

はじめに

下水道整備の進展に伴い、平成 24 年度末の管渠延長は約 45 万 km にのぼり施設ストックが増大している。これに伴い、管路施設の老朽化等に起因した道路陥没も増加傾向にあり、年間の発生件数は約 4,000 箇所を超える等、市民生活に大きな支障が出るとともに、事後的な対応ではコスト的にも不経済となっている。一方、下水道施設の維持管理を行う地方公共団体の財政状況は非常に厳しいものとなっている。

このため、日常生活や社会活動に重大な影響を及ぼす事故発生や機能停止を未然に防止し、限られた財源の中でライフサイクルコストを最小化する計画的な改築を推進するための「下水道長寿命化支援制度」が創設される等効率的な老朽化対策および適切な維持管理の促進に取り組んでいる。

各地方公共団体においては、上記を踏まえ、管路施設の長寿命化計画策定に向けた各種調査等を行っているところであるが、膨大な管路施設の全てに対して点検・調査、診断を完了させるためには相当な費用と期間が必要となる。このため、予防保全の観点からスクリーニング調査を行い、対象施設を絞り込むことが重要となっている。

スクリーニング調査は劣化評価方法の中でも比較的簡易に実施できる調査方法であり、異常状況を視覚的に調査する方法である。具体的には、広い地域を対象として、異常箇所を確認し、詳細調査を実施する必要があるスパンを絞り込むことのできる手法である。

本ガイドラインで示す技術は、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に関するものであり、管渠の調査に関する革新的な技術である。

本ガイドラインは、実証研究の成果を踏まえ、下水道事業者が革新的技術の導入を検討する際の参考にできる資料として策定したものであり、これらの優れた技術が全国そして海外にも普及されることを強く願うものである。

技術選定から実証研究における実調査による実証を踏まえたガイドラインまでの策定を 1 年間という短期間でまとめるにあたり、大変なご尽力をいただいた評価委員会および検討会の委員各位をはじめ、フィールド提供等ご協力いただいた地方公共団体各位および研究体各位等全ての関係者に深く感謝申し上げる。

国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部

目 次

第 1 章 総 則

第 1 節 目 的	1
§ 1 目的	1
第 2 節 適用範囲	3
§ 2 適用範囲	3
第 3 節 ガイドラインの構成	5
§ 3 ガイドラインの構成	5
第 4 節 用語の定義	7
§ 4 用語の定義	7

第 2 章 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の概要

第 1 節 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の概要	10
§ 5 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の概要	10
第 2 節 スクリーニング調査技術の概要	14
§ 6 スクリーニング調査技術の概要	14
第 3 節 詳細調査技術および追加調査技術の概要	21
§ 7 詳細調査技術および追加調査技術の概要	21
第 4 節 管渠マネジメントシステム技術の運用	30
§ 8 管渠マネジメントシステム技術の運用	30

第 3 章 管渠マネジメントシステム技術の諸元

第 1 節 管渠マネジメントシステム技術の諸元の概要	34
§ 9 概説	34
§ 10 日進量 (m/日)	36
§ 11 調査コスト (円/m)	39
§ 12 確認可能な異常項目とランク	41
§ 13 異常確認精度	42
§ 14 適用範囲 (管渠属性)	47
§ 15 適用条件 (現場環境)	48
§ 16 専門技術性	49
§ 17 その他の諸元	50

第 4 章 スクリーニング調査技術

第 1 節 スクリーニング調査技術の概要	51
§ 18 スクリーニング調査技術の種類	51
第 2 節 展開広角カメラ（スクリーニング調査）	52
§ 19 展開広角カメラによるスクリーニング調査の特徴	52
§ 20 展開広角カメラによるスクリーニング調査方法	54
§ 21 機器の必要性能	60
§ 22 性能諸元と現場諸元	62
§ 23 留意事項	68
第 3 節 管口カメラ	71
§ 24 管口カメラによるスクリーニング調査の特徴	71
§ 25 管口カメラによるスクリーニング調査方法	73
§ 26 機器の必要性能	78
§ 27 性能諸元と現場諸元	79
§ 28 留意事項	86
第 4 節 画像認識型カメラ	88
§ 29 画像認識型カメラによるスクリーニング調査の特徴	88
§ 30 画像認識型カメラによるスクリーニング調査方法	90
§ 31 機器の必要性能	96
§ 32 性能諸元と現場諸元	99
§ 33 留意事項	105

第 5 章 詳細調査技術および追加調査技術

第 1 節 詳細調査技術および追加調査技術の概要	107
§ 34 詳細調査技術および追加調査技術の種類	107
第 2 節 展開広角カメラ（詳細調査）	108
§ 35 展開広角カメラによる詳細調査の特徴	108
§ 36 展開広角カメラによる詳細調査方法	110
§ 37 機器の必要性能	115
§ 38 性能諸元と現場諸元	116
§ 39 留意事項	120
第 3 節 衝撃弾性波検査法	121
§ 40 衝撃弾性波検査法による追加調査の特徴	121

§ 41 衝撃弾性波検査法による追加調査方法	123
§ 42 機器の必要性能	129
§ 43 性能諸元と現場諸元	131
§ 44 留意事項	139
第4節 管路形状プロファイリング	140
§ 45 管路形状プロファイリングによる追加調査の特徴	140
§ 46 管路形状プロファイリングによる追加調査方法	142
§ 47 機器の必要性能	147
§ 48 性能諸元と現場諸元	148
§ 49 留意事項	153
第5節 傾斜計測計	154
§ 50 傾斜計測計による追加調査の特徴	154
§ 51 傾斜計測計による追加調査方法	155
§ 52 機器の必要性能	157
§ 53 性能諸元と現場諸元	158
§ 54 留意事項	162

第6章 管渠マネジメントシステム技術の導入効果

第1節 管渠マネジメントシステム技術の共通指標	163
§ 55 管渠マネジメントシステム技術の共通指標	163
第2節 モデルフィールドの設定方針	166
§ 56 モデルフィールドの設定方針	166
第3節 モデルフィールドにおける共通指標評価	172
§ 57 概説	172
§ 58 展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標	173
§ 59 管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）の組合せによる管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標	176
§ 60 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標	180
§ 61 現場条件の共通指標への影響評価	183

参考資料編

参考資料編Ⅰ モデルフィールドにおける共通指標

1. 共通指標算定の概要	192
2. 共通指標の算定	209

参考資料編Ⅱ 実証研究補足資料

1. 展開広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による効率的な管渠マネジメントシステムの実証研究	248
2. 管口カメラ点検と展開広角カメラ調査およびプロファイリング技術を用いた効率的な管渠マネジメントシステムの実証研究	266
3. 高度な画像認識技術を活用した効率的な管路マネジメントシステムの実証研究	288

参考資料編Ⅲ 管渠マネジメントシステムの関連技術

1. 電気伝導度計	299
2. データ管理技術	314

問い合わせ先

問い合わせ先	巻末
--------	----

第 1 章 総 則

第1節 目 的

§1 目的

本ガイドラインは、PDCA サイクルに基づく下水道管渠維持管理の効率的なマネジメントの実現に向け、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で採択された管渠マネジメントシステムの運用を支援する革新的技術（以下、本技術とする）について、実証研究の成果を踏まえて、技術の性能等を明示し、技術の普及展開を図るために策定したものである。

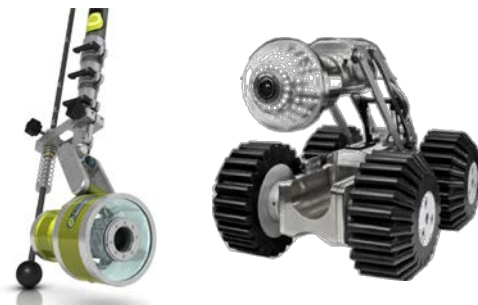
【解 説】

下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）は、新技術の研究開発および実用化を加速することにより、下水道事業における大幅なコスト縮減や再生可能エネルギー創出を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、国土交通省が実施しているものである。

B-DASH プロジェクトは、平成 23 年度より始まり、これまで、水処理技術（高度処理を除く）、バイオガス回収技術、バイオガス精製技術、バイオガス発電技術、下水汚泥固形燃料化技術、下水熱利用技術（未処理下水の熱利用に限る。）、栄養塩（窒素）除去技術（水処理に係る技術は除く）、栄養塩（りん）除去技術（水処理に係る技術は除く。回収技術を含むことは可。）、バイオマス発電システム技術、管渠マネジメントシステム技術を対象に、国土技術政策総合研究所の委託研究として実証研究を実施してきた。

本ガイドラインで対象とする技術は、表 1-1 に示す管渠マネジメントシステム技術に係る技術であり、学識経験者で構成される「下水道革新的技術実証事業評価委員会」（以下、評価委員会とする）において、「スクリーニング調査技術を適用して管渠調査コスト縮減および調査工期短縮を実現する等、従来技術よりも高機能なシステム技術であり、実証研究が行われた結果、当初の技術開発の目標については一定の成果が得られた」と評価された。

表 1-1 B-DASH プロジェクト（管渠マネジメントシステム）の実証研究の概要

委託研究名	共同研究体名 実証フィールド	実証の概要
展開広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による効率的な管渠マネジメントシステム実証研究	積水化学工業(株)・ (一財)都市技術センター・河内長野市・大阪狭山市共同研究体 大阪狭山市 河内長野市	展開広角カメラ調査技術および衝撃弾性波検査法の調査技術の性能検証（適用範囲，調査精度等）を行い，コスト縮減効果・工期短縮効果等を実証  展開広角カメラ+衝撃弾性波検査法
管口カメラ点検と展開広角カメラ調査及びプロファイリング技術を用いた効率的管渠マネジメントシステム技術実証研究	管清工業(株)・(株)日水コン・八王子市共同研究体 八王子市	管口カメラ調査技術，電気伝導度計を用いた浸入水調査技術，展開広角カメラ調査技術，管路形状プロファイリングシステムおよび傾斜計測調査技術の性能検証（適用範囲，調査精度等）を行い，コスト縮減効果・工期短縮効果等を実証  管口カメラ+展開広角カメラ
高度な画像認識技術を活用した効率的な管路マネジメントシステム技術に関する技術実証研究	船橋市・日本下水道事業団・日本電気(株)共同研究体 船橋市	高度な画像認識技術を活用した調査技術の性能検証（適用範囲，調査精度等）を行い，コスト縮減効果・工期短縮効果等を実証  カメラ ヘッド 車両部：1両目 (駆動モーター等) 車両部：2両目 (バッテリー，通信回路，駆動モーター等) 画像認識型カメラ

第2節 適用範囲

§2 適用範囲

本ガイドラインは、地方公共団体が抱える膨大な管渠ストックを、一定レベルの調査精度を確保しつつ、迅速かつ安価に調査、診断することを目的とした本技術を、下水道管渠の維持管理に導入する際に適用する。

また、本ガイドラインは、下水道管渠の維持管理に関連する下記の事業者等が利用することを想定して策定している。

- (1) 下水道事業者
- (2) 維持管理調査会社・コンサルタント
- (3) 機材メーカー

【解 説】

下水道整備の進展に伴い、平成24年度末の管渠延長は約45万kmにのぼり施設ストックが増大している。布設後50年以上経過した下水道管渠は約1万kmに達し、管渠の老朽化等に起因した道路陥没が年間約4,000箇所発生する等、市民生活にも影響を与える事例が生じている。

各地方公共団体においては予防保全の観点から管渠の調査等を行っているところであるが、膨大な管渠ストックの全てに対して、従来型TVカメラ等における劣化確認調査を実施するには相当な期間と費用が必要となる。限られた予算や時間、人材等の制約下で、予防保全的な維持管理を効率的に行うには、施設の経過年数や埋設条件に基づく老朽化の度合い、事故時の社会的影響度を勘案して、迅速かつ安価に点検・調査、診断の対象施設を絞り込むスクリーニングが有効である。

スクリーニングには、蓄積された維持管理データ（施設台帳、点検履歴、補修履歴、苦情履歴等）を分析し重点的に維持管理する必要がある管渠を選定する机上スクリーニングや、区域内の全管渠を簡易的に一通り調査し、緊急措置の必要な損傷等のある管渠を抽出するスクリーニング調査がある。

本ガイドラインは、後者のスクリーニング調査と、その後に実施する詳細調査を組み合わせた管渠マネジメントシステムの導入を検討する際に適用するものであり、作業員が入れない小口径管渠（管径800mm未満）を対象に実施した各実証研究の成果を踏まえ、老朽化が進む長大な管渠を適切に管理し、ライフサイクルコストの縮減や投資の最適化を図るため、下記の対象者に技術の性能等を明示し、技術の普及展開を図るために策定したものである。

(1) 下水道事業者

地方公共団体等の下水道事業者に対して効率性の高い新たな革新的調査技術の導入を促し、調査実施率の向上を図るとともに、当該技術の導入検討を円滑に行うために資する資料として活用

する。このため、本ガイドラインでは、下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要、導入効果に関する技術的事項についてとりまとめている。

(2) 維持管理調査会社・コンサルタント

本技術の導入にあたっての維持管理調査会社の技能習得を促すための資料とする。また、下水道長寿命化支援制度の創設による長寿命化計画の策定や包括的民間委託方式の導入等により、下水道管渠維持管理分野におけるコンサルタントの役割も重要になってきている。このため、効率的な管渠調査のための調査計画立案や最適な調査方法の選定に資する資料とするため、現場における調査手順やその方法等についてとりまとめている。

(3) 機材メーカー

管渠調査機材メーカーに対して今後の機材開発の促進に寄与する資料とする。

このため、本ガイドラインでは、新たな機材開発を検討する際の参考となるように、今回実証研究した技術の性能等を示す諸元および導入効果を明示するとともに、性能等を評価するための検証項目と検証方法、技術の導入効果の検証方法等を示している。

第3節 ガイドラインの構成

§3 ガイドラインの構成

本ガイドラインは、下水道の管渠マネジメントシステム技術の目的、概要、構成技術の性能等の諸元、構成技術の調査方法、導入効果等から構成される。

【解 説】

本ガイドラインは、図 1-1 に示す構成からなる。

第1章から第3章までは管渠マネジメントシステム技術の目的、概要、構成技術の性能等の諸元の定義を示し、第4章から第6章については、構成技術の調査方法、必要性能、実証結果、導入効果について記述する。

(1) 第1章 総則

目的、適用範囲、ガイドラインの構成、用語の定義について記述している。

(2) 第2章 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の概要

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に関する概要、構成技術とその特徴、管渠マネジメントシステム技術の運用フローについて整理している。

(3) 第3章 管渠マネジメントシステム技術の諸元

管渠マネジメントシステム技術の性能等を示す性能諸元および現場諸元等の定義を整理している。

(4) 第4章 スクリーニング調査技術

今回実証したスクリーニング調査技術の概要と特徴、スクリーニング調査方法と異常診断・報告書作成方法等ならびに各技術の諸元を整理している。

(5) 第5章 詳細調査技術

今回実証した詳細調査技術の概要と特徴、詳細調査方法と異常診断・報告書作成方法等ならびに各技術の諸元を整理している。

(6) 第6章 管渠マネジメントシステム技術の導入効果

各管渠マネジメントシステム技術の導入効果を把握するために、共通のモデルフィールドを設定し、実証研究で得られた技術の諸元（第4章、第5章参照）を踏まえて、3つの共通指標（①緊急度適合率、②日進量向上率、③コスト効率）を算出している。

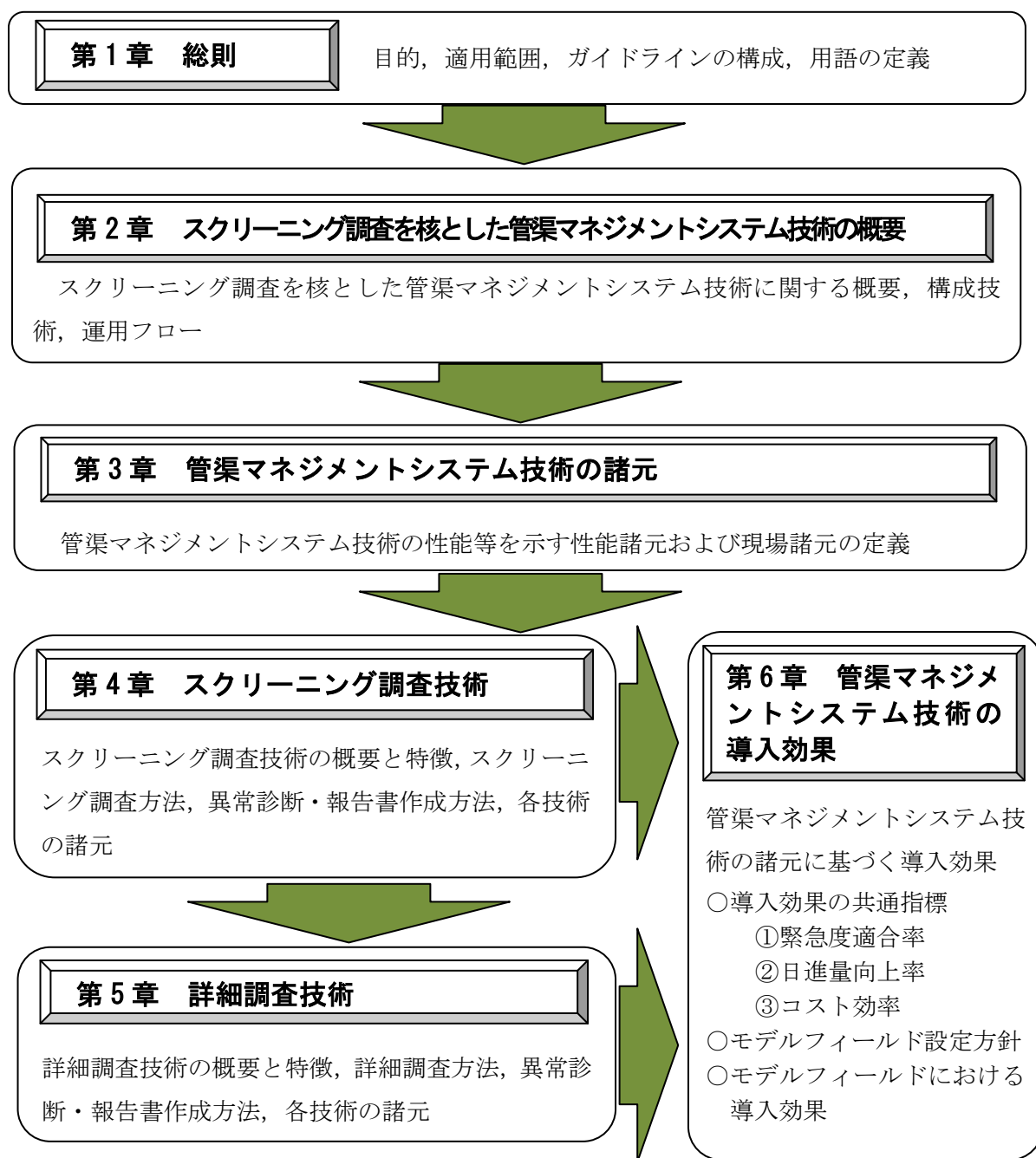


図 1-1 本ガイドラインの構成

第4節 用語の定義

§4 用語の定義

本ガイドラインで扱う用語は、以下に示す通り定義する。なお、下水道施設の基本的な用語については、「下水道維持管理指針 2003 年版」((社) 日本下水道協会)、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案) 平成 25 年 6 月」((公社) 日本下水道協会)、「下水道用語集 2000 年版」((社) 日本下水道協会)に準拠する。

(1) 管渠マネジメントシステム

下水道管渠を適切に管理するための「調査計画の策定→巡視・点検→管内調査→改築(長寿命化), 修繕→対策実施→調査計画への反映」といった一連の流れ(PDCA)を管理するためのシステムを指す。

(2) 管渠マネジメントシステム技術

管渠マネジメントシステムの運用を支援する技術。本ガイドラインでは, 管渠マネジメントシステムフローのうち, 管内調査に用いるスクリーニング調査技術, 詳細調査技術および各調査の精度をさらに向上し補完する追加調査技術を対象にする。

(3) スクリーニング調査

本ガイドラインで扱うスクリーニング調査は, 日常的な維持管理(巡視・点検→異常発見→詳細調査→緊急措置)とは別に実施される計画的な管内調査の一環として実施する調査で, 致命的な損傷の発見や詳細調査を必要とする箇所を絞り込むを行うことを目的とした調査を指す。

(4) スクリーニング調査技術

「(2) 管渠マネジメントシステム技術」を構成する技術のうち, 詳細調査の対象を絞り込むスクリーニングのための技術である。広範囲の管渠を, 迅速, 安価, 効率的に調査するため, 詳細調査ほどの調査精度は求めず, 調査前の洗浄等の前処理も極力実施しない。また, 機器が走行できない場合等を除き, 基本的に水替え等の止水対策は行わない。

(5) 詳細調査

点検やスクリーニング調査によって発見された異常を, 視覚診断をはじめとする各種技術で把握し, 異常の程度を見極めて, 改築, 修繕等の対策につなげる調査を指す。詳細調査のための技術として(6)に示す詳細調査技術と(7)に示す追加調査技術がある。

(6) 詳細調査技術

管内の構造的異常や機能的異常の程度を詳細に判定するための技術である。作業員が入れない小口径管渠（管径 800mm 未満）では、画角が小さく、カメラヘッドを上下左右に振ることによって側視を行う必要のある自走式 TV カメラ（本ガイドラインでは、「従来型 TV カメラ」という）がこれまで一般的に使用されてきた。

本ガイドラインでは、「(2) 管渠マネジメントシステム技術」を構成する技術のうち、スクリーニング調査によって絞り込まれた管渠に対して、さらに詳細に異常の程度を把握するために実施する技術を指す。なお、詳細調査は通常、管渠を洗浄した後に実施する。また、基本的には、水替え等で下水が流れていない状態にすることが望ましい。

(7) 追加調査技術

従来型 TV カメラによる詳細調査だけでは確認できない異常の把握や、特定の異常項目等の計測を目的に、本来の詳細調査に追加して実施する技術。調査の効率性や調査精度の向上、適切な改築・修繕工法選定のためのデータ取得を行う。

(8) 従来型 TV カメラ

これまで詳細調査に一般的に使用されてきた技術。作業員が入れない小口径管等において、自走式の TV カメラを地上からの遠隔操作により走行させ、管内の異常箇所を 1 箇所ずつ確認し、異常の程度を把握する。本ガイドラインにおける従来型 TV カメラの性能（コンクリート管の場合）は日進量 300m/日、調査コスト約 1000 円/m（直接作業費ベース）を標準としている。

(9) TV カメラ

従来型 TV カメラやスクリーニング調査、詳細調査および追加調査で用いる TV カメラの総称。

(10) 異常確認精度

管渠マネジメントシステム技術による「確認可能な異常項目とランク」の確認精度であり、「検出率」と「適合率」により示される。

(11) 検出率

従来型 TV カメラ調査による判定結果（箇所数）に対して、スクリーニング調査技術あるいは詳細調査技術を用いた調査による判定結果において、異常発生位置および異常項目が一致した割合。スクリーニング検出率と詳細調査検出率があり、算出の方法は、§ 13 を参照されたい。

(12) 適合率

従来型 TV カメラ調査による判定結果（箇所数）に対して、スクリーニング調査技術あるいは

詳細調査技術を用いた調査による判定結果において、異常発生位置、異常項目および異常ランクが一致した割合。スクリーニング適合率と詳細調査適合率があり、算出の方法は、§ 13 を参照されたい。

(13) 緊急度適合率

緊急度適合率とは、調査実施後の改築・修繕の対応を決定するために必要な調査精度を表す指標である。実際に発生した（＝従来型 TV カメラで確認された）緊急度Ⅰおよび緊急度Ⅱのスパン数に対し、管渠マネジメントシステム技術（スクリーニング調査＋詳細調査）による調査を完了した時点で緊急度ランクを「正しく判定することができた」スパン数の割合を表す。ここで「正しく判定した」とは、従来型 TV カメラ調査により緊急度ⅠまたはⅡと判定したスパンに対して、管渠マネジメントシステム技術においても緊急度ⅠまたはⅡと判定したことを指す。算定の方法は、§ 55 を参照されたい。

(14) 日進量向上率

従来型 TV カメラ調査の日進量に対する管渠マネジメント技術の日進量の向上割合を示す指標。算定の方法は、§ 55 を参照されたい。

(15) コスト効率

従来型 TV カメラの 1m あたり単価に対する管渠マネジメントシステム技術による 1m あたり単価のコスト縮減効果を示す指標。算定の方法は、§ 55 を参照されたい。

第2章 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の概要

第1節 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の概要

§5 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の概要

下水道の役割を踏まえて持続的な下水道事業の実施を図るため、明確な目標を定め、膨大な施設の状況を客観的に把握、評価し、中長期的な施設の状態を予測しながら、下水道施設を計画かつ効率的に管理するストックマネジメントの導入が進んでいる。

本技術は、ストックマネジメントの実践において有効な技術であり、管渠マネジメントシステムの核心部分である管内調査に、スクリーニング調査技術と詳細調査技術を位置づけ、これを導入することにより低コストかつ迅速に下水道管渠の異常判定および緊急度判定を行い、下水道管渠の維持管理コストの低減および調査の効率化を図るものである。

- (1) 本技術のストックマネジメントに対する位置づけ
- (2) 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の考え方

【解説】

(1) 本技術のストックマネジメントに対する位置づけ

下水道事業におけるストックマネジメントは、目標とする明確なサービス水準を定め、下水道システムの全施設を対象として、その状態を点検・調査等によって客観的に把握、評価し、中長期的な施設の状態を予測しながら、維持管理、改築・更新を一体的に捉えて下水道施設を計画的かつ効率的に管理するものである。

下水道管渠におけるストックマネジメントは、管渠マネジメントシステムにおける PDCA サイクル「調査計画の策定→巡視・点検→管内調査（スクリーニング調査→詳細調査）→改築（長寿命化）・修繕計画策定→対策実施→調査計画の見直し」を運用していく管理手法であるが、その際には管内調査等において異常の進行状況を的確に把握し、改築計画の立案や最適な調査頻度を取り決めることが重要となる。PDCA サイクルを効率的に運用するには、得られた点検・調査データを蓄積・管理しつつ、異常の傾向を分析し、調査計画の見直しに利活用（フィードバック）することも重要である（点検・調査データの蓄積・管理のためのデータ管理技術について参考資料編Ⅲを参照）。

管内調査には従来、自走式 TV カメラが用いられてきたが、現場において作業員が撮影から異常判定、ビデオ編集までを行うことから、現場での拘束時間も長くなり、日進量、調査コスト等の面で課題が指摘されてきた。また、管渠のストックは膨大であり、異常箇所の少ない管渠（腐

食環境にない、経過年数が短い等の管渠）等を含めた全ての管渠に対し、従来型 TV カメラ調査を実施すると、維持管理指針等で定められた標準的な頻度では調査を実施することができないのが現状である。管渠に起因する事故を予防し、ライフサイクルコストを縮減するため、管内をより効率的に調査できる手法が求められている。

本技術は、管渠マネジメントシステムの核心部分である管内調査においてスクリーニング調査を核とした調査技術を導入することにより、低コストかつ迅速に管渠の異常判定および緊急度判定を行い、下水道管渠の維持管理コストの縮減および調査の効率化を図るものである。

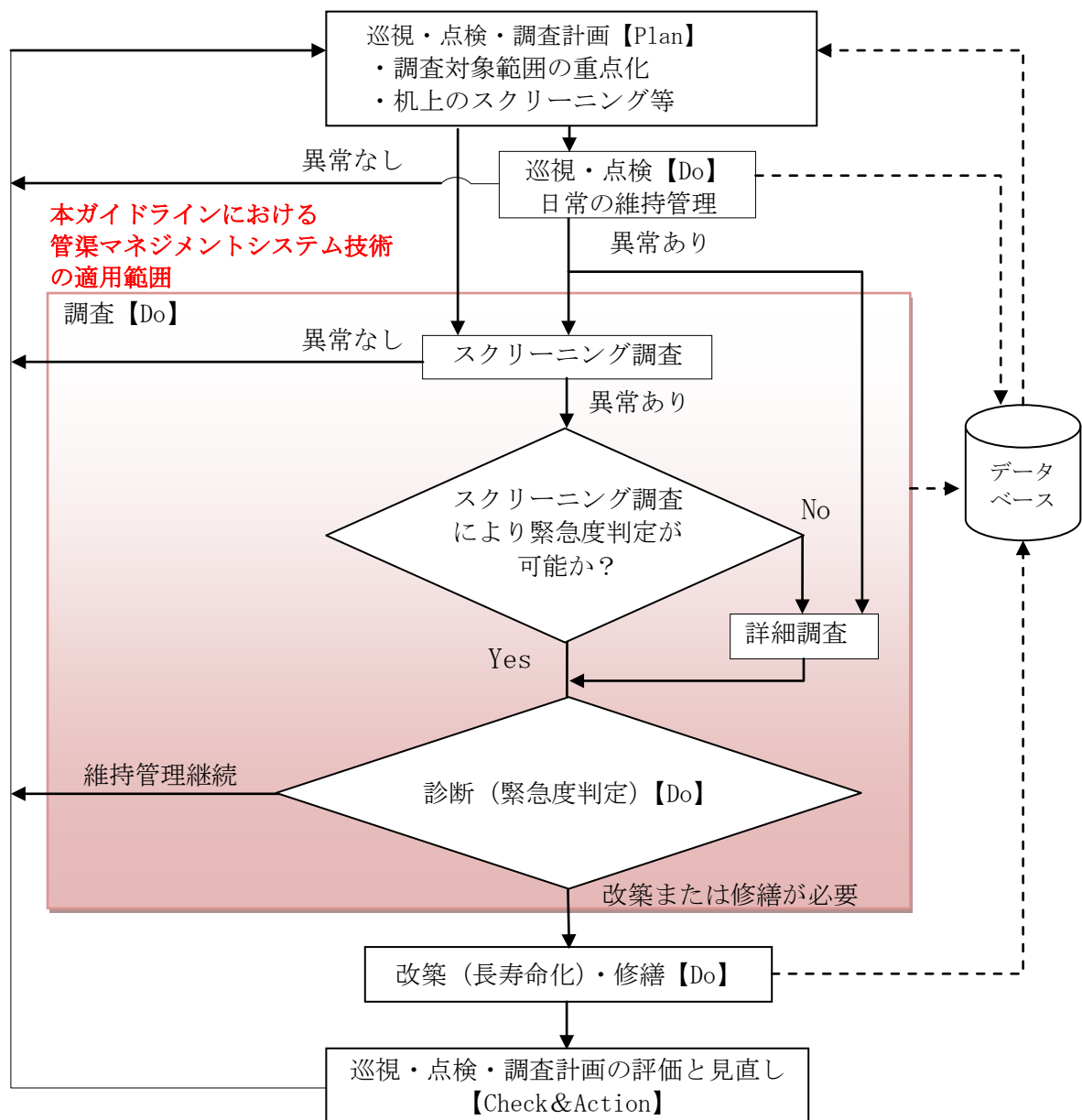


図 2-1 巡視・点検・調査および診断・対策のフロー

出典：「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」平成 25 年 6 月（公社）日本下水道協会の図-1.1 を編集

(2) 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の考え方

管渠マネジメントシステム技術は、「スクリーニング調査技術」と「詳細調査技術」、および各調査の精度をさらに向上し補完する「追加調査技術」で構成される。巡視・点検、調査で用いられる本技術の体系図を図 2-2 に示す。

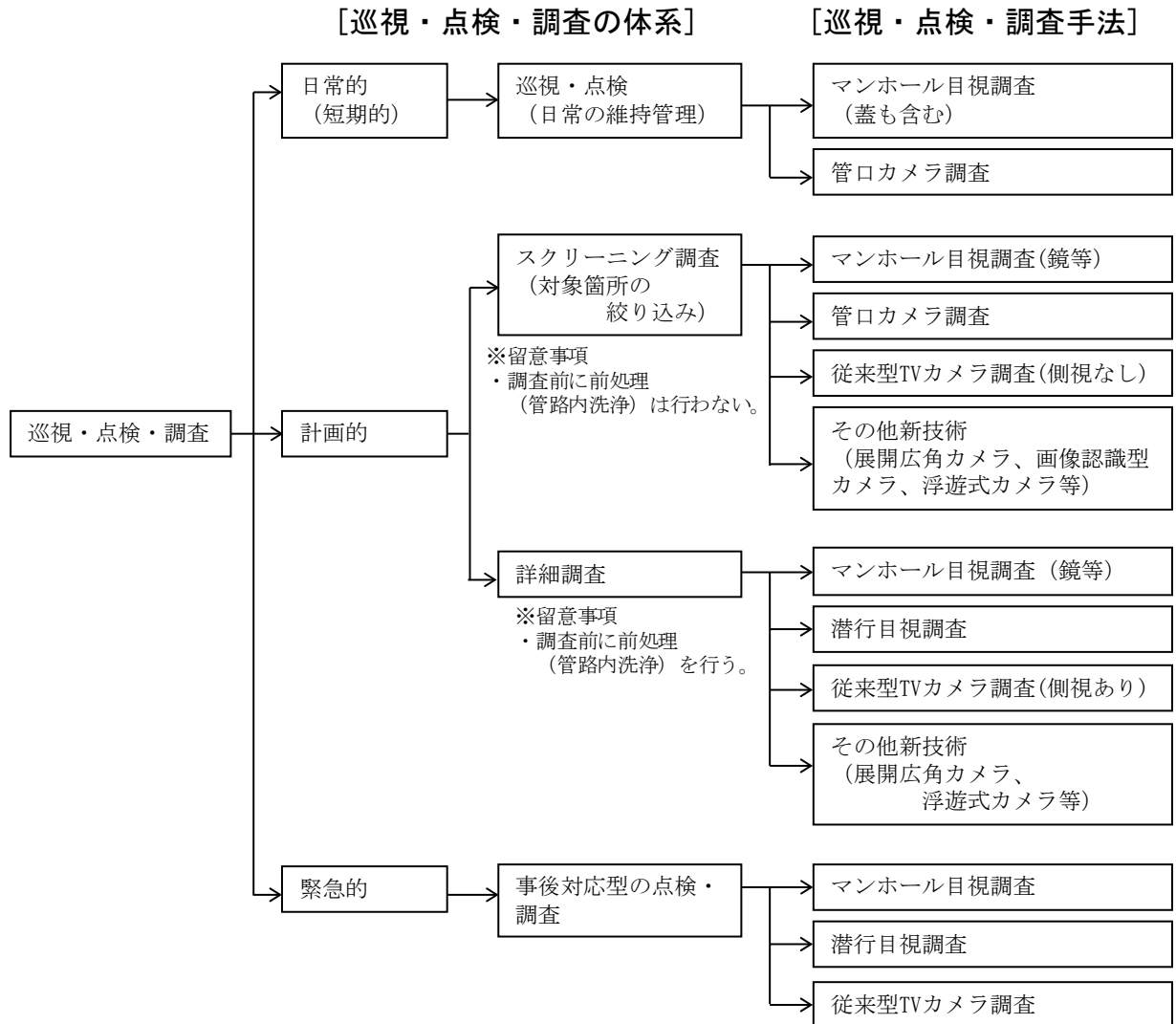


図 2-2 巡視・点検・調査手法の体系分類図 (案)

出典：「下水道管路施設の点検・調査マニュアル (案)」平成 25 年 6 月 (公社) 日本下水道協会の図-1.5 を編集

スクリーニングには、蓄積された維持管理データ（施設台帳、点検履歴、補修履歴、苦情履歴等）を分析し重点的に維持管理する必要のある管渠を選定する机上スクリーニングや、区域内の全管渠を簡易的に一通り調査し、致命的な損傷等のある管渠を抽出するスクリーニング調査がある。図 2-3 に、不具合箇所の発見に向けた絞り込みのイメージを示す。

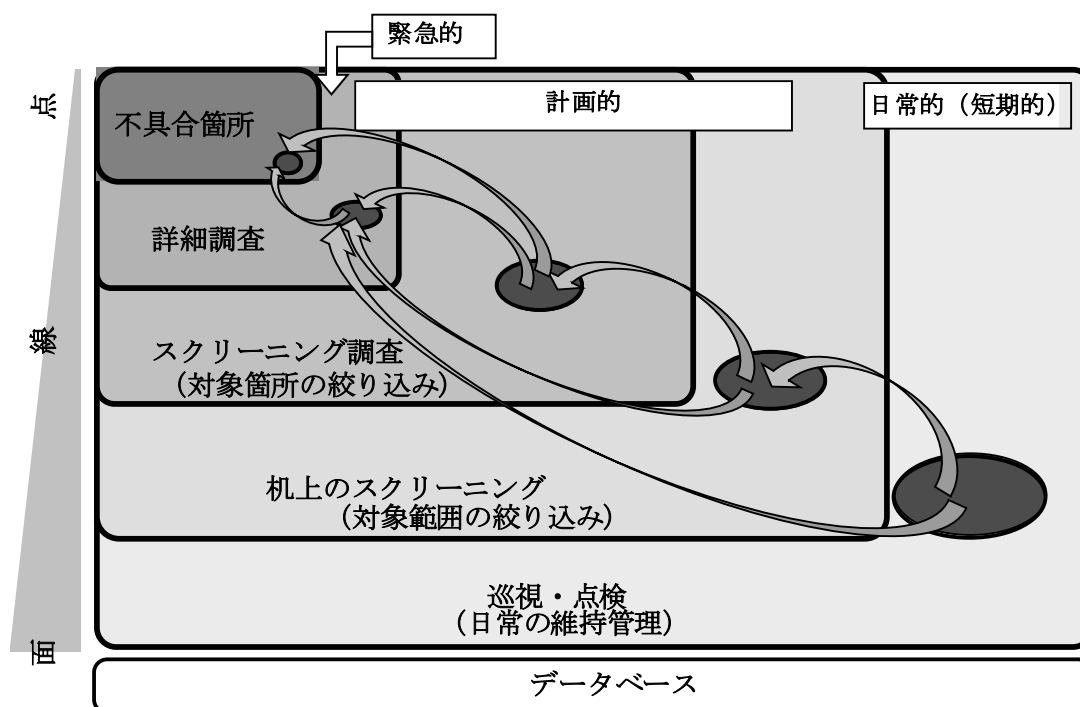
本ガイドラインでは、後者のスクリーニング調査を対象とするものであり、管渠が布設されている全区域あるいは机上スクリーニングで絞り込まれた調査重点対象区域から緊急性の高い箇

