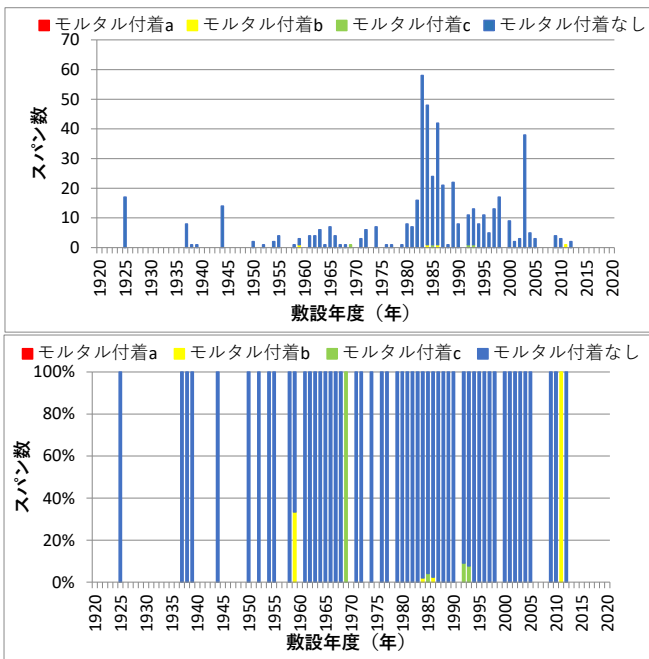
(c) 取付管本数



(d) 土被り

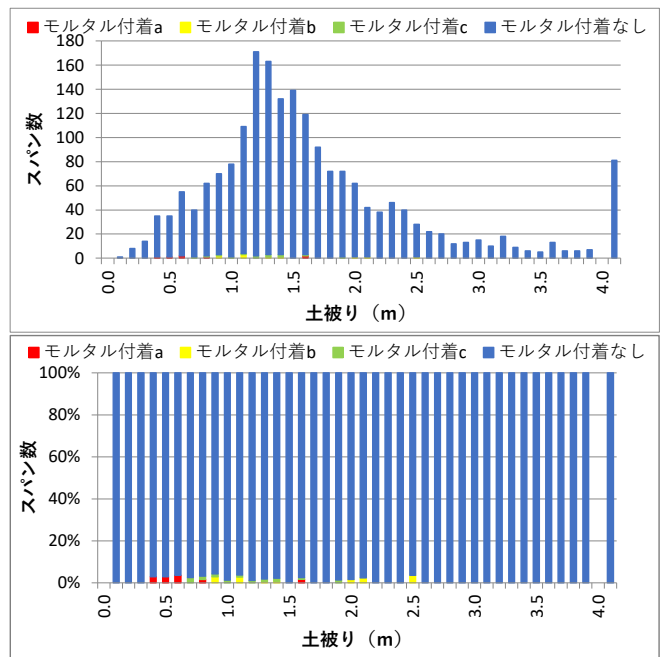
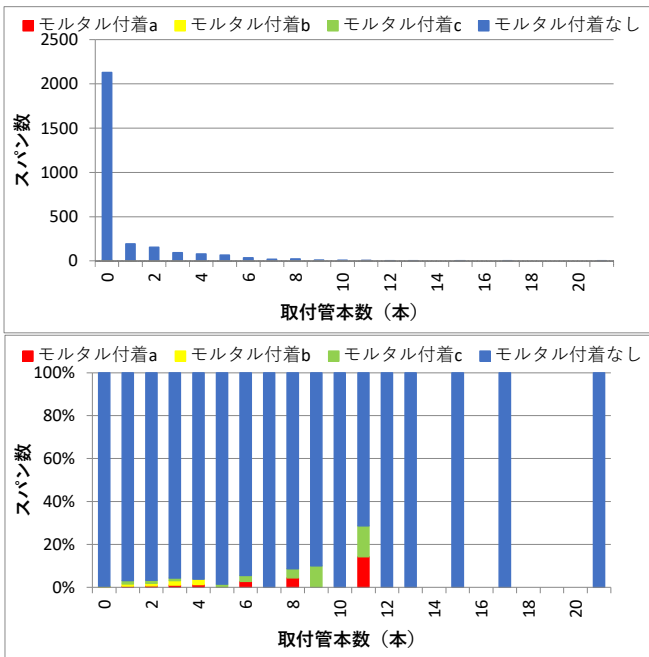
図 2-46 樹木根の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

9) モルタル付着（塩化ビニル管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

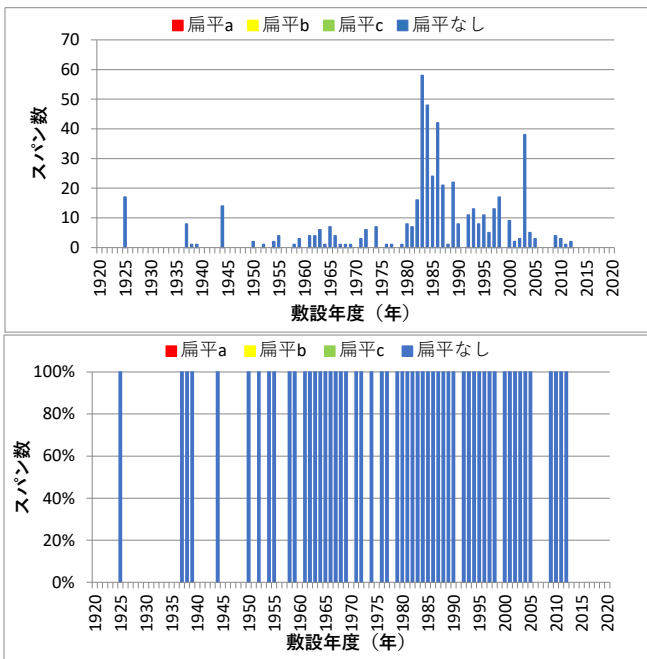


(c) 取付管本数

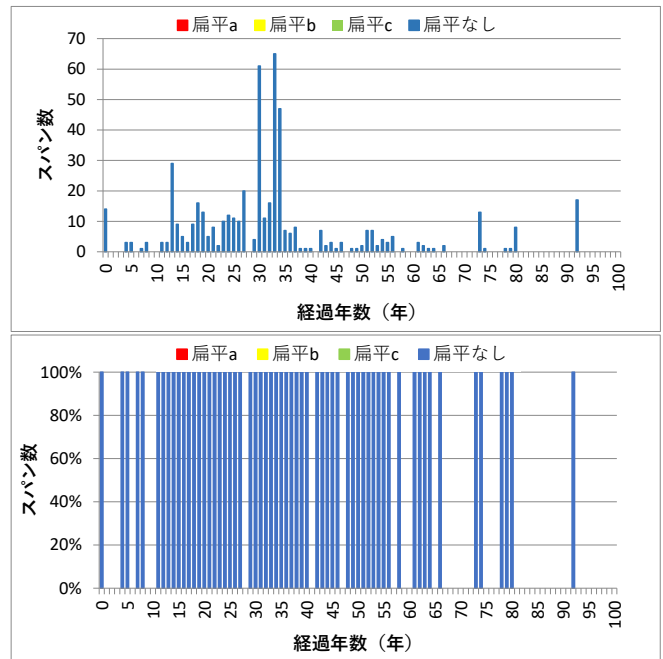
(d) 土被り

図 2-47 モルタル付着の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

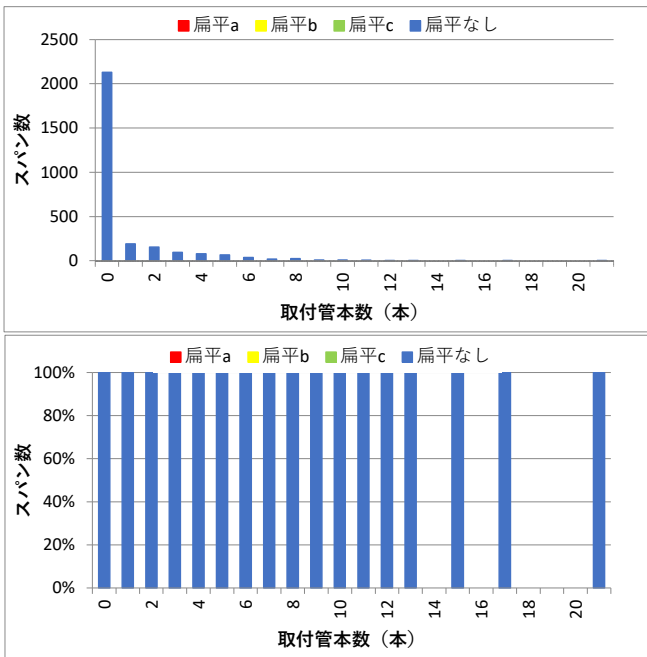
10) 扁平（塩化ビニル管）



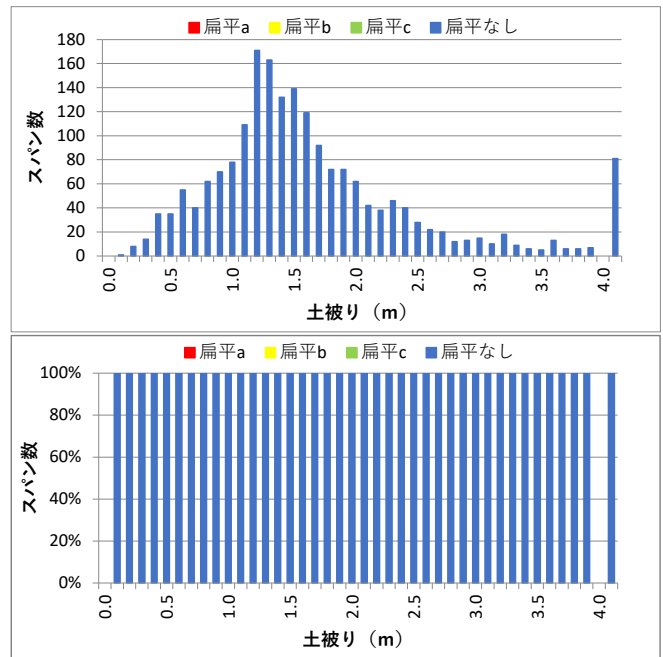
(a) 布設年度



(b) 経過年数



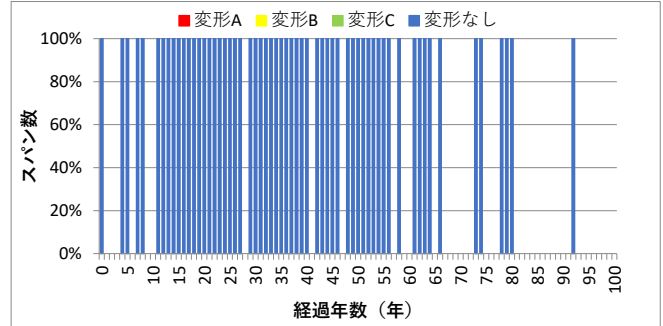
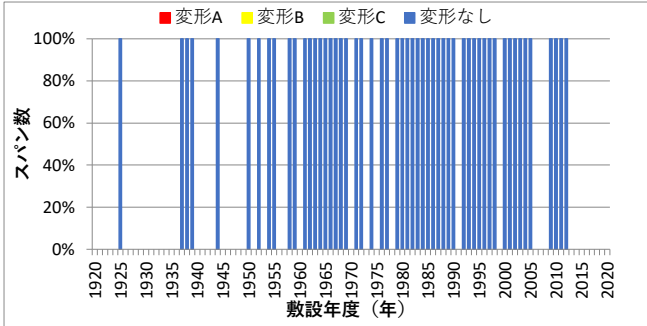
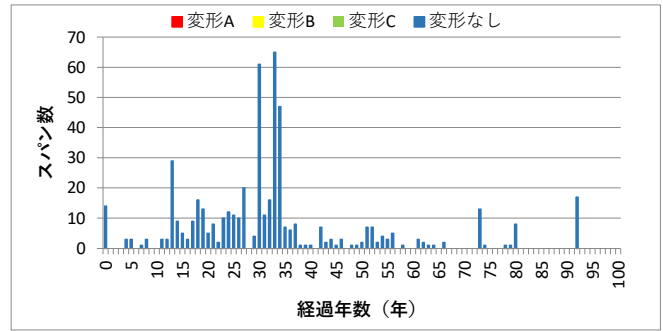
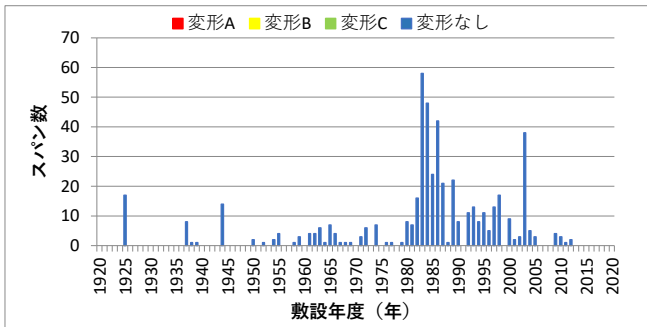
(c) 取付管本数



(d) 土被り

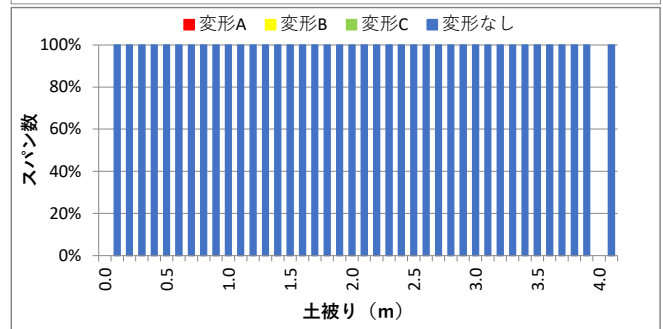
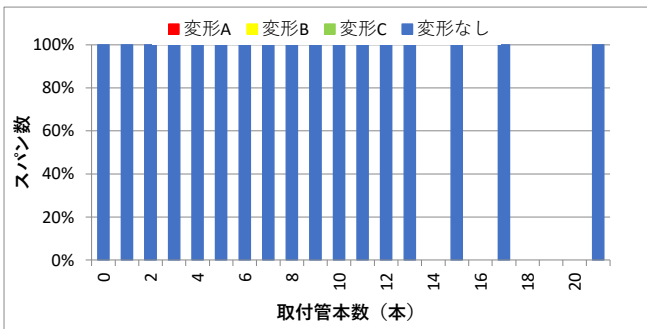
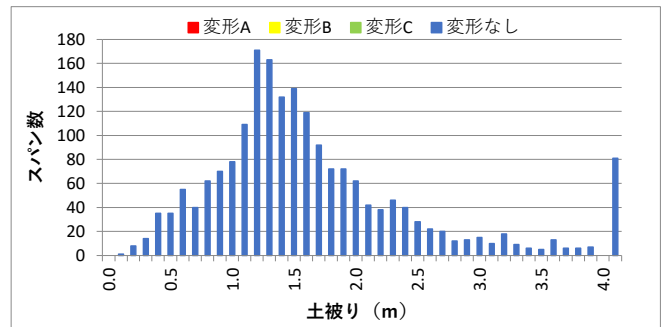
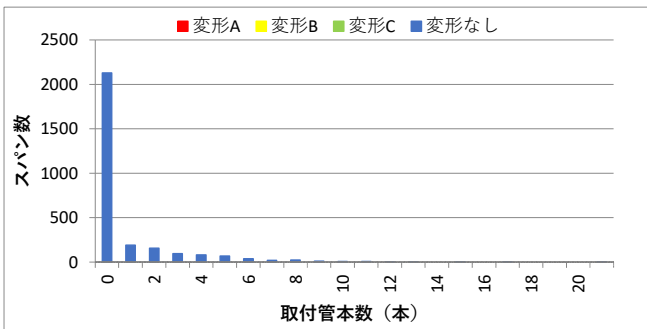
図 2-48 扁平の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

11) 変形（塩化ビニル管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数



(c) 取付管本数

(d) 土被り

図 2-49 変形の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

2.4. 点検・調査技術の性能等の実態把握および体系化

全国の下水道管渠の総延長約 48 万 km のうち 9 割以上が、人が管渠内に入って劣化調査等を実施できない内径 800mm 未満の管渠であり⁶⁾、これらの管渠に対しては、地上からマンホールを經由して管内にテレビカメラを挿入し、管渠内の異常を調査する方法（以下、「TV カメラ調査」という。）が用いられる。一方、内径 800mm 以上の管渠に対しては、調査員が管渠内に入り目視する方法（以下、「潜行目視調査」という。）、もしくは、管路内作業の安全が十分確保できない場合は TV カメラ調査が用いられる⁴⁾。図 2-50 に示すように、全国における直近 5 年間の TV カメラ調査と潜行目視調査の合計実施延長は年間約 7,000km 程度であり、そのうち TV カメラ調査は、令和元年度には約 6,000km と 85% 程度を占めており、その割合は過去 5 年間増加傾向にある⁷⁾。

また、平成 27 年の下水道法改正により、腐食のおそれの大きい箇所を 5 年に 1 回以上の点検や異常判明時の措置等が地方公共団体に義務づけられ、法定事業計画に基づく点検・調査が本格化している。

このような背景の中、管渠調査の大部分を占める TV カメラ調査を効率化する目的で、複数の企業によりスクリーニング調査技術が開発され、国土交通省の下水道革新的技術実証事業（通称「B-DASH プロジェクト」）を通じガイドライン化されている^{8),9)}。

このように調査・点検に係る新技術の開発が加速され、技術の多様化が進むなか、効果的な点検・調査を実施するためには、施設の重要性や目的に応じた点検・調査方法を選定する必要がある。そのため、ガイドライン化されている技術や十分な実績がある点検・調査技術を対象として、性能や適用条件等の実態把握を行うために、点検・調査機器を開発・製造するメーカーや点検・調査業務を実施する企業へのヒアリングを実施し、結果を表 2-14 の通りとりまとめるとともに、図 2-51 のとおり点検・調査方法を体系化した。

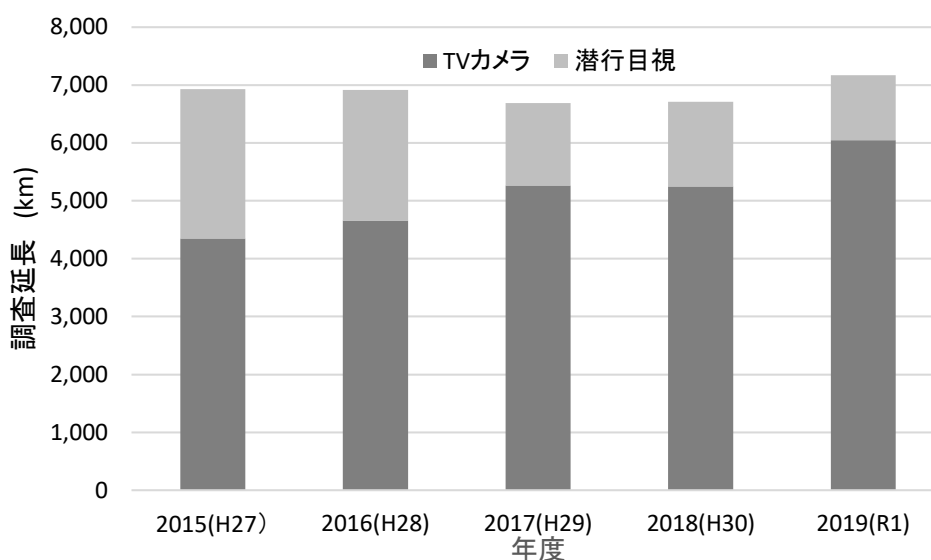



図 2-50 過去 5 年間の管渠調査実施延長⁹⁾

表 2-14 ヒアリングに基づく点検・調査技術の適用条件 (1)

		挿入式		自走式	
		管口カメラ	管口カメラ(高画素タイプ)	直視側視カメラ	広角展開カメラ
調査分類		スクリーニング調査	スクリーニング調査	詳細調査	スクリーニング調査/ 詳細調査
外観					
静止画像① (直視映像)					
静止画像② (側視・展開映像)		—	—		
移動方式		本体固定 ズーム機能により撮影	本体固定 ズーム機能により撮影	自走式	自走式
標準日進量(m/日)		900m/日	1200m/日	180m~300m/日	450m/日
適用範囲	管種制限の有無	制限なし	制限なし	制限なし	卵形は不可
	管径(mm)	φ150mm~φ800mm	φ150mm~φ800mm	φ100mm~φ2200mm	φ150mm~φ800mm
	最大スパン長(m)	10m程度	20m程度	300m~500m (一マンホール深さ)	300m~500m (一マンホール深さ)
	土被り(m)	5m	5m	制限なし	制限なし
	人孔サイズ/構造	φ300 小型人孔以上	φ300 小型人孔以上	0号人孔以上	φ450 小型人孔以上
現場条件	流下状況	制限なし	制限なし	流量1/3以内(機種による)	制限あり
	段差・曲がり	制限なし	制限なし	条件次第	曲がり 22.5度程度まで
	洗浄の要否	洗浄不要	洗浄不要	要洗浄	無しでも可、判定精度下がる
	必要作業ヤード/交通影響	2m×2m程度	2m×2m程度	交通規制有	3m×10m 程度
その他	レンズ方式・カメラ機能 (ズーム/画素数)	40倍ズーム 約38万画素	フルハイビジョン(約200万画素)、光学30倍、デジタル12倍	側視回転360° 約41万画素	魚眼190度 38万~41万画素
	歩掛りの有無*	管路協	管路協	下水協 管路協	管路協

*歩掛り名 管路協:下水道管路施設維持管理積算資料。(公社)日本下水道管路管理協会
下水協:下水道施設維持管理積算要領。(公社)日本下水道協会

表 2-14 ヒアリングに基づく点検・調査技術の適用条件 (2)

		自走式			
		広角展開カメラ(ミラー方式)	広角展開カメラ(高画質タイプ)	画像認識型カメラ	簡易直視式カメラ
調査分類		詳細調査	スクリーニング調査/ 詳細調査	スクリーニング調査	スクリーニング調査
外観					
静止画像① (直視映像)					
静止画像② (側視・展開映像)				 <small>自動診断により抽出されたクラック</small>	-
移動方式		自走式	自走式	自走式	自走式 (ノンストップ前進後退)
標準日進量(m/日)		450m/日	450m/日	480m/日	600~1200m/日 (標準800m/日)
適用範囲	管種制限の有無	鉄筋コンクリート管、塩ビ・ポリ管、陶管、更生管	卵形は不可	鉄筋コンクリート管、塩化ビニル管	卵形は不可
	管径(mm)	φ250mm~φ800mm未満	φ200mm~φ800mm	φ200mm~φ700mm	φ150mm~φ450mm
	最大スパン長(m)	スパン単位	300m程度	500m程度	100m~150m
	土被り(m)	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし
	人孔サイズ/構造	内径90人孔以上(作業員が、人孔し機器の据付けスペースが必要)	0号人孔以上	1号人孔以上	0号人孔以上
現場条件	流下状況	基本的に流下なし(管路全周を調査するため)	制限なし	流速1.0m/s以下 水深は管径の半分まで	水深1/3までであれば可能 流速が速いと不可
	段差・曲がり	段差制約有・曲がりの制約なし	曲がり 15度程度まで	基本的には対応不可	管路途中での段差・曲がりは対応していない
	洗浄の要否	要洗浄	無しでも可、判定精度下がる	洗浄不要	洗浄不要
	必要作業ヤード/交通影響	入孔前方に操作車輛のスペースが必要	3m×10m 程度	2.5m×6m程度	マンホールを囲う程度、 2m×2m程度
その他	レンズ方式・カメラ機能 (ズーム/画素数)	ミラー式 約41万画素	魚眼185度 約500万画素	正面、後方:約30万画素 外周:約140万画素(4個の合計)	動画フルハイビジョン(約168万画素)、視野対角170度
	歩掛りの有無※	-	管路協	-	管路協を参考に独自

※歩掛り名 管路協:下水道管路施設維持管理積算資料。(公社)日本下水道管路管理協会
下水協:下水道施設維持管理積算要領。(公社)日本下水道協会

表 2-14 ヒアリングに基づく点検・調査技術の適用条件 (3)

	押し込み式		噴射・攪拌式	浮流式	飛行式	
	押し込みカメラ	圧送管カメラ	洗浄一体型カメラ	浮流式カメラ	飛行式カメラ	
調査分類	取付け管 詳細調査	詳細調査	スクリーニング調査	スクリーニング調査	スクリーニング調査	
外観						
静止画像① (直視映像)	-					
静止画像② (側視・展開映像)	-	-	-	-	-	
移動方式	押し込み式	自走式	前進:ジェット噴射 後進:洗浄車巻上げて撮影	浮道式 水量少ない場合:牽引式	プロペラ回転により飛行	
標準日進量(m/日)	-	空気弁設置場所から 下流側30mの範囲	4~700m/日	700m/日	1,500m/日	
適用範囲	管種制限の有無	-	铸铁管のみ	制限なし	制限なし	
	管径(mm)	φ50mm~φ800 ※直視、直側タイプ等、製品毎に異なる。	φ200mm~φ1000mm	φ150mm~φ700mm	φ200mm~φ4000mm	φ380~1,500mm
	最大スパン長(m)	押し込み限界:100m	空気弁の上下流30m程度	約100m	3000m(実績有)	約100m (ただし、管径により制限あり)
	土被り(m)	-	-	機種により制限有無あり	制限なし	制限なし
	人孔サイズ/構造	-	-	0号人孔以上	入孔φ600以上	入孔φ600以上
現場条件	流下状況	-	制限あり (圧送管のポンプ停止の際)	制限有	管径の1/5程度の水深で可	制限あり(飛行スペース高さ 400mm以上必要)
	段差・曲がり	-	-	45度以下(条件付)	曲がりは可能	電波が遮断されなければ可能
	洗浄の可否	-	洗浄不要	ノズルカメラで洗浄	洗浄不要	洗浄不要、ただし、鮮明な映像 が必要な場合は洗浄必要
必要作業ヤード/交通影響	-	-	交通規制必要	最低作業ヤード: 幅2m×長さ2m程度	2m×2m程度	
その他	レンズ方式・カメラ機能 (ズーム/画素数)	約35万画素	解像度 640×480	撮影画素数57~92万画素、視野角107度、	92万画素~207万画素	200万画素、ズーム機能なし
	歩掛りの有無※	管路協	-	管口カメラ歩掛り参照(独自)	一部地区	-

※歩掛り名 管路協:下水道管路施設維持管理積算資料。(公社)日本下水道管理協会
下水協:下水道施設維持管理積算要領。(公社)日本下水道協会

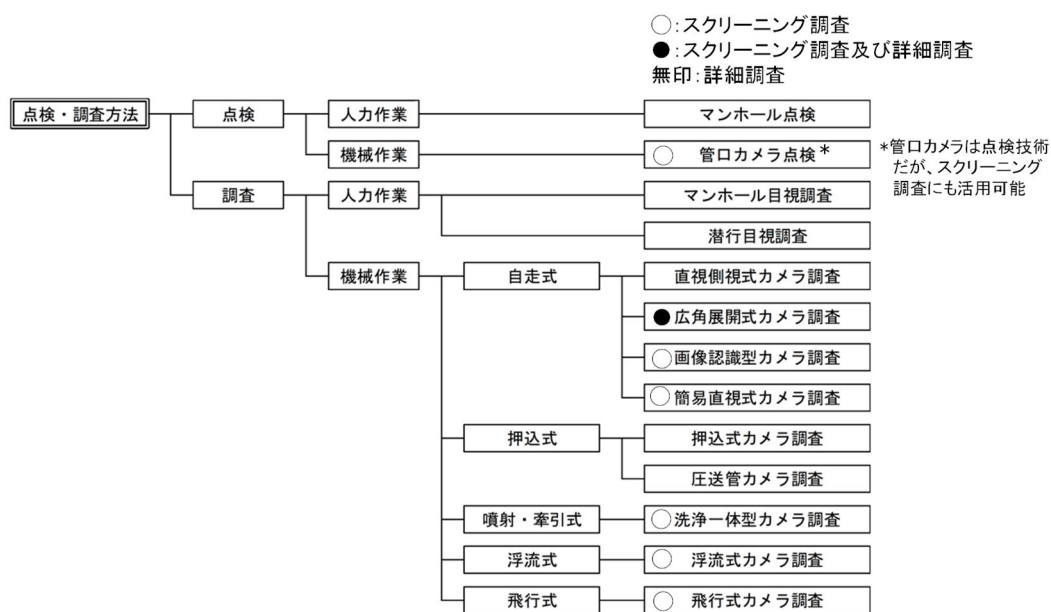


図 2-51 点検・調査方法の体系図

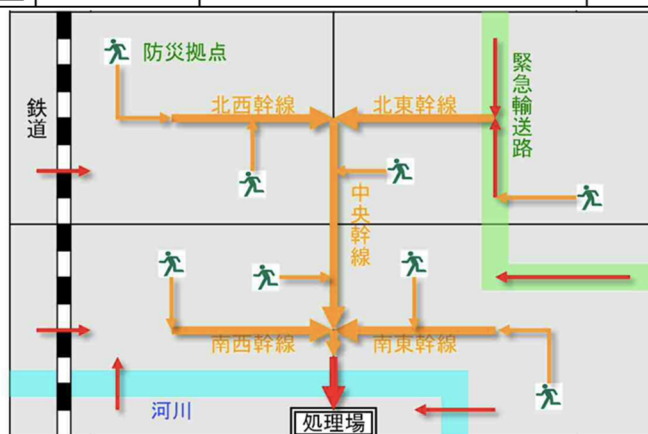
2.5. 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討

管路施設は、材質、大きさ、経過年数、埋設深さ、交通荷重、流量、水質等、異なった環境下に置かれており、かつ、下水輸送システム及び社会インフラとしての重要性も個々の施設により異なる。また、劣化状況（腐食、破損、クラック等）も様々であり、劣化状況毎の劣化発生要因も、初期欠陥、経年劣化、突発的な異常など様々である。このため、点検・調査の頻度を一律で設定することは適切ではなく、個々の施設情報（材質、形状等の情報）や過去の点検・調査結果、修繕履歴、苦情履歴等に基づき、標準的（平均的）な経年劣化進行度、重要性等を勘案し、その頻度を設定することが望ましい。

国総研下水道研究部は平成 23 年(2011 年)に、管渠の健康寿命、管渠に起因する道路陥没の発生傾向および信頼性重視保全の考え方を総合的に勘案した調査頻度の設定方法（以下、「信頼性重視保全の考え方に基づく方法」という。）を提示した¹⁰⁾。この方法は、調査頻度の設定に至るまでに、①管渠の健康寿命算出、②道路陥没発生時期の分析、③健全率曲線から P(Potential Failure)-F(Functional Failure)間隔の読取り、④①～③の比較検討、といった複数の検討が必要となり作業が複雑になる。そこで、本研究では、中小規模の地方公共団体を対象に、施設の重要度に応じて「劣化保有率」を設定することで点検・調査の頻度を設定する、より簡便な方法を以下のとおり検討した。

まず、基本条件として、本研究では、緊急度Ⅰ及びⅡを改築等の対策が必要となる緊急度と設定した。また、図 2-52 に示すように、事故発生時における社会的影響の大きさを考慮して、施設の管理区分を「最重要管理」「重要管理」「通常管理」に分類した。

施設特性	凡例	重要度の区分	対象管きよ	対象管きよ選定の考え方
社会的な影響が大きな施設	→	最重要管理	①鉄道・軌道横断管きよ	日常または緊急時の交通機能等を確保する
			②河川横断管きよ	
			③緊急輸送路下の管きよ	
			④処理場に直結した管きよ	処理区域全体の流下機能を確保する
機能上重要な施設	→	重要管理	⑤幹線管きよ	各処理区域の流下機能を確保する
			⑥重要な防災拠点につながる管きよ	防災拠点の流下機能を確保する
上記以外	□	通常管理	上記以外の管きよ	—

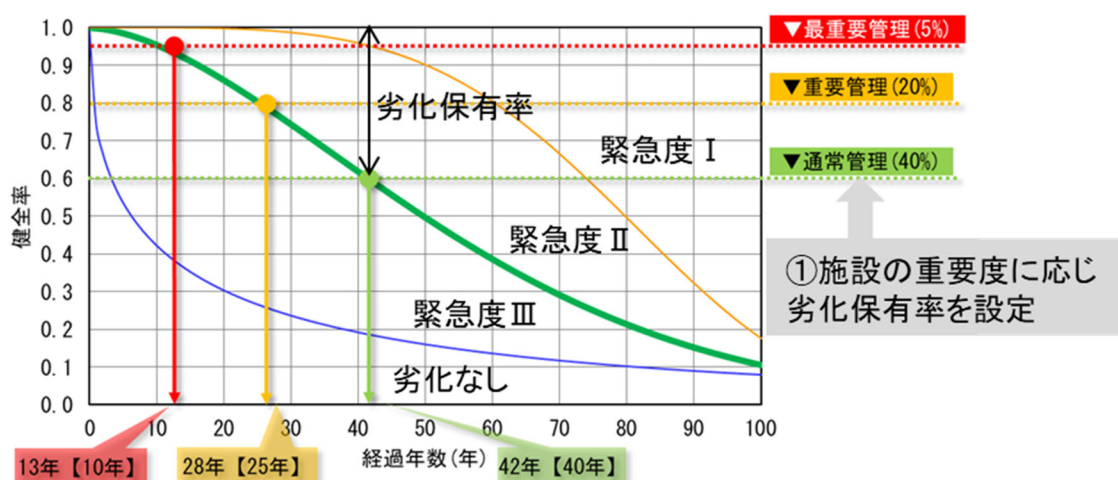


「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン(管路施設編)-2020年版(国交省下水道部・国総研下水道研究部(R2.3月))」に基づき作成

図 2-52 事故発生時の社会的影響の大きさを考慮した管渠の重要度の区分¹¹⁾

上述の基本条件の下、調査頻度を設定する手順を述べる（図 2-53）。

- ① 緊急度Ⅰ及びⅡの割合を劣化保有率とし、施設の重要度に応じた劣化保有率を決定する。本研究では、「最重要管理：劣化保有率 5%」「重要管理：劣化保有率 20%」「通常管理：劣化保有率 40%」と設定した。これは、最重要管理の管渠については、緊急度Ⅰ及びⅡの異常が発生する確率を常時 5%以下に抑えられる頻度で点検・調査を行うことを意味する。実際には、この劣化保有率の設定は、各地方公共団体において財政状況とリスク保有のバランス等を勘案して行う必要がある。
- ② 健全率曲線で、劣化保有率が設定値となる経過年数を読み取り、点検・調査1回目（着手時期）とする。例えば読み取り値が 13 年の場合は安全側に端数処理し 10 年とする。
- ③ 2 回目以降の頻度は、前回の点検・調査結果もしくは対策に応じ設定する。例えば、1 回目の点検・調査の結果、改築を実施した場合、2 回目の調査・点検時期は、1 回目と同様の時期とする。



②劣化保有率が設定値となる経過年数 = 点検調査1回目(着手時期)とする。

読み取り値13年→10年(安全側へ端数処理)

③2回目以降の頻度は、前回の点検調査結果もしくは対策に応じ設定。

図 2-53 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定の手順

上述の手順に基づき、管種毎に点検・調査の着手時期を設定した例を

図 2-54 に示す。ここで使用した健全率予測式のモデル関数は、全管種、鉄筋コンクリート管、陶管についてはワイブル分布を採用し、塩化ビニル管についてはワイブル分布では良い近似を得ることが出来なかったため、マルコフ遷移確率モデルを採用した。鉄筋コンクリート管と陶管の点検・調査着手時期については、最重要管理は約 10 年、重要管理は約 25 年となり、通常管理の着手時期は、鉄筋コンクリート管約 40 年、陶管約 35 年と異なる結果となった。一方で塩化ビニル管の場合は、最重要管理では約 25 年、重要管理では約 50 年という結果だが、通常管理では 87 年と点検・調査着手までの期間が長くなることから、通常管理は標準耐用年数である 50 年と設定した。

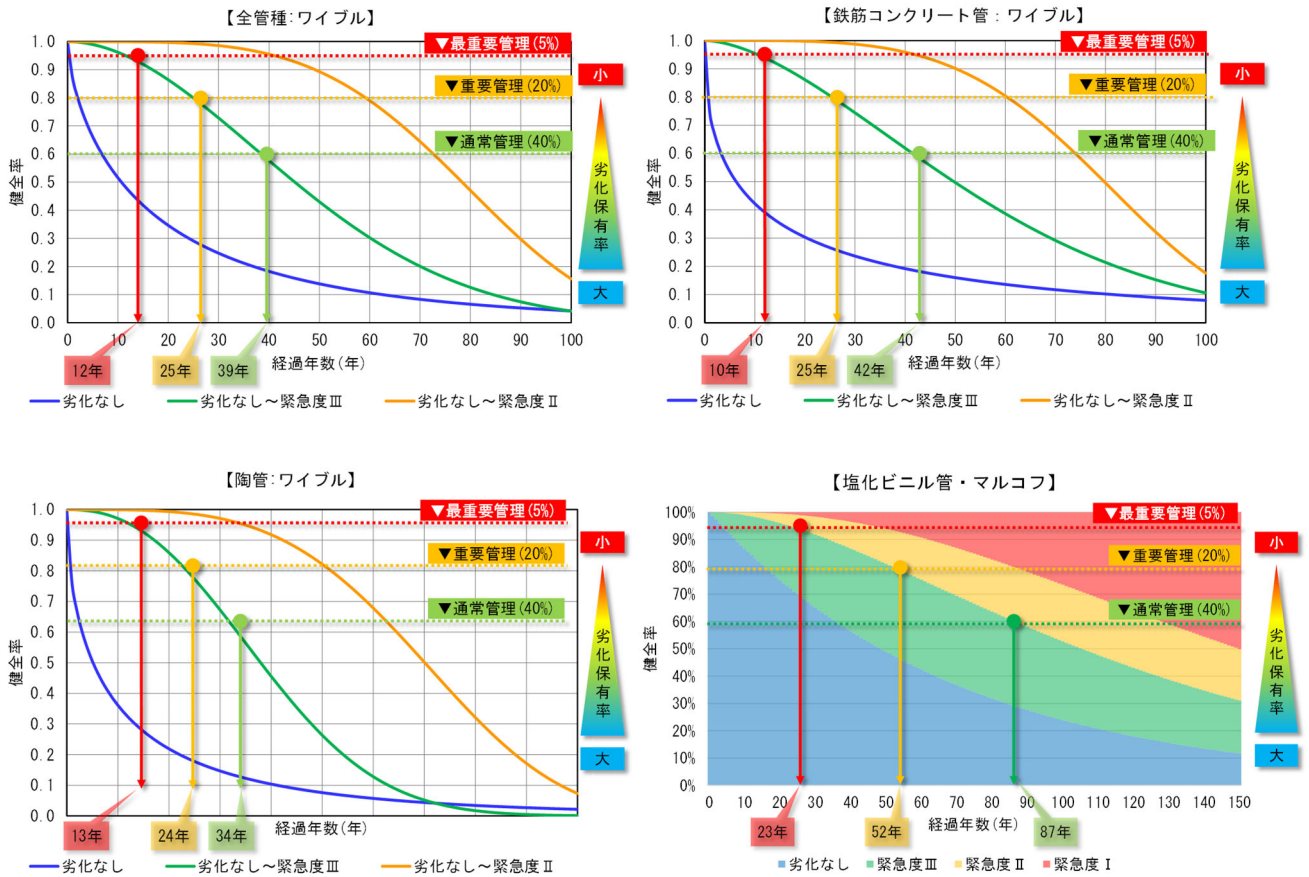


図 2-54 管種別の点検・調査着手時期の設定の例

また、2回目以降となる点検・調査の頻度は、1回目の点検・調査時に緊急度Ⅰ及びⅡと判定された場合は、布設替えまたは更生を実施するものとして、着手時期と同じ年数とした。また、劣化なしと判定された場合も着手時期と同じ年数とした。緊急度Ⅲと判定された場合は、必要に応じて修繕を実施し、次回の点検・調査時期を予防保全の観点から、点検・調査の着手時期で設定した年数の概ね 1/2 以下と設定した。本検討で設定した管種と施設の重要性に応じた点検・調査着手時期と頻度の結果を表 2-15 に示す。なお、点検・調査の着手時期及び頻度は 5 年単位で安全側に端数処理している。

このように、施設の重要度に応じて「劣化保有率」を設定することで点検・調査の頻度を設定する方法は、「信頼性重視保全の考え方に基づく方法」よりは簡便であり、また、頻度と劣化保有率の関係が分かりやすく説明が容易という特長があるため、中小規模の地方公共団体を中心に活用が期待される。

表 2-15 管種別の点検・調査着手時期と頻度の設定例

頻度	前回点検・調査結果			最重要管理	重要管理	通常管理
	管種	判定	対策区分			
着手時期 (1回目)	全管種	—	—	10年	25年	40年
	コンクリート管					35年
	陶管			25年	50年	50年
	塩ビ管					
頻度 (2回目以降)	全管種	劣化なし	—	10年	25年	40年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ	必要に応じて 修繕を実施			
		緊急度Ⅲ				
	コンクリート管	劣化なし	—	10年	25年	40年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ	必要に応じて 修繕を実施			
		緊急度Ⅲ				
	陶管	劣化なし	—	10年	25年	35年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ	必要に応じて 修繕を実施			
		緊急度Ⅲ				
	塩ビ管	劣化なし	—	25年	50年	50年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ	必要に応じて 修繕を実施			
		緊急度Ⅲ				

2.6. 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討

2.6.1. 点検・調査技術選定のフロー（案）

管渠の劣化状態把握のためには、TVカメラ調査を実施するのが主流であるが、全国の地方公共団体が管理する膨大な管渠に対し、すべからくTVカメラ調査を行うことは、コスト・時間の面で困難である。そのため、TVカメラ調査を効率化する目的で、企業によりスクリーニング調査技術が開発されている。スクリーニング調査で異常を発見した箇所に対し、TVカメラ調査を実施することで、TVカメラ調査におけるいわゆる”空振り”を少なくし、調査費用を縮減する狙いである。一方、仮にスクリーニング調査を実施した箇所の多くでTVカメラ調査が必要となる場合は、いわゆる”二度手間”が増える。また、本来異常があるにもかかわらずスクリーニング調査で”異常無し”と判定されると、”見落とし”のリスクを抱えることとなる。今後、地方公共団体におけるスクリーニング調査の導入検討をより円滑化・迅速化し、TVカメラ調査の効率化を図って行くためには、上述のようなスクリーニング調査の得失を考慮した定量的な導入検討手法の確立が有効と考えられる。そのため、本研究では、スクリーニング調査の導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施のフロー（案）を図2-55のとおり検討した。点検・調査技術の選定は、（1）適用範囲による技術の絞り込み、（2）スクリーニング調査導入の経済性評価で構成される。

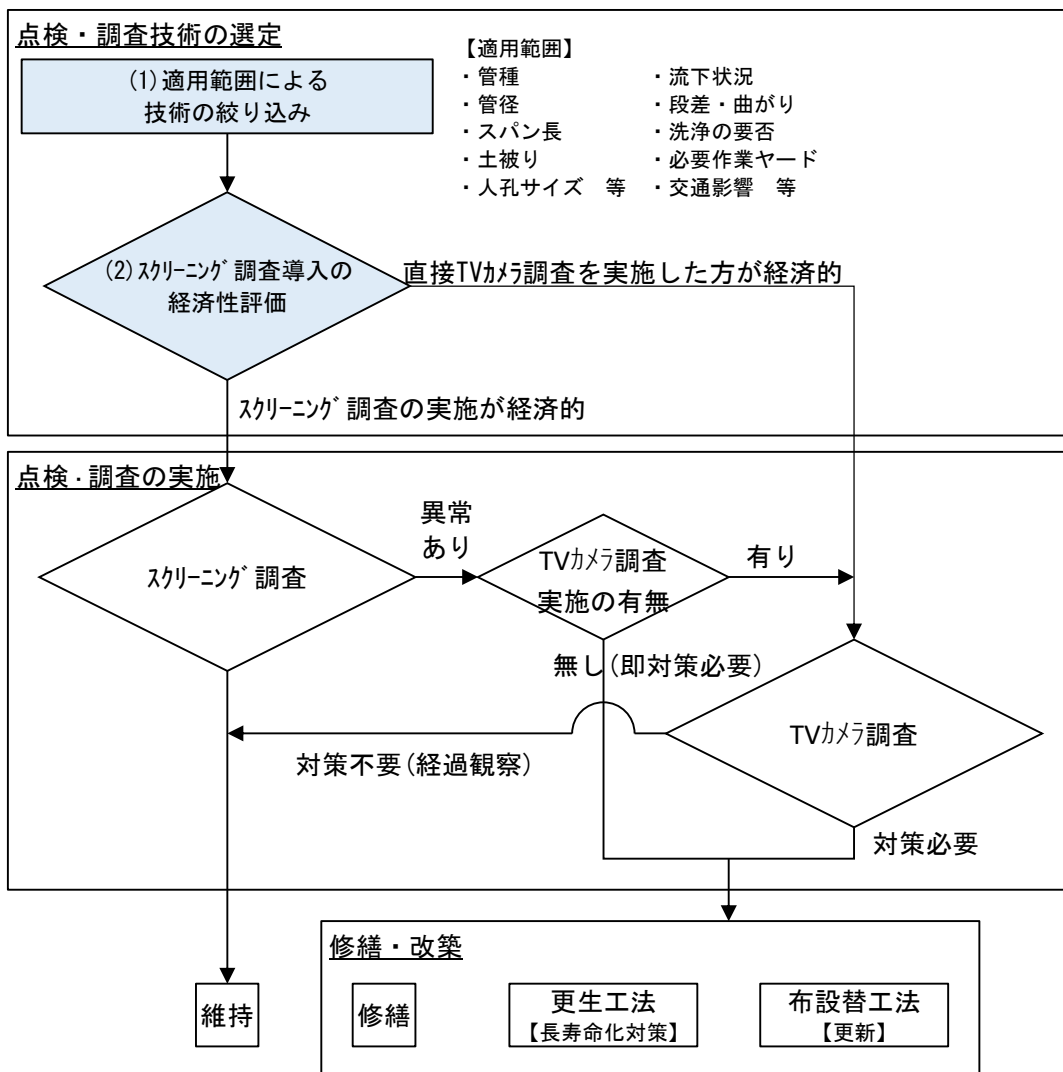


図 2-55 スクリーニング調査の導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施フロー（案）

2.6.2. 適用条件による点検・調査技術の絞り込み

管渠の点検・調査技術ごとに、管の形状、最大スパン延長、管径、土被り、人孔サイズ、管渠内の下水の流下状況、段差・曲がりなどへの対応など、適用できる条件に制限がある場合がある。このため、点検・調査技術の選定にあたっては、表 2-14 で示すように調査対象の管渠の条件等を把握した上で、適用可能な点検・調査技術を絞り込む必要がある。

管の形状、最大スパン延長、管径、土被り、人孔サイズなどは、管路台帳システム等から事前に把握することが可能である。しかし、登録されている情報に誤りがあり、現場でその誤りに気づき、調査が不可能となる場合が少なくないため、調査実施前にマンホール蓋を開け、管路台帳情報との整合確認や管口から管内の状況確認を行うなどの対応が考えられる。また、管渠内の下水流下状況には時間変動、日間変動、季節変動を把握し、対応可能な流下状況であるか等の確認を行うことが望ましい。

2.6.3. スクリーニング調査の導入に係る経済性評価の枠組み

スクリーニング調査導入の定量的な検討手法の基礎として、スクリーニング調査の得失を費用換算して経済性を評価する枠組みを検討した。具体的には、「調査対象となる管渠の全延長に対して TV カメラ調査を行う場合（ケース 1）」と「調査対象となる管渠の全延長に対しスクリーニング調査を行い、異常が発見された箇所に TV カメラ調査を行うケース（ケース 2）」の費用を比較することを試みた。なお、ケース 2 にスクリーニング調査の”見落としリスク”を費用換算し経済性評価に織り込んだ点が本枠組みの特徴である。経済性評価の枠組みを図 2-56 に示すとともに、以下に図中番号①～⑩を説明する。また、後述の試算に用いた係数や単価の設定の考え方も併せて記載する。

- ① ケース 1 の調査費用 $C1i$ は、調査対象区域内の i 年経過した管渠の全延長 L_i に TV カメラ調査単価 U_d を乗じて算出する。(TV カメラ調査単価 U_d (円/m) の設定根拠は、参考資料 1 に示す。)
- ② ケース 2 のスクリーニング調査費用 $C2s_i$ は、 L_i にスクリーニング調査単価 U_s を乗じて算出する。(スクリーニング調査単価 U_s (円/m) の設定根拠は、参考資料 1 に示す。)
- ③ ケース 2 の TV カメラ調査対象延長 $L2d_i$ は、スクリーニング調査で異常と判定された延長であり、 L_i に経年劣化率 α_i および異常発見率 β を乗じて求める。なお、 α_i は、経過年数 i 年の管渠に対し TV カメラ調査を実施した場合に修繕または改築が必要と判断される管渠の割合であり、健全率予測式に基づき設定した。スクリーニング調査の異常発見率 β (%) は、TV カメラ調査で発見される異常のうち、スクリーニング調査でも発見される異常（異常のランクは問わない）の割合であり、表 2-16 に設定値を示す。(経年劣化率 α_i (%) および異常発見率 β の設定方法については、参考資料 1 に示す。)
- ④ ケース 2 の TV カメラ調査費用 $C2d_i$ は、TV カメラ調査対象延長 $L2d_i$ に TV カメラ調査単価 U_d を乗じて算出する。
- ⑤ ケース 2 の調査費用 $C2i$ は、スクリーニング調査費用 $C2s_i$ と TV カメラ調査費用 $C2d_i$ の和である。
- ⑥ ケース 1 の調査費用 $C1i$ とケース 2 の調査費用 $C2i$ の差が、スクリーニング調査と TV カメラ調査を組み合わせた場合の調査費用縮減額 Cp_i である。
- ⑦ スクリーニング調査で異常を見落とす延長 $L2o_i$ は、 L_i に経年劣化率 α_i を乗じた延長から TV カメラ調査対象延長 $L2d_i$ を引いた延長である。