所を発見し、さらに詳細調査や追加調査の調査対象を絞り込むことを目的としている。このため、スクリーニング調査技術には、適切な精度で迅速、かつ安価に管内の構造的異常や機能的異常が概観できる性能が求められる。スクリーニング調査技術に求められる技術的特徴は、§6を参照されたい。

スクリーニング調査と組み合わせて実施する詳細調査は、スクリーニング調査で絞り込まれた管渠に対して、その後の対応方法（改築・修繕）を判断するための情報収集を目的として実施するものであり、詳細調査技術には、管渠の構造的異常、機能的異常の程度を詳細にかつ定量的に把握する性能が求められる。

追加調査技術は、従来型 TV カメラ調査、本ガイドラインで取り扱う詳細調査の調査精度をさらに向上させる場合や、従来型 TV カメラ調査技術では確認できない異常項目を高い精度で調査する場合に使用するものである。

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の導入により、従来の調査方法と比較し、より効率的な管渠の予防保全のための維持管理の推進と適切な改築・修繕の実施を図るとともに、ライフサイクルコストの低減や投資の最適化を図り、システム全体として下水道管渠の効率的なマネジメントを実現することが期待される。



※下水道管理者が保有するストックの状況や「巡視・点検・調査」の対象範囲等によって各フェーズの優先度が異なる。
また、実施しないフェーズもあり得る。

図 2-3 不具合箇所の発見に向けた巡視・点検・調査の絞り込みイメージ

出典：「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」平成 25 年 6 月（公社）日本下水道協会

の図-1.4 を一部修正

第2節 スクリーニング調査技術の概要

§6 スクリーニング調査技術の概要

スクリーニング調査技術は、広範囲にわたる管渠を迅速に調査し、緊急的対応に必要な異常の発見、詳細調査の対象箇所を絞り込むことを目的としている。迅速性を重視していることから調査前の洗浄等の事前措置は極力実施しない。

- (1) スクリーニング調査の特徴
- (2) 本ガイドラインで扱うスクリーニング調査技術の概要

【解 説】

(1) スクリーニング調査の特徴

スクリーニング調査は、広範囲にわたる管渠を迅速に調査し、緊急的対応に必要な異常の発見、詳細調査の対象箇所を絞り込むことを目的として実施するもので、下記の特徴を有するものとする。なお、ここに示す特徴は、本ガイドラインで取り扱う技術をベースに整理したものであり、今後の技術革新によっては、これらの特徴の枠に収まらない技術が開発されることも想定される。

1) 広範囲の管渠を迅速、安価に調査する

スクリーニング調査は、地方公共団体の厳しい財政状況下において、膨大な管渠ストック全てを詳細に調査することが難しい現状を踏まえて、詳細調査の対象箇所や緊急的な措置を講じべき箇所を絞り込むことを目的として実施する。このことから、従来から実施されてきた調査手法（例えば従来型 TV カメラ調査）よりも迅速かつ安価に調査する必要がある。

2) 中度以上の異常有無を見つける

膨大な管渠ストックの中から詳細調査の対象箇所を絞り込むためには、健全あるいは損傷度合いの小さい「経過観察」か、補修や改築等の何らかの「早急な措置が必要」かを判別する必要がある。

異常の判定の程度は、以下の例示のようにスクリーニング調査技術によって異なる。「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」の視覚判定基準の判定結果に基づく緊急度ⅠまたはⅡの判定が可能な技術、異常の有無のみを確認できる技術等があり、必ずしも異常のランク判定まで可能な性能を要するものではない。また、確認できる異常項目（腐食、クラック、継手ズレ、浸入水等）や精度等も技術により異なる。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 例) 緊急度ⅠまたはⅡの判定が可能な技術 | ・・・展開広角カメラ、画像認識型カメラ等 |
| 異常の有無のみを確認できる技術 | ・・・管口カメラ等 |

3) 調査前の洗浄等の事前措置は極力実施しない

詳細調査は、管内を洗浄後に従来型 TV カメラ等により目視調査を行うことが一般的であるが、調査時間が長くなることによって周辺交通に影響を及ぼすことが懸念され、また、洗浄費用を要する。スクリーニング調査の目的や技術の特徴である 1) と 2) を踏まえると、洗浄等の措置は必ずしも必要ではなく、極力省略することが望ましい。よって、スクリーニング調査技術においては、未洗浄の管渠を対象に調査を実施することを基本とする。また、機器が走行できない場合等を除き、基本的に水替え等の止水対策は行わない。

また、管渠の日常管理（巡視・点検）を適切に実施していれば、浚渫等の対策が行われ、管内の堆積物が概ね管径の 20% 以上になることは少ない「下水道維持管理指針前編-2003 年版-」（（社）日本下水道協会）と考えられるが、現状においては、巡視・点検の実施率が低いことが想定される。実証研究を行ったフィールドでも、管径に対し 20～30% 程度の堆積深の堆積物が存在した箇所がみられた。このため、スクリーニング調査時には、管径に対し 30% 程度の堆積深の堆積物が存在することを想定しておく必要があると考え、走行型のスクリーニング調査機材においては、概ね管径の 30% 程度の高さの堆積物がある状態でも管内を走行可能な性能（走破性）を有することが望ましい。

なお、スクリーニング調査中に想定以上の堆積物や異物に遭遇し、それらを除去する必要がある場合や、巡視点検とスクリーニング調査を同時に実施することが効率的な場合も想定されることから、必要に応じて堆積物や異物を除去した後に再度スクリーニング調査を実施することを妨げるものではない。

(2) 本ガイドラインで扱うスクリーニング調査技術の概要

本ガイドラインで扱う実証研究で評価したスクリーニング調査技術の特徴と分類を表 2-1 に取りまとめる。

なお、電気伝導度計は、浸入水を検出することによって、浸入水発生区域を絞り込む技術であるが、本ガイドラインで扱うスクリーニング調査は、区域内の全管渠を簡易的に一通り調査し、致命的な損傷等のある管渠を抽出する技術と定義していることから、絞り込みの程度が区域単位となる電気伝導度計は参考技術の扱いとし、参考資料編Ⅲに記載した。

表 2-1 実証したスクリーニング調査技術の特徴と分類

分類		調査方式	スクリーニング調査対象	特 徴
スクリーニング調査技術	展開広角カメラ	走行型	スパン	- 管内を停止することなく走行，撮影 - 撮影画像を事務所等に持ち帰り展開図化し異常の程度を判定。現場での拘束時間短縮，判定作業の軽減が可能 - 管 1 本ごとの異常を把握し，スパン全体の緊急度を判定 - 緊急度判定が可能であり，詳細調査を必須としない - 管径の 2～3 割の土砂堆積を乗り越える走行性能を有する
	管口カメラ	固定型	スパン	- 作業員がマンホールに入らずに調査が可能 - 管口付近での発生確率が高い異常の効率的な把握が可能 - 緊急度判定を行うためには詳細調査が必要 - 視認可能範囲外の不具合を見落とす恐れがある
	画像認識型カメラ	走行型	スパン	- 管内を停止することなく走行，撮影 - 撮影画像を事務所等に持ち帰り展開図化し異常の程度を判定。現場での拘束時間短縮，判定作業の軽減が可能 - 管 1 本ごとの異常を把握し，スパン全体の緊急度を判定 - 異常発生箇所を自動検出し，判定者の労力を大幅に軽減 - 緊急度判定が可能であり，詳細調査を必須としない - 管内堆積の影響を受けやすい（特に小口径管の場合）
	電気伝導度計 (参考資料編Ⅲを参照)	固定型	区域	- 電気伝導度の変化傾向をもとに浸入水の区域を絞り込む - 区域の絞り込みを対象としたスクリーニングであり，スパンの特定までは困難 - 地下水や汚水の電気伝導度は地域特性があるため，統一された判定基準が設定できず相対評価にとどまる

※走行型：調査機材がスパン内を通過し，異常の有無を発見する。

※固定型：調査機材をマンホール等に固定し，スパン内を見通す。

1) 未洗浄の管渠をノンストップで調査する展開広角カメラ

展開広角カメラは画角 190 度の広角レンズを搭載している TV カメラ機器であり、本調査機器の管内走行と同時に管内の展開画像を作成することから、管壁面の状況を容易に把握することが可能である。このため、現場作業において管壁の側視調査が不要であり、かつ異常診断を室内作業にて実施できる。また、実証研究で用いた展開広角カメラは、走行において堆積深が管径の 20～30%程度であれば、未洗浄管渠を停止することなく走行することができる。これらより、展開広角カメラによるスクリーニング調査では、現場における作業時間を大幅に短縮することができる。

実証研究の結果から、スクリーニング調査に用いる展開広角カメラとして必要な性能を有している機器として（必要な性能は § 21 を参照）展開広角カメラの外観を図 2-4 に示す。

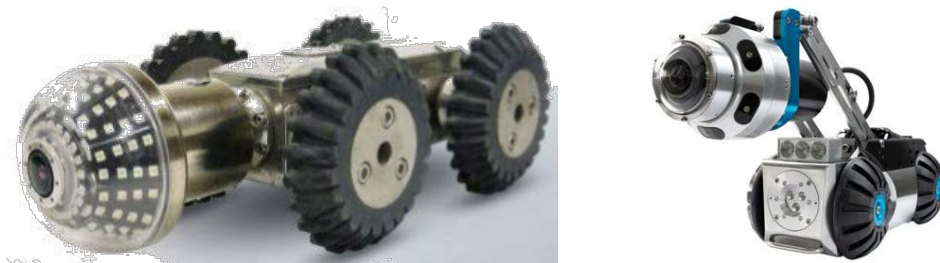


図 2-4 展開広角カメラの外観

展開広角カメラ（スクリーニング調査）の特徴は以下のようにまとめられる。

①側視調査が不要

展開広角カメラを用いることで展開画像を作成することができ、側視による継手部および異常箇所の詳細確認を実施しなくても、管内状況を把握することができる。そのため、側視に伴う機器の停止が不要となり、日進量を大幅に向上させることが可能である。

②現場での異常診断が不要

展開広角カメラを用いることで展開画像を作成することができ、調査後の展開画像上での異常確認を行うことから、現場での異常診断が不要である。

③未洗浄管渠の走行

スクリーニング調査に使用する展開広角カメラは、堆積物の乗り越え性能を確保するために、走破性を高めるタイヤを装着するとともに、カメラヘッドが上下に移動できる構造を有している。乗り越えられる堆積深は、概ね管径の 20～30%である。なお、走行不可能となる場合は、支障物の撤去や浚渫作業が必要となる場合があり、この場合、調査業務の契約変更又は別途作業の発注等が必要となる。また、スクリーニング調査に使用する展開広角カメラは、照度の調

整が可能であり、調査中に画像バランスを調整する。この照度調整を行うことで、管壁の汚れが原因の照り返しによる異常の見落としを低減できる。

2) 致命的損傷を発見する管口カメラ

管口カメラは、伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトを取り付けた機材である。調査の際は、機器を地上からマンホール内に挿入し、調査員が手元のモニターを見ながらズーム機能を使って管内を撮影する。管内走行しないため、日進量を飛躍的に向上させることができる。管口カメラの外観を図 2-5 に示す。



図 2-5 管口カメラの外観

管口カメラの特徴は以下のようにまとめられる。

①管内走行を行わない

管口カメラは、地上部であるマンホールからの管内調査であるため、従来型 TV カメラ調査と異なり管内走行は行わない。このため、日進量を大幅に増加させることが可能である。また、土砂等の堆積による日進量への影響を受けない。

②マンホール内への立ち入りが不要

調査員がマンホールや管内に立ち入る必要がないため、酸欠等の事故、落下事故等の恐れが少なく、マンホール内の昇降が困難な場所でも調査が可能となり、安全面で大きな利点がある。

③簡易な操作性，高い携行性

機器はコンパクトで可搬性に優れ，操作も簡単であり，短時間で現地調査を完了できる。狭い調査区域であれば，自動車を使わない徒歩による移動での調査も可能である。

3) 異常箇所を自動検出する画像認識型カメラ

画像認識型カメラは，カメラヘッドを装着した車両と電源を内蔵した車両の2両編成から構成されるTVカメラ機器である。カメラヘッドは画像処理用に特化した7つの小型カメラ（前方ステレオカメラ：2個，周囲カメラ：4個，後方カメラ：1個）のほか，LED照明を搭載する。車両の2両目にはバッテリーが搭載されており，電源を有線で供給する必要が無く従来よりも細く軽いケーブルを使用できるため，長距離（直線の場合）の走行が可能である。画像認識型カメラの外観を図2-6に示す。

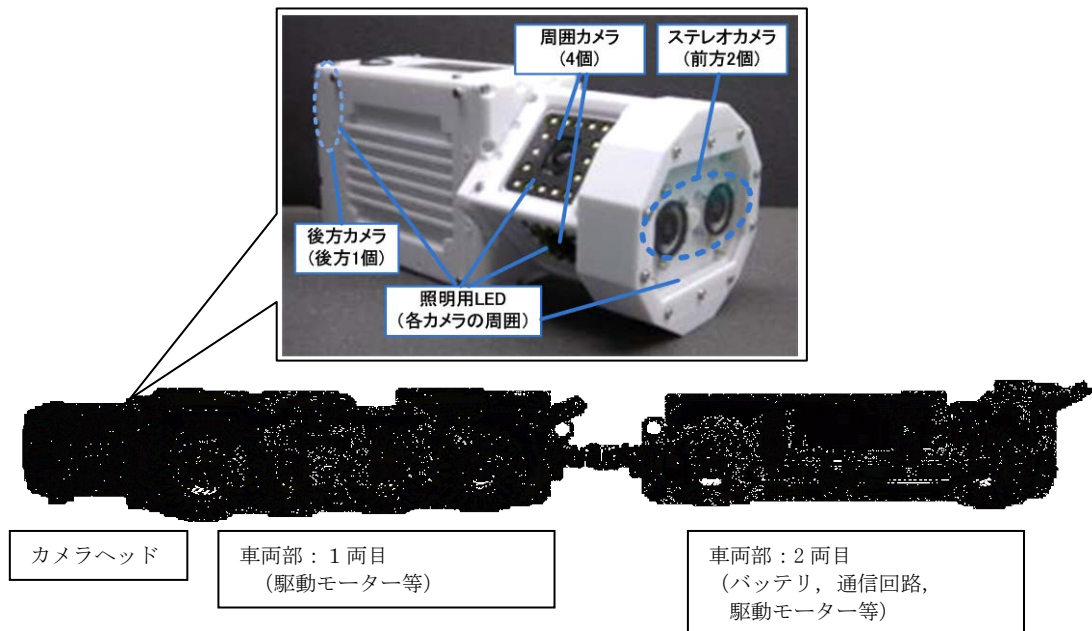


図 2-6 画像認識型カメラの外観

画像認識型カメラの特徴は以下のようにまとめられる。

①側視調査が不要

画像処理用に設置された7つの小型カメラ（前方ステレオカメラ：2個，周囲カメラ：4個，後方カメラ：1個）により，前方および全周囲を漏れなく撮影できる。撮影した画像は，展開図化が可能であり，側視による異常箇所の詳細確認を実施しなくても，管内状況を把握することができる。また，継手や異常箇所ごとに機器を停止（側視）する必要がないため，日進量を大幅に向上させることが可能である。

②現地での異常診断が不要

現地の撮影画像を持ち帰ってから専用ソフトによる異常箇所の自動検出を経て判定者による異常診断を行うことから、現場での異常診断が不要である。

③内蔵電源に伴うケーブルの軽量化により長距離調査が可能

画像認識型カメラは、電源を TV カメラ側に搭載（従来型 TV カメラはオペレータ用車両より電送ケーブルにて送電）している。さらに、DSL 信号線で映像・操作コマンド等の情報を一括してデジタル信号でやり取りすることから、ケーブルは DSL 信号線および補強のための線材のみでよい。また、DSL 方式を採用することで遠距離の通信が可能となる。このため、従来よりも細く・軽いケーブルで、長距離となってもカメラを操作させることができる。

屈曲部や段差のない直線の管渠（堆積物なし）であれば、500m程度を1度の走行で調査が可能であり、堆積深が20%以下であれば、概ね走行が可能な走破性を有する。

④画像認識技術

画像取得・マシンラーニング（機械学習）による一般画像認識技術を用いた不具合検出アルゴリズムにより、管内の異常箇所を自動的に判別し検出することができる。

具体的には、予め収集した管内の異常・正常箇所の画像を教師データとし、機械学習により検出ソフトウェアの動作を調整する。この検出ソフトウェアは画像を入力とし欠陥のカテゴリ（クラック・腐食等）を出力とするものであり、例えば、模様の連続性（例：クラックと継手の違い）や模様の荒さ（例：汚れと木根の違い）等といった様々な画像上の特徴のどれに着目して識別を行うかを機械学習により自動的に選別することで、出力されるカテゴリの精度が高くなる。

なお、異常診断においては、自動検出された箇所のみを室内において判定者がパソコンモニター越しに異常項目および異常程度の判定（ランク a, b の判定）を行う。報告書作成も自動化されており、従来型 TV カメラの現場での異常診断および内業における報告書作成に要した労力および時間を大幅に軽減できる。

第3節 詳細調査技術および追加調査技術の概要

§7 詳細調査技術および追加調査技術の概要

詳細調査技術は、点検やスクリーニング調査によって発見された異常箇所をさらに詳細に調査し、異常の程度を見極めて、改築、修繕等の対策につなげる技術である。また追加調査技術は従来型 TV カメラ等の詳細調査に追加して実施することで、調査の効率性や調査精度を向上させることや、従来型 TV カメラ調査では確認できない異常項目を把握することを目的とした技術である。

- (1) 詳細調査の特徴
- (2) 本ガイドラインで扱う詳細調査技術の概要
- (3) 本ガイドラインで扱う追加調査技術の概要

【解 説】

(1) 詳細調査の特徴

詳細調査は、点検やスクリーニング調査によって発見された異常を、視覚調査をはじめとする各種調査で把握し、異常の程度を見極めて、改築、修繕等の対策につなげるために実施する。

詳細調査のための技術として本ガイドラインでは、スクリーニング調査によって抽出された管渠に対して、改築や修繕の必要性を判断するために、①従来型 TV カメラ調査技術と同等の精度で、下水道管渠の構造的異常や機能的異常の程度を定量化し緊急度を判定する詳細調査技術と、②従来型 TV カメラによる詳細調査だけでは確認できない異常の把握や、特定の異常項目を高い精度で計測することを目的にしている追加調査技術がある。

それぞれの特徴は以下のように整理できる。

1) 詳細調査技術の特徴

詳細調査技術は、異常の項目と異常の程度の判定および緊急度判定を実施し、改築（長寿命化）・修繕等の必要性を判断することを目的とする。このため、下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）に記載されている視覚判定基準に基づく異常の項目および程度が正しく判定できる性能を有する必要がある。詳細調査は通常、管渠を洗浄した後に実施する。また基本的には水替え等で下水が流れていない状態にすることが望ましい。

なお、現状として、管内の構造的異常や機能的異常の程度を詳細に判定するための技術としては、従来型 TV カメラ（作業員が入れない小口径管等において、洗浄した管内を自走式の TV カメラを地上からの遠隔操作により走行させ、管内の異常箇所を1箇所ずつ確認し、異常の程度を把握する技術）が一般的に使用されている。よって、本ガイドラインにおいては、詳細調査技術の比較対象を従来型 TV カメラとした。従来型 TV カメラの標準性能は下記の通りとしている。

日進量	: コンクリート管の場合 300m/日 (陶管の場合は 180m/日)
調査コスト	: コンクリート管の場合約 1,000 円/m (直接作業費ベース・洗浄費約 250 円/m込み)
確認できる異常項目	: 10 項目 (腐食, たるみ, 破損, クラック, 継手ズレ, 浸入水, 取付管突出し, 油脂付着, 樹木根侵入, モルタル付着)
確認精度	: 視覚判定基準に基づく判定表のランク a, b, c が判別可能
必要な専門技術性	: 異常診断に関する経験および知識を要する (下水道管路管理技士等)

2) 追加調査技術の特徴

効率的かつ経済的に改築事業を促進していくには、改築事業量の増加や管更生工法等の長寿命化技術の進歩等を踏まえて、管内の劣化状態を、より詳細に把握し、適切な改築工法を選定することができる技術が重要である。また、硫化水素による腐食が原因の道路陥没事故等の予防保全や、全国の布設延長の半分を占める塩ビ管の劣化状況把握のために、従来型 TV カメラの調査結果だけでは正確に分からない管の残存耐荷力の把握や塩ビ管の偏平・変形といった新たな異常項目への対応も求められている。

追加調査技術は、このような要請に対応するため、従来型 TV カメラだけでは確認できない異常の把握や、特定の異常項目等の精緻な計測を目的に、詳細調査に追加して実施する技術である。これにより、調査の効率性や調査精度の向上、適切な改築・修繕工法の選定への活用が期待できる。

(2) 本ガイドラインで扱う詳細調査技術の概要

本ガイドラインで扱う実証研究で評価した詳細調査技術の特徴と分類を，表 2-2 に取りまとめる。

表 2-2 実証した詳細調査技術の特徴と分類

分類		調査目的と調査項目	特徴
詳細調査技術	展開広角カメラ	【調査目的】 ・改築（長寿命化）・修繕の可否を判断 【調査項目】 ・異常 10 項目における異常の程度判定	・継手部を側視することなく走行，撮影 ・撮影画像は，展開図化し異常の程度を判定 ・判定作業の軽減が可能 ・管 1 本ごとの異常を把握し，スパン全体の緊急度を判定

1) 継手ごとの側視不要の展開広角カメラ

展開広角カメラは、広角レンズ（画角 190 度）を搭載している TV カメラ機器であり、走行しながら管内の展開画像を作成することができ、管壁面の状況を容易に把握することができる。従来型 TV カメラ調査で行っている側視による継手部の管壁確認等が不要で、展開画像を見ながら異常の程度の診断を実施することから、現場での日進量を向上させることができる。詳細調査に使用される展開広角カメラの外観を図 2-7 に示す。



図 2-7 展開広角カメラの外観

展開広角カメラの基本的な特徴は、スクリーニング調査として用いる場合と同様（§6（2）1）を参照）であるが、詳細調査に用いた機器の特徴としては、以下のようにまとめられる。

①管渠の展開画像作成

走行と同時に管内の展開画像を作成することで、管壁面の状況を容易に把握することができる。このため、従来型 TV カメラ調査で行っている継手ごとの側視が不要となり、日進量を飛躍的に向上させることができる（スクリーニング調査と異なり、異常が確認された箇所では機器を停止し、確認を行う）。

②洗浄後に調査を行うため微細な異常を確認可能

スクリーニング調査と異なり、事前に管内洗浄を行い管内の汚れを除去することで、洗浄前には汚れとの見分けが付きにくかった微細な破損、クラックまで確認することが可能となる。また現場においても異常が確認された箇所では機器を停止し、従来型 TV カメラ調査における異常項目とランクの考え方に沿って異常ランクの確認を行う。ただし、継手ごとの側視は行わない。さらに、室内作業でも展開図を用いて現場でのランク判定と齟齬がないか再度確認する。

また、より正確に異常の内容やランクを把握するために、スクリーニング調査と異なり、現場において異常が確認された箇所ではカメラを停止し、異常ランクの確認を行うことから、日進

量はスクリーニング調査に用いる場合よりもやや少なくなる。

(3) 本ガイドラインで扱う追加調査技術の概要

追加調査技術は、従来型 TV カメラ等の詳細調査に追加して実施することで、調査の効率性や調査精度の向上、また従来型 TV カメラ調査では確認できない異常項目を把握することができる技術であり、地方公共団体のニーズに応じて導入する。追加調査技術の特徴と分類を表 2-3 に示す。

表 2-3 実証した追加調査技術の特徴と分類

分類		調査目的と調査項目	特徴
追加調査技術	衝撃弾性波検査法	【調査目的】 - 適正な改築工法の選定 - 管更生の設計諸元の把握 【調査項目】 - 残存耐荷力	- 管渠の耐荷力を定量的数値として判断可能 - 従来型 TV カメラでは発見困難な微小なクラックや外面クラックを間接的に発見可能 - 機械的な計測のため、調査員の主観等による差異が生じない - 非破壊検査であり、管を傷めない - 残存耐荷力に応じた適正な改築工法の選定が可能
	管路形状プロファイリング	【調査目的】 - 管の偏平、変形の計測 - 適正な改築工法の選定 【調査項目】 - 減肉量 - たわみ率、変形量	- 従来型 TV カメラに取り付けて使用 - 往路が従来型 TV カメラ調査、復路がプロファイリング調査であり、追加の調査時間は不要 - 管厚の減肉量から残存耐荷力の推定が可能 - 塩ビ管等可とう管の偏平や変形を定量的に把握可能
	傾斜計測計	【調査目的】 - 管勾配計測の時間短縮 【調査項目】 - たるみ（勾配）	- 展開広角カメラに計測機を内蔵させて使用 - 従来型 TV カメラでは困難な、たるみの定量化が容易にできる - 通常の視覚調査と同時に計測ができるため、効率的な調査が可能

1) 残存耐力力を把握する衝撃弾性波検査法

詳細調査の追加調査技術である衝撃弾性波検査法を用いた調査は、平成 24 年 3 月に「衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料」（（財）下水道新技術推進機構）が発行され、導入実績も増加しつつある。衝撃弾性波検査技術は管内面から管体に軽い衝撃を与え、管体における軸・周方向の振動挙動および伝播波の減衰に着目し、計測された波形の周波数分布を解析することにより対象物の異常状態を定量的に判定する手法である。

衝撃弾性波検査法装置の外観を図 2-8 に示す。



図 2-8 衝撃弾性波検査法装置の外観

衝撃弾性波検査法の特徴は以下のようにまとめられる。

①非破壊・非開削での検査

衝撃弾性波検査法は、構造物の非破壊検査法を下水道管渠の調査・診断に適用したものである。管に軽い衝撃を与えることにより発生する振動を、加速度センサ等により計測する手法であるため、非破壊で下水道管渠の構造的に重要な管の異常を検査することができる。また、管内に専用の調査ロボット（衝撃弾性波検査ロボット）を挿入して測定を行うため、非開削で構造的な管の異常を検査できる。

②管体の耐力力を定量的な数値指標により評価可能

衝撃弾性波検査法では、構造的な管の異常（腐食による減肉、軸方向クラック）を仮想管厚と仮想破壊荷重として定量数値化する。これらの基礎数値から管体の残存強度ならびに埋設管としての安全性について定量的に評価することができる。

また、本技術の定量的な評価により目視では発見しにくい微小なクラックや外面クラックを間接的に発見できる、機械的な計測のため調査員の主観による差異が生じない等の特徴も有する。

③効率的な長寿命化計画（改築計画）の策定が可能

衝撃弾性波検査法によって得られる定量的な数値指標を、TV カメラ調査の結果に加えて評

価することにより、より正確に管渠の強度低下を判定することができ、スパンの改築優先度を定めることが可能となる。これにより、陥没事故の減少等、予防保全的な維持管理が可能となる。

また、衝撃弾性波検査法によって得られるデータは管体の構造設計、特に更生工法による複合管設計に適用させることが可能である。これにより改築工法の中から、自立管および複合管の適切な選択が可能となり、より経済的な改築・修繕を実施することができる。具体的には衝撃弾性波検査法で得られるデータを既設管の材料強度に置換し、複合管構造設計(FEM解析等)の設計入力値とすることにより、改築の仕様をスパンごとに定量的に決定することができる。

なお、本実証研究で用いた衝撃弾性波検査法は、「衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料」((財)下水道新技術推進機構)に記載の通り、打撃部と受信部の間隔を延長し、管体1本あたりの測定回数を減らすことにより、従来の衝撃弾性波検査法と比較し、効率的な調査が可能となっている。

2) 内面形状を精密に計測する管路形状プロファイリング

詳細調査の追加調査技術である管路形状プロファイリングは、従来型 TV カメラにレーザー照射装置を装着して管内面の断面形状を計測するものである。

現地における管内径計測は、レーザー光線を管内壁に照射することで、管内壁の凹凸や変形を描き出すレーザーリングを生成し、このレーザーリングを従来型 TV カメラで撮影する。室内作業では、現地の撮影結果をパソコンソフトで 360 度方向の管径として精密解析する。0.1mm の分解能で精密に解析することができ、腐食による減肉量、たわみ率、破損状況等を数値化することが可能である。管路形状プロファイリング装置の外観を図 2-9 に示す。



図 2-9 管路形状プロファイリング装置の外観
(左：カメラ装着時，右：装置単体)

管路形状プロファイリングの特徴は以下のようにまとめられる。

①管渠の耐荷力判定等に活用

従来型 TV カメラ調査は、目視による判断に委ねられているため、腐食が進んだコンクリート管の断面形状、塩ビ管の偏平等の判断に個人差が発生する。管路形状プロファイリングを用いることで、従来型 TV カメラ調査では判断が難しかった腐食による減肉量、たわみ率等を精緻に数値化し、耐荷力の算出や、対策優先度の判断等に役立てることが可能となる。

②詳細調査（従来型 TV カメラ調査）と同時に実施

管路形状プロファイリングは、従来型 TV カメラに装着し、管内を走行する。往路に従来型 TV カメラ調査、復路で管路形状プロファイリングを実施することで、効率的に調査を行うことが可能である。

3) 管勾配およびたるみを精密に計測する傾斜計測計

詳細調査の追加調査技術である傾斜計測は、展開広角カメラに傾斜計測計を内蔵して管渠の勾配を計測するものである。

従来型 TV カメラでは、滞水量等からたるみの発生およびたるみ量を推測していたが、傾斜計測計はスパン全体の縦断勾配を定量的かつ連続的に自動計測するとともに、局所的なたるみ量も精度良く把握することが可能であり、たるみのランクをより正確に判定することが可能である。傾斜計測計の外観を図 2-10 に示す。

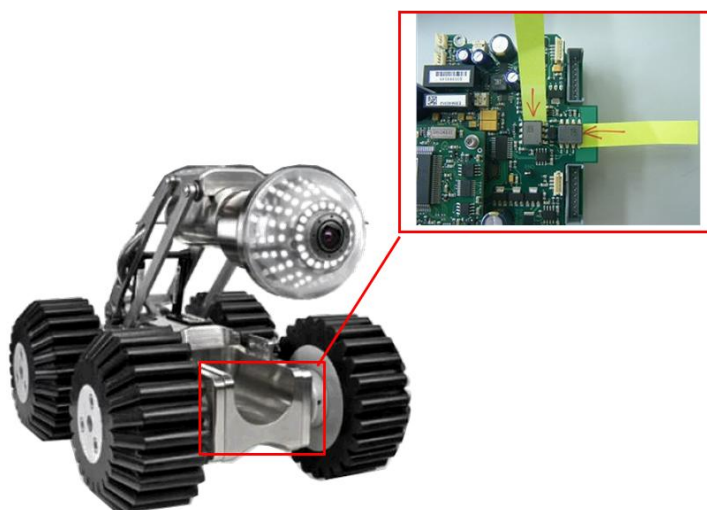


図 2-10 傾斜計測装置の外観（展開広角カメラに内蔵）

傾斜計測計の特徴は以下のようにまとめられる。

①たるみを定量的に把握できる

詳細な傾斜計測を機械が自動で行うことから、たるみを定量的かつ正確に把握することが可能である。

②詳細調査（展開広角カメラ）と同時に実施できる

傾斜計測計は、走行型カメラに内蔵され、管内を走行する。往路にカメラ調査、復路で傾斜計測を実施することで、展開広角カメラ単独での調査と同等の時間で効率的に調査を行うことが可能である。

第4節 管渠マネジメントシステム技術の運用

§8 管渠マネジメントシステム技術の運用

管渠マネジメントシステム技術は、調査対象とする管渠の状態や調査目的に応じて、スクリーニング調査技術、詳細調査技術および追加調査技術を組合せて運用する。

- (1) 管渠マネジメントシステム技術の組み合わせの考え方
- (2) 管渠マネジメントシステム技術運用例

【解 説】

(1) 管渠マネジメントシステム技術の組み合わせの考え方

本ガイドラインで取り扱う管渠マネジメントシステム技術は、各々の技術の特徴を踏まえ、調査対象とする管渠の異常の状態や調査目的に応じてスクリーニング調査技術、詳細調査技術および追加調査技術を組み合わせで運用する。

スクリーニング調査技術、詳細調査技術および追加調査技術の組み合わせは、原則、自由であるが、個々の技術の特性（日進量、コスト、緊急度判定可否等）を踏まえた上で、求める成果や目的に応じた適切な組み合わせを検討することが望ましい。実証研究を実施した管渠マネジメントシステム技術を活用した組み合わせの例を図 2-11 に示す。

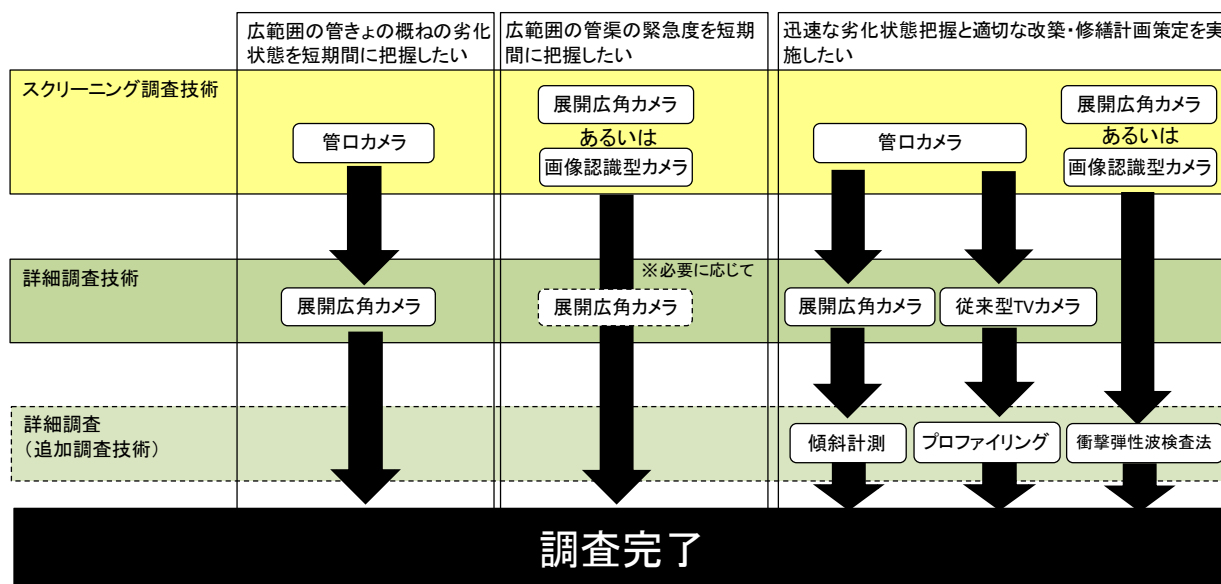


図 2-11 調査手法の組み合わせの例

(2) 管渠マネジメントシステム技術運用例

今回の実証研究では、公募により提案された下記 1) ～3) に示す 3 つのシステム（組み合わせ）について評価を行った。

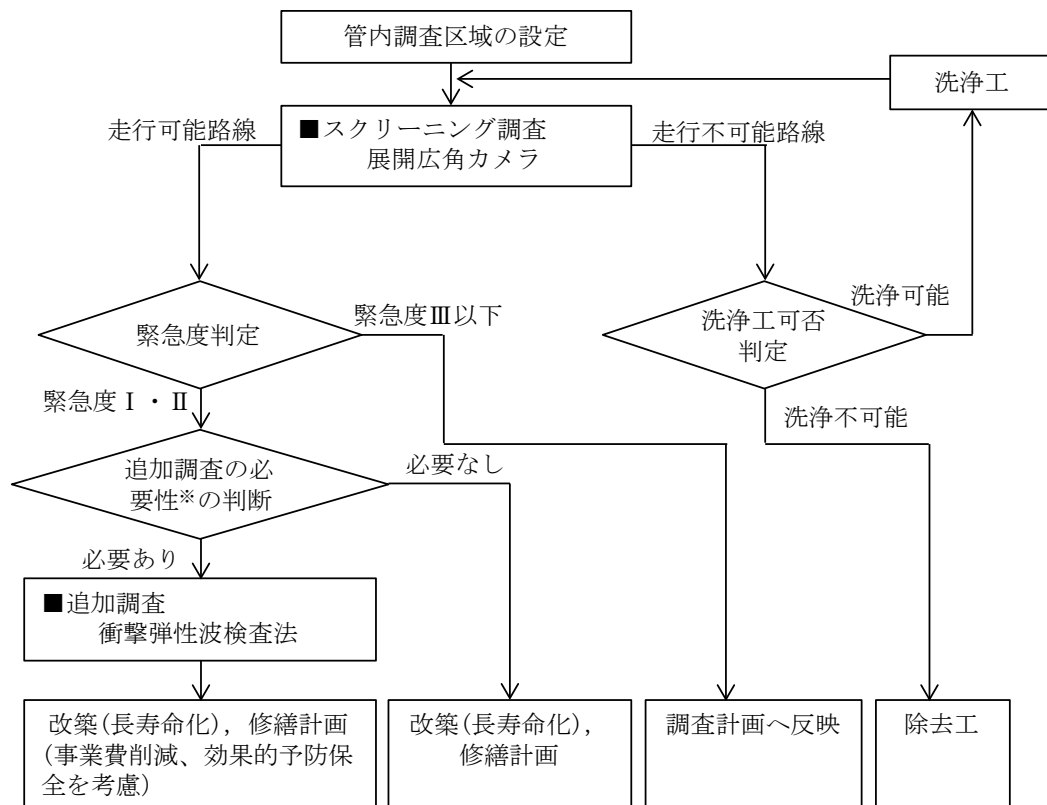
1) 展開広角カメラと衝撃弾性波検査法による管渠マネジメントシステム

展開広角カメラと衝撃弾性波検査法の組み合わせによる管渠マネジメントシステムの運用フロー例を図 2-12 に示す。

スクリーニング調査として位置付ける展開広角カメラ調査では、広範囲の管路において異常の状況および緊急度を判定し、事故の未然防止に役立てるほか、改築・修繕計画の策定に必要な情報等を取得することを目的とする。

衝撃弾性波検査法は、展開広角カメラ調査で得られた腐食や破損等の耐荷力に係る部分の異常項目を定量評価することで、緊急度の高い路線内での対策範囲の優先順位付けや、対策工法の効率的な選定（複合管採用によるコスト縮減等）を支援することを目的とする。

なお、走行不可能路線に対しては、①洗浄後に再度スクリーニング調査を行う。②洗浄後に詳細調査を行う。③洗浄せずに下流側のマンホールからスクリーニング調査を行う。といった対応が考えられる。これらのうち、当フローでは①の対応例を示している。



※改築（長寿命化）、修繕計画を立てる際、更生工法の適用を視野に入れて事業費の削減・平準化を検討する場合および管の残存強度も考慮した効果的な予防保全を検討する場合に「必要」と判断する。

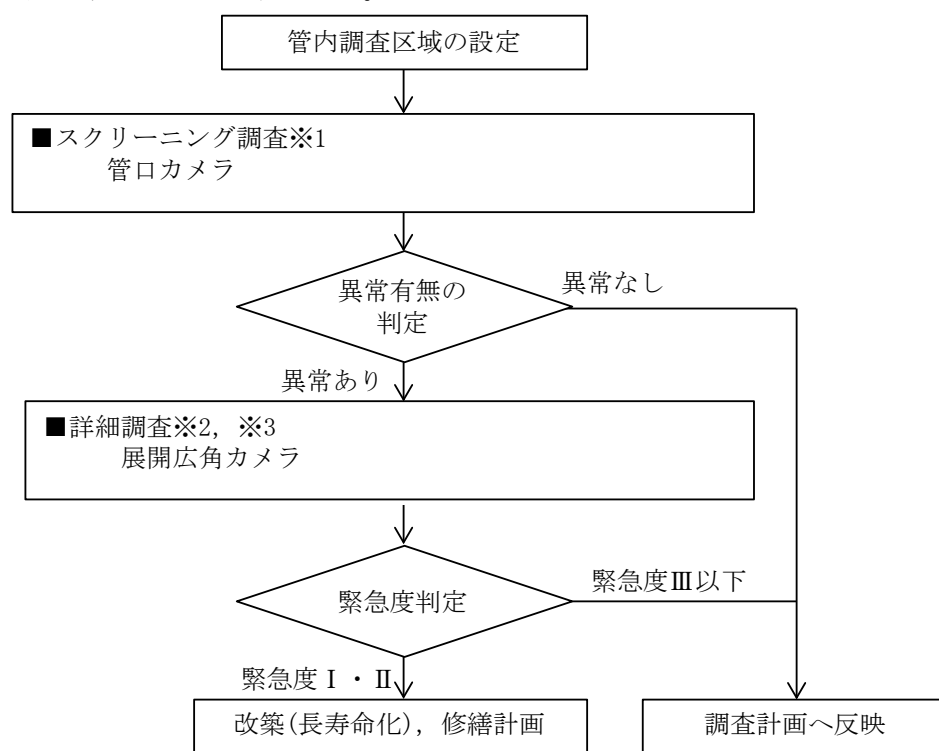
図 2-12 展開広角カメラと衝撃弾性波検査法による管渠マネジメントシステムの運用フロー（例）

2) 管口カメラと展開広角カメラの組み合わせによる管渠マネジメントシステム

管口カメラと展開広角カメラの組み合わせによる管渠マネジメントシステムの運用フロー例を図 2-13 に示す。

管口カメラ調査はマンホール内に機器を挿入し、クラック等が発生しやすい管口付近を重点的に調査する手法である。スクリーニング調査として位置付ける管口カメラ調査では、広範囲の管路において迅速に異常有無を判定する（ランク判定は行わない）。劣化の進んだスパン（＝緊急度の高いスパン）ほど複数の異常が発生し、これらの異常は管口付近に集中して発生しやすいという経験則に基づく技術である。

管口カメラにて1箇所でも異常（取付管の突出し、樹木根侵入も含む、ただし洗浄後、除去される油脂、モルタル付着は除く）を確認したスパンについては、詳細調査として展開広角カメラ調査を実施し、緊急度判定を行い、改築（長寿命化）・修繕を判断する。地方公共団体のニーズに応じ、管路勾配やたるみの計測が可能な傾斜計測調査、管の形状を正確に計測できるプロファイリング調査、電気伝導度計を用いた浸入水調査（参考資料編Ⅲを参照）等を追加して調査を実施することも可能である。



※1：不明水発生エリアの絞り込みが必要な場合には、電気伝導度計を追加して実施することも可能

※2：管路勾配やたるみを詳細に調査する必要がある場合は、追加調査として傾斜計測計と展開広角カメラを組み合わせる実施

※3：管の形状（偏平・減肉）を正確に計測する必要がある場合は、追加調査としてプロファイリング調査と従来型TVカメラ調査を組み合わせる実施

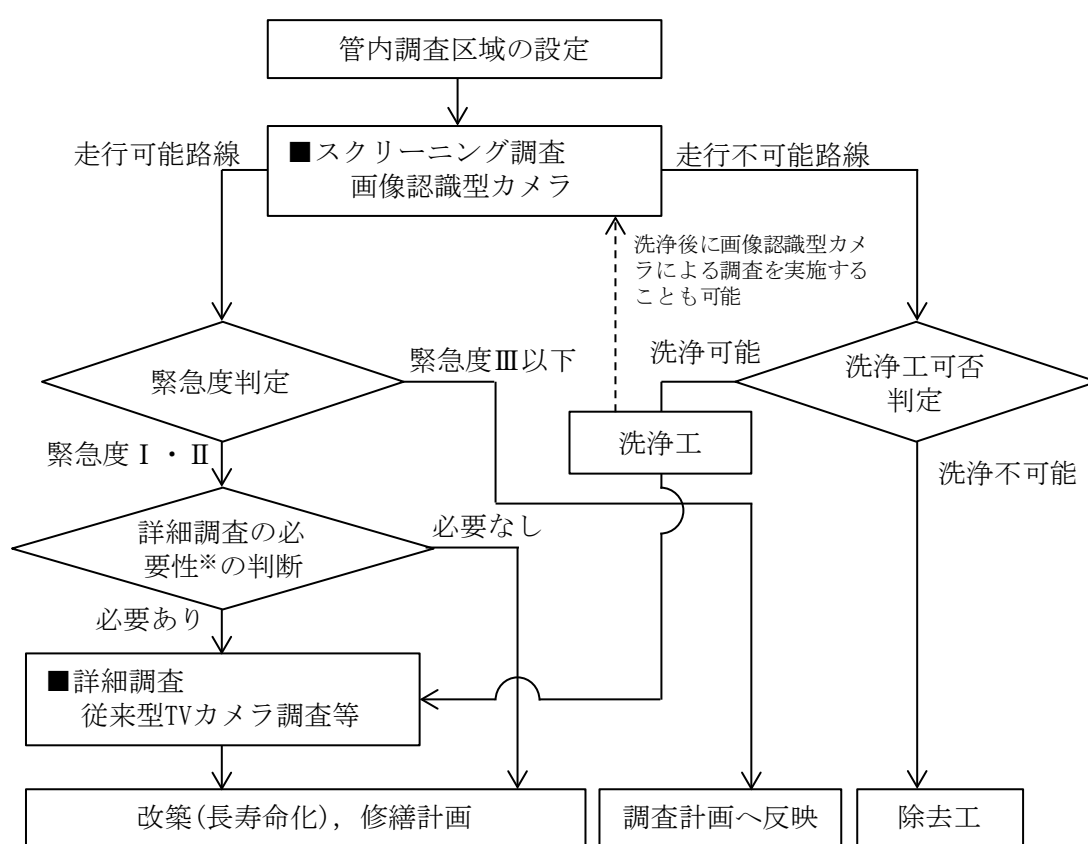
図 2-13 管口カメラと展開広角カメラの組み合わせによる管渠マネジメントシステムの運用フロー（例）

3) 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム

画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステムの運用フロー例を図 2-14 に示す。

スクリーニング調査として位置付ける画像認識型カメラ調査では、広範囲の管路において異常状況および緊急度を判定し、道路陥没等の未然防止に役立てるほか、改築・修繕計画の策定に必要な情報等を取得することを目的とする。

なお、走行不可能路線に対しては、①洗浄後に再度スクリーニング調査を行う。②洗浄後に詳細調査を行う。③洗浄せずに下流側のマンホールからスクリーニング調査を行う。といった対応が考えられる。これらのうち、当フローでは②の対応例を示している。



※管の表面に付着物が多い場合など画像認識型カメラ画像のみでは緊急度判定が困難な場合は「必要あり」と判断する。

図 2-14 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステムの運用フロー（例）

第3章 管渠マネジメントシステム技術の諸元

第1節 管渠マネジメントシステム技術の諸元の概要

§9 概説

効率的な維持管理のために管渠マネジメントシステムを導入しようとする際には、技術の適否や導入効果を検討するための基礎情報として、各技術の性能等を把握しておく必要がある。また、今後益々増加する老朽化施設の点検・調査を、より一層効率的に実施する画期的な調査技術の普及や研究開発の推進を図る上でも技術の性能等の評価方法等を明示することは有益である。

実証研究では、管渠マネジメントシステム技術の性能等の諸元を下記の通り設定し、評価を行った。

(1) 性能諸元

技術の導入を図る上で参考とすべく、機器性能の定量的な諸元として、日進量(m/日)、調査コスト(円/m)、確認可能な異常項目とランク、異常確認精度を整理する。

(2) 現場諸元

主に現場に関連する定性的な諸元として、適用範囲(管渠属性)、適用条件(現場環境)、専門技術性を整理する。

(3) その他の諸元

上記(1)、(2)以外の性能に関わる諸元を整理する。

【解説】

効率的な維持管理のために管渠マネジメントシステムを導入しようとする際には、技術の適否や導入効果を検討するための基礎情報として、各技術の性能等を把握しておく必要がある。

また、管渠マネジメントシステム技術の性能等を明示することは、今後増加する老朽化施設の点検・調査を、より一層効率的に実施する画期的な調査技術の普及や研究開発の推進、後発技術の開発目標のベンチマークとしての活用等に役立ち、管渠の維持管理のより一層の効率化・省力化の促進に繋がる。

実証研究では、管渠マネジメントシステム技術の性能等を示す性能諸元、現場諸元、その他の諸元について、実証研究の現場での検証を行った。以下に、実証研究において検証した各種諸元の項目を示す。

(1) 性能諸元

- ①日進量 (m/日)
- ②調査コスト (円/m)
- ③確認可能な異常項目とランク
- ④異常確認精度

(2) 現場諸元

- ①適用範囲 (管渠属性)
- ②適用条件 (現場環境)
- ③専門技術性

(3) その他の諸元

性能諸元および現場諸元に含まれない、各技術特有の諸元
例)

- ・走行型スクリーニング調査技術： 堆積物走破率
- ・衝撃弾性波検査法： 改築事業費の削減効果等

§ 10 日進量 (m/日)

調査計画立案や工期設定、積算等に必要な日進量を算定する。実証研究では、現地調査（外業）と報告書作成（内業）に区分した上で、次の項目の所要時間を実測し、それぞれの日進量を算定した。

なお日進量は、スクリーニング調査技術および詳細調査技術のそれぞれで算定する。

(1) 現地調査（外業）

- ① 準備
- ② 機材設置
- ③ 計測
- ④ 機材回収
- ⑤ 片づけ

(2) 報告書作成（内業）

- ① 異常診断
- ② 報告書作成

【解 説】

日進量は、外業である現地調査および内業である報告書作成に区分し算定することを基本とし、各作業区分における作業内容は下記の通り整理した。

なお、各技術により作業区分および作業内容が異なるため、技術の特徴や調査の手順等を踏まえた上で、適宜、修正を行うものとする。洗浄工は現地調査とは別工程で実施することを想定し、現地調査の日進量算定の際には考慮しないこととする。

(1) 現地調査（外業）

1) 現地調査の作業区分と作業内容

① 準備

作業帯設置、作業看板設置、保安要員配置、マンホール内有毒ガス濃度測定等

② 機材設置

調査機器のマンホール内設置、調査対象路線情報の入力等

③ 計測

調査機器を動作させ画像データ等を取得等

④ 機材回収

調査機器をマンホールから引き上げ回収（走行型の調査機器を後退させる時間を含む）等

⑤ 片づけ

調査機材の撤去、保安設備の撤去等

2) 現地調査の日進量算定例

以下のフローで、ア) 走行型に分類される技術と、イ) 固定型に分類される技術に分けて日進量を算定した。

ア) 走行型に分類される技術（展開広角カメラ・画像認識型カメラ等）の場合

スパン長によらず時間が一定の作業区分：①準備、②機材設置、⑤片づけに要する時間

スパン長により時間が増減する作業区分：③計測、④機材回収に要する時間

【STEP1】1 スパンあたりの①準備、②機材設置、⑤片づけに要する時間の算定

調査対象全スパンにおける①、②、⑤に要した時間を合計し、調査対象全スパン数により除することで、1 スパンあたりの①②⑤の所要時間を算定する。

【STEP2】1 スパンあたりの③計測、④機材回収に要する時間の算定

調査対象全スパンにおける③、④に要した時間を合計し、調査対象全スパン長により除する。1 スパンあたりの③④の所要時間は、この値にスパン長をかけた値とする。

【STEP3】1 スパンあたりの調査時間の算定

1 スパンあたりの調査時間（総所要時間）は、1 スパンあたりの①②⑤の所要時間【STEP1】と1 スパンあたりの③④の所要時間【STEP2】に、スパン間の地上での移動時間を加えた値とする。なお、1 スパン間の地上移動時間は実証結果より5分と設定した。

【STEP4】現地調査の日進量の算定

1日の実作業時間を6時間とし、 $\{6 \text{ 時間} \div (1 \text{ スパンあたりの調査時間})\} \times \text{スパン長}$ より日進量を算定する。

イ) 固定型に分類される技術（管口カメラ等）の場合

スパン長によらず時間が一定の作業区分：①準備、②機材設置、④機材回収、⑤片づけに要する時間

スパン長により時間が増減する作業区分：③計測に要する時間

【STEP1】1 スパンあたりの①準備、②機材設置、④機材回収、⑤片づけに要する時間の算定

調査対象全スパンにおける①、②、④、⑤に要した時間を合計し、調査対象全スパン数により除することで、1 スパンあたりの①②④⑤の所要時間を算定する。

【STEP2】1 スパンあたりの③計測に要する時間の算定

スパン長区分ごとの③に要した時間を平均し、算定する。

【STEP3】1 スパンあたりの調査時間の算定

1 スパンあたりの調査時間（総所要時間）は、1 スパンあたりの①②④⑤の所要時間【STEP1】と1 スパンあたりの③の所要時間【STEP2】に、スパン間の地上での移動時間を加えた値とする。

なお、1 スパン間の地上移動時間は、実証結果よりスパン長区分ごとの③に要した時間を平均し、算定した。

【STEP4】現地調査の日進量の算定

1 日の実作業時間を6時間とし、 $\{6 \text{ 時間} \div (1 \text{ スパンあたりの調査時間})\} \times \text{スパン長}$ より日進量を算定する。

(2) 報告書作成（内業）

1) 報告書作成の作業区分と作業内容

①異常診断

データ整理、調査データ解析ならびに異常診断等

ただし、異常診断を現場にて実施する場合（従来型 TV カメラ等）は、現地調査（計測）に計上する。

②報告書作成

調査記録表のとりまとめ等

2) 報告書作成の日進量算定例

異常診断および報告書作成に要する時間は、スパン長により変化することから、実証研究では、以下のフローで日進量を算定した。

【STEP1】1 スパンあたりの報告書作成に要する時間の算定

調査対象全スパンにおける①異常診断および②報告書作成の時間を合計し、調査対象全スパン長により除する。1 スパンあたりの報告書作成（①異常診断+②報告書作成）に要する時間は、この値に1 スパンの延長をかけた値とする。

【STEP2】報告書作成日進量の算定

1 日の実作業時間を6時間とし、 $\{6 \text{ 時間} \div (1 \text{ スパンあたりの報告書作成に要する時間})\} \times \text{スパン長}$ より日進量を算定する。

§11 調査コスト（円/m）

調査計画立案や発注対象区域設定、積算等に必要となる調査コストを算定する。調査コストは、現地調査（外業）と報告書作成（内業）の合計で示す。実証研究では、「下水道管路施設維持管理積算資料-2009-」（（公社）日本下水道管路管理業協会）に準じて算定した。

なお調査コストは、スクリーニング調査技術および詳細調査技術のそれぞれで算定する。

【解 説】

調査コストは、外業である現地調査および内業である報告書作成を合計し算定することを基本とし、計上する項目および計算方法等は「下水道管路施設維持管理積算資料-2009-」（（公社）日本下水道管路管理業協会）に準じ、下記の通りとした。

なお、実際にコスト算出する際には、採用技術およびスクリーニング調査・詳細調査により作業編成や使用機種等が異なるため、技術の特徴や調査手順等を踏まえた上で、適宜、項目等の追加・修正を行うものとする。

管内の洗浄費、止水対策費は、スクリーニング調査においては、基本的に含まない。一方詳細調査においては、調査対象全スパンの洗浄費を含めて調査コストを算定することとするが止水対策費は含まない。

（1）現地調査と報告書作成代価内訳

1) 現地調査（外業）

①作業員

現地調査に要する管路調査技士、管路調査助手、管路調査作業員、一般運転手等

②車両・機器損料

管渠マネジメントシステムで使用する測定機器やライトバン等の損料

③消耗品

燃料等

2) 報告書作成（内業）

①作業員

異常診断および報告書作成に要する管路管理技士、管路調査技士等

②ソフトウェア等の費用

異常診断用パソコンにかかる費用（損料、レンタル料）、ソフトウェア費用等

③消耗品

映像記録用 DVD、印刷製本費等

（2）調査コストの算定例

実証研究では、「下水道管路施設維持管理積算資料-2009-」（（公社）日本下水道管路管理業協

会)の歩掛に準じて、下記のフローでコストを算出した。なお、コスト算定に使用した単価は、東京地区の労務単価(平成25年度)、各共同研究体設定の機械損料を用いた。

【STEP1】1日あたりの現地調査コストの算定

作業員の労務単価(円/日)×数量(人)、1日あたりの測定機器および車両損料、1日あたりの消耗品等を合計し、1日あたりの現地調査コストを算定する。

【STEP2】1日あたりの報告書作成コストの算定

作業員の労務単価(円/日)×数量(人)、1日あたりのパソコンおよびソフトウェア費用、1日あたりの消耗品等を合計し、1日あたりの報告書作成コストを算定する。

【STEP3】調査コストの算定

1日あたりの現地調査コストを現地調査日進量で除した値と1日あたりの報告書作成コストを報告書作成の日進量で除した値の合計により調査コストを算定する。

§ 12 確認可能な異常項目とランク

下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）の視覚判定基準に基づき、異常項目は 10 項目、異常がある場合の判定ランクは A(または a)，B(または b)，C(または c)の 3 段階として確認の可否を検討する。

【解 説】

従来型 TV カメラ調査等により確認可能な異常項目とランクは、下水道事業者において独自の基準を定めている場合もあるが、ここでは、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成 25 年 6 月」（（公社）日本下水道協会）に準じ、以下の異常項目およびランクを基本とする。

(1) 異常項目

下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）に示される下記の 10 項目の異常に基づき、管渠マネジメントシステム技術が確認可能な異常項目を確認する。

なお、追加調査技術については、下記 10 項目のうちの特定の異常や 10 項目以外の異常を対象に調査を行うものである。

①スパン全体の評価：腐食，上下方向のたるみ

②管一本ごとの評価：破損，クラック，継手ズレ，浸入水，取付管の突出し，油脂の付着，樹木根侵入，モルタル付着

(2) 判定のランク

下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）に示される下記の異常の判定ランクに基づき、管渠マネジメントシステム技術が確認可能なランクを確認する。

なお、実証研究では、詳細調査技術は従来型 TV カメラと同様に重度～軽度の判定が必要としたが、スクリーニング調査技術の場合は中度以上の判定を担保することとしている。また、追加調査技術については、特定の異常を高精度で計測等することから、同じランクの異常をさらに細分化して判定（例：ランク「A」→ランク「A」と「A'」に分類し、対策優先度を評価）することも可能である。

①スパン全体の評価： A（重度）：機能低下や異常が著しい
B（中度）：機能低下や異常が少ない
C（軽度）：機能低下や異常が殆どない

②管一本ごとの評価： a（重度）：異常が進んでいる
b（中度）：中程度の異常がある
c（軽度）：異常の程度は低い

§ 13 異常確認精度

管渠マネジメントシステム技術による「確認可能な異常項目とランク」の確認精度を、次の2つに分けて確認する。

(1) 検出率

異常項目の確認精度を「検出率」として示す

(2) 適合率

ランクの確認精度を「適合率」として示す。

【解 説】

異常確認精度は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成25年6月」（（公社）日本下水道協会）に準じて調査を実施した、管渠マネジメントシステム技術と従来型TVカメラの調査結果を比較することにより算定する。

実証研究においては、任意の同一スパンについて、管渠マネジメントシステム技術と従来型TVカメラを使用して調査結果を比較検証した。検証項目は「異常の発生位置」「異常項目」「異常ランク」「異常の箇所数」である。

なお、実証研究では、スクリーニング調査技術の比較検証を15 km以上、詳細調査技術の比較検証を10 km以上実施している。以下に、検出率および適合率の定義と算定例を示す。

(1) 検出率

検出率は、従来型TVカメラ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、管渠マネジメントシステム技術により「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をいう（図3-1を参照）。

ここで、「管渠マネジメントシステム技術により『異常の発生位置』かつ『異常項目』が正しく判定される」とは、各管渠マネジメントシステム技術の判定基準により判定された異常の発生位置かつ異常項目が、従来型TVカメラにより判定された異常と等しいことと定義している。

検出率の算出にあたっては、従来型TVカメラ調査によって判定された各異常項目のランクごとの箇所数と、管渠マネジメントシステム技術によって判定される各異常項目の全てのランクの箇所数を用いる。すなわち、従来型TVカメラ調査により判定される異常のランクと、管渠マネジメントシステム技術により判定される異常のランクとの整合性は問わないこととした。

今回は、これまで実績のある従来型TVカメラ調査を基準として評価しているが、今後、スクリーニング調査技術の精度向上により、基準の考え方が変わることも想定される。

1) 従来型TVカメラの判定数

調査精度の検証のため実施した従来型TVカメラ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をいう。

2) 検出数

従来型 TV カメラの判定数から未検出数を差し引いた値をいう。

3) 未検出数

管渠マネジメントシステム技術により判定された異常項目が従来型 TV カメラにより判定されたものと異なる数をいう。

4) 検出率

検出率は、以下の算定式により算定される値をいう。

検出率(%) = 検出数 / 従来型 TV カメラ判定数 × 100

(2) 適合率

適合率は、従来型 TV カメラ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、管渠マネジメントシステム技術により「異常の発生位置」、「異常項目」、「異常ランク」が全て正しく判定された異常箇所数の割合をいう（図 3-1 を参照）。

ここで、「管渠マネジメントシステム技術により『異常の発生位置』、『異常項目』、『異常ランク』が全て正しく判定される」とは、各管渠マネジメントシステム技術の判定基準により判定された結果と従来型 TV カメラ調査により判定された結果を比較し、異常の発生位置、異常項目、異常ランクが全て一致することをいう。

また、技術特有の異常ランクの判定表を用いる場合でも、従来型 TV カメラを用いて下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）の判定ランク表により判定した結果と比較して、異常確認精度を算定するものとする。

なお、今回は、これまで実績のある従来型 TV カメラ調査を基準として評価しているが、今後、スクリーニング調査技術の精度向上により、基準の考え方が変わることも想定される。

1) 従来型 TV カメラ判定数

調査精度の検証のため実施した従来型 TV カメラ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をいう。

2) 適合数

管渠マネジメントシステム判定数から未適合数を差し引いた値をいう。

3) 未適合数

管渠マネジメントシステム技術により判定された異常項目ならびに異常ランクが従来型 TV カメラにより判定されたものと異なる数をいう。

4) 適合率

適合率は、以下の算定式により算定される値をいう。

適合率(%) = 適合数 / 従来型 TV カメラ判定数 × 100

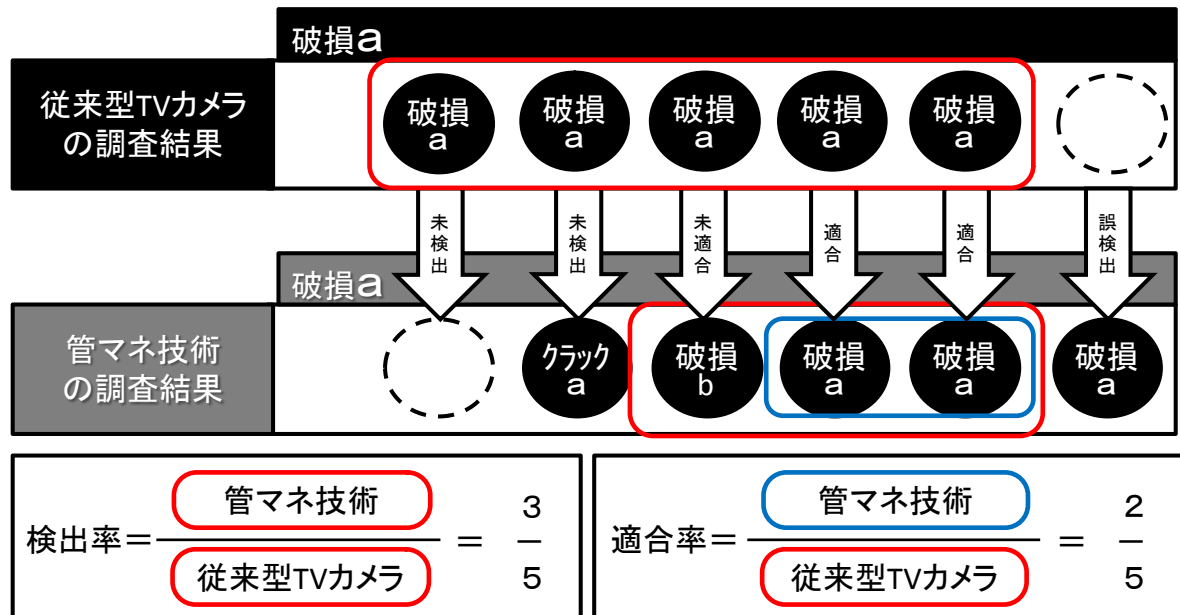


図 3-1 破損 a を対象とした検出率と適合率の算定イメージ

（参考 1）検出率の算定例

● 破損 a の検出率

従来型 TV カメラにより判定された破損 a が 5 箇所のうち、管渠マネジメントシステム技術では、破損 a として 2 箇所判定、破損 b として 1 箇所判定、クラック a として 1 箇所判定、見落としが 1 箇所。この場合の検出率は以下の通りとなる。

$$\text{破損 a 検出率} = \frac{\text{検出数 (管渠マネジメントシステム技術により判定された破損 b 1 箇所+破損 a 2 箇所)}}{\text{従来型 TV カメラにより判定された破損 a 5 箇所}} \times 100 = 60\%$$

※破損 3 箇所：管渠マネジメントシステム技術によりランクを問わず破損として判定した数

※未検出数：計 2 箇所（破損 a を見落とし 1 箇所、破損をクラックとして判定 1 箇所）

（参考 2）適合率の算定例

● 破損 a の適合率

従来型 TV カメラにより判定された破損 a が 5 箇所のうち、管渠マネジメントシステム技術により破損 a として 2 箇所判定、破損 b の判定が 1 箇所、クラック a の判定が 1 箇所、見落としが 1 箇所。この場合の適合率は以下の通りとなる。

$$\text{破損 a 適合率} = \frac{\text{適合数 (管渠マネジメントシステム技術により判定された破損 a 2 箇所)}}{\text{従来型 TV カメラにより判定された破損 a 5 箇所}} \times 100 = 40\%$$

※適合数：計 3 箇所（破損 a を見落とし 1 箇所、破損 a をクラック a として判定 1 箇所、破損 a を破損 b として判定 1 箇所）

(参考3) 誤検出率

誤検出率は、管渠マネジメントシステム技術により判定された各異常項目の異常箇所数のうち、従来型 TV カメラ調査では「異常無し」と判定された箇所数の割合をいう（図 3-2 を参照）。

ここで、「管渠マネジメントシステム技術により判定された各異常項目の異常箇所数のうち、従来型 TV カメラ調査では『異常無し』と判定される」とは、管渠マネジメントシステム技術により何らかの異常があると判定された箇所について、従来型 TV カメラ調査の結果では何ら異常が確認されなかったことと定義している。

ここで、誤検出率が高くなると、詳細調査または追加調査の期間およびコストに無駄が生じることになる。このため、管渠マネジメントシステム技術の異常確認精度に関する参考として、誤検出率を確認する。

今回は、これまで実績のある従来型 TV カメラ調査を基準に参考として算定したが、今後、スクリーニング調査技術の精度向上により、基準の考え方が変わることも想定される。

1) 管渠マネジメントシステム技術判定数

管渠マネジメントシステム技術により判定された各異常項目の異常箇所数をいう。

2) 誤検出数

管渠マネジメントシステム技術により判定された異常箇所のうち、従来型 TV カメラ調査では何ら異常が確認されなかった箇所数をいう。

3) 誤検出率

誤検出率は、以下の算定式により算定される値をいう。

誤検出率(%) = 誤検出数 / 管渠マネジメントシステム技術判定数 × 100

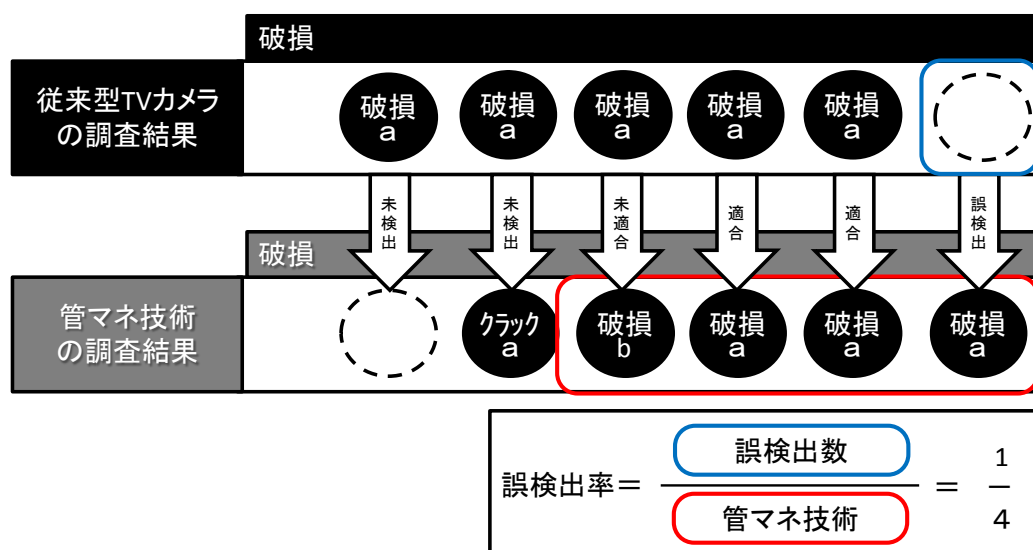


図 3-2 破損を対象とした誤検出率の算定イメージ

4) 誤検出率の算定例

管渠マネジメントシステム技術により判定された破損 4 箇所のうち，従来型 TV カメラでは異常無しと判定された箇所が 1 箇所あった場合の誤検出率は以下の通りとなる。

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{破損} \\ \text{誤検出率} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{誤検出数（従来型 TV カメラでは異} \\ \text{常が確認されなかった破損 1 箇所）} \end{array}} \div \boxed{\begin{array}{c} \text{管渠マネジメントシステム技術} \\ \text{により判定された破損 4 箇所} \end{array}} \times 100 = 25\%$$

§ 14 適用範囲（管渠属性）

現場に布設されている管渠の管種、管径、スパン長等は、地方公共団体ごとに大きく異なる。また、管渠マネジメントシステム技術についても、技術の特徴が異なる。管渠マネジメントシステム技術の導入適否判断にあたっては、各技術における管渠属性に関わる適用範囲等の情報が必要であることから、これらを明確に示す必要がある。

【解 説】

各管渠マネジメントシステム技術の導入が可能な管渠属性を明示することで、地方公共団体の特性を踏まえた技術を適切に導入していくことが可能となる。

管渠属性に関する適用範囲を示す項目としては、下記があげられる。

（例）管種、管径、スパン長、土被り、マンホールサイズ等

適用範囲を示す場合、スクリーニング調査や詳細調査に求められる最低限の性能が満足できることを、様々な管渠の埋設条件において検証することが望ましい。しかしながら、実現場での検証が困難な場合は、模擬管渠を用いた実験等により確認することも可能である。

なお、今回の管渠マネジメントシステム技術における実証研究の結果は、原則として、実現場で検証できた範囲や公的機関の評価を得ている範囲等を「適用範囲」として示している。このため、現場において実証されなかった場合等も含まれるため、適用範囲「記載なし」は、必ずしも「使用不適切」を示すものではない。

§ 15 適用条件(現場環境)

管内は常に下水が流れており,その状況は現場により異なる。このため,管渠マネジメントシステム技術をはじめとする管内調査の実施においては,道路の幅員や管内の下水流下等の制約条件に大きく左右されることになる。

したがって,管渠マネジメントシステム技術の導入検討においては,管渠属性の他に,現場における様々な制約条件にも配慮が必要である。

【解 説】

本ガイドラインで扱う管渠マネジメントシステム技術には,大きく分けて走行型と固定型がある。走行型は,現場における作業帯範囲(道路占有面積)が大きく,管内をカメラが走行するため下水の流水による影響を受けやすい。一方,固定型(管口カメラ等)は,大きな機材を必要としないことから作業帯範囲が小さく,管内走行の必要もないことから下水の流水の影響も受けにくい。

このように,技術によって現場から受ける制約条件に大きな違いがあり,技術選定時に配慮が必要であることから,各技術における現場環境の側面から見た適用条件を整理する。

以下に,適用条件となる現場環境の項目の例を示す。

- (例) 道路環境・・・作業帯範囲, 交通量, 道路幅員等
- 下水環境・・・水深, 流速等

§ 16 専門技術性

管渠マネジメントシステム技術による管内調査を安全かつ円滑に実施するとともに、必要な調査成果を確実に取得するには、技術使用上の難易度や必要な専門知識を予め明確にしておくことが望ましい。

実証研究では、各技術を取り扱う際に要求される専門技術レベルを、既存資格等に置き換えて確認した。

【解 説】

管渠マネジメントシステム技術は、維持管理調査会社、コンサルタント、地方公共団体職員等の使用が想定される。このため、管渠マネジメントシステム技術を用いた管内調査を安全かつ円滑に実施し、必要な調査成果を確実に取得するために必要となる技術使用上の難易度や必要な専門知識を明らかにしておくことが望ましい。

実証研究では、管渠マネジメントシステム技術の使用にあたって要求される専門技術レベル（必要な技能、知識等）を、既存の資格等に置き換えて示した。なお、あくまで「既存の〇〇資格相当の専門性が必要」という意味であり、当該資格の必要有無は地方公共団体の発注仕様書に基づき決定されるものとする。

例えば、従来型 TV カメラの操作等に関する資格としては、（公社）日本下水道管路管理業協会の資格認定制度があり、資格の種類は下記の通りである。

①下水道管路管理総合技士

下水道および下水道管路施設に関して高度な専門知識と見識を有し、業務に関する的確な判断ができ、安全衛生、教育等について指導監督ができるほか維持管理計画等を立案し、必要な技術提案ができる水準

②下水道管路管理主任技士

下水道および下水道管路施設に関して専門知識を有し、専門技士や作業員等に適切な指示を与え、業務を適切に実行できるほか、施工(業務)計画書や成果報告書の作成ができる水準

③下水道管路管理専門技士

「清掃」「調査」「修繕・改築」の3部門があり、下水道および下水道管路施設に関して基礎的な知識および専門的スキルを有し、指示された業務について状況に応じた適切な機械器具を使用し、上級者を補佐して作業員等に指示し的確に業務処理ができるほか、成果内容を報告できる水準

この他、技術に応じて、コンクリート診断士、PQEST 協会認定資格、測量士等の資格が必要な場合もある。

§ 17 その他の諸元

§ 10 から § 16 で示されていない管渠マネジメントシステム技術固有の性能や期待できる効果等についても考慮する。

【解 説】

管渠マネジメントシステム技術には、様々な種類がある。このため、§ 10 から § 16 で示されていない技術固有の諸元についても機材メーカーが明確にして、管内調査に適用することが重要である。これにより、従来型 TV カメラでは得られない効果を把握することができ、管渠マネジメントシステム技術をより有効に活用することが可能となる。

以下に、その他の諸元の例を示す。

例 1) 衝撃弾性波検査法

耐荷力に関わる異常である腐食および破損が生じている管体の耐荷力を定量的に把握することにより、対策路線の絞り込み、対策路線の優先度づけ、ならびに適切な対策工法の選定ができる。その結果として、改築事業費の削減および改築事業費の平準化が可能となる。

例 2) 走行型カメラ

走行型カメラの中には、高い走破性により未洗浄管渠での運用でも土砂等の堆積物を走破するものがあることから、必要に応じて「堆積物走破率」を考慮する。

本ガイドラインでは、管径 250mm の管渠において管径の 20～30%堆積深の堆積物を走破できる割合を「堆積物走破率」として実証結果から算出した。

本ガイドラインにおける堆積物走破率の算出方法を以下に示す。

①実証研究のデータをもとに堆積物の走破可否を整理

実証フィールドで走破可能または走破不可能であった堆積物の堆積深（管径に対する割合）を走行型カメラごとに整理した。

②管径 250mm の管渠における管径の 20～30%堆積深の堆積物走破率を算出

本実証フィールドでは管径 250mm の管渠が大半を占めていたため、管径 250mm に関して整理した。また、①の結果から管径の 20%未満堆積深の堆積物をほぼ走破可能であり、一方、管径の 30%を超える堆積深の堆積物はほぼ走破不可能であったため、本ガイドラインでは管径の 20～30%堆積深の堆積物走破率を示すこととした。