- ⑧ スクリーニング調査で異常を見落とす延長 L_{2oi} をスパン数 S_{2oi} に換算するため（リスク単価 U_r がスパン単位であるため）、1 スパン当たりの延長を 33m と仮定した。
- ⑨ リスク保有額 C_{ri} は、スクリーニング調査で異常を見落とすスパン数 S_{2oi} に、リスク単価 U_r を乗じて算出する。なお、リスク単価 U_r （円/スパン）は、下水道管路施設に起因する道路陥没の復旧工事費用の実績に基づき、30 万円/スパンとした。（リスク単価 U_r （円/スパン）の設定根拠については、参考資料 1 に示す。）
- ⑩ 調査費用縮減額 C_{pi} とリスク保有額 C_{ri} を比較し、 C_{pi} が大きい場合に、スクリーニング調査と TV カメラ調査を組み合わせる方が経済的であると判断される。

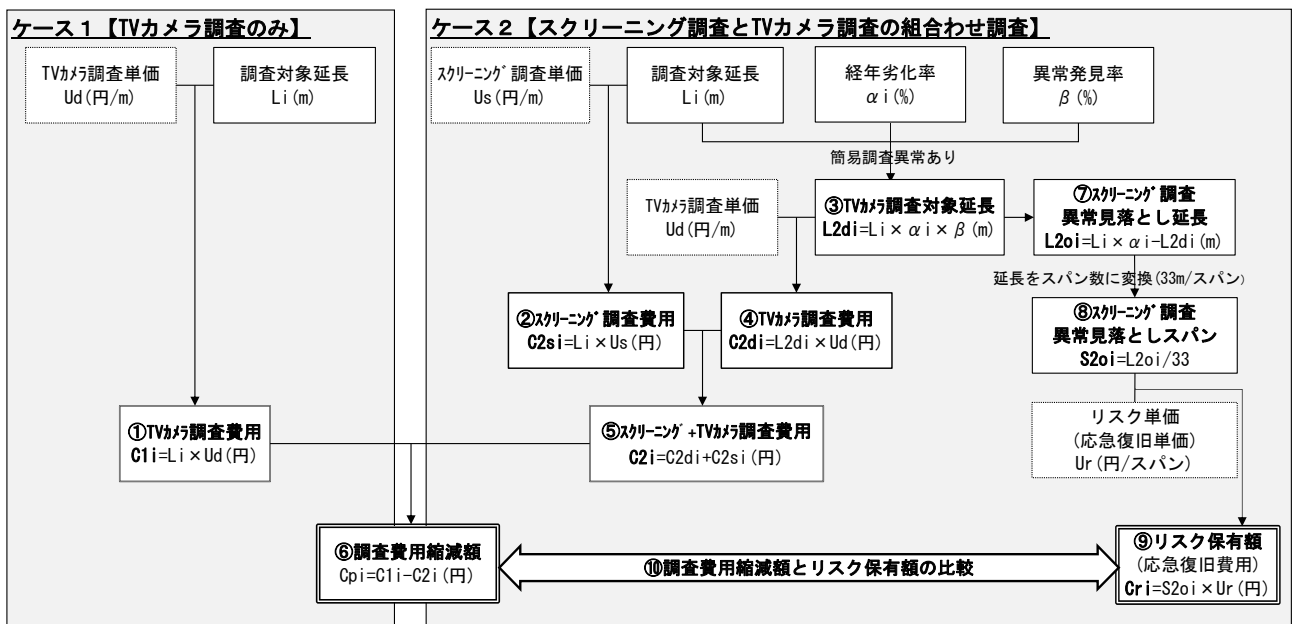


図 2-56 スクリーニング調査導入に係る経済性評価の枠組み

表 2-16 異常発見率 B(%)の設定値

スクリーニング調査技術	鉄筋コンクリート管	陶管	塩化ビニル管
管口カメラ	45	53	45
広角展開カメラ	90	91	88
点検直視型カメラ	85	85	66
洗浄一体型カメラ	74	80	59

2.6.4. 経済性評価の枠組みを用いた試算結果

上述した経済性評価の枠組み及び設定した係数を用いて、調査費用縮減額 C_{pi} とリスク保有額 C_{ri} について、鉄筋コンクリート管、陶管、塩化ビニル管の管種毎に、経過年数 i を 100 年まで計算した結果のグラフを図 2-58～図 2-60 に示す。なお、ケース 1 の TV カメラ調査技術は直視側視式カメラ調査とし、ケース 2 で TV カメラ調査に組み合わせるスクリーニング調査技術は、普及状況や適用範囲を踏まえ、管口カメラ、広角展開カメラ、点検直視（スクリーニング直視）型カメラ、洗浄一体型カメラとした（図 2-57）。また、試算における調査対象の管渠延長は、10,000m (10km)、300 スパン（1 スパン 33m）とした。



図 2-57 経済性試算において TV カメラ調査に組み合わせるスクリーニング調査技術

以下に、図 2-58～図 2-60 に関する考察を述べる。

点線の調査費用縮減額 C_{pi} については、経過年数が小さい時期は、スクリーニング調査後に TV カメラ調査を要する異常箇所数が少ないため、調査費用縮減額が大きく、経過年数の増加に従い調査費用縮減額も減少していく。また、実線のリスク保有額 C_{ri} については、経過年数が小さい時期は異常の発生が少なく、スクリーニング調査で異常を見落とす箇所数も少ないため、リスク保有額も小さく、経過年数の増加に従い異常の見落としによるリスク保有額が増加する。これら、2 つの曲線の交点（以下「損益分岐点」という。）において、ケース 1 とケース 2 の経済性が等しくなる。例えば、図 2-58 において赤色で示す管口カメラ調査を TV カメラ調査の前段で行った場合、損益分岐点における経過年数は 44 年と読み取れる。すなわち、この試算例では、設置から 44 年までの管渠群には、管口カメラ+TV カメラ調査の組合せが経済的であり、それ以上の経過年数の管渠群には、TV カメラ調査のみが経済的であることを示している。

なお、図 2-60 に示す塩化ビニル管の場合は、経過年数 0 年から 100 年の間で損益分岐点は得られなかった。これは、塩化ビニル管の調査データ数および劣化の標本数が少なく、健全率予測式が精度良く求められていないことから、経年劣化率 α_i が全期間において非常に低い値として設定されてしまっていることに起因する。

次に、スクリーニング調査技術の違いに着目する。管口（赤）、点検直視（緑）、洗浄一体型（青）、広角展開（黄）の順に、調査費用縮減額（点線）が大きいう試算結果となった。技術毎に設定される調査単価 U_s が高いほど、また異常発見率 β が大きいほど、調査費用縮減額は小さくなることに起因している。一方、管口（赤）、洗浄一体型（青）、点検直視（緑）、広角展開（黄）の順にリスク保有額（実線）が大きいう試算結果となった。技術毎に設定される異常発見率 β が大きくなるほどリスク保有額は小さくなることに起因している。

ケース	調査費用 縮減額	リスク保有額	損益分岐点の 経過年数
2-1: 管口カメラ + 従来式TVカメラ	——	44年
2-2: 広角展開カメラ + 従来式TVカメラ	——	28年
2-3: 点検直視型カメラ + 従来式TVカメラ	——	44年
2-4: 洗浄一体型カメラ + 従来式TVカメラ	——	32年

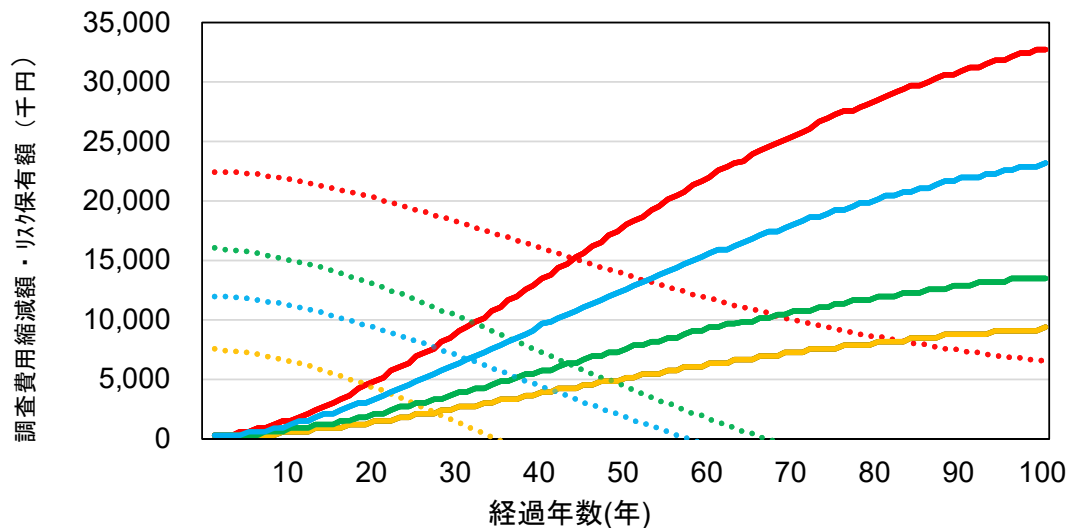


図 2-58 スクリーニング調査と TV カメラ調査の組合せに係る経済性の試算結果 (鉄筋コンクリート管)

ケース	調査費用 縮減額	リスク保有額	損益分岐点の 経過年数
2-1: 管口カメラ + 従来式TVカメラ	——	36年
2-2: 広角展開カメラ + 従来式TVカメラ	——	24年
2-3: 点検直視型カメラ + 従来式TVカメラ	——	35年
2-4: 洗浄一体型カメラ + 従来式TVカメラ	——	28年

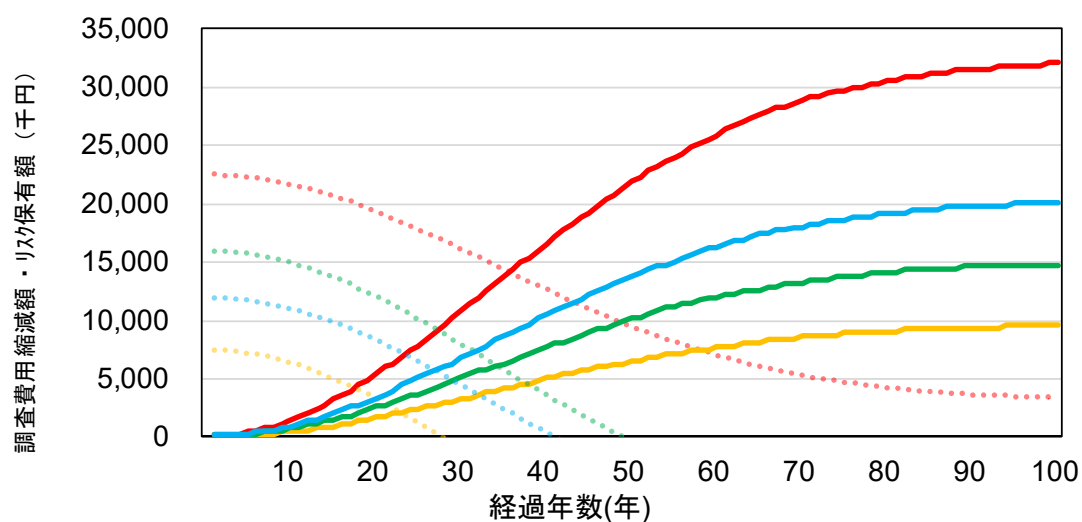


図 2-59 スクリーニング調査と TV カメラ調査の組合せに係る経済性の試算結果 (陶管)

ケース		調査費用 縮減額	リスク保有額	損益分岐点の 経過年数
2-1 :	管口カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降
2-2 :	広角展開カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降
2-3 :	点検直視型カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降
2-4 :	洗浄一体型カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降

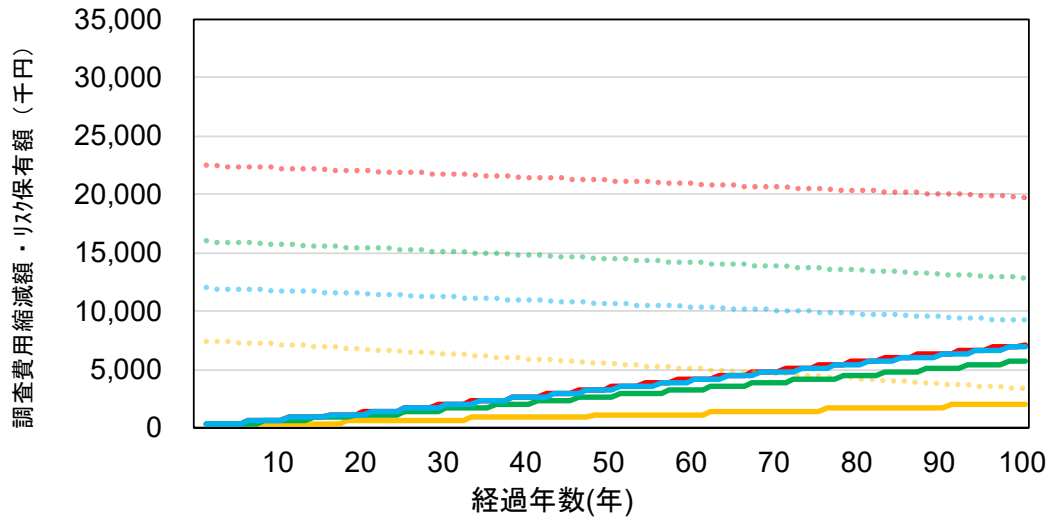


図 2-60 スクリーニング調査と TV カメラ調査の組合せに係る経済性の試算結果 (塩化ビニル管)

2.6.5. 異常発見率を変化させた場合の感度分析

上述の試算で用いた異常発見率 β は既往の研究成果に基づき設定した仮定値であり、実際には現場条件等に応じ幅を持った値であると考えられるため、異常発見率 β の影響を確認するため感度分析を行った。表-2に示す異常発見率 β の設定値に対して $\pm 50\%$ の変動幅を持たせた場合の損益分岐点の経過年数の変化を試算した結果、表 2-17に示すとおり、異常発見率 β を $+50\%$ とした場合、損益分岐点の経過年数は $+2$ 年 $\sim +12$ 年変化した。異常発見率 β を -50% とした場合、損益分岐点の経過年数は -7 年 ~ -14 年変化した。スクリーニング調査の種類毎に見ると、最大で21年（鉄筋コンクリート管で管口カメラのケース）、最小でも9年（陶管で広角展開および洗浄一体型の2ケース）の変動幅が生じた。このように、異常発見率 β の変動は、損益分岐点の経過年数に小さくない影響を与えることが分かった。なお、図 2-60に示すとおり塩化ビニル管については損益分岐点が得られなかったため感度分析の対象外とした。

表 2-17 異常発見率 β を変化させた場合の損益分岐点の経過年数の変化

管種	簡易調査の種類	異常発見率 β	損益分岐点の経過年数	損益分岐点の経過年数の変化	
鉄筋 コンクリート管	管口	+50%	56	12年	127%
		設定値	44	-	-
		-50%	35	-9年	80%
	広角展開	+50%	32	4年	114%
		設定値	28	-	-
		-50%	19	-9年	68%
	点検直視型	+50%	48	4年	109%
		設定値	44	-	-
		-50%	30	-14年	68%
	洗浄一体型	+50%	35	3年	109%
		設定値	32	-	-
		-50%	24	-8年	75%
陶管	管口	+50%	43	7年	119%
		設定値	36	-	-
		-50%	29	-7年	81%
	広角展開	+50%	26	2年	108%
		設定値	24	-	-
		-50%	17	-7年	71%
	点検直視型	+50%	38	3年	109%
		設定値	35	-	-
		-50%	25	-10年	71%
	洗浄一体型	+50%	30	2年	107%
		設定値	28	-	-
		-50%	21	-7年	75%

2.6.6. 経済性評価の枠組みの課題

上述のとおり、スクリーニング調査による TV カメラ調査の”空振り”の回避による調査費用の削減効果、スクリーニング調査技術毎の異常発見率の違い、スクリーニング調査による異常見落としによるリスク保有等、スクリーニング調査導入の得失を考慮した経済性評価の試算の結果、スクリーニング調査導入の損益分岐点が得られるなど、この経済性評価の枠組みをスクリーニング調査の導入検討に活用できる一定の可能性が示唆された一方、地方公共団体における実務に適用するには、係数等の設定に関して更なる検討が必要と考えられる。

例えば、経年劣化率 α_i は、国総研の下水道管渠健全率予測式に基づき算定している。健全率予測式の元となる標本データには偏りがあり、また、経過年数 i の小さい管渠については、劣化している管渠を優先的に調査していることが考えられ、経年劣化率 α_i を過大に評価している可能性がある。また、塩化ビニル管については、健全率予測式が精度良く求められていないことから、引き続き劣化に関するデータの蓄積が必要である。

また、経済性評価の特徴の一つである”見落としリスク”は異常発見率 β により反映される。しかしながら、今回の試算で用いた異常発見率 β は、実証事業で得られた限られたデータに基づき設定した値であるとともに、管渠の状況等に応じて変動する値であると考えられる。上述の感度分析では、 β が $\pm 50\%$ 変動した場合、損益分岐点が、最大で 21 年、最小で 9 年変動するなど、経済性評価に小さくない影響を与えるため、異常発見率 β の現場条件に応じた変動幅の検証等が必要である。

また、リスク単価 U_r は、今回の試算では、下水道管路施設に起因する道路陥没の復旧工事費用と仮定しており、道路陥没に伴う人身・物損事故や交通機能への支障、あるいは下水道サービスの停止等の社会的損失は加味されていない。社会的損失を如何に評価し、どのように経済性評価に盛り込むか、更なる検討が必要である。

なお、スクリーニング調査技術の選定に当たっては、経済性評価に加え調査対象となる管渠の条件と各調査技術の適用範囲（スパン延長、管種、口径、土被り、マンホールサイズ、下水の流下状況、段差・曲がりへの対応等）を含めて総合的に考慮して決定する必要があることに留意が必要である。各調査技術の適用範囲については、既往研究⁴⁾に参考情報が記載されている。

2.7. ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価

地方公共団体における実際の下水道管渠データを用いて、2.6.3 に示した経済性評価手法のケーススタディを行った。本ケーススタディでは、社会情勢の変化（特に人口減少）に対応した下水道事業のあり方についても考察する観点から、今後人口減少が予想される都市をモデル都市として選定した。

2.7.1. ケーススタディの方法

ケーススタディは、モデル都市の下水道管渠のうち、管径 800mm 以上の管と圧送管を除いたうえで、中心市街地とその周辺の約 100~200km 程度の管渠を抽出して実施した。800mm 以上の管渠については、調査員が管渠内に入って目視する潜行目視調査が行われることが多いこと、中小都市においてはスクリーニング調査が行われることが少ないことから対象から除外した。また、圧送管についても調査方法が自然流下管と異なることから除外した。経済性評価の方法については 2.6.4 で示した方法を用いて、管種毎に損益分岐点の経過年数を算定し、損益分岐点より経過年数の小さい管渠群に対しては TV カメラ調査とスクリーニング調査の組合せ調査を適用し、損益分岐点より経過年数の大きい管渠群に対して

はTVカメラ調査のみを実施するという「最適ケース」をスクリーニング調査の種類ごとに設定し、TVカメラ調査のみを実施するケースと比較した。さらに、将来予想される人口減少を踏まえ、人口減少に伴う下水道使用料収入の減少を想定したシナリオで試算を行った。

2.7.2. モデル都市の概要

モデル都市は人口約7万9千人(2020年度末時点)を有し、市内を流れる河川により形成された平地(沖積氾濫原)の上に市街地が広がっている。中心市街地は鉄道駅を中心に発展したが、大規模商業施設の立地等により郊外に新市街地が形成され中心市街地の空洞化が進んだ。人口は2000年に約9万6千人であったが、この20年で約2割減少した。

下水道事業に関しては、市街地の雨水排除を目的に1951年に事業着手、1973年度に下水処理場の運転が開始された。また、ストックマネジメント計画を策定し調査に基づく計画的な改築を実施している。現在の管渠延長は約500km、下水道普及率は約88%(2020年度末時点)である。軟弱地盤のため不同沈下による上下方向のたるみが多く見られるとのことである。また、管路の包括的民間委託を導入しており、清掃・点検・調査・修繕を一体的に民間企業へ委託している。下水道職員数は1998年に21人であったが2018年には7人と1/3にまで減少した。ケーススタディの対象とした管渠は約119kmで、管種や経過年数の状況は図2-63および図2-64のとおりである。鉄筋コンクリート管、塩化ビニル管の割合がそれぞれ約1:2であり塩化ビニル管が占める割合が高い。ケーススタディで調査対象とした管種別および経過年数別の管渠の平面図をそれぞれ図2-61と図2-62に示す。また、調査対象管渠の管種別割合を図2-63に、経過年数別延長を図2-64に示す。

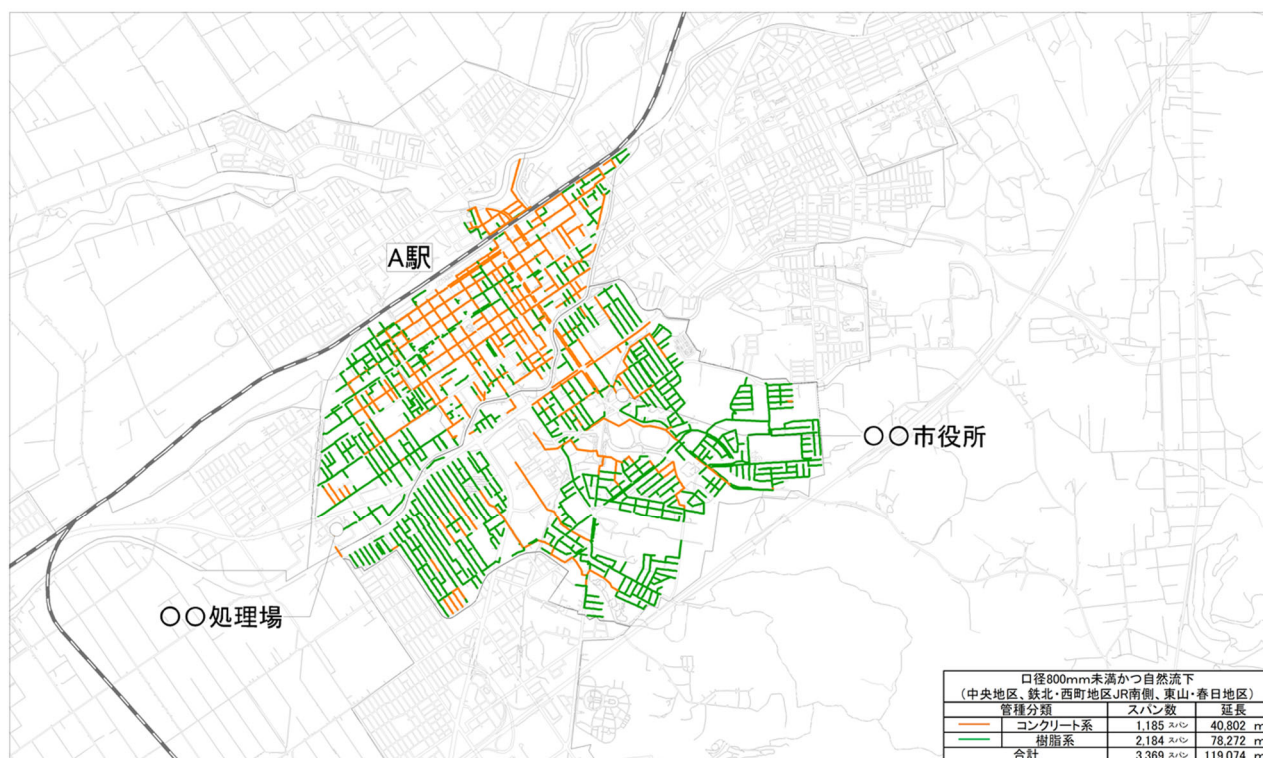


図 2-61 調査対象管渠平面図 (管種別)

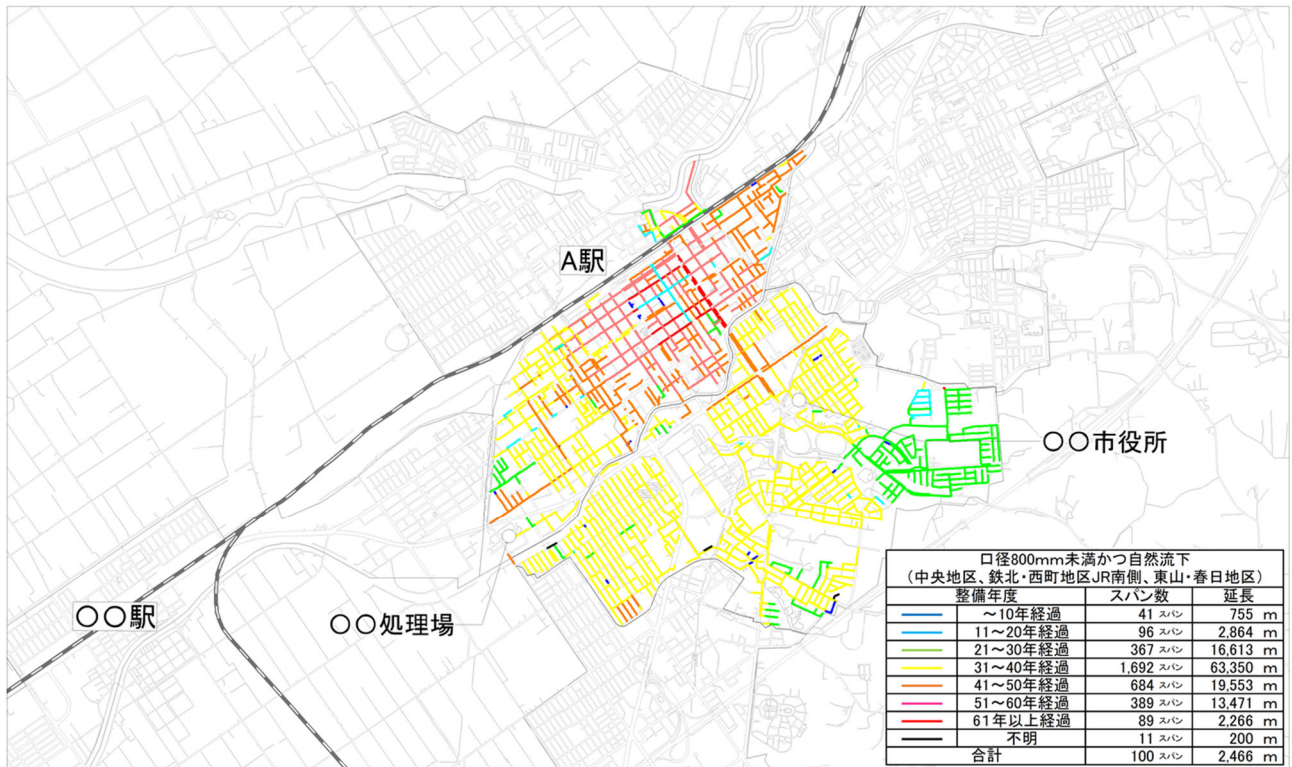


図 2-62 調査対象管渠平面図（経過年数別）

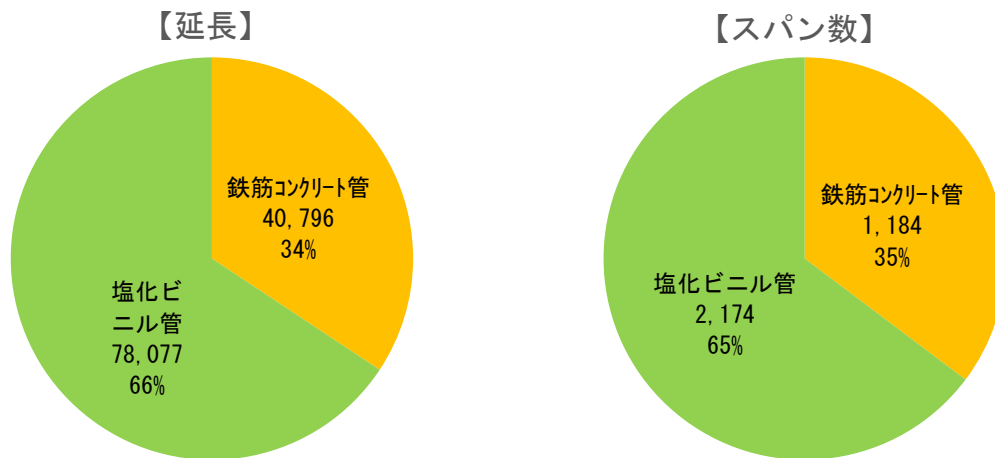


図 2-63 調査対象管渠の管種別割合

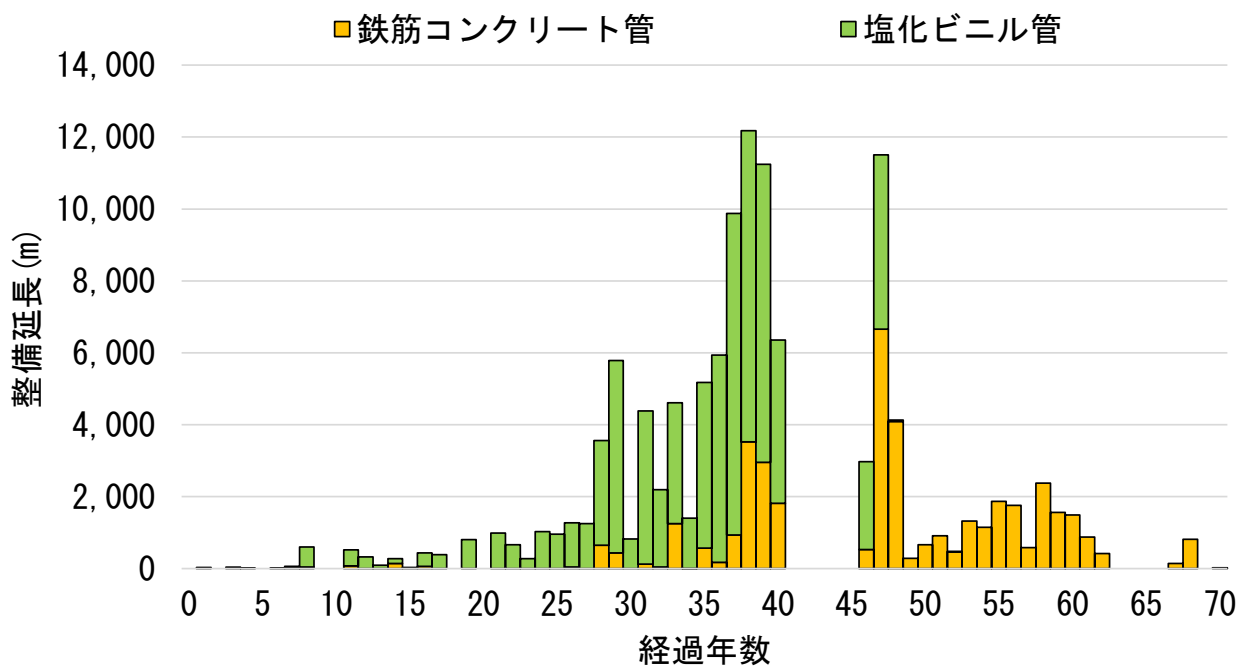


図 2-64 調査対象管渠の経過年数別延長

2.7.3. ケーススタディの試算結果

(1) スクリーニング調査の組合わせの効果

表 2-18 に、ケーススタディの試算結果を示す。また、図 2-65 は、表 2-18 の青地で示す項目をグラフ化したものである。

いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより 12～56%の総費用削減効果が認められた。これは、図 2-64 の経過年数別延長からも分かる通り、調査対象の管渠の多くが 50 年未満と若く、表 2-18 に示す損益分岐点の経過年数に達していない管渠が多い為である。特に、塩化ビニル管にスクリーニング調査を導入する費用削減効果が大きく、これは塩化ビニル管の損益分岐点の経過年数が 70 年以上となり、全ての塩化ビニル管にスクリーニング調査を導入するメリットが働いた為である。なお、A 市に対して国総研がヒアリングを行ったところ、管渠の不同沈下が多く見られることから、洗浄一体型カメラを活用しこまめに洗浄を行って、機能確保を図っているとのことであった。

以上のケーススタディ結果を踏まえると、2.6.3 で提示した経済性評価手法は、管種や経過年数さらにはスクリーニング調査による見落としリスクを加味した形で、スクリーニング調査を組み合わせることの経済性評価を行うことが可能であり、地方公共団体における点検・調査技術の選定に際し、定量的かつ客観的な評価を行うための一つの手法となり得ることが確認できた。

表 2-18 ケーススタディの試算結果

スクリーニング調査技術		2-1	2-2	2-3	2-4
		管口カメラ	広角展開カメラ	点検直視型カメラ	洗浄一体型カメラ
損益分岐点の経過年数	鉄筋コンクリート管	62 年	29 年	62 年	47 年
	塩化ビニル管	70 年以上	70 年以上	70 年以上	70 年以上
試算結果	TVカメラ調査のみ (A)	338,789 千円			
	最適組合せケース (B)=(a)+(b)	147,515 千円	298,524 千円	219,043 千円	267,485 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (a)	92,915 千円	292,224 千円	189,043 千円	243,785 千円
	リスク保有額 (b)	54,600 千円	6,300 千円	30,000 千円	23,700 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	191,274 千円	40,265 千円	119,746 千円	71,304 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	56% 縮減	12% 縮減	35% 縮減	21% 縮減
(内訳) 鉄筋コン クリート 管	TVカメラ調査のみ (A)	116,269 千円			
	最適組合せケース (B)=(a)+(b)	82,501 千円	115,827 千円	97,336 千円	112,617 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (a)	45,601 千円	115,827 千円	82,036 千円	106,617 千円
	リスク保有額 (b)	36,900 千円	0 千円	15,300 千円	6,000 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	33,768 千円	442 千円	18,933 千円	3,652 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	29% 縮減	0.4% 縮減	16% 縮減	3% 縮減
	(備考)	61年までスクリーニング+TV 62年以降TVのみ	28年までスクリーニング+TV 29年以降TVのみ	61年までスクリーニング+TV 62年以降TVのみ	46年までスクリーニング+TV 47年以降TVのみ
(内訳) 塩化ビニ ル管	TVカメラ調査のみ (A)	222,520 千円			
	最適組合せケース (B)=(a)+(b)	65,015 千円	182,697 千円	121,707 千円	154,868 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (a)	47,315 千円	176,397 千円	107,007 千円	137,168 千円
	リスク保有額 (b)	17,700 千円	6,300 千円	14,700 千円	17,700 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	157,505 千円	39,823 千円	100,813 千円	67,652 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	71% 縮減	18% 縮減	45% 縮減	30% 縮減
	(備考)	全てスクリーニング+TV	全てスクリーニング+TV	全てスクリーニング+TV	全てスクリーニング+TV

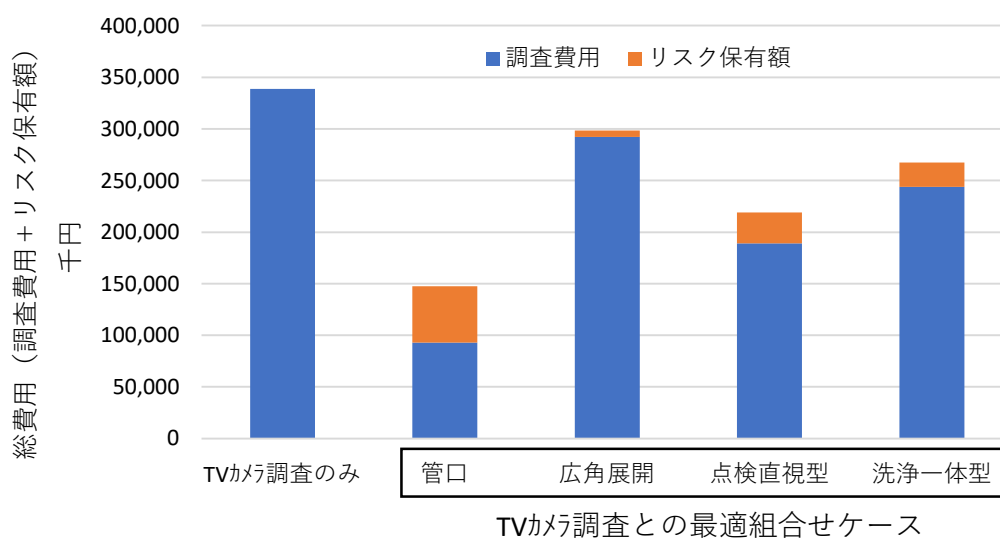


図 2-65 ケーススタディの試算結果

(2) 人口減少の影響を考慮したケーススタディ

ここでは、将来予想される人口減少を踏まえ、人口減少に伴う下水道使用料収入の減少を想定したシナリオ（以下、「人口減少シナリオ」という。）で試算を行った。人口減少シナリオは、2045年の人口推計¹²⁾を基に現在人口からの減少率を求め、それと同じ割合で下水道使用料の収入が減少し、結果として調査実施可能延長も減少すると仮定した。試算方法の概要を図2-66に示す。なお、収入減により調査を実施しないとした延長のうち、異常ありの延長と調査を実施した延長のうち見落しの延長をリスク保有額として示した。

具体的には、表2-19に示すとおり、モデル都市の人口が2045年に2015年時点の人口の56%にまで減少すると予想されていることから、調査延長についても56%に留まるものとして試算を行った。人口減少シナリオのケーススタディで調査対象とした管種別および経過年数別の管渠の平面図をそれぞれ図2-67と図2-68に示す。

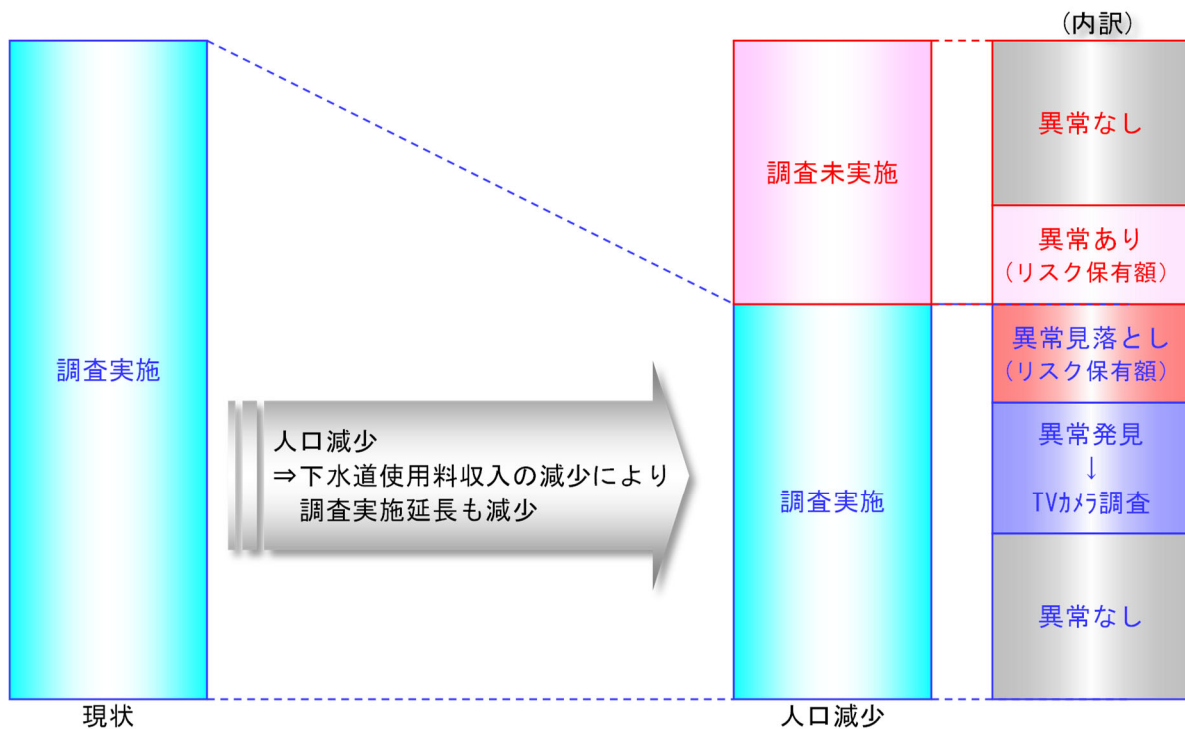


図 2-66 人口減少シナリオのケーススタディの計算方法

表 2-19 モデル都市における行政人口の将来推計

年 度	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
行政人口(人)	84,499	78,591	72,377	66,101	59,865	53,640	47,586
人口割合	100(%)	93(%)	86(%)	78(%)	71(%)	63(%)	56(%)

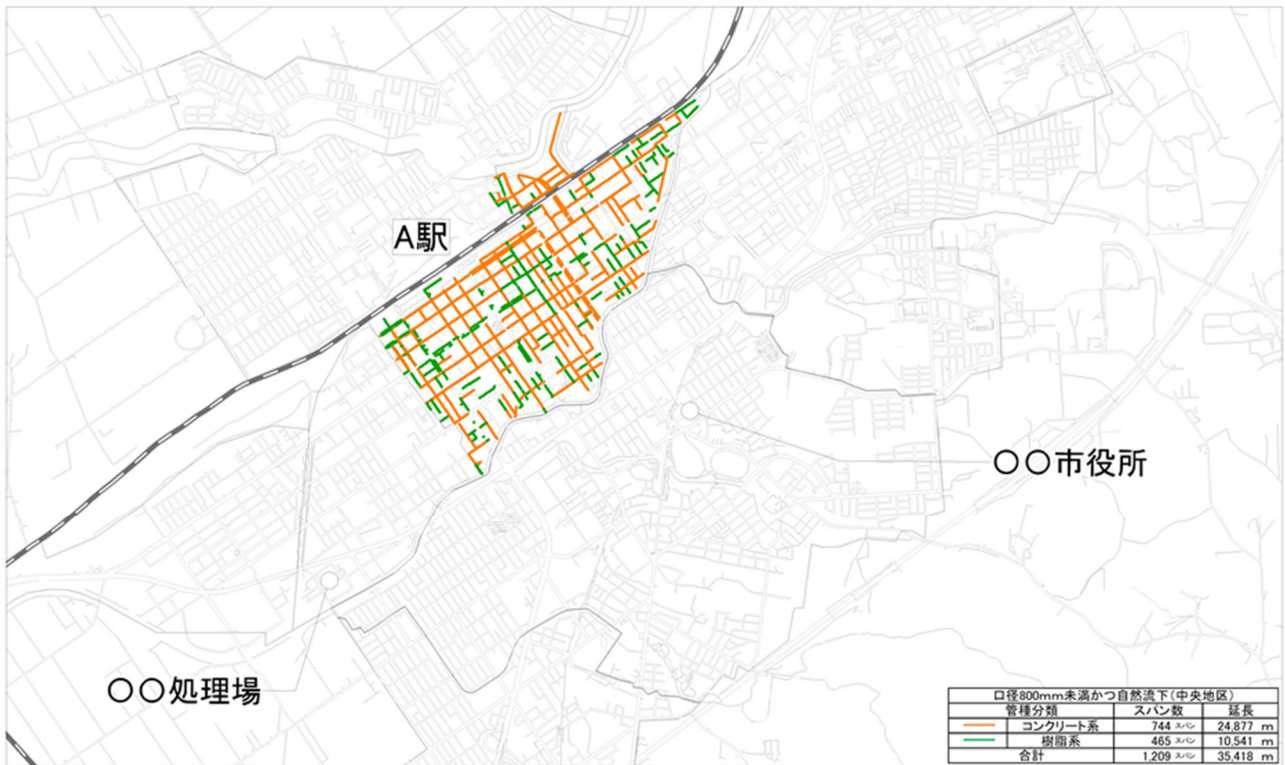


図 2-67 人口減少シナリオにおける調査対象管渠平面図 (管種別)

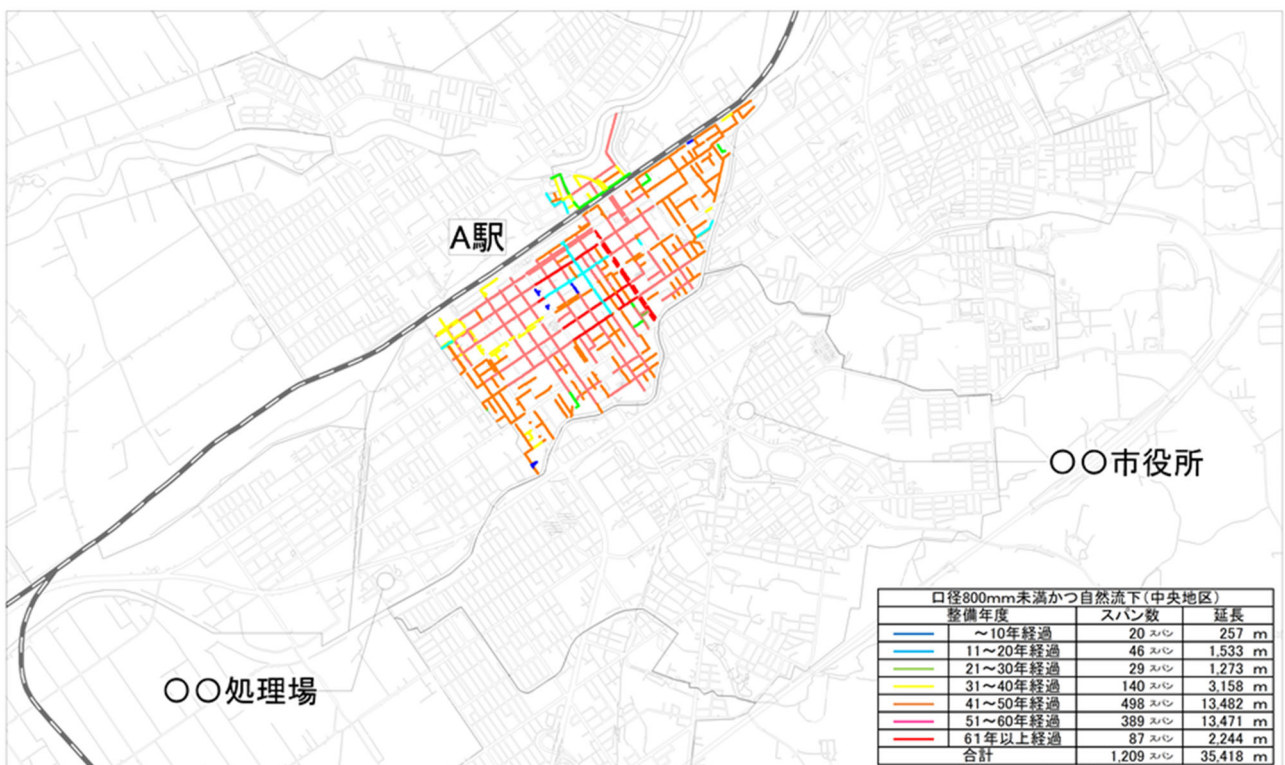


図 2-68 人口減少シナリオにおける調査対象管渠平面図 (経過年数別)

表 2-20 に、人口減少シナリオにおけるケーススタディの試算結果を示す。また、図 2-69 は、表 2-20 の青地で示す項目をグラフ化したものである。いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより 5～35%の総費用削減効果が認められ、通常ケースと比較し調査対象管渠延長が 56%に減少したため削減幅は小さくなったが、同様の傾向となった。

また、図 2-70 に、通常ケースと人口減少ケースを比較したグラフを示す。調査延長の減少に伴い、調査費用が減少するのは当然だが、調査量の減少（未調査）に伴うリスク保有額を加味することで、管口カメラの場合は調査量を減少させても経済性はほぼ同等との結果となった。このように、リスク保有額を考慮することで、調査量減少の影響を費用換算し定量的に評価することが可能となることが示唆された。