③堆積物走破率の算出方法

以下の算出式に基づき、堆積物走破率を算出する。

$$\text{管径の 20～30\% 堆積深の走破率} = \frac{\text{管径の 20～30\%堆積深を走破可能な箇所数}}{\text{管径の 20～30\%堆積深の堆積物を走破可能な箇所数 + 走破不可能な堆積物の箇所数}} \times 100$$

第 4 章 スクリーニング調査技術

第1節 スクリーニング調査技術の概要

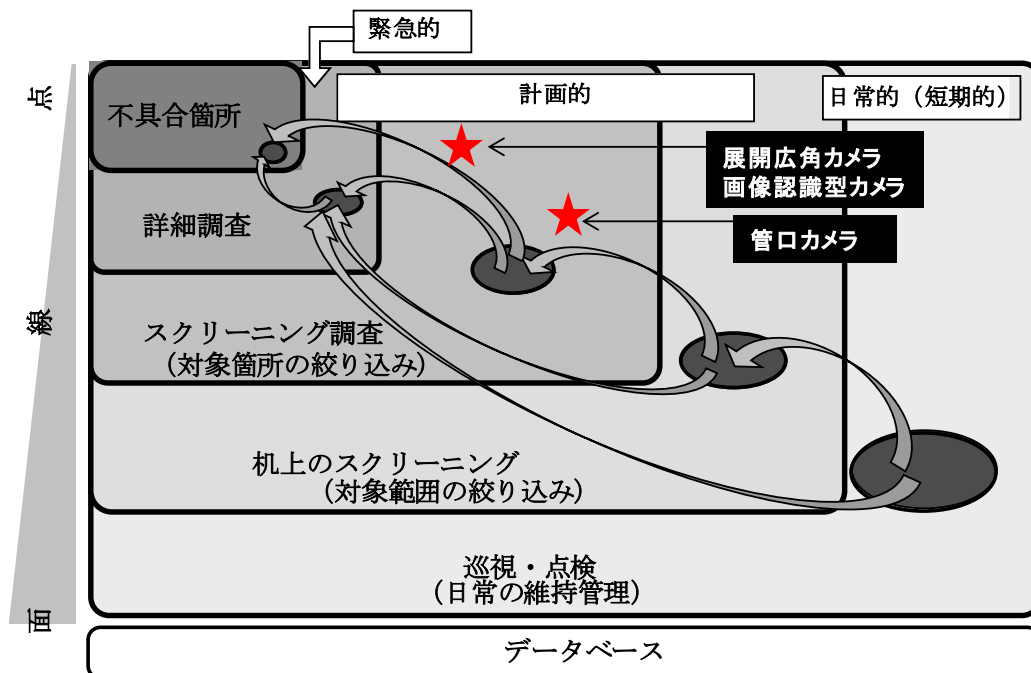
§ 18 スクリーニング調査技術の種類

本ガイドラインで取り扱うスクリーニング調査技術は、詳細調査および追加調査の対象箇所を絞り込む技術である。実証研究では、下記の3つのスクリーニング調査技術を対象とした。

- (1) 展開広角カメラ（スクリーニング調査）
- (2) 管口カメラ
- (3) 画像認識型カメラ

【解 説】

本ガイドラインで扱うスクリーニング調査は、詳細調査および追加調査の対象箇所を絞り込むことを主たる目的としている。対象となる調査技術は、各々で特徴や調査方法が異なり、これら技術を導入する際には、各技術の有する性能等を十分把握しておく必要がある。詳細調査の対象箇所の絞り込みと本ガイドラインで扱うスクリーニング調査（展開広角カメラ（スクリーニング調査）、管口カメラ、画像認識型カメラ）との関係のイメージを図 4-1 に示す。



※下水道管理者が保有するストックの状況や「巡視・点検・調査」の対象範囲等によって各フェーズの優先度が異なる。また、実施しないフェーズもあり得る。

図 4-1 対象箇所の絞り込みと本ガイドライン対象技術の関係

第2節 展開広角カメラ（スクリーニング調査）

§ 19 展開広角カメラによるスクリーニング調査の特徴

展開広角カメラは、画角 190 度の広角レンズを搭載している TV カメラ機器を用いて、走行と同時に管内の展開画像を取得し現場での異常診断を行わないことで、1 スパンを速く調査するスクリーニング調査技術であり、下記の特徴を有する。

- (1) 側視調査が不要
- (2) 現場での異常診断が不要
- (3) 未洗浄管渠の走行

【解 説】

展開広角カメラは画角 190 度の広角レンズを搭載している TV カメラ機器であり、本調査機器の管内走行と同時に管内の展開画像を作成することができることから、管壁面の状況を容易に把握することが可能である。このため、現場作業において管壁の側視調査が不要であり、かつ異常診断を室内作業にて実施できる。また、実証研究で用いた展開広角カメラは、走行において堆積深が管径の 20%~30%程度であれば、未洗浄管渠を停止することなく走行することができる。これらより、展開広角カメラによるスクリーニング調査では、現場における作業時間を大幅に短縮することができる。

実証研究の結果から、スクリーニング調査に用いる展開広角カメラとして必要な性能を有している機器として（必要な性能は § 21 を参照）展開広角カメラの外観を図 4-2 に示す。

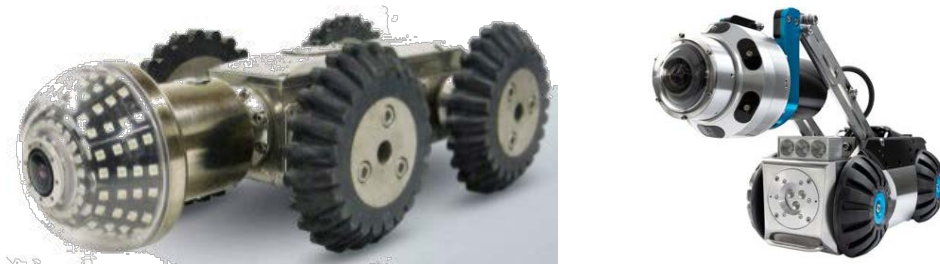


図 4-2 展開広角カメラの外観

展開広角カメラ（スクリーニング調査）の特徴は以下のようにまとめられる。

(1) 側視調査が不要

展開広角カメラを用いることで展開画像を作成することができ、側視による継手部および異常箇所の詳細確認を実施しなくても、管内状況を把握することができる。そのため、側視に伴う機器の停止が不要となり、日進量を大幅に向上させることが可能である。

（2）現場での異常診断が不要

展開広角カメラを用いることで展開画像を作成することができ、調査後の展開画像上での異常確認を行うことから、現場での異常診断が不要である。

（3）未洗浄管渠の走行

スクリーニング調査に使用する展開広角カメラは、堆積物の乗り越え性能を確保するために、走破性を高めるタイヤを装着するとともに、カメラヘッドが上下に移動できる構造を有している。乗り越えられる堆積深は、概ね管径の20～30%である。なお、走行不可能となる場合は、支障物の撤去や浚渫作業が必要となる場合があり、この場合、調査業務の契約変更又は別途作業の発注等）が必要となる。また、スクリーニング調査に使用する展開広角カメラは、照度の調整が可能であり、調査中に画像バランスを調整する。この照度調整を行うことで、管壁の汚れが原因の照り返しによる異常の見落としを低減できる。

§ 20 展開広角カメラによるスクリーニング調査方法

展開広角カメラを用いたスクリーニング調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

- (1) 作業編成
- (2) 調査手順
- (3) 異常診断・報告書作成

【解 説】

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

展開広角カメラを用いたスクリーニング調査は、準備（作業帯設置、酸欠調査等）、機材設置、計測（カメラ走行・測定等）、機材回収、片づけという作業が、現場における調査サイクルである。このサイクルを1日の作業時間の中で複数回行う。現地調査においては、表 4-1 に示すように、調査人員として、調査技士1名をはじめとする計5名、使用車両・機材として、展開広角カメラ搭載型車両、送風機、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周囲 2.5m×6m程度である。

表 4-1 展開広角カメラの作業区分、作業編成、必要機材等（現地調査）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯・酸欠調査等)	調査技士×1 調査助手×1 調査作業員×2 運転手(一般)×1 計5名	展開広角カメラ搭載型車両 チェンブロック マンホール鍵 送風機 ガス検知器 作業帯(カラーコーン、バー等)	2.5m×6m程度	記憶メディア 展開広角 TV 用 タイヤ 作業用品 (ウエス, ゴム 手袋, チョーク, ビニールテー プ, ヘルメット 等)
機材設置				
計 測 (カメラ走行・測定等)				
機材回収				
片づけ				

2) 異常診断・報告書作成における作業編成

室内作業においては、異常診断、報告書作成の流れで作業を行う。展開広角カメラ調査においては、展開画像データの保存が可能になるという点が、従来型 TV カメラ調査と大きく異なる点である。従来型 TV カメラ調査において現場で逐一異常判定していたものを、室内作業で行うことでより効率的な異常判定作業が可能となる。異常診断および報告書作成は、表 4-2 に示すように、調査人員として、管路主任技士 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材として、展開画像の編集が可能なソフトを搭載したパソコン等が必要となる。

表 4-2 展開広角カメラの作業区分，作業編成，必要機材等（異常診断・報告書作成）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
異常診断	管路主任技士×0.3 管理技士×1 調査技士×1 調査助手×1 計 3.3 名	パソコン等	—	記憶メディア (DVD, HDD, SD カード等) 綴込みファイル用紙, インク等
報告書作成				

(2) 調査手順

展開広角カメラを用いたスクリーニング調査の一連の流れを図 4-3 に示す。

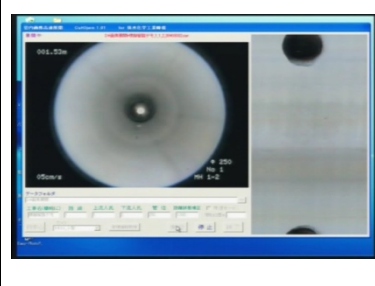
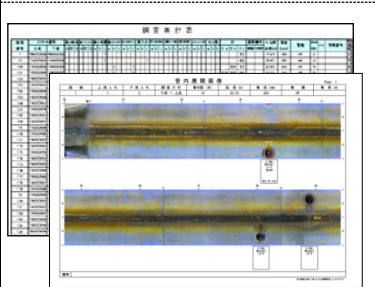
準備① 作業帯設置  【作業内容】 調査車両・マンホール周囲に 2.5×6mの範囲で作業帯を設置する。(カラーコーン・バーを設置)	準備② 酸素濃度測定  【作業内容】 マンホール内に進入する前に、測定器を用いて、マンホール・管内の酸素濃度・その他有害ガス濃度を計測する。	準備③ 管内換気  【作業内容】 管内の視界状況が調査に影響があると判断される場合には送風機により換気を行いながら作業する。
機材設置 管内へ挿入  【作業内容】 管内へ調査機材を挿入する。挿入する際には、マンホール内にて受け取り役の作業員が待機している。	計測① カメラ走行  【作業内容】 調査車両内のコントローラを操作し、計測する管体を確認しながら、展開広角カメラを走行させる。	計測② 展開図化  【作業内容】 走行と同時に、パソコン上でリアルタイムに撮影画像の展開図化を進める。
機材回収 管内から撤去  【作業内容】 機器を後退走行させながらケーブルを巻き取り、管内から調査機材を回収する。	異常診断 異常入力  【作業内容】 取得した展開画像データに継手位置・取付管位置・異常箇所の入力を行う。	報告書作成 帳票取りまとめ  【作業内容】 異常入力が完了した展開画像データを帳票として取りまとめる。(必要に応じて csv 変換しシステムへ入力)

図 4-3 展開広角カメラの調査手順

(3) 異常診断・報告書作成

1) 異常診断

腐食、軽微なクラック、浸入水について、人為的なミスによる（機器性能との複合要因を含む）異常の見落としや、判定者の認識の違いによるランクの取り違えを減少させるため、正確に異常を判定するための判定モデル写真を作成した（参考資料編Ⅱを参照）。

展開広角カメラによるスクリーニング調査においては、異常診断を現場で行わず、展開画像データを事務所に持ち帰って判定するため、たるみや浸入水に関しては、事務所において展開画像上で判定可能な表記とした。また、スクリーニング調査において異常診断の時間短縮を図るため、クラック幅等の計測が必要な異常項目（破損、クラック、継手ズレ）についても「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」を定性的な表記に見直した。表 4-3 に展開広角カメラによるスクリーニング調査における異常の判定基準（案）を示す。これらの見直しは、従来の数値を示した基準の代替として、スクリーニング調査用に表現を変更したものであるが、検出率や適合率の低下につながるため、詳細調査には用いない。なお、後述する検出率や適合率は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に基づき従来型 TV カメラ調査により判定された結果に対して、表 4-3 のスクリーニング調査用の判定基準に基づき展開広角カメラ調査により判定された結果を比較することで算定する。また、異常診断は、作業員により展開画像データ上で実施する。

表 4-3 展開広角カメラによるスクリーニング調査における異常の判定基準（案）

スパン全体の評価			
ランク	A	B	C
異常項目			
①管の腐食	鉄筋露出状態	骨材露出状態	—
②上下方向のたるみ 700mm 未満	内径以上	内径の 1/2 以上	水位の変化あり

管 1 本ごとの評価			
ランク	a	b	c
異常項目			
③管の破損	欠落（陥没）または 軸方向に管の半分以上に わたるクラック	欠けまたは 軸方向のクラック 開き有り	軸方向のクラック 割れ有り
④管のクラック	クラックが全周にわたっ て発生	周方向のクラック 開き有り	周方向のクラック 割れ有り
⑤管の継手ズレ	脱却	ソケットが 露出している	ズレ有
⑥浸入水	噴き出ている	流れている	浸入水跡有り
⑦取付管の突出し	本管内径の 1/2 以上	本管内径の 1/10 以上	本管内径の 1/10 未満
⑧油脂の付着	内径の 1/2 以上の閉塞	内径の 1/2 未満の閉塞	—
⑨樹木根の侵入	内径の 1/2 以上の閉塞	内径の 1/2 未満の閉塞	—
⑩モルタルの付着 （異物を含む）	内径の 3 割以上	内径の 1 割以上	内径の 1 割未満

※ は、展開広角カメラによるスクリーニング調査用に表記を変更した判定基準を示す。

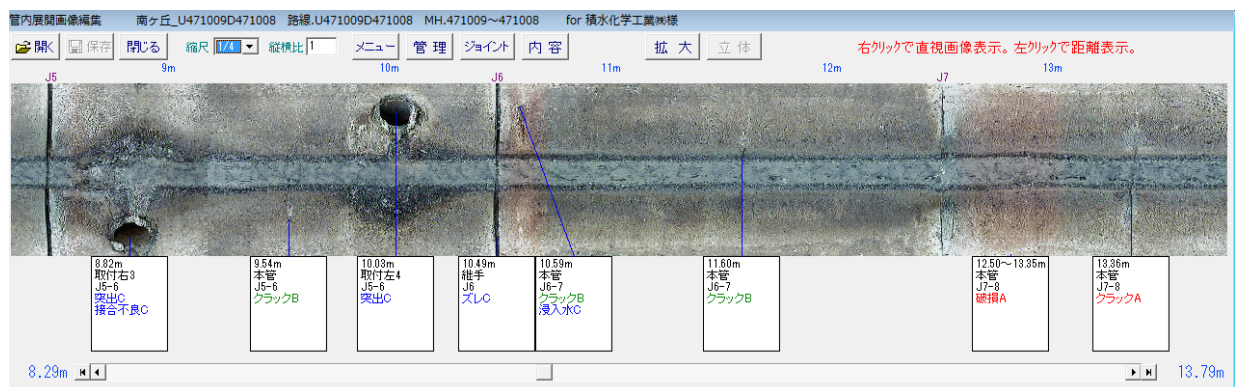


図 4-4 展開広角カメラによる展開画像データ上の異常診断実施例

2) 報告書作成

展開画像データ上で異常診断した結果はシステムで処理され自動的に調査記録表としてとりまとめられる。調査記録表の様式（例）を表 4-4 に示す。

表 4-4 記録表の様式（例）

上流人孔 No. 464001										下流人孔 No. 466003									
人孔番号	人孔種別	人孔深	管径深	人孔蓋種別	管種	管径	人孔間距離	人孔番号	人孔種別	人孔深	管径深	人孔蓋種別							
464001					管種	φ 250 mm	19.90 m	466003											
管本数	管口	1	2	3	4	5	6	7	8	9	管口								
管内容																			
写真番号																			
距離 (m)																			
管本数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
管内容			破損				クラック			クラック	クラック								
写真番号			C				B			A	A								
距離 (m)			3.40				10.40			18.06	19.22								
取付管方向			左																
ソケット部																			
管内容																			
写真番号																			
距離 (m)			2.92																
方位																			
管本数 管不良数 ソケット数 DVD番号 チャタ番号 撮影年度 占用位置																			
1. 国道、県道、市道 その他 2. 市道、歩道、 ガードレール内 その他																			
マーク	項目	破損	クラック	距離ブレ	上心の蛇行	ミルタル	浸入水	突出結合不良	腐食	漏れ、木根	その他	計							
現状箇所		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 B C							
管本数		1	2	1								2							
ソケット部												1							
計		1	2	1								2							

§ 21 機器の必要性能

スクリーニング調査に用いる展開広角カメラの標準仕様と，調査実施上で必要となる性能を整理する。

- (1) 標準仕様
- (2) 必要性能

【解 説】

(1) 標準仕様

実証研究に用いた3つの機種 of 展開広角カメラの標準仕様は表 4-5 の通りである。

表 4-5 展開広角カメラの標準仕様

機種	寸法	重量	走行速度	ケーブル長	画素	画角	照明
●a I 社 DSIII 	全長：367mm 幅：120mm 高さ：100mm	約 15kg	標準：6m/分 最大：17m/分	管径 350mm 以下は 200m 管径 400mm 以上は 500m	41 万画素	190 度	1Lux 以上 10 段階変換
●b S 社展開広角システム 	全長：388mm 幅：159mm 高さ：145mm	約 21kg	標準：6m/分 最大：18m/分	170m	40 万画素	190 度	3W×6 無段階変換
●c K 社 VCM5620V 	全長：637mm 幅：180mm 高さ：193mm	約 22kg	標準：4m/分 最大：18m/分	170m	38 万画素	190 度	1W×6 変換無し



図 4-5 展開広角カメラ b 機種（左図：側面，右図：前面）

(2) 必要性能

現在、国内では数種類の展開広角カメラが実用化されているが、展開広角カメラを用いてスクリーニング調査を適切に実施するための最低限の性能を表 4-6 に示す。

本技術は、未洗浄管渠調査に適用されるため、管壁の汚れの影響を考慮した視認性能が必要となる。また、現場での日進量の効率化を図るためには、従来型 TV カメラと同等の複数スパン連続調査を実施することが可能な走行性能が必要である。

今後の機器開発にあたっては、展開画像による異常項目ごとの異常ランク判定が、実証研究で作成した判定モデル写真※と同じレベルで確認できる性能が要求される。

※腐食、軽微なクラック、浸入水について、人為的なミスによる（機器性能との複合要因を含む）異常の見落としや、判定者の認識の違いによるランクの取り違えを減少させるため、明確に異常を判定するための判定モデル写真を作成した（参考資料編Ⅱを参照）。

1) 視認性能

実証研究では、表 4-5 に示す代表的な 3 機種を用いた。a, b 機種については、画素数が 40 万画素以上、かつ照度の調整機能を有しており、展開画像の画質調整も可能である。一方で、c 機種については 40 万画素以下、かつ照度の調整機能を有していない。

展開広角カメラ調査においてスクリーニング検出率およびスクリーニング適合率が低下する原因としては、側視方向への照明が強すぎ、画像自体が白くなるホワイトアウト現象（§ 23 を参照）が発生することがあげられ、c 機種において当該事例が多く確認された。

このことにより、管内調査中に照度の調整により画像バランスを図ることが、適切な異常診断を行うために必要な性能であるといえる。

2) 走行性能

従来型 TV カメラでは現場調査の日進量を向上させるため、現場条件に応じて複数スパンの連続調査等を実施する場合がある。本スクリーニング調査において同程度の複数スパンの連続調査を可能にするためには、150m以上のケーブル長が必要である。また、管内に堆積物を乗り越える際にカメラヘッドを上下に動かせることが必要である。

表 4-6 展開広角カメラ（スクリーニング調査）に必要な機器性能

必要性能	尺度	性能値
視認性能	画素数	40 万画素以上
	画角	190 度以上
	投光出力	3W×6 灯と同等以上
	照度	1Lux 程度以上
	照度調整	数段階の調整可能
走行性能	ケーブル長	150m以上
	カメラヘッドの可動性	カメラヘッドを上下に動かせる

§ 22 性能諸元と現場諸元

スクリーニング調査に展開広角カメラを使用した場合に期待される性能を、性能諸元、現場諸元、その他の諸元に分類したうえで整理する。

- (1) 性能諸元
- (2) 現場諸元
- (3) その他の諸元

【解 説】

スクリーニング調査に展開広角カメラを使用した場合に期待される性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元、その他の諸元に分類した上で下記の通り整理した。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、スクリーニング調査に展開広角カメラを用いた場合の性能諸元を評価した。性能諸元は、①日進量（m/日）、②調査コスト（円/m）、③確認可能な異常項目とランク、④異常確認精度（検出率・適合率）の4項目とし、評価結果は表 4-7 および表 4-8 に示す通りとなった。

なお、スクリーニング調査は管渠の洗浄を行わずに実施することを前提とするため、堆積物の影響により片側のマンホールからのカメラ走行ではスパン全体を調査できないこともある。このことから、日進量と調査コストは以下の2ケースに分けて算出している。

走行可能路線：片側からの走行で1スパンを全て調査できる場合

走行不可能路線：堆積物等により走行が不可能となり、洗浄後に再度スクリーニング調査を実施する場合

①日進量（m/日）

日進量は、従来型 TV カメラ（日進量：300m/日）に対して、走行可能路線の場合で約 1.8 倍、走行不可能路線の場合でも約 1.2 倍である。

②調査コスト（円/m）

調査コスト（洗浄費含まない）は、従来型 TV カメラ（約 1,000 円/m、洗浄費含む）に対して、走行可能路線の場合で約 0.6 倍、走行不可能路線の場合においても約 0.8 倍である。

つまり、堆積物の影響がある路線においても、従来型 TV カメラ調査と比較し、日進量が向上し、コストも縮減しているといえる。なお、スパン長等の現場条件により変動することがある。

③確認可能な異常項目とランク

本技術の確認可能な異常項目とランクは、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に記載のある 10 項目の異常およびランクである。スクリーニング調査は未洗浄管渠の調査であり、本技術では管壁の汚れと腐食 C の判別が困難であるため、腐食 C を確認可能な異常項目とランクから除いている。その他、木根・油脂・モルタルに属さない異物の区分は「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に記載がないため、作業員により判定が異なることとなる。そこで、本技術においては、その他の異物はモルタルと同様に除去が必要な流下障害物であると位置づけ、モルタル付着とその他の異物を区別なく判定するとしている。

④異常確認精度（検出率・適合率）

各異常項目の確認精度を表 4-8 に示す。

異常確認精度において、管体の耐荷力に影響を与える異常項目である腐食 A および破損 a の検出率は 90%以上あり見落としがほぼ無いといえる。一方、浸入水 a の判定基準は浸入水の動きを対象とするが、展開画像上では動きの認識が困難であるため、ランクの取り違えが生じている。また、浸入水の状況が日によって変わるため、展開広角カメラ調査の実施時と、比較対象として実施した従来型 TV カメラ調査時とで状況が異なっていることも原因と考えられる。

なお、検出率、適合率は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に基づき従来型 TV カメラ調査により判定された結果に対して、表 4-3 のスクリーニング調査用の判定基準に基づき展開広角カメラ調査により判定された結果を比較することで算定した。

表 4-7 展開広角カメラ（スクリーニング調査）の性能諸元

評価項目	性能諸元
① 日進量（m/日）	現地調査 走行可能路線：530m/日 走行不可能路線：350m/日 ※実証研究の結果をもとに 30m/スパンを想定して算定。 報告書作成：500m/日
② 調査コスト（円/m）	走行可能路線：600 円/m（洗浄費含まない） 走行不可能路線：760 円/m（洗浄費含まない） ※実証研究の結果をもとに 30m スパンを想定して算定。
③ 確認可能な異常項目とランク	腐食 C を除く、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」平成 25 年 6 月（（公社）日本下水道協会）」に記載のある 10 項目の異常および全ランク
④ 異常確認精度	表 4-8 参照

表 4-8 展開広角カメラ（スクリーニング調査）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	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しない ・他の異常と比較しランク取り違え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 油脂の付着および樹木根の侵入の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。

（2）現場諸元

実証研究の結果に基づき、スクリーニング調査に展開広角カメラを用いた場合の現場諸元を評価した。現場諸元は、①適用範囲（管渠属性）、②適用条件（現場環境）、③専門技術性の3項目とし、評価結果は表 4-9 に示す通りとなった。

①適用範囲（管渠属性）

展開広角カメラを適用できる管種は、従来型 TV カメラと同等であり陶管・コンクリート管・塩ビ管等とする。適用管径は、車体寸法上の制約より最小管径として 200mm、最大管径は 700mm である。適用できるスパン長については、調査機器のケーブル長の制約を受けるが、最大のスパン長として 200m までの調査が可能である。ただし、マンホールでの屈曲や大きな段差がある場合は、従来型 TV カメラ同様、1 スパンごとの調査となる。

その他の項目に対しても従来型 TV カメラとの比較を行った結果、同等であることが確認された。ただし、特異なインバート形状により、管口に設置した調査機器が安定しない場合は、展開画像の作成が不可能となり、展開広角カメラの適用は難しい。

②適用条件（現場環境）

展開広角カメラ調査の実施上制約となる条件について整理する。

管内の流水状況に関係する条件として、流速は 1.0m /s 以下とする。光ファイバーが設置されている場合、天井への敷設であれば走行上支障はないが、引き流し工法による敷設や天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は走行不可となることが多いため、調査においては十分な注意が必要である。交通量および道路幅員については、作業帯が確保できれば調査上問題になることはない。これらの制約条件は、従来型 TV カメラと同様である。

また、未洗浄管内の堆積深が管径の 20% 以下の場合は走行が可能であるが、堆積深が管径の 20% を超えるようになると、洗浄により堆積物の除去が必要となる場合がある（図 4-10 を参照）。

③専門技術性

機器の初期調整、機器の操作、異常項目およびランクの判定等の項目について、従来型 TV カメラと比較した結果、機器の初期調整および操作に関しては、従来型 TV カメラとおおよそ同等の専門性（下水道管路管理専門技士と同等の経験）があれば対応できること確認された。

腐食、軽微なクラック、浸入水について、人為的なミスによる（機器性能との複合要因を含む）異常の見落としや、判定者の認識の違いによるランクの取り違えを減少させるため、判定モデル写真を活用した判定を行う必要がある（§ 23 を参照）。

表 4-9 展開広角カメラ（スクリーニング調査）の現場諸元

評価項目	現場諸元
① 適用範囲 (管渠属性)	管種：コンクリート管，塩ビ管，陶管 管径：200～700mm 土被り：問わない マンホールサイズ：内径 900mm 以上 スパン長：200m以下 ※従来型 TV カメラと同等
② 適用条件 (現場環境)	水深：管径の半分まで 流速：1.0m/s 以下 光ファイバー有無：注意が必要（光ファイバーが引き流し工法で施工されている場合には，走行できないことが多い） 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員 ※従来型 TV カメラと同等
③ 専門技術性	試験・資格：酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者，下水道管理技術認定試験，下水道管路管理総合技士，下水道管路管理主任技士，下水道管路管理専門技士と同等 ※異常診断は，判定モデル写真を参考に実施すること

(3) その他の諸元

① 堆積物走破率

本技術は、スクリーニング調査技術であり、未洗浄管での走行を行う。堆積物は、§6 (1) 3) に示した通り、20～30%の堆積深を想定しておく必要があり、この際の走破性が重要となる。実証研究においては、管径 250mm の管内調査において、堆積深 20%以下では走破率 100%であり、また、堆積深 20～30%での走破率は 91%であった。

堆積物の乗り越えに重要となるのは、車体の最低地上高さ（水平な地表面から車体の一番低い箇所までの垂直距離）と車体の上部空間である。表 4-5 の機種 a と b は、ほぼ同寸法であり走破率に差異は見られなかった。参考として、機種 b の展開広角カメラの寸法図を図 4-6 に示す。機種 c については、照度調整ができないことよりスクリーニング調査に必要な性能を有していないため、堆積物走破率の算定対象としていない。

管径 200mm の管内調査を行う場合、最低地上高さは 28mm であり、また上部空間 28mm であることから、堆積深が 28%までは計算上走行が可能であるが、それ以上になると車体の上部空間に余裕がないため走行が不可能となる。

管径 250mm の場合、最低地上高さは 28mm であり、また上部空間 55mm であり、堆積高が 33%までは計算上走行が可能であるが、それ以上になると車体の上部空間に余裕がないため走行が不可能となる。本調査機器の管径 250mm における堆積深 20～30%の走破率は 91%であり、ほぼ走破が可能であることより、本調査機器は、堆積物が管内にある場合においても、車体の上部空間を有効に活用し走行可能であるといえる。

表 4-10 展開広角カメラの堆積物走破率（実証研究結果より）

堆積物深さ/管径	20%以下	20～30%
走破率	100%	91%
非走破率	0%	9%

※管径 250mm の走破率

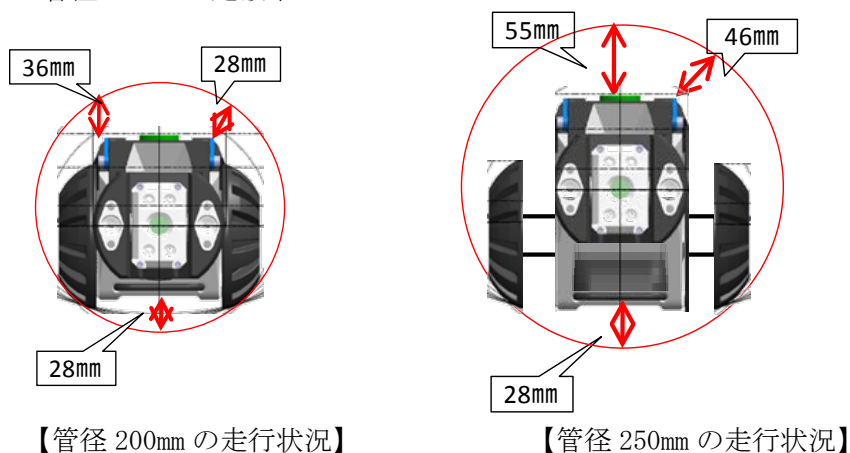


図 4-6 展開広角カメラの寸法図（正面）

§ 23 留意事項

スクリーニング調査として展開広角カメラを用いる場合は、以下の項目に留意する必要がある。

- (1) 照明の性能
- (2) 画像の展開方法
- (3) 判定者間のランク判定差の抑制法

【解 説】

(1) 照明の性能

展開広角カメラ調査では、図 4-7 に示すように側視方向への照明が強すぎて画像自体が白くなるホワイトアウト現象が発生することがある。このため、管内調査中にホワイトアウト現象を抑制する手順に従い、照度を調整することにより画像のバランスを図る必要がある。

展開広角カメラ	直視	側視（展開広角は展開画像）
従来型 TV カメラ		







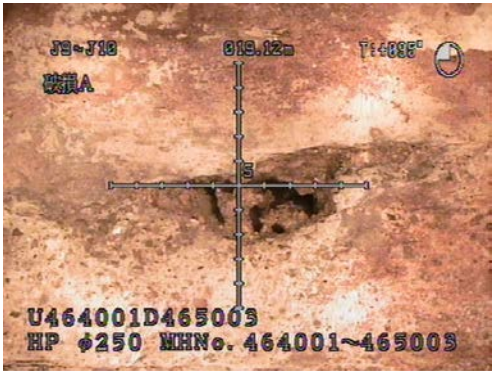


図 4-7 ホワイトアウト事例（破損 a）

（2）画像の展開方法

展開広角カメラによる撮影画像を展開図化する際、管頂部で切り取って画像を展開すると、管頂部に存在する異常事象を見落とす可能性がある。図 4-8 では、管頂部において管軸方向に鉄筋が露出する異常が発生しているが、管頂部で画像を切り取ったことにより、鉄筋が展開図の切り取り線上と重なったため確認が難しくなる事例を示している。

このため、必要に応じて管底部を展開して判定することを認識しておくことが重要である。

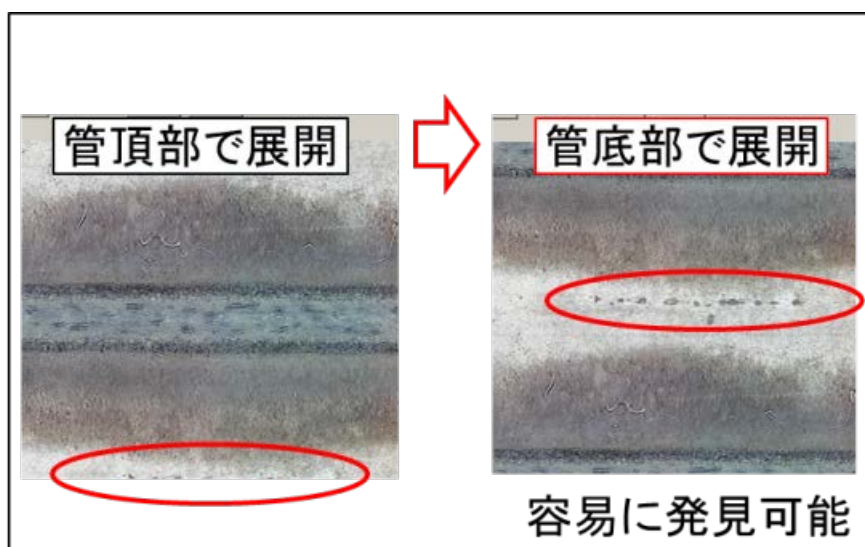
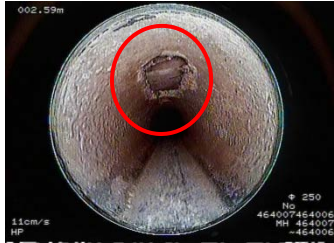
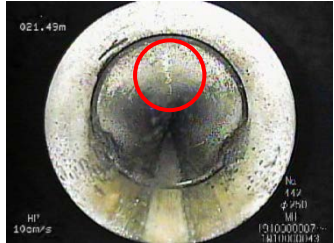
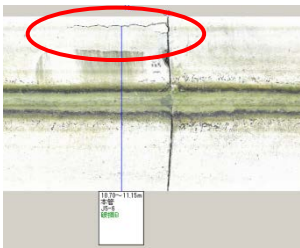
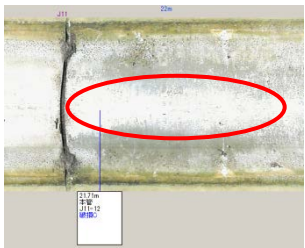


図 4-8 画像の展開方法の留意点

（3）判定者間のランク判定差の抑制法

展開画像上の異常の見え方は、従来型 TV カメラの映像データとは異なる。そのため、判定者の判定基準に対する認識の違いにより、異常項目およびランクの取り違いが生じる可能性がある。腐食、軽微なクラック、浸入水について、人為的なミスによる（機器性能との複合要因を含む）異常の見落としや、判定者の認識の違いによるランクの取り違いを減少させるため、判定モデル写真を活用した判定を行う必要がある。判定モデル写真の例として管の破損に関するものを表 4-11 に示す。その他の異常に関する判定モデル写真については、参考資料編Ⅱを参照されたい。

表 4-11 展開広角カメラ（スクリーニング調査）の判定モデル写真（例）（管の破損）

ランク	a	b	c
判定基準	欠落（陥没）または 軸方向に管の半分以上に わたるクラック	欠けまたは軸方向のクラック 開き有り	軸方向のクラック 割れ有り
判定の ポイント	・直視・展開画像にて管頂部 確認 (欠落) 管頂部に地山が露出 (クラック) 管頂部に軸方向のクラック が管長の半分以上ある	・直視・展開画像にて継手部 確認 (欠落) a 判定以外の欠落 継手部の円周を確認 (クラック) クラックに伴う開きによる 影を確認	・直視・展開画像にて継手部 確認 ・幅が開いていないクラック (ヘアクラック)
直視画像			
展開画像			
注意点	軸方向クラックは展開画像にて確認する際、管頂切りで確認する場合、見落とす場合があるため、直視画像にて確認		

第3節 管口カメラ

§ 24 管口カメラによるスクリーニング調査の特徴

管口カメラは、伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトを取り付けた簡易なスクリーニング調査技術であり、下記の特徴を有する。

- (1) 管内走行を行わない
- (2) マンホール内への立ち入りが不要
- (3) 簡易な操作性、高い携行性

【解 説】

管口カメラは、伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトを取り付けた機材である。調査の際は、機器を地上からマンホール内に挿入し、調査員が手元のモニターを見ながらズーム機能を使って管内を撮影する。管内走行しないため、日進量を飛躍的に向上させることができる。管口カメラの外観を図 4-9 に示す。



図 4-9 管口カメラの外観

管口カメラの特徴は以下のようにまとめられる。

(1) 管内走行を行わない

管口カメラは、地上部にあるマンホールからの管内調査であるため、従来型 TV カメラ調査と異なり管内走行は行わない。このため、日進量を大幅に増加させることが可能である。また、土砂等の堆積の有無に関わらず一定の日進量を確保できる。

(2) マンホール内への立ち入りが不要

調査員がマンホールや管内に立ち入る必要がないため、酸欠等の事故、落下事故等の恐れが少なく、マンホール内の昇降が困難な場所でも調査が可能となり、安全面で大きな利点がある。