表 2-20 人口減少シナリオにおけるケーススタディの試算結果

スクリーニング調査技術		2-1	2-2	2-3	2-4
		管口カメラ	広角展開カメラ	点検直視型カメラ	洗浄一体型カメラ
損益分岐点の経過年数	鉄筋コンクリート管	62 年	26 年	62 年	26 年
	塩化ビニル管	70 年以上	70 年以上	70 年以上	70 年以上
試算結果	TVカメラ詳細調査のみ (A)	228,473 千円			
	(内訳) TVカメラ調査費用 (a)	188,873 千円			
	未調査リスク保有額 (b)	39,600 千円			
	最適組合せケース (B)=(c)+(d)+(e)	148,127 千円	216,858 千円	181,881 千円	204,020 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (c)	62,027 千円	169,758 千円	114,081 千円	153,020 千円
	未調査リスク保有額 (d)	39,600 千円			
	スクリーニング 調査見落としリスク保有額 (e)	46,500 千円	7,500 千円	28,200 千円	11,400 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	80,346 千円	11,615 千円	46,592 千円	24,454 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	35% 縮減	5% 縮減	20% 縮減	11% 縮減
(内訳) 鉄筋コンクリート管	TVカメラ詳細調査のみ (A)	110,656 千円			
	(内訳) TVカメラ調査費用 (a)	95,656 千円			
	未調査リスク保有額 (b)	15,000 千円			
	最適組合せケース (B)=(c)+(d)+(e)	89,379 千円	110,444 千円	101,337 千円	110,277 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (c)	39,279 千円	95,444 千円	68,937 千円	95,277 千円
	未調査リスク保有額 (d)	15,000 千円			
	スクリーニング 調査見落としリスク保有額 (e)	35,100 千円	0 千円	17,400 千円	0 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	21,277 千円	212 千円	9,319 千円	379 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	19% 縮減	0% 縮減	8% 縮減	0% 縮減
(内訳) 塩化ビニル管	TVカメラ詳細調査のみ (A)	117,817 千円			
	(内訳) TVカメラ調査費用 (a)	93,217 千円			
	未調査リスク保有額 (b)	24,600 千円			
	最適組合せケース (B)=(c)+(d)+(e)	58,748 千円	106,414 千円	80,544 千円	93,743 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (c)	22,748 千円	74,314 千円	45,144 千円	57,743 千円
	未調査リスク保有額 (d)	24,600 千円			
	スクリーニング 調査見落としリスク保有額 (e)	11,400 千円	7,500 千円	10,800 千円	11,400 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	59,070 千円	11,403 千円	37,273 千円	24,074 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	50% 縮減	10% 縮減	32% 縮減	20% 縮減

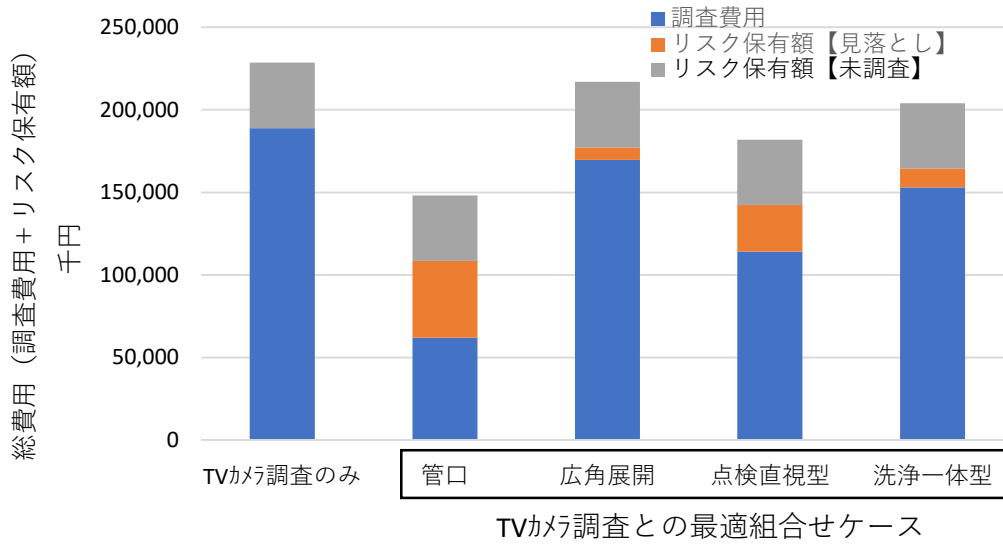


図 2-69 人口減少シナリオにおけるケーススタディの試算結果

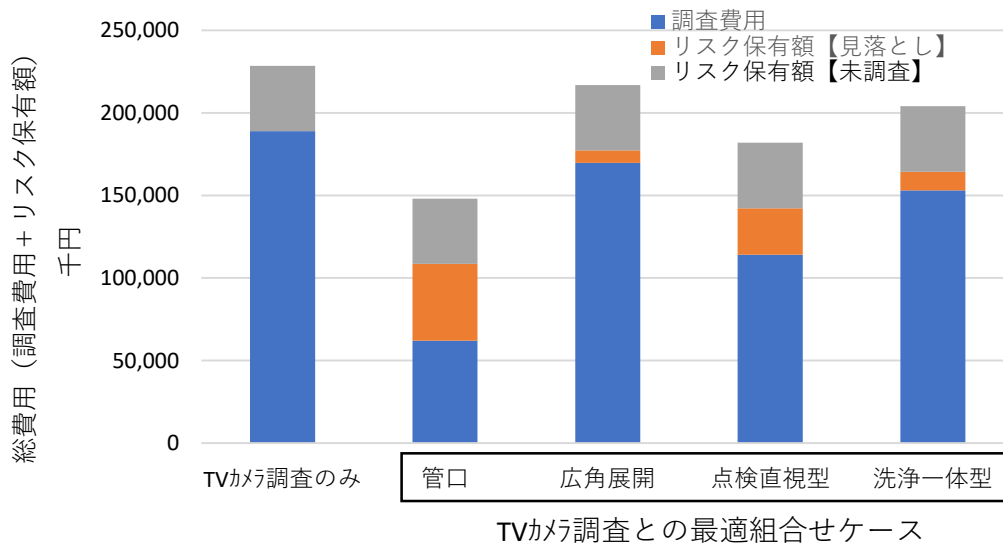


図 2-70 通常ケースと人口減少ケースの比較

2.8. まとめ

本章では、管種等に応じた点検・調査技術の選定手法を提示することを目的に検討を行い、以下の成果を得た。

2.1. 「下水道管きよ劣化データベース」の充実

地方公共団体より提供された管渠の調査結果データ約 18 万スパンを劣化データベース（分析用）に追加し、合計約 45.5 万スパンとした。また、劣化データベース（公開用）には約 6 万スパンを追加し合計約 31 万スパンとし、令和 3 年 6 月に公表した。劣化データベース（公開用）は、地方公共団体における点検・調査優先箇所や改築需要予測の検討に活用されることが期待される。

2.2. 「下水道管きよ健全率予測式」の作成

劣化データベース（分析用）のデータを用い最新の健全率予測式を導出し、令和 3 年 6 月に公表した。健全率予測式は、地方公共団体における点検・調査優先箇所や改築需要予測の検討に活用されることが期待されるとともに、本研究における様々な検討に用いられた。

2.3. 下水道管渠の劣化傾向の分析

劣化データベース（分析用）のデータを用い、管渠条件と異常発生との関係を定性的に分析した。

（鉄筋コンクリート管）

- ・ 経過年数が増加するほど破損が発生したスパンの割合が増加する。
- ・ 土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する。
- ・ 経過年数が増加するほど取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する。
- ・ その他の異常については、経過年数などの管渠条件との関連性は見られなかった。

（陶管）

- ・ 経過年数が増加するほど破損およびクラックが発生したスパンの割合が増加する。鉄筋コンクリートと比較すると陶管の方が比較的短い経過年数で破損およびクラックが発生する傾向にあった。
- ・ 土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する。
- ・ 経過年数が増加するほど取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する。
- ・ その他の異常については、経過年数などの管渠条件との関連性は見られなかった。

（塩化ビニル管）

- ・ データ数が少ないこともあり、管渠条件と異常発生に関する特徴的な傾向は確認されなかった。更なるデータ収集・蓄積が必要であるとともに、他の管渠条件（管径、路線延長、スパン内管本数、道路種別、歩車道区分等）と劣化の関係性を確認することも必要と考えられる。

2.4. 点検・調査技術の性能等の実態把握および体系化

スクリーニング調査など新技術の開発加速により多様化が進む下水管渠点検・調査技術に関し、企業へのヒアリング等を通じ、その技術概要や適用範囲等を調査し、整理体系化した。地方公共団体が、点検・調査技術を選定する際の参考資料として活用されることが期待される。作成した体系図は、「維持管理情報を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（管路施設編）-2020年版¹¹⁾」（以下、「維持管理情報起点マネジメントガイドライン」という。）に反映された。

2.5. 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討

中小規模の地方公共団体を対象に、施設の重要度に応じた「劣化保有率」を設定することで、点検・調査の頻度を設定する方法を示した。従来手法（信頼性重視保全）と比較して設定が容易であり、維持管理情報が少なく独自に点検・調査頻度の設定が困難な地方公共団体における活用が期待される。本手法は、「維持管理情報起点マネジメントガイドライン」に反映された。

2.6. 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討

スクリーニング調査導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施のフロー（案）を示した上で、スクリーニング調査導入の経済性評価の枠組みの基礎的な検討を実施した。本検討では、TVカメラ調査の“空振り”回避効果や、異常見落としによるリスク保有等のスクリーニング調査の得失を考慮した経済性評価の枠組みを用いた試算により、スクリーニング調査導入の損益分岐点が得られるなど、この経済性評価の枠組みをスクリーニング調査の導入検討に活用できる一定の可能性が示唆された。

今後の課題として、この経済性評価の枠組みを地方公共団体の実務に適用できる熟度に高めて行くためには、スクリーニング調査技術の異常発見率の現場条件に応じた変動幅の検証や、道路陥没に伴う人身・物損事故や交通機能への支障、あるいは下水道サービスの停止等の社会的損失の反映方法等について更なる検討が必要である。

2.7. ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価

モデル都市における実際の管渠データを用いたケーススタディを行った結果、いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより12～56%の総費用削減効果が認められた。また、人口減少シナリオにおいても、いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより5～35%の総費用削減効果が認められた。

ケーススタディより、2.6.3で示した経済性評価の枠組みを用いることで、管種や経過年数さらにはスクリーニング調査による見落としリスク、調査量減少による未調査リスクを加味した経済性評価を行うことが可能となり得ることが示唆された。

【参考文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所下水道研究部. “下水道管きょ劣化データベース 2021 Ver.3”. www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html
- 2) 国土技術政策総合研究所下水道研究部. “下水道管きょ健全率予測式 2021”. <https://tiisys.com/wp-content/uploads/2021/06/210616gesuidoukankyokenzenritsu.pdf>

- 3) 木暮仁. “ワイブル分布とバスタブ曲線”. <http://www.kogures.com/hitoshi/webtext/stat-weibull-bunpu/index.html>, (参照 2022-02-02)
- 4) 日本下水道協会. 下水道維持管理指針 実務編 -2014 年版-.
- 5) 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 年度国土技術政策総合研究所講演集, 国総研資料第 759 号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 2013, p.45-64.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0759pdf/ks075909.pdf>
- 6) 日本下水道協会: 下水道統計、第 76 号 (令和元年度版) .
- 7) 日本下水道協会: 下水道統計、第 72 号 (平成 27 年度版) ~第 76 号 (令和元年度版) .
- 8) 国土技術政策総合研究所下水道研究室: 国総研資料 No. 876 B-DASH プロジェクト No.7 スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン (案)、2015.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0876.htm>
- 9) 国土技術政策総合研究所下水道研究室: 国総研資料 No. 1149 B-DASH プロジェクト No.33 ICT を活用した総合的な段階型管路診断システムの技術導入ガイドライン (案)、2021.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1149.htm>
- 10) 横田敏宏; 深谷渉; 宮本豊尚; 野澤正裕, 下水道管きよのストックマネジメント導入促進に関する調査. 平成 23 年度下水道関係調査研究年次報告書集, 国総研資料第 731 号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 2013, p.13-22.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0731pdf/ks073104.pdf>
- 11) 国土交通省下水道部; 国総研下水道研究部. 維持管理情報を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン (管路施設編) -2020 年版-.
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001338706.pdf>
- 12) 国立社会保障・人口問題研究所. 日本の地域別将来推計人口ー平成 27 (2015) ~57 (2045) 年ー, 2018.

3. 維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発

本章では、3.1 で多種多様な修繕・改築工法について文献調査および民間協会・企業ヒアリングを通じ適用範囲等を整理した。また、地方公共団体へのアンケートにより地方公共団体における修繕・改築工法の実績や維持管理情報を活用して修繕・改築の工法選定等の判断を行った事例を調査した。

3.2 では、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するため、修繕・改築工法の詳細な選定フローを提示した上で、詳細検討すべき工法の種類の絞り込み（一次選定）、適用条件に対する検討（2次選定）および経済性比較手法を検討した。

3.1. 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理

3.1.1. 修繕・改築工法の適用範囲等の整理

(1) 修繕・改築工法の分類

修繕・改築工法の分類は、ストックマネジメントガイドライン¹⁾においてそれぞれ図 3-1 および図 3-2 のとおり示されている。しかしながら、これらの分類項目の中にも企業や協会毎に多様な工法が存在する。そこで、適用範囲等を整理するにあたり、まず、表 3-1 のガイドラインや技術資料を参考に、現在活用されている修繕・改築工法の詳細分類をそれぞれ表 3-2 および表 3-3 の通り整理した。

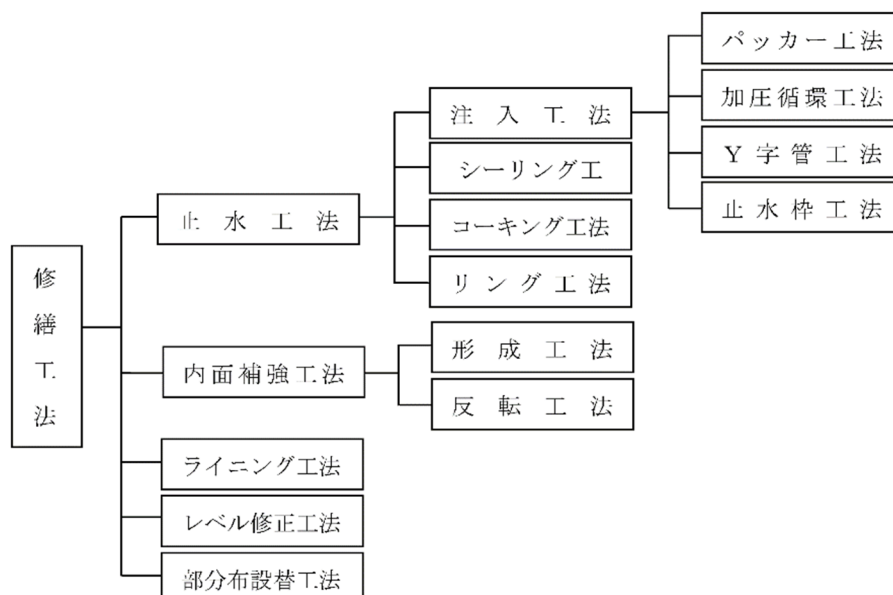


図 3-1 スtockマネジメントガイドラインにおける修繕工法の分類¹⁾

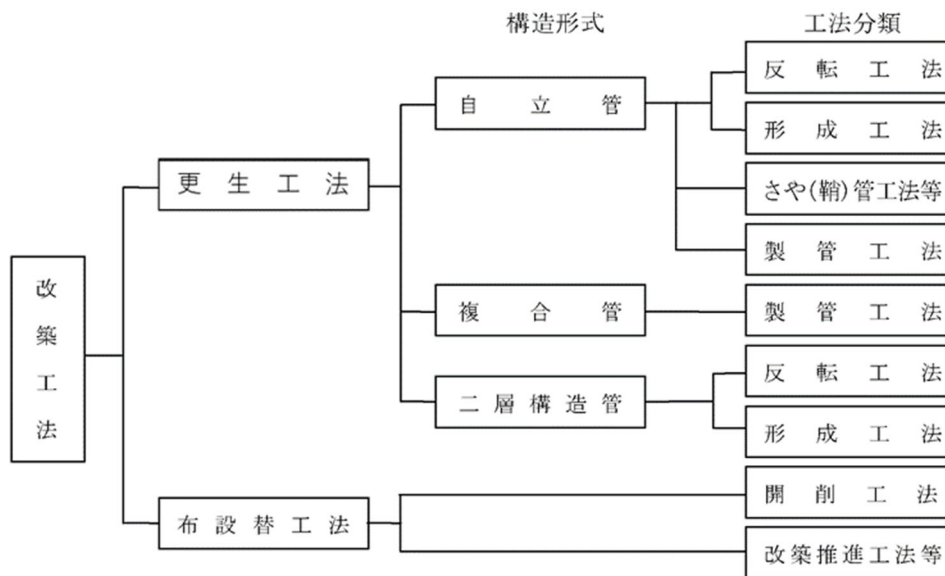


図 3-2 スtockマネジメントガイドラインにおける改築工法の分類

表 3-1 修繕・改築工法の分類に用いたガイドライン及び技術資料

番号	ガイドライン・技術資料名	発行者
1	下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン 2015年版	国土交通省
2	管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン 2017年版	日本下水道協会
3	下水道維持管理指針 実務編 2014年版	日本下水道協会
4	水道管きょ改築等の工法選定手引き(案)平成14年5月	日本下水道協会
5	下水道施設維持管理積算要領 管路施設編 2011年版	日本下水道協会
6	建設技術審査証明書	日本下水道新技術機構
7	管きょの長寿命化を目的とした部分改築工法の開発に関する技術資料 2014年7月	日本下水道新技術機構
8	下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティング・マニュアル(案)平成28年版	管路診断コンサルタント協会
9	推進工法用設計積算要領 改築推進工法編 2013年	日本推進技術協会
10	管きょの修繕に関する設計・施工の手引き(案)平成26年5月	公益社団法人日本下水道管路管理業協会
11	下水道管きょ更生工法の選定比較マニュアル	下水道技術研究会
12	各工法協会等の技術資料	各工法協会

表 3-2 修繕工法の詳細分類

工法分類		工法名	
修繕工法	止水工法	注入工法	パッカー方式
			加圧循環方式
			Y字管工法
			止水棒方式
		シーリング工法	シーリング工法
		コーキング工法	Vカット工法
		リング工法	スナップロック工法
	内面補強工法	形成工法	EPR工法
			ASS工法
			ASS-L・H工法
			パートライナー工法
			FRP内面補強工法（熱硬化）
			FRP内面補強工法（光硬化）
			LC工法
			CP工法
			ALPS工法
			ブラボ・KA-TE工法
			エバーフ工法
	ライニング工法	塗布方式	スプレーウォール工法
			パイロキープTS工法
			PSライニング工法
			セラミックライニング工法
			ダブルプロテクトライニング工法
		（塗布+貼付）方式	クリスタルライニング工法
			PSシート工法
			フラップス工法
	レベル修正工法		スコープ工法
		U. G. S工法	
部分布設替工法			

表 3-3 改築工法の詳細分類

工法分類			工法名		
改築工法 (更生工法)	自立管	反転工法	熱硬化	SGICP工法	標準・速硬化 ノンスチレン
				SGICP-G工法	基準達成型
				SDライナー工法	SDライナー
				インシチュフォーム工法	「基準達成型」スタンダードB スタンダードノンスチレン
				GROW (グロー) 工法	
				G-ONE工法	スタンダード 高強度タイプ
				スルーリング工法	
				エポフィット工法	PF CG 「基準達成型」EG
				ARISライナー	
				Tow-Wayライニング	TWS TWG1
				ホースライニング工法	
		形成工法	熱形成	EX工法	
				オメガライナー工法	
				ポリエチレン・コンパクトパイプ工法	
				バルテム・フレップ工法	
			熱硬化	FFT-S工法	「基準達成型」Gタイプ
				オールライナー工法	標準ライナー
				オールライナーZ工法	
				ノーディパイプ工法	
				バルテムSZ工法	「基準達成型」SZライナーSH SZライナーSR
				SDライナー工法	SDライナーII
	K-2工法				
	光硬化		インシチュフォーム工法	「基準達成型」高強度ガラス	
			シームレスシステム工法	「基準達成型」Sタイプ 「基準達成型」SIIタイプ Lタイプ	
			SLH工法		
			アルファライナー工法		
	熱硬化・光硬化	エコハイブリットライナー工法			
	さや管工法	強ブラ管鞘管工法			
		ボックス工法			
		RPC工法			
		CS工法			
		P-ファイン工法			
		ファイン工法			
		KanaSlip工法			
	製管工法	SPR-SE工法			
	複合管	製管工法	3Sセグメント工法		
			SPR工法	元押し式 (製管後注入) 自走式 (製管後注入) 自走式 (製管同時注入)	
			ダンピー工法		
			SWライナー工法		
			バルテム・フローリング工法		
			クリアフロー工法		
ストリング工法					
エスロヒート下水熱らせん更生型			1条プロファイル 2条プロファイル		
PFL工法					
改築工法 (布設替工法)	開削工法				
	改築推進工法 等				

(2) 修繕工法の概要

修繕工法の概要は以下のとおりである。

① 注入工法

マンホール内または管渠内に作業員が潜行もしくはパッカー等の治具を設置し止水材を注入する工法。施工実績は多い。

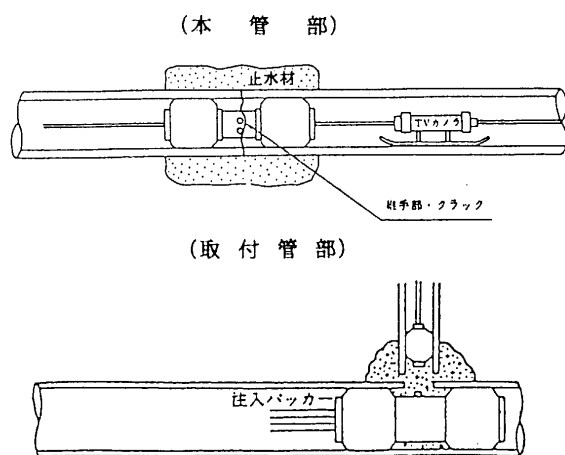


図 3-3 パッカー工法概要図

(「維持管理積算要領」²⁾より引用)

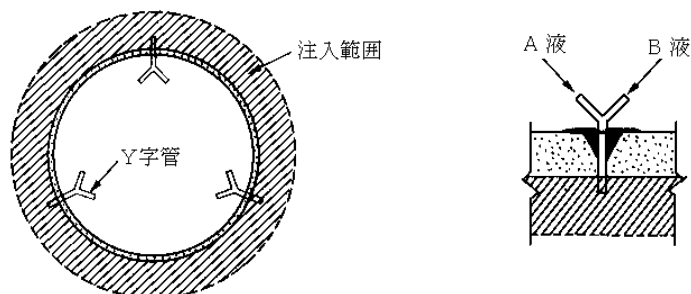


図 3-4 Y字管工法概要図

(「維持管理積算要領」 p.130 より引用)

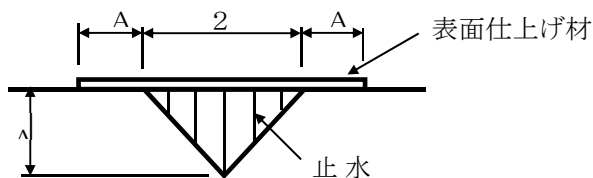


図 3-5 Vカット工法補修標準断面図

(「維持管理積算要領」²⁾より引用)

② シーリング工法及びコーキング工法

注入工法と同様にシーリング材やコーキング材を充填する工法。施工実績は比較的多い。

①注入工法、②シーリング工法及びコーキング工法を集約して「注入・充填工法」とする。

③ リング工法

円筒状のスリーブ材を機械により管渠内に引き込み、拡径して管渠内面に圧着させる工法。施工実績は比較的多い。

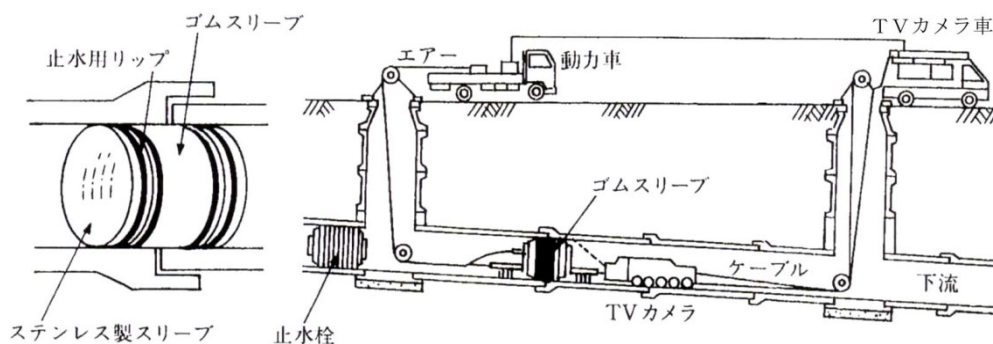


図 3-6 リング工法の例

(「維持管理指針」(実務編) 3) より引用)

④ 内面補強工法（部分更生工法）

補修材を機械により管渠内に引き込み、加圧して管渠内面に圧着させ、常温または熱や光により硬化させる工法。施工実績は比較的多い。内面補強工法は、修繕に分類されているが、その施工方法から「部分更生工法」とも呼ばれている。部分更生工法の取り扱いや検討課題について参考資料 2 に詳述する。

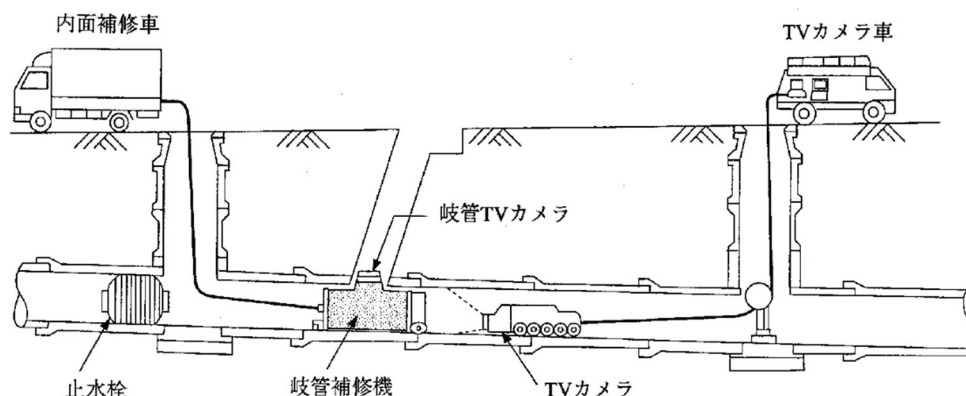


図 3-7 内面補強工法（部分更生工法）の例

(「維持管理指針」(実務編) 3) より引用)

⑤ ライニング工法

構造物の内面に被覆材を塗布もしくは設置する工法。防食を目的としており、主にマンホールを対象とした工法。

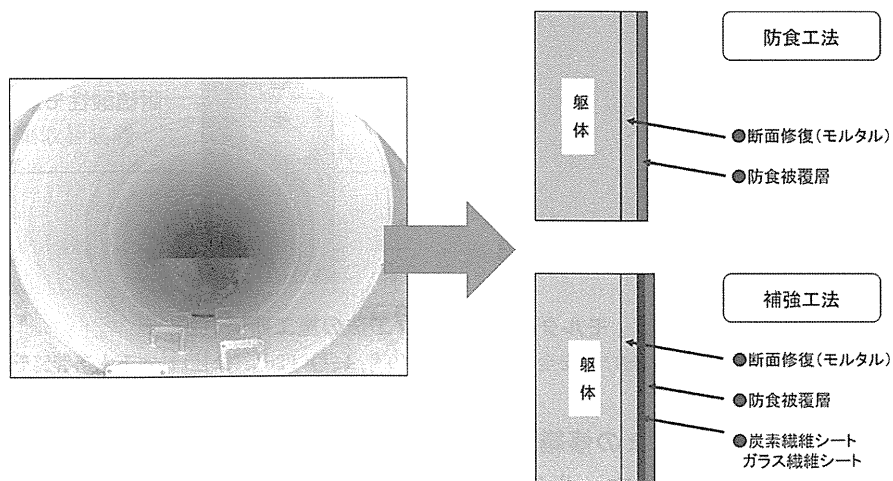


図 3-8 塗布型ライニング工法の例
(「管路管理マニュアル」⁴⁾より引用)

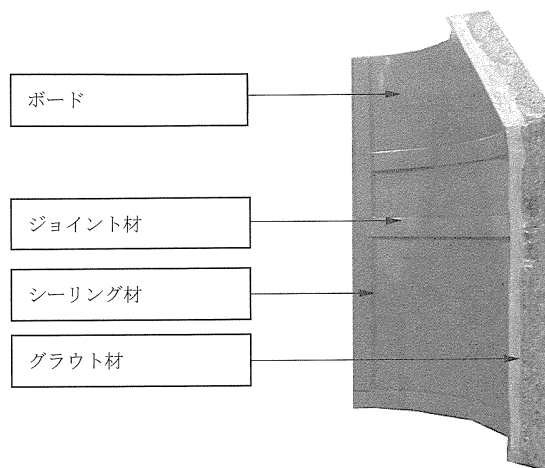


図 3-9 シートライニング工法の例
(「管路管理マニュアル」⁴⁾より引用)

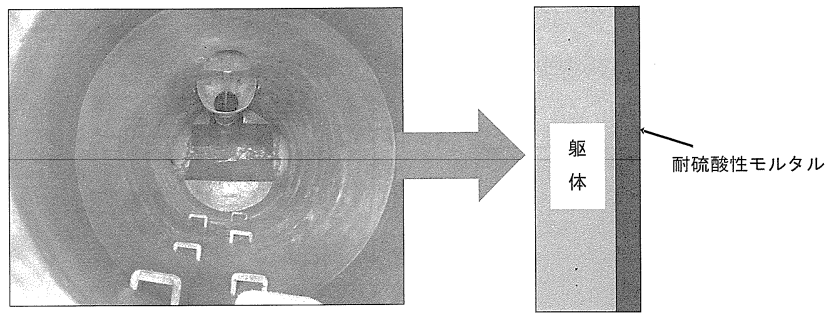


図 3-10 モルタルライニング工法の例
 (「管路管理マニュアル」⁴⁾より引用)

⑥ レベル修正工法

管渠のたるみに対し、薬液注入工法の原理を用いて管軸変位を修正する工法。施工実績は少ない。

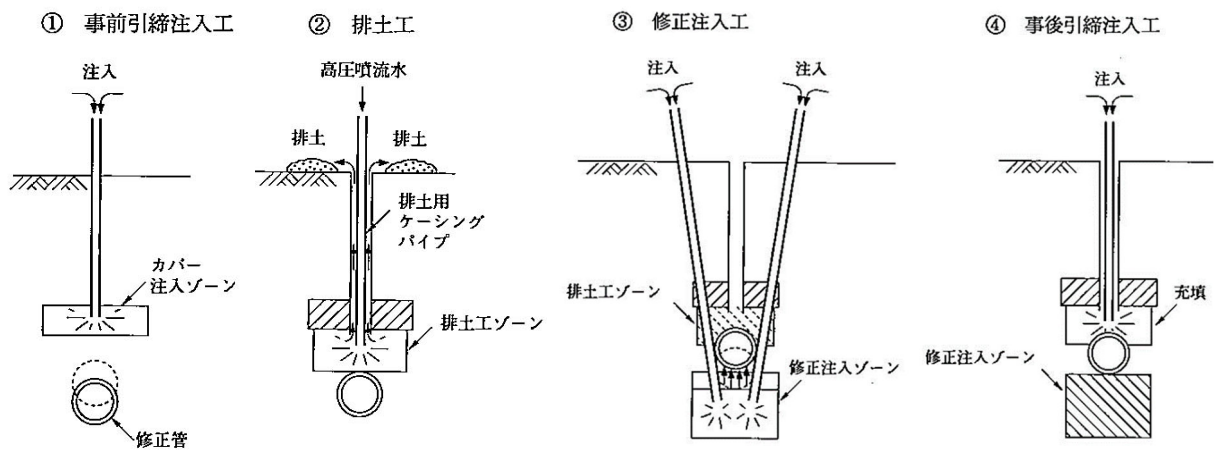


図 3-11 レベル修正工法の例
 (「維持管理指針」(実務編)³⁾より引用)

⑦ 部分布設替工法

地上から掘削し、部分的な管渠の布設替えを行う工法。施工実績は多い。

(3) 民間協会・企業ヒアリングを通じた適用範囲等の整理

3.2.4 に後述する「適用可能な管渠条件と施工条件に対する検討」に必要な情報として、修繕・改築工法の適用範囲を整理するために民間協会・企業ヒアリングを実施した。ヒアリングの対象とした工法は、各工法区分の代表的な工法を選定した。また、ヒアリング項目は、管渠条件や施工条件に応じた工法の選定が可能となるよう、主に以下の項目とした。

(適用可能な管渠条件)

- ① 管種
- ② 形状
- ③ 管径
- ④ 最大施工延長
- ⑤ 施工幅
- ⑥ 取付管施工の可否

(適用可能な施工条件)

- ① 供用中の施工
- ② 滞留水
- ③ 施工スペース
- ④ 施工時間の制約

表 3-4～表 3-7 に、ヒアリングを通じて整理した修繕・改築工法の適用範囲な管渠条件および施工条件を示す。

表 3-4 適用可能な管渠条件の整理（修繕工法）

工法分類		工法名	適用可能な管きよ条件							
			管種	形状	管径 (mm)		最大施工延長 (m)	施工幅 (m)	取付管施工の可否	
					最小	最大				
止水工法	注入工法	パッカー方式	コンクリート	円形	φ200	φ600	注入プラント車からの注入ホースが届く範囲(約30~60m程度)	-	可	
		加圧循環方式	コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄	円形 卵形	φ100	φ350	-	-	取付管同時施工	
		Y字管工法	コンクリート	不問	人孔: 1号(φ900) 管渠: φ800mm	不問	注入プラント車からの注入ホースが届く範囲(約30~60m程度)	-	不可	
		止水枠方式	コンクリート	円形 矩形 馬蹄形	φ800	不問	止水枠の寸法による	止水枠の寸法による	不可	
	シーリング工法	シーリング工法	コンクリート	不問	人孔: 1号(φ900) 管渠: φ800mm	不問	不問	-	不可	
	コーキング工法	Vカット工法	コンクリート	不問	人孔: 1号(φ900) 管渠: φ800mm	不問	不問	カット深さ: 3, 5, 7cm 仕上げ幅: 10, 15, 20cm	不可	
	リング工法	スナップロック工法	コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄, FRPM	円形	φ200	φ3,500	2,400	φ600 以下:0.3m, φ700 以上:0.40m	不可	
	修繕工法	内面補強工法	EPR工法	コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄	円形	φ100	φ2,000	3.0(本管)、 10.0(取付管)	0.4	可
			ASS工法	コンクリート, 塩ビ, 陶	円形 (卵形もサイズにより可)	φ150	φ700	マンホール間距離で100m	0.4	否
			ASS-LH工法	コンクリート, 塩化ビニル, 陶	円形	φ150	φ700	マンホール間距離で120m	0.4	可
FRP内面補強工法(熱硬化)			コンクリート, 塩ビ, 陶, 更生, コンクリート製公共まます	円形 卵形	φ150	φ1,500	-	φ150-1,500: 0.3, 0.4, 0.5m φ700-1,500: 0.6m φ150-400: 1.0m 0.05mラップ継合せ可	不可	
FRP内面補強工法(光硬化)			コンクリート, 塩ビ, 陶, 更生, コンクリート製公共まます	円形 卵形	φ150	φ700	-	φ150-700:0.3, 0.4, 0.5m φ200-300:1.0m 0.05mラップ継合せ可	不可	
LC工法			(本管部) コンクリート, 陶 (取付管部) コンクリート, 塩ビ, 陶	円形	φ150	φ750	60m(全管径)	0.4	接合部のみ可	
ALPS工法			コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄	円形 馬蹄形	φ150	φ1,500	-	1m	不可	
ブラボ・KA-TE工法			コンクリート, 陶	円形	φ250	φ700	-	200mm/回(クラック補修400mmの場合2回となる)	不可(取付管口は可)	
エパーフ工法			コンクリート, 陶	円形	200	φ700	100	0.3	可	
ライニング工法		(塗布+貼付)方式 クリスタルライニング工法	コンクリート, 陶, 鋳鉄	問わず	φ800	不問	不問	不問	不可	

表 3-5 適用可能な施工条件の整理（修繕工法）

工法分類			工法名	適用可能な施工条件						
				供用中の施工			滞留水 (mm)	施工スペース(地上占用)		施工時間 制約 (昼間開放 の可否)
				可否	流速(m/s)	水深(m)		幅(m) ×長さ(m)	使用設備	
止水 工法	注入 工法	パッカー 方式	可	0~1.8m/s	内径の1/3以下	内径の1/3以下	3m×20~30m トラック3,4台分程度	注入プラント車、 洗浄車もしくは 給水車、吸引 車、トラック	可	
		加圧循環 方式	流入を遮断 し施工	-	-	-	3m×25m	注入プラント車、 材料運搬車、汚 泥吸引車	4~5時間	
		Y字管 工法	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×20~30m トラック3,4台分程度	注入プラント車、 洗浄車もしくは 給水車、吸引 車、トラック	可	
		止水枠 方式	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×15~20m トラック2,3台分程度	発電機、電動 ピック、安全設 備一式	可	
	シーリング 工法	シーリング 工法	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×15~20m トラック2,3台分程度	トラック、発電 機、安全設備	可	
	コーキング 工法	Vカット 工法	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×15~20m トラック2,3台分程度	発電機、電動 ピック、安全設 備一式	可	
	リング 工法	スナッ ロック 工法	可	1.0	φ700以下: 1/3以下 φ800以上: 25%以下 (φ1650以上は40cm以 下)	600	3m×15m (換気用・TVカメラ車 用3m×7m)	作業車(2t平)、 高圧洗浄車、TV カメラ	可	
修繕 工法	内面 補強 工法	形成 工法	EPR 工法	可	管径・流量 等による	管径・流量・流速による	現場状況による	2.5m×30m以内 (長さは現場状況・ 施工内容による)	TVカメラ車、高 圧洗浄車、内面 補修車等	可
			ASS 工法	否	-	-	-	①2.5m×6m ②2.5m×10m	①内面補修施工 車、②TVカメラ 車および洗浄車 他	可
			ASS-L-H 工法	否	-	-	-	①2.5m×6m ②2.5m×10m	①内面補修施工 車、②TVカメラ 車および洗浄車 他	可
			FRP 内面補強 工法 (熱硬化)	不可	-	-	不可	2.5m×15m、2.5m ×10m、補修箇所両 側の人孔部	作業帯	可
			FRP 内面補強 工法 (光硬化)	不可	-	-	不可	2.5m×15m、2.5m ×10m、補修箇所両 側の人孔部	作業帯	可
			LC 工法	止水栓使 用により可	-	-	-	5m×30m	洗浄車、吸引 車、規制車、内 面補修車、TV 車、施工機材	可
			ALPS 工法	可	0.5	管径の10%	管径の20%	内面補修車と含浸 作業範囲2×5m TVカメラ2×5m	小型発電機とコ ンプレッサー、 含浸作業一式、 洗浄・TVカメラ	可
			プラボ・ KA-TE 工法	可	現場状況に よる	現場状況による	現場状況による	約2.8m×15m	KA-TEシステム 搭載車・機材運 搬車	無
			エパーフ 工法	-	-	-	内径の1/5まで	2.5m×15.0m	上流側:TVカメ ラ車 下流側:管内修 繕車、高圧洗浄 車	-
ライ ニング 工法	(塗布+ 貼付) 方式	クリスタル ライニング 工法	可	0.6	0.3m(仮締切りを行う)	0.3m(仮締切り を行う)	約2m×5m	発電機	可	

表 3-6 適用可能な管渠条件の整理 (改築工法)

工法分類			工法名	適用可能な管きょ条件								
				管種	形状	管径 (mm)		最大施工延長 (m)	施工幅 (m)	取付管施工の可否		
						最小	最大					
改築工法 (更生工法)	自立管	反転工法	熱硬化	SGICP工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ2,100	115m	-	可	
				SGICP-G工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ800	70m	-	可	
				GROW(グロー)工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ600	90m	-	可	
				ホースライニング工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ150	φ1,500	150m	-	可	
		形成工法	熱形成	EX工法	コンクリート、陶、鑄鉄、鋼	円形	φ150	φ400	φ150:40m φ200:65m φ250:100m φ300:85m φ350:65m φ400:50m	-	可	
				オメガライナー工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼	円形	φ150	φ450	φ200-250:120m φ300:100m φ350:80m φ380-400:60m	-	可	
			熱硬化	FFT-S工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ150	φ800	φ150-700:100m φ800:80m	-	可	
				パルテムSZ工法	コンクリート、陶、鋼、鑄鉄	円形、楕円形、矩形、卵形、馬蹄形	φ150	φ800	100m	-	可	
				光硬化	シームレスシステム工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ800 (自立管はφ600まで)	100m	-	不可
					アルファライナー工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ150	φ1,000 (自立管はφ800まで)	100m以上	-	不可
	さや管工法	強プラ管鞘管工法	コンクリート、ボックスカルバート	円形、矩形、馬蹄形、水路など	円形:700 矩形:700×700	特に無し	制限なし	-	不可			
		RPC工法	矩形きよ、水路や河川を蓋掛けした暗きよ等	矩形断面	内幅1,500× 内高1,000	内幅3,000× 内高3,000	投入孔1箇所あたり300m	-	不可			
		製管工法	SPR-SE工法	コンクリート、鋼、FRPM、コルゲート	円形更生できる管きよ	φ450	φ1,650	100m	-	不可		
	複合管	製管工法	3Sセグメント工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形	円形:800 非円形:1,000	円形:3,000 非円形:6,200	制限なし	-	可		
			SPR工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形、台形、卵形	円形:250、 非円形:短辺900	円形:5,000、 非円形:長辺6,000	元押式60-100m 自走式200-500m	-	不可		
			ダンビー工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形、卵形	円形:800 非円形:短辺800	円形:3,000 非円形:長辺3,000	制限無し	-	不可		
			パルテム・フローリング工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形、門形	円形:800、 非円形:短辺800	円形:3,000、 非円形:長辺5,000	制限なし	-	不可		
			ストリング工法	コンクリート	円形、矩形	円形:800、 矩形:1,500	円形:2,000、 矩形:3,000	300m	円形:2.0m 矩形:3.0m	不可		

表 3-7 適用可能な施工条件の整理 (改築工法)

工法分類			工法名	適用可能な施工条件							
				供用中の施工			滞留水 (mm)	施工スペース (地上占有)		施工時間制約 (昼間開放の可否)	
				可否	流速 (m/s)	水深 (m)		幅(m) ×長さ(m)	使用設備		
改築工法 (更生工法)	自立管	反転工法	熱硬化	SGICP工法	可 (水替え必要)	-	-	50mm	2.5m×20m	ボイラー車, ロボット車, 給水車, TVカメラ車	可
			SGICP-G工法	可 (水替え必要)	-	-	(反転工法) 50mm (形成工法) 70mm	2.5m×20m	ボイラー車, ロボット車, 給水車, TVカメラ車	可	
			GROW工法	可 (水替え必要)	-	-	50mm	2.5m×12m	ボイラー車, ロボット車, 給水車, TVカメラ車	可	
			ホースライニング工法	可 (水替え必要)	-	-	(φ150-250) 150mm以下 (φ250-1,500) 240mm以下	発進側2.5m×30m 到達側2.5m×10m	資材車, 反転機車, ボイラー車, TVカメラ車, 穿孔機車など	可	
		形成工法	熱形成	EX工法	不可	-	-	50mm以下	約2.5m×40m	パイプウォーマー, 引取機, TVカメラ, 穿孔機, 洗浄車	可
				オメガライナー工法	不可	-	-	50mm以下	管供給側:2.5m×15~25m ウィンチ側:2.5m×10~20m	ドラム, ボイラーユニット車, 2tトラック, ウィンチ	可
			熱硬化	FFT-S工法	不可	-	-	100mm以下	現場状況による。	施工車 (ボイラー, コンプレッサー, 発動発電機) TVカメラ車, 高圧洗浄車, 穿孔機	可
		光硬化	パルテムSZ工法	可 (水替え必要)	-	-	50mm以下	発進側2.5m×20m、到達側2.5m×10m	資材車, ボイラー車, TVカメラ車, 穿孔機車など	可	
			シームレスシステム工法	不可	-	-	既設管内径の50%	上流側:3m×20m (最大)、下流側:2m×2m	施工車両1台, 4tトラック1台	可 (ただし、管きよ延長による)	
			アルファライナー工法	不可	-	-	-	上流側:3.5m×26m (最大)、下流側:2m×2m	施工車両1台, 4tトラック1台	可 (ただし、管きよ延長による)	
	さや管工法	強ブラ管鞘管工法	不可	-	-	10cm程度	-	クレーン, 裏込注入設備	特に無し		
		RPC工法	可	1.0m/s以下	0.2m以下	-	5~7m×20~25m	ラフテレンクレーン, トラック, 注入車, 給水車, 発動発電機, 高圧洗浄車	可		
	製管工法	SPR-SE工法	可	1.0m/s以下	30%以下	-	注入時発進側:2.5m×37m程度、到達側2.5m×3~11m程度	保安車, 材料運搬車, 資機材車, 注入プラント車, 給水車	可		
	複合管	製管工法	3Sセグメント工法	可	水深300mm以内:1.0m/s、水深300超:0.2m/s	φ800~1,500mm:30%以下、φ1,650~3,000mm:50%以下	同左	2.5m×9~14m	コンプレッサー, 発電機, ミキサー, 注入ポンプ	出入り・搬入および換気のためMH部作業帯設置は必要	
			SPR工法	可	1.0m/s以下	30%以下 (上限60cm)	-	注入時発進側:2.5~3.5m×37m、到達側:2.5~3.5m×2.0~11m	注入車, 資機材車, 給水車, 保安車	可	
			ダンビー工法	可	1.0m/s以下	30%以下かつ0.4m以下	400mm以下	上流側:3m×20m、下流側:3m×12m	4tユニック, (充填時) 充填材注入プラント, 給水車	可	
			パルテム・フローリング工法	可 (水替え必要)	1.36 1.10	0.68 0.35	300	2.5m×25m	クレーン付トラック, 給水車, トラックミキサーなど	可	
			ストリング工法	可	0.6m/s以下	内空高の17%以下かつ、最大250mm	-	-	クレーン付きトラック, コンプレッサー, 発動発電機, 給水車, パネル嵌合機, ファスナー嵌合機, モルタルポンプ, モルタルミキサー	可	

3.1.2. 地方公共団体における修繕・改築工法の選定に関する実態

(1) 調査対象と調査項目

地方公共団体の修繕・改築工法選定に関する実態を把握し、工法選定手法の開発に資するデータ収集及び好事例の抽出を行うため、主に表 3-8 に示す項目についてアンケート調査を実施した。調査対象は下水道技術開発連絡会議参加 21 都市（東京都区部および政令指定都市）および下水道研究会議参加都市（一般都市）会員 75 都市（当時）、計 96 都市とし、86 都市から回答を得た。

表 3-8 修繕・改築工法の選定に関する実態把握のための主なアンケート調査項目

カテゴリ	番号	調査項目
ストックマネジ メント 計画	設問 1	ストックマネジメント計画の策定状況
	設問 2	管渠の目標耐用年数
	設問 3	修繕・改築対象となる緊急度・健全度
修繕・改築 計画	設問 4	修繕・改築計画の策定状況
	設問 5	修繕・改築工法の選定方法
	設問 6	修繕費の設定方法
	設問 7	修繕工法の効果継続期間の考え方
	設問 8	標準／目標耐用年数経過した管渠を修繕対象としているか
	設問 9	改築費の設定方法
実績・事例	設問 10	修繕・改築の工法別実績

(2) 調査結果

回答結果を以下にまとめる。なお、1 都市の複数部署（雨水担当部署、汚水担当部署）から回答を得た場合や未回答等があり、設問により回答数が異なる。

また、維持管理情報を活用して修繕・改築・構造変更等を行った事例を好事例（11 事例）として選定し、参考資料 3 に取りまとめた。

設問 1 スtockマネジメント計画の策定状況

全 87 回答のうち、73 回答（84%）でストックマネジメント計画が策定済みであった。

表 3-9 スtockマネジメント計画（実施方針）の策定状況

回答	回答数	割合
策定済み	73	84%
未策定または策定予定なし	14	16%
計	87	100%

設問 2 管渠の目標耐用年数

全管種一律で目標耐用年数を設定している団体は、標準耐用年数（50年）より長い年数を設定している。75年の設定理由は標準耐用年数の1.5倍であった。管種別に目標耐用年数を設定している団体では、塩化ビニル管は100年以上と設定している。

表 3-10 計画で設定している管渠の目標耐用年数

	回答	回答数	割合
全管種一律	50年	18	25%
	60年	1	1%
	72年	1	1%
	75年	17	23%
	78年	1	1%
	80年	5	7%
	96年	1	1%
管種別		11	15%
設定なし		19	26%
計		73	100%

表 3-11 管種毎に設定している場合の回答結果

番号	回答
1	コンクリート管 72年, ヒューム管(雨水)75年, ヒューム管(汚水合流)65年, 陶管 34年 (※昭和 60年以前に布設されたものが改築対象), 樹脂系管 (塩化ビニル管等) ∞, その他の管種 50年
2	鉄筋コンクリート管 : 90年 陶管 : 50年 その他管 : 100年以上
3	コンクリート管 65年、圧送管(DIP等)50年
4	圧送管のみ 75年
5	圧送管 : 50年 その他は設定なし
6	遠心力鉄筋コンクリート管 75年、硬質塩化ビニル管 150年
7	50年 (圧送管)
8	コンクリート系管渠 : 一般環境区域 : 80年、腐食環境区域 : 55年 塩ビ系管渠 : 100年
9	コンクリート管 : 50~75年、樹脂管 (塩化ビニル管等) 100年
10	コンクリート管 : 74年

表 3-12 目標耐用年数 50年、75年についての回答例

目標耐用年数	回答数	主な回答
50年	18	・標準耐用年数より ・SMガイドラインの事例より 他
75年	17	・標準耐用年数の1.5倍 ・SMガイドラインの事例、健全率予測式より ・都道府県構想策定マニュアルより ・巡視点検・調査の結果より 他

表 3-13 塩化ビニル管の目標耐用年数について言及があった回答

番号	目標耐用年数	回答
回答 1	コンクリート管 72 年, ヒューム管(雨水)75 年, ヒューム管(汚水合流)65 年, 陶管 34 年(※昭和 60 年以前に布設されたものが改築対象), <u>樹脂系管</u> , その他の管種 50 年	市内の管渠に対して行ったサンプリング調査(TV カメラ調査)の結果から, 市独自の劣化指標である不良率の経年的な推移を推定し, 不良率が 30%に達する年数を目標耐用年数として定めた。陶管については, 継ぎ手の規格が変更された昭和 60 年以前の管渠を改築の対象とした。
回答 2	鉄筋コンクリート管 : 90 年 陶管 : 50 年 <u>その他管 : 100 年以上</u>	最適なシナリオにかかる事業費より算出
回答 3	遠心力鉄筋コンクリート管 75 年, <u>硬質塩化ビニル管 150 年</u>	「下水道管きょ健全率予測式 2017」および「管渠劣化データベース」等による
回答 4	コンクリート系管渠 : 一般環境区域 : 80 年, 腐食環境区域 : 55 年 <u>塩ビ系管渠 : 100 年</u>	既往の管渠調査結果から得られた健全率と経過年数の関係から, コンクリート系管渠において, 一般環境区域と, 劣化の進行の早い腐食環境区域に分けて健全率曲線を設定し, 健全率が 50%となる年数をそれぞれの区域における目標耐用年数としている。
回答 5	コンクリート管 : 50~75 年, <u>樹脂管 100 年</u>	市実績の管渠耐用年数とシミュレーションによりコスト削減額の大きく最適な目標耐用年数を設定した。

設問 3 修繕・改築対象となる緊急度・健全度

全 73 回答のうち, 6 割以上が「緊急度Ⅱ以上」を修繕・改築の対象としていると回答された。「その他」については, 独自の健全度判定基準によるものや, 同じ緊急度の中でも施設の重要度等で対応を区分するもの等があった。

表 3-14 修繕・改築対象となる緊急度・健全度

回答	回答数	割合
緊急度Ⅰ	4	5%
緊急度Ⅱ以上	46	63%
緊急度Ⅲ以上	8	11%
その他	15	21%
計	73	100%

設問 4 修繕・改築計画の策定状況

全 86 回答のうち、約 6 割で修繕・改築計画を策定済みと回答された。

表 3-15 修繕・改築計画の策定状況

回答	回答数	割合
策定済み	51	59%
未策定または策定予定なし	35	41%
計	86	100%

設問 5 修繕・改築工法の選定方法

全 69 回答のうち、半数以上の自治体で全管種一律で「ストックマネジメントガイドライン」診断項目の考え方を参考として適用可能工法を選定していると回答された。

表 3-16 修繕・改築工法の選定方法

回答	回答数	割合
「ストックマネジメントガイドライン」診断項目の考え方の例に基づく適用可能工法の選定	37	54%
「下水管きょ改築等の工法選定手引き（案）」に基づく経済性比較	17	25%
自治体の独自マニュアル等に基づく判定	8	12%
その他	7	10%
計	69	100%

設問 6 修繕費の設定方法

修繕の工法として、内面補強工法を想定していると回答した団体が多い。費用については、見積によるもの、実績によるものが主であった。

表 3-17 修繕費の設定方法

番号	回答
回答 1	内面補強工法を想定し、代表工法の見積による単価を使用
回答 2	部分更生を想定しており、各メーカーにヒアリングを行って費用を算出している
回答 3	(財) 下水道新技術推進機構の審査証明を取得した工法の見積による単価を使用
回答 4	内面補強工法の見積単価を使用
回答 5	近隣市町村で実績があった”内面補強工法 - 形成工法 (EPR 工法)”の管径毎見積単価を使用した。
回答 6	実績及び見積もりによる単価を使用
回答 7	内面補強工法
回答 8	小口径は内面補強工法、中大口径は止水工法を採用し、過去の実績から採用単価 (mあたり) を決定。
回答 9	工法の見積による単価を使用
回答 10	内面補強工法を標準とし、安価な見積額を使用
回答 11	「不明水対策の手引き」平成 20 年 3 月
回答 12	F R P 内面補修工法
回答 13	代表工法の見積り単価を使用
回答 14	市内実績より算出した管径毎単価を使用
回答 15	本市実績による内面補強工法を見積にて設定。
回答 16	市内実績より算定した単価を使用
回答 17	見積

設問 7 修繕工法の効果継続期間の考え方

修繕工法の効果継続期間は、25年と設定している1市、設定していない3市以外は、すべて残存耐用年数、あるいは標準耐用年数までという考え方であった。

表 3-18 修繕工法の効果継続時間の考え方

番号	回答
回答 1	25年
回答 2	設定していない
回答 3	残存耐用年数まで
回答 4	残存耐用年数まで
回答 5	残存耐用年数の大小にかかわらず、修繕回数は1回として計上している。
回答 6	残存耐用年数まで/効果継続期間は設定していない
回答 7	残存耐用年数まで
回答 8	設定していない
回答 9	残存耐用年数まで
回答 10	残存耐用年数まで
回答 11	残存耐用年数まで
回答 12	残存耐用年数まで
回答 13	残存耐用年数まで
回答 14	残存耐用年数まで
回答 15	設定していない
回答 16	残存耐用年数まで
回答 17	標準耐用年数まで効果継続

設問 8 標準/目標耐用年数を経過した管渠を修繕対象としているか

65%以上の団体、標準/目標耐用年数を経過した管渠に対しては修繕は適用しないという回答であった。

表 3-19 標準/目標耐用年数を経過した管渠を修繕対象としているか

回答	回答数	割合
修繕は適用しない（改築のみ）	11	65%
修繕の適用対象	5	29%
耐用年数経過管の検討実績なし	1	6%
計	17	100%

設問 9 改築費の設定方法

改築費の設定方法については 41 の回答を得た。主には、見積、積算値、実績値に基づき改築費を設定しているという回答が主であった。また、「流域別下水道整備総合計画 指針と解説」の費用関数を補正して使用している団体も複数あった。

設問 10 修繕・改築工法の工法別実績

修繕工法は 105 件の実績の回答が得られた。そのうち、最も実績が多い修繕工法は内面補強工法（形成工法であった）で 34 件（32%）であった。その次に多い工法は、部分布設替え工法で 24 件（23%）であった。

改築工法は 346 件の実績の回答が得られた。更生工法と布設替え工法を比較すると、更生工法が 82%と大勢を占めた。更生工法のうち最も実績が多い工法は形成工法で、更生工法の実績の半数以上を占めている。

表 3-20 修繕工法の工法実績

工法分類		回答	割合	
修繕工法	止水工法	注入工法	14	13%
		シーリング工法, コーキング工法	14	13%
		リング工法	2	2%
	内面補強工法（形成工法）		34	32%
	ライニング工法	塗布方式	0	0%
		塗布+貼付方式	4	4%
	レベル修正工法		1	1%
	部分布設替え工法		24	23%
	部分更生工法	自立管	4	4%
		複合管	2	2%
		二層構造管	3	3%
	その他		3	3%
	修繕工法合計		105	100%

表 3-21 改築工法の工法別実績

工法分類					回答	割合	
改築工法	更生工法	自立管	反転工法	熱硬化	45	13%	
			形成工法	熱形成	51	15%	
				熱硬化	62	18%	
				光硬化	42	12%	
		さや管工法		2	1%		
		製管工法		14	4%		
		複合管 - 製管工法		58	17%		
		二層構造管 - 反転・形成工法		9	3%		
	(更生工法小計)		(283)	(82%)			
	布設替え工法	開削工法	φ800 mm未満		47	14%	
			φ800 mm以上		11	3%	
		改築推進工法	φ800 mm未満		4	1%	
			φ800 mm以上		1	0.3%	
		(布設替え工法小計)		(63)	(18%)		
						346	100%

また、上述の修繕 105 件および改築 346 件の全ての実績を網羅したものではないが、調査時点での経過年数の情報が収集できた修繕 47 件、改築 129 件について、調査時点での経過年数別の修繕・改築の件数を表 3-22 にまとめた。改築を実施した管渠の調査時点での経過年数の多くは 40 年以上となっており、標準耐用年数 50 年を超過した管渠も多くあった。これは各地方公共団体において、調査結果を踏まえ、標準耐用年数にかかわらず既存管渠を極力長く使用していく方針としていると思料される。一方、修繕については、標準耐用年数 50 年未満の管渠に適用しているのがほとんどである。これは、修繕工法にはスパン全体の長寿命化効果が無いとされていることによると思われる。

表 3-22 修繕・改築を実施した管渠の経過年数別件数

調査時点 経過年数	修繕		改築		
	小口径	中大口径	小口径	中大口径 更生	中大口径 布設替え
10年未満	0	1	0	0	0
10年以上20年未満	1	0	3	0	0
20年以上30年未満	6	1	4	2	1
30年以上40年未満	4	1	10	14	0
40年以上50年未満	13	4	37	15	1
50年以上60年未満	4	3	12	8	1
60年以上70年未満	0	0	1	1	0
70年以上80年未満	0	0	0	4	1
80年以上	1	0	1	3	1
不明	7	1	3	4	2
計	36	11	71	51	7
	47		129		

3.2. 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討

3.2.1. 修繕・改築工法の選定フロー

ストックマネジメントガイドライン¹⁾に示されている管路施設の修繕・改築計画の策定と実施フローの例を図 3-12 に示す。修繕・改築工法選定は、「①：対策範囲」で修繕か改築かの選定を行い、「②：改築工法」で更新（布設替え）か長寿命化対策（更生）かの選定を行うという、2段階の選定手順になっている。しかし、実務上は、修繕、更生、布設替えの3者を同列に並べて比較し、LCC（ライフサイクルコスト）が最も安価となる工法を選定することが多い。このような実情を踏まえ、本研究で提案する修繕・改築工法選定のフローを図 3-13 に示す。以下に図 3-13 の①～④について解説する。

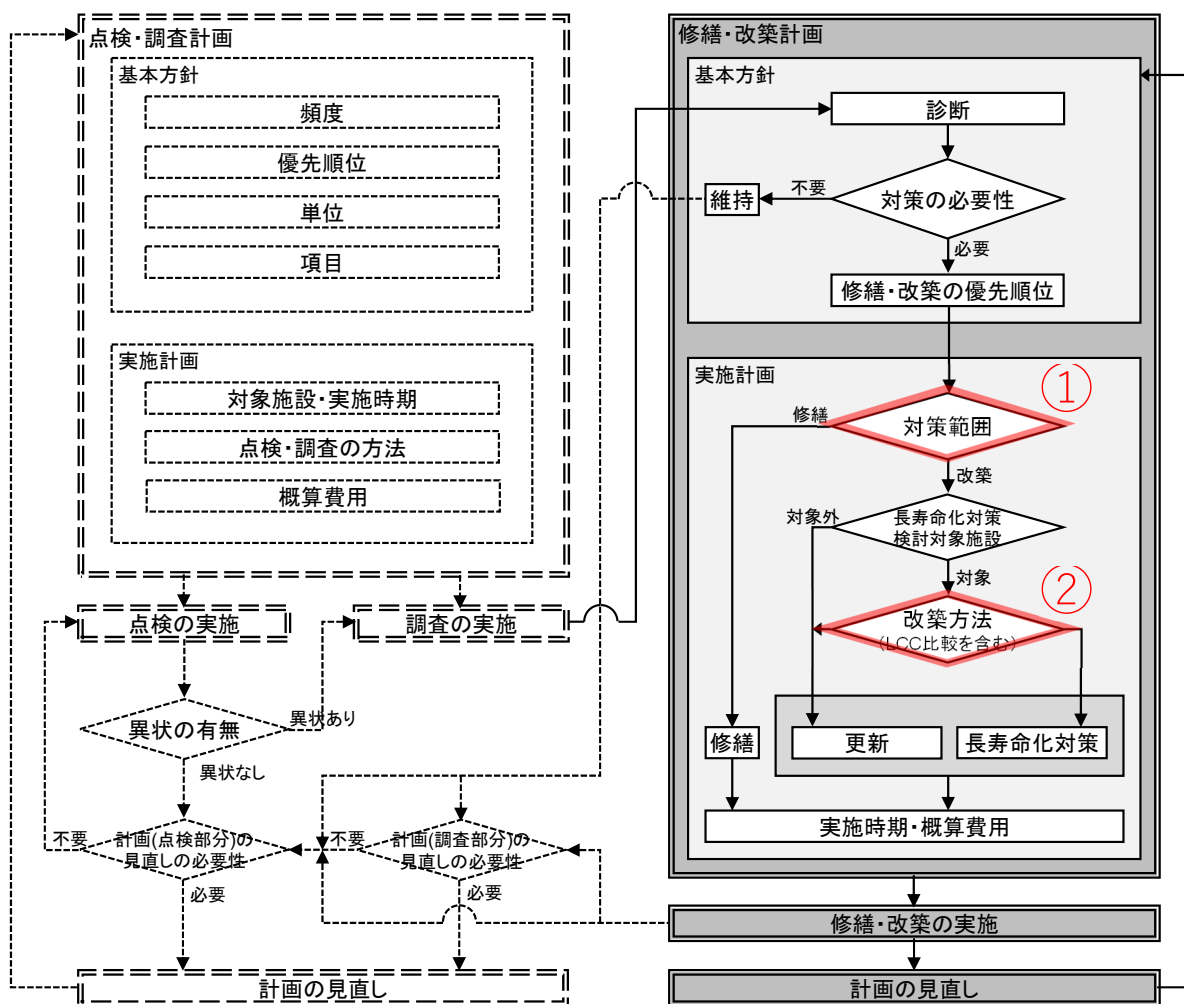


図 3-12 管路施設の修繕・改築計画の策定と実施フロー

(「ストックマネジメントガイドライン」¹⁾より引用・加筆)

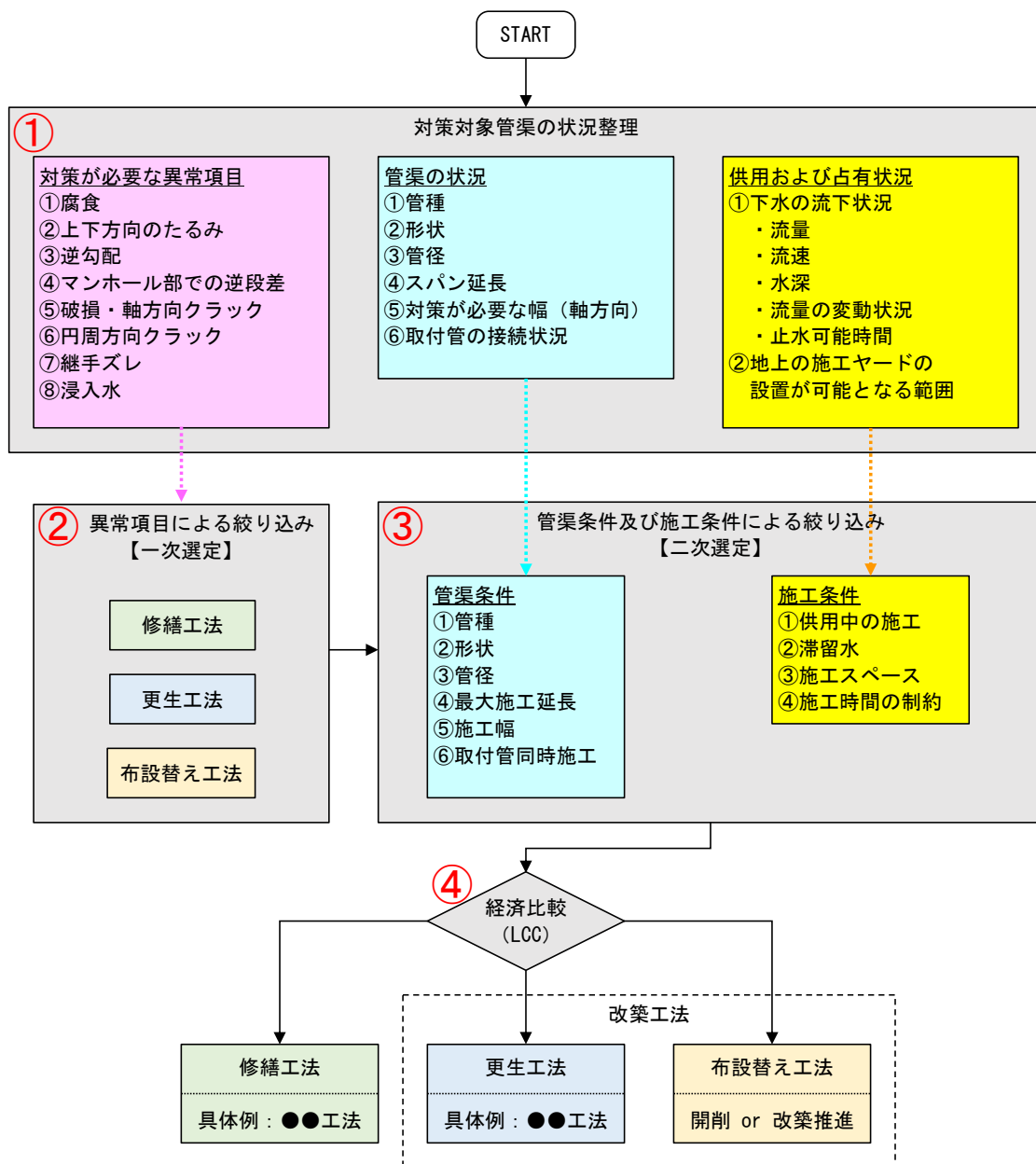


図 3-13 本研究で提案する修繕・改築工法の選定フロー

3.2.2. 維持管理情報に基づく対象管渠の状況整理

修繕・改築工法を選定するには、点検・調査等の維持管理から得られる情報に基づき、(1) 対策が必要な異常項目、(2) 管渠の状況、(3) 供用および占有状況、について把握する必要がある。

(1) 対策が必要な異常項目

点検・調査で発見された異常項目に応じて、修繕、更生、布設替え等の対策の必要性を検討する必要がある。以下に、ストックマネジメントガイドライン (P49-50) に示されている

異常項目に対する修繕・改築工法の適用の考え方の例を抜粋する。

(ストックマネジメントガイドライン P49-50 抜粋)

① 管渠の腐食

管渠の腐食は、鉄筋と主材の健全性が損なわれた状態（たとえば鉄筋が全面的に腐食している場合等）で管渠の耐荷能力が不足し、管渠が変形または破損し、その箇所から地下水や土砂の流入を招きかねない。このような場合は、改築とする。

② 上下方向のたるみ

上下方向のたるみは、不等沈下等の原因により管渠に不陸が生じている状態である。流下物の堆積や場合によっては下水の溢水等の原因となる。このような場合は、改築とする。

③ 逆勾配

逆勾配は、「維持管理指針（実務編）」² P. 113～114 に示されている調査項目に該当しないが、その他の異状項目として調査する場合がある。勾配が逆転しており、管渠の流下能力がない状態である。このような場合は改築とする。

④ マンホール部での逆段差

マンホール部での逆段差は、「維持管理指針（実務編）」² P. 113～114 に示されている調査項目に該当しないが、その他の異状項目として調査する場合がある。本異状は、下流側の管渠が上流側の管渠より高く、ズレ（段差）が生じている状態であり、流下物の堆積や場合によっては下水の溢水等の原因となる。このような場合は、改築とする。

なお、上下方向のたるみ、逆勾配及びマンホール部での逆段差が生じている場合は、当該スパンの前後数スパンを含めた動水勾配等を考慮し、管渠の流下能力が計画流量を上回るかどうか確認する。

⑤ 管渠の破損

管渠の破損は、地下水や土砂の流入要因となり、放置すると地山に空隙ができ、他の施設に悪影響を与えるおそれが生じ、また道路陥没のような社会的に影響が大きく人命にかかわる事故を招きかねない。

管渠の破損に対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

⑥ 管渠のクラック

管渠のクラックは、クラック幅と長さが大きくなれば管渠の耐荷能力が不足し、管渠が変形または破損し、その箇所から地下水や土砂の流入を招き、破損と同様な事故を招きかねない。

管渠のクラックに対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

⑦ 管渠の継手ズレ

管渠の継手ズレは、継手が脱却している等の場合にズレた箇所から地下水や土砂の流入を招き、破損と同様な事故を招きかねない。

管渠の継手ズレに対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

⑧ 浸入水

浸入水は、欠落箇所から土砂の流入を招き、地山を乱すこととなる。その結果、他の施設に悪影響を与えるおそれが生じ、また道路陥没のような社会的に影響が大きく人命にかかわる事故を招きかねない。近年に布設された管渠本体継手部からの浸入水に対しては、本体の劣化度がそれほど進んでいないと考えられるので、現況の浸入水箇所への止水が有効である。しかし、経年による劣化が進んでいる管渠の場合、現在浸入している箇所を止水すれば、地下水の流れが止められ水位が上昇し、水圧が増して他の箇所から浸入してくることが多く見られる。このことから、現在の浸入水箇所における対応のみでなく、スパン全体を反映させた止水対策を施さなければならないこともある。

浸入水に対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

(2) 管渠の状況

修繕や改築には多種多様な工法が存在し、それらは管渠の状況により対応の可否が異なる。したがって、下水道台帳や日常の点検・調査により、管種、形状、管径、スパン長、対策が必要な幅、取付管の接続状況などの管渠の状況を把握する必要がある。

(3) 供用及び占有状況

施工条件に応じて、適用可能な工法を選択する必要があるため、流量、流速、水深、流量変動、止水可能時間、施工ヤードの設置可能範囲などの供用及び占有状況について把握する。

3.2.3. 異常項目による絞り込み（一次選定）

修繕・改築には多種多様な工法が存在するため、全ての工法について経済性(LCC)比較等を行うことは非効率である。そこで、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するため、3.2.2.(1)に示した異常項目毎の修繕・改築工法の適用の考え方を参考に、詳細検討すべき工法の類型を絞り込むための一次選定のフローを図 3-14 に示す。

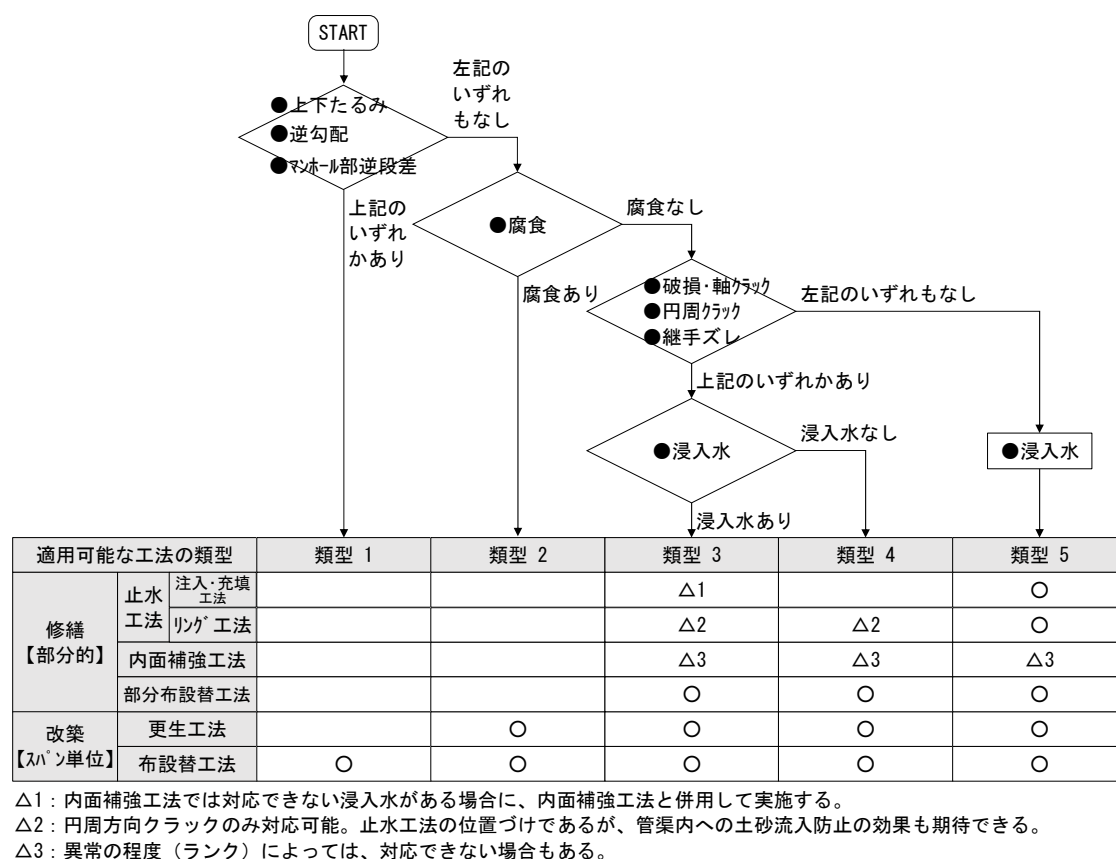


図 3-14 改築・修繕工法の一次選定のフロー

3.2.4. 管渠条件及び施工条件による絞り込み（二次選定）

3.2.3 で適用可能と判断した工法に対して、適用条件及び施工条件を踏まえて具体的な工法選定を行う。3.2.2.(2) 管渠の状況及び(3)共用及び占有状況に記載したとおり、修繕や更生には多岐にわたる工法が存在する。また、工法ごと適用可能な管渠条件や施工条件が異なる。そこで、表 3-4～表 3-7 に整理した工法毎の情報を参考に、修繕・改築の対象となる管渠条件と施工条件を踏まえて適用可能な具体的な工法を選定する。

(1) 適用条件

適用条件は 3.2.2.(2) 管渠の状況を踏まえて確認する。主に確認すべき事項は以下のとおりである。

- ① 管種
- ② 形状
- ③ 管径
- ④ 最大施工延長
- ⑤ 施工幅
- ⑥ 取付管同時施工

(2) 施工条件

施工条件は 3.2.2.(3) 共用及び占有状況を踏まえて確認する。主に確認すべき事項は以下のとおりである。

- ① 供用中の施工
- ② 滞留水
- ③ 施工スペース
- ④ 施工時間の制約

3.2.5. 経済性比較 (LCC 比較)

ここでは、3.2.4.で選定した工法に対し、経済性比較を行って最終的な工法選定を行う。

3.2.5.1. 経済性比較における着眼点

(1) 目標耐用年数の設定

管渠は標準耐用年数が 50 年であり、これ以上を経過していれば改築の国庫補助対象となれることから、一般には 50 年を更新のサイクルとして費用算定される。しかし実際には、50 年以上経過した管渠でも改築を要さない健全なものも多く存在し、今後対策が必要となる管渠の多くは経過年数 50 年以上であるため、実情に即した適切な評価方法の確立が望まれる。そこで、本研究では、既往文献、アンケート結果等を踏まえて標準耐用年数 (50 年) 以上の目標耐用年数を設定し、これを踏まえた費用算定方法の検討を行う。

(2) 修繕工法の費用算定

修繕工法は、改築工法と異なりスパン全体の長寿命化効果はない。しかし、工費そのものは改築と比較して安価であり、ライフサイクルの観点でも耐用年数の延伸とあわせて修繕工法を適用することで、コストを抑えた劣化対策が期待できる。

一方、修繕実施時点から耐用年数までの期間 (余寿命) が一定以上ある場合は、修繕にはスパン全体の長寿命化効果が無いことを踏まえ、余寿命中に新たに発生する修繕必要箇所

数を考慮することが望ましい。本研究で提示する経済性評価手法では、余寿命中に新たに発生する修繕箇所等の設定方法について検討し、費用算定の精度向上を図る。なお、修繕工法以外の更生工法や布設替えを実施した時点でスパン全体の健全度が初期状態に戻ることから、更生等を実施した後の新たな修繕必要箇所は見込まないこととした。

3.2.5.2. 経済性比較に必要な基本条件の設定

経済性比較に必要な基本条件として、(1) 評価期間、(2) 目標耐用年数、(3) 修繕回数
の設定方法について示す。

(1) 評価期間の設定

経済性比較は、評価期間における修繕または改築（更生または布設替え）に係る費用と維持管理費の総額を評価期間で除した LCC (ライフサイクルコスト) 年価の比較により行う。修繕、更正および布設替えそれぞれの LCC 年価算定のイメージを図 3-15 に示す。修繕（上段）または更生（中段）の場合は、その後に実施する布設替えの寿命が尽きるまでを評価期間とし、布設替え（下段）の場合は、その寿命が尽きるまでを評価期間とする。

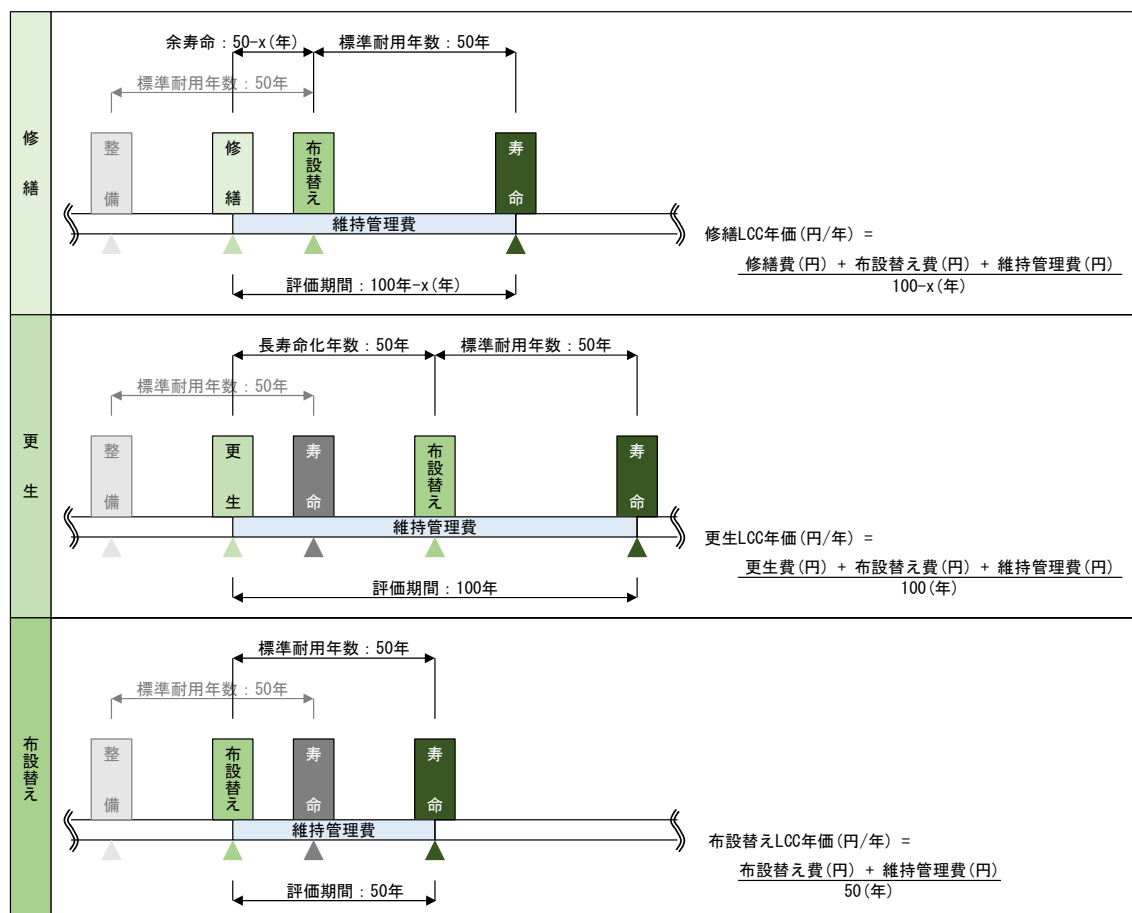


図 3-15 修繕・改築に係る LCC 年価算定のイメージ

(ストックマネジメントガイドライン¹⁾ とコンサルティング・マニュアル⁵⁾の内容を踏まえ要約)

ストックマネジメントガイドラインにおいて、修繕は「老朽化した施設または故障もしくは損傷した施設を対象として、当該施設の所定の耐用年数内において機能を維持させるために行われるもの。」と定義されている。したがって、原則として標準耐用年数を超過している場合には修繕を実施する場合のLCC年価計算が成立しない。これに対し目標耐用年数を設定し、評価時点における経過年数が目標耐用年数未満の場合には修繕を実施する場合のLCC年価計算が成立すると考えることが可能である（図 3-16）。

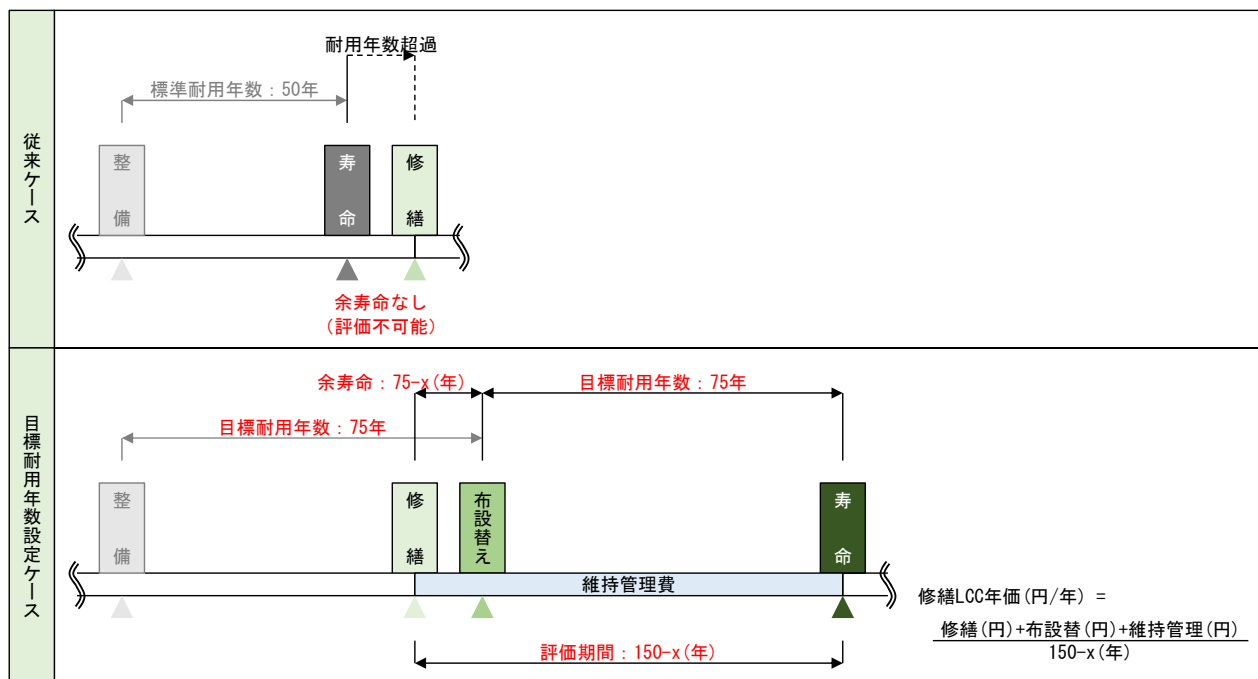


図 3-16 目標耐用年数を用いた LCC 年価計算のイメージ

(2) 目標耐用年数

目標耐用年数の設定例を次頁に示す。

① 既往文献による設定

既往文献による目標耐用年数の設定事例を表 3-23 に示す。

表 3-23 既往文献による目標耐用年数の設定事例

	出典	耐用年数
1	平成 23 年度下水道関係調査研究年次報告書集 下水道管きよのストックマネジメント導入促進に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート管：73.0 年 ・陶管：73.5 年 ・全管種：74.0 年 ※全管種はコンクリート管及び陶管、塩化ビニル管を含む。

2	下水道事業のストックマネジメント実施に関する ガイドライン 2015年版 平成 27年 11月国土交通省水管理・国土保全局 下水道部／国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部 (表 3.2)	・ 75年
3	持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル 平成 26年 1月 国土交通省／農林水産省／環境省 (表 3.3)	・ 50～120年 (実績) ・ 72年 (算定例)

表 3-24 目標耐用年数の設定事例

点検・調査及び修繕・改築に関する目標 (最終アウトカム)			施設種類別事業量の目標 (アウトプット)				
項目	目標値	達成 期間		項目	目標値	達成 期間	
安全の 確保	本管に起因する道路陥没の削減	道路陥没 0件/k m/年	20年	管路 施設	管渠の改築	管渠調査延長 100 k m/年 改築延長 30 k m/年	10年
	マンホールふたに起因する事故削減	年間事故割合 0件/処理区/年	20年		マンホールふたの改築	点検数量5,000基/年 改築数量2,000基/年	10年
サービス レベルの 確保	安定的な下水道サービスの提供	不明水量の減少 15%→10%以下 主要な施設の健全度を2以上 健全度2以下の施設割合50%→0%	20年	管路施設	管路施設改築	管渠調査延長 100 k m/年 改築延長 30 k m/年 ます・取付け管改築 100箇所/年	10年
				設備	主要設備の改築	改築設備数 3件/年	10年
ライフ サイクル コストの 低減	目標耐用年数の延長	<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">管渠 65年→75年</div> 状態監視保全を行っている設備の目標耐用年数を現在の1.2倍とする。	20年	管路施設	定期的な点検・調査による劣化の早期発見・早期対応による延命化	点検・調査延長の見直し 80 k m/年→100 k m/年 不具合予防措置（重症になる前の早期対応）の拡充 50 k m/年→70 k m/年	10年
				設備	点検・調査の重視及び劣化の早期発見による延命化	定期的な状態監視保全設備の調査を行うことにより部品単位の交換を行う。 5件/年→10件/年	10年

ストックマネジメントガイドライン¹⁾より引用し加筆

表 3-25 目標耐用年数の設定事例

表3-1(2) 経済比較における参考資料

経済比較の際に参考となる年数		
実績	処理場	土木建築物：50～70年 機械電気設備：15～35年
	管 渠	50～120年
	浄化槽	躯体：30～50年 機器設備類：7～15年
	マンホールポンプ	機器設備類：15～35年
法律等	処理場	23年
	管 渠	50年
	浄化槽	7年

(参考) 耐用年数の算定例

【管 渠】

管渠の年数は、下水道供用開始後 30 年以上経過している市町村（組合含む）に対して、管渠の施工年度（10 年区切り）毎の総延長とそのうちの更新済延長及び使用している最古管渠について調査し、その平均経過年数である 72 年と設定する。

【処理場】

処理場全体の年数は、土木建築物 50 年、機械電気設備 25 年、土木建築物：機械電気設備の比率を 1：1 とし、以下の式に当てはめて 33 年と設定する。

$$\frac{1}{\left(\frac{0.5}{50} + \frac{0.5}{25}\right)} = 33\text{年}$$

【浄化槽】

浄化槽全体の年数は、躯体 40 年、機器設備類 11 年、躯体：機器設備類の比率を 9：1 とし、以下の式に当てはめて 32 年と設定する。

$$\frac{1}{\left(\frac{0.9}{40} + \frac{0.1}{11}\right)} = 32\text{年}$$

【マンホールポンプ】

マンホールポンプの年数は、管渠を敷設するときに設置するマンホールにポンプ設備等を導入するものと考え、機械電気設備のみとし 25 年と設定する。

持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル⁶⁾より引用し加筆

② 設定事例（アンケート調査結果）

自治体アンケート調査結果による目標耐用年数の設定事例を表 3-26 に示す。

表 3-26 アンケートによる目標耐用年数の設定事例

目標耐用年数	回答数	主な回答
50年	18	・標準耐用年数より ・SM ガイドラインの事例より 他
75年	17	・標準耐用年数の1.5倍 ・SM ガイドラインの事例、健全率予測式より ・都道府県構想策定マニュアルより ・巡視点検・調査の結果より 他

	目標耐用年数	回答
A市	コンクリート管 72年、ヒューム管(雨水)75年、ヒューム管(汚水合流)65年、陶管 34年(※昭和 60年以前に布設されたものが改築対象)、樹脂系管 [○] 、その他の管種 50年	市内の管渠に対して行ったサンプリング調査(TVカメラ調査)の結果から、市独自の劣化指標である不良率の経年的な推移を推定し、不良率が30%に達する年数を目標耐用年数として定めた。陶管については、継ぎ手の規格が変更された昭和 60年以前の管渠を改築の対象とした。
B市	鉄筋コンクリート管：90年 陶管：50年 その他管：100年以上	最適なシナリオにかかる事業費より算出
C市	遠心力鉄筋コンクリート管 75年、硬質塩化ビニル管 150年	「下水道管きょ健全率予測式 2017」および「管きょ劣化データベース」等による
D市	コンクリート系管渠：一般環境区域：80年、腐食環境区域：55年 塩ビ系管渠：100年	既往の管渠調査結果から得られた健全率と経過年数の関係から、コンクリート系管渠において、一般環境区域と、劣化の進行の早い腐食環境区域に分けて健全率曲線を設定し、健全率が50%となる年数をそれぞれの区域における目標耐用年数としている。
E市	コンクリート管：50～75年、樹脂管 100年	市実績の管渠耐用年数とシミュレーションによりコスト縮減額の大きく最適な目標耐用年数を設定した。

(3) 修繕回数の設定

1) 調査頻度の設定

修繕の適用を検討する場合、修繕実施時点から標準耐用年数（もしくは目標耐用年数）までの期間（余寿命）において、評価時点で確認した異常とは別に、新たな異常が発生・確認されることを想定した修繕回数を計上することが望ましい。新たな異常の発生は調査により確認されるため、評価期間における調査頻度（サイクル）を設定する必要がある。

図 3-17 に示す通り施設の重要性の区分を最重要施設、重要施設、通常施設の 3 つに区分し、劣化保有率を最重要施設：5%、重要施設：20%、通常施設：40%に設定し、対策の判断基準を緊急度Ⅱ以上（劣化なし～緊急度Ⅲは対策不要）として調査着手時期を設定する。

2 回目以降のサイクルについては、1 回目の頻度（着手時期）のおおむね 1/2 以下としている（表 3-27）。調査により発見される新たな異常の発生箇所数は、評価時点の修繕箇所数から導かれる修繕箇所増加率を用いる等により設定する（図 3-18）。

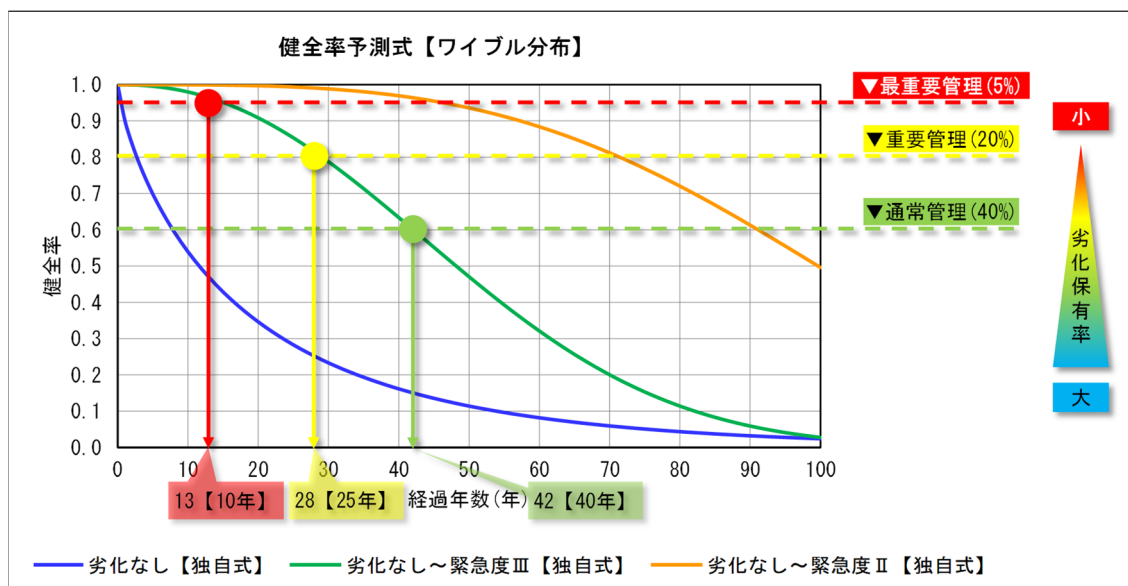


図 3-17 健全率予測式から調査の着手時期を導くイメージ

表 3-27 劣化保有率と緊急度遷移時期に基づいて設定した頻度の例

頻度区分	前回点検・調査結果		最重要管理 【線的管理】	重要管理 【線的管理】	通常管理 【面的管理】
	判定	対策区分			
1回目 (着手時期)	—	—	10年	25年	40年
2回目以降 (サイクル)	劣化なし	改築を実施 修繕を実施	5年 [※]	10年 [※]	20年 [※]
	緊急度ⅠまたはⅡ				
	緊急度Ⅲ				

※ 予防保全の観点から1回目の頻度の概ね1/2以下に設定。

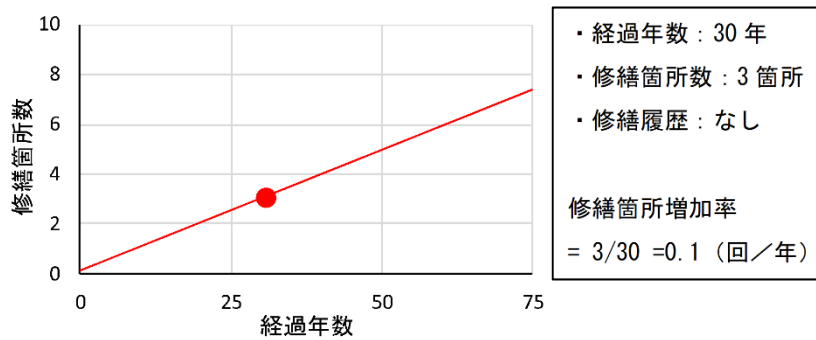


図 3-18 修繕箇所増加率の設定例

2) 修繕工法の効果継続期間

修繕工法は機能を維持させるための効果継続期間が異なるため、効果継続期間を踏まえた修繕回数を考慮することが望ましい。メーカーヒアリング等により整理した効果継続期間を表 3-28 に、効果継続期間を踏まえた修繕回数のイメージを図 3-19 に示す。

表 3-28 修繕工法の効果継続期間（メーカーヒアリング等による）

修繕工法種別		効果継続期間	備考
止水工法	注入・充填工法	5年 または 10年	工法により異なる
	リング工法	50年	
内面補強工法		20年 または 50年	工法により異なる
部分布設替工法		50年	

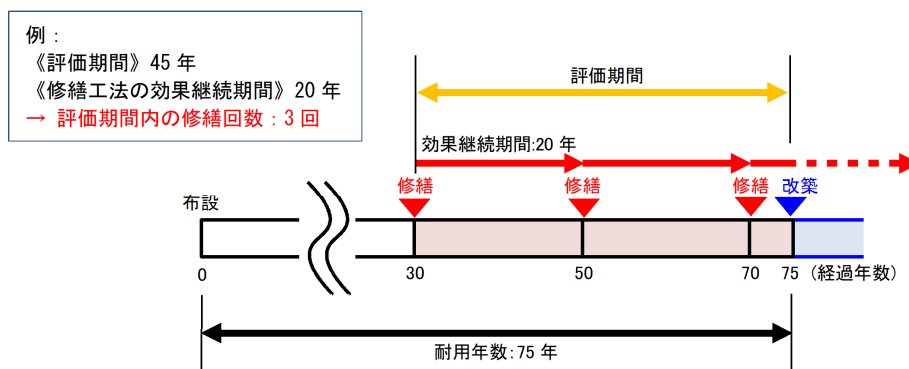


図 3-19 効果継続期間を踏まえた修繕回数のイメージ

3) 修繕回数の設定例

修繕回数は図 3-20 に示すとおり、評価時点で発見された修繕箇所への修繕回数 (①) と、修繕増加箇所（新規に発生する修繕箇所）への修繕回数 (②) の合計とする。