(3) 簡易な操作性，高い携行性

機器はコンパクトで可搬性に優れ，操作も簡単であり，短時間で現地調査を完了できる。狭い調査区域であれば，自動車を使わない徒歩による移動での調査も可能である。

§ 25 管口カメラによるスクリーニング調査方法

管口カメラを用いたスクリーニング調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

- (1) 作業編成
- (2) 調査手順
- (3) 異常診断・報告書作成

【解 説】

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

管口カメラを用いたスクリーニング調査は、準備（作業帯設置、酸欠調査等）、機材設置（管口カメラをマンホール内に挿入）、計測（管口および管内の撮影、異常箇所記録）、機材回収、片づけという流れが、現場における調査サイクルであり、このサイクルを1スパンごとに行う。現地調査においては、表 4-12 に示すように、調査人員として、調査技士1名をはじめとする計3名、使用車両・機材として、管口カメラ、ガス検知器等が必要である。調査機材を携行できるため、徒歩での調査が可能であるが、調査対象範囲が広い場合には移動用・機材運搬用のライトバンが必要となることもある。作業範囲としてはマンホール周囲 2.5m×3m程度であり、従来型TVカメラ調査における 2.5m×6m程度よりも狭い範囲で調査することが可能である。

表 4-12 管口カメラの作業区分、作業編成、必要機材等（現地調査）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯・酸欠調査等)	調査技士×1 調査助手×1 調査作業員×1 計3名	ライトバン 管口カメラ ガス検知器 マンホール鍵 作業帯（カラーコーン、バー等）	2.5m×3m 程度	記憶メディア 作業用品 (ウエス, ゴム手袋, チョーク, ビニールテープ, ヘルメット等)
機材設置				
計 測 (管口および管内の撮影)				
機材回収				
片づけ				

2) 異常診断・報告書作成における作業編成

室内作業においては，異常診断（現地で記録した異常箇所の異常程度判定），報告書作成の流れで作業を行う。異常診断および報告書作成においては，表 4-13 に示すように，調査人員として，管路主任技士 0.3 名をはじめとする計 3.3 名，使用機材としてパソコン等が必要となる。

表 4-13 管口カメラの作業区分，作業編成，必要機材等（異常診断・報告書作成）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
異常診断	管路主任技士×0.3 管理技士×1 調査技士×1 調査助手×1 計 3.3 名	パソコン等	—	記憶メディア (DVD, HDD, SD カード等) 綴込みファイル用紙，インク等
報告書作成				

(2) 調査手順

管口カメラを用いたスクリーニング調査の一連の流れを図 4-10 に示す。

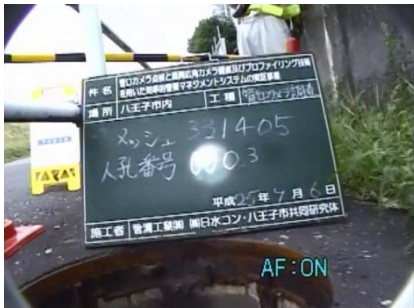
【準備】 作業帯設置後、ガス検知器でマンホール内部の酸素濃度および硫化水素濃度を測定し、安全確認を行う。 マンホールの下流側に、件名、場所、施工者、図面番号、マンホール番号等を記入した黒板を設置し、撮影を開始する。 黒板記載内容を撮影後、地上部の風景を撮影、その後、マンホール内部の撮影を行う。	
【機材設置】 管内の撮影は、下流側から開始する。下流管渠を12時とし、時計回りに撮影を行う。管口にカメラをセットすると、管口付近が死角となり異常を見逃しやすくなるため、必ずマンホールの中心にカメラをセットし、管口付近の確認を行った後に、管口にカメラをセットする。	
【計測】 管口部の全景を撮影後、管内の撮影を行う。管口部から3m未満は異常の発生確率が高いことから、入念に行う。 確認可能な異常項目の有無を判断し、記録および撮影を行う。 本管部は管壁に生じたクラックや破損、取付管等に注意して調査を行う。目地部は、隙間、ズレ、浸入水、木の根等に注意して調査を行う。可視範囲内の調査が終了したのち、そのまま録画を止めずに、他の流入管の調査を開始する。	
【機材回収・片づけ】 全ての管口、管内の調査が終了後、録画を停止し、管口カメラを地上から引き上げる。その際に、カメラに付着した汚物等で、路面を汚さないよう留意する。	
【異常診断】 現地で撮影した画像データを基に室内作業にて異常の程度の判定を行う。	

図 4-10 管口カメラの調査手順

(3) 異常診断・報告書作成

管口カメラを用いたスクリーニング調査では、見落とし等の生じないように現地において異常の内容を確認することに加え、現地で撮影した画像データを基に室内作業にて異常有無の判定を行う。

1) 異常診断

管口カメラをスクリーニング調査技術として利用する場合の異常診断における判定の基準（案）を表 4-14 に示す。管口カメラは、スクリーニング調査として利用することが前提であるため、1 スパンを通した流下阻害物および管内異常の有無を確認し、流下阻害物および管内異常（ランクは問わない）が1箇所でも確認された場合は調査優先度が高いスパンとして、洗浄工実施後に詳細調査を行う。

異常診断は、調査精度向上のため、見落とし等の生じないように現地調査時点の確認と室内での録画画像の確認の2段階で実施する。

なお、後述する検出率は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に基づき従来型TVカメラ調査により判定された異常が、管口カメラ調査により確認されるか否かを比較することで算定した。

表 4-14 管口カメラ調査スクリーニング判定基準（案）

区分		管内異常※1の有無	
		無し	有り※2
流下阻害物※3の有無	無し	経過観察	洗浄工＋詳細調査
	有り	洗浄工＋詳細調査※4	洗浄工＋詳細調査※4

※1：腐食，たるみ，破損，クラック，継手ズレ，浸入水

※2：異常のランク判定は，困難であるため行なわず，※1の項目が1箇所でも見られた場合，【有り】とする

※3：樹木根侵入，取付管の突出し，油脂の付着，モルタルの付着

※4：流下阻害物は管内の異常箇所から入ることが多いため詳細調査対象とする

2) 報告書作成

管口カメラ調査による調査結果を記録表にとりまとめる。現地調査時点の確認と室内での録画画像の確認で使用する記録表の様式（例）を表 4-15 に示す。異常の発生箇所については管の継手部分を目印とすることで、発生箇所を判断する。

表 4-15 管口カメラ調査記録表（例）

管口カメラ調査記録表										調査日：平成25年7月30日		調査員：〇〇 〇〇		No.											
図面番号： 330211		人孔番号： 0123																							
人孔調査結果														*異常箇所の判定は地上部より目視可能な範囲にて調査											
詳細調査	☐	要	ふた	有	状 況				写真番号	人孔	有	状 況				写真番号									
		ふたのタイプ			ふた変遷表を参照し、タイプ番号を記入					破損	☐	大規模な欠落、土砂が露出・流入している													
		欠け・クラック	☒	欠け、クラックが生じている					クラック	☐	大規模な亀裂、土砂が露出・流入している														
		がたつき	☐	管がずれる（クサビ等で処置した場合を除く）					浸入水	☐	吹き出ている														
清 掃	☐	表面摩耗	☐	模様との段差が無い状態					ズレ・隙間	☐	地山が露出目地部から土砂が流入														
		段差	☐	転倒の可能性がある					腐食	☐	鉄筋が露出（製品不良は含まない）														
		ふた裏の腐食	☒	刻印等が判読できない					足掛け	☐	昇降が困難な状態														
		開閉不可・不明	☐	埋没・不明・物が乗っている等					堆積物	☒	流下の阻害となる土砂、モルタル、異物等														
特記事項																									
*未確認箇所がある場合は詳細調査に ☒																									
管口カメラ調査結果 *管径は下水道台帳より引用																									
12時		管種	TP	管径	φ300	管渠番号	3302190023302240034 - 1 *（管渠番号20桁） - （上流より調査=1、下流より調査=2）																		
		管本数	1	1	2	3	?																		
詳細調査	☒	継手部	隙 水																						
		写真番号																							
清掃	☐	本管部	破	ク	ク	ク																			
		写真番号																							
備考：																									
3時		管種	VP	管径	φ200	管渠番号	33021900273302240042 - 2 *（管渠番号20桁） - （上流より調査=1、下流より調査=2）																		
		管本数	1	1																					
詳細調査	☒	継手部																							
		写真番号																							
備考：																									
凡例 破損：破 クラック：ク 浸入水：浸 取付管：取 突出し：突 模式図 特記事項 *人孔取付管、調査対象外管渠の調査結果は、ここへ記入 ・10時方向の調査対象外管渠を調査した結果、異常は確認されなかった。																									

§ 26 機器の必要性能

スクリーニング調査に用いる管口カメラの標準仕様と，調査実施上で必要となる性能を整理する。

- (1) 標準仕様
- (2) 必要性能

【解 説】

(1) 標準仕様

実証研究に用いた管口カメラの標準仕様は表 4-16 の通りである。

表 4-16 管口カメラの標準仕様

項目	仕様
機種	E 社 型式番号 QVH
寸法	ポール 最大 7.3m，収縮時 2.2m，直径 48mm カメラ 全長 370mm × 幅 150mm × 高さ 150mm
重量	ポール 3.8kg カメラヘッド 3.1kg
機器構成	カメラヘッド，伸縮ポール，バッテリー，3.6 インチモニター（レコード機能付き），コントローラー
通信ケーブル	接続ケーブル長 12m，直径 7.5mm
連続稼働時間	バッテリー 約 4 時間

(2) 必要性能

現在，国内では数種類の管口カメラ機種が実用化されているが，スクリーニング調査として利用する場合には，表 4-17 に示す性能を満足し，カメラ映像による異常項目ごとの判定が，判定モデル写真※と同じレベルで確認できる性能が要求される。

※判定モデル写真は，表 4-23 および参考資料編Ⅱを参照。

表 4-17 管口カメラに必要な機器性能

必要性能	尺度	性能値
視認性能	照明	最大 400Lux @60m以上
	ズーム	432 倍（36 倍光学，12 倍デジタル）以上
	画素数	38 万画素以上
適用性能	ポール長さ	7m以上

§ 27 性能諸元と現場諸元

スクリーニング調査に管口カメラを使用した場合に期待される性能を、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理する。

- (1) 性能諸元
- (2) 現場諸元

【解 説】

スクリーニング調査に管口カメラを使用した場合に期待される性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理すると下記の通りとなる。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、スクリーニング調査に管口カメラを用いた場合の性能諸元を評価した。性能諸元は、①日進量（m/日）、②調査コスト（円/m）、③確認可能な異常項目とランク、④異常確認精度（検出率・適合率）の4項目とし、評価結果は表 4-20 および表 4-21 に示す通りである。

①日進量（m/日）

日進量は、従来型 TV カメラ（300m/日）に対して、約 4.0 倍となった。なお、管口カメラによるスクリーニング調査は管内を走行する調査を伴わないため、日進量は走行不可能路線の有無によらず一定である。

②調査コスト（円/m）

調査コストは、従来型 TV カメラ（約 1,000 円/m、洗浄費含む）に対して、約 0.2 倍であった。ただし、管口カメラの場合、異常の確認されたスパンの緊急度判定を行うためには、これに加え詳細調査を実施する必要がある。

③確認可能な異常項目とランク

管口カメラで確認可能な異常項目は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成 25 年 6 月（（公社）日本下水道協会）」に記載のある 10 項目である。なお異常のランクの判定は行わない。

④異常確認精度（検出率・適合率）

管口カメラによるスクリーニング調査では、クラックの長さ等を正確に計測することができないため、異常の有無を確認することを目的として運用するものである。このため、ランク判定ができないことから、適合率の数値は示していない。

なお、検出率は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に基づき従来型 TV カメラ調査により判定された異常が、管口カメラ調査により確認されるか否かを比較することで算定した。

1) スパン長ごとの異常検出率

管口カメラはマンホールに固定して、ズーム機能を使って管内を確認するものであり、管口から離れた部分に発生した破損等の異常は見つけにくい。このため一般にスパン長が長くなるほど管口から離れた距離に異常が発生するため、異常の検出率が下がる傾向にある。今回の実証における全異常を対象としたスパン長ごとの検出率を表 4-18 に示す。スパン長が 30m を超える場合、全体の検出率は 20% を下回っており、また今回の実証の結果、管口から 30m 以降では得られたデータ数に偏りが見られたことから管口カメラの適用範囲をスパン 30m 以下とした。

表 4-18 管口からの距離別の異常検出率（コンクリート管一部抜粋）

項目 \ スパン長	10m以下	10m～ 20m以下	20m～ 30m以下	30m～ 40m以下	40m～ 50m以下	50m～
対象スパン数	79 件	131 件	210 件	220 件	197 件	33 件
検出可異常数	88 件	150 件	288 件	203 件	162 件	43 件
検出不可異常	103 件	325 件	787 件	852 件	750 件	194 件
検出率	46.1%	31.6%	26.8%	19.2%	17.8%	18.1%

2) 異常のランクごと、管口からの距離別の異常検出率

検出率は、距離がある場合でも管口カメラで視認可能な樹木根や管の突出しや管口付近に集中する傾向のあるクラック等は、高ランクのものであれば比較的視認しやすい（ランク a で 70～80%程度）。またスパンの広範囲に発生する高ランクの腐食、たるみについては概ね視認可能との結果が得られた。

一方、管口から離れた箇所に発生したクラック等は検出率が低い。また、ランク c の不具合については全体的に検出率が下がる傾向にある（10%程度）。浸入水については、他の異常項目に比べて特に検出率が低い（概ね 20%未満）。これは、管口カメラによるスクリーニング調査と、従来型 TV カメラ調査を異なる日時に実施しており、浸入水の発生状況が調査日時によって異なることも原因であると考えられる。

なお、管口カメラの場合、管の継手ズレ等に関して、光の反射具合等の影響によりコンクリート管と陶管で検出率に差違が見られるケースが確認されたため、両者を区分して算出している。

前述した通り、管口から離れた箇所に発生したクラック等は検出率が低下する傾向にあり、

管口から概ね3mより離れた管壁に生じる異常については、その傾向が顕著である。このため、実証研究においては管口からの距離別（3m以内、3～6m以内、6～9m以内、9～15m以内）に異常の検出できる割合を整理し、既往研究から整理した各異常の発生箇所の分布状況をもとに加重平均することで、検出率を算出した。以下に検出率の算出方法について示す。

- (a) 管口カメラの特性上、管口から離れた箇所が発生した異常ほど検出しにくい傾向にある。このため本実証研究においては、管口からの距離別に異常の検出できる割合を整理した。
- (b) 続いて既往の調査データをもとにスパン長ごとに各異常ランクの発生箇所の割合を整理し、(a)で整理した管口からの距離別の異常検出率を加重平均して各異常の検出率を求めた（表 4-19）。なお、実証研究の結果、管種（コンクリート管、陶管）で検出率に有意な差が確認されたため、管種ごとに検出率を算出した。検出率の整理結果を表 4-20 に示す。

表 4-19 管口からの距離別の異常検出率（コンクリート管一部抜粋）

コンクリート管	管口からの距離別の異常検出率 (実証結果より)				スパン長毎の異常発生割合(既往調査データより)												スパン長毎の異常検出率 (加重平均後)		
	管口から 3m以内 に発生する 異常	管口から 3m～ 6m以内 に発生する 異常	管口から 6m～ 9m以内 に発生する 異常	管口から 9m～ 15m以内 に発生する 異常	スパン長 10m以下				スパン長 10m～20m以下				スパン長 20m～30m以下				スパン長 10m以下	スパン長 10m～ 20m以下	スパン長 20m～ 30m以下
					管口から 3m～ 6m以内 に発生する 異常の割合	管口から 3m～ 6m以内 に発生する 異常の割合	管口から 6m～ 9m以内 に発生する 異常の割合	管口から 9m～ 15m以内 に発生する 異常の割合	管口から 3m～ 6m以内 に発生する 異常の割合	管口から 3m～ 6m以内 に発生する 異常の割合	管口から 6m～ 9m以内 に発生する 異常の割合	管口から 9m～ 15m以内 に発生する 異常の割合	管口から 3m～ 6m以内 に発生する 異常の割合	管口から 3m～ 6m以内 に発生する 異常の割合	管口から 6m～ 9m以内 に発生する 異常の割合	管口から 9m～ 15m以内 に発生する 異常の割合			
管の破損 a	71%	0%	18%	0%	84%	17%	0%	0%	46%	27%	27%	0%	40%	22%	12%	24%	60%	38%	31%
管の破損 b	69%	0%	0%	0%	86%	14%	0%	0%	48%	26%	26%	0%	30%	22%	24%	25%	60%	33%	20%
管の破損 c	29%	13%	14%	0%	96%	4%	0%	0%	68%	11%	18%	4%	43%	25%	8%	25%	28%	23%	17%
管のクラック a	92%	0%	0%	14%	95%	5%	0%	0%	60%	27%	13%	0%	65%	11%	13%	12%	88%	55%	62%
管のクラック b	72%	8%	0%	0%	92%	8%	0%	0%	67%	25%	8%	0%	62%	12%	11%	16%	67%	51%	46%
管のクラック c	47%	10%	0%	0%	88%	12%	0%	0%	64%	17%	13%	6%	62%	9%	15%	13%	43%	32%	30%
管の継手ズレ a	未確認																		
管の継手ズレ b	75%	33%	33%	33%	89%	11%	0%	0%	63%	38%	0%	0%	45%	15%	21%	18%	70%	59%	52%
管の継手ズレ c	14%	0%	7%	2%	70%	30%	0%	0%	26%	39%	32%	3%	19%	22%	27%	31%	10%	6%	5%

(算出例) スパン長 10m以下のコンクリート管における破損 a の検出率

$$\text{破損 a の検出率} = (71\% \times 84\% + 0\% \times 17\% + 18\% \times 0\% + 0\% \times 0\%)$$

$$= 60(\%)$$

赤字：管口からの距離別の異常検出率（表 4-19 赤枠部分）

青字：管口からの距離別の異常発生率（表 4-19 青枠部分）

表 4-20 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。

※油脂の付着および樹木根の侵入の 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。

表 4-21 管口カメラの性能諸元

評価項目	性能諸元
① 日進量 (m/日)	1,200m/日 ※実証事業の結果をもとに 30m スパンを想定して算定。 報告書作成業務：900m/日
② 調査コスト (円/m)	210 円/m ※実証事業の結果をもとに 30m スパンを想定して算定。
③ 確認可能な異常項目とランク	「下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案) 平成 25 年 6 月 (公社) 日本下水道協会」に記載のある 10 項目 (なお異常のランクの判定は行わない)。
④ 異常確認精度	表 4-20 参照

(2) 現場諸元

実証研究の結果に基づき、スクリーニング調査に管口カメラを用いた場合の現場諸元を評価した。性能諸元は、①適用範囲 (管渠属性)、②適用条件 (現場環境)、③専門技術性の 3 項目とし、評価結果は表 4-22 に示す通りとなった。

①適用範囲 (管渠属性)

前述した通り、スパン長の適用範囲は最大 30m である。これは、管口カメラはマンホールに固定して、ズーム機能を使って管内を確認するものであり、管口から離れた部分に発生した破損等の異常は見つけにくいためである。一般にスパン長が長くなるほど管口から離れた距離に異常が発生するため、異常確認精度が下がる傾向にあることに留意する必要がある。また、管渠の内径が 700mm を超える場合は焦点が合いにくいため適用外とする。ポール長さにも限界があるため、土被りの適用範囲は最大 7m としている。

②適用条件 (制約条件)

管口カメラはマンホールに固定して、ズーム機能を使って管内を確認するものであるため、管内の光ファイバーの有無、流速の影響は少ない。ただし、天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は異常を視認しづらくなる可能性がある。また水深が高いほど視認できる範囲が限られる。

③専門技術性

管口カメラ調査に求められる専門技術性は、従来型 TV カメラ調査技術と同等である。ただし、管口カメラの異常の見え方は、従来型 TV カメラとは異なり、調査精度は調査者の技術力に大きく影響される。そのため、判定者の判定基準に対する認識の違いにより、異常項目およびランクの取り違いが生じる可能性がある。

判定者の認識の違いによるランクの取り違えを減少させるためには、判定モデル写真を活用した判定を行うことが重要である。判定モデル写真の抜粋を表 4-23 に示す。その他の異常に関する判定モデル写真については、参考資料編Ⅱを参照されたい。

表 4-22 管口カメラの現場諸元

評価項目	現場諸元
① 適用範囲 (管渠属性)	管種：コンクリート管，塩ビ管，陶管 ※ただし，塩ビ管の場合，調査精度は他の管種と比べて低下する（詳細は § 59 を参照） 管径：200～700mm 土被り：7.0m以下 マンホールサイズ：内径 900mm 以上 スパン長：30m以下
② 適用条件 (現場環境)	水深：問わない（ただし，水深が高いほど視認できる範囲が限られる） 流速：問わない 光ファイバーの有無：問わない（ただし，天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は異常を視認しにくくなる可能性がある） 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員
③ 専門技術性	試験・資格：酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者，下水道管理技術認定試験，下水道管路管理総合技士，下水道管路管理主任技士，下水道管路管理専門技士と同等 ※異常診断は，判定モデル写真を参考に実施すること。判定精度を高めるために，訓練を受けた調査員で実施することが望ましい。

表 4-23 管口カメラによるスクリーニング調査・判定モデル写真（抜粋）

異常項目	破損	クラック	浸入水	継手ズレ
判定のポイント	軸方向の割れを確認	円周方向のクラックを確認	破損，クラック，目地部，取付管口を確認	目地部を確認
画像				
注意点	取付管口と間違えることがあるので，水の流れの跡を確認	目地と間違えることがあるため，幅が一定か，凹凸がないか等に注意	取付管からの流入水と間違えないように一定時間確認し，汚物が流れてこないか，流れの様子に変化がないかを確認	ズレが疑われるときは，光がジョイント部に反射するため，必ず全周を確認
全般的な注意点	・管口部から 3m 未満に異常の発生確率が高いことから，特に入念に確認する ・管口にカメラを設置すると，カメラ画角不足のため管口に近い異常を見逃しやすくなるため，必ずマンホールを中心にカメラを設置し，管口付近の確認を行った後に，管口にカメラを設置する ・管本体と目地部を交互に確認する ・マンホールに流入している管口から上流方向に向け調査を実施する場合，管の布設方法により，管 1 本の長さが陶管の場合 0.66～1.0m，コンクリート管の場合 2.0～2.43m 以内に目地はない。よって，その間に目地のようなものが確認された場合は，クラックや破損である可能性が非常に高い			

§ 28 留意事項

スクリーニング調査として管口カメラを用いる場合は、以下の項目に留意する必要がある。

- (1) 管口カメラの視認性
- (2) 目地模様とクラック、破損の判別
- (3) 判定者間の判定誤差の抑制と調査員の訓練
- (4) 詳細調査の実施
- (5) 塩ビ管の調査精度

【解 説】**(1) 管口カメラの視認性**

スクリーニング調査として管口カメラを用いる場合には、以下に示すような管口カメラの特性に留意する必要がある。

- ・視認可能な範囲は、管壁面の異常（破損、クラック、継手ズレ等）については管口周辺（機種にもよるが管口から概ね3m程度まで）、取付管突出しや木根侵入等の管断面を阻害する異常は約15m程度（使用機材により相違）に限られる。
- ・水平方向のズレ（管渠の抜け）、微細クラックの発見が困難である。
- ・管口から異常箇所までの距離が実測不可能である。
- ・管径800mm以上になると焦点が合いにくいいため、異常の視認性が低下する。
- ・側視ができない。
- ・もや、クモの巣等が発生しているスパンでは視認範囲が限定され調査精度が低下する可能性がある。

(2) 目地模様とクラック、破損の判別

管1本の長さは、陶管が0.66～1.0m、コンクリート管が2.0～2.43mである。管1本の長さよりも短い間隔で目地模様が確認される場合は、その目地模様はクラックや破損である可能性が高いことを予め認識したうえで、調査を実施する。

(3) 判定者間の判定誤差の抑制と調査員の訓練

異常の見落としを可能な限り防止するため、現地において異常の内容を確認することに加え、現地で撮影した画像データを基に室内作業にて異常有無の判定を行う2段階確認を基本とする。判定作業は、参考資料編Ⅱに示す判定モデル写真に基づき行うことが重要である。また、判定精度を高めるため、あらかじめ訓練を受けた調査員で実施することが望ましい。

(4) 詳細調査の実施

管口カメラによるスクリーニング調査では、異常ごとのランク判定を行わないため、緊急度を求めるためには、管口カメラで異常が検出されたスパンに対して詳細調査を実施しなければならない。

(5) 塩ビ管の調査精度

塩ビ管の場合、1 スパンあたりに発生する異常が少なく、管口カメラの目視範囲内に異常が見つからないことも多いため、見落としが発生しやすい傾向がある。このため、スクリーニング調査と詳細調査を組み合わせた総合的な調査精度（緊急度適合率）が他の管種と比べて低下することに留意が必要である（詳細は 6 章表 6-6 を参照）。

第4節 画像認識型カメラ

§ 29 画像認識型カメラによるスクリーニング調査の特徴

画像認識型カメラは、高度な画像認識技術による異常箇所の自動検出、内蔵電源・軽量ケーブルによる長距離調査を実現するスクリーニング調査技術であり、下記の特徴を有する。

- (1) 側視調査が不要
- (2) 現場での異常診断が不要
- (3) 内蔵電源・軽量ケーブルによる長距離調査
- (4) 画像認識技術による異常の自動検出

【解 説】

画像認識型カメラは、カメラヘッドを装着した車両と電源を内蔵した車両の2両編成から構成されるTVカメラ機器である。カメラヘッドは画像処理用に特化した7つの小型カメラ（前方ステレオカメラ：2個、周囲カメラ：4個、後方カメラ：1個）のほか、LED照明を搭載する。車両の2両目にはバッテリーが搭載されており、電源を有線で供給する必要が無く従来よりも細く軽いケーブルを使用できるため、長距離（直線の場合）の走行が可能である。画像認識型カメラの外観を図4-11に示す。

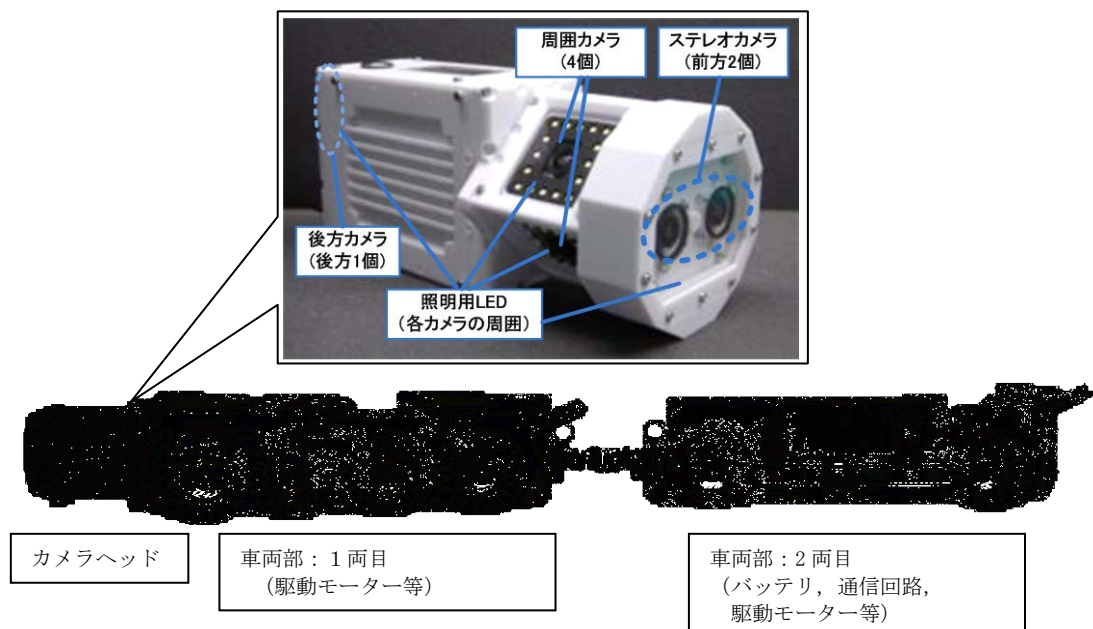


図 4-11 画像認識型カメラの外観

画像認識型カメラの特徴は以下のようにまとめられる。

(1) 側視調査が不要

画像処理用に設置された7つの小型カメラ（前方ステレオカメラ：2個，周囲カメラ：4個，後方カメラ：1個）により，前方および全周囲を漏れなく撮影できる。撮影した画像は，展開図化が可能であり，側視による異常箇所の詳細確認を実施しなくても，管内状況を把握することができる。また，継手や異常箇所ごとに機器を停止（側視）する必要がないため，日進量を大幅に向上させることが可能である。

(2) 現場での異常診断が不要

現地の撮影画像を持ち帰ってから専用ソフトによる異常箇所の自動検出を経て判定者による異常診断を行うことから，現場での異常診断が不要である。

(3) 内蔵電源に伴うケーブルの軽量化により長距離調査が可能

画像認識型カメラは，電源をTVカメラ側に搭載（従来型TVカメラはオペレータ用車両より電送ケーブルにて送電）している。さらに，DSL信号線で映像・操作コマンド等の情報を一括してデジタル信号でやり取りすることから，ケーブルはDSL信号線および補強のための線材のみでよい。また，DSL方式を採用することで遠距離の通信が可能となる。このため，従来よりも細く・軽いケーブルで，長距離となってもカメラを操作させることができる。

屈曲部や段差のない直線の管渠（堆積物なし）であれば，500m程度を1度の走行で調査が可能であり，堆積深が20%以下であれば，概ね走行が可能な走破性を有する。

(4) 画像認識技術

画像取得・マシンラーニング（機械学習）による一般画像認識技術を用いた不具合検出アルゴリズムにより，管内の異常箇所を自動的に判別し検出することができる。

具体的には，予め収集した管内の異常・正常箇所の画像を教師データとし，機械学習により検出ソフトウェアの動作を調整する。この検出ソフトウェアは画像を入力とし欠陥のカテゴリ（クラック・腐食等）を出力とするものであり，例えば，模様の連続性（例：クラックと継手の違い）や模様の荒さ（例：汚れと木根の違い）等といった様々な画像上の特徴のどれに着目して識別を行うかを機械学習により自動的に選別することで，出力されるカテゴリの精度が高くなる。

なお，異常診断においては，自動検出された箇所のみを室内において判定者がパソコンモニター越しに異常項目および異常程度の判定（ランク a, b の判定）を行う。報告書作成も自動化されており，従来型TVカメラの現場での異常診断および内業における報告書作成に要した労力および時間を大幅に軽減できる。

§ 30 画像認識型カメラによるスクリーニング調査方法

画像認識型カメラを用いたスクリーニング調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

- (1) 作業編成
- (2) 調査手順
- (3) 異常診断・報告書作成

【解 説】

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

画像認識型カメラを用いたスクリーニング調査は、準備（作業帯設置、酸欠調査等）、機材設置、計測（カメラ走行・測定等）、機材回収、片づけという作業が、現場における調査サイクルである。このサイクルを1日の作業時間の中で複数回繰り返し行う。現地調査においては、表 4-24 に示すように、調査人員として、調査技士1名をはじめとする計5名が必要なほか、使用車両・機材として、画像認識型カメラ、ライトバン等、送風機、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周囲2.5m×6m程度である。

表 4-24 画像認識型カメラの作業区分、作業編成、必要機材等（現地調査）

作業区分	作業編成・必要機材等			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯・酸欠調査等)	調査技士×1 調査助手×1 調査作業員×2 運転手(一般)×1 計5名	画像認識型カメラ ライトバン等 チェンブロック マンホール鍵 送風機 ガス検知器 作業帯(カラーコーン, バー等)	2.5m×6m 程度	記憶メディア 画像認識型カメラ 用タイヤ 作業用品 (ウエス, ゴム手袋, チョーク, ビニールテープ, ヘルメット等)
機材設置				
計 測 (ロボット走行・測定等)				
機材回収				
片づけ				

2) 異常診断・報告書作成における作業編成

室内作業においては、異常診断、報告書作成の流れで作業を行う。画像認識型カメラ調査においては、専用のソフトウェアにより異常箇所を自動で認識・検出した後に、異常が認められた箇所に対して判定者が異常診断を行う。従来型 TV カメラのような全ての画像を確認する必要がないことから、異常診断にかかる労力および時間を大幅に軽減することができる。

異常診断および報告書作成においては、表 4-25 に示すように、調査人員として、管理技士 1 名をはじめとする計 2 名、使用機材として、異常の自動認識を行うための専用ソフトウェアを搭載したパソコンが必要となる。

表 4-25 画像認識型カメラの作業区分、作業編成、必要機材等（異常診断・報告書作成）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
異常診断	管理技士×1 調査技士×1 計 2 名	専用ソフトウェア パソコン	—	記憶メディア (DVD, HDD, SD カード等) 綴込みファイル用紙、インク等
報告書作成				

(2) 調査手順

画像認識型カメラを用いたスクリーニング調査の一連の流れを図 4-12 に示す。

【準備】 調査車両・マンホール周囲に 2.5m×6mの範囲で作業帯(カラーコーン・バー)を設置する。 マンホール内に進入する前に、測定器を用いて、マンホール・管内の酸素濃度・その他有害ガス濃度を計測する。 管内の視界状況が調査に影響があると判断される場合には送風機により換気を行いながら作業する。 画像認識型カメラをマンホールへ投入するためのチェーンブロック等を準備する。	 
【機材設置】 カメラが2両構成のため、1両目2両目それぞれにロープ等を取り付けてマンホール内への上げ下ろしを実施する。	
【計測】 カメラの操作は、操作パソコンで実施した。管路調査技士が対象管路ごとに管路情報を操作パソコンに入力し、録画開始/一時停止/終了を画面に表示されているボタンをマウス操作することで実施する。	 
【機材回収・片づけ】 調査終了後、管内から調査機材を回収する。機器を後退走行させながらケーブルを巻き取り回収する。	
【異常診断】 現地で撮影した画像データを基に室内作業にて異常診断を行う。まずは、専用ソフトウェアを用いて自動診断を行い、異常発生箇所抽出する。その後、抽出された異常箇所について判定者により異常診断を行う。 また、必要に応じて展開画像化を行うこともできる。	 自動診断により抽出されたクラック

図 4-12 画像認識型カメラの調査手順

(3) 異常診断・報告書作成

1) 異常診断

画像認識型カメラにおける異常診断は、図 4-13 に示すように、画像認識の専用ソフトウェアによる自動診断による異常の検出（図 4-14）を行ったあとに、補足確認として動画を用いた判定者による目視確認（検出間違いの修正）により、表 4-26 に示す判定基準に基づいてランク付けを行う。なお、表 4-26 は本実証研究で適用したものであり、「下水道管路施設の調査・点検マニュアル（案）」に示されているランク判定基準とは若干異なった表現となっている。画像認識型カメラによるスクリーニング調査を導入する際には、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」と同様の判定基準に基づいて異常のランク判定を行うことも可能である。なお、後述する検出率、適合率は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に基づき従来型 TV カメラ調査により判定された結果に対して、表 4-26 の判定基準に基づき画像認識型カメラ調査により判定された結果を比較することで算定した。

この作業手順により、撮影した全ての画像を確認する必要が無いことから、異常診断にかかる労力および時間を大幅に軽減することができる。

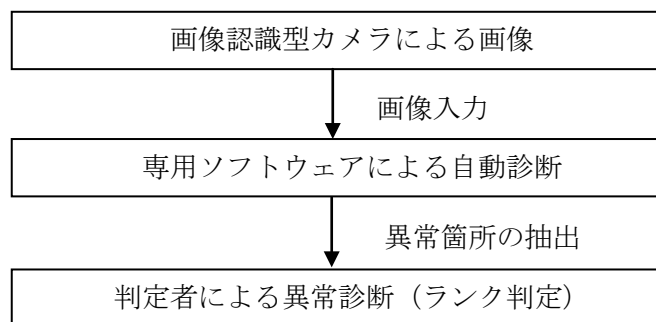


図 4-13 画像認識型カメラによる異常診断フロー



図 4-14 専用ソフトウェアによる自動検出結果およびランク入力画面

表 4-26 実証研究で適用した画像認識型カメラによるスクリーニング調査における
異常の判定基準（案）

（下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）と同様）

スパン全体で評価	ランク		A	B	C
	項目				
	1) 管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
	2) 上下方向のたるみ	管渠内径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
管渠内径700mm以上1650mm未満		内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満	
管渠内径1650mm以上3000mm以下		内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満	
管1本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
	3) 管の破損	鉄筋コンクリート管等	欠落 軸方向クラックで幅5mm以上	軸方向クラックで幅2mm以上	軸方向クラックで幅2mm未満
		陶管	欠落 軸方向クラックが管長の1/2以上	軸方向クラックが管長の1/2未満	—
	4) 管のクラック		鉄筋コンクリート管等	円周方向クラックで幅5mm以上	円周方向クラックで幅2mm以上
		陶管	円周方向クラックで長さが円周の2/3以上	円周方向クラックで長さが円周の2/3未満	—
	5) 管の継手ズレ		脱却	鉄筋コンクリート管等：70mm以上 陶管：50mm以上	鉄筋コンクリート管等：70mm未満 陶管：50mm未満
	6) 浸入水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
	7) 取付管の突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
	8) 油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	9) 樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	10) モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

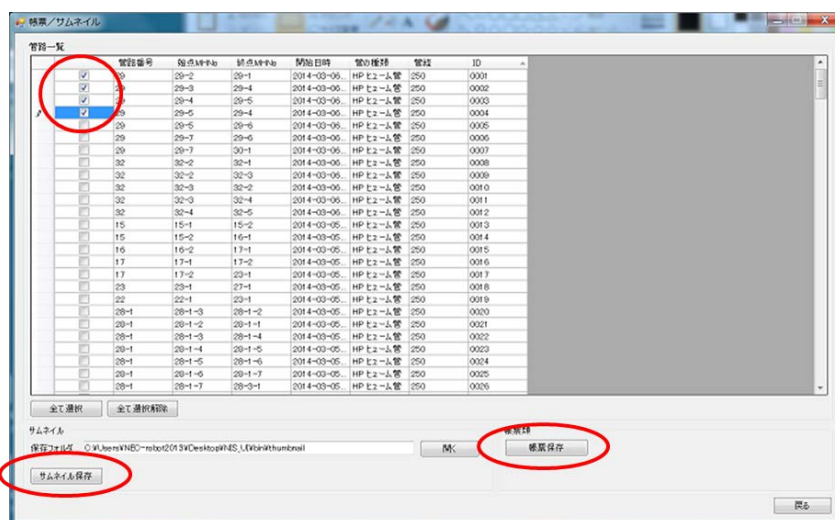
※段差は、mm単位で測定する。また、その他の異常（木片、他の埋設物等で上記にないもの）も調査する。