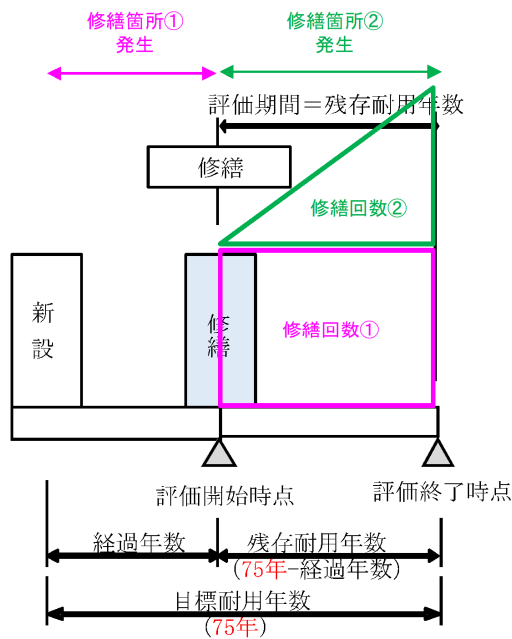
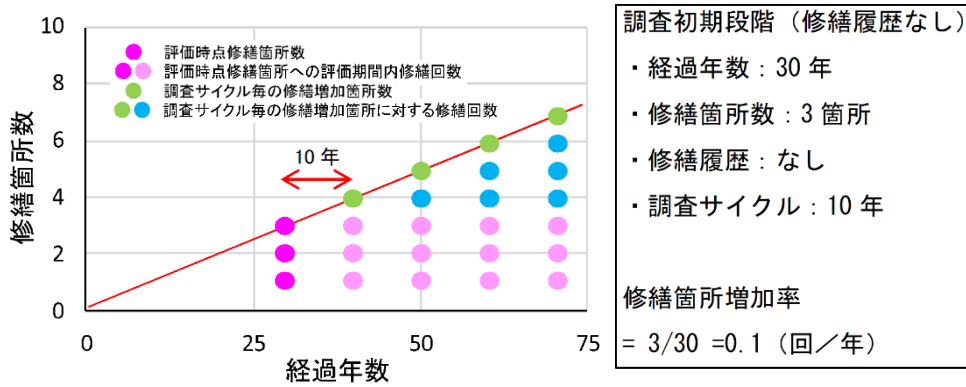


図 3-20 評価期間（余寿命）における修繕回数の考え方

上述の考え方に基づいた修繕回数の設定例を図 3-21 に示す。



調査サイクル毎の修繕増加箇所に対する修繕回数
 $=$ 調査サイクル毎の修繕増加箇所数 \times (評価期間残数 / 適用修繕工法の効果継続期間)

図 3-21 修繕箇所数の設定方法例

3.2.5.3 経済性比較のケーススタディ

上述の経済性比較の手法を用いたケーススタディを行う。

(1) ケーススタディの基本条件

ケーススタディのために想定した基本条件を表 3-29 に示す。

表 3-29 経済性比較のケーススタディの基本条件

項目	設定した条件
管渠条件	管種：鉄筋コンクリート管 延長：50m 土被り：2.0m 管径：φ400mm 及び φ1,350mm（2種類）
評価時の経過年数	40年
調査頻度	初回着手時期 40年、着手後サイクル 20年 (管理区分は通常管理と想定)
適用工法	修繕工法：パッカー工法（効果継続期間：5年）φ400mm に適用 ：内面補強工法（効果継続期間：50年）φ400mm に適用 ：Vカット工法（効果継続期間：5年）φ1,350mm に適用 更正工法：製管工法（耐用年数：50年）φ400 と 1,350mm に適用 布設替工法：開削工法（耐用年数：75年）φ400mm に適用 ：推進工法（耐用年数：50年）φ1,350mm に適用
修繕・改築工法単価	メーカーヒアリング及び「下水道用設計標準歩掛表令和元年度 第1巻管路 日本下水道協会」により設定
調査単価	「下水道施設維持管理積算要領 管路施設編（2011年版）」より算定

(2) ケース設定

既設管の耐用年数に目標耐用年数を導入することの経済性比較への影響を評価するために、耐用年数を標準耐用年数 50年と目標耐用年数 75年とする2ケースを設定した。また、管径に応じて適用される修繕・改築の工法が異なることを想定して、管径 400mm と 1350mm の2種について検討することとし、計4ケースとした（表 3-30）。

表 3-30 経済性比較で設定したケース

		管径	
		400mm (小口径)	1350mm (大口径)
既設管の 耐用年数	標準耐用年数 50 年	ケース 1	ケース 2
	目標耐用年数 75 年	ケース 3	ケース 4

また、3.2.5.1 (1) の考え方に基づいて設定したケーススタディの評価期間を表 3-31 に示す。

表 3-31 ケーススタディの評価期間

工法	評価期間の考え方	既設管 耐用年数 (年)	経過年数X (年)	布設替えの耐用年数 (年)		評価期間 (年)
修繕	(既設管耐用年数-評価時点の経過年数X) + 布設替えの耐用年数	50	40	小口径管 (開削工法)	75	85
		50	40	中大口径管(推進工法)	50	60
		75	40	小口径管 (開削工法)	75	110
		75	40	中大口径管(推進工法)	50	85
工法	評価期間の考え方	更正工法耐用年数 (年)		布設替えの耐用年数 (年)		評価期間 (年)
更生 (製管工法)	更正工法耐用年数 + 布設替えの耐用年数	50		小口径管 (開削工法)	75	125
		50		中大口径管(推進工法)	50	100
工法	評価期間の考え方	布設替えの耐用年数 (年)			評価期間 (年)	
布設替え	布設替えの耐用年数	小口径管 (開削工法)			75	75
		中大口径管(推進工法)			50	50

(3) ケーススタディ計算結果と考察。

ケーススタディの計算結果を表 3-32 に示し、3.2.5.1 で述べた経済性比較における着眼点である「目標耐用年数(75年)の導入」の影響等に関し考察する。

1) 目標耐用年数(75年)の導入の影響

表 3-32 に示すとおり、耐用年数を標準耐用年数(50年)から目標耐用年数(75年)に延長して設定することで、修繕工法を導入した場合の年平均費用が変動した。具体的には、修繕①(パッカー工法)は年平均費用が増加し、一方、修繕②(内面補強工法)は年平均費用が減少した。

修繕①(パッカー工法)は効果継続期間の設定が5年と短いため、評価時経過年数40年から目標耐用年数(75年)迄の間、調査実施のたびに同一箇所を修繕しなければならず、長寿命化による費用低減効果を修繕費用が上回り、年平均費用が増加した。

一方、修繕②(内面補強工法)は効果継続期間の設定が50年と長いため、耐用年数が延長しても修繕回数は抑制され、長寿命化による費用低減効果が発揮され、年平均費用が減少

した。

このように、耐用年数を変化させると、修繕工法の効果継続期間の長短に応じて費用の増加および減少両面の影響を及ぼしうることがケーススタディにより明らかとなった。

2) 管径の影響

表 3-32 に示すとおり、管径 400mm（小口径）のケース 1 及びケース 3 は両者とも、更生工法が最も年平均費用が小さい結果となった。これは、小口径の修繕工法が高価であることが反映された結果である。一方で、管径 1,350mm（中大口径）の場合、耐用年数を 75 年とした場合、修繕工法が最も年平均費用が小さい結果となった。これは、管内作業が可能な中大口径は修繕工法が比較的安価であり、修繕による長寿命化の費用削減効果が表れたためである。この結果は、中大口径管渠には修繕工法を適用し目標耐用年数までの長寿命化を図り、小口径管渠には更正工法による改築が有効であることを示唆している。

表 3-32 ケーススタディ計算結果

ケース	既設管の耐用年数	管径	工法	修繕回数			評価期間 (年)	対策費用 (万円)	年平均費用 (万円/年)
				評価時 発見	増加分	合計			
ケース1	標準耐用年数 50年	400mm	修繕（バッカー工法）	7	0	7	85	883	10.4
			修繕（内面補強工法）	7	0	7	85	808	9.5
			更正（製管工法）	-	-	-	125	1,070	8.6
			布設替え（開削工法）	-	-	-	75	730	9.7
ケース2		1350mm	修繕（Vカット工法）	7	0	7	60	5,105	85.1
			更正（製管工法）	-	-	-	100	7,105	71.1
			布設替え（推進工法）	-	-	-	50	5,010	100.2
ケース3		目標耐用年数 75年	400mm	修繕（バッカー工法）	42	24	66	110	1,817
	修繕（内面補強工法）			7	24	31	110	995	9.0
	更正（製管工法）			-	-	-	125	1,070	8.6
	布設替え（開削工法）			-	-	-	75	730	9.7
ケース4	1350mm		修繕（Vカット工法）	42	24	66	85	5,685	66.9
			更正（製管工法）	-	-	-	100	7,105	71.1
			布設替え（推進工法）	-	-	-	50	5,010	100.2

各ケースで最も年平均費用が小さい工法

3.3. まとめ

本章では、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するための手法を提示することを目的に検討を行い、以下の成果を得た。

3.1. 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理

多種多様な修繕・改築工法について文献調査および民間協会・企業ヒアリングを通じて各修繕・改築工法が適用可能な管渠条件および施工条件等を一覧に整理した。

また、地方公共団体へのアンケートにより地方公共団体における修繕・改築工法の実績や維持管理情報を活用して修繕・改築の工法選定等を行った事例を調査した。これらの成果及び情報は、3.2の修繕・改築工法の選定手法の検討に活用された。

3.2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討

修繕・改築工法を選定する手法として、(1)異常項目による絞り込み【一次選定】、(2)管渠条件および施工条件による絞り込み【二次選定】、(3)経済性比較により、段階的に工法の絞り込み及び選定を行うことを提示した。この手法を適用することで、多種多様な修繕・改築工法の中から、維持管理から得た情報を活用しつつ、効率的に管渠条件や施工条件に適した工法を抽出することが可能となる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省下水道部; 国総研下水道研究部：下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン -2015年版-
- 2) 日本下水道協会：下水道施設維持管理積算要領 管路施設編 -2020年版-
- 3) 日本下水道協会：下水道維持管理指針 実務編 -2014年版-
- 4) 日本下水道管路管理業協会：下水道管路管理マニュアル -2019-
- 5) 管路診断コンサルタント協会：下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティング・マニュアル（案）-平成28年版-
- 6) 国土交通省下水道：持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル. 2014.

4. おわりに

4.1. まとめ

本研究では、ストックマネジメントガイドライン¹⁾に示される、下水道施設のマネジメントサイクル（図 4-1）の課題に関し、地方公共団体における管路の総合的なマネジメントの実践を促進するための具体的な手法を提示することを目的とし、2つの開発目標を設定し、図 4-2 に示す内容とフローで検討を行った。

（課題）

- ① 管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定の具体的な手法の解説が不十分であることに加え、スクリーニング調査方法など新技術の開発加速により技術の多様化が進み、予算・人材の限られる中小都市では効率的な点検・調査手法の選定が困難である。
- ② 平成 27 年の下水道法改正等により、地方公共団体において点検・調査結果等の情報が蓄積されつつあるが、これら維持管理情報を生かし効率的な修繕・改築工法を選定する具体的な手法が示されていない。

（開発目標）

- ① 効率的な点検調査を実施するため、管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法を開発する。
- ② 事故リスクの低減を図りながら経済的に管路施設を管理するため、維持管理情報を活用した修繕・改築工法の選定手法を開発する。

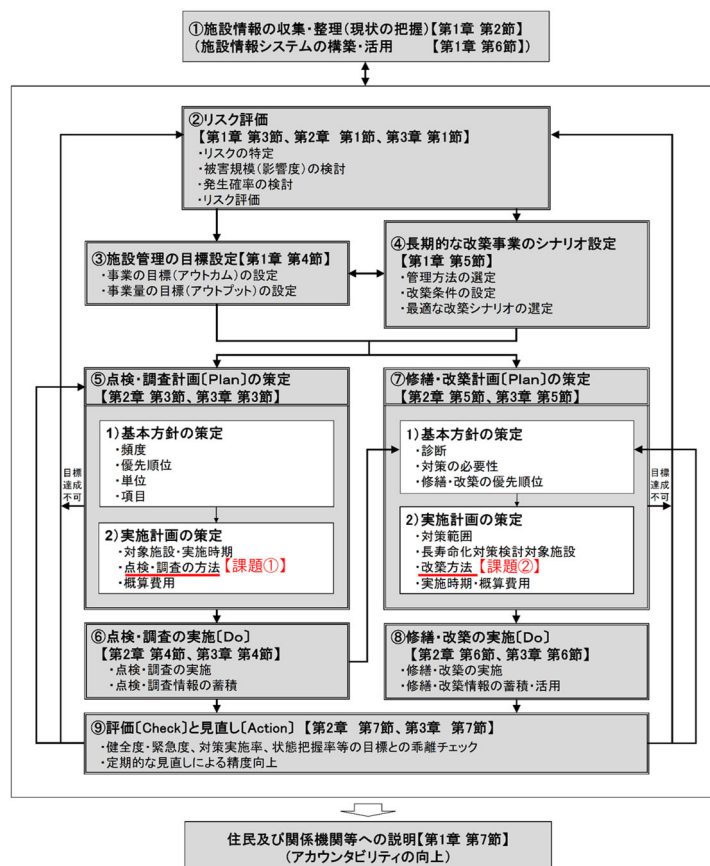


図 4-1 スtockマネジメントの実施フローの全体像（図 1-3 再掲）

研究目的	研究目標	研究内容	実施年度			
			平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度
効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を実現し、管路システムの持続的な機能確保及びコスト最適化を図る	① 管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法の開発	①-1 下水道管きょ劣化データベースの充実・劣化傾向分析・健全率予測式作成	■	■		
		①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握・体系化	■			
		①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討		■	■	
		①-4 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討		■	■	
		①-5 ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価				■
	② 維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発	②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理	■	■		
		②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討		■	■	
	研究成果のとりまとめ				■	

図 4-2 研究内容と実施フロー (図 1-4 再掲)

以下に、各研究内容の成果を簡潔に取りまとめる。

研究目標① 管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法の開発

①-1 下水道管きょ劣化データベースの充実・劣化傾向分析・健全率予測式作成

(1) 「下水道管きょ劣化データベース」の充実(2.1)

平成 29 年 (2017 年) 公開版(Ver.2)から約 5.9 万スパン分を追加(24%増)し、計 60 地方公共団体、約 31 万スパン分のデータを「下水道管きょ劣化データベース Ver.3」として令和 3 年 6 月に公開した²⁾。データベースは、点検調査データの蓄積の少ない地方公共団体の点検・調査優先箇所や改築需要予測の検討に活用可能である。

(2) 「下水道管きょ健全率予測式」の作成(2.2)

劣化データベース(分析用・非公開)のデータに基づき、健全率予測式 2021 を作成し令和 3 年 6 月に公開した³⁾。健全率予測式は、点検調査データの蓄積の少ない地方公共団体において、管路施設全体の劣化状態(緊急度)や将来の改築需要を予測する際に活用可能である。

(3) 下水道管渠の劣化傾向の分析(2.3)

劣化データベースのデータに基づき、管種ごとの異常発生傾向を分析した。異常発生傾向を考慮した管渠の点検・調査技術の選定により、異常の発見の効率化と、不具合発生の未然防止につながる。

①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握・体系化

スクリーニング調査方法など新技術の開発加速により多様化が進む下水管渠点検・調査技術に関し、文献調査や企業へのヒアリング等を通じ、その技術概要や適用範囲等を調査し、整理体系化した(図 4-3)。この体系は、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン⁴⁾」に反映され、点検・調査手法の選定の円滑化に寄与している。

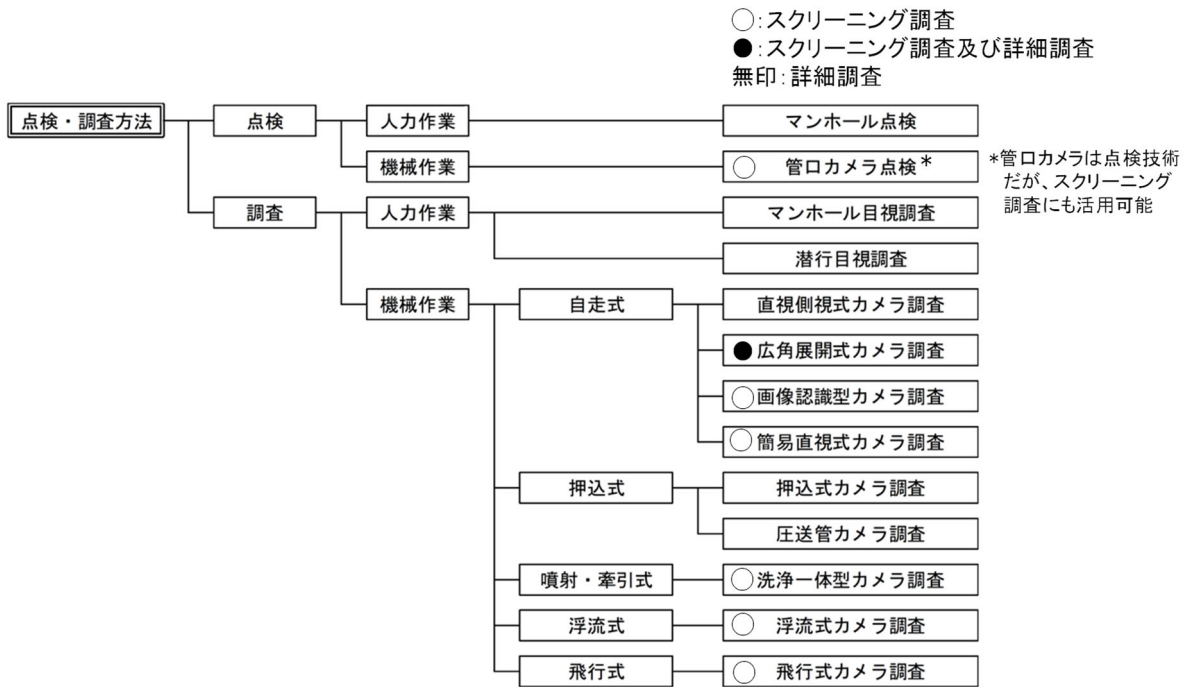
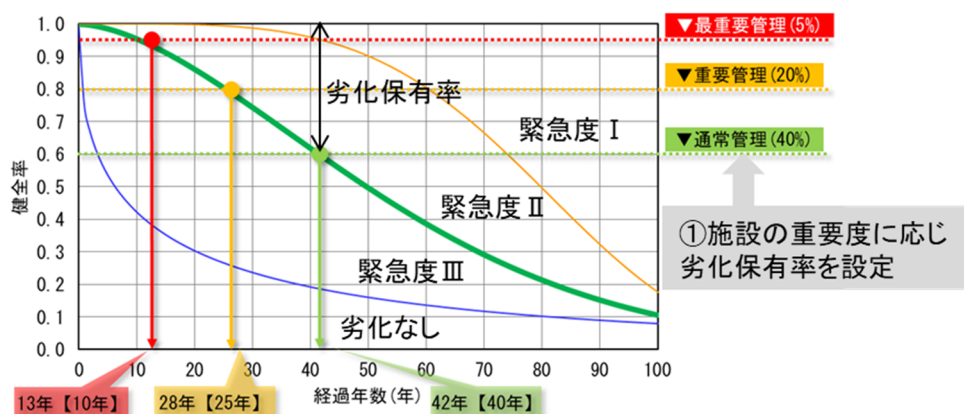


図 4-3 点検・調査方法の体系図 (図 2-51 再掲)

①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討

予算や人員の制約等により、下水道維持管理指針で示されるような頻度（10年に1回）での詳細調査が困難な場合が多く、管渠の重要度に応じたメリハリのある調査頻度を設定する必要があることを踏まえ、管渠の重要度に応じて「劣化保有率」を設定することで、点検・調査頻度を設定する手法を提示した（図 4-4）。本手法は、従来手法（信頼性重視保全）と比較して設定が容易であり、維持管理情報が少なく独自に点検・調査頻度の設定が困難な都市における活用が期待され、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン⁴⁾」に反映された。



②劣化保有率が設定値となる経過年数 = 点検調査1回目(着手時期)とする。

読み取り値13年→10年(安全側へ端数処理)

③2回目以降の頻度は、前回の点検調査結果もしくは対策に応じ設定。

図 4-4 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定 (図 2-53 再掲)

①-4 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討(2.6)

スクリーニング調査導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施のフロー（案）（図 4-5）を示した上で、スクリーニング調査導入の経済性評価の枠組み（図 4-6）の基礎的な検討の結果を実施した。本検討では、TVカメラ調査の”空振り”回避効果や、異常見落としによるリスク保有等のスクリーニング調査の得失を考慮した経済性評価の枠組みを用いた試算により、スクリーニング調査導入の損益分岐点が得られるなど、この経済性評価の枠組みをスクリーニング調査の導入検討に活用できる一定の可能性が示唆された。

①-5 ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価（2.7）

経済性評価の枠組みを用いて、モデル都市における管渠データによるケーススタディを行い、スクリーニング調査の導入によるコスト削減効果を評価した。また、人口減少に伴う下水道使用料収入の減少の影響で調査延長が縮小した場合における、リスク保有の影響を評価した。

ケーススタディにより、経済性評価の枠組みを用いることで、管種や経過年数さらにはスクリーニング調査による見落としリスク、調査量減少による未調査リスクを加味した経済性評価を行うことが可能となり得ることが示唆された。

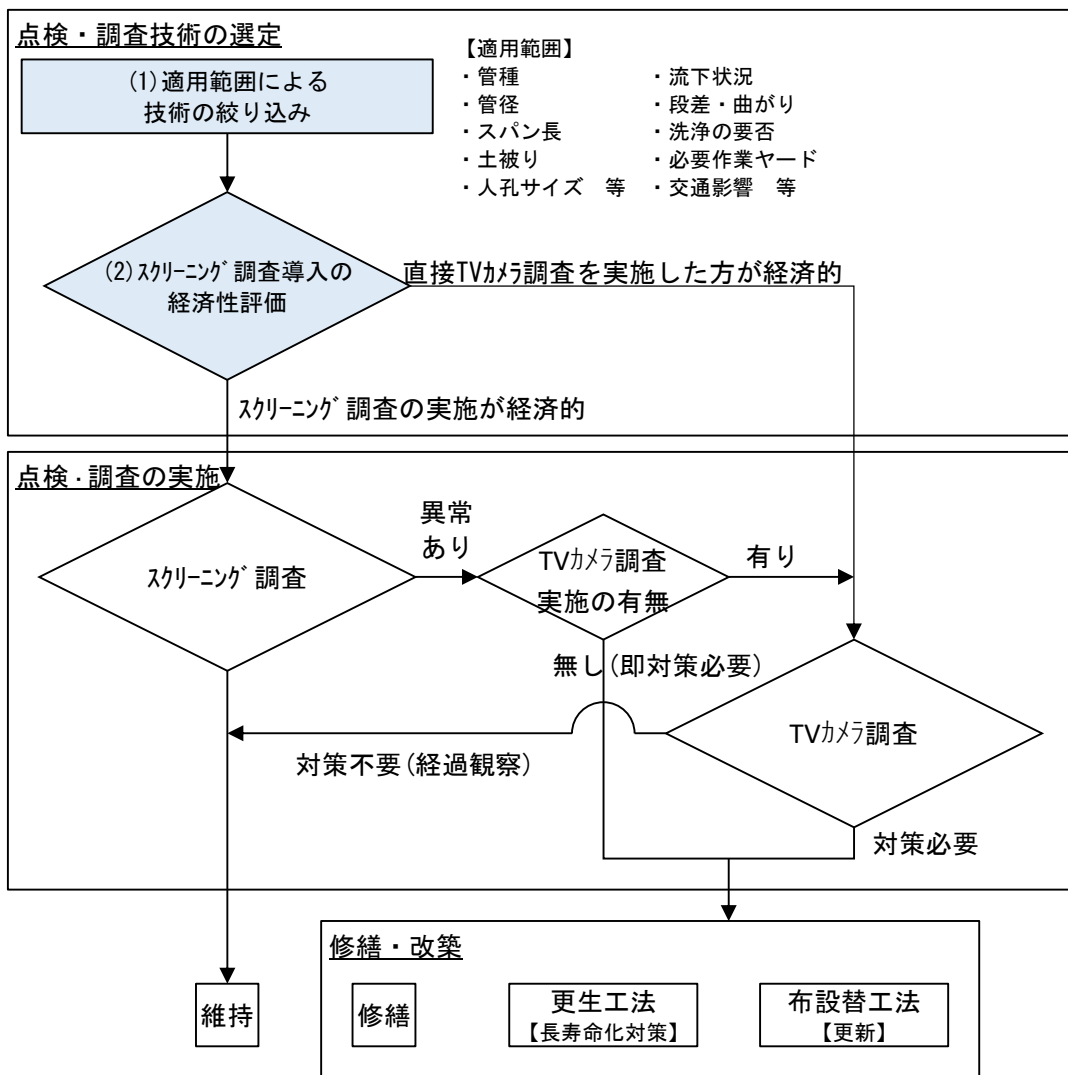


図 4-5 スクリーニング調査の導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施フロー（案）（図 2-55 再掲）

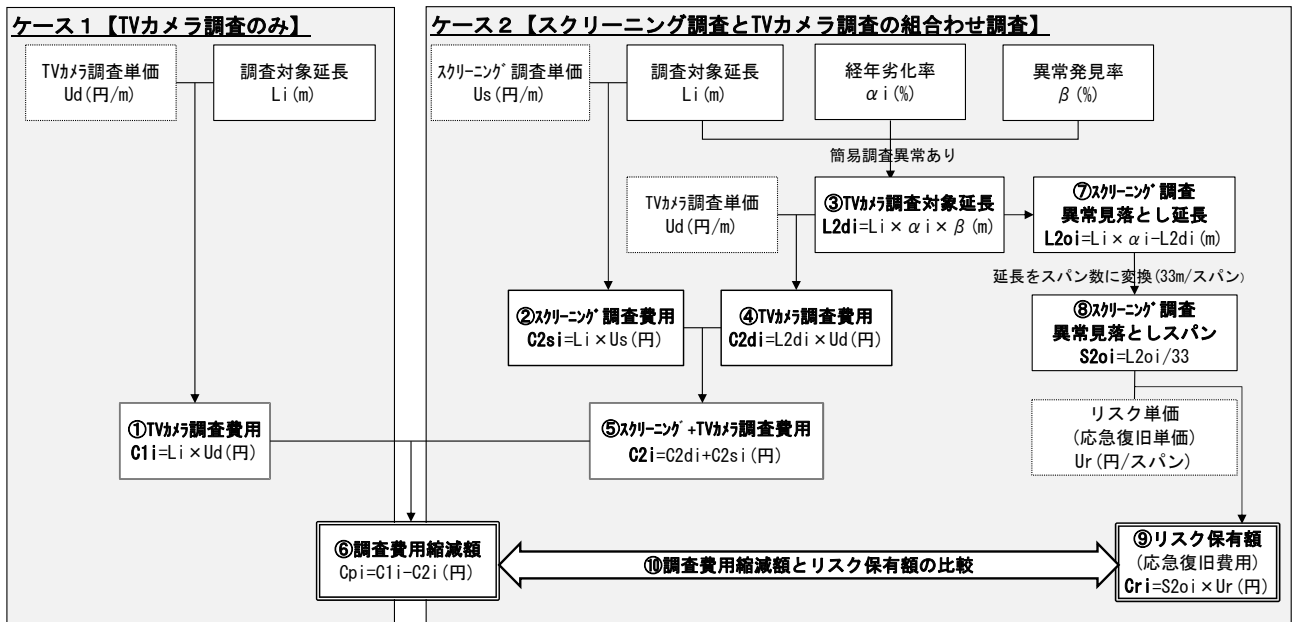


図 4-6 簡易調査を組合わせる場合の経済性評価のフロー (図 2-56 再掲)

研究目標② 維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発

②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理(3.1)

多種多様な修繕・改築工法について、民間協会・企業ヒアリングを通じ適用範囲等を整理した。また、地方公共団体に対し、修繕・改築工法選定に関する実態調査を実施し、修繕・改築工法選定に用いた維持管理情報や判断基準等を確認するとともに、工法選定の参考となる好事例(10事例)を抽出し取りまとめた(参考資料3)。

②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の設定手法の検討(3.2)

維持管理情報(異常項目、管渠条件、施工条件)に基づく修繕・改築工法の効率的な選定フローを提示した。当該フローは、(1)異常項目による絞り込み【一次選定】、(2)管渠条件および施工条件による絞り込み【二次選定】、(3)経済性比較で構成される(図4-7)。さらに、一次選定のフロー(図4-8)等、各段階の具体的な検討方法を提示した。この手法を適用することで、多種多様な修繕・改築工法の中から、維持管理から得た情報を活用しつつ、効率的に管渠条件や施工条件に適した工法を抽出することが可能となる。

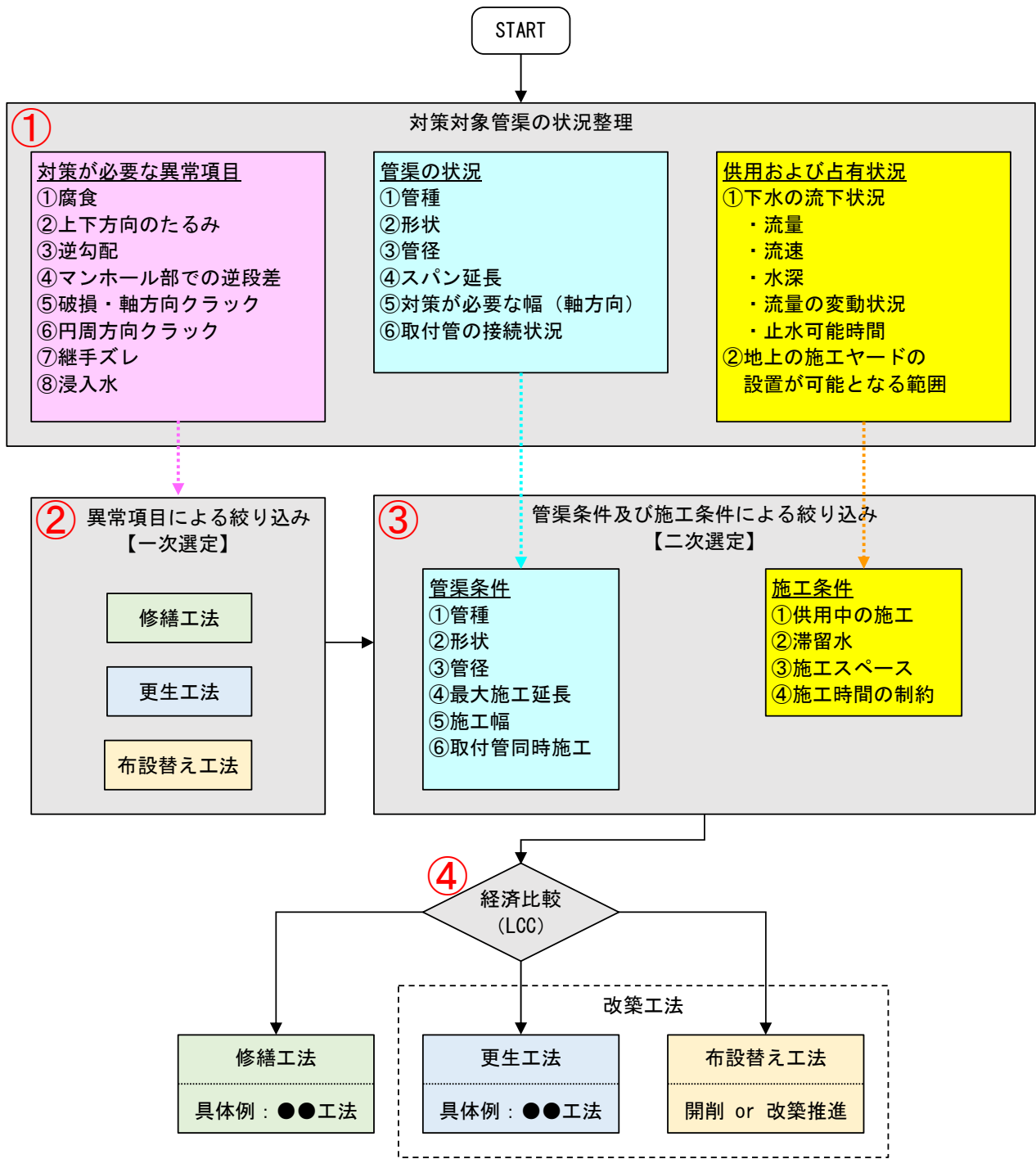
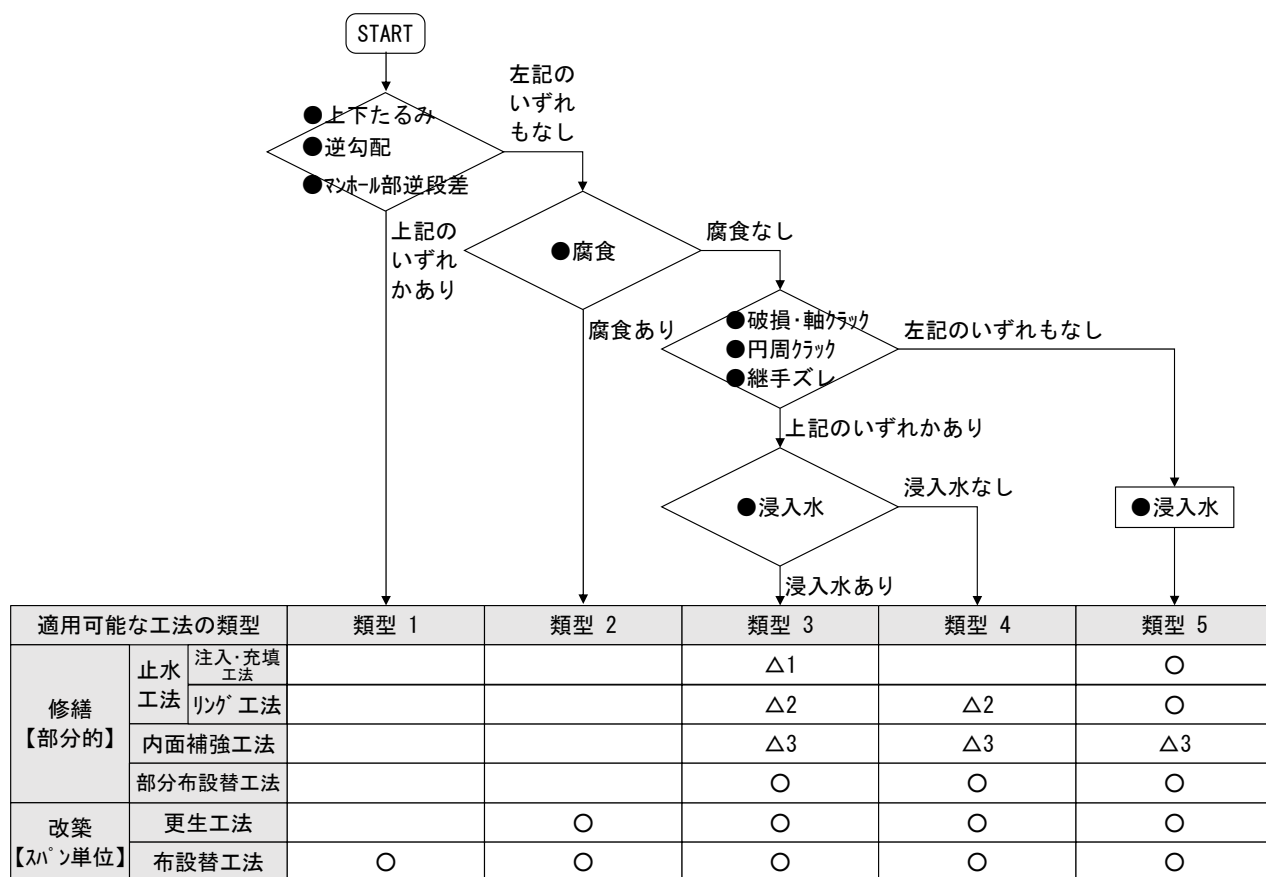


図 4-7 修繕・改築工法の選定の全体フロー (図 3-13 再掲)



△1：内面補強工法では対応できない浸入水がある場合に、内面補強工法と併用して実施する。
 △2：円周方向クラックのみ対応可能。止水工法の位置づけであるが、管渠内への土砂流入防止の効果も期待できる。
 △3：異常の程度（ランク）によっては、対応できない場合もある。

図 4-8 修繕・改築工法の一次選定のフロー (図 3-14 再掲)

4.2. 今後の課題

1.8 で示した本研究に対する「国土技術政策総合研究所研究評価委員会 第一分科会」における評価結果等を踏まえ、GIS や AI 等の活用による下水道施設のマネジメントの効率化及び高度化についても検討する必要がある。

2.2 で示した通り、現時点では塩化ビニル管の調査データが限られるため、経過年数と異常発生との関連性が見いだせておらず、精度の高い健全率予測式の策定に至っていない。しかしながら、全国の中小規模地方公共団体においては塩化ビニル管による下水道整備が主流であり、塩化ビニル管に関するマネジメントの効率化が今後益々重要となる。そのため、今後も塩化ビニル管の調査データを蓄積すると共に、管渠条件（管径、路線延長、スパン内の管本数、設置年度、経過年数、土被り、道路種別、歩車道区分等）を説明変数とする塩化ビニル管の劣化予測手法の開発など、健全率予測式とは異なる新たなアプローチを試みることも必要である。

2.6 のスクリーニング調査導入の経済性評価の枠組みを地方公共団体の実務に適用できる熟度が高めて行くためには、スクリーニング調査技術の異常発見率の現場条件に応じた変動幅の検証や、道路陥没に伴う人身・物損事故や交通機能への支障、あるいは下水道サービスの停止等の社会的損失の反映方法等について更なる検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 国土交通省下水道部; 国総研下水道研究部: 下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン -2015年版-.
- 2) 国土技術政策総合研究所下水道研究部. “下水道管きょ劣化データベース 2021 Ver.3”.
www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html
- 3) 国土技術政策総合研究所下水道研究部. “下水道管きょ健全率予測式 2021”. <https://tiisys.com/wp-content/uploads/2021/06/210616gesuidoukankyokenzenritsu.pdf>
- 4) 国土交通省下水道部; 国総研下水道研究部. 維持管理情報を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン (管路施設編) -2020年版-.
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001338706.pdf>

参考資料 1 経済性評価の枠組みに係る異常発見率 β 及び単価の設定

1.スクリーニング調査（簡易調査）の異常発見率 β の設定

本研究では、スクリーニング調査（簡易調査）の異常発見率 β を図 1-1 に示す手順で設定した。以下に、経年劣化率 α 、異常項目別割合 P 、検出率 q および異常発見率 β それぞれの設定方法を示す。

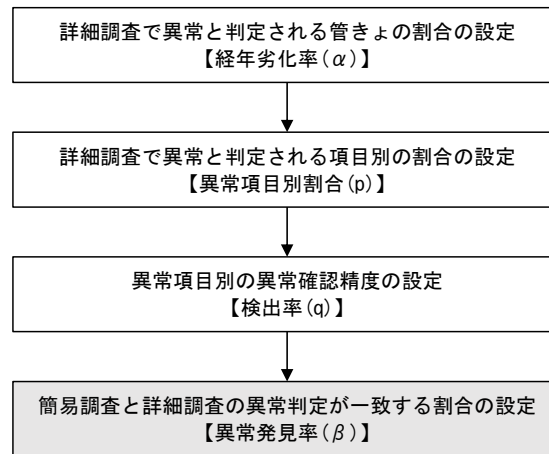


図 1-1 スクリーニング調査（簡易調査）の異常発見率 β の設定手順

1.1.経年劣化率 α_i の設定

経過年数 i 年の管渠群において TV カメラ調査（詳細調査）で異常と判定される管渠の割合を「経年劣化率 α_i 」とする。なお、異常と判定される管渠は、修繕・改築が必要と判断する緊急度 II と緊急度 I と定義する。経年劣化率 α_i は健全率予測式から読み取り、そのイメージは図 1-2 のとおりとなる。

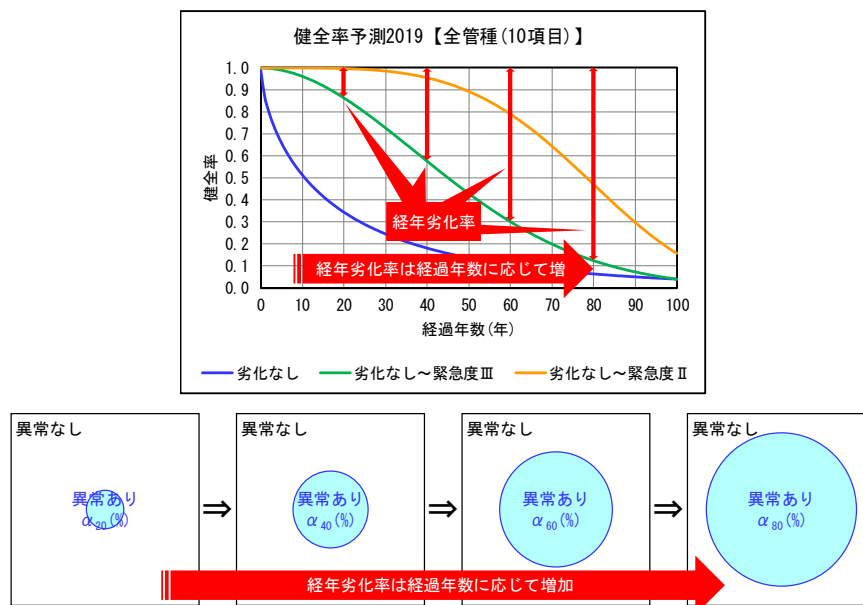


図 1-2 経年劣化率 (α_i) のイメージ

具体的な経年劣化率 α_i は、「管きよ劣化データベース拡充業務¹⁾」で設定した都市規模別・管種別健全率予測式（ワイブル分布式）図 1-3～図 1-11 より設定した。

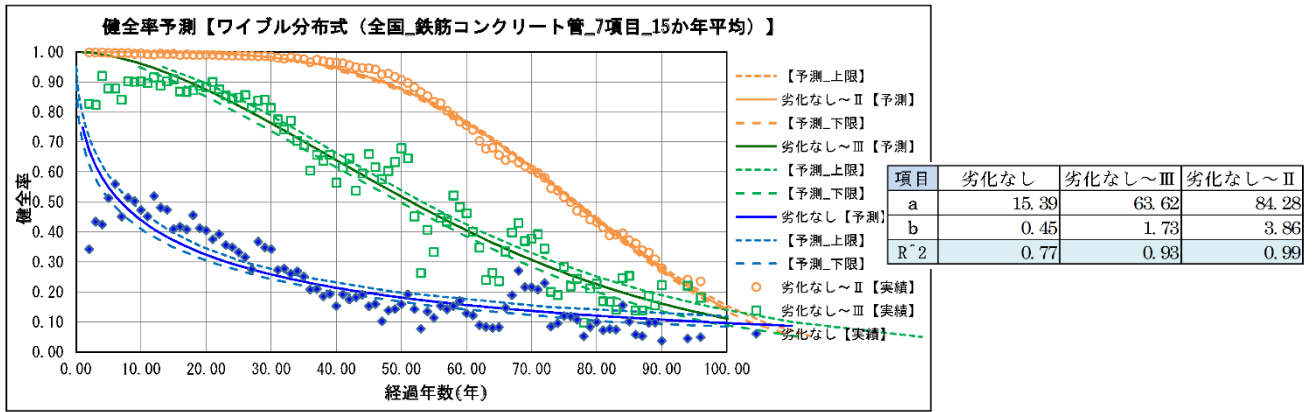


図 1-3 ワイブル分布式による健全率予測式【全国-鉄筋鉄筋鉄筋コンクリート管】

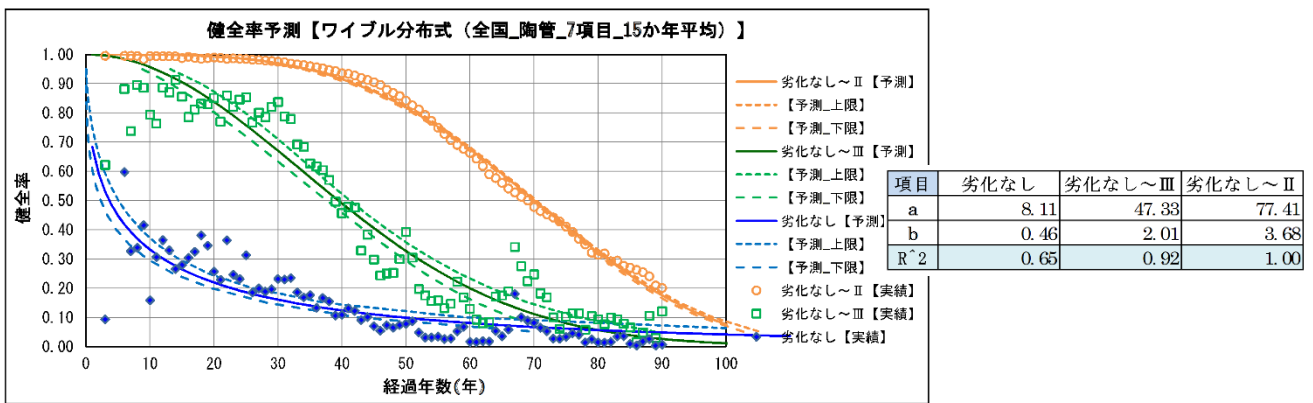


図 1-4 ワイブル分布式による健全率予測式【全国-陶管】

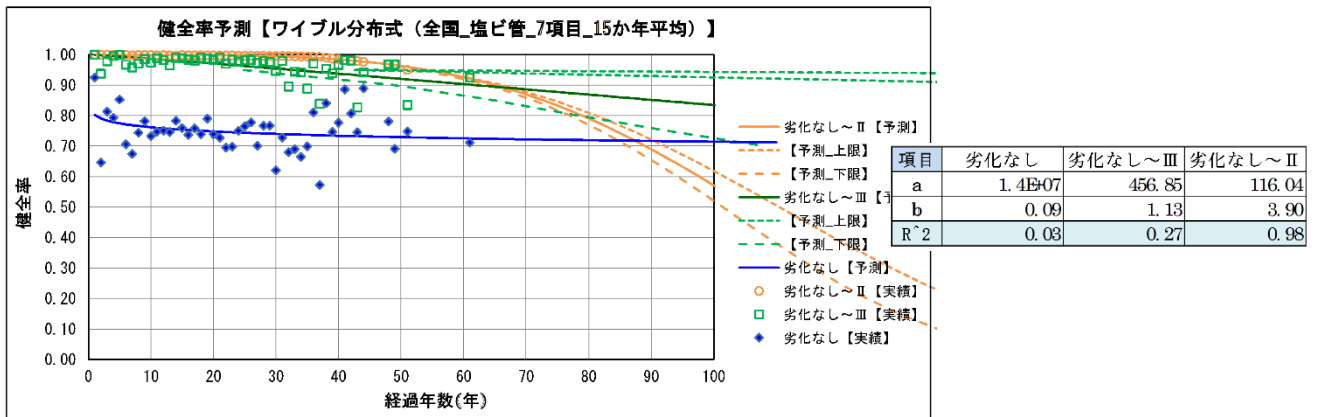


図 1-5 ワイブル分布式による健全率予測式【全国-塩化ビニル管】

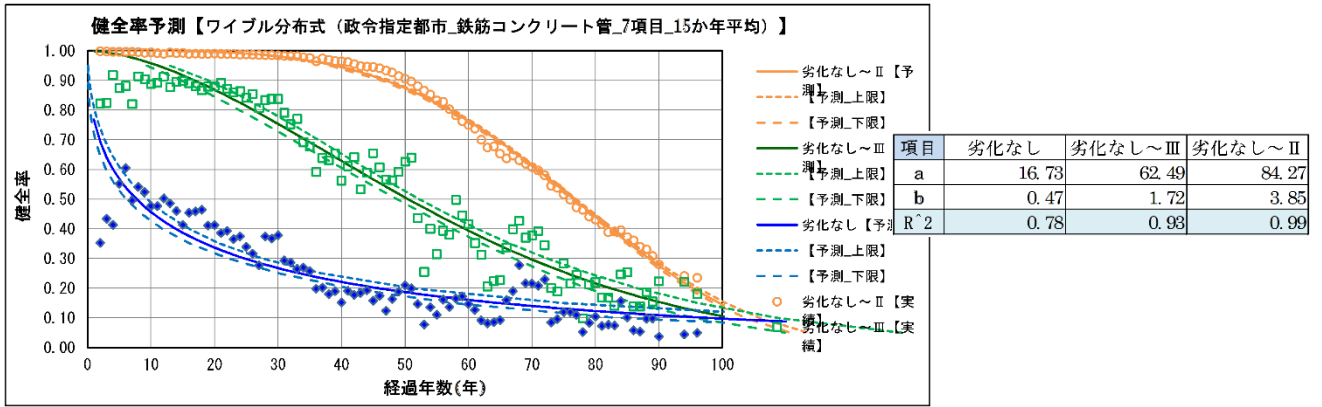


図 1-6 ワイブル分布式による健全率予測式【政令指定都市-鉄筋コンクリート管】

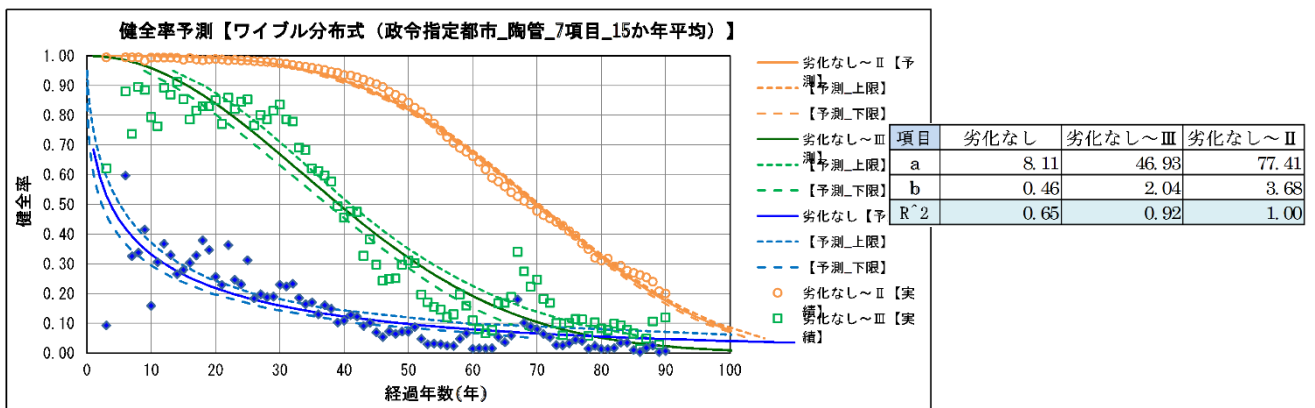


図 1-7 ワイブル分布式による健全率予測式【政令指定都市-陶管】

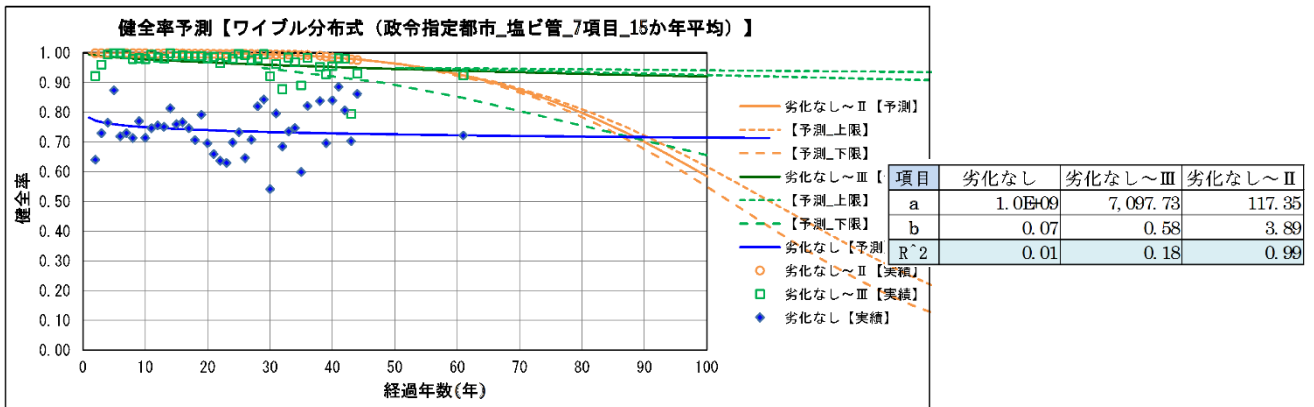


図 1-8 ワイブル分布式による健全率予測式【政令指定都市-塩化ビニル管】

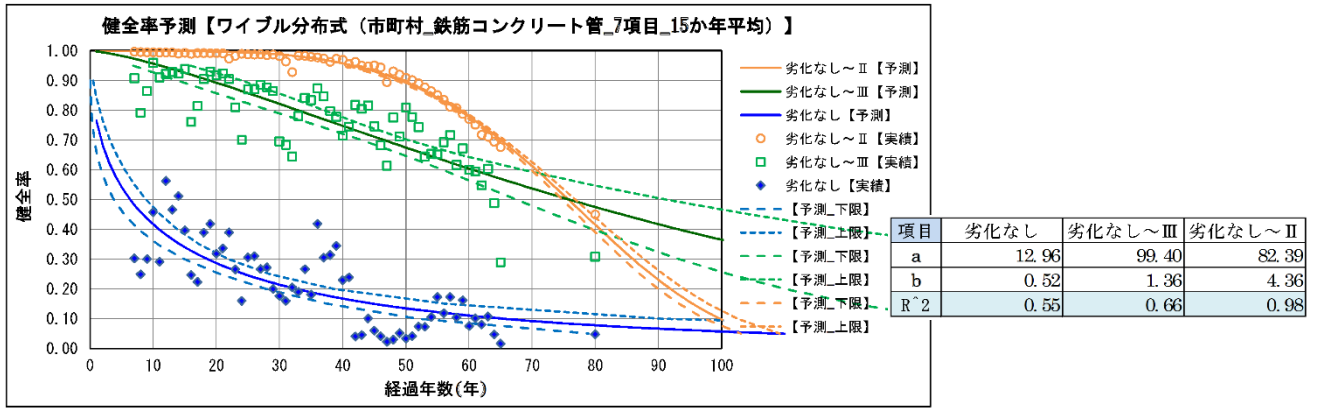


図 1-9 ワイブル分布式による健全率予測式【市町村-鉄筋コンクリート管】

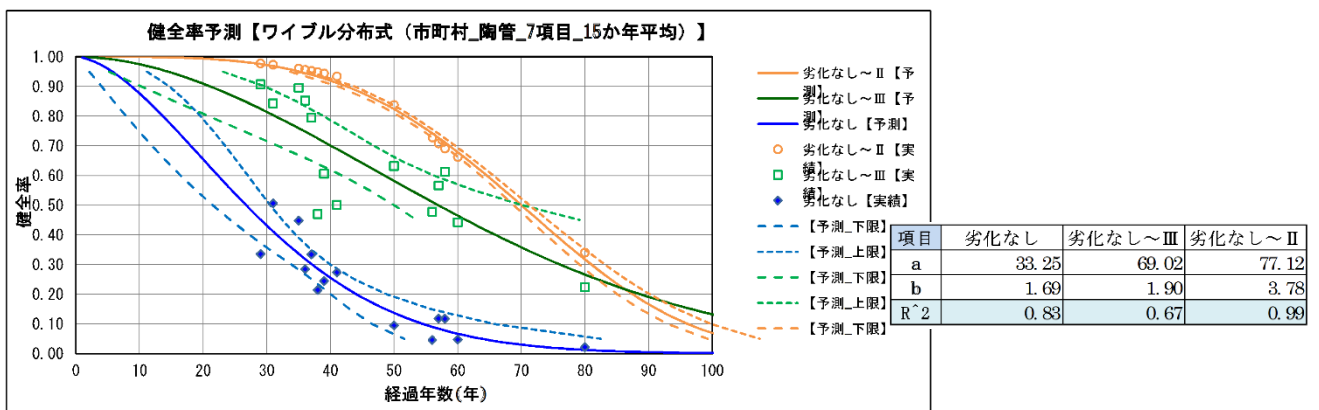


図 1-10 ワイブル分布式による健全率予測式【市町村-陶管】

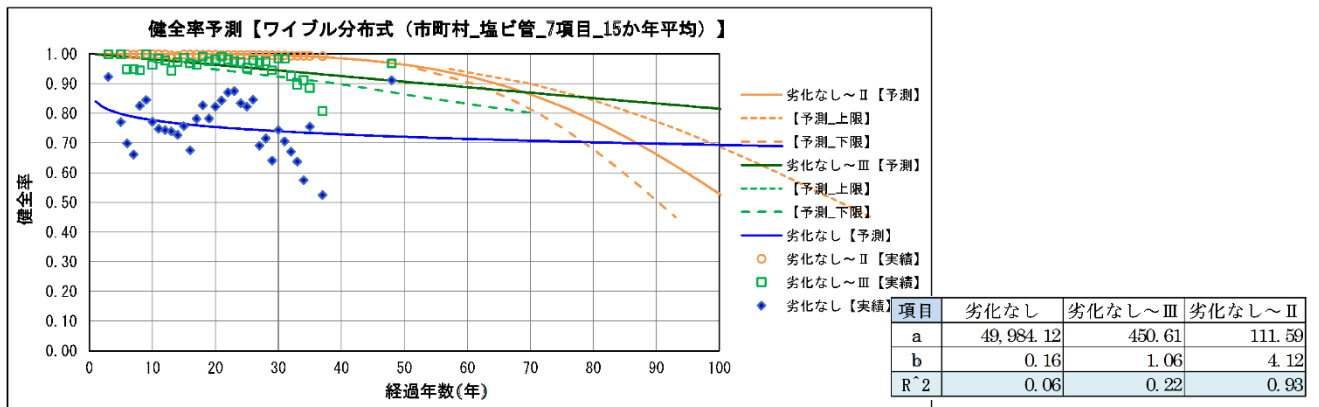


図 1-11 ワイブル分布式による健全率予測式【市町村-塩化ビニル管】

1.2.異常項目別割合 p の設定

TV カメラ調査（詳細調査）で判定される異常項目別の割合を異常項目別割合 p とし、劣化データベースのデータに基づき表 1-1 のとおり整理した。なお、経過年数による異常項目別割合 p に変動はないと仮定した。

表 1-1 異常項目別割合 p

異常項目	鉄筋コンクリート管		陶管		塩化ビニル管	
	スパン数	異常項目別割合 p	スパン数	異常項目別割合 p	スパン数	異常項目別割合 p
腐食 A	3,505	1.54%	103	0.07%	0	0.00%
腐食 B	17,464	7.69%	488	0.35%	15	0.55%
たるみ A	322	0.14%	321	0.23%	146	5.36%
たるみ B	1,505	0.66%	633	0.45%	315	11.56%
破損 a	45,478	20.03%	39,361	28.08%	295	10.83%
破損 b	19,809	8.72%	9,517	6.79%	44	1.62%
クラック a	32,943	14.51%	28,889	20.61%	56	2.06%
クラック b	24,121	10.62%	10,802	7.71%	42	1.54%
継手ズレ a	3,311	1.46%	4,045	2.89%	16	0.59%
継手ズレ b	6,241	2.75%	15,175	10.83%	151	5.54%
浸入水 a	5,338	2.35%	1,006	0.72%	148	5.43%
浸入水 b	25,475	11.22%	5,757	4.11%	468	17.18%
取付管突出 a	3,279	1.44%	3,071	2.19%	29	1.06%
取付管突出 b	15,595	6.87%	10,322	7.36%	117	4.30%
油脂付着 a	102	0.04%	22	0.02%	0	0.00%
油脂付着 b	2,289	1.01%	530	0.38%	112	4.11%
樹木根侵入 a	1,578	0.69%	1,091	0.78%	30	1.10%
樹木根侵入 b	8,647	3.81%	5,554	3.96%	99	3.63%
モルタル付着 a	1,162	0.51%	782	0.56%	6	0.22%
モルタル付着 b	8,895	3.92%	2,704	1.93%	53	1.95%
扁平 A	0	0.00%	0	0.00%	12	0.44%
扁平 B	1	0.00%	0	0.00%	471	17.29%
変形 A	0	0.00%	0	0.00%	16	0.59%
変形 B	0	0.00%	0	0.00%	83	3.05%
計	227,060	100.00%	140,173	100.00%	2,724	100.00%

1.3.検出率 q の設定

(1)スクリーニング調査（簡易調査）の異常確認精度の指標の選定

「スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン（案）（以下、「B-DASH ガイドライン」という。）」ではスクリーニング調査（簡易調査）の異常確認精度の指標として、「検出率」と「適合率」が示されている。スクリーニング調査（簡易調査）には、TVカメラ調査（詳細調査）で確認されるべき異常を多く確認すること、異常の見落としを少なくすることが求められるため、「異常ランク」まで一致させる必要はなく、「異常の発生位置」と「異常項目」の両者が正しく判定されればよいと判断し、「検出率」（q）をスクリーニング調査（簡易調査）の異常確認精度の指標とする。

検出率：TVカメラ調査（詳細調査）により判定された各異常項目のランクごとの異常箇所数のうち、スクリーニング調査（簡易調査）により「異常の発生位置」かつ「異常項目」が正しく判定された異常箇所数の割合。

適合率：TVカメラ調査（詳細調査）により判定された各異常項目のランクごとの異常箇所数のうち、スクリーニング調査（簡易調査）により「異常の発生位置」「異常項目」「異常ランク」すべて正しく判定された異常箇所数の割合。

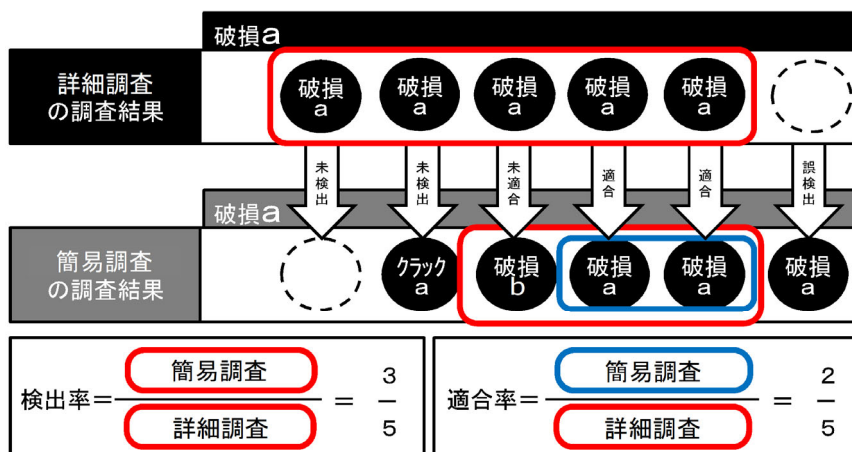


図 1-12 破損 a を対象とした検出率と適合率の算定のイメージ
 （「B-DASH ガイドライン」²⁾ p.44 より引用・加筆）

(2) 検出率 q の設定手順

スクリーニング調査（簡易調査）の異常項目別の検出率（ q ）は、「B-DASH ガイドライン²⁾」や「管路診断システム実証研究³⁾」に示されている異常確認精度に基づき、図 1-13 に示す手順で設定する。

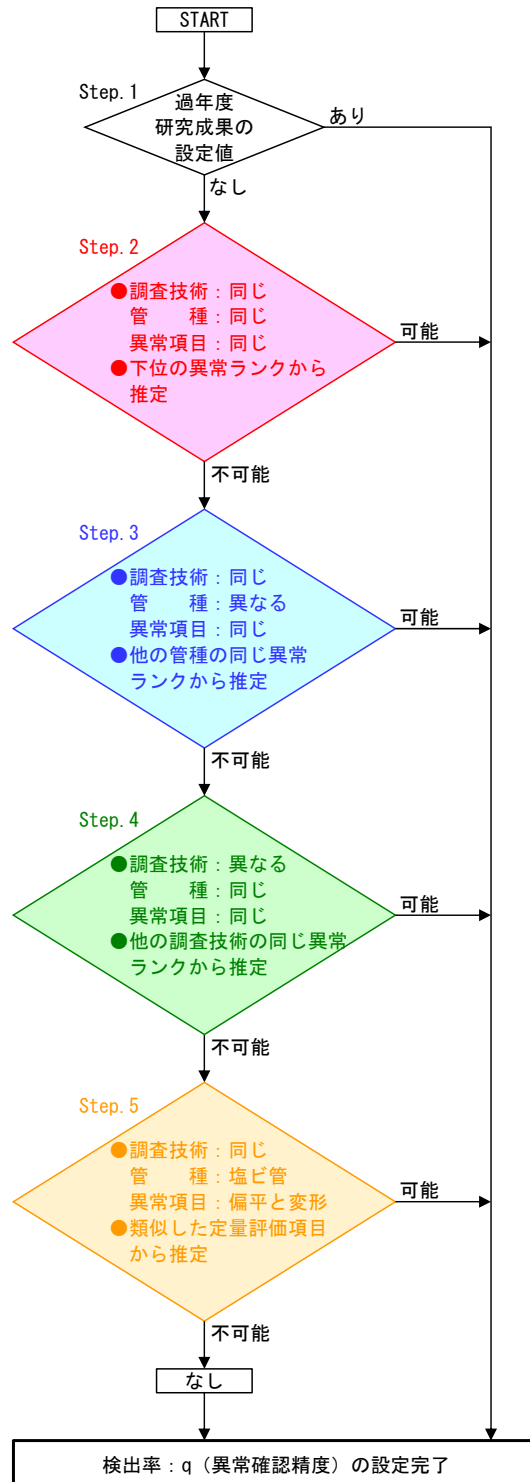


図 1-13 検出率（ q ）の設定手順

以下に、検出率（ q ）における Step1～Step5 に関し説明する。

Step.1 : 過年度研究成果の異常確認精度（検出率（q））を設定

Step.2 : 同じ管種・同じ異常項目の下位の異常ランクから推定

⇒上位のランクの異常は、下位のランクの異常を発見する割合と同程度以上見込めるものと想定し、下位の異常ランクと同値に設定する。



図 1-14 Step2 のイメージ

Step.3 : 他の管種・同じ異常項目の同じ異常ランクから推定

⇒管の材質が異なっても、同じ異常項目であれば発見割合も同程度見込めるものと想定し、他の管種・同じ異常項目の同じ異常ランクと同値に設定する。

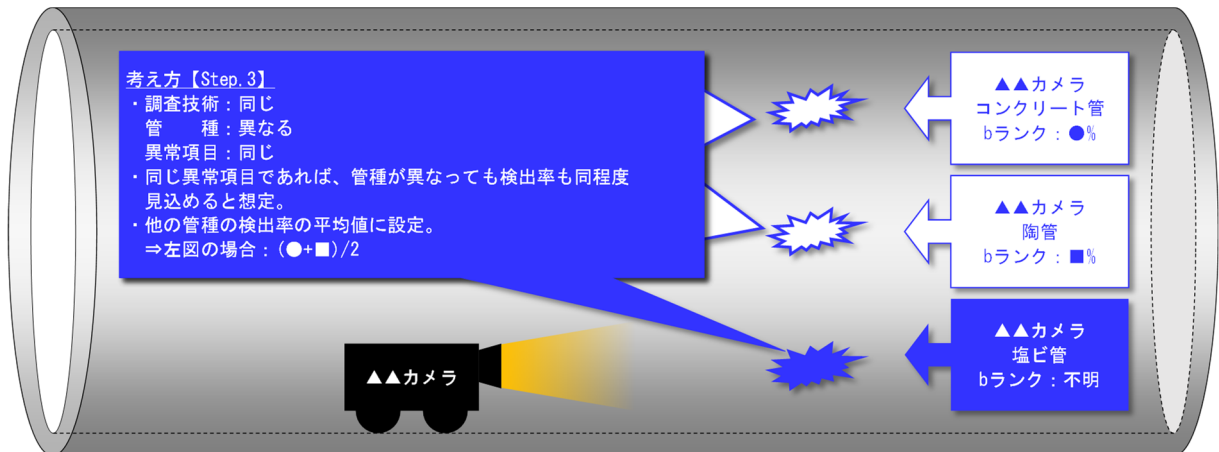


図 1-15 Step3 のイメージ

Step.4 : 同じ管種・同じ異常項目の他のスクリーニング調査（簡易調査）の同じ異常ランクから推定
 ⇒スクリーニング調査（簡易調査）は、マンホールから可視範囲を点検する技術（管口カメラ）と、スパン全体を通して調査する技術（広角展開カメラ、点検直視型カメラ、洗浄一体型カメラ）に区分できる。そのため、なるべく同じ区分けの技術を参考に推定し、同じ管種・同じ異常項目の他のスクリーニング調査（簡易調査）の同じ異常ランクと同値に設定する。



図 1-16 Step4 のイメージ

Step.5 : 同じ管種・他の異常項目の同じ異常ランクから推定

⇒主に、塩化ビニル管の「扁平」と「変形」が該当する。

「扁平」の判定がたわみ率の大きさ（a : 15%以上、b : 5%以上）となっており、定量的な評価となっていることから、同じ定量評価項目となっている「円周方向クラック」（a : 5mm以上、b : 2mm以上）と同値に設定する。

また、「変形」は「取付管突出」と事象が似ていることから、「変形」（a : 内径の 1/10 以上に突出、b : 内径の 1/10 未満に突出）は、「取付管突出」（b : 1/10 以上、c : 1/10 未満）を参考にし、「取付管突出」の c ランクに設定値がないため、b ランクと同値に設定する。



図 1-17 Step5 のイメージ

上記のとおり推定方法は数種類あるが、推定の精度が高いと思われる順に Step.1～5 を設定した。

(3) 過年度研究成果に示されている検出率 q

1) 管口カメラ

「B-DASH ガイドライン²⁾」では、鉄筋コンクリート管と陶管に対する管口カメラの検出率について表 1-2 のとおり示されている。未確認の異常項目、及び塩化ビニル管については、別途整理が必要となる。

表 1-2 管口カメラの異常確認精度

異常項目	精度検証結果			(参考) 誤検出率	備考	
	検出率 (左はコンクリート管, 右は陶管の値)					
	スパン長 10m 以下	スパン長 10~20m 以下	スパン長 20~30m 以下			
管の腐食	A	100%, -	100%, -	100%, -	0%	・B ランク以上は発生開始箇所から下流に向けて発生し、広範囲に及んでおり、管口からの調査でほぼ検出可能 (実証フィールドでは未確認のため、別都市の調査結果にて検証)
	B	100%, -	100%, -	100%, -		
	C	未確認	未確認	未確認		
上下方向のたるみ	A	100%, 100%	100%, 100%	100%, 100%	11%	・A, B ランク (内径の 1/2 以上) のたるみは管口からの調査でほぼ検出可能
	B	78%, 78%	78%, 78%	78%, 78%		
	C	未確認	未確認	未確認		
管の破損	a	60%, 72%	38%, 58%	31%, 52%	0%	・a, b ランクともスパンが長いほど管口から離れた距離に異常が発生するため、検出率低下 ・短いスパンでは、継手部付近の破損は継手部の影に隠れる場合に検出率低下
	b	60%, 32%	33%, 19%	20%, 14%		
	c	28%, 未確認	23%, 未確認	17%, 未確認		
管のクラック	a	88%, 93%	55%, 93%	62%, 89%	0%	・管口付近に発生する傾向にあるため a ランクであれば管口カメラでも比較の見えやすい ・管口より離れた箇所のクラックの中で継手部や取付管の陰に隠れるものは検出率が低い
	b	67%, 51%	51%, 48%	46%, 49%		
	c	43%, 未確認	32%, 未確認	30%, 未確認		
管の継手ズレ	a	未確認, 92%	未確認, 67%	未確認, 52%	0%	・陶管の a ランクの場合、管口付近に発生しており検出率が高い ・b, c ランクはズーム機能を使った場合にズレの判別が困難になる
	b	70%, 33%	59%, 19%	52%, 11%		
	c	10%, 16%	6%, 10%	5%, 6%		
浸入水	a	14%, 10%	11%, 10%	6%, 6%	0%	・浸入水の発生状況は地下水位によって異なるため、管口カメラ調査実施時点と従来型 TV カメラ調査時点では浸入水発生状況が異なる可能性がある
	b	10%, 17%	8%, 12%	4%, 3%		
	c	12%, 0%	8%, 33%	7%, 0%		
取付管突き出し	a	未確認	未確認	未確認	0%	・管内面に付着する異常のため、管口から離れた箇所に発生する異常についても b ランク以上であれば 70%以上で検出可能
	b	85%, 100%	86%, 100%	73%, 89%		
	c	38%, 45%	27%, 25%	24%, 39%		
油脂の付着	a	未確認	未確認	未確認	0%	・a, b ランクともにスパン長が大きくなるほど管口から離れた距離に異常が発生するため、検出率低下
	b	未確認, 100%	未確認, 60%	未確認, 40%		
	c	-	-	-		
樹木根の侵入	a	未確認, 100%	未確認, 100%	未確認, 100%	0%	・管内面に付着する異常のため、スパン長に依らず a ランクは検出可能 ・b, c ランクは継手部に発生する場合が多く、映像での確認が困難であるため検出率低下
	b	73%, 38%	70%, 31%	66%, 24%		
	c	-	-	-		
モルタルの付着	a	85%, 未確認	73%, 未確認	65%, 未確認	0%	・土砂堆積との判別が困難な場合に検出率低下
	b	0%, 100%	20%, 90%	30%, 60%		
	c	3%, 40%	12%, 23%	8%, 15%		

※未確認：実証フィールドでは事象が見られなかった。

※ランク判定を行わないため適合率は算出していない。

※油脂の付着及び樹木根の侵入の c 判定は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案)」(平成 25 年 6 月)の判定基準において「-」となっているため、判定を行っていない。

※本表は前述した通り、既往の調査データをもとにスパン長ごとに異常ランクごとの発生傾向を整理し、実証で得られた管口からの距離別の異常検出率を加重平均して求めたものである。このため、フィールドにおける異常の発生傾向に偏りがある場合、検出率が変動する可能性がある。

※水深が管径の最大 1 割程度の状態で調査を実施した。

(「B-DASH ガイドライン²⁾」 p.82 より引用・加筆)

2) 広角展開カメラ

「B-DASH ガイドライン²⁾」では、広角展開カメラをスクリーニング調査（簡易調査）として使用した場合の検出率が表 1-3 のとおり示されている。なお、この異常確認精度は鉄筋コンクリート管を対象としているため、未確認の異常項目、及び陶管や塩化ビニル管については、別途整理が必要となる。

表 1-3 広角展開カメラ（スクリーニング調査（簡易調査））の検出率

異常項目	精度検証結果		(参考) 誤検出率	備考	
	検出率	適合率			
管の腐食	A	100%	92%	0%	・TVカメラ調査で見落とされた箇所を広角カメラで検出可能だった事例が多数確認された
	B	100%	71%		
	C	-※1	-※1		
上下方向のたるみ	A	100%	100%	0%	・Cについては、水深が低い場合は水位の変化を把握し難いため、A、Bと比較しCの検出率および適合率は低下している
	B	100%	100%		
	C	63%	63%		
管の破損	a	91%	83%	0.1%	・a, b 検出率は85%以上であり、ほぼ見落としは無い。見落としの要因は破損をクラックと判定している場合が多い ・壁面の汚れを破損として検出した事例が確認された
	b	86%	72%		
	c	77%	70%		
管のクラック	a	93%	69%	0.2%	・検出率は90%以上でありほぼ見落としはない ・他の異常と比較しランク取り逃がしが多いため適合率が低下している ・継手を全周クラックとして検出した事例が確認された
	b	92%	74%		
	c	65%	56%		
管の継手ズレ	a	100%	100%	0%	・軸方向のズレは認識しやすいが断面方向のズレは認識困難 ・TVカメラ調査で見落とされた箇所を広角カメラで検出可能だった事例が多数確認された
	b	100%	80%		
	c	87%	85%		
浸入水	a	75%	0%	0%	・浸入水の動きを静止画である展開画像上で診断しがたいため、a 検出率・適合率が低い ・浸入水の状況は日によって異なるため、実証試験の日程により適合率の値は変動する
	b	86%	25%		
	c	93%	92%		
取付管突き出し	a	100%	100%	0%	・取付管突き出しcにおいても適合率が高く、他の異常と比較し異常診断が容易 ・TVカメラ調査で取付管突き出しを接合不良と判定している事例が確認された
	b	91%	73%		
	c	90%	87%		
油脂の付着	a	未確認	未確認	-	・実証フィールドに事象無し
	b	未確認	未確認		
	c	-※2	-※2		
樹木根の侵入	a	100%	100%	0%	・bは継手から微少に侵入している場合が多く、展開画像上で把握が困難である ・管内に侵入した木根を、洗浄作業で洗い流してしまったため、TVカメラ調査で検出できない箇所が多数確認された
	b	56%	52%		
	c	-※2	-※2		
モルタルの付着	a	100%	80%	0%	・検出率は100%と高いが、モルタル付着の大きさを展開画像上で正確に診断することが困難であるため、適合率は低下 ・広角カメラでモルタルと判定した異物を、洗浄作業で洗い流してしまったため、TVカメラ調査で検出できない箇所が多数確認された
	b	88%	47%		
	c	75%	74%		

※1 管の腐食項目のC判定は、今回の調査方法では管内を洗浄せずに調査を実施することから判定不能とし、判定の対象から除外している。

※2 油脂の付着及び樹木根の侵入のc判定は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案)」(平成25年6月)の判定基準において「-」となっているため、判定を行っていない。

※水深が管径の最大1割程度の状態で調査を実施した。

(「B-DASH ガイドライン²⁾」 p.64 より引用・加筆)

3) 点検直視型カメラ

過年度業務成果「管路診断システム実証研究³⁾」では、点検直視型カメラ（KPRO カメラ）の鉄筋コンクリート管に対する検出率が表 1-4、塩化ビニル管に対するものが表 1-5 のとおり示されている。未確認の異常項目、及び陶管については、別途整理が必要となる。

なお、塩化ビニル管については点検直視型カメラを TV カメラ調査（詳細調査）としての適用性についてとりまとめられているため、洗浄を行わないスクリーニング調査（簡易調査）の異常確認精度については、別途検討する必要がある。

表 1-4 点検直視型カメラ調査の検出率【鉄筋コンクリート管】

異常内容	異常確認率(%)	備考
腐食A	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
腐食B	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
たるみA	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
たるみB	-	従来型TVカメラでは確認されなかった
破損a	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
破損b	$y = 0.8750 x \Rightarrow 88 \%$	
クラックa	$y = 0.9286 x \Rightarrow 93 \%$	
クラックb	$y = 0.8831 x \Rightarrow 88 \%$	
継手ズレa	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
継手ズレb	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
浸入水a	$y = 0.0000 x \Rightarrow 0 \%$	
浸入水b	$y = 0.2222 x \Rightarrow 22 \%$	
取付管突出しa	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
取付管突出しb	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
油脂付着a	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
油脂付着b	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
木根侵入a	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
木根侵入b	$y = 0.9286 x \Rightarrow 93 \%$	
モルタル付着a	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
モルタル付着b	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	

※赤字箇所：特に異常確認率が低い異常内容

（「管路診断システム実証研究³⁾」 p.5-58 より引用・加筆）

表 1-5 点検直視型カメラ調査の検出率【塩化ビニル管】

異常内容	異常確認率(%)	備考
たるみA	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
たるみB	$y = 0.9000 x \Rightarrow 90 \%$	
たるみC	$y = 0.9481 x \Rightarrow 95 \%$	
破損a	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
破損b	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
破損c	-	
クラックa	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
クラックb	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
クラックc	-	
継手ズレa	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
継手ズレb	$y = 0.0000 x \Rightarrow 0 \%$	
継手ズレc	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
偏平a	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
偏平b	-	
偏平c	-	
変形a	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
変形b	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
変形c	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
浸入水a	-	
浸入水b	$y = 0.1818 x \Rightarrow 18 \%$	本実証研究フィールドでは確認されなかった
浸入水c	$y = 0.8679 x \Rightarrow 87 \%$	
取付管突出しa	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
取付管突出しb	-	
取付管突出しc	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
油脂付着a	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
油脂付着b	$y = 0.6552 x \Rightarrow 66 \%$	
油脂付着c	-	
木根侵入a	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
木根侵入b	$y = 1.0000 x \Rightarrow 100 \%$	
木根侵入c	-	
モルタル付着a	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
モルタル付着b	$y = 0.3736 x \Rightarrow 37 \%$	
モルタル付着c	$y = 0.7222 x \Rightarrow 72 \%$	

※赤字箇所：特に異常確認率が低い異常内容

※青字箇所：機器の性能不足ではなく、本実証研究フィールドの特性により異常確認率が低くなった異常内容

(「管路診断システム実証研究³⁾」 p.5-68 より引用・加筆)

4) 洗浄一体型カメラ

過年度業務成果「管路診断システム実証研究³⁾」では、陶管に対する洗浄一体型カメラ（クリーンビュー）の検出率が表 1-6 のとおり示されている。未確認の異常項目、及び鉄筋コンクリート管や塩化ビニル管については、別途整理が必要となる。

表 1-6 洗浄一体型カメラ調査の検出率【陶管】

異常内容	異常確認率(%)		備考
腐食A	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
腐食B	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
たるみA	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
たるみB	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
破損a	$y = 0.9816 x$	⇒ 98 %	
破損b	$y = 0.7882 x$	⇒ 79 %	
クラックa	$y = 0.8889 x$	⇒ 89 %	
クラックb	$y = 0.4681 x$	⇒ 47 %	
継手ズレa	$y = 1.0000 x$	⇒ 100 %	
継手ズレb	$y = 0.5000 x$	⇒ 50 %	
浸入水a	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
浸入水b	$y = 0.0000 x$	⇒ 0 %	
取付管突出しa	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
取付管突出しb	$y = 1.0000 x$	⇒ 100 %	
油脂付着a	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
油脂付着b	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
木根侵入a	-	-	本実証研究フィールドでは確認されなかった
木根侵入b	$y = 0.8475 x$	⇒ 85 %	
モルタル付着a	$y = 0.5000 x$	⇒ 50 %	
モルタル付着b	$y = 0.9851 x$	⇒ 99 %	

※赤字箇所：特に異常確認率が低い異常内容

(「管路診断システム実証研究³⁾」 p.5-62 より引用・加筆)

(4) 各ステップにおける検出率 q の設定

1) 過年度研究成果の設定値【Step.1】

Step.1 により設定した検出率 q を表 1-7 に示す。

表 1-7 Step.1 による検出率 q の設定結果

点検調査技術	異常項目	コンクリート管																														
		腐食			上下たすみ			破損(軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			モルタル付着			
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	60%	60%	28%	88%	67%	43%	未	70%	10%	14%	10%	12%	未	85%	38%	未	未	—	未	73%	—	85%	0%	3%
		スパン長10~20m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	38%	33%	23%	55%	51%	32%	未	59%	6%	11%	8%	8%	未	86%	27%	未	未	—	未	70%	—	73%	20%	12%
		スパン長20~30m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	31%	20%	17%	62%	46%	30%	未	52%	5%	6%	4%	7%	未	73%	24%	未	未	—	未	66%	—	65%	30%	8%
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	—	100%	100%	63%	91%	86%	77%	93%	92%	65%	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%	
	簡易直視式カメラ	未	未		未	未		100%	88%		93%	88%		未	100%		0%	22%		未	100%		未	未	—	未	93%	—	未	100%		
洗浄一体型カメラ																																

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定(実証せず)。

点検調査技術	異常項目	陶管																													
		上下たすみ			破損(軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			モルタル付着					
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下	100%	78%	未	72%	32%	未	93%	51%	未	92%	33%	16%	10%	17%	0%	未	100%	45%	未	100%	—	100%	38%	—	未	100%	40%		
		スパン長10~20m以下	100%	78%	未	58%	19%	未	93%	48%	未	67%	19%	10%	10%	12%	33%	未	100%	25%	未	60%	—	100%	31%	—	未	90%	23%		
		スパン長20~30m以下	100%	78%	未	52%	14%	未	89%	49%	未	52%	11%	6%	6%	3%	0%	未	89%	39%	未	40%	—	100%	24%	—	未	60%	15%		
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	86%	77%	93%	92%	65%	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%			
	簡易直視式カメラ																														
洗浄一体型カメラ	未	未		98%	79%		89%	47%		100%	50%		未	0%		未	100%		未	未	—	未	85%	—	50%	99%					

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定(実証せず)。

点検調査技術	異常項目	塩ビ管																																
		上下たすみ			破損(軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			扁平			変形			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			モルタル付着		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%				
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	—	—	—	—	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%				
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下																																
		スパン長10~20m以下																																
		スパン長20~30m以下																																
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	—	—	93%	92%	65%	100%	100%	87%					75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%		
	簡易直視式カメラ	未	90%	95%	100%	—	—	100%	未	未	未	0%	100%	未	未	—	100%	100%	—	未	18%	87%	未	未	100%	未	66%	—	未	100%	—	未	37%	72%
洗浄一体型カメラ																																		

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定(実証せず)。

2) 同じ管種・同じ異常項目の下位の異常ランクから推定【Step.2】

Step.2 により設定した検出率 q を表 1-8 に示す。

表 1-8 Step.2 による検出率 q の設定結果

点検調査技術	異常項目	コンクリート管																														
		腐食			上下たるみ			破損 (軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			モルタル付着			
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	60%	60%	28%	88%	67%	43%	70%	70%	10%	14%	10%	12%	85%	85%	38%	未	未	—	73%	73%	—	85%	0%	3%
		スパン長10~20m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	38%	33%	23%	55%	51%	32%	59%	59%	6%	11%	8%	8%	86%	86%	27%	未	未	—	70%	70%	—	73%	20%	12%
		スパン長20~30m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	31%	20%	17%	62%	46%	30%	52%	52%	5%	6%	4%	7%	73%	73%	24%	未	未	—	66%	66%	—	65%	30%	8%
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	—	100%	100%	63%	91%	86%	77%	93%	92%	65%	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%	
	簡易直視式カメラ	未	未	—	未	未	—	100%	88%	—	93%	88%	—	100%	100%	—	0%	22%	—	100%	100%	—	未	未	—	93%	93%	—	100%	100%	—	
洗浄一体型カメラ																																

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

点検調査技術	異常項目	陶管																													
		上下たるみ			破損 (軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			モルタル付着					
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下	100%	78%	未	72%	32%	—	93%	51%	—	92%	33%	16%	10%	17%	0%	100%	100%	45%	100%	100%	—	100%	38%	—	100%	100%	40%		
		スパン長10~20m以下	100%	78%	未	58%	19%	—	93%	48%	—	67%	19%	10%	10%	12%	33%	100%	100%	25%	60%	60%	—	100%	31%	—	90%	90%	23%		
		スパン長20~30m以下	100%	78%	未	52%	14%	—	89%	49%	—	52%	11%	6%	6%	3%	0%	89%	89%	39%	40%	40%	—	100%	24%	—	60%	60%	15%		
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	86%	—	93%	92%	—	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%			
	簡易直視式カメラ						—																								
洗浄一体型カメラ	未	未		98%	79%	—	89%	47%	—	100%	50%	—	0%	0%	—	100%	100%	—	未	未	—	85%	85%	—	50%	99%					

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

点検調査技術	異常項目	塩ビ管																																
		上下たるみ			破損 (軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			扁平			変形			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			モルタル付着		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	—	—	—	—	—	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下																																
		スパン長10~20m以下																																
		スパン長20~30m以下																																
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	—	—	93%	92%	65%	100%	100%	87%				—	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%		
	簡易直視式カメラ	90%	90%	95%	100%	—	—	100%	未	未	0%	0%	100%	未	未	—	100%	100%	—	18%	18%	87%	100%	100%	100%	66%	66%	—	100%	100%	37%	37%	72%	
洗浄一体型カメラ																																		

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

3) 他の管種・同じ異常項目の同じ異常ランクから推定【Step.3】

Step.3により設定した検出率 q を表 1-9 に示す。

表 1-9 Step.3 による検出率 q の設定結果

点検調査技術		異常項目		コンクリート管																													
				腐食			上下 たるみ			破損 (軸クラック)			円周 クラック			継手 ズレ			浸入水			取付管 突出			油脂 付着			木根 侵入			砂利 付着		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長 10m以下	100%	100%	1	100%	78%	5	60%	60%	10	88%	67%	15	70%	70%	20	14%	10%	25	85%	85%	30	100%	100%	34	73%	73%	39	85%	0%	3%	
		スパン長 10~20m以下	100%	100%	2	100%	78%	6	38%	33%	11	55%	51%	16	59%	59%	21	11%	8%	26	86%	86%	31	60%	60%	35	70%	70%	40	73%	20%	12%	
		スパン長 20~30m以下	100%	100%	3	100%	78%	7	31%	20%	12	62%	46%	17	52%	52%	22	6%	4%	27	73%	73%	32	40%	40%	36	66%	66%	41	65%	30%	8%	
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	—	100%	100%	63%	91%	86%	77%	93%	92%	65%	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%		
	簡易直視式カメラ	未	未	4	90%	90%	8	100%	88%	13	93%	88%	18	100%	100%	23	0%	22%	28	100%	100%	33	66%	66%	37	93%	93%	42	100%	100%	—		
洗浄一体型カメラ	—	—	—	—	—	9	98%	79%	14	89%	47%	19	100%	50%	24	0%	0%	29	100%	100%	—	—	—	—	38	85%	85%	43	50%	99%	—		

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

点検調査技術		異常項目		陶管																											
				上下 たるみ			破損 (軸クラック)			円周 クラック			継手 ズレ			浸入水			取付管 突出			油脂 付着			木根 侵入			砂利 付着			
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	100%
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長 10m以下	1	100%	78%	5	72%	32%	10	93%	51%	15	92%	33%	20	10%	17%	25	100%	100%	30	100%	100%	34	100%	38%	39	100%	100%	40%	
		スパン長 10~20m以下	2	100%	78%	6	58%	19%	11	93%	48%	16	67%	19%	21	10%	12%	26	100%	100%	31	60%	60%	35	100%	31%	40	90%	90%	23%	
		スパン長 20~30m以下	3	100%	78%	7	52%	14%	12	89%	49%	17	52%	11%	22	6%	3%	27	89%	89%	32	40%	40%	36	100%	24%	41	60%	60%	15%	
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	86%	—	93%	92%	—	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%			
	簡易直視式カメラ	4	90%	90%	8	100%	88%	13	97%	88%	18	50%	50%	23	9%	20%	28	100%	100%	33	66%	66%	37	97%	97%	42	69%	69%	—		
洗浄一体型カメラ	未	未	9	98%	79%	14	89%	47%	19	100%	50%	24	0%	0%	29	100%	100%	—	未	未	—	38	85%	85%	43	50%	99%	—			

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

点検調査技術		異常項目		塩ビ管																																	
				上下 たるみ			破損 (軸クラック)			円周 クラック			継手 ズレ			扁平			変形			浸入水			取付管 突出			油脂 付着			木根 侵入			砂利 付着			
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%						
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	—	—	—	—	—	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—						
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長 10m以下	1	100%	78%	5	66%	—	10	91%	59%	15	81%	52%	—	—	—	—	—	—	—	20	12%	14%	25	93%	93%	30	100%	100%	34	87%	56%	39	93%	50%	—
		スパン長 10~20m以下	2	100%	78%	6	48%	—	11	74%	50%	16	63%	39%	—	—	—	—	—	—	—	21	11%	10%	26	93%	93%	31	60%	60%	35	85%	51%	40	82%	55%	—
		スパン長 20~30m以下	3	100%	78%	7	42%	—	12	76%	48%	17	52%	32%	—	—	—	—	—	—	—	22	6%	4%	27	81%	81%	32	40%	40%	36	83%	45%	41	63%	45%	—
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	—	—	93%	92%	65%	100%	100%	87%	—	—	—	—	—	—	75%	86%	93%	100%	91%	90%	未	未	—	100%	56%	—	100%	88%	75%			
	簡易直視式カメラ	4	90%	90%	8	100%	—	13	100%	88%	18	0%	0%	100%	未	未	—	100%	100%	—	23	18%	18%	28	100%	100%	33	66%	66%	37	100%	100%	42	37%	37%	72%	
洗浄一体型カメラ	未	未	9	98%	—	—	14	89%	47%	19	100%	50%	—	—	—	—	—	—	—	24	0%	0%	29	100%	100%	—	—	—	38	85%	85%	43	50%	99%	—		

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

4) 同じ管種・同じ異常項目の他のスクリーニング調査(簡易調査)の同じ異常ランクから推定【Step.4】
 Step.4により設定した検出率 q を表 1-10 に示す。

表 1-10 Step.4 による検出率 q の設定結果

点検調査技術 \ 異常項目		コンクリート管																														
		腐食			上下たるみ			破損(軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			矽砂付着			
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
詳細調査(洗浄あり)	従来式TVカメラ(直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%		
	広角展開カメラ(洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%		
簡易調査(洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	60%	60%	28%	88%	67%	43%	70%	70%	10%	14%	10%	12%	85%	85%	38%	100%	100%	—	73%	73%	—	85%	0%	3%
		スパン長10~20m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	38%	33%	23%	55%	51%	32%	59%	59%	6%	11%	8%	8%	86%	86%	27%	60%	60%	—	70%	70%	—	73%	20%	12%
		スパン長20~30m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	31%	20%	17%	62%	46%	30%	52%	52%	5%	6%	4%	7%	73%	73%	24%	40%	40%	—	66%	66%	—	65%	30%	8%
	広角展開カメラ(洗浄なし)	100%	100%	—	100%	100%	63%	91%	86%	77%	93%	92%	65%	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	66%	66%	—	100%	56%	—	100%	88%	75%	
	簡易直視式カメラ	100%	100%	—	90%	90%	—	100%	88%	—	93%	88%	—	100%	100%	—	0%	22%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	93%	93%	—	100%	100%	—	
洗浄一体型カメラ	100%	100%	—	95%	95%	—	98%	79%	—	89%	47%	—	100%	50%	—	0%	0%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	85%	85%	—	50%	99%	—		

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定(実証せず)。

点検調査技術 \ 異常項目		陶管																												
		上下たるみ			破損(軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			矽砂付着				
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b
詳細調査(洗浄あり)	従来式TVカメラ(直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	
	広角展開カメラ(洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%
簡易調査(洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下	100%	78%	未	72%	32%	—	93%	51%	—	92%	33%	16%	10%	17%	0%	100%	100%	45%	100%	100%	—	100%	38%	—	100%	100%	40%	
		スパン長10~20m以下	100%	78%	未	58%	19%	—	93%	48%	—	67%	19%	10%	10%	12%	33%	100%	25%	60%	60%	—	100%	31%	—	90%	90%	23%		
		スパン長20~30m以下	100%	78%	未	52%	14%	—	89%	49%	—	52%	11%	6%	6%	3%	0%	89%	89%	39%	40%	40%	—	100%	24%	—	60%	60%	15%	
	広角展開カメラ(洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	86%	—	93%	92%	—	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	66%	66%	—	100%	56%	—	100%	88%	75%		
	簡易直視式カメラ	90%	90%	—	100%	88%	—	97%	88%	—	50%	50%	—	9%	20%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	97%	97%	—	69%	69%	—	—	—
洗浄一体型カメラ	95%	95%	—	98%	79%	—	89%	47%	—	100%	50%	—	0%	0%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	85%	85%	—	50%	99%	—	—	—	—

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定(実証せず)。

点検調査技術 \ 異常項目		塩ビ管																																
		上下たるみ			破損(軸クラック)			円周クラック			継手ズレ			扁平			変形			浸入水			取付管突出			油脂付着			木根侵入			矽砂付着		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
詳細調査(洗浄あり)	従来式TVカメラ(直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%				
	広角展開カメラ(洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	—	—	—	—	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%				
簡易調査(洗浄なし)	管口カメラ	スパン長10m以下	100%	78%	66%	—	—	91%	59%	—	81%	52%	—	—	—	—	12%	14%	—	93%	93%	—	100%	100%	—	87%	56%	—	93%	50%	—			
		スパン長10~20m以下	100%	78%	48%	—	—	74%	50%	—	63%	39%	—	—	—	—	11%	10%	—	93%	93%	—	60%	60%	—	85%	51%	—	82%	55%	—			
		スパン長20~30m以下	100%	78%	42%	—	—	76%	48%	—	52%	32%	—	—	—	—	6%	4%	—	81%	81%	—	40%	40%	—	83%	45%	—	63%	45%	—			
	広角展開カメラ(洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	—	—	93%	92%	65%	100%	100%	87%	—	—	100%	100%	—	75%	86%	93%	100%	91%	90%	66%	66%	—	100%	56%	—	100%	88%	75%	
	簡易直視式カメラ	90%	90%	95%	100%	—	—	100%	88%	未	0%	0%	100%	未	未	—	100%	100%	—	18%	18%	87%	100%	100%	100%	66%	66%	—	100%	100%	—	37%	37%	72%
洗浄一体型カメラ	95%	95%	—	98%	—	—	89%	47%	—	100%	50%	—	—	—	100%	100%	—	0%	0%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	85%	85%	—	50%	99%	—		

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定(実証せず)。

5) 同じ管種・他の異常項目の同じ異常ランクから推定【Step.5】

Step.5 により設定した検出率 q を表 1-11 に示す。

表 1-11 Step.5 による検出率 q の設定結果

点検調査技術		異常項目	コンクリート管																																	
			腐食			上下 たるみ			破損 (軸クラック)			円周 クラック			継手 ズレ			浸入水			取付管 突出			油脂 付着			木根 侵入			砂粒 付着						
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長 10m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	60%	60%	28%	88%	67%	43%	70%	70%	10%	14%	10%	12%	85%	85%	38%	100%	100%	—	73%	73%	—	85%	0%	3%				
		スパン長 10~20m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	38%	33%	23%	55%	51%	32%	59%	59%	6%	11%	8%	8%	86%	86%	27%	60%	60%	—	70%	70%	—	73%	20%	12%				
		スパン長 20~30m以下	100%	100%	未	100%	78%	未	31%	20%	17%	62%	46%	30%	52%	52%	5%	6%	4%	7%	73%	73%	24%	40%	40%	—	66%	66%	—	65%	30%	8%				
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	—	100%	100%	63%	91%	86%	77%	93%	92%	65%	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	66%	66%	—	100%	56%	—	100%	88%	75%					
	簡易直視式カメラ	100%	100%	—	90%	90%	—	100%	88%	—	93%	88%	—	100%	100%	—	0%	22%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	93%	93%	—	100%	100%	—					
洗浄一体型カメラ	100%	100%	—	95%	95%	—	98%	79%	—	89%	47%	—	100%	50%	—	0%	0%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	85%	85%	—	50%	99%	—						