※7), 8), 9), 10)については、基本的に清掃等で除去できる項目とし、除去できない場合の調査判定基準とする。

出典：下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成25年6月（（公社）日本下水道協会）

2) 報告書作成

従来型 TV カメラでは、異常診断結果を記録した DVD 等のデータを、記録表に転記する作業が必要であったが、画像認識型カメラにおいては、1) の異常診断を行った管渠のリストから希望の管渠を選択するだけで、自動的に記録表が作成できる。図 4-15 に、異常診断した管渠のリストと出力される記録表（「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」と同じ様式）を示す。



↓ 記録表の出力

[illegible]

図 4-15 記録表の出カイメージ

§ 31 機器の必要性能

スクリーニング調査に用いる画像認識型カメラの標準仕様と，調査実施上で必要となる性能を整理する。

- (1) 標準仕様
- (2) 必要性能

【解 説】

(1) 標準仕様

実証研究に用いた画像認識型カメラの標準仕様は表 4-27 の通りである。

表 4-27 画像認識型カメラの標準仕様

項 目	仕 様
機 種	N 社製
寸 法	全長 1215mm×幅 170mm×高さ 150mm (1 両目長さ：572mm，2 両目長さ：480mm) (図 4-16 参照)
重 量	約 30 kg
機器構成	1 両目：カメラヘッド・駆動部，2 両目：電源（バッテリー）
走行速度	10m/分
通信ケーブル	外径 5.5mm，重量 24 kg/km
連続稼働時間	8 時間

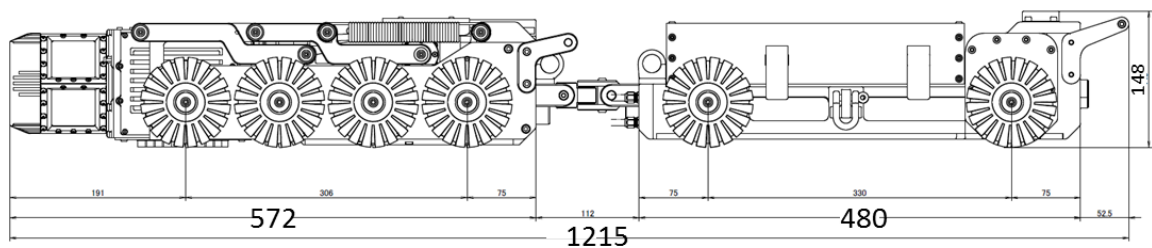


図 4-16 画像認識型カメラの寸法図（側面）

(2) 必要性能

本技術は、未洗浄管渠調査に適用されるため、管壁の汚れの影響を考慮した視認性能が必要となる。また、現場での日進量の効率化を図るためには、従来型 TV カメラと同等の複数スパン連続調査を実施することが可能な走行性能が必要である。

今後の機器開発にあたっては、展開画像による異常項目ごとの異常ランク判定が、実証研究で作成した判定モデル写真※と同じレベルで確認できる性能が要求される。

※腐食、軽微なクラック、浸入水について、人為的なミスによる（機器性能との複合要因を含む）異常の見落としや、判定者の認識の違いによるランクの取り違えを減少させるため、明確に異常を判定するための判定モデル写真を作成した（参考資料編Ⅱを参照）。

1) 視認性能

実証研究で用いた画像認識型カメラの必要性能のうち、視認性能に関する項目として画素数、画角、フレームレート、照明の各性能値を表 4-28 に示した。

2) 走行性能

従来型 TV カメラでは現場調査の日進量を向上させるため、現場条件に応じて複数スパンの連続調査等を実施する場合がある。本スクリーニング調査においても複数スパンの連続調査を可能にするためには、500mのケーブル長（カメラ本体と操作パソコンを有線で接続する場合）または、200mのケーブル長（カメラ本体と操作パソコンを無線で接続する場合）が必要である。また、管内の堆積物を乗り越える際にカメラヘッドを上下に動かせることが必要である。

表 4-28 スクリーニング調査に用いる画像認識型カメラに必要な機器性能

	必要性能項目		性能値
視 認 性 能	画素数		ステレオカメラ ※ ¹ 、後方カメラ ※ ² ：640 x 480 画素（VGA）以上 周囲カメラ ※ ³ ：752 x 480 画素（WVGA）以上
	画角	水平	ステレオカメラ、後方カメラ：122 度（計算値）以上 周囲カメラ：133.7 度以上
		垂直	ステレオカメラ、後方カメラ：102 度（計算値）以上 周囲カメラ：102 度以上
	フレームレート		15fps 以上
	照明		前方（1 ステレオカメラあたり） 【指向性 LED×4 個、拡散性 LED×44 個】相当の明るさ 周囲（1 カメラあたり） 【拡散性 LED×32 個】相当の明るさ 後方 【指向性 LED×3 個】相当の明るさ
走 行 性 能	ケーブル長		本ドラム：500m （カメラ本体と操作 PC を有線で接続する場合） 仮ドラム：200m （カメラ本体と操作 PC を無線で接続する場合）
	カメラヘッドの可動性		カメラヘッドを上下に動かせる

※1：前方に配置したステレオカメラは、横並びにした2個のカメラからなり、カメラ走行時の前方画像を撮影する。

※2：後方には、後退時の障害物を確認するため1個のカメラを配置している。

※3：周囲カメラは、管内の壁面全周を一度に撮影するため、カメラヘッドの周囲に、互いに90度の角度で4個のカメラを配置する。

§ 32 性能諸元と現場諸元

スクリーニング調査に画像認識型カメラを使用した場合に期待される性能を、性能諸元、現場諸元、その他の諸元に分類したうえで整理する。

- (1) 性能諸元
- (2) 現場諸元
- (3) その他の諸元

【解 説】

スクリーニング調査に画像認識型カメラを使用した場合に期待される性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元、その他の諸元に分類したうえで、下記の通り整理した。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、スクリーニング調査に画像認識型カメラを用いた場合の性能諸元を評価した。性能諸元は、①日進量（m/日）、②調査コスト（円/m）、③確認可能な異常項目とリンク、④異常確認精度（検出率・適合率）の4項目とし、評価結果は表 4-29 および表 4-30 に示す通りとなった。

なお、スクリーニング調査は管渠の洗浄を行わずに実施することを前提とするため、堆積物の影響により片側のマンホールからのカメラ走行ではスパン全体を調査できないこともある。このことから、日進量と調査コストは以下の2ケースに分けて算出している。

走行可能路線：片側からの走行で1スパンを全て調査できる場合

走行不可能路線：堆積物等により走行が不可能となり、洗浄後に再度スクリーニング調査を実施する場合

①日進量（m/日）

現地調査における日進量は、調査対象スパン長が30mと想定して算出すると、従来型TVカメラ（日進量300m/日）に対して、走行可能路線の場合は1.6倍、走行不可能路線の場合は約1.1倍となった。

報告書作成業務の日進量は、判定者による判定の前段に画像認識による自動欠陥検出を行うことから1,070m/日となり、高い効率性を示した。

②調査コスト（円/m）

調査コスト（洗浄費含まない）は、従来型TVカメラ（約1,000円/m、洗浄費込み）に対して、走行可能路線の場合で約0.5倍、走行不可能路線の場合は約0.7倍であった。

つまり、堆積物の影響がある路線においても、従来型TVカメラ調査と比較し、日進量が向

上し、コストも縮減しているといえる。なお、スパン長等の現場条件により変動することがある。

③確認可能な異常項目とランク

画像認識型カメラで確認可能な異常項目は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成25年6月」（（公社）日本下水道協会）に記載のある10項目であり、判定可能な異常のランクはランクb以上である。

④異常確認精度（検出率・適合率）

各異常項目の確認精度を表4-29に示す。

異常確認精度において、管体の耐荷力に影響を与える異常項目である腐食ランクAおよび破損ランクaの検出率は75%～86%であった。一方、モルタル付着については、ランクaの該当件数が極めて少なく、1件の判定ミスが大きく影響し、他の異常項目よりも低い値となっている。また、浸入水の検出率は、他の項目と比べてやや低くなっているが、これは浸入水のランクbやcの状況が、水が壁面を流れている状況や滲んでいる状況であり、未洗浄の管のように汚れた状態であると判別が困難であることが要因と考えられる。また、浸入水の状況は日によって変わるため、画像認識型カメラ調査の実施時と、比較対象として実施した従来型TVカメラ調査時とで状況が異なっていることも原因と考えられる。

適合率は、たるみ、破損、クラック、取付管突出し、油脂の付着、樹木根侵入の適合率は80%以上と高い値を示している。一方、モルタル付着および浸入水の適合率は、上記と同じ理由から他の異常項目よりも低い値となっている。

なお、検出率、適合率は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に基づき従来型TVカメラ調査により判定された結果に対して、表4-26の判定基準に基づき画像認識型カメラ調査により判定された結果を比較することで算定した。

表 4-29 画像認識型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	適合率		
管の腐食	A	75%	75%	0%	・該当件数が極めて少なく, 1 件のミスが大きく影響 ・汚れが多く付着している場合に腐食と見分け難いため, 検出できないことや, 適合率が低下する事象が見られた
	B	75%	75%		
	C	—	—		
上下方向の たるみ	A	100%	100%	5%	
	B	94%	88%		
	C	—	—		
管の 破損	a	86%	86%	0%	
	b	87%	87%		
	c	—	—		
管の クラック	a	94%	94%	3%	
	b	83%	80%		
	c	—	—		
管の 継手ズレ	a	未確認	未確認	未確認	・ランク a, b は, 実証フィールドに事象無し
	b	未確認	未確認		
	c	—	—		
浸入水	a	未確認	未確認	6%	・ランク a は, 実証フィールドに事象無し ・ランク b, c は, 壁面の流れや滲み程度であり, 汚れ等との判別が困難 ・従来型 TV カメラと調査日が異なっており浸入水ランクに差異
	b	75%	70%		
	c	—	—		
取付管 突き出し	a	未確認	未確認	0%	・ランク a は, 実証フィールドに事象無し
	b	89%	89%		
	c	—	—		
油脂の 付着	a	未確認	未確認	0%	・ランク a は, 実証フィールドに事象無し
	b	100%	100%		
	c	—	—		
樹木根の 侵入	a	100%	100%	0%	
	b	89%	89%		
	c	—	—		
モルタルの 付着	a	50%	50%	0%	・ランク a の該当件数が少なく, 1 件のミスが大きく影響 ・土砂やトイレトペーパー等の堆積物がある場合にモルタルと見分けが困難なことや, モルタルが埋もれていたりするため, 検出できないことや, 適合率が低下する事象が見られた
	b	73%	73%		
	c	—	—		

※未確認：実証フィールドでは事象が見られなかった。

※「—」：b ランク以上を判定対象としている。

※水深が管径の最大 1 割程度の状態で調査を実施した。

表 4-30 画像認識型カメラの性能諸元

評価項目	定量的諸元
① 日進量 (m/日)	走行可能：480m/日 走行不可能：340m/日 ※実証研究の結果をもとに 30m スパンを想定して算定 報告書作成業務：1,060m/日
② 調査コスト (円/m)	走行可能：520 円/m 走行不可能：670 円/m ※実証研究の結果をもとに 30m スパンを想定して算定
③ 確認可能な異常項目とランク	確認できる異常項目：「下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案)平成 25 年 6 月」((公社) 日本下水道協会) に基づく 10 項目 判定可能な異常のランク：ランク b 以上
④ 異常確認精度	表 4-29 参照

(2) 現場諸元

実証研究の結果に基づき、スクリーニング調査に画像認識型カメラを用いた場合の現場諸元を評価した。性能諸元は、①適用範囲（管渠属性）、②適用条件（現場環境）、③専門技術性の3項目とし、評価結果は表 4-31 に示す通りとなった。

①適用範囲

画像認識型カメラ調査が適用できる管種は、コンクリート管とする。これは、実証研究にて確認した管種がコンクリート管のみであったためであり、陶管や塩ビ管には適用できないことを示すものではない。

適用管径は、車体寸法上の制約より最小管径として 200mm、最大管径は 700mm である。

適用できるスパン長は、バッテリーを内蔵していることや軽量のケーブルを使用することから、最長のスパン長として 500m までの調査が可能である。ただし、マンホールでの屈曲や大きな段差がある場合は、機材寸法（全長：図 4-16 参照）および構造の都合上走行できないため、従来型 TV カメラ同様、1 スパンごとの調査となる。

②適用条件（現場環境）

画像認識型カメラ調査の実施上制約となる条件について整理する。

管内の流水状況に関係する条件として、流速は 1.0m/s 以下とする。この制約条件は、従来型 TV カメラと同様である。

光ファイバーが設置されている場合、天井への敷設であれば走行上支障はないが、引き流し工法による敷設や天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は走行不可となることが多い。

め、調査においては十分な注意が必要である。

交通量および道路幅員については、作業帯が確保できれば調査上問題になることはない。

③専門技術性

画像認識型カメラによるスクリーニング調査は、現地の撮影画像を持ち帰ってから専用ソフトによる異常箇所の自動検出を経て判定者による異常診断を行う。このため、現場オペレータには異常診断の経験を問わないが、室内での異常診断（ランク判定）を実施する判定者については、従来型 TV カメラでの現地オペレータに求められる経験および知識等と同等（下水道管路管理専門技士等）の専門技術性が求められる。

表 4-31 画像認識型カメラの現場諸元

評価項目	定性的諸元
① 適用範囲 (管渠属性)	管種：コンクリート管 管径：200～700mm 土被り：問わない マンホールサイズ：内径 900mm 以上 スパン長：500mまで
② 適用条件 (現場環境)	水深：管径の半分まで 流速：1.0m/s 以下 光ファイバー有無：注意が必要（光ファイバーが引き流し工法で施工されている場合には、走行できないことが多い） 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員
③ 専門技術性	試験・資格：現地調査は酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者、下水道管理技術認定試験、下水道管路管理総合技士、下水道管路管理主任技士、下水道管路管理専門技士と同等。 現場オペレータには異常判定の経験を問わない。 ※異常診断は、下水道管路管理専門技士と同等

(3) その他の諸元

1) 堆積物の走破性

本技術は、スクリーニング調査技術であり、未洗浄管を走行する。堆積物は、§6(1)3)に示した通り、20～30%の堆積深を想定しておく必要があり、この際の走破性が重要となる。実証研究においては、管径 250mm の管内調査において、堆積深が 20%以下のスパンでは走破率 100%であるが、堆積深が 20～30%のスパンにおける走破率（＝走行できたスパン／堆積が 20～30%あるスパン）は 21%であった。

なお、実証研究における調査対象全スパン数に対する走破できたスパン数の割合は、分流地区で 83%，合流地区で 43%，全体で 72%であり、堆積物の多い合流地区で、走行できないスパン数の割合が高くなる傾向にある。

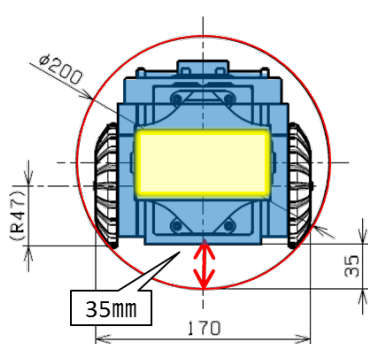
堆積物の乗り越えに重要となるのは、車体の最低地上高さ（水平な地表面から車体の一番低い箇所までの垂直距離）と車体の上部空間である。画像認識型カメラの寸法図を図 4-17 に示す。管径 200mm の管内調査を行う場合、最低地上高さは 35mm であり、堆積物 18%までは計算上走行が可能であるが、それ以上になると車体の上部空間に余裕がないため走行が不可能となる（土砂堆積が無くても、上部空間に余裕がないため、取付管突出しや樹木根により走行不可能になることや、機器が損傷する場合があるので注意が必要）。

また、内径 250mm の場合、地上高さは管径の 21%に相当する 52mm であり、車体上部の空間にも余裕がある。計算上は堆積深 40%程度までは走行が可能であるが、タイヤの接地面と最低地上高さがほぼ同じレベルにあることからタイヤが土砂に沈むと走行が困難になる場合がある。このため実証研究における堆積深 20～30%での走破性が低くなっている。

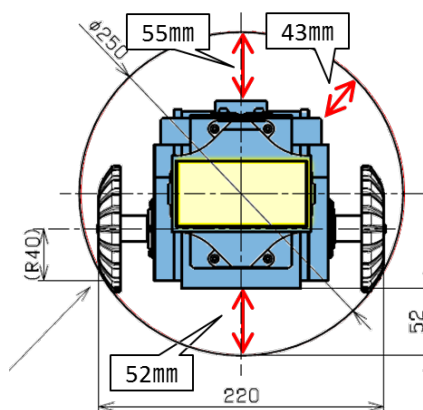
表 4-32 画像認識型カメラの走破性（実証研究結果より）

堆積物深さ/管径	20%以下	20～30%
走破率	100%	21%
非走破率	0%	79%

※管径 250mm の走破率



【管径 200mm の走行状況】



【管径 250mm の走行状況】

図 4-17 画像認識型カメラの寸法図（正面）

§ 33 留意事項

スクリーニング調査として画像認識型カメラを用いる場合は、以下の項目に留意する必要がある。

- (1) 画像認識型カメラの重量
- (2) 異常診断の精度向上
- (3) 複数スパンの連続調査時の制約
- (4) 判定者間のランク違いの抑制

【解 説】

(1) 画像認識型カメラの重量

TV カメラは2両連結方式で、機器重量が計約 30 kgであり、マンホール内へ投入する場合は、チェンブロックを使用する等、マンホール内作業員への安全性の配慮や労力軽減を図る必要が有る。

(2) 異常診断の精度向上

本技術は、画像認識技術と学習機能による異常の自動検出が可能である。しかしながら現状では、データ蓄積の不足等により、異常の項目は正確に判定できても、異常の程度（ランク判別）を正確に判定するには至っていない。

このため、異常の程度を判定する場合には、自動検出で異常箇所を抽出し、その抽出箇所は判定者が画像を目視で確認する必要がある。



(3) 複数スパンの連続調査時の制約

本技術は、電源をカメラ側に搭載し、通信ケーブルの軽量化と高強度化を図ることで、走行性能を向上させており、従来型 TV カメラより長距離（複数スパン）の調査が可能である。

ただし、カメラの機材寸法・形状の都合上、通過するマンホールのインバートの曲がりや段差等の形状によっては通過できない場合があるので、複数スパンを連続調査する場合には事前確認することが望ましい。

(4) 判定者間のランク違いの抑制

異常診断を実施するにあたり、画像認識型カメラ特有の画像（正面画像および側面画像）による判定者の基準認識の違いを抑制するため、判定モデル写真に基づき判定を実施することが重要である。特に、画像認識による自動欠陥検出を行ったあとに判定者が補足確認を実施する場合に

各判定者のランク認識の相違を抑制することが重要になる。管の破損における判定モデル写真の例を表 4-33 に示す。なお、その他の異常判定項目に関する判定モデル写真については、参考資料編Ⅱに示す。

表 4-33 参考・画像認識型カメラによるスクリーニング調査・判定モデル写真（管の破損例）

判定項目	破損（軸方向クラック）	
ランク	a	b
判定基準	欠落（陥没）	全体に亀裂
判定内容	- 正面および側面画像の双方で確認 - 管の全面あるいは軸方向に連続または部分的に欠落している場合	- 正面および側面画像の双方で確認 - 管の軸方向または全体に亀裂（クラック）が発生している場合
正面画像		
側面画像		
備考	汚れ等との見間違い（誤検出）を防ぐため、欠落内部および段差部に発生する影にも注意する	汚れ等との見間違い（誤検出）を防ぐため、亀裂（クラック）の開きによる影および形状にも注意する

第 5 章 詳細調査技術および追加調査技術

第1節 詳細調査技術および追加調査技術の概要

§ 34 詳細調査技術および追加調査技術の種類

スクリーニング調査と組み合わせて実施する詳細調査は、スクリーニング調査で絞り込まれた管渠に対して、その後の対応方法（改築・修繕）を判断するための情報収集を目的として実施するものであり、従来型 TV カメラと同様に下水道管渠の構造的異常や機能的異常の程度を判定する「詳細調査技術」と、従来型 TV カメラでは確認できない異常項目を高い精度で調査する「追加調査技術」がある。

本実証研究では、下記の 1 つの詳細調査技術と、詳細調査と併せて実施する 3 つの追加調査技術を対象とした。

【詳細調査技術】

- (1) 展開広角カメラ（詳細調査）

【追加調査技術】

- (2) 衝撃弾性波検査法
- (3) 管路形状プロファイリング
- (4) 傾斜計測計

【解 説】

詳細調査は、点検やスクリーニング調査によって発見された異常を、視覚調査をはじめとする各種調査で把握し、異常の程度を見極めて、改築、修繕等の対策につなげる調査である。

本ガイドラインで扱うのは、スクリーニング調査によって抽出された管渠に対して、改築や修繕の必要性を判断するために、従来型 TV カメラ調査技術と同等の精度で、下水道管渠の構造的異常や機能的異常の程度を定量化し、緊急度を判定する「詳細調査技術」と、従来型 TV カメラによる詳細調査だけでは確認できない異常の把握や、特定の異常項目を従来型 TV カメラ以上の精度で計測することを目的に、本来の詳細調査に追加して実施する「追加調査技術」である。

本ガイドラインでは、実証研究で対象とした下記技術について、技術の諸元や調査方法、調査実施上の留意事項を整理する。

- (1) 展開広角カメラ（詳細調査技術）
- (2) 衝撃弾性波検査法（追加調査技術）
- (3) 管路形状プロファイリング（追加調査技術）
- (4) 傾斜計測計（追加調査技術）

第2節 展開広角カメラ（詳細調査）

§ 35 展開広角カメラによる詳細調査の特徴

展開広角カメラは、広角レンズ（画角 190 度）を搭載している TV カメラ機器であり、詳細調査に用いるにあたり下記の特徴を有する。

- (1) 継手部の側視調査が不要
- (2) 洗浄後に調査を行うため微細な異常を確認可能

【解 説】

展開広角カメラは、広角レンズ（画角 190 度）を搭載している TV カメラ機器であり、走行しながら管内の展開画像を作成することができ、管壁面の状況を容易に把握することができる。従来型 TV カメラ調査で行っている側視による管壁確認等が不要で、展開画像を見ながら異常の程度の診断を実施することから、現場での日進量を向上させることができる。詳細調査に使用される展開広角カメラの外観を図 5-1 に示す。



図 5-1 展開広角カメラの外観

展開広角カメラの基本的な特徴は、スクリーニング調査として用いる場合と同様（§ 19 (1) (2) を参照）であるが、詳細調査に用いた機器の特徴としては、以下のようにまとめられる。

(1) 継手部の側視調査が不要

走行と同時に管内の展開画像を作成することで、管壁面の状況を容易に把握することができる。このため、従来型 TV カメラ調査で行っている継手ごとの側視が不要となり、日進量を飛躍的に向上させることができる（スクリーニング調査と異なり、異常が確認された箇所では機器を停止し、確認を行う）。

(2) 洗浄後に調査を行うため微細な異常を確認可能

スクリーニング調査と異なり、事前に管内洗浄を行い管内の汚れを除去することで、洗浄前には汚れと見分けが付きにくかった微細な破損、クラックまで確認することが可能となる。また現場においても異常が確認された箇所では機器を停止し、従来型 TV カメラ調査における異常項目とランクの判定の考え方に沿って現場で異常ランクの確認を行う。ただし、継手ごとの側視は行わない。さらに、室内作業でも展開図を用いて現場でのランク判定と齟齬がないか再度確認する。

また、より正確に異常の内容やランクを把握するため、現場において異常が確認された箇所ではカメラを停止し、異常ランクの確認を行うことから、日進量はスクリーニング調査に用いる場合よりもやや少なくなる。

§ 36 展開広角カメラによる詳細調査方法

展開広角カメラを用いた詳細調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

- (1) 作業編成
- (2) 調査手順
- (3) 異常診断・報告書作成

【解 説】

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

準備（作業帯設置、酸欠調査等）、機材設置、計測（カメラ走行・測定等）、機材回収、片づけという作業が現場における調査サイクルであり、このサイクルを1スパンごとに行う。現地調査においては、表 5-1 に示すように、調査人員として、調査技士1名をはじめとする計5名が必要となるほか、使用車両・機材として、展開広角カメラ搭載型車両、送風機、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周囲 2.5m×6m程度である。

表 5-1 展開広角カメラの作業区分、作業編成、必要機材等（現地調査）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準 備 (作業帯・酸欠調査等)	調査技士×1 調査助手×1 調査作業員×2 運転手(一般)×1 計5名	展開広角カメラ搭載型車両 チェーンブロック マンホール鍵 送風機 ガス検知器 作業帯(カラーコーン, バー等)	2.5m×6m程度	記憶メディア 展開広角 TV 用タイヤ 作業用品 (ウエス, ゴム手袋, チョーク, ビニールテープ, ヘルメット等)
機材設置				
計 測 (カメラ走行・測定等)				
機材回収				
片づけ				

2) 異常診断・報告書作成における作業編成

室内作業においては、異常診断、報告書作成の流れで作業を行う。展開広角カメラ調査においては、展開画像データの保存が可能になるという点が、従来型 TV カメラ調査と大きく異なる点である。異常診断および報告書作成においては、表 5-2 に示すように、調査人員として、管路主任技士 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材として、展開画像の編集が可能なソフトを搭載したパソコン等が必要となる。

表 5-2 展開広角カメラの作業区分，作業編成，必要機材等（異常診断・報告書作成）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
異常診断	管路主任技士×0.3 管理技士×1 調査技士×1 調査助手×1 計 3.3 名	専用ソフトウェア パソコン等	—	記憶メディア (DVD, HDD, SD カード等) 綴込みファイル用紙，インク等
報告書作成				

(2) 調査手順

展開広角カメラを用いた詳細調査は，管渠を洗浄した後に実施する。スクリーニング調査と異なり，現場においても異常が確認された箇所で機器を停止し，表 5-3 に示す従来型 TV カメラ調査における異常項目とランクの判定の考え方に沿って現場で異常ランクの確認を行う（継手ごとの側視は行わない）。その他の事項については，§ 20 を参照されたい。

(3) 異常診断・報告書作成

1) 異常診断

異常診断を行う際には，展開広角カメラで撮影した画像から，図 5-2 に示すような展開図を作成する。この展開図から図 5-3，図 5-4 に示すようなパソコンの画面上において，表 5-3 に示す従来型 TV カメラ調査における異常項目とランクの判定の考え方に沿って異常診断を行う。

なお，展開広角カメラを詳細調査として使用する場合には，(2) 調査手順に示した通り，スクリーニング調査と異なり，現場においても異常が確認された箇所で機器を停止し，表 5-3 に示す従来型 TV カメラ調査における異常項目とランクの判定の考え方に沿って現場で異常ランクの確認を行う。また，室内作業においても展開図を用いて現場でのランク判定との差異がないかを再度確認する。

なお，後述する検出率，適合率は，「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）」に基づき従来型 TV カメラ調査により判定された結果に対して，表 5-3 の判定基準に基づき展開広角カメラ調査（詳細調査）により判定された結果を比較することで算定した。

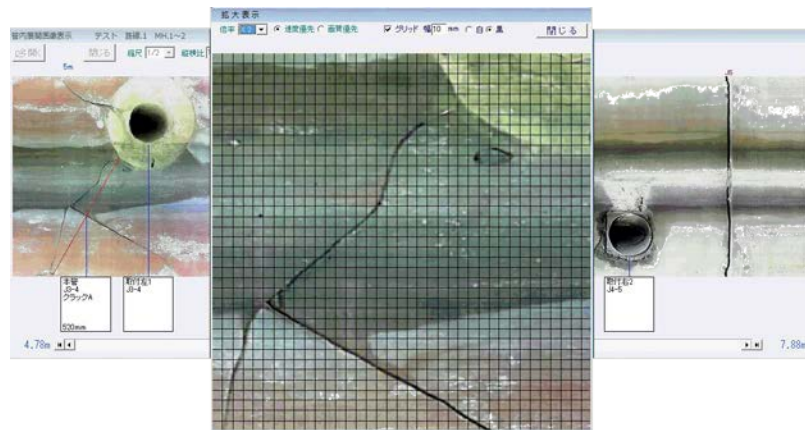


図 5-2 展開図の例

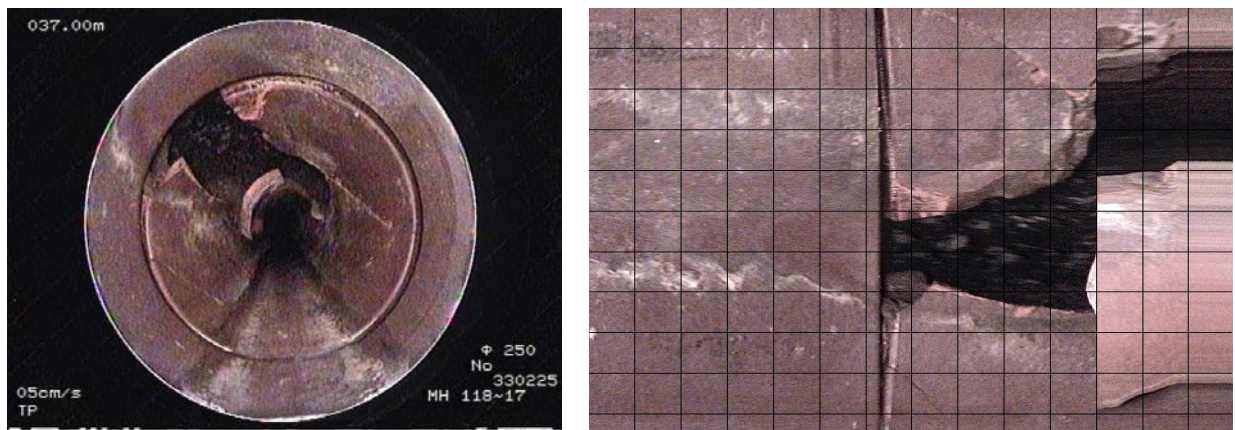


図 5-3 異常診断のための静止画像（例 1：破損 a）

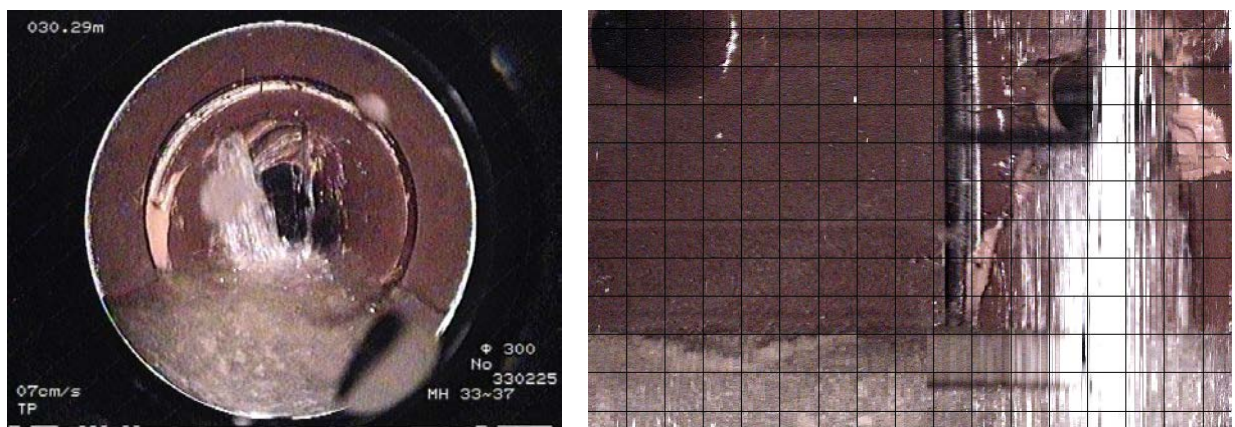


図 5-4 異常診断のための静止画像（例 2：浸入水 a）

表 5-3 本管調査判定基準（案）
（下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）と同様）

スパン全体で評価	ランク		A	B	C
	項目				
スパン全体で評価	1) 管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
	2) 上下方向のたるみ	管渠内径 700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
		管渠内径 700mm以上 1650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満
		管渠内径 1650mm以上 3000mm以下	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満
管1本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
	3) 管の破損	鉄筋コンクリート管等	欠落 軸方向クラックで幅5mm以上	軸方向クラックで幅2mm以上	軸方向クラックで幅2mm未満
		陶管	欠落 軸方向クラックが管長の1/2以上	軸方向クラックが管長の1/2未満	—
	4) 管のクラック	鉄筋コンクリート管等	円周方向クラックで幅5mm以上	円周方向クラックで幅2mm以上	円周方向クラックで幅2mm未満
		陶管	円周方向クラックで長さが円周の2/3以上	円周方向クラックで長さが円周の2/3未満	—
	5) 管の継手ズレ		脱却	鉄筋コンクリート管等：70mm以上 陶管：50mm以上	鉄筋コンクリート管等：70mm未満 陶管：50mm未満
	6) 浸入水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
	7) 取付管の突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
	8) 油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	9) 樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	10) モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

※段差は、mm単位で測定する。また、その他の異常（木片、他の埋設物等で上記にないもの）も調査する。

※7), 8), 9), 10)については、基本的に清掃等で除去できる項目とし、除去できない場合の調査判定基準とする。

出典：下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成25年6月（（公社）日本下水道協会）

2) 報告書の作成

展開広角カメラを用いた調査結果を記録表にとりまとめる。現場作業および室内作業で用いる記録表の様式（例）を表 5-4 に示す。

表 5-4 記録表の様式 (例)

[illegible]

§ 37 機器の必要性能

詳細調査に用いる展開広角カメラの標準仕様と、調査実施上で必要となる性能を整理する。

- (1) 標準仕様
- (2) 必要性能

【解 説】

(1) 標準仕様

実証研究に用いた展開広角カメラの標準仕様は表 5-5 の通りである。

表 5-5 展開広角カメラ（詳細調査）の標準仕様

項目	仕様
機種	I 社 型式番号 DSIII
寸法	カメラヘッド 全長 150mm × 幅 90mm × 高さ 90mm 自走車 全長 367mm × 幅 120mm × 高さ 100 mm
重量	カメラヘッド 1.1kg 自走車 14 kg
機器構成	カメラヘッド 自走車
走行速度	標準走行速度 6m/分 最大 17m/分（展開可能速度は、パソコンのスペックに依存）
通信ケーブル	500m, 直径 6.6mm
連続稼働時間	約 10 時間

(2) 必要性能

展開広角カメラを用いて詳細調査を適切に実施するための最低限の性能としては表 5-6 を満足する必要がある。

表 5-6 展開広角カメラ（詳細調査）に必要な機器性能

必要性能	尺度	性能値
視認性能	画素数	40 万画素以上
	画角	190 度以上
	照明	3W×6 灯と同等以上 光感度 1Lux 程度以上
走行性能	ケーブル長	150m以上

§ 38 性能諸元と現場諸元

詳細調査に展開広角カメラを使用した場合に期待される性能を、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理する。

- (1) 性能諸元
- (2) 現場諸元

【解説】

詳細調査に展開広角カメラを使用した場合に期待される性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元に分類したうえで下記の通り整理した。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、詳細調査に展開広角カメラを用いた場合の性能諸元を評価した。性能諸元は、①日進量（m/日）、②調査コスト（円/m）、③確認可能な異常項目とランク、④異常確認精度（検出率・適合率）の4項目とし、評価結果は表 5-7 および表 5-8 に示す通りとなった。

①日進量（m/日）

現地調査における日進量は、調査対象スパン長を 30m と想定して算出すると、従来型 TV カメラ（日進量 300m/日）に対して、約 1.5 倍となった。

②調査コスト（円/m）

調査コストは、従来型 TV カメラ（約 1,000 円/m・洗浄費含む）に対して、約 0.9 倍であった。

③確認可能な異常項目とランク

展開広角カメラで確認可能な異常項目は、「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成 25 年 6 月（（公社）日本下水道協会）」に記載のある 10 項目であり、ランク a, b, c の異常を判定可能であった。

④異常確認精度（検出率・適合率）

異常確認精度は、たるみ C ランクと浸入水（a, b, c）において適合率 70%～80%程度であったが、その他の異常項目についてはほぼ 100%であった。たるみについては、広角レンズの特性から小規模なたるみの確認が困難であることが原因と考えられる。また、浸入水については、調査する日により地下水位が変動し浸入量が変わるため、展開広角カメラと従来型 TV カメラ調査の結果において、異常の程度を完全に一致させることが困難であることが要因として考えられる。

なお、検出率、適合率は、下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）に基づき従来型 TV カメラ調査により判定された結果に対して、表 5-3 の判定基準に基づき展開広角カメラ調査（詳細調査）により判定された結果を比較することで算定した。

表 5-7 展開広角カメラ（詳細調査）の異常確認精度

異常項目		精度検証結果		備 考
		検出率	適合率	
管の腐食	A	100%	100%	
	B	100%	100%	
	C	100%	100%	
上下方向のたるみ	A	100%	100%	水深が低い場合は水位の変化を把握しがたいため、ランク c 程度の軽微な場合は、把握が難しい。 調査時の水量によっても程度が変わるため、一致は難しい
	B	100%	100%	
	C	81%	81%	
管の破損	a	100%	100%	
	b	100%	100%	
	c	100%	100%	
管のクラック	a	100%	100%	
	b	100%	100%	
	c	100%	100%	
管の継手ズレ	a	100%	100%	
	b	100%	100%	
	c	100%	100%	
浸入水	a	100%	71%	浸入水の異常の程度は、天候や調査時期に左右されるため、一致しないことがある 浸入水は水の動きで判断するため、広角カメラ特有の湾曲した画像や、動きがない展開図上では判断が難しい
	b	69%	69%	
	c	78%	78%	
取付管突き出し	a	100%	100%	
	b	100%	100%	
	c	100%	100%	
油脂の付着	a	100%	100%	
	b	100%	100%	
	c	100%	100%	
樹木根の侵入	a	100%	100%	
	b	100%	100%	
	c	100%	100%	
モルタルの付着	a	100%	100%	
	b	100%	100%	
	c	100%	100%	