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

点検調査技術		異常項目	陶管																															
			上下 たるみ			破損 (軸クラック)			円周 クラック			継手 ズレ			浸入水			取付管 突出			油脂 付着			木根 侵入			砂粒 付着							
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c					
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	100%	—	100%	100%	—	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長 10m以下	100%	78%	未	72%	32%	—	93%	51%	—	92%	33%	16%	10%	17%	0%	100%	100%	45%	100%	100%	—	100%	38%	—	100%	100%	40%					
		スパン長 10~20m以下	100%	78%	未	58%	19%	—	93%	48%	—	67%	19%	10%	10%	12%	33%	100%	100%	25%	60%	60%	—	100%	31%	—	90%	90%	23%					
		スパン長 20~30m以下	100%	78%	未	52%	14%	—	89%	49%	—	52%	11%	6%	6%	3%	0%	89%	89%	39%	40%	40%	—	100%	24%	—	60%	60%	15%					
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	86%	—	93%	92%	—	100%	100%	87%	75%	86%	93%	100%	91%	90%	66%	66%	—	100%	56%	—	100%	88%	75%						
	簡易直視式カメラ	90%	90%	—	100%	88%	—	97%	88%	—	50%	50%	—	9%	20%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	97%	97%	—	69%	69%	—						
洗浄一体型カメラ	95%	95%	—	98%	79%	—	89%	47%	—	100%	50%	—	0%	0%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	85%	85%	—	50%	99%	—							

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

点検調査技術		異常項目	塩ビ管																																
			上下 たるみ			破損 (軸クラック)			円周 クラック			継手 ズレ			扁平			変形			浸入水			取付管 突出			油脂 付着			木根 侵入			砂粒 付着		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
詳細調査 (洗浄あり)	従来式TVカメラ (直視側視式カメラ)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	広角展開カメラ (洗浄あり)	100%	100%	100%	100%	—	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	78%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
簡易調査 (洗浄なし)	管口カメラ	スパン長 10m以下	100%	78%	66%	—	—	91%	59%	—	81%	52%	—	91%	59%	—	93%	93%	—	12%	14%	—	93%	93%	—	100%	100%	—	87%	56%	—	93%	50%	—	
		スパン長 10~20m以下	100%	78%	48%	—	—	74%	50%	—	63%	39%	—	74%	50%	—	93%	93%	—	11%	10%	—	93%	93%	—	60%	60%	—	85%	51%	—	82%	55%	—	
		スパン長 20~30m以下	100%	78%	42%	—	—	76%	48%	—	52%	32%	—	76%	48%	—	81%	81%	—	6%	4%	—	81%	81%	—	40%	40%	—	83%	45%	—	63%	45%	—	
	広角展開カメラ (洗浄なし)	100%	100%	63%	91%	—	—	93%	92%	65%	100%	100%	87%	93%	92%	—	100%	100%	—	75%	86%	93%	100%	91%	90%	66%	66%	—	100%	56%	—	100%	88%	75%	
	簡易直視式カメラ	90%	90%	95%	100%	—	—	100%	88%	未	0%	0%	—	100%	100%	—	100%	100%	—	18%	18%	87%	100%	100%	100%	66%	66%	—	100%	100%	—	37%	37%	72%	
洗浄一体型カメラ	95%	95%	—	98%	—	—	89%	47%	—	100%	50%	—	89%	47%	—	100%	100%	—	0%	0%	—	100%	100%	—	66%	66%	—	85%	85%	—	50%	99%	—		

※「未」は実証フィールドで未確認、空欄は未設定（実証せず）。

(5)スクリーニング調査（簡易調査）毎の検出率 q の設定値

1) 管口カメラ

管口カメラの管種及びスパン長毎の検出率 q の設定値を表 1-12～表 1-20 に示す。

表 1-12 管口カメラ（スパン長 10m 以下）の検出率 q 【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
腐食	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
上下のたるみ	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	78%	Step. 1 【過年度設定値】
破損 (軸方向クラック)	a	60%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	60%	Step. 1 【過年度設定値】
円周方向 クラック	a	88%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	67%	Step. 1 【過年度設定値】
継手ズレ	a	70%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	70%	Step. 1 【過年度設定値】
浸入水	a	14%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	10%	Step. 1 【過年度設定値】
取付管突出	a	85%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	85%	Step. 1 【過年度設定値】
油脂付着	a	100%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	100%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
樹木根侵入	a	73%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	73%	Step. 1 【過年度設定値】
モルタル付着	a	85%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	0%	Step. 1 【過年度設定値】

表 1-13 管口カメラ（スパン長 10m 以下）の検出率 q 【陶管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	78%	Step. 1 【過年度設定値】
破損 (軸方向クラック)	a	72%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	32%	Step. 1 【過年度設定値】
円周方向 クラック	a	93%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	51%	Step. 1 【過年度設定値】
継手ズレ	a	92%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	33%	Step. 1 【過年度設定値】
浸入水	a	10%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	17%	Step. 1 【過年度設定値】
取付管突出	a	100%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
油脂付着	a	100%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
樹木根侵入	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	38%	Step. 1 【過年度設定値】
モルタル付着	a	100%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】

表 1-14 管口カメラ（スパン長 10m 以下）の検出率 q 【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	78%	Step. 2 【他管種のbランクの平均値】
破損 (軸方向クラック)	a	66%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	—	—
円周方向 クラック	a	91%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	59%	Step. 2 【他管種のbランクの平均値】
継手ズレ	a	81%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	52%	Step. 2 【他管種のbランクの平均値】
扁平	a	91%	Step. 5 【円周方向クラックのaランクを適用】
	b	59%	Step. 5 【円周方向クラックのbランクを適用】
変形	a	93%	Step. 5 【取付管突出のbランクを適用】
	b	93%	Step. 5 【取付管突出のbランクを適用】
浸入水	a	12%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	14%	Step. 2 【他管種のbランクの平均値】
取付管突出	a	93%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	93%	Step. 2 【他管種のbランクの平均値】
油脂付着	a	100%	Step. 2 【コンクリート管のaランクを適用】
	b	100%	Step. 2 【コンクリート管のbランクを適用】
樹木根侵入	a	87%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	56%	Step. 2 【他管種のbランクの平均値】
モルタル付着	a	93%	Step. 2 【他管種のaランクの平均値】
	b	50%	Step. 2 【他管種のbランクの平均値】

表 1-15 管口カメラ（スパン長 10～20m 以下）の検出率 q【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
腐食	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	100%	Step.1 (過年度設定値)
上下のたるみ	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	78%	Step.1 (過年度設定値)
破損 (軸方向クラック)	a	38%	Step.1 (過年度設定値)
	b	33%	Step.1 (過年度設定値)
円周方向 クラック	a	55%	Step.1 (過年度設定値)
	b	51%	Step.1 (過年度設定値)
継手ズレ	a	59%	Step.2 (bランクを適用)
	b	59%	Step.1 (過年度設定値)
浸入水	a	11%	Step.1 (過年度設定値)
	b	8%	Step.1 (過年度設定値)
取付管突出	a	86%	Step.2 (bランクを適用)
	b	86%	Step.1 (過年度設定値)
油脂付着	a	60%	Step.3 (陶管のaランクを適用)
	b	60%	Step.3 (陶管のbランクを適用)
樹木根侵入	a	70%	Step.2 (bランクを適用)
	b	70%	Step.1 (過年度設定値)
モルタル付着	a	73%	Step.1 (過年度設定値)
	b	20%	Step.1 (過年度設定値)

表 1-16 管口カメラ（スパン長 10～20m 以下）の検出率 q【陶管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	78%	Step.1 (過年度設定値)
破損 (軸方向クラック)	a	58%	Step.1 (過年度設定値)
	b	19%	Step.1 (過年度設定値)
円周方向 クラック	a	93%	Step.1 (過年度設定値)
	b	48%	Step.1 (過年度設定値)
継手ズレ	a	67%	Step.1 (過年度設定値)
	b	19%	Step.1 (過年度設定値)
浸入水	a	10%	Step.1 (過年度設定値)
	b	12%	Step.1 (過年度設定値)
取付管突出	a	100%	Step.2 (bランクを適用)
	b	100%	Step.1 (過年度設定値)
油脂付着	a	60%	Step.2 (bランクを適用)
	b	60%	Step.1 (過年度設定値)
樹木根侵入	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	31%	Step.1 (過年度設定値)
モルタル付着	a	90%	Step.2 (bランクを適用)
	b	90%	Step.1 (過年度設定値)

表 1-17 管口カメラ（スパン長 10～20m 以下）の検出率 q【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	78%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
破損 (軸方向クラック)	a	48%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	—	—
円周方向 クラック	a	74%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	50%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
継手ズレ	a	63%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	39%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
扁平	a	74%	Step.5 (円周方向クラックのaランクを適用)
	b	50%	Step.5 (円周方向クラックのbランクを適用)
変形	a	93%	Step.5 (取付管突出のbランクを適用)
	b	93%	Step.5 (取付管突出のbランクを適用)
浸入水	a	11%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	10%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
取付管突出	a	93%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	93%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
油脂付着	a	60%	Step.2 (コンクリート管のaランクを適用)
	b	60%	Step.2 (コンクリート管のbランクを適用)
樹木根侵入	a	85%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	51%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
モルタル付着	a	82%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	55%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)

表 1-18 管口カメラ（スパン長 20～30m 以下）の検出率 q【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
腐食	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	100%	Step.1 (過年度設定値)
上下のたるみ	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	78%	Step.1 (過年度設定値)
破損 (軸方向クラック)	a	31%	Step.1 (過年度設定値)
	b	20%	Step.1 (過年度設定値)
円周方向 クラック	a	62%	Step.1 (過年度設定値)
	b	46%	Step.1 (過年度設定値)
継手ズレ	a	52%	Step.2 (bランクを適用)
	b	52%	Step.1 (過年度設定値)
浸入水	a	6%	Step.1 (過年度設定値)
	b	4%	Step.1 (過年度設定値)
取付管突出	a	73%	Step.2 (bランクを適用)
	b	73%	Step.1 (過年度設定値)
油脂付着	a	40%	Step.3 (陶管のaランクを適用)
	b	40%	Step.3 (陶管のbランクを適用)
樹木根侵入	a	66%	Step.2 (bランクを適用)
	b	66%	Step.1 (過年度設定値)
モルタル付着	a	65%	Step.1 (過年度設定値)
	b	30%	Step.1 (過年度設定値)

表 1-19 管口カメラ（スパン長 20～30m 以下）の検出率 q【陶管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	78%	Step.1 (過年度設定値)
破損 (軸方向クラック)	a	52%	Step.1 (過年度設定値)
	b	14%	Step.1 (過年度設定値)
円周方向 クラック	a	89%	Step.1 (過年度設定値)
	b	49%	Step.1 (過年度設定値)
継手ズレ	a	52%	Step.1 (過年度設定値)
	b	11%	Step.1 (過年度設定値)
浸入水	a	6%	Step.1 (過年度設定値)
	b	3%	Step.1 (過年度設定値)
取付管突出	a	89%	Step.2 (bランクを適用)
	b	89%	Step.1 (過年度設定値)
油脂付着	a	40%	Step.2 (bランクを適用)
	b	40%	Step.1 (過年度設定値)
樹木根侵入	a	100%	Step.1 (過年度設定値)
	b	24%	Step.1 (過年度設定値)
モルタル付着	a	60%	Step.2 (bランクを適用)
	b	60%	Step.1 (過年度設定値)

表 1-20 管口カメラ（スパン長 20～30m 以下）の検出率 q【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	78%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
破損 (軸方向クラック)	a	42%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	—	
円周方向 クラック	a	76%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	48%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
継手ズレ	a	52%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	32%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
扁平	a	76%	Step.5 (円周方向クラックのaランクを適用)
	b	48%	Step.5 (円周方向クラックのbランクを適用)
変形	a	81%	Step.5 (取付管突出のbランクを適用)
	b	81%	Step.5 (取付管突出のbランクを適用)
浸入水	a	6%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	4%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
取付管突出	a	81%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	81%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
油脂付着	a	40%	Step.2 (コンクリート管のaランクを適用)
	b	40%	Step.2 (コンクリート管のbランクを適用)
樹木根侵入	a	83%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	45%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)
モルタル付着	a	63%	Step.2 (他管種のaランクの平均値)
	b	45%	Step.2 (他管種のbランクの平均値)

2) 広角展開カメラ

広角展開カメラの管種毎の検出率 q の設定値を表 1-21～表 1-23 に示す。

表 1-21 広角展開カメラの検出率 q 【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
腐食	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	100%	Step. 1 (過年度設定値)
上下のたるみ	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	100%	Step. 1 (過年度設定値)
破損 (軸方向クラック)	a	91%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	86%	Step. 1 (過年度設定値)
円周方向 クラック	a	93%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	92%	Step. 1 (過年度設定値)
継手ズレ	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	100%	Step. 1 (過年度設定値)
浸入水	a	75%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	86%	Step. 1 (過年度設定値)
取付管突出	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	91%	Step. 1 (過年度設定値)
油脂付着	a	66%	Step. 4 【簡易直視型カメラのaランクを適用】
	b	66%	Step. 4 【簡易直視型カメラのbランクを適用】
樹木根侵入	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	56%	Step. 1 (過年度設定値)
モルタル付着	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	88%	Step. 1 (過年度設定値)

表 1-22 広角展開カメラの検出率 q 【陶管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	100%	Step. 1 (過年度設定値)
破損 (軸方向クラック)	a	91%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	86%	Step. 1 (過年度設定値)
円周方向 クラック	a	93%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	92%	Step. 1 (過年度設定値)
継手ズレ	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	100%	Step. 1 (過年度設定値)
浸入水	a	75%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	86%	Step. 1 (過年度設定値)
取付管突出	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	91%	Step. 1 (過年度設定値)
油脂付着	a	66%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	66%	Step. 1 (過年度設定値)
樹木根侵入	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	56%	Step. 1 (過年度設定値)
モルタル付着	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	88%	Step. 1 (過年度設定値)

表 1-23 広角展開カメラの検出率 q 【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	100%	Step. 1 (過年度設定値)
破損 (軸方向クラック)	a	91%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	—	—
円周方向 クラック	a	93%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	92%	Step. 1 (過年度設定値)
継手ズレ	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	100%	Step. 1 (過年度設定値)
扁平	a	93%	Step. 5 【円周方向クラックのaランクを適用】
	b	92%	Step. 5 【円周方向クラックのbランクを適用】
変形	a	100%	Step. 4 【簡易直視型カメラのaランクを適用】
	b	100%	Step. 4 【簡易直視型カメラのbランクを適用】
浸入水	a	75%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	86%	Step. 1 (過年度設定値)
取付管突出	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	91%	Step. 1 (過年度設定値)
油脂付着	a	66%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	66%	Step. 1 (過年度設定値)
樹木根侵入	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	56%	Step. 1 (過年度設定値)
モルタル付着	a	100%	Step. 1 (過年度設定値)
	b	88%	Step. 1 (過年度設定値)

3) 点検直視型カメラ

点検直視型カメラの管種毎の検出率 q の設定値を表 1-24～表 1-26 に示す。

表 1-24 点検直視型カメラの検出率 q 【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
腐食	a	100%	Step. 4 【広角展開カメラのaランクを適用】
	b	100%	Step. 4 【広角展開カメラのbランクを適用】
上下のたるみ	a	90%	Step. 3 【塩ビ管のaランクを適用】
	b	90%	Step. 3 【塩ビ管のbランクを適用】
破損 (軸方向クラック)	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	88%	Step. 1 【過年度設定値】
円周方向 クラック	a	93%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	88%	Step. 1 【過年度設定値】
継手ズレ	a	100%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
浸入水	a	0%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	22%	Step. 1 【過年度設定値】
取付管突出	a	100%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
油脂付着	a	66%	Step. 3 【塩ビ管のaランクを適用】
	b	66%	Step. 3 【塩ビ管のbランクを適用】
樹木根侵入	a	93%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	93%	Step. 1 【過年度設定値】
モルタル付着	a	100%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】

表 1-25 点検直視型カメラの検出率 q 【陶管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	90%	Step. 3 【塩ビ管のaランクを適用】
	b	90%	Step. 3 【塩ビ管のbランクを適用】
破損 (軸方向クラック)	a	100%	Step. 3 【他管種のaランクの平均値】
	b	88%	Step. 3 【コンクリート管のbランクを適用】
円周方向 クラック	a	97%	Step. 3 【他管種のaランクの平均値】
	b	88%	Step. 3 【コンクリート管のbランクを適用】
継手ズレ	a	50%	Step. 3 【他管種のaランクの平均値】
	b	50%	Step. 3 【他管種のbランクの平均値】
浸入水	a	9%	Step. 3 【他管種のaランクの平均値】
	b	20%	Step. 3 【他管種のbランクの平均値】
取付管突出	a	100%	Step. 3 【他管種のaランクの平均値】
	b	100%	Step. 3 【他管種のbランクの平均値】
油脂付着	a	66%	Step. 3 【塩ビ管のaランクを適用】
	b	66%	Step. 3 【塩ビ管のbランクを適用】
樹木根侵入	a	97%	Step. 3 【他管種のaランクの平均値】
	b	97%	Step. 3 【他管種のbランクの平均値】
モルタル付着	a	69%	Step. 3 【他管種のaランクの平均値】
	b	69%	Step. 3 【他管種のbランクの平均値】

表 1-26 点検直視型カメラの検出率 q 【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	90%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	90%	Step. 1 【過年度設定値】
破損 (軸方向クラック)	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	—	—
円周方向 クラック	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	88%	Step. 3 【コンクリート管のbランクを適用】
継手ズレ	a	0%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	0%	Step. 1 【過年度設定値】
扁平	a	100%	Step. 5 【円周方向クラックのaランクを適用】
	b	88%	Step. 5 【円周方向クラックのbランクを適用】
変形	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
浸入水	a	18%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	18%	Step. 1 【過年度設定値】
取付管突出	a	100%	Step. 2 【cランクを適用】
	b	100%	Step. 2 【cランクを適用】
油脂付着	a	66%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	66%	Step. 1 【過年度設定値】
樹木根侵入	a	100%	Step. 2 【cランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
モルタル付着	a	37%	Step. 2 【cランクを適用】
	b	37%	Step. 1 【過年度設定値】

4) 洗浄一体型カメラ

洗浄一体型カメラの管種毎の検出率 q の設定値を表 1-27～表 1-29 に示す。

表 1-27 洗浄一体型カメラの検出率 q 【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
腐食	a	100%	Step. 4 【広角展開カメラのaランクを適用】
	b	100%	Step. 4 【広角展開カメラのbランクを適用】
上下のたるみ	a	95%	Step. 4 【他技術のaランクの平均値】
	b	95%	Step. 4 【他技術のbランクの平均値】
破損 (軸方向クラック)	a	98%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	79%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
円周方向 クラック	a	89%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	47%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
継手ズレ	a	100%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	50%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
浸入水	a	0%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	0%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
取付管突出	a	100%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	100%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
油脂付着	a	66%	Step. 4 【簡易直視型カメラのaランクを適用】
	b	66%	Step. 4 【簡易直視型カメラのbランクを適用】
樹木根侵入	a	85%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	85%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
モルタル付着	a	50%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	99%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】

表 1-28 洗浄一体型カメラの検出率 q 【陶管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	95%	Step. 4 【他技術のaランクの平均値】
	b	95%	Step. 4 【他技術のbランクの平均値】
破損 (軸方向クラック)	a	98%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	79%	Step. 1 【過年度設定値】
円周方向 クラック	a	89%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	47%	Step. 1 【過年度設定値】
継手ズレ	a	100%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	50%	Step. 1 【過年度設定値】
浸入水	a	0%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	0%	Step. 1 【過年度設定値】
取付管突出	a	100%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	100%	Step. 1 【過年度設定値】
油脂付着	a	66%	Step. 4 【広角展開カメラのaランクを適用】
	b	66%	Step. 4 【広角展開カメラのbランクを適用】
樹木根侵入	a	85%	Step. 2 【bランクを適用】
	b	85%	Step. 1 【過年度設定値】
モルタル付着	a	50%	Step. 1 【過年度設定値】
	b	99%	Step. 1 【過年度設定値】

表 1-29 洗浄一体型カメラの検出率 q 【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	検出率	設定根拠
上下のたるみ	a	95%	Step. 4 【他技術のaランクの平均値】
	b	95%	Step. 4 【他技術のbランクの平均値】
破損 (軸方向クラック)	a	98%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	—	—
円周方向 クラック	a	89%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	47%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
継手ズレ	a	100%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	50%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
扁平	a	89%	Step. 5 【円周方向クラックのaランクを適用】
	b	47%	Step. 5 【円周方向クラックのbランクを適用】
変形	a	100%	Step. 4 【簡易直視型カメラのaランクを適用】
	b	100%	Step. 4 【簡易直視型カメラのbランクを適用】
浸入水	a	0%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	0%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
取付管突出	a	100%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	100%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
油脂付着	a	66%	Step. 4 【他技術のaランクの平均値】
	b	66%	Step. 4 【他技術のbランクの平均値】
樹木根侵入	a	85%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	85%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】
モルタル付着	a	50%	Step. 3 【陶管のaランクを適用】
	b	99%	Step. 3 【陶管のbランクを適用】

1.4.異常発見率 β の設定

異常発見率 β は、TV カメラ調査（詳細調査）で異常がある管渠のうち、スクリーニング調査（簡易調査）でどの程度その異常を発見できるかの割合を示したものである。本研究では、TV カメラ調査（詳細調査）による見落としが無いと仮定しているため、スクリーニング調査（簡易調査）と TV カメラ調査（詳細調査）の異常判定が一致する割合となる。各スクリーニング調査（簡易調査）技術の異常項目毎の異常発見率 β は、異常項目別割合 p に異常項目別の検出率 q を乗ずることにより設定する。

(1) 管口カメラ

管口カメラの管種及びスパン長毎の異常発見率 β の設定値を表 1-30～表 1-38 に示す。

表 1-30 管口カメラ（スパン長 10m 以下）の異常発見率 β 【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
腐食	a	1.54%	100%	1.54%
	b	7.69%	100%	7.69%
上下のたるみ	a	0.14%	100%	0.14%
	b	0.66%	78%	0.52%
破損 (軸方向クラック)	a	20.03%	60%	12.02%
	b	8.72%	60%	5.23%
円周方向 クラック	a	14.51%	88%	12.77%
	b	10.62%	67%	7.12%
継手ズレ	a	1.46%	70%	1.02%
	b	2.75%	70%	1.92%
浸入水	a	2.35%	14%	0.33%
	b	11.22%	10%	1.12%
取付管突出	a	1.44%	85%	1.23%
	b	6.87%	85%	5.84%
油脂付着	a	0.04%	100%	0.04%
	b	1.01%	100%	1.01%
樹木根侵入	a	0.69%	73%	0.51%
	b	3.81%	73%	2.78%
モルタル付着	a	0.51%	85%	0.43%
	b	3.92%	0%	0.00%
計		100.00%	—	63.27%

表 1-31 管口カメラ（スパン長 10m 以下）の異常発見率 β 【陶管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	0.23%	100%	0.23%
	b	0.45%	78%	0.35%
破損 (軸方向クラック)	a	28.08%	72%	20.22%
	b	6.79%	32%	2.17%
円周方向 クラック	a	20.61%	93%	19.17%
	b	7.71%	51%	3.93%
継手ズレ	a	2.89%	92%	2.65%
	b	10.83%	33%	3.57%
浸入水	a	0.72%	10%	0.07%
	b	4.11%	17%	0.70%
取付管突出	a	2.19%	100%	2.19%
	b	7.36%	100%	7.36%
油脂付着	a	0.02%	100%	0.02%
	b	0.38%	100%	0.38%
樹木根侵入	a	0.78%	100%	0.78%
	b	3.96%	38%	1.51%
モルタル付着	a	0.56%	100%	0.56%
	b	1.93%	100%	1.93%
計		※ 99.58%	—	67.79%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食 a と b が含まれていたため、100%にはならない。

表 1-32 管口カメラ（スパン長 10m 以下）の異常発見率 B【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	5.36%	100%	5.36%
	b	11.56%	78%	9.02%
破損 (軸方向クラック)	a	10.83%	66%	7.15%
	b	—	—	—
円周方向 クラック	a	2.06%	91%	1.86%
	b	1.54%	59%	0.91%
継手ズレ	a	0.59%	81%	0.48%
	b	5.54%	52%	2.85%
扁平	a	0.44%	91%	0.40%
	b	17.29%	59%	10.20%
変形	a	0.59%	93%	0.54%
	b	3.05%	93%	2.82%
浸入水	a	5.43%	12%	0.65%
	b	17.18%	14%	2.32%
取付管突出	a	1.06%	93%	0.98%
	b	4.30%	93%	3.97%
油脂付着	a	0.00%	100%	0.00%
	b	4.11%	100%	4.11%
樹木根侵入	a	1.10%	87%	0.95%
	b	3.63%	56%	2.02%
モルタル付着	a	0.22%	93%	0.20%
	b	1.95%	50%	0.97%
計		※ 97.83%	—	57.78%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとb、破損bが含まれていたため、100%にはならない。

表 1-33 管口カメラ（スパン長 10～20m 以下）の異常発見率 B【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
腐食	a	1.54%	100%	1.54%
	b	7.69%	100%	7.69%
上下のたるみ	a	0.14%	100%	0.14%
	b	0.66%	78%	0.52%
破損 (軸方向クラック)	a	20.03%	38%	7.61%
	b	8.72%	33%	2.88%
円周方向 クラック	a	14.51%	55%	7.98%
	b	10.62%	51%	5.42%
継手ズレ	a	1.46%	59%	0.86%
	b	2.75%	59%	1.62%
浸入水	a	2.35%	11%	0.26%
	b	11.22%	8%	0.90%
取付管突出	a	1.44%	86%	1.24%
	b	6.87%	86%	5.91%
油脂付着	a	0.04%	60%	0.03%
	b	1.01%	60%	0.60%
樹木根侵入	a	0.69%	70%	0.49%
	b	3.81%	70%	2.67%
モルタル付着	a	0.51%	73%	0.37%
	b	3.92%	20%	0.78%
計		100.00%	—	49.51%

表 1-34 管口カメラ（スパン長 10～20m 以下）の異常発見率 B【陶管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	0.23%	100%	0.23%
	b	0.45%	78%	0.35%
破損 (軸方向クラック)	a	28.08%	58%	16.29%
	b	6.79%	19%	1.29%
円周方向 クラック	a	20.61%	93%	19.17%
	b	7.71%	48%	3.70%
継手ズレ	a	2.89%	67%	1.93%
	b	10.83%	19%	2.06%
浸入水	a	0.72%	10%	0.07%
	b	4.11%	12%	0.49%
取付管突出	a	2.19%	100%	2.19%
	b	7.36%	100%	7.36%
油脂付着	a	0.02%	60%	0.01%
	b	0.38%	60%	0.23%
樹木根侵入	a	0.78%	100%	0.78%
	b	3.96%	31%	1.23%
モルタル付着	a	0.56%	90%	0.50%
	b	1.93%	90%	1.74%
計		※ 99.58%	—	59.61%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとbが含まれていたため、100%にはならない。

表 1-35 管口カメラ（スパン長 10～20m 以下）の異常発見率 B【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	5.36%	100%	5.36%
	b	11.56%	78%	9.02%
破損 (軸方向クラック)	a	10.83%	48%	5.20%
	b	—	—	—
円周方向クラック	a	2.06%	74%	1.52%
	b	1.54%	50%	0.76%
継手ズレ	a	0.59%	63%	0.37%
	b	5.54%	39%	2.16%
偏平	a	0.44%	74%	0.33%
	b	17.29%	50%	8.56%
変形	a	0.59%	93%	0.55%
	b	3.05%	93%	2.83%
浸入水	a	5.43%	11%	0.57%
	b	17.18%	10%	1.72%
取付管突出	a	1.06%	93%	0.99%
	b	4.30%	93%	3.99%
油脂付着	a	0.00%	60%	0.00%
	b	4.11%	60%	2.47%
樹木根侵入	a	1.10%	85%	0.94%
	b	3.63%	51%	1.84%
モルタル付着	a	0.22%	82%	0.18%
	b	1.95%	55%	1.07%
計		※ 97.83%	—	50.42%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとb、破損bが含まれていたため、100%にはならない。

表 1-36 管口カメラ（スパン長 20～30m 以下）の異常発見率 B【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
腐食	a	1.54%	100%	1.54%
	b	7.69%	100%	7.69%
上下のたるみ	a	0.14%	100%	0.14%
	b	0.66%	78%	0.52%
破損 (軸方向クラック)	a	20.03%	31%	6.21%
	b	8.72%	20%	1.74%
円周方向クラック	a	14.51%	62%	9.00%
	b	10.62%	46%	4.89%
継手ズレ	a	1.46%	52%	0.76%
	b	2.75%	52%	1.43%
浸入水	a	2.35%	6%	0.14%
	b	11.22%	4%	0.45%
取付管突出	a	1.44%	73%	1.05%
	b	6.87%	73%	5.01%
油脂付着	a	0.04%	40%	0.02%
	b	1.01%	40%	0.40%
樹木根侵入	a	0.69%	66%	0.46%
	b	3.81%	66%	2.51%
モルタル付着	a	0.51%	65%	0.33%
	b	3.92%	30%	1.18%
計		100.00%	—	45.48%

表 1-37 管口カメラ（スパン長 20～30m 以下）の異常発見率 B【陶管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	0.23%	100%	0.23%
	b	0.45%	78%	0.35%
破損 (軸方向クラック)	a	28.08%	52%	14.60%
	b	6.79%	14%	0.95%
円周方向クラック	a	20.61%	89%	18.34%
	b	7.71%	49%	3.78%
継手ズレ	a	2.89%	52%	1.50%
	b	10.83%	11%	1.19%
浸入水	a	0.72%	6%	0.04%
	b	4.11%	3%	0.12%
取付管突出	a	2.19%	89%	1.95%
	b	7.36%	89%	6.55%
油脂付着	a	0.02%	40%	0.01%
	b	0.38%	40%	0.15%
樹木根侵入	a	0.78%	100%	0.78%
	b	3.96%	24%	0.95%
モルタル付着	a	0.56%	60%	0.33%
	b	1.93%	60%	1.16%
計		※ 99.58%	—	52.99%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとbが含まれていたため、100%にはならない。

表 1-38 管口カメラ（スパン長 20～30m 以下）の異常発見率 β 【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	5.36%	100%	5.36%
	b	11.56%	78%	9.02%
破損 (軸方向クラック)	a	10.83%	42%	4.49%
	b	—	—	—
円周方向 クラック	a	2.06%	76%	1.55%
	b	1.54%	48%	0.73%
継手ズレ	a	0.59%	52%	0.31%
	b	5.54%	32%	1.75%
扁平	a	0.44%	76%	0.33%
	b	17.29%	48%	8.21%
変形	a	0.59%	81%	0.48%
	b	3.05%	81%	2.47%
浸入水	a	5.43%	6%	0.33%
	b	17.18%	4%	0.60%
取付管突出	a	1.06%	81%	0.86%
	b	4.30%	81%	3.48%
油脂付着	a	0.00%	40%	0.00%
	b	4.11%	40%	1.64%
樹木根侵入	a	1.10%	83%	0.91%
	b	3.63%	45%	1.64%
モルタル付着	a	0.22%	63%	0.14%
	b	1.95%	45%	0.88%
計		※ 97.83%	—	45.18%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとb、破損bが含まれていたため、100%にはならない。

(2) 広角展開カメラ

広角展開カメラの管種毎の異常発見率 β の設定値を表 1-39～表 1-41 に示す。

表 1-39 広角展開カメラの異常発見率 β 【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
腐食	a	1.54%	100%	1.54%
	b	7.69%	100%	7.69%
上下のたるみ	a	0.14%	100%	0.14%
	b	0.66%	100%	0.66%
破損 (軸方向クラック)	a	20.03%	91%	18.23%
	b	8.72%	86%	7.50%
円周方向 クラック	a	14.51%	93%	13.49%
	b	10.62%	92%	9.77%
継手ズレ	a	1.46%	100%	1.46%
	b	2.75%	100%	2.75%
浸入水	a	2.35%	75%	1.76%
	b	11.22%	86%	9.65%
取付管突出	a	1.44%	100%	1.44%
	b	6.87%	91%	6.25%
油脂付着	a	0.04%	66%	0.03%
	b	1.01%	66%	0.67%
樹木根侵入	a	0.69%	100%	0.69%
	b	3.81%	56%	2.13%
モルタル付着	a	0.51%	100%	0.51%
	b	3.92%	88%	3.45%
計		100.00%	—	89.83%

表 1-40 広角展開カメラの異常発見率 β 【陶管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	0.23%	100%	0.23%
	b	0.45%	100%	0.45%
破損 (軸方向クラック)	a	28.08%	91%	25.55%
	b	6.79%	86%	5.84%
円周方向 クラック	a	20.61%	93%	19.17%
	b	7.71%	92%	7.09%
継手ズレ	a	2.89%	100%	2.89%
	b	10.83%	100%	10.83%
浸入水	a	0.72%	75%	0.54%
	b	4.11%	86%	3.53%
取付管突出	a	2.19%	100%	2.19%
	b	7.36%	91%	6.70%
油脂付着	a	0.02%	66%	0.01%
	b	0.38%	66%	0.25%
樹木根侵入	a	0.78%	100%	0.78%
	b	3.96%	56%	2.22%
モルタル付着	a	0.56%	100%	0.56%
	b	1.93%	88%	1.70%
計		※ 99.58%	—	90.52%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとbが含まれていたため、100%にはならない。

表 1-41 広角展開カメラの異常発見率 β 【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	5.36%	100%	5.36%
	b	11.56%	100%	11.56%
破損 (軸方向クラック)	a	10.83%	91%	9.85%
	b	—	—	—
円周方向 クラック	a	2.06%	93%	1.91%
	b	1.54%	92%	1.42%
継手ズレ	a	0.59%	100%	0.59%
	b	5.54%	100%	5.54%
扁平	a	0.44%	93%	0.41%
	b	17.29%	92%	15.91%
変形	a	0.59%	100%	0.59%
	b	3.05%	100%	3.05%
浸入水	a	5.43%	75%	4.07%
	b	17.18%	86%	14.78%
取付管突出	a	1.06%	100%	1.06%
	b	4.30%	91%	3.91%
油脂付着	a	0.00%	66%	0.00%
	b	4.11%	66%	2.71%
樹木根侵入	a	1.10%	100%	1.10%
	b	3.63%	56%	2.04%
モルタル付着	a	0.22%	100%	0.22%
	b	1.95%	88%	1.71%
計		※ 97.83%	—	87.80%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとb、破損bが含まれていたため、100%にはならない。

(3) 点検直視型カメラ

点検直視型カメラの管種毎の異常発見率 β の設定値を表 1-42～表 1-44 に示す。

表 1-42 点検直視型カメラの異常発見率 β 【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
腐食	a	1.54%	100%	1.54%
	b	7.69%	100%	7.69%
上下のたるみ	a	0.14%	90%	0.13%
	b	0.66%	90%	0.60%
破損 (軸方向クラック)	a	20.03%	100%	20.03%
	b	8.72%	88%	7.68%
円周方向 クラック	a	14.51%	93%	13.49%
	b	10.62%	88%	9.35%
継手ズレ	a	1.46%	100%	1.46%
	b	2.75%	100%	2.75%
浸入水	a	2.35%	0%	0.00%
	b	11.22%	22%	2.47%
取付管突出	a	1.44%	100%	1.44%
	b	6.87%	100%	6.87%
油脂付着	a	0.04%	66%	0.03%
	b	1.01%	66%	0.67%
樹木根侵入	a	0.69%	93%	0.65%
	b	3.81%	93%	3.54%
モルタル付着	a	0.51%	100%	0.51%
	b	3.92%	100%	3.92%
計		100.00%	—	84.81%

表 1-43 点検直視型カメラの異常発見率 β 【陶管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	0.23%	90%	0.21%
	b	0.45%	90%	0.41%
破損 (軸方向クラック)	a	28.08%	100%	28.08%
	b	6.79%	88%	5.97%
円周方向 クラック	a	20.61%	97%	19.89%
	b	7.71%	88%	6.78%
継手ズレ	a	2.89%	50%	1.44%
	b	10.83%	50%	5.41%
浸入水	a	0.72%	9%	0.06%
	b	4.11%	20%	0.82%
取付管突出	a	2.19%	100%	2.19%
	b	7.36%	100%	7.36%
油脂付着	a	0.02%	66%	0.01%
	b	0.38%	66%	0.25%
樹木根侵入	a	0.78%	97%	0.75%
	b	3.96%	97%	3.82%
モルタル付着	a	0.56%	69%	0.38%
	b	1.93%	69%	1.32%
計		※ 99.58%	—	85.17%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとbが含まれていたため、100%にはならない。

表 1-44 点検直視型カメラの異常発見率 β 【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	5.36%	90%	4.82%
	b	11.56%	90%	10.41%
破損 (軸方向クラック)	a	10.83%	100%	10.83%
	b	—	—	—
円周方向 クラック	a	2.06%	100%	2.06%
	b	1.54%	88%	1.36%
継手ズレ	a	0.59%	0%	0.00%
	b	5.54%	0%	0.00%
扁平	a	0.44%	100%	0.44%
	b	17.29%	88%	15.22%
変形	a	0.59%	100%	0.59%
	b	3.05%	100%	3.05%
浸入水	a	5.43%	18%	0.98%
	b	17.18%	18%	3.09%
取付管突出	a	1.06%	100%	1.06%
	b	4.30%	100%	4.30%
油脂付着	a	0.00%	66%	0.00%
	b	4.11%	66%	2.71%
樹木根侵入	a	1.10%	100%	1.10%
	b	3.63%	100%	3.63%
モルタル付着	a	0.22%	37%	0.08%
	b	1.95%	37%	0.72%
計		※ 97.83%	—	66.45%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとb、破損bが含まれていたため、100%にはならない。

(4) 洗浄一体型カメラ

洗浄一体型カメラの管種毎の異常発見率 B の設定値を表 1-45～表 1-47 に示す。

表 1-45 洗浄一体型カメラの異常発見率 B【鉄筋コンクリート管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
腐食	a	1.54%	100%	1.54%
	b	7.69%	100%	7.69%
上下のたるみ	a	0.14%	95%	0.13%
	b	0.66%	95%	0.63%
破損 (軸方向クラック)	a	20.03%	98%	19.63%
	b	8.72%	79%	6.89%
円周方向クラック	a	14.51%	89%	12.91%
	b	10.62%	47%	4.99%
継手ズレ	a	1.46%	100%	1.46%
	b	2.75%	50%	1.37%
浸入水	a	2.35%	0%	0.00%
	b	11.22%	0%	0.00%
取付管突出	a	1.44%	100%	1.44%
	b	6.87%	100%	6.87%
油脂付着	a	0.04%	66%	0.03%
	b	1.01%	66%	0.67%
樹木根侵入	a	0.69%	85%	0.59%
	b	3.81%	85%	3.24%
モルタル付着	a	0.51%	50%	0.26%
	b	3.92%	99%	3.88%
計		100.00%	—	74.23%

表 1-46 洗浄一体型カメラの異常発見率 B【陶管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	0.23%	95%	0.22%
	b	0.45%	95%	0.43%
破損 (軸方向クラック)	a	28.08%	98%	27.52%
	b	6.79%	79%	5.36%
円周方向クラック	a	20.61%	89%	18.34%
	b	7.71%	47%	3.62%
継手ズレ	a	2.89%	100%	2.89%
	b	10.83%	50%	5.41%
浸入水	a	0.72%	0%	0.00%
	b	4.11%	0%	0.00%
取付管突出	a	2.19%	100%	2.19%
	b	7.36%	100%	7.36%
油脂付着	a	0.02%	66%	0.01%
	b	0.38%	66%	0.25%
樹木根侵入	a	0.78%	85%	0.66%
	b	3.96%	85%	3.37%
モルタル付着	a	0.56%	50%	0.28%
	b	1.93%	99%	1.91%
計		※ 99.58%	—	79.82%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとbが含まれていたため、100%にはならない。

表 1-47 洗浄一体型カメラの異常発見率 B【塩化ビニル管】

異常項目	ランク	異常項目別割合 (p)	検出率 (q)	異常発見率 ($\beta = p \times q$)
上下のたるみ	a	5.36%	95%	5.09%
	b	11.56%	95%	10.99%
破損 (軸方向クラック)	a	10.83%	98%	10.61%
	b	—	—	—
円周方向クラック	a	2.06%	89%	1.83%
	b	1.54%	47%	0.72%
継手ズレ	a	0.59%	100%	0.59%
	b	5.54%	50%	2.77%
扁平	a	0.44%	89%	0.39%
	b	17.29%	47%	8.13%
変形	a	0.59%	100%	0.59%
	b	3.05%	100%	3.05%
浸入水	a	5.43%	0%	0.00%
	b	17.18%	0%	0.00%
取付管突出	a	1.06%	100%	1.06%
	b	4.30%	100%	4.30%
油脂付着	a	0.00%	66%	0.00%
	b	4.11%	66%	2.71%
樹木根侵入	a	1.10%	85%	0.94%
	b	3.63%	85%	3.09%
モルタル付着	a	0.22%	50%	0.11%
	b	1.95%	99%	1.93%
計		※ 97.83%	—	58.89%

※ 国総研が保有する全国の調査判定結果の中に、腐食aとb、破損bが含まれていたため、100%にはならない。

2.単価の設定

2.1.調査単価の設定

(1)TVカメラ調査（詳細調査）（TVカメラ調査）単価 Ud

TVカメラ調査単価は、「維持管理積算要領⁴⁾」に記載されている本管TVカメラ調査工の歩掛に基づいて設定する。

(2)スクリーニング調査（簡易調査）単価 Us

管口カメラ調査と広角展開カメラ調査は「管路管理積算資料⁵⁾」に記載されている歩掛に基づいて設定する。ただし、管口カメラと広角展開カメラの基礎価格は見積りによる対応とし、基礎価格から損料を算出した。一方、点検直視式カメラと洗浄一体型カメラは公表されている歩掛りがないため、見積りによる対応とした。

(3)共通事項

調査単価の設定において、以下の項目はTVカメラ調査（詳細調査）とスクリーニング調査（簡易調査）で共通とした。

- ① 管渠延長1kmで積算したものを、1m当たり単価に換算して整理する。
- ② 報告書作成工を含む。
- ③ 交通誘導員を2名配置する。
- ④ 消費税（10%）を含む。
- ⑤ 有効数字3桁、0または5に近いほうに切り上げもしくは切り捨てる。

(4)調査単価の設定結果

上記の条件により算出した調査単価を表2-1に示す。

表 2-1 調査単価一覧

調査技術	調査単価
従来式TVカメラ (洗浄あり)	2,850 円/m
管口カメラ	18,000 円/基
広角展開カメラ (洗浄なし)	2,100 円/m
点検直視型 カメラ	1,250 円/m
洗浄一体型 カメラ	1,650 円/m

■ : 詳細調査

■ : 簡易調査

2.2. リスク単価 U_r の設定

スクリーニング調査（簡易調査）における異常の見落としは、本来すべき修繕・改築を行わないことになるため、道路陥没、下水の溢水等のリスクを保有することになる。この保有リスクを経済性評価に盛り込むため、道路陥没が発生した場合の応急復旧費用をリスク単価とする。

リスク単価は、国総研の過年度の研究成果「下水道管路施設に起因する道路陥没の現状⁶⁾」に記載されている復旧工事費別集計結果において、最も割合の多いカテゴリである「10万円以上50万円以下」の中央値となる30万円/スパンに設定する。

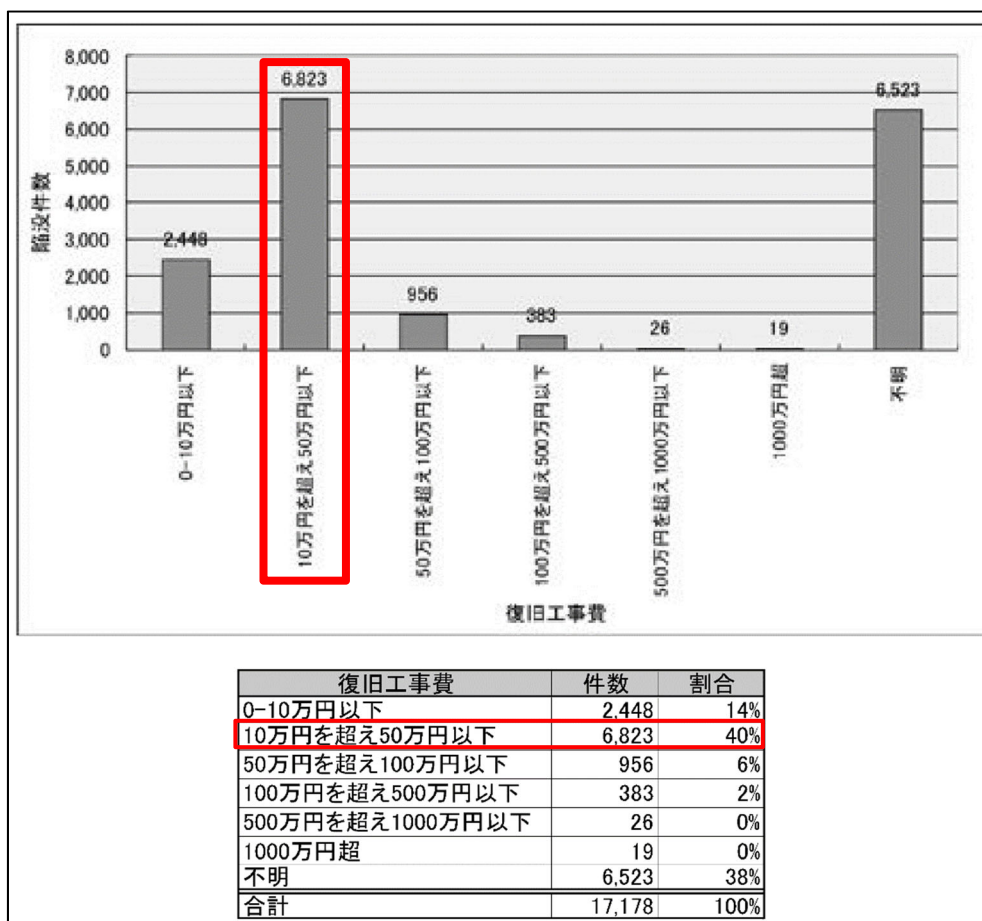


図 2-1 道路陥没の普及工事費（H18～21）

（「下水道管路施設に起因する道路陥没の現状⁶⁾」 p.29 より引用・加筆）

【参考文献】

- 1) 株式会社日水コン：下水道管きょ劣化データベース拡充および異常発生傾向分析業務，2021年2月。
- 2) 国土技術政策総合研究所下水道研究室：国総研資料 No. 876 B-DASH プロジェクト No.7 スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン（案）、2015。
- 3) クリアウォーターOSAKA・日本下水道事業団・大阪市共同研究体：ICTを活用した総合的な段階型管路診断システムの確立にかかる実証研究，2019年3月，2020年3月。
- 4) 日本下水道協会：下水道施設維持管理積算要領-管路施設編-2020年版
- 5) 日本下水道管路管理業協会：下水道管路管理積算資料-2015-

- 6) 国土技術政策総合研究所下水道研究室：国総研資料 No. 668 下水道管路施設に起因する道路陥没の現状（2006－2009 年度）, 2012.