※水深が管径の最大 1 割程度の状態で調査を実施した。

表 5-8 展開広角カメラ（詳細調査）の性能諸元

評価項目		性能諸元
①	日進量（m/日）	450m/日
		報告書作成業務：400m/日
②	調査コスト（円/m）	930 円/m（うち洗浄費 270 円/m）
③	確認可能な異常項目とランク	「下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）平成 25 年 6 月（（公社）日本下水道協会）」に記載のある 10 項目（ランク a～c までの異常ランクの判定が可能）
④	異常確認精度	表 5-7 参照

(2) 現場諸元

実証研究の結果に基づき、詳細調査に展開広角カメラを用いた場合の現場諸元を評価した。現場諸元は、①適用範囲（管渠属性）、②適用条件（現場環境）、③専門技術性の3項目とし、評価結果は表 5-9 に示す通りとなった。

①適用範囲（管渠属性）

コンクリート管、塩ビ管、陶管に適用可能である。適用管径は、車体寸法上の制約より最小管径として 200mm、最大管径は 700mm である。ただし、特異なインバート形状により、管口に設置した調査機器が安定しない場合は、展開画像の作成が不可能となることから、展開広角カメラの適用は難しい。

②適用条件（現場環境）

展開広角カメラ調査の実施上制約となる条件について整理する。

管内の流水状況に関する条件として、流速は 1.0m/s 以下とする。この制約条件は、従来型 TV カメラと同様である。

光ファイバーが設置されている場合、天井への敷設であれば走行上支障はないが、引き流し工法による敷設や天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は走行不可となることが多いため、調査においては十分な注意が必要である。

交通量および道路幅員については、作業帯が確保できれば調査上問題になることはない。

③専門技術性

展開広角カメラによる詳細調査では、現地での異常診断と併せて、撮影画像を持ち帰り判定者により異常診断を行う。このため、現場オペレータおよび室内での異常診断（ランク判定）を実施する判定者ともに、従来型 TV カメラでの現地オペレータに求められる経験および知識等と同等（下水道管路管理専門技士等）の専門技術性が求められる。

表 5-9 展開広角カメラ（詳細調査）の現場諸元

評価項目	現場諸元
① 適用範囲 (管渠属性)	管種：コンクリート管，塩ビ管，陶管 管径：200～700mm 土被り：問わない マンホールサイズ：内径 900mm 以上 スパン長：200m以下
② 適用条件 (現場環境)	流速：1.0m/s 以下 光ファイバー有無：注意が必要（光ファイバーが引き流し工法で施工されている場合には，走行できないことが多い） 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員
③ 専門技術性	試験・資格：酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者，下水道管理技術認定試験，下水道管路管理総合技士，下水道管路管理主任技士，下水道管路管理専門技士と同等

§ 39 留意事項

詳細調査として展開広角カメラを用いる場合は、以下の項目に留意する必要がある。

- (1) たるみ判定の誤差
- (2) 浸入水判定の誤差

【解 説】

(1) たるみ判定の誤差

実証研究の結果より、広角レンズによる判定では、たるみランク C の判定率が下がる傾向が示されている。これは、広角レンズの特性からたるみの軽微な異常の確認が困難なためである。このため、たるみを精度良く判定する必要がある場合は、傾斜計測計による調査を合わせて実施することが望ましい。

(2) 浸入水判定の誤差

展開広角カメラによる室内における異常診断は、現場での撮影画像を展開画像にしたものを用いる。この際、展開図は平面的な静止画であり、断面方向に動きのある浸入水を判定することが難しいため、水の痕跡（水跡）の確認や、直視画像（動画）の確認等を行う必要がある。

第3節 衝撃弾性波検査法

§ 40 衝撃弾性波検査法による追加調査の特徴

衝撃弾性波検査法は、非破壊かつ非開削で管体の耐荷力を定量的に計測することが可能な技術であり、下記の特徴を有する。

- (1) 非破壊・非開削での検査
- (2) 管体の耐荷力を定量的な数値指標により評価可能
- (3) 効率的な長寿命化計画（改築計画）の策定が可能

【解 説】

詳細調査の追加調査技術である衝撃弾性波検査法を用いた調査は、平成 24 年 3 月に「衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料」（（財）下水道新技術推進機構）が発行され、導入実績も増加しつつある。衝撃弾性波検査技術は管内面から管体に軽い衝撃を与えることにより発生する、管体における軸・周方向の振動挙動および伝播波の減衰に着目し、計測された波形の周波数分布を解析することにより対象物の異常状態を定量的に判定する手法である。

衝撃弾性波検査法装置の外観を図 5-5 に示す。



図 5-5 衝撃弾性波検査法装置の外観

衝撃弾性波検査法の特徴は以下のようにまとめられる。

(1) 非破壊・非開削での検査

衝撃弾性波検査法は、構造物の非破壊検査法を下水道管渠の調査・診断に適用したものである。管に軽い衝撃を与えることにより発生する振動を、加速度センサ等により計測する手法であり、非破壊で下水道管渠の構造的に重要な管の異常を検査することができる。また、管内に専用の調査ロボット（衝撃弾性波検査ロボット）を挿入して測定を行うため、非開削で構造的な管の異常を検査できる。

(2) 管体の耐荷力を定量的な数値指標により評価可能

衝撃弾性波検査法では、構造的な管の異常（腐食による減肉、軸方向クラック）を仮想管厚と仮想破壊荷重として定量数値化する。これらの基礎数値から管体の残存強度ならびに埋設管としての安全性について定量的に評価することができる。

また、本技術の定量的な評価により目視では発見しにくい微小なクラックや外面クラックを間接的に発見でき、機械的な計測のため調査員の主観による差異が生じない等の特徴も有する。

(3) 効率的な長寿命化計画（改築計画）の策定が可能

衝撃弾性波検査法によって得られる定量的な数値指標を、TV カメラ調査の結果に加えて評価することにより、より正確に管渠の強度低下を判定することができる。このことから①既設管強度を考慮した経済的な更生工法の採用による改築費用の低減、②強度低下の著しいスパンを優先的に改築することによる陥没事故の減少等の予防保全的な維持管理が可能となる。

衝撃弾性波検査法によって得られるデータは管体の構造設計、特に更生工法による複合管設計に適用させることが可能である。これにより改築工法の中から、自立管および複合管の適切な選択が可能となり、より経済的な改築・修繕を実施することができる。具体的には衝撃弾性波検査法で得られるデータを既設管の材料強度に置換し、複合管構造設計（FEM 解析等）の設計入力値とすることにより、改築の仕様をスパンごとに定量的に決定することができる。

なお、本実証研究で用いた衝撃弾性波検査法は、「衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料」（（財）下水道新技術推進機構）に記載の通り、打撃部と受信部の間隔を延長し、管体 1 本あたりの測定回数を減らすことにより、従来の衝撃弾性波検査法と比較し、効率的な調査が可能となっている。

§ 41 衝撃弾性波検査法による追加調査方法

衝撃弾性波検査法を用いた追加調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

- (1) 作業編成
- (2) 調査手順
- (3) 異常診断・報告書作成方法

【解 説】

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

衝撃弾性波検査法を用いた詳細調査は、準備（作業帯設置、酸欠調査等）、機材設置、計測（ロボット走行・測定等）、機材回収、片づけという作業が、現場における調査サイクルであり、このサイクルを1日の作業時間の中で複数回繰り返し行う。現地調査においては、表 5-10 に示すように、調査人員として、調査技士1名をはじめとする計5名が必要なほか、使用車両・機材として、衝撃弾性波ロボット搭載型車両、送風機、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周囲 2.5m×6m程度である。

表 5-10 衝撃弾性波検査法の作業区分、作業編成、必要機材等（現地調査）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯・酸欠調査等)	調査技士×1 調査助手×1 調査作業員×2 運転手(一般)×1 計5名	衝撃弾性波ロボット搭載型車両 自走式 TV カメラ チェンブロック マンホール鍵 送風機 ガス検知器 作業帯（カラーコーン、バー等）	2.5m×6m 程度	記憶メディア カメラ車用タイヤ 作業用品 (ウエス, ゴム手袋, チョーク, ビニールテープ, ヘルメット等)
機材設置				
計測 (ロボット走行・測定等)				
機材回収				
片づけ				

2) 異常診断・報告書作成における作業編成

室内作業においては、異常診断、報告書作成の流れで作業を行う。衝撃弾性波検査法においては、現場で取得した高周波成分比データを分析し、耐荷力の定量的指標である管の健全度および管の安全度の評価を行う（(3) 1) で後述）。異常診断および報告書作成においては、表 5-11 に示すように、調査人員として、管路主任技士 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材として、管の健全度および管の安全度の評価が可能なソフトを搭載したパソコン等が必要となる。

表 5-11 衝撃弾性波検査法の作業区分、作業編成、必要機材等（異常診断・報告書作成）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
異常診断	管路主任技士×0.3 管理技士×1 調査技士×1 調査助手×1 計 3.3 名	専用ソフトウェア パソコン等	—	記憶メディア (DVD, HDD, SD カード等) 綴込みファイル用紙, インク等
報告書作成				

(2) 調査手順

衝撃弾性波検査法を用いた追加調査調査の一連の流れを図 5-6 に示す。

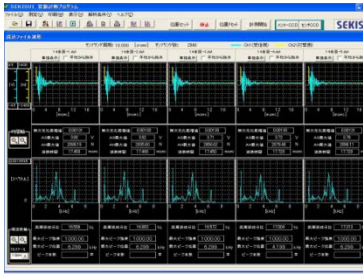
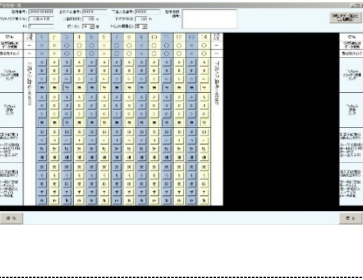
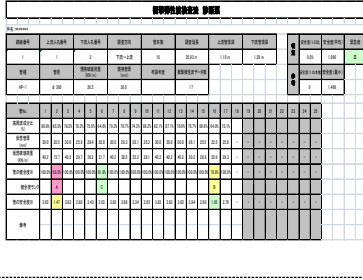
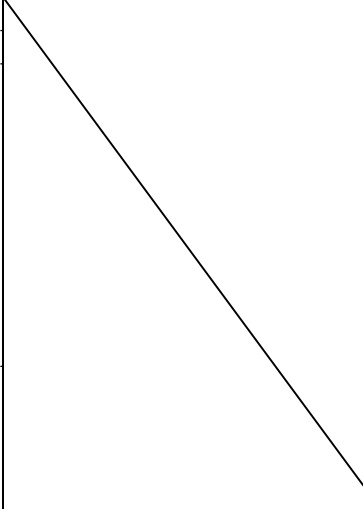
準備① 作業帯設置  【作業内容】 調査車両・マンホール周囲に2.5×6mの範囲で作業帯を設置する。(カラーコーン・バーを設置)	準備② 酸素濃度測定  【作業内容】 マンホール内に進入する前に、測定器を用いて、マンホール・管内の酸素濃度・その他有害ガス濃度を計測する。	機材設置 管内挿入  【作業内容】 管内へ調査機材(TVカメラと衝撃弾性波検査法装置)を挿入する。挿入する際には、マンホール内にて受け取り役の作業員が待機している。
計測① ロボット走行  【作業内容】 調査車両内のコントローラを操作し、計測する管体を確認しながら、ロボットを走行させる。	計測② 測定  【作業内容】 計測位置に到着すると、計測用パソコンを操作し、管体を打撃し計測を行う。	機材回収 管内から撤去  【作業内容】 機器を後退走行させながらケーブルを巻き取り、管内から調査機材を回収する。
異常診断 解析作業  【作業内容】 展開広角カメラ結果や現場野帳を確認しながら、衝撃弾性波検査結果を解析する。	報告書作成 帳票取りまとめ  【作業内容】 解析結果を各種帳票類にとりまとめ、診断票・集計表・総括表を作成する。	

図 5-6 衝撃弾性波検査法の調査手順

(3) 異常診断・報告書作成

1) 異常診断

衝撃弾性波検査法を用いた異常診断の方法を図 5-7 に示す。

各項目に関する詳細な内容については、「衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料」((財)下水道新技術推進機構)を参照されたい。

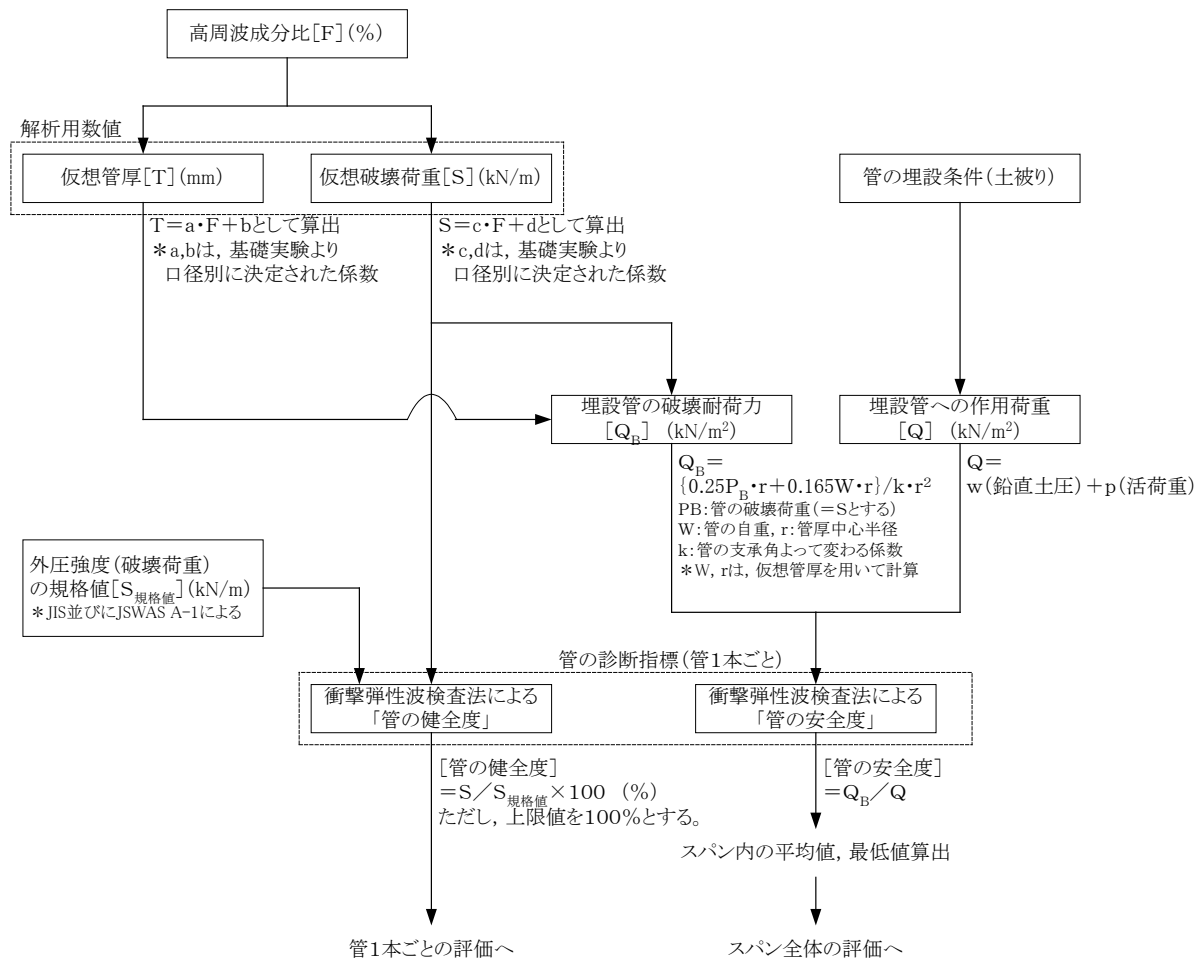


図 5-7 衝撃弾性波検査法を用いた異常診断の方法

① 管 1 本ごとの評価

管 1 本ごとの評価は、「管の健全度」を基に判定する (図 5-7)。「管の健全度」は、管の有する耐荷力に着目したもので、評価する管体の仮想破壊荷重を外圧強度 (破壊荷重) の規格値を 100% として指標化したものである。管 1 本ごとの「管の健全度」の判定基準を表 5-12 に示す。

表 5-12 「管の健全度」を基にした管1本ごとの判定基準例

ランク	衝撃弾性波法による管の健全度	説明	
a	0～60%以下	管の有する破壊耐力が規格値を下回り、管の耐力性能に影響する異常事象がある状態	標準的な埋設条件下において、管の有する破壊耐力が、管に作用する荷重を下回り、管の安全性が損なわれている状態
b	60%を超えて80%以下		標準的な埋設条件下において、管の有する破壊耐力が、管に作用する荷重を上回るものの、一般的な安全率を満足できていない状態
c	80%を超えて100%未満		標準的な埋設条件下において、管の破壊耐力が作用荷重を上回り、かつ一般的な安全率を満足できるが、終局限界状態に対する十分な安全係数を確保できない状態
なし	100%	管の有する破壊耐力が規格値と同等以上であり、構造的に健全な状態である状態	

※衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料（（財）下水道新技術推進機構）より抜粋

②スパン全体の評価

スパン全体の評価は以下の手順に従い実施する。衝撃弾性波検査法によるスパン全体の評価は、スパン全体の「管の安全度」の平均値を求め、その度合いにより緊急度をランク付けして判定する。衝撃弾性波検査法による「管の安全度」は、評価する管の埋設状態における安全性に着目したもので、管が有する破壊耐力をその作用荷重に対する安全率として指標化したものである。

「管の安全度」を基にしたスパン全体の判定基準を表 5-13 に示す。

表 5-13 「管の安全度」を基にしたスパン全体の判定基準（緊急度判定基準）例

緊急度	定義	衝撃弾性波検査法による管の安全度 $[F_B]$	説明
I	速やかな措置が必要な場合	$1.25 > F_B$ の平均値または $1.25 > F_B$ となる管の本数が 20%以上	管の有する破壊耐力が、管に作用する荷重を下回り、管の安全性が損なわれている状態
II	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	$1.6 > F_B$ の平均値 ≥ 1.25	管の有する破壊耐力が、管に作用する荷重を上回るものの、一般的な安全率を満足できていない状態
III	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	$2.0 > F_B$ の平均値 ≥ 1.6	管の破壊耐力が作用荷重を上回り、かつ一般的な安全率を満足できるが、終局限界状態に対する十分な安全係数を確保できない状態
なし	衝撃弾性波検査法において異常が認められないもの	F_B の平均値 ≥ 2.0	管の破壊耐力が作用荷重を上回り、かつ終局限界状態に対する十分な安全係数を確保できる状態

※衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料（（財）下水道新技術推進機構）より抜粋

2) 報告書作成

現場で取得した弾性波データを室内作業にて解析する。解析結果はシステムで処理され自動的に診断表、集計表および総括表が作成される。衝撃弾性波検査法の記録表の例を表 5-14 に示す。

表 5-14 記録表の作成例

衝撃弾性波検査法 診断票																												
件名:*****																												
路線番号	上流人孔番号			下流人孔番号			調査方向			管本数			調査延長			上流管頂深			下流管頂深			判定	安全度<1/25比		安全度(平均)		緊急度	
1	1			2			下流→上流			18			35.93 m			1.10 m			1.28 m				0.0%		1.966		Ⅲ	
管種	管径			規格破壊荷重 (KN/m)			規格管厚 (mm)			布設年度			衝撃弾性波データ数									参考	安全度<1/25本数		安全度(最小)			
HP-1	φ 300			26.5			30.0						17										0		1.466			
管No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
高周波成分比 (%)	90.6%	60.3%	78.2%	70.3%	75.0%	64.6%	79.3%	76.7%	74.3%	69.2%	82.1%	87.1%	78.9%	70.7%	69.6%	64.0%	70.1%											
仮想管厚 (mm)	30.0	20.5	30.0	25.9	28.4	22.8	30.0	29.3	28.1	25.3	30.0	30.0	30.0	26.1	25.5	22.5	25.8	-	-	-	-	-	-	-	-			
仮想破壊荷重 (KN/m)	40.2	15.7	40.2	29.7	36.2	21.7	40.2	38.5	35.3	28.1	40.2	40.2	40.2	30.2	28.6	20.9	29.3	-	-	-	-	-	-	-	-			
管の健全度※	100.0%	59.3%	100.0%	100.0%	100.0%	81.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	78.8%	100.0%	-	-	-	-	-	-	-	-			
健全度ランク		A				C										B												
管の安全度※	3.83	1.47	3.83	2.80	3.43	2.03	3.83	3.66	3.34	2.65	3.83	3.83	3.83	2.84	2.69	1.95	2.76	-	-	-	-	-	-	-	-			
備考																												

§ 42 機器の必要性能

衝撃弾性波検査法の標準仕様と、調査実施上で必要となる性能を整理する。

- (1) 標準仕様
- (2) 必要性能

【解 説】

(1) 標準仕様

実証研究に用いた衝撃弾性波検査法の標準仕様は表 5-15 の通りである。

表 5-15 衝撃弾性波検査ロボットの標準仕様

項 目	仕 様
機 種	S 社 衝撃弾性波検査ロボット
寸 法	全長：約 2000mm～最大約 2800mm（延長ユニット使用時） 幅：約 170mm 高さ：約 160mm （受信ユニット：約 350mm，打撃ユニット：約 460mm）（図 5-8 参照）
重 量	約 25 kg（本体：受信ユニット＋打撃ユニット）
機器構成	受信ユニット，延長ユニット，打撃ユニット
走行速度	駆動部なし（TV カメラにより牽引）
通信ケーブル	160m

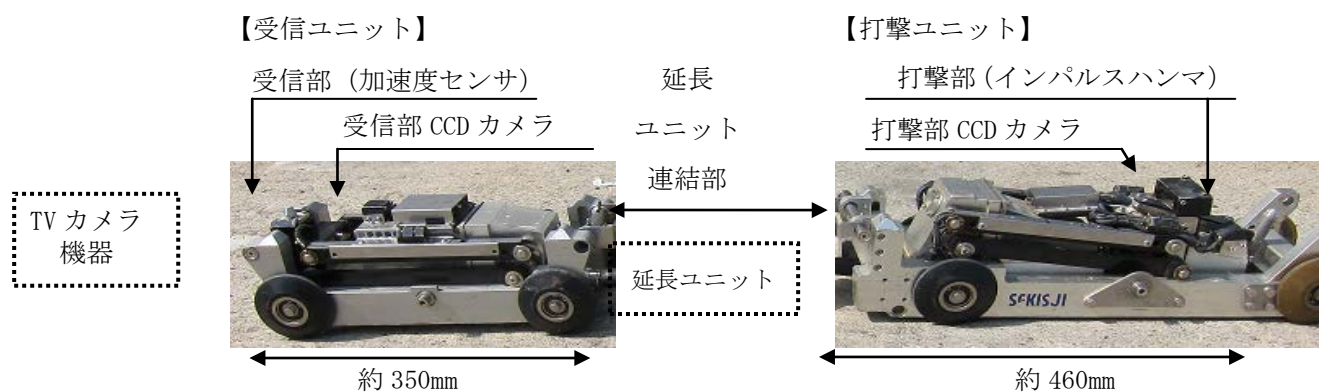


図 5-8 衝撃弾性波検査ロボット（側面）

(2) 必要性能

衝撃弾性波検査法を用いて調査を適切に実施するための最低限の性能としては表 5-16 を満足する必要がある。本技術は、管径 200～700mm の下水道用鉄筋コンクリート管に適用されるため、管径および管径ごとの有効管長を考慮した衝撃弾性波ロボットの打撃性能が必要となる。また、打撃した振動を受信する受信性能も必要である。

①打撃性能

管径 200～700mm の管体を適切に打撃できるよう、衝撃弾性波ロボットの高さを調整および打撃部の高さを調整する必要がある。また、管体 1 本につき 1 回の調査で管全長の情報を取得するため、管径ごとの有効管長に合わせて、衝撃弾性波検査ロボットの長さを伸縮する必要がある。

②受信性能

所定回数の打撃により発生した特定範囲の周波数の弾性波を取得する必要がある。

③走行性能

従来型 TV カメラと同等に複数スパンの連続調査を実施するための十分なケーブル長が必要である。

表 5-16 衝撃弾性波検査ロボットに必要な機器性能

必要性能	尺度	性能値
打撃性能	打撃部高さ	管径に応じて数段階に調整可能
	衝撃弾性波検査ロボット長さ	管有効長に応じて数段階調整可能
受信性能	周波数スペクトル値	0.5～7.0kHz
走行性能	ケーブル長	160m以上

§ 43 性能諸元と現場諸元

衝撃弾性波検査法に期待される性能を、性能諸元、現場諸元、その他の諸元に分類したうえで整理する。

- (1) 性能諸元
- (2) 現場諸元
- (3) その他の諸元

【解 説】

衝撃弾性波検査法を使用した場合に期待される性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元、その他の諸元に分類したうえで下記の通り整理した。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、衝撃弾性波検査法を用いた場合の性能諸元を評価した。性能諸元は、①日進量 (m/日)、②調査コスト (円/m)、③確認可能な異常項目とランク、④異常確認精度の4項目とし、評価結果は表 5-18 に示す通りとなった。

①日進量 (m/日)

実証研究の現場においては、日進量 363m/日を確認したが、現場条件により多少は変動すると思われる。そこで、本ガイドラインにおいては、過去の実験データに基づき定めた日進量 340m/日を性能諸元とする。

②調査コスト (円/m)

本技術の各機材および労務実績は積算基準と同等の使用実績であることを確認した。調査コストは、従来型 TV カメラ (約 1,000 円/m、洗浄費含む) とほぼ同等であった。

③確認可能な異常項目とランク

本技術は、管体の耐荷力に影響のある異常を定量的に評価する技術である。そのため、対象とする異常項目は腐食、破損 (欠落、軸方向のクラック) およびクラック (円周方向のクラック) である。また、軽微な腐食、破損およびクラックにおいても定量化することができるため、全ランクにおいて確認可能である。

④異常確認精度

本技術により管体の耐荷力を評価するための定量的指標である、仮想管厚および仮想破壊荷重の算出式は、基礎実験により求めた実験式である。実験式であるため実管厚および実破壊荷重と比較すると一定の誤差を有している。誤差範囲は管径により異なるが、管径 200mm の管体

における信頼区間 80%となる仮想管厚の誤差範囲は $\pm 2.2\text{mm}$ 、また仮想破壊荷重の誤差範囲は $\pm 5.6\text{kN/m}$ 程度である。

本技術の特徴は、TV カメラにより発見した構造上の耐荷力に関する異常について、定量的に評価し、改築優先度を決定するとともに、改築量を削減することである。本技術の異常確認精度として重要となる考えは、TV カメラにより腐食ランク A および破損ランク a と判定した異常に対し、衝撃弾性波検査法により「管の健全度」が 100%であると判定した時の信頼性である。実証研究により、80%以上の信頼性があるということが確認された。詳細を以下に示す。

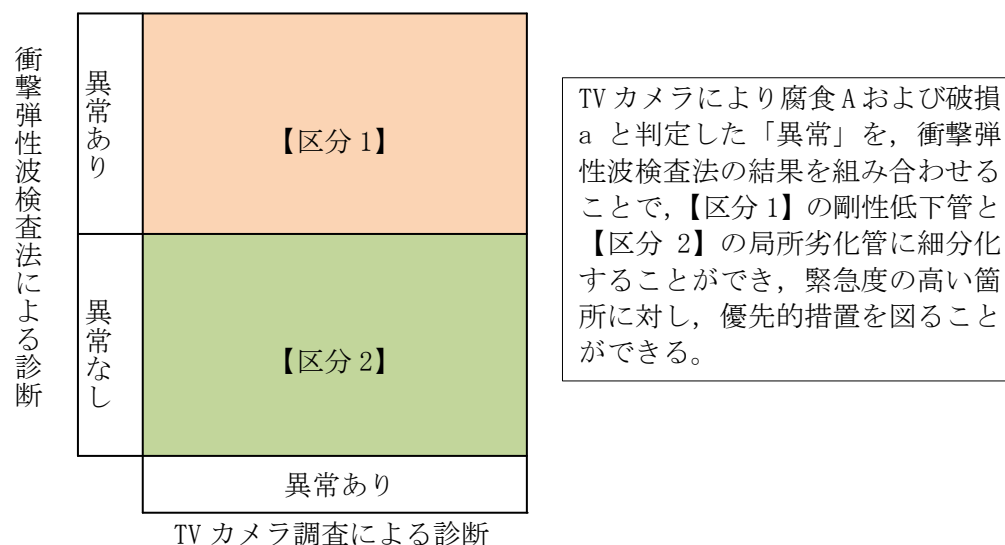
TV カメラによる診断と衝撃弾性波検査法による診断の区分を明示したマトリクスを図 5-9 に示す。前述した、TV カメラにより腐食ランク A および破損ランク a と判定した異常に対し、衝撃弾性波検査法により「管の健全度」が 100%であると判定する場合は、区分 2 にあたる。つまり、従来型 TV カメラの判定基準により、腐食ランク A ならびに破損ランク a と判定された管体に耐荷力を有するものと有さないものがあるということである。これらの差異は、異常の程度にあると考えられる。異常の程度の差異は次の通りである。

1 スパン内に 1 箇所のみ局所的に鉄筋が露出していることにより腐食ランク A と判定される管体、また管口の一部において微小欠損していることにより破損ランク a と判定される管体は、耐荷力は有していると考えられる。以下、これらの管体を「局所劣化管」と定義する。

一方、腐食環境下であり 1 スパン内に数箇所において鉄筋が露出していることにより腐食ランク A と判定される管体、また軸方向クラックが発生していることにより破損ランク a と判定される管体は、耐荷力を有していないと考えられる。以下、これらの管体を「剛性低下管」と定義する。

実証研究より、区分 2 と判定された管体のうち 80%以上（表 5-17）が局所劣化管であると確認された。つまり、TV カメラにより腐食ランク A および破損ランク a と判定した異常に対し、衝撃弾性波検査法により「管の健全度」が 100%であると判定した時の信頼性は 80%以上ある。

なお、表 5-17 は、区分 2 に属する 1 スパン内に腐食ランク A があるスパンにおいて腐食ランク A と判定した管体本数、1 スパン内に破損ランク a があるスパンにおいて破損ランク a と判定した管体本数、ならびに 1 スパン内に腐食ランク A かつ破損ランク a があるスパンにおいて腐食ランク A または破損ランク a と判定した管体本数を展開広角カメラの調査結果より剛性低下管と局所劣化管に分類した表である。



※実証研究においては，展開広角カメラによる調査結果と衝撃弾性波検査法による調査結果のマトリクスとなる。

【区分 1】展開広角カメラ調査で異常が認められ，かつ衝撃弾性波検査法による「管の健全度」の低下が見られる場合。

【区分 2】展開広角カメラ調査で異常が確認されたが，衝撃弾性波検査法による「管の健全度」が 100%の場合。

図 5-9 TV カメラと衝撃弾性波検査法の結果による分類例

表 5-17 【区分 2】剛性低下管と局所劣化管の割合

	剛性低下管	局所劣化管	合計
腐食ランク A	15 本 (12%)	113 本 (88%)	128 本
破損ランク a	40 本 (20%)	165 本 (80%)	205 本
腐食ランク A 破損ランク a	3 本 (43%)	4 本 (57%)	7 本
合計	58 本 (17%)	282 本 (83%)	340 本

表 5-18 衝撃弾性波検査法の性能諸元

評価項目	性能諸元
① 日進量 (m/日)	340m/日 報告書作成業務：600m/日
② 調査コスト (円/m)	1,220 円/m (洗浄費含む)
③ 確認可能な異常項目とランク	異常項目：腐食，破損，クラック ランク：全ランク
④ 異常確認精度	仮想管厚の誤差範囲：±2.2mm (管径 200mm，信頼区間 80%) 仮想破壊荷重の誤差範囲：±5.6kN/m (管径 200mm，信頼区間 80%) ※「衝撃弾性波検査法による管路診断技術資料」((財) 下水道新技術推進機構) 参照 区分 2 の信頼性：80%以上

(2) 現場諸元

実証研究の結果に基づき、衝撃弾性波検査法を用いた場合の現場諸元を評価した。現場諸元は、①適用範囲(管渠属性)、②適用条件(現場環境)、③専門技術性の3項目とし、評価結果は表 5-19 に示す通りとなった。

①適用範囲(管渠属性)

衝撃弾性波検査法が適用できる管種は、鉄筋コンクリート管外圧管 1 種とする。調査機器は動力を搭載しておらず、従来型 TV カメラにより牽引されるため、従来型 TV カメラの制約も受ける。適用管径は、最小管径として 200mm，最大管径は 700mm である。

適用できるスパン長は、機種のカابل長にもよるが 160m までの調査が可能である。

その他の管渠属性の制約として、管 1 本の長さがある。規格より短い管体の場合は、計測不可となる。

②適用条件(現場環境)

衝撃弾性波検査法の実施上制約となる条件について整理する。

管内の流水状況に関する条件としては、管内水深と流速がある。水深は管径の 40% 以下、流速は 1.0m/s 以下とする。光ファイバーが設置されている場合、天井への敷設であれば走行上支障はないが、引き流し工法による敷設や天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は走行不可となることが多いため、調査においては十分な注意が必要である。交通量および道路幅員については、作業帯が確保できれば調査上問題になることはない。

③専門技術性

機器の初期調整、機器の操作、異常項目およびランクの判定等の項目に分け、従来型 TV カメラと比較した結果、機器の初期調整および操作に関しては、従来型 TV カメラとおおよそ同等の専門性(下水道管路管理専門技士同等の経験)があれば対応できることが確認された。

衝撃弾性波検査法の異常項目およびランクの判定では、弾性波データ解析が含まれるため、管路品質システム協会（略称：PQEST 協会）の定める認定資格を保有していることが望ましい。

表 5-19 衝撃弾性波検査法の現場諸元

評価項目	現場諸元
① 適用範囲 (管渠属性)	管種：鉄筋コンクリート管（外圧管）1種 管径：200～700mm 土被り：問わない マンホールサイズ：内径900mm以上 スパン長：160m以下（ただし、機種のケーブル長による） 管1本の長さ：2.0m（管径200～350mm） 2.43m（管径400～700mm）
② 適用条件 (制約条件)	水深：管径の40%以下 流速：1.0m/s以下 光ファイバー有無：注意が必要（光ファイバーが引き流し工法で施工されている場合には、走行できないことが多い） 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員
③ 専門技術性	現地調査に関する試験・資格 酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者，下水道管理技術認定試験， 下水道管路管理総合技士，下水道管路管理主任技士，下水道管 路管理専門技士と同等 異常診断に関する試験・資格 PQEST 協会認定資格 ※衝撃弾性波検査法による異常診断は，弾性波データ解析を伴う ため上記資格を有することが望ましい

(3) その他の諸元

本技術の特徴は、耐荷力に関わる異常である腐食および破損が生じている管体の耐荷力を定量的に把握することにより、対策路線の絞り込み、対策路線の優先度付け、ならびに適切な対策工法の選定ができることである。これより、改築事業費の削減効果および改築事業費の平準化が期待できる。

本効果は、現場ごとの腐食および破損が発生している路線数、管体数およびランクにより変動する。ここでは、実証研究を実施した現場における、改築事業費の削減効果および改築事業費の平準化効果を以下に示す。

1) 調査対象路線の緊急度割合

実証研究の調査対象路線の緊急度の割合は、展開広角カメラ調査の結果より図 5-10 の通りであった。衝撃弾性波検査法の実施対象管路は、展開広角カメラにより緊急度Ⅱと判定された管路（調査対象全路線の 41.5%）とし、改築事業費の削減効果および改築事業費の平準化効果の値を以下の 2) で示す。

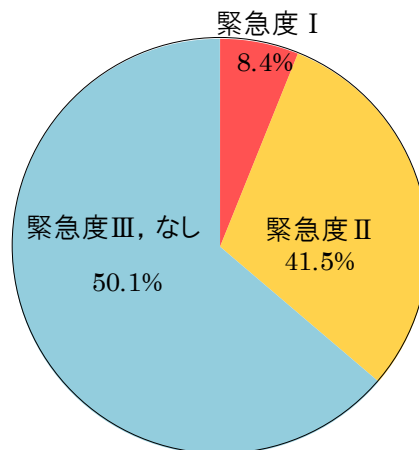


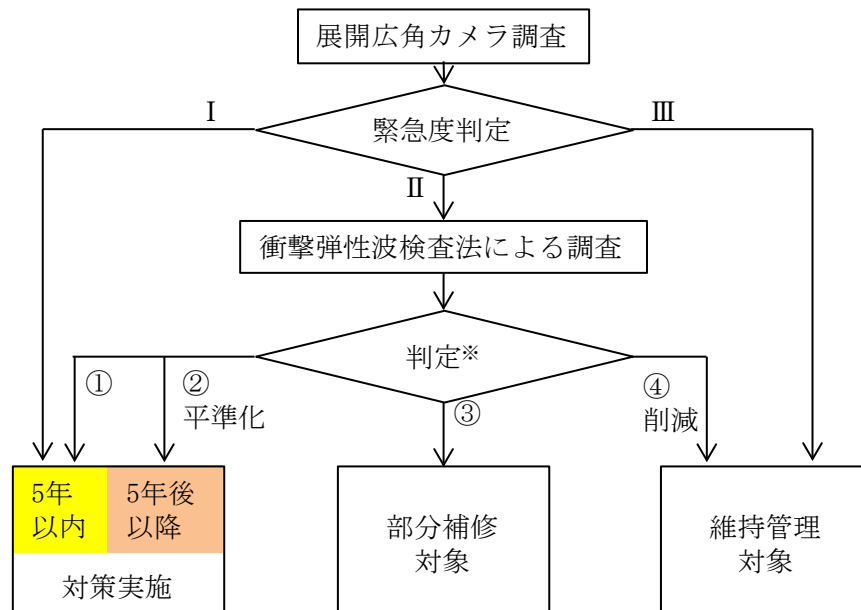
図 5-10 調査対象路線の緊急度割合

2) 改築事業費の削減効果および改築事業費の平準化効果

図 5-11 の衝撃弾性波検査法による対策判定フローに基づき、下記の対策パターン①～④から対策を選定する。選定する上での判定基準は表 5-20 の通りとする。

本技術における、改築事業費の削減効果は④、また改築事業費の平準化効果は②に基づく。

- ①5 年以内に改築による対策を実施
- ②5 年後以降に改築による対策を実施（改築事業費の平準化）
- ③5 年以内に部分補修による対策を実施
- ④対策対象路線から除くことによる改築事業費の削減（改築事業費の削減）