参考資料 2 部分更生工法に係る課題と考察

1. 部分更生工法の課題

現在、管渠の更生工法による管渠の改築については、スパン単位で行うことが社会資本整備総合交付金等の交付要件となっている¹⁾。しかしながら、管渠に発生している異常の状況によっては、スパン単位の改築よりも、部分更生工法による対応（図 1-1）の方がライフサイクルコストの面で有利となる場合も考えられる。そのため、部分更生工法を改築として位置づけることの課題について以下 4 つの論点で整理する。

- ① 統一的な設計手法の確立
- ② 品質評価手法の確立
- ③ 流下機能を阻害しない材料および施工方法の開発
- ④ 延命化効果の評価手法の確立
- ⑤ 経済比較手法の確立

なお、以下、スパン全体の改築に位置づけられている更生を「スパン更生」と呼ぶ。

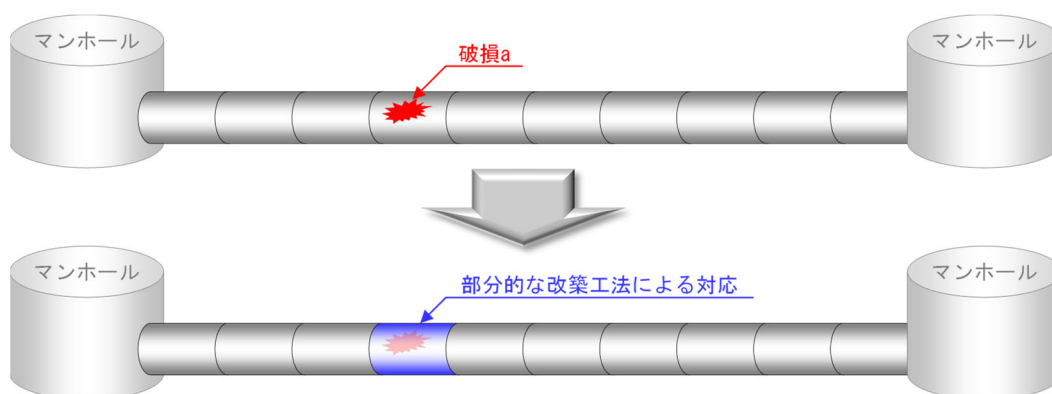


図 1-1 部分的な改築工法によりスパン全体の健全性を回復させるイメージ

1.1 統一的设计手法の確立

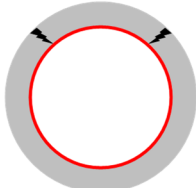
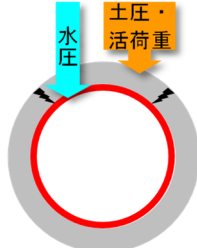
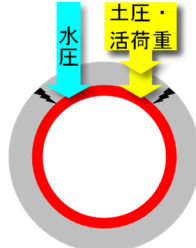
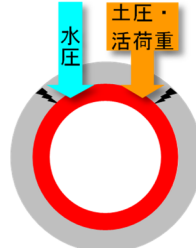
【課題①】

部分更生を二層構造管として適用する場合には、二層構造管の設計手法について統一
的な技術評価方法を確立する必要がある。

(解説)

部分更生の機能を構造形式（負担する外力）により区分すると表 1-1 のとおりとなる。

表 1-1 部分更生の機能

機能区分	修繕	二層構造管		自立管	
		水圧のみ	すべての外力		
	①	②	③	④	
負担する外力	概説	● 損傷箇所を構成材で覆い隠すことのみを目的としたもの。 ● 更生管はすべての外力（土圧・活荷重と外水圧）を負担しない。	● 既設管は土圧・活荷重を負担する。 ● 更生管は外水圧のみを負担する。	● 既設管は土圧・活荷重の一部を既設管が負担する。 ● 更生管は既設管が負担しない土圧・活荷重と外水圧を負担する。	● 更生管はすべての外力（土圧・活荷重と外水圧）を負担する。
	土圧・活荷重	×	×	△ 既設管と更生管	○ 更生管
	外水圧	×	○ 更生管	○ 更生管	○ 更生管
	イメージ				
強度評価 (管厚計算)	概説	● 計算なし。	● 外水圧に対してチモシェンコの薄肉円筒の座屈公式から必要更生管厚を計算。	● 土圧・活荷重に対して曲げ強度とたわみ率による必要更生管厚を計算。なお、曲げ強度とたわみ率は既設管の外力負担分を考慮して低減。 ● 外水圧に対してチモシェンコの薄肉円筒の座屈公式から必要更生管厚を計算。 ● 上記の3つの計算結果のうち最大値を採用。	● 土圧・活荷重に対して曲げ強度とたわみ率による必要更生管厚を計算。 ● 上記の2つの計算結果のうち最大値を採用。
	管厚・強度	薄い(1枚) なし	【更生管厚】 小さい 【強度】 大きい		厚い(複数枚) 完全
	耐震計算方法※	—	なし	なし	確立済
採用事例	少ない	多い	少ない	ほとんどない	

※ スパン更生が対象

表 1-1 に示すとおり、部分更生材が負担する外力（土圧・活荷重、外水圧）の違いにより、「修繕」「二層構造管」「自立管」に機能を区分できる。さらに、二層構造管の場合、負

担する外力を「水圧のみ」と「すべての外力」に区分できる。

部分更生で機能回復を期待する場合、表 1-1 の機能区分の③または④が相応である。

④の自立管は技術評価手法が確立され、「更生工法ガイドライン²⁾」の適用対象となっているのに対し、③の二層構造管は「統一的な技術評価がなされるまでに至らなかった。」ということで「更生工法ガイドライン」の適用対象外となっている（図 1-2 及び図 1-3）。

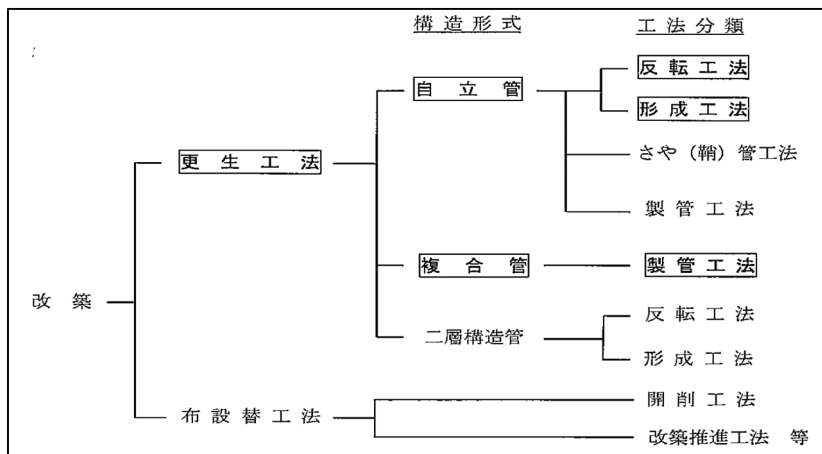


図 1-2 改築工法の種類

（「更生工法ガイドライン²⁾」 p.1-7 より引用・加工）

自立管

自立管は、更生材単独で自立できるだけの強度を發揮させ、新管と同等以上の耐荷性能及び耐久性能等を有するものである。

二層構造管

二層構造管は、残存強度を有する既設管きよを対象とし、残存強度を有する既設管きよとその内側の樹脂等の更生材で二層構造を構築するものである。

管路更生工法検討調査専門委員会では、二層構造管の設計手法について、荷重条件、安全照査、耐震性等に関して、自立管と比較して検討を行った。その結果、終局状態において、自立管ではたわみや曲げにより照査を行うのに対し、二層構造管は、座屈（バックリング）による照査を行っていることや、二層構造管では更生直後に水圧のみ作用させた座屈の照査を行っていること、さらに、損傷状態によって終局時の荷重のかけ方にも違いがあることが確認できたが、設計手法について統一的な技術評価をするまでには至らなかった。

自立管の概念

二層構造管の概念

図 1-3 自立管と二層構造管の違い

（「更生工法ガイドライン²⁾」 p.1-8～10 より引用・加工）

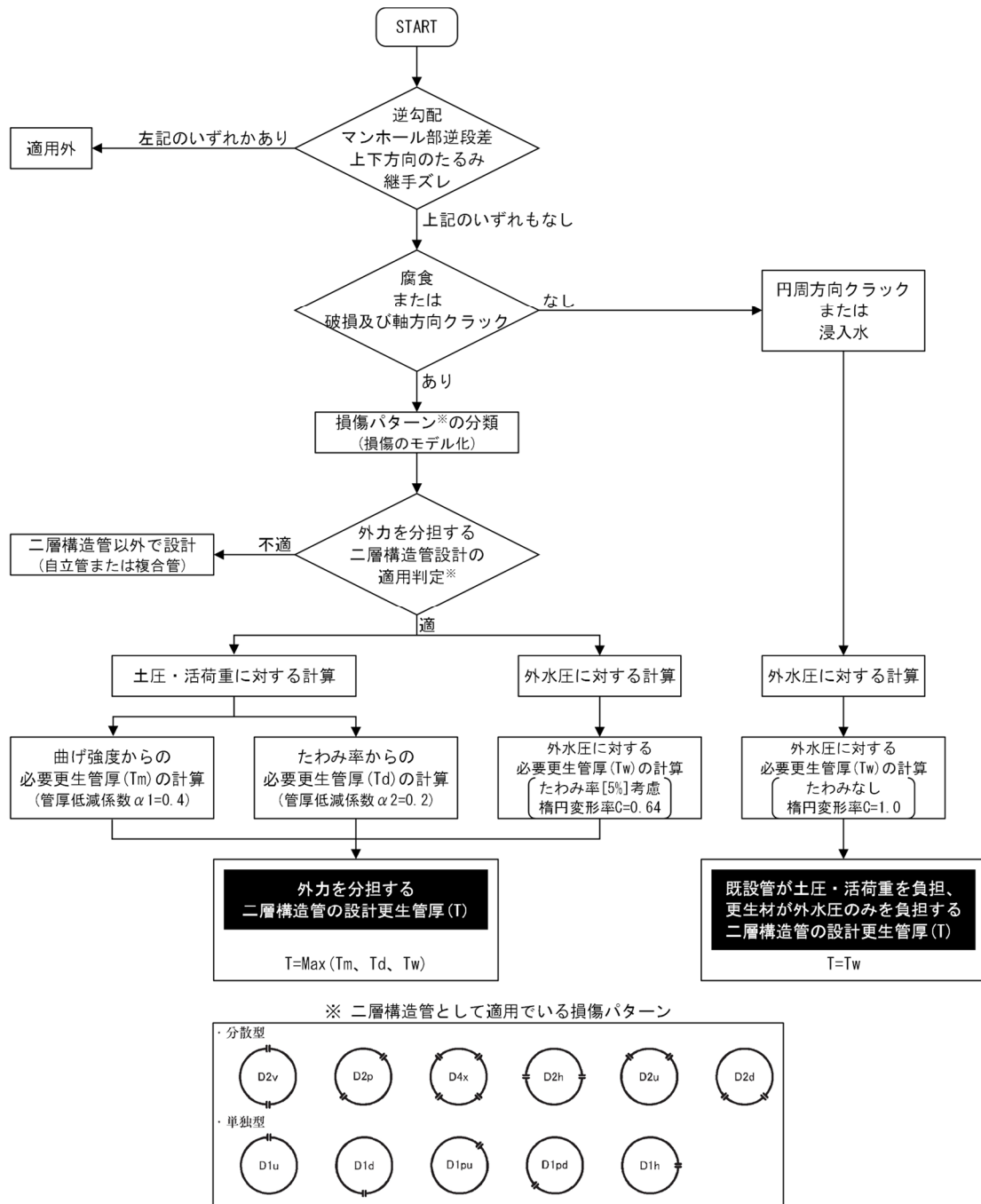


図 1-4 二層構造管設計フロー

(「二層構造管技術資料³⁾」 p.16、22 を参考に作成)

1.2 品質評価手法の確立

【課題②】

部分更生の耐用年数を保証するためには、長期試験のほかスパン更生と同等の品質評価手法の確立が必要である。

(解説)

スパン更生の要求性能項目に対する試験または確認方法を表 1-2 に示す。

表 1-2 スパン更生の評価項目と要求性能【自立管】

要求性能項目		対象		試験または確認方法		評価指標			
耐荷性能	扁平強さ	φ600mm以下		JSWAS K-1 による扁平試験		新管と同等以上			
	外圧強さ	φ700mm以上		JSWAS K-2 による外圧試験		新管(2種)と同等以上の強度			
	曲げ強さ	短期	密着管	高密度* リフレク樹脂 硬質塩化ビニル樹脂	JIS K 7171 JIS K 7171 (試験速度2mm/min)		申告値以上		
			現場硬化管	JIS K 7171		〃	〃		
		長期	密着管	高密度* リフレク樹脂 硬質塩化ビニル樹脂	JIS K 7116 (水中、1,000時間) JIS K 7115 または JIS K 7116 (水中、1,000時間)		〃	〃	
			現場硬化管	ガラス繊維あり ガラス繊維なし	JIS K 7039 (水中、10,000時間) JIS K 7116 (水中、10,000時間、試験片の数25以上)		〃	〃	
	曲げ弾性率	短期	密着管	高密度* リフレク樹脂 硬質塩化ビニル樹脂	JIS K 7171 (試験速度2mm/min) JIS K 7171		〃		
			現場硬化管	JIS K 7171		〃	〃		
		長期	密着管	高密度* リフレク樹脂 硬質塩化ビニル樹脂	JIS K 7116 (水中、1,000時間) JIS K 7115 または JIS K 7116 (水中、1,000時間)		〃	〃	
			現場硬化管	ガラス繊維あり ガラス繊維なし	JIS K 7035 (水中、10,000時間) JIS K 7511 附属書D (水中、10,000時間)		〃	〃	
	耐久性能	耐薬品性	現場硬化管	現場硬化管	JSWAS K-1, JSWAS K-14 による耐薬品性試験	浸漬後曲げ試験	基本試験	浸漬させる試験液：8種 温度：23℃ 期間：28日	試験液浸漬28日後の 曲げ強さ保持率および 曲げ弾性保持率80%以上
							常温試験	浸漬させる試験液：2種 温度：23℃ 期間：6ヶ月、1年	試験液浸漬1年後の 曲げ弾性保持率70%以上
促進試験							浸漬させる試験液：2種 温度：60℃ 期間：28日、6ヶ月、1年	試験液浸漬28日後の 曲げ弾性保持率70%以上	
長期曲げ弾性率を推定							50年後の長期曲げ弾性率が 設計値(換算値)を下回らない		
耐摩耗性							すべて	JIS K 7204 または JIS A 1452 等	硬質塩化ビニル管(新管)と 同等程度の耐摩耗性
耐ストレイコージョン性		現場硬化管のガラス繊維あり	JIS K 7034	試験結果から求める50年後の 最小外損破域ひずみ0.45%以上					
水密性		すべて	JSWAS K-2 による外圧試験	内外水圧(0.1MPa以上：3分間保持) に対する水密性(漏水なし)を確保					
耐劣化性	すべて	—	長期曲げ強さにより評価						
耐震性能	曲げ強さ	短期	密着管	高密度* リフレク樹脂 硬質塩化ビニル樹脂	JIS K 7171 JIS K 7171 (試験速度2mm/min)	申告値以上			
			現場硬化管	JIS K 7171	〃	最大荷重時の曲げ応力度が申告値以上			
			現場硬化管	JIS K 7171	〃	申告値以上			
	曲げ弾性率	短期	密着管	高密度* リフレク樹脂 硬質塩化ビニル樹脂	JIS K 7171 JIS K 7171 (試験速度2mm/min)	〃			
			現場硬化管	JIS K 7171	〃	〃			
			現場硬化管	JIS K 7161	〃	申告値または規格値以上			
	引張強さ	短期	密着管	現場硬化管	ISO 8513(A) または ISO 8513(B) または JIS K 7161 JIS K 7161	〃			
			現場硬化管	JIS K 7161	〃	申告値または規格値以上			
	引張伸び率	短期	密着管	高密度* リフレク樹脂 硬質塩化ビニル樹脂	JIS K 6815-3 JIS K 7161	〃			
			現場硬化管	ISO 8513(A) または ISO 8513(B) または JIS K 7161 JIS K 7161	〃	〃			
圧縮強さ	短期	すべて	JIS K 7181	〃	〃				
		すべて	JIS K 7181	〃	〃				
水理性能	粗度係数	すべて	水理試験等		0.010以下				
	耐劣化性	すべて	成形後に体積収縮を伴う場合、 軸方向および周方向の収縮を検査		申告値以下				
環境安全性能	粉じん対策	すべて	施工計画書等		大気汚染防止法等の関連法令 および条例を遵守				
	臭気対策	すべて	施工計画書等		悪臭防止法等の関連法令 および条例を遵守				
	騒音振動対策	すべて	施工計画書等		騒音規制法および振動規制法等の 関連法令および条例を遵守				
	防爆性	すべて	技術検討書等		引火・爆発性を有する溶媒等が材料に 使用される場合には、施工中に爆発等 事故が発生しないこと				
	その他	すべて	施工計画書等		温水等の熱排出が行われる場合には、 条例に定める温度に冷却して放流				
その他	適用許容範囲*	すべて	技術保有者の資料または審査証明等の資料		現場条件に適用可能であること				
	施工可能延長	すべて	〃		〃				
	適用管種・管断面	すべて	〃		〃				
	更生管きよの厚み 更生管きよのしわ	すべて	現場硬化管 材料の品質管理および竣工時の品質管理		〃				

※ 内面状況 (段差、ずれ、曲がり、継手隙間、破損状況、腐食状況、浸入水圧、浸入水量、たるみ、滞水深)

(「更生工法ガイドライン」²⁾ p.1-17~24 を参考に作成)

これに対し、部分更生に関する既存の要求性能項目は表 1-3 のとおりである。スパン更生の耐用年数を保証するための長期試験(表 1-2 の黄色部分)を実施している部分更生は、1 工法のみである(表 1-3 の黄色着色)。このほか、スパン更生に対して部分工法のほうが、要求性能項目が少ないことが読み取れる。

表 1-3 主要な部分更生に関する要求性能評価項目

代表工法(硬化方法) 要求性能項目		A工法	B工法	C工法	D工法	E工法	F工法	
		常温	常温	常温 または 熱	熱	光	光	
耐荷性能	扁平強さ							
	外圧強さ							
	曲げ強さ	短期	○	○	○			○
		長期						○
	曲げ弾性率	短期	○	○	○	○	○	○
長期							○	
耐久性能	耐薬品性	○	○	○	○	○	○	
	耐摩耗性	○	○	○		○	○	
	耐スレインコロシ [*] オン性						○	
	水密性	○	○	○	○	○	○	
	耐高圧洗浄性 [*]	○	○	○	○	○	○	
	耐劣化性							
	防食性 [*]						○	
耐震性能	引張強さ	短期					○	
		長期					○	
	引張弾性率	短期						○
		長期						○
	圧縮強さ	短期						○
		長期						○
追従性 [*]						○		

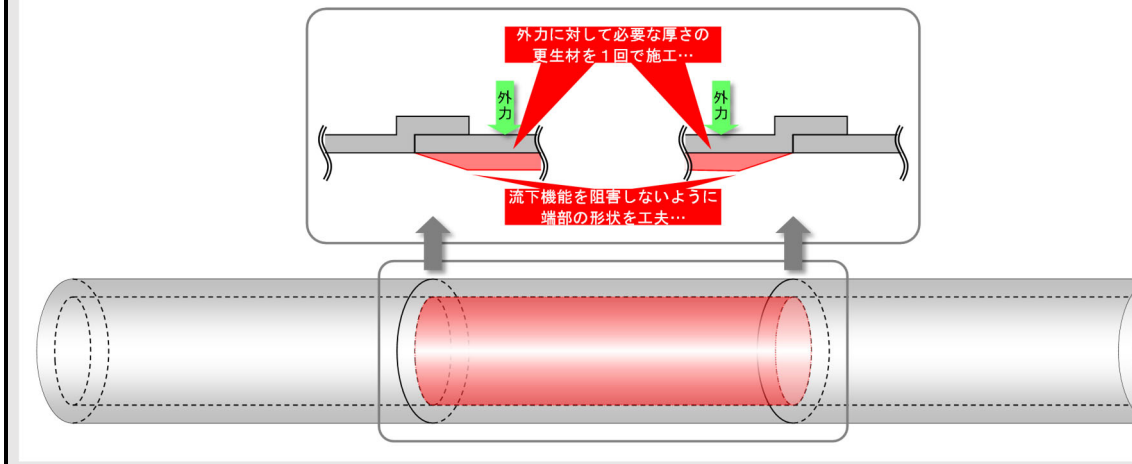
※ 更生工法(自立管)の要求性能項目にはないもの。

(建設技術審査証明書記載事項を参考に作成)

1.3 流下機能を阻害しない材料および施工方法の開発

【課題③】

管渠内面に生じる段差により、流下機能が阻害されない部分更生材および施工方法の開発が望まれる。



(解説)

部分更生を施した場合、管内面に段差が生じるため、流下機能が阻害されることが懸念される。

部分更生は、更生材1枚当たりの施工幅が各工法技術により定められている。損傷幅が更生材1枚当たりの施工幅を上回る場合には、複数枚の更生材を継ぎ施工するため、継ぎ部分に段差が生じる(図1-5)。

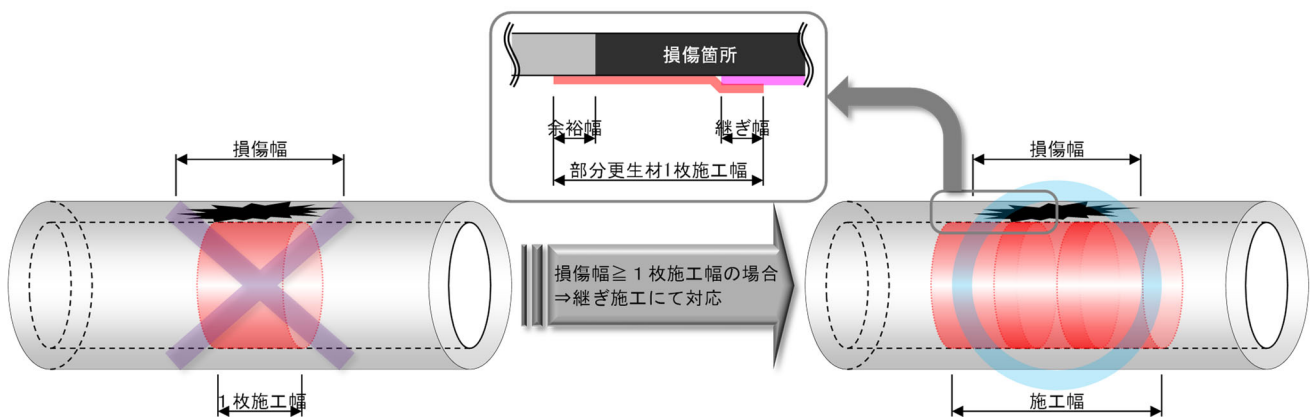


図 1-5 部分更生の継ぎ施工のイメージ

また、部分更生箇所に外力を負担させる場合には、複数枚の更生材を重ね施工する。その場合、部分更生材の端部が1箇所に集中して大きな段差になることが懸念される。これに対しては、余裕幅をもたせて端部をなだらかになるように仕上げる等が考えられる(図1-6)。

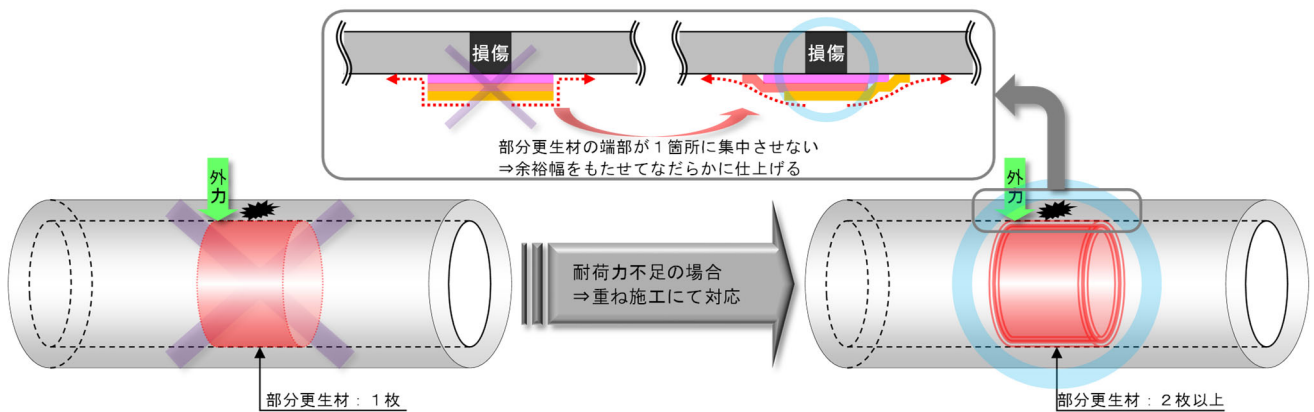


図 1-6 部分更生の重ね施工のイメージ

このほか、管単位で健全性を回復させることを考慮した場合、損傷箇所だけでなく管単位で更生を行うことで段差を生じさせない対応が妥当と考えられる（図 1-7）。



図 1-7 管単位の更生のイメージ

このように、1枚の部分更生材を現場において複数回施工することで、流下機能の阻害を低減することは可能と考えられるが、作業効率が低下することが課題である。

1.4 延命化効果の評価手法の確立

【課題④】

部分更生がスパンの延命化に資する効果を適切に評価する手法の確立が必要である。

(解説)

部分更生を改築として位置付けるためには、部分的な更生がスパン全体をどの程度延命化する（健全度を向上させる）効果があるかを客観的に評価する必要がある。

全国的に広く採用されている下水道維持管理指針⁴⁾に基づく緊急度判定では、管単位の異常の程度を「a」「b」「c」といった形でランク化した上で、スパン全体の緊急度（劣化なし～緊急度Ⅰの4段階）を判定している。この手法は、4段階という大まかな評価であるため、管単位の更生の影響を感度よく評価することが難しい。

このため、図1-8のように、管の健全度をより細分化（健全度1～5）したうえで、スパン全体の健全度を「数値」で示すことで、管の更生の影響を感度よく評価する手法などが考えられる。

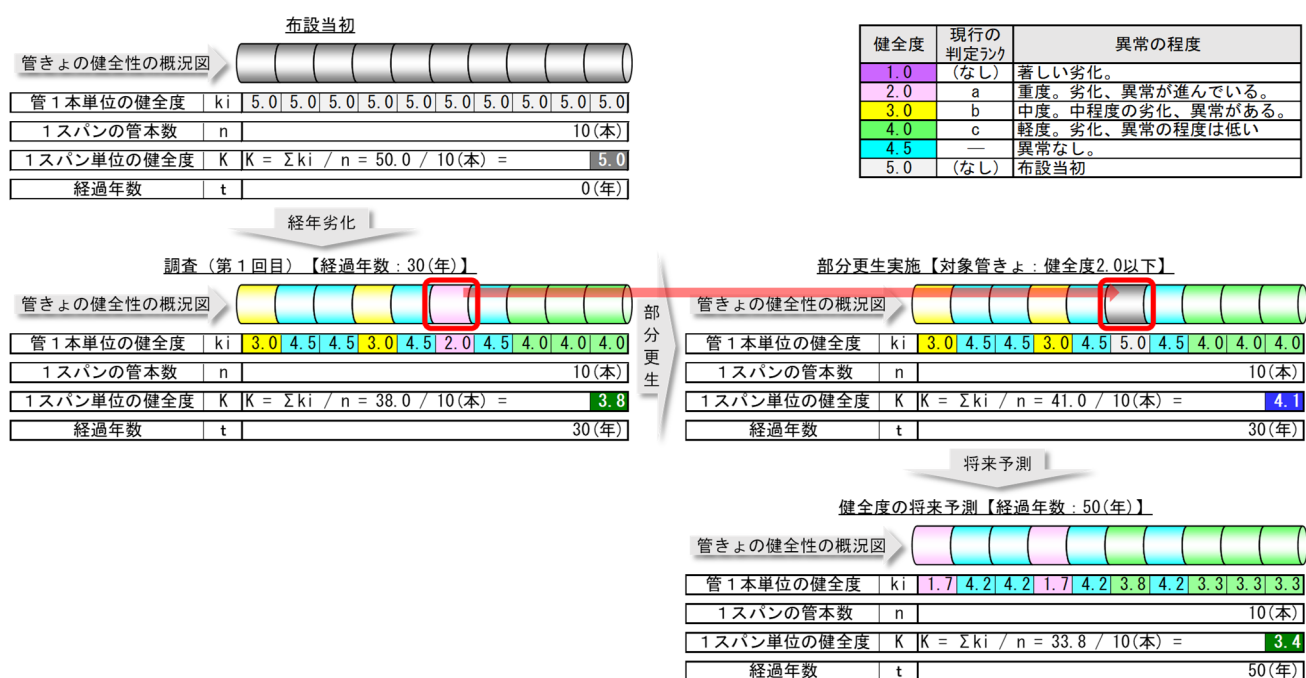


図 1-8 管単位の健全度の評価からスパン全体の健全度を評価するイメージ

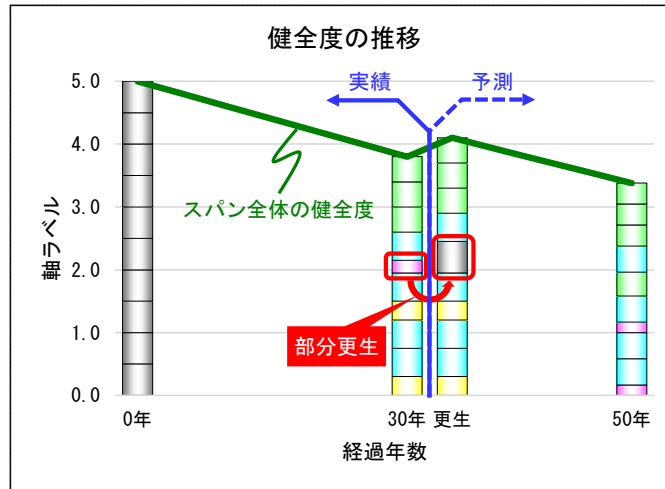


図 1-9 健全度の推移のイメージ（実績と予測）

1.5 経済比較手法の確立

【課題⑤】

部分更生を経済比較に基づいて選定するにあたっては、管単位およびスパン全体の健全度の評価に基づき、LCC を算出する方法を確立していくことが望まれる。

このほか、全国的に広く採用されている更新（布設替え）の耐用年数は標準耐用年数（50年）となっているが、目標耐用年数の適用についても併せて検討していくべきと考える。

部分更生もしくはスパン更生の選択は、LCC（ライフサイクルコスト）の比較を行い判断する必要がある。ただし、3.2.5 経済比較（LCC 比較）は、スパン全体を捉えた評価方法であり、部分更生により管単位で改築する場合には、前項で示したように、管単位およびスパン全体の健全度の評価に基づき、LCC を算出する必要がある。そこで、「stromanegaidorain」の「第3章 処理場・ポンプ場施設⁵⁾」の p.95 以降に示されている『対策の検討及びコスト改善額の算定例』を参考に、以下の条件に対する「布設替え」「スパン更生」「部分更生」の3つの対策方法について経済比較を行うイメージを例示する。この例では、部分更生がスパン更生より LCC が約 5% 小さく評価された。

- 【条件】① 布設後 60 年を経過した 10 本の管で構成される管渠を調査
 ② 部分的に（5 本目、6 本目）の管が健全度 2（対策の必要性あり）

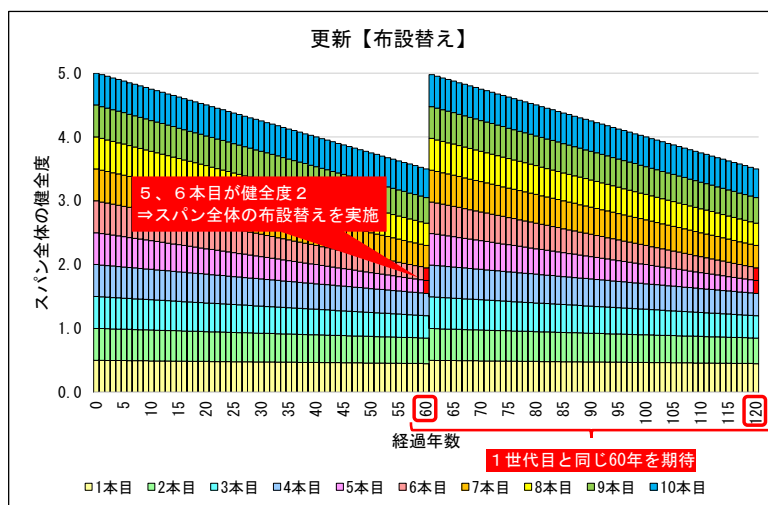


図 1-10 管単位およびスパン全体の健全度の推移のイメージ【布設替え】

表 1-4 LCC 年価計算のイメージ【布設替え】

項目		摘要	
年数	長寿命化対策	一年	
	更新	60年	1世代目と同じ年数
	計	60年	
費用	長寿命化対策	一千円	
	更新	2,500千円	[単価]125千円/m × [延長]20m
	維持管理	72千円	[単価]60円/m・年 × [延長]20m × 60年
	計	2,572千円	2,500円 + 72円
年価	費用 ÷ 年数	42.87千円/年	2,572円 ÷ 60年

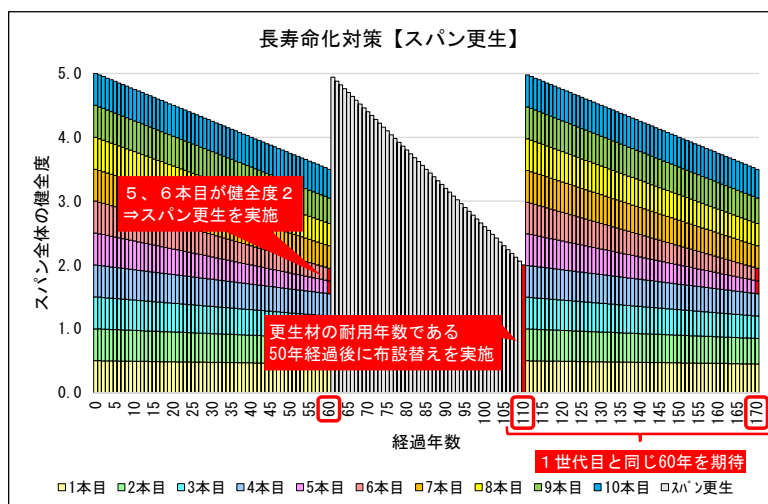


図 1-11 管単位およびスパン全体の健全度の推移のイメージ【スパン更生】

表 1-5 LCC 年価計算のイメージ【スパン更生】

項目		摘要	
年数	長寿命化対策	50 年	更生材の耐用年数
	更新	60 年	1 世代目と同じ年数
	計	110 年	50年 + 60年
費用	長寿命化対策	2,000 千円	[単価]100千円/m × [延長]20m
	更新	2,500 千円	[単価]125千円/m × [延長]20m
	維持管理	132 千円	[単価]60円/m・年 × [延長]20m × 110年
	計	4,632 千円	2,000円 + 2,500円 + 132円
年価	費用 ÷ 年数	42.11 千円/年	4,632円 ÷ 110年

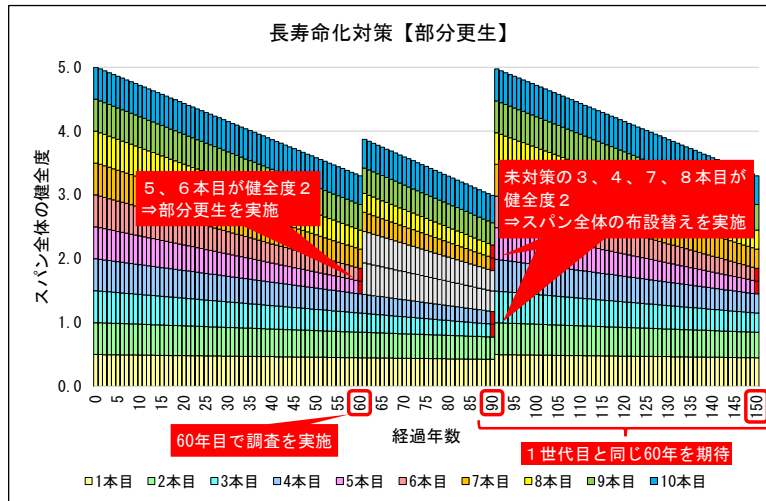


図 1-12 管単位およびスパン全体の健全度の推移のイメージ【部分更生】

表 1-6 LCC 年価計算のイメージ【部分更生】

項目		摘要	
年数	長寿命化対策	30 年※	部分更生実施～他の管きよの健全度 2 まで※
	更新	60 年	1 世代目と同じ年数
	計	90 年	30年 + 60年
費用	長寿命化対策	1,000 千円	[単価]500千円/箇所 × [箇所数] 2 箇所
	更新	2,500 千円	[単価]125千円/m × [延長]20m
	維持管理	108 千円	[単価]60円/m・年 × [延長]20m × 90年
	計	3,608 千円	1,000円 + 2,500円 + 108円
年価	費用 ÷ 年数	40.089 千円/年	3,608円 ÷ 90年

※ 他の管きよが健全度 2 になる期間：30年 ≤ 更生材の耐用年数：50年 より。

表 1-7 経済比較 (LCC 年価比較) のイメージ

		長寿命化対策		
		更新 布設替え	スパン更生	部分更生
年数	長寿命化対策	一年	50 年	30 年
	更新	60 年	60 年	60 年
	計	60 年	110 年	90 年
費用	長寿命化対策	一 千円	2,000 千円	1,000 千円
	更新	2,500 千円	2,500 千円	2,500 千円
	維持管理	72 千円	132 千円	108 千円
	計	2,572 千円	4,632 千円	3,608 千円
年価	費用 ÷ 年数	42.87 千円/年	42.11 千円/年	40.09 千円/年
	評価			○

【参考文献】

- 1) 令和元.7.3 国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道事業課事業マネジメント推進室課長補佐事務連絡 「下水道管きよの更生工法による改築に関する交付対象の運用について」
- 2) 公益社団法人日本下水道協会：管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン - 2017年版-
- 3) 公益財団法人下水道新技術推進機構：管きよ更生工法（二層構造管） -2006年3月-
- 4) 公益社団法人日本下水道協会：下水道維持管理指針（実務編）-2014年版-
- 5) 国土交通省下水道部；国総研下水道研究部. 維持管理情報を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（管路施設編）-2020年版-

参考資料 3 維持管理情報を活用して修繕・改築・構造変更を行った好事例

1.維持管理情報を活用して修繕・改築・構造変更を行った好事例

維持管理情報を活用して修繕・改築・構造変更等を行った事例を好事例として選定し（表 1-1）、概要資料として取りまとめた。概要資料は、事例の内容に応じ、以下の項目を記載した。

- ・事例の概要
- ・工法選定にあたってのポイント
- ・維持管理情報の活用内容
- ・採用した工法の特徴
- ・今後の課題等
- ・考えられる改善策

表 1-1 維持管理情報を活用して修繕・改築・構造変更等を行った事例を好事例

対応の分類	団体名	概要
改築	A 市	早期に陥没等が発生する可能性の高いエリアに対して更生
	B 市	通常は修繕対応だが管渠状況を勘案し更生
構造変更	C 市	計画流量減少を考慮した縮径
	D 市	マンホール削減
	E 市	マンホール削減
	F 市	区域外流入対応のため更生により流下能力増強
修繕	G 市	緊急的な対応が必要と判断し、修繕工法を選定
	H 市	経過年数 50 年近い管きょについての修繕工法の実施
	I 市	目地ズレより、内面補強の不良を懸念しリング工法を選定
経過観察	J 市	健全度 3、たるみ B：定期清掃を実施している路線
不具合	K 市	既設管部分縮径による更生不良

改築管きよの事例

A 市

B 市

エリア特性をふまえた改築工法選定

排除方式：分流式汚水
 既設管：鉄筋コンクリート管300mm, L=34m
 経過年数：39年
 劣化状況：腐食B、たるみC、クラックb 1箇所、木の根進入b 1箇所（緊急度Ⅱ）
 対策方法：更生工法-光硬化（アルファライナー工法）

- 維持管理情報の活用内容
 - これまでの点検調査結果の蓄積により、経過年数の浅い管きよでも荷重条件により早期に陥没等が発生する可能性の高いエリアが確認されており、このエリア内の老朽化対策については更生工法を選定。
- 工法選定にあたってのポイント
 - 設計荷重、耐震、流下能力等を確保できる工法を選定。

【光硬化工法の特徴】

- 光照射によって更生材の硬化を行うため、環境温度の影響を受けずに硬化が可能。
- 硬化時の加熱、発熱がないため塩ビ管の施工も可能。

管きよ状況を踏まえた個別の工法選定

排除方式：合流式
 既設管：鉄筋コンクリート管1500mm, L=89.09m
 経過年数：47年
 劣化状況：腐食C、浸入水c 35箇所、取付管突出しc 1箇所、木の根進入b 2箇所（緊急度Ⅲ）
 対策方法：更生工法（ダンビー工法）

- 維持管理情報の活用内容
 - 流量の程度等については計画策定段階で業者等に確認し、工法選定にて考慮。
- 工法選定にあたってのポイント
 - スパンを通して劣化が多数あるものの、延長が長いために緊急度が低いスパンであった。
 - 通常、当該市では、緊急度Ⅲは修繕対応としていたが、工法選定においては、劣化箇所数を勘案し管更生を選定した。

【ダンビー工法の特徴】

- 更生部材をらせん状に巻き立てる製管工法。
- 供用中の施工が可能。

1

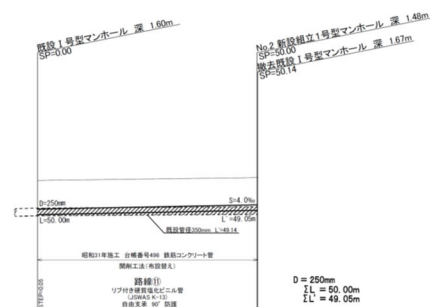
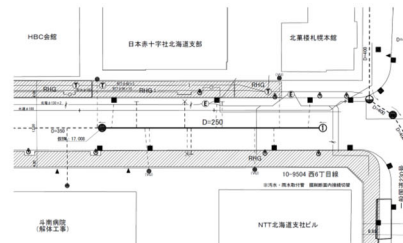
構造変更をした事例

C 市

流下能力に余裕のある管きよについて、縮径をして改築を実施

- 構造変更を行った背景
 - 下水道計画の変更に伴い、計画流量が減少となった。
 - 最上流でありながら最小管径ではない路線について、老朽化対策としての布設替えと合わせて縮径を行った。
- 構造変更による効果
 - 既設管管径と同管径の新設管を布設替えるよりも施工費が安価となった。

排除方式：合流式
 既設管：鉄筋コンクリート管φ350mm, L=50.14m
 劣化状況：緊急度Ⅱ（たるみA・B）
 対策方法：布設替え工法
 （対策後：リブ付硬質塩化ビニル管φ250mm、延長50.00mm）



縮径路線の状況

2

構造変更をした事例

D市

E市

改築時の線形変更及びマンホール数の削減

■ 構造変更を行った背景

事例①

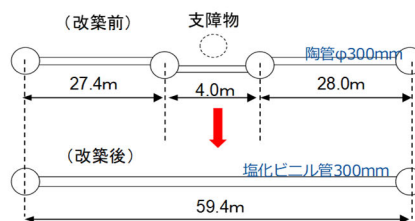
- 改築前は支障物を避け1スパンのみ線形がずれた形となっており、狭い間隔にマンホールが複数設置されていた。
- 老朽管の改築（開削による入替）に合わせ支障物を撤去し、一直線にもどすことでマンホールを削減した。

事例②

- 工事費削減及び維持管理性を考慮してスパン分割を見直し、スパン延長約100mとしてマンホール数を削減した。

■ 構造変更による効果

- 対策のコストダウン及び維持管理施設の削減をはかることができた。



事例①：スパン分割の見直し

事例①

排除方式：合流式
 既設管：陶管φ300mm, L=59.4m (3スパン)
 劣化状況：緊急度Ⅱ
 対策方法：布設替え工法
 (対策後：塩ビ管φ300mm (1スパン))

事例②

排除方式：合流式
 既設管：陶管φ300mm, L=101.90m (3スパン)
 劣化状況：健全度2～5
 対策方法：布設替え工法
 (対策後：塩ビ管φ300mm (1スパン))

3

構造変更をした事例

F市

区域外流入対応のため、更生により流下能力増強

■ 構造変更を行った背景

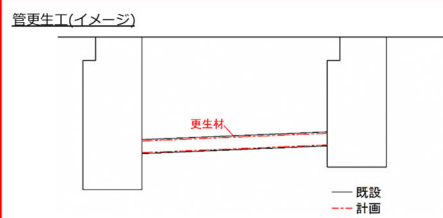
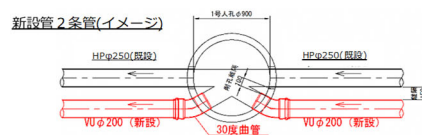
- 下水道区域外の新設公共施設建設予定地から、新たに発生する汚水を公共下水道に受け入れるに当り、既存下水道施設について流下能力の検証を行ったところ、一部の区間において流下能力不足箇所が発生することが判明。
- 流下能力不足である箇所について、布設替えによる管径拡大または二条化による流下能力の確保を行う必要があった。
- 改築方法を更生工法とすることにより、粗度係数が修正され、流下能力不足を解消することができた。

■ 構造変更による効果

- 更生工法としたことで、管径拡大または二条化と比較して費用が削減された。
- 施工時の交通規制も車線減少で施工可能となり、沿線住民や路線バス運行への影響を最小限にとどめることが出来た。

排除方式：分流式汚水

既設管：鉄筋コンクリート管250～400mm, L=1186m
 劣化状況：緊急度Ⅲもしくは健全
 対策方法：更生工法（二層構造管）



採用

流下能力不足への対策方法

4

修繕管きよの事例

G市

計画時点では改築対象の管きよについて、緊急性を優先し修繕工法を選定

- 維持管理情報の活用内容
 - 調査時点で経過年数82年を経過しており、計画時点では更生工法による改築更新を予定していた。
 - 詳細調査の結果、欠落の規模が大きく、陥没を起こす可能性が高かったため、緊急的に修繕が必要と判断した。
 - スパン内にたるみ等もあり将来的にはスパン改築が必要だが、緊急性を優先し、改築を待たずに部分修繕とした。
- 工法選定にあたってのポイント
 - 将来の改築に支障がない工法を選定した。

【EPR工法の特徴】

- 圧縮空気による常温硬化の内面補強工法。
- 異常箇所をピンポイントで施工。
- 供用中の施工が可能。
- ノンスチレンで悪臭がない。

排除方式：合流式
既設管：鉄筋コンクリート管φ680mm, L=63.9m
経過年数：82年
劣化状況：腐食C、たるみC、破損a 2箇所、
取付管突出しc 5箇所（緊急度Ⅱ）
対策方法：修繕工法（EPR工法）1.195m



破損（欠落）の状況

5

修繕管きよの事例

H市

経過年数50年近い管きよについての修繕工法の実施

- 維持管理情報の活用内容
 - 過年度に実施したテレビカメラ調査結果において、異常の状態がわかる画像データの記録がされていたため、この情報を参考に工法選定を行った。
- 工法選定にあたってのポイント
 - 対策時点で経過年数44年と一定の年数が経過していたが、「下水管きよ改築時の工法選定手引き（案）」を参考に更生工法と修繕工法で費用比較をした結果、修繕工法のほうが有利となったため、修繕工法を採用した。

【EPR工法の特徴】

- 圧縮空気による常温硬化の内面補強工法。
- 異常箇所をピンポイントで施工。
- 供用中の施工が可能。
- ノンスチレンで悪臭がない。

排除方式：合流式
既設管：鉄筋コンクリート管1200mm, L=18.49m
経過年数：46年
劣化状況：破損a 1箇所（緊急度Ⅱ）
対策方法：修繕工法（EPR工法）



破損状況

6

劣化状況（目地ズレ）を考慮した修繕工法の選定

- 維持管理情報の活用内容
 - ・ 当該箇所において、過去2度にわたり道路陥没が発生しており、その原因が下水道管きよであることが判明したため、施工実績のある工法を選定し修繕を行った。
- 工法選定にあたってのポイント
 - ・ 当該市では、緊急度Ⅲは修繕対象として位置付けられていた。
 - ・ 継手目地のズレ・隙間が大きく（最大でズレ20mm程度、開き140mm）、熱硬化・光硬化の施工不良を懸念。また、熱硬化・光硬化と比較して大口徑の実績が多いリング工法を選定した。
 - ・ 供用中の施工が可能な工法を選定した。
 - ・ 使用する材料のステンレスとゴムは腐食に強いこと、構造が比較的シンプルであることから、将来の管更生時期までの耐久性を期待。

排除方式：合流式
 既設管：鉄筋コンクリート管φ1200mm, L=47.4m
 経過年数：57年
 劣化状況：継ぎ手ズレa 1箇所、b 7箇所（緊急度Ⅲ）
 対策方法：修繕工法-リング工法 8箇所
 （スナップロック工法・マグマロック工法）

【リング工法の特徴】

- ・ ゴムスリーブとステンレススリーブで構成される円筒形の材料を管内面に設置する止水工法。
- ・ 大口徑は材料を分割することで管内への搬入を容易にしており、供用下でも人力による施工が可能。



リング工法施工後写真

7

日常の維持管理を考慮し、対策を実施せず経過観察対応

- 経過観察とした経緯
 - ・ 重要幹線であることから、日常の維持管理で定期清掃（2回/年）を実施。
 - ・ 調査時点では健全度3であり、対策対象となる管きよであった。
 - ・ 繁華街のアーケードと国道を連絡する道路に設置された施設であり、布設替工事となれば店舗や市民への影響が大きいこと、また、これまでに勾配不良による溢水等の不具合が確認されていないことから、早急な対策は不要であると判断した。
- 今後の維持管理における課題等
 - ・ 現在、流下能力等の不具合による溢水などは発生していないが、将来、劣化による対策が必要となった場合、布設替え（商業地への影響大）と更生（勾配不良のリスク）のどちらにするのか検討が必要。

排除方式：分流式汚水
 既設管：鉄筋コンクリート管900mm, L=71m
 経過年数：58年
 劣化状況：健全度3（たるみB）
 対策方法：定期清掃による状態監視



たるみによる滞水

8

既設管部分縮径による更生不良

■ 不具合の概要

- 改築として更生工事を実施。硬化完了後、更生管の一部、スパン中間に2m程度の管軸方向のシワが複数あることが判明。
- 既設管の部分的な縮径が原因（スパン内径φ250mmに対し中間約2mがφ235mm）。
- 縮径部は管口から離れており、計測を行っていないかった。

■ 対応状況

- 製造時に更生材（光硬化：シームレスライナー工法）の寸法を小さくし、既設管径の適用範囲を広げて再施工を行った。

改良前：φ247mm～φ258mm

改良後：φ235mm～φ255mm

■ 考えられる改善策

- 施工前に内径測定を行う。
- 縮径が確認された場合は、既設管径の適用範囲が広い更生材を使用する。

排除方式：分流式汚水

既設管：鉄筋コンクリート管250mm,L=17.21m

布設年度：45年

対策方法：更生工法-光硬化（シームレスシステム工法）

【光硬化工法の特徴】

- 光照射によって更生材の硬化を行うため、環境温度の影響を受けずに硬化が可能。
- 硬化時の加熱、発熱がないため塩ビ管の施工も可能。



更生不良の状況

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 1191

March 2022

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675