※表 5-20 の判定基準に基づき、①～④の対策を判定する

図 5-11 衝撃弾性波検査法による対策判定フロー

表 5-20 衝撃弾性波検査法による対策判定基準

対策判定基準	対策パターン ※2			
	①	②	③	④
管 1 本ごとの評価 (管の健全度に基づく判定) ※1	a	b	a	c
スパン全体の評価 (管の安全度に基づく緊急度判定) ※1	I, II	III	III	III

※1 管の健全度、管の安全度については表 5-12 および表 5-13 を参照

※2 ①：1 スパン内に健全度 a の管体が 1 本以上あり、かつ管の安全度に基づく緊急度判定 I または II

②：1 スパン内に健全度 b の管体が 1 本以上あり、かつ管の安全度に基づく緊急度判定 III

③：1 スパン内に健全度 a の管体が 1 本以上あり、かつ管の安全度に基づく緊急度判定 III

④：1 スパン内に健全度 c の管体が 1 本以上あり、かつ管の安全度に基づく緊急度判定 III

・改築事業費の削減効果

改築事業費の削減効果とは、展開広角カメラにより緊急度 I および緊急度 II の管渠を全て改築（更新）するとした場合の改築費に対し、衝撃弾性波検査法の判定結果より対策対象路線から除くと判定した路線の改築費の割合を示す。

実証研究を実施した現場においては、改築費の削減効果は 22%（図 5-12）であった。

・改築事業費の平準化効果

改築事業費の平準化効果とは、展開広角カメラにより緊急度Ⅰおよび緊急度Ⅱの管渠を全て改築（更新）するとした場合の改築事業費に対し、衝撃弾性波検査法の判定結果より 5 年後以降に改築による対策を実施すると判定した路線の改築事業費の割合を示す。

実証研究を実施した現場においては、改築費の平準化効果は 20%（図 5-12）であった。

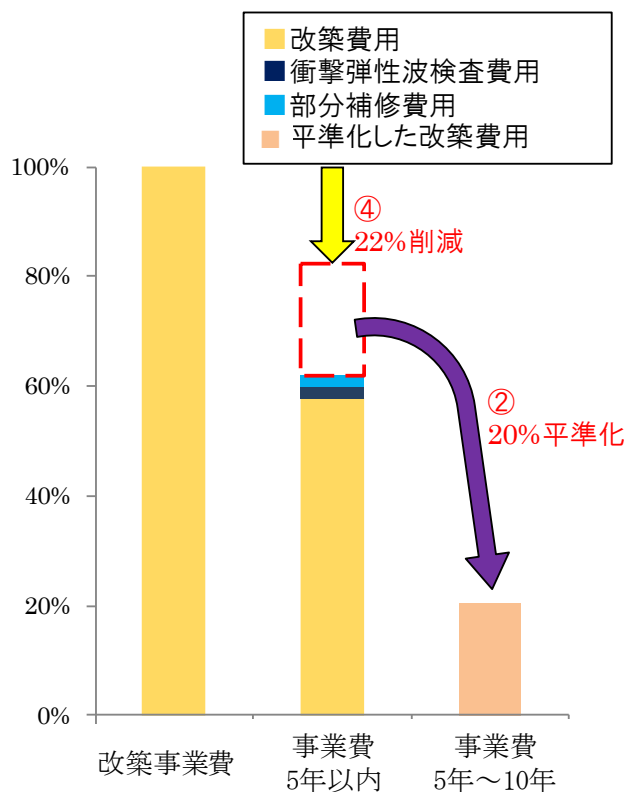


図 5-12 衝撃弾性波検査法による改築事業費の削減効果・平準化効果

§ 44 留意事項

追加調査として衝撃弾性波検査法を用いる場合は、以下の項目に留意する必要がある。

- (1) 適用管渠
- (2) 取付管

【解 説】

(1) 適用管渠

衝撃弾性波検査法を適用できる管種は鉄筋コンクリート管（外圧管）1種であり、その他の管種には現時点では適用できない。またスパン内に、規格より短い管（延長調整用の短管）が混在している場合、その管に対する評価をすることはできない。

(2) 取付管

取付管が下記条件にて本管に接続されている場合、高周波成分比が大幅に低下する等の影響を受けるため、調査できない。このような管が存在するスパンにおいては、該当する管を除いて調査を行い、その結果からスパンの評価を行うものとする。

- ①取付管が管頂部（打撃—受信部間の中心軸上）に接続されている
- ②本管1本あたり4箇所以上の取付管が接続されている

第4節 管路形状プロファイリング

§ 45 管路形状プロファイリングによる追加調査の特徴

管路形状プロファイリングは詳細調査機器（従来型 TV カメラ）にレーザー照射装置を装着してレーザーを照射し、管渠の断面形状を計測する追加調査技術であり、下記の特徴を有する。

- (1) 管渠の耐荷力判定等に活用
- (2) 詳細調査（従来型 TV カメラ調査）と同時に実施

【解 説】

詳細調査の追加調査技術である管路形状プロファイリングは、従来型 TV カメラにレーザー照射装置を装着して管内面の断面形状を計測するものである。

現地における管内径計測は、レーザー光線を管内壁に照射することで、管内壁の凹凸や変形を描き出すレーザーリングを生成し、このレーザーリングを従来型 TV カメラで撮影する。室内作業では、現地の撮影結果をパソコンソフトで 360 度方向の管径として精密解析する。0.1mm の分解能で精密に解析することができ、腐食による減肉量、たわみ率、破損状況等を数値化することが可能である。管路形状プロファイリング装置の外観を図 5-13 に示す。



図 5-13 管路形状プロファイリング装置の外観
(左：カメラ装着時，右：装置単体)

管路形状プロファイリングの特徴は以下のようにまとめられる。

(1) 管渠の耐荷力判定等に活用

従来型 TV カメラ調査は、目視による判断に委ねられているため、腐食が進んだコンクリート管の断面形状、塩ビ管の偏平等の判断に個人差が発生する。管路形状プロファイリングを用いる

ことで、従来型 TV カメラ調査では判断が難しかった腐食による減肉量，たわみ率，変形等を精緻に数値化し，耐荷力の算出や，対策優先度の判断等に役立てることが可能となる。

(2) 詳細調査（従来型 TV カメラ調査）と同時に実施

管路形状プロファイリングは，従来型 TV カメラに装着し，管内を走行する。往路に従来型 TV カメラ調査，復路で管路形状プロファイリングを実施することで，効率的に調査を行うことが可能である。

§ 46 管路形状プロファイリングによる追加調査方法

管路形状プロファイリングを用いた追加調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

- (1) 作業編成
- (2) 調査手順
- (3) 異常診断・報告書作成方法

【解 説】

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

表 5-21 に示すように従来型 TV カメラ調査と同時（往路に従来型 TV カメラ調査，復路で管路形状プロファイリング）に実施する場合は，管路形状プロファイリングのために調査員を増員する必要はない。

表 5-21 管路形状プロファイリングの作業区分，作業編成，必要機材等（現地調査）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯・酸欠調査等)	管路形状プロファイリングのために調査員を増員する必要はない。	管路形状プロファイラ 従来型 TV カメラ マンホール鍵 送風機 ガス検知器 作業帯（カラーコーン，バー等）	2.5m×6m 程度	TV カメラ調査に必要な消耗品として
機材設置				記憶メディア
計測 (機器走行・測定等)				カメラ車用タイヤ
機材回収				作業用品 (ウエス，ゴム手袋，チョーク，ビニールテープ，ヘルメット等)
片づけ				

2) 異常診断・報告書作成における作業編成

室内作業は、表 5-22 に示すように、従来型 TV カメラ調査とは別に調査人員として計 3.3 人、使用機材として、異常診断を行うための専用ソフトウェアを搭載したパソコン等が必要となる。

表 5-22 管路形状プロファイリングの作業区分, 作業編成, 必要機材等(異常診断・報告書作成)

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
異常診断	管路主任技士×0.3 管理技士×1 調査技士×1 調査助手×1 計 3.3 名	専用ソフトウェア パソコン等	—	記憶メディア (DVD, HDD, SD カード 等) 綴込みファイル用紙, インク等
報告書作成				

(2) 調査手順

管路形状プロファイリングの調査手順を示す。

往路に従来型 TV カメラ調査を行い、復路においてレーザー照射および画像記録を行う。管径 400mm 以下の管渠を対象とした調査では、スナップオン式レーザ（1 灯）を点灯した状態で従来型 TV カメラに装着し、カメラの照明を消灯にしてレーザーの光跡が管内にはっきり映っている状態でカメラを一定の速度で録画したまま後退させる。発進マンホールに到着後、カメラを管内から取り出して校正定規を映像で撮影する。管径 450mm 以上の中・大口径管を対象とした調査の場合は、大型レーザーを用いる。

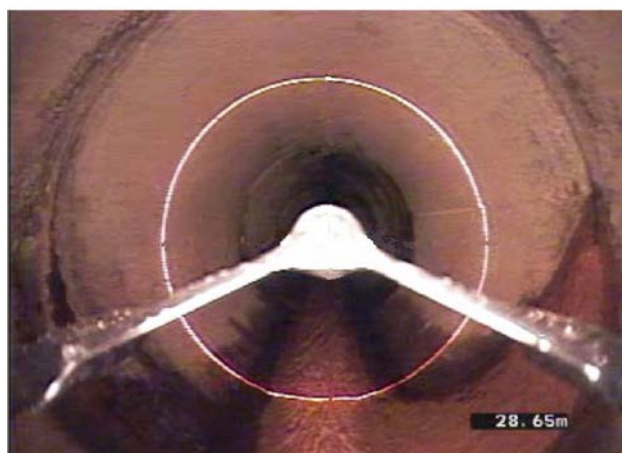


図 5-14 レーザー光照射時の画像

(3) 異常診断・報告書作成方法

管壁にレーザー光を照射している動画をパソコン上で解析する。撮影した動画には、管壁にレーザー光を照射した動画の他に、校正定規(キャリブレータ)を撮影した動画も記録されており、管の内径、たわみ率は、この校正定規と管壁のレーザー光との差異から算出するため、精度の高い解析が可能となる。

パソコン上の作業では、レーザーの光跡を写した管内映像に対し、範囲選択、画像調整、マスク処理(不要な障害物を隠す)を経て解析を行う。解析後、内径図、偏平図、展開図等から解析作業を行い、形状診断を実施、報告書として取りまとめる。以下に内径測定結果、偏平測定結果、展開図の例を示す。

1) 内径測定結果

管の内径は、以下の手順で把握する。なお、以下の処理は専用の解析ソフトで自動的に実施されるものである。

- ①管壁に照射される円状のレーザー光について、全周 360 度に対して 2 度ごとの 180 点の座標値を読み込む。
 - ②180 点の座標値から円の中心を通る 90 本の線の長さを読み込む。
 - ③計測地点の管径は、90 本の線の長さの中央値として算出する。
- ※なお、計測地点に取付管がある場合等は、管壁のレーザー光が全周 360 度にわたって記録できず、90 本より少ない線の長さから管径を算出することとなる。

この内径測定結果から、腐食による内径の拡大の程度を定量的に把握することが可能である。内径測定結果の例を図 5-15 に示す。

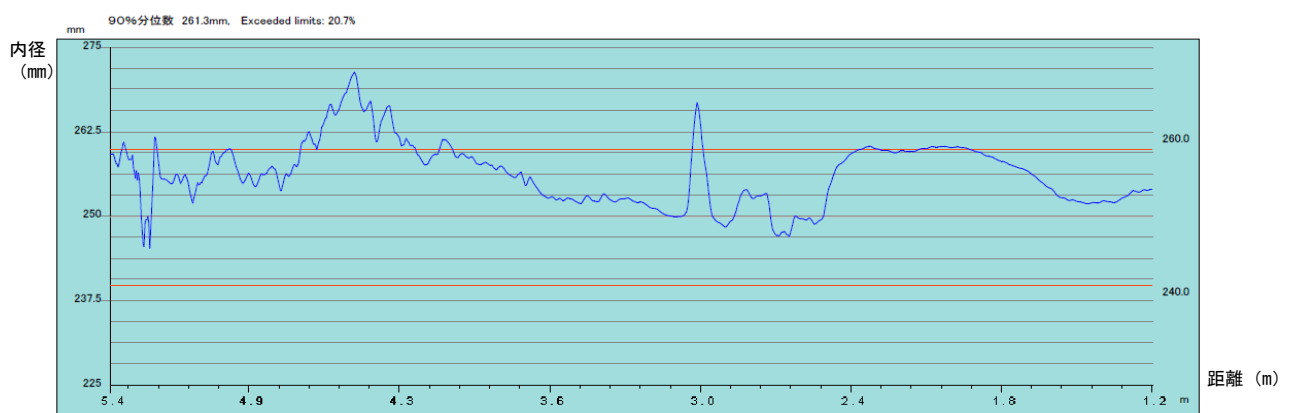


図 5-15 管路形状プロファイリングによる内径測定結果

2) 偏平（たわみ率）測定結果

管の偏平は，米国の「ASTM F1216 規格」に準拠し以下の式により算出される。

$$\text{たわみ率}(\%) = \{(\text{計測値の最大} - \text{計測値の平均}) / \text{計測値の平均}\} \times 100$$

すなわち，最大値と平均値が同値であれば真円であり，たわみ率は 0%となる。

この測定結果から，管の偏平の程度を定量的に把握することが可能である。偏平測定結果の例を図 5-16 に示す。図 5-16 には，表 5-23 より偏平のランク b となるたわみ率 5%の位置に補助線（赤線）を合わせて記載した。この補助線を超えている箇所については，ランク b の偏平が存在すると判定できる。

たわみ率 (%)

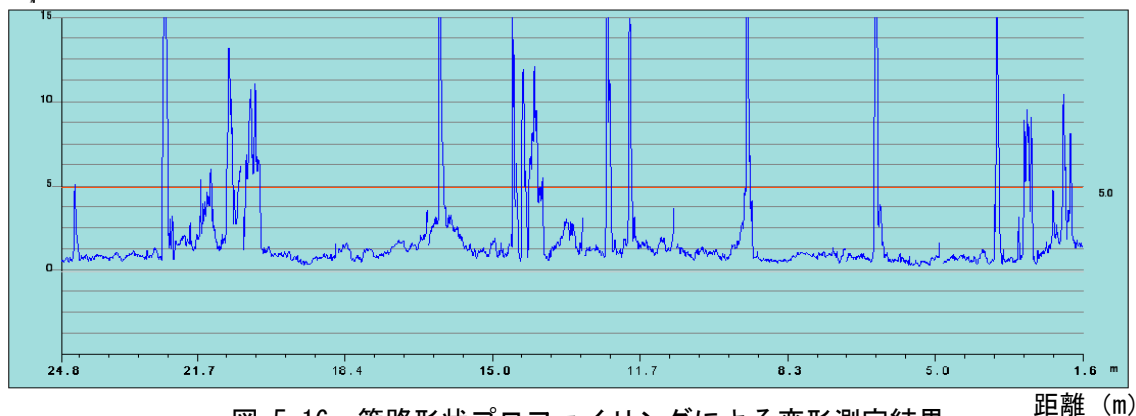


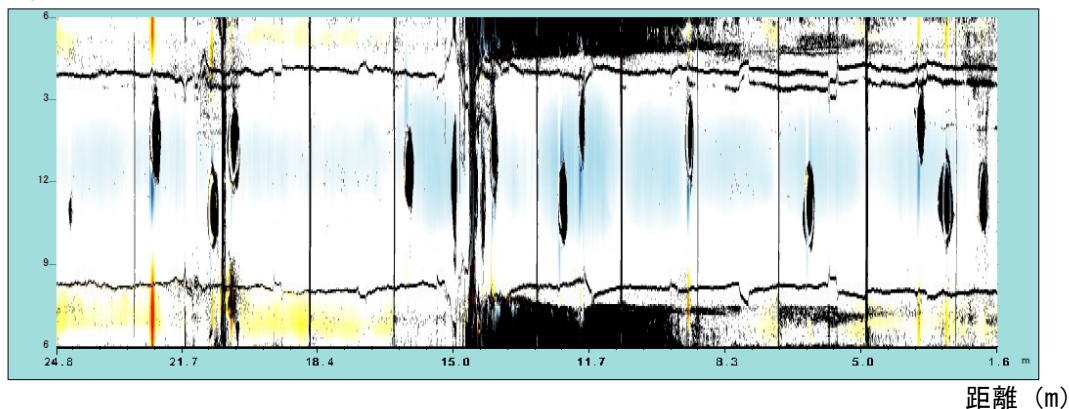
図 5-16 管路形状プロファイリングによる変形測定結果

距離 (m)

3) 展開図

展開図は，管の底部（6 時方向）を切り開いた管壁を表す。管の内径が呼び径より大きく測定される部分は，黄色（たわみ率 5%），オレンジ（たわみ率 10%），赤（たわみ率 15%）で示される。また，たわみ率が 5%未満の箇所は，青の三段階の色調で表示される。なお，管円周方向の全周をレーザーで照射できない取付管，副管，継手の部分は黒く表示される。

内径 (mm)



距離 (m)

図 5-17 管路形状プロファイリングによる展開図（管径の大小を表示）

表 5-23 塩ビ管の判定基準案

スパン全体での評価	ランク		A	B	C
	項目	適用			
	管の腐食	鉄筋コンクリート管	鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
	上下方向のたるみ	管渠内径 700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
管渠内径 700mm以上～ 1650mm未満		内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満	
管渠内径 1650mm以上～ 3000mm未満		内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満	
管1本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目	適用			
	管の破損及び軸方向クラック	鉄筋コンクリート管	欠落	軸方向のクラックで 幅:2mm以上	軸方向のクラックで 幅:2mm未満
			軸方向のクラックで 幅:5mm以上		
		陶 管	欠落	軸方向のクラックが 管長の1/2未満	—
			軸方向のクラックが 管長の1/2以上		
		塩ビ管	亀甲状に割れている	—	—
			軸方向のクラック		
	管の円周方向クラック	鉄筋コンクリート管	円周方向のクラックで 幅:5mm以上	円周方向のクラックで 幅:2mm以上	円周方向のクラックで 幅:2mm未満
		陶 管	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3未満	—
		塩ビ管	円周方向のクラック幅5mm以上	円周方向のクラックで 幅:2mm以上	円周方向のクラックで 幅:2mm未満
	管の継手ズレ	鉄筋コンクリート管 陶 管	脱 却	鉄筋コンクリート管:70mm以上 陶 管:50mm以上	鉄筋コンクリート管:70mm未満 陶 管:50mm未満
		塩ビ管	脱 却	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満
	浸 入 水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
	取付管突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
	油脂の付着		内径の1/2以上閉塞している	内径の1/2未満閉塞している	—
	樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞している	内径の1/2未満閉塞している	—
	モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満
	偏平	塩ビ管	たわみ率15%以上の偏平	たわみ率5%以上の偏平	—
	変形 (内面に突出し)	塩ビ管	白化または本管内径の 1/10以上内面に突出し	本管内径の 1/10未満内面に突出し	—

※ 平成 25 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集 老朽化対策の最前線 下水管ストックマネジメントの最新動向 (P51) より

§ 47 機器の必要性能

追加調査に用いる管路形状プロファイリングの標準仕様と，調査実施上で必要となる性能を整理する。

- (1) 標準仕様
- (2) 必要性能

【解 説】

(1) 標準仕様

実証研究に用いた管路形状プロファイリングの標準仕様は表 5-24 の通りである。

表 5-24 管路形状プロファイリングの標準仕様

項目	仕様
機種	R 社 型式番号 PROF
寸法	全長 520mm × 幅 120mm × 高さ 70mm
重量	総重量 0.3kg
機器構成	レーザーヘッド スナップオン
走行速度	標準走行速度 6m/分（等速走行が必須）
通信ケーブル	不要
連続稼働時間	4 時間

(2) 必要性能

管路形状プロファイリングを行う場合には表 5-25 に示す性能を満足する機器を選定する必要がある。

表 5-25 管路形状プロファイリング機器に必要な機器性能

必要性能	尺度	性能値
視認性能	レーザー	1 灯 LAS50 以上 クラス 2M 1mW 以下 波長 635-670nm
走行性能	接続性	従来型 TV カメラへの装着が可能であること
解析ソフト	分解能	進行方向で 1 秒間に 30 コマ，円周方向 2 度間隔（180 点）以上

§ 48 性能諸元と現場諸元

追加調査に管路形状プロファイリングを使用した場合に期待される性能を、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理する。

- (1) 性能諸元
- (2) 現場諸元

【解説】

追加調査として管路形状プロファイリングを使用した場合に期待される性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理すると下記の通りとなる。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、追加調査に管路形状プロファイリングを用いた場合の性能諸元を評価した。性能諸元は、①日進量（m/日）、②調査コスト（円/m）、③確認可能な異常項目とランク、④異常確認精度（検出率・適合率）の4項目とし、評価結果は表 5-27 に示す通りである。

①日進量（m/日）

日進量は、従来型 TV カメラ（日進量：300m/日）に対して、約 0.9 倍となった。往路で従来型 TV カメラ調査、復路で管路形状プロファイリングを実施する場合を想定していることから、従来型 TV カメラ単独での運用に比べ、1 割程度、日進量が低下する。

②調査コスト（円/m）

調査コストは、従来型 TV カメラ（約 1,000 円/m、洗浄費含む）に対して、約 1.26 倍であった（同時に運用する従来型 TV カメラのコスト 1,000 円/m（洗浄費含む）＋傾斜計測計のコスト 260 円/m）。

③確認可能な異常項目とランク

管路形状プロファイリングで確認可能な異常項目は、腐食、管の変形、偏平の3項目である。腐食については従来型 TV カメラと組み合わせることで異常のランクのみならず、詳細な減肉量についても計測できる。

④異常確認精度

実証研究においては、表 5-26 に示すように従来型 TV カメラ調査で1箇所（ランク b）の管の偏平箇所を確認した。管路形状プロファイリングではこれに加え、従来型 TV カメラでは検出できなかった5箇所（ランク b）の管の偏平箇所を確認している。従来型 TV カメラ調査においては、異常診断を行う判定者が映像を見ながら偏平を認識した箇所に対してスケール等に

よる計測を行うため、判定者が見逃した偏平は検出されないことになる。今回の実証研究では、管路形状プロファイリングで把握したランク b の偏平箇所について、従来型 TV カメラ映像を見直し、スケールにて再計測を行ったところ、実際にランク b の偏平が発生していることを確認できた。このように、管路形状プロファイリングを使用することで、従来型 TV カメラ調査では人為的なミスにより見逃される可能性のある偏平を確実に確認することが可能となる。

腐食による減肉量、変形の状況については、実証研究における調査では該当する異常は確認できなかったものの、室内実験や第3者による認証（WRc 認証※）の結果、0.1mm の分解能で精密に把握できることが明らかとなっており、これらについても異常の程度を精緻に確認することが可能である。なお、室内実験による検証の方法および結果については、参考資料編Ⅱを参照されたい。

※WRc 認証機構は英国の審査機関であり、製品が求められる性能に適合しているか等について独立して技術的な審査を提供する認証機構である。

表 5-26 実証研究で確認した管の偏平箇所
（従来型 TV カメラ調査と管路形状プロファイリングとの比較）

	従来型 TV カメラ調査による確認	
	偏平あり	偏平なし
管路形状プロファイリングによる確認：偏平あり	ランク a：0 箇所 ランク b：1 箇所	ランク a：0 箇所 ランク b：5 箇所

実証研究における管路形状プロファイリングによる調査結果の一例を図 5-18 に示す。1,353.02m（49 スパン）に対する管路形状プロファイリング調査を実施したところ、合計 89 箇所の管の変状と推定される箇所が確認された。あらためて従来型 TV カメラの映像で確認を行ったところ、このうち赤枠①に囲んだ偏平 5 箇所はいずれも従来型 TV カメラ調査では見過ごされ、記録表には反映されていなかったが、たわみ率 5%以上の偏平箇所であった。検出された偏平の一例を図 5-19 に示す。また、赤枠②に囲んだ観測内容も同様に映像や記録表と照らし合わせた結果、従来型 TV カメラ調査で検出された異常項目や管路の形状と一致していることが確認された。赤枠③に囲んだ管内ハレーション、管口の異常項目は、映像に入り込んだ光や反射によって異常値としてデータで現れるが管内の状況には全く影響はない誤検出であった。

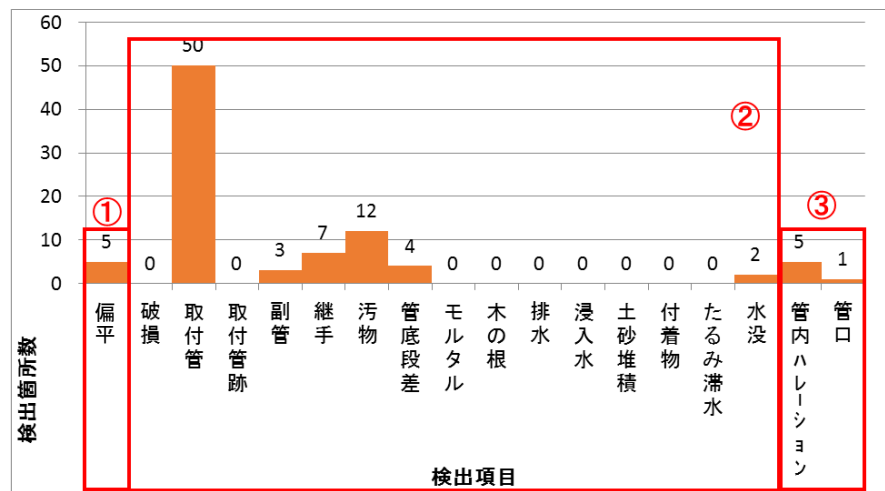


図 5-18 管路形状プロファイリングによる検出項目

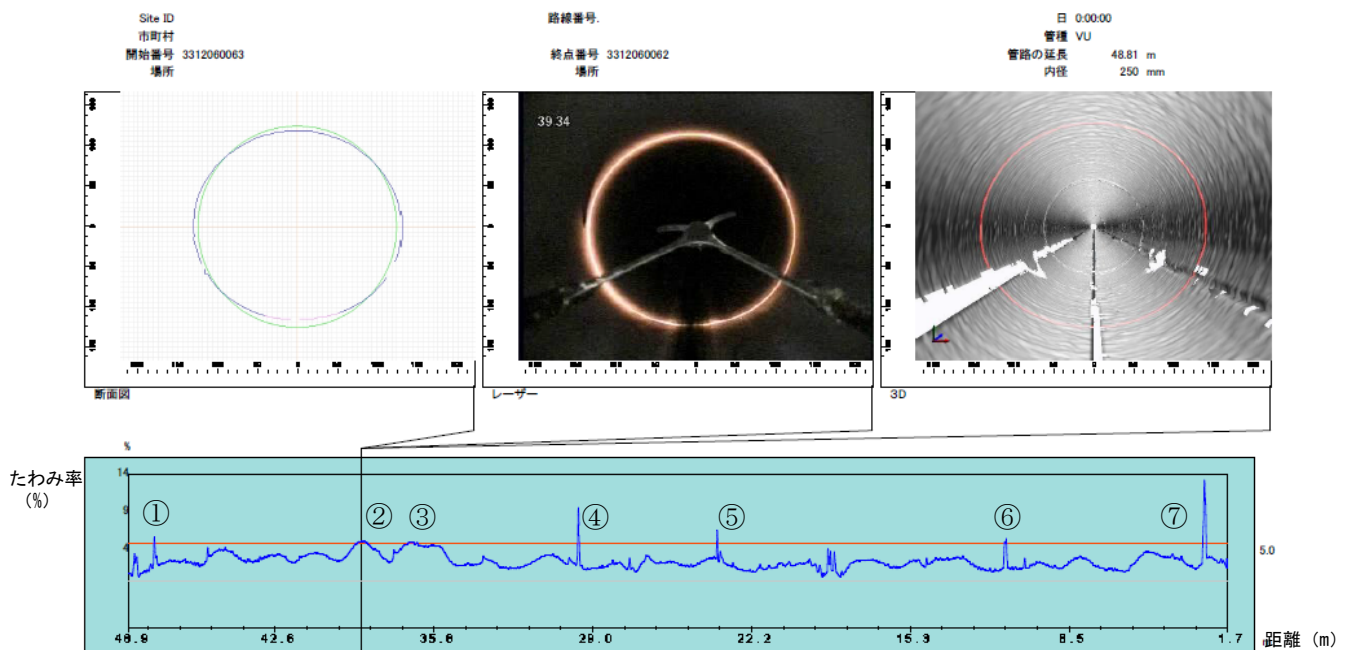


図 5-19 検出された偏平箇所の例（たわみ率 5.5%）

事例として示した図 5-19 においては、①～⑦の7箇所において、たわみ率が5%を超える測定結果が得られた。これらを個別に従来型 TV カメラの映像を確認した結果、以下のように判定された。

- ①：取付管
- ②，③：偏平（5%以上のたわみ率）
- ④：取付管
- ⑤：管底段差
- ⑥：管底段差
- ⑦：管底段差

表 5-27 管路形状プロファイリングの性能諸元

評価項目	性能諸元
① 日進量 (m/日)	270m/日 ※ 報告書作成業務：300m/日
② 調査コスト (円/m)	1,260 円 /m※(同時に運用する従来型 TV カメラ調査のコスト 1,000 円/m (洗浄費含む) + 管路形状プロファイリングのコスト 260 円/m (管渠の三次元画像, 展開図の作成込み))
③ 確認可能な異常項目とランク	腐食, 管の変形, 偏平の 3 項目, ランク判定可能 (腐食については従来型 TV カメラと組み合わせて詳細な減肉量についても計測可能)
④ 異常確認精度	従来型 TV カメラでは検出できない偏平を検出可能 (実証結果より) 腐食による減肉量, 管の変形, 偏平を 0.1mm の分解能で確認可能 (WRc 認証によって実証済) 測定精度 (実験場における検証より) 管路形状プロファイリングによる測定管径と実管径との差 管径 200mm : プロファイリング測定管径 201.4mm, 実管径 202mm 上記から測定誤差は-0.6mm 管径 400mm : プロファイリング測定管径 397.7mm, 実管径 396mm 上記から測定誤差は 1.7mm ※上記の検証方法等については参考資料編Ⅱを参照

※日進量, コストについては往路で従来型 TV カメラ調査, 復路で管路形状プロファイリング調査を実施する場合の値である。

(2) 現場諸元

実証研究の結果に基づき, 追加調査に管路形状プロファイリングを用いた場合の現場諸元を評価した。性能諸元は, ①適用範囲 (管渠属性), ②適用条件 (現場環境), ③専門技術性の 3 項目とし, 評価結果は表 5-28 に示す通りである。

①適用範囲 (管渠属性)

管路形状プロファイリングは, 従来型 TV カメラ調査等と同時に実施する (往路に従来型 TV カメラ調査, 復路で管路形状プロファイリング)。このため, 適用管径は, 従来型 TV カメラ調査と同様, 車体寸法上の制約より最小管径として 200mm, 最大管径は 700mm である。

②適用条件 (現場環境)

管路形状プロファイリングは, 従来型 TV カメラ調査と同時に実施することから, 適用条件は, 従来型 TV カメラ調査の制約を受ける。ただし, 管の断面形状を精密に計測することを目的として実施する調査であることから, 水深については, 管径の 20%までを適用条件とする (従来型 TV カメラ調査は管の半分程度を限界としている)。光ファイバーが設置されている場合, 天井への敷設であれば走行上支障はないが, 引き流し工法による敷設や天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は走行不可となることが多いため, 調査においては十分な注意が必要である。

③専門技術性

管路形状プロファイリングは、従来型 TV カメラ調査等と同時に実施することから、現場には従来型 TV カメラ調査を使用可能な人員を配置する必要がある（管路形状プロファイリングのために調査員を増員する必要はない）。室内での異常診断を実施する判定者は、異常の原因や対策に関する考察が求められる場合において、管渠の力学的構造に関する知識を有していることが必要である。

表 5-28 管路形状プロファイリングの現場諸元

評価項目	現場諸元
① 適用範囲 (管渠属性)	管種：問わない 管径：200～700mm 土被り：問わない マンホールサイズ：内径 900mm 以上 スパン長：200m 以下
② 適用条件 (現場環境)	水深：管径の 20% まで 流速：1.0m/s 以下 光ファイバー有無：注意が必要（光ファイバーが引き流し工法で施工されている場合には、走行できないことが多い） 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員
③ 専門技術性	現地調査に関する試験・資格 酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者，下水道管理技術認定試験，下水道管路管理総合技士，下水道管路管理主任技士，下水道管路管理専門技士と同等 異常診断に関する試験・資格 異常の原因や対策に関する考察が求められる場合において，管渠の力学的構造に関する知識を有していることが必要

§ 49 留意事項

追加調査として管路形状プロファイリング機器を用いる場合は、以下の項目に留意する必要がある。

- (1) 機器の汎用性
- (2) 確認できる異常ランク
- (3) 等速走行

【解 説】

(1) 機器の汎用性

現状では、管路形状プロファイリング機器を装着できる TV カメラが限定される。管路形状プロファイリング調査を実施する際には、適用できる従来型 TV カメラ機器を選定する必要がある。

(2) 確認できる異常ランク

管路形状プロファイリングは管断面の形状を測定する技術のため、単体ではクラック、継手ズレ等の見極めを行うことができない。また、管の内径を正確に計測するため、異常ではない表面の汚れや取付管からの流入水、取付管口の仕上げ材等も断面として計測してしまうことから、異常箇所の整合確認のためには従来型 TV カメラ調査と組み合わせて実施する必要がある。

(3) 等速走行

測定誤差を防ぐため、管路形状プロファイリングを実施する際は、従来型 TV カメラを等速で走行させるよう留意する。

第5節 傾斜計測計

§ 50 傾斜計測計による追加調査の特徴

傾斜計測計は、詳細調査機器（展開広角カメラ等）に内蔵して管内を走行することで管渠の勾配を計測する機器であり、下記の特徴を有する。

- (1) たるみの定量的な把握が可能
- (2) 詳細調査（展開広角カメラ調査）との同時実施が可能

【解 説】

詳細調査の追加調査技術である傾斜計測は、展開広角カメラに傾斜計測計を内蔵して管渠の勾配を計測するものである。

従来型 TV カメラでは、滞水量等からたるみの発生およびたるみ量を推測していたが、傾斜計測計はスパン全体の縦断勾配を定量的かつ連続的に自動計測するとともに、局所的なたるみ量も精度良く把握することが可能であり、たるみのランクをより正確に判定することが可能である。傾斜計測計の外観を図 5-20 に示す。

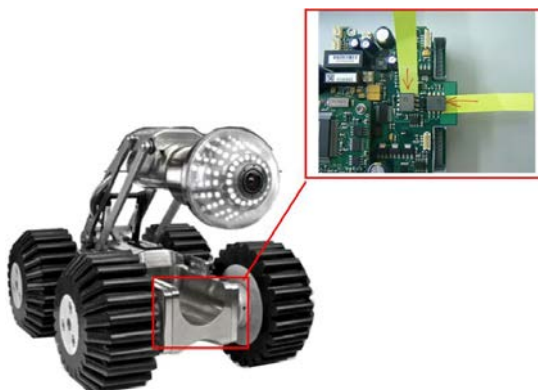


図 5-20 傾斜計測装置の外観（展開広角カメラに内蔵）

傾斜計測計の特徴は以下のようにまとめられる。

(1) たるみを定量的に把握できる

詳細な傾斜計測を機械が自動で行うことから、たるみを定量的かつ正確に把握することが可能である。

(2) 詳細調査（展開広角カメラ調査）と同時に実施できる

傾斜計測計は、走行型カメラに内蔵され、管内を走行する。往路に展開広角カメラ調査、復路で傾斜計測を実施することで、展開広角カメラ単独での運用と同等の調査時間で効率的に調査を行うことが可能である。

§ 51 傾斜計測計による追加調査方法

傾斜計測計を用いた追加調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

- (1) 作業編成
- (2) 調査手順
- (3) 異常診断・報告書作成

【解 説】

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

表 5-29 に示すように傾斜計測計は展開広角カメラに内蔵し、自動で計測するため、傾斜計測計による調査のための追加人員等の配置は必要ない。

表 5-29 傾斜計測計の作業区分、作業編成、必要機材等（現地調査）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯・酸欠調査等)	傾斜計測調査のために調査員を増員する必要はない	傾斜計測計（展開広角カメラ内蔵型） 送風機 ガス検知器	2.5m×6m程度	展開広角カメラ調査に必要な消耗品として
機材設置				
計測 (機器走行・測定等)				記憶メディア カメラ車用タイヤ 作業用品
機材回収				(ウエス, ゴム手袋, チョーク, ビニール テープ, ヘルメット 等)
片づけ				

2) 異常診断・報告書作成

異常診断および報告書作成においては、表 5-30 に示すように、展開広角カメラ調査とは別に調査人員として、管路主任技士 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材としてパソコン等が必要となる。

表 5-30 傾斜計測計の作業区分、作業編成、必要機材等（異常診断・報告書作成）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
異常診断	管路主任技士×0.3 管理技士×1 調査技士×1	専用ソフトウェア パソコン等	—	記憶メディア (DVD, HDD, SD カード等) 綴込みファイル用紙、インク等
報告書作成	調査助手×1 計 3.3 名			

(2) 調査手順

傾斜計測計は展開広角カメラに内蔵され、自動で計測するため、展開広角カメラの調査手順に基づく方法で実施する。

(3) 異常診断・報告書作成

自動計測したデータを解析し、管路縦断面図グラフを作成、異常診断を行う。図 5-21 に管路縦断面図の例を示す。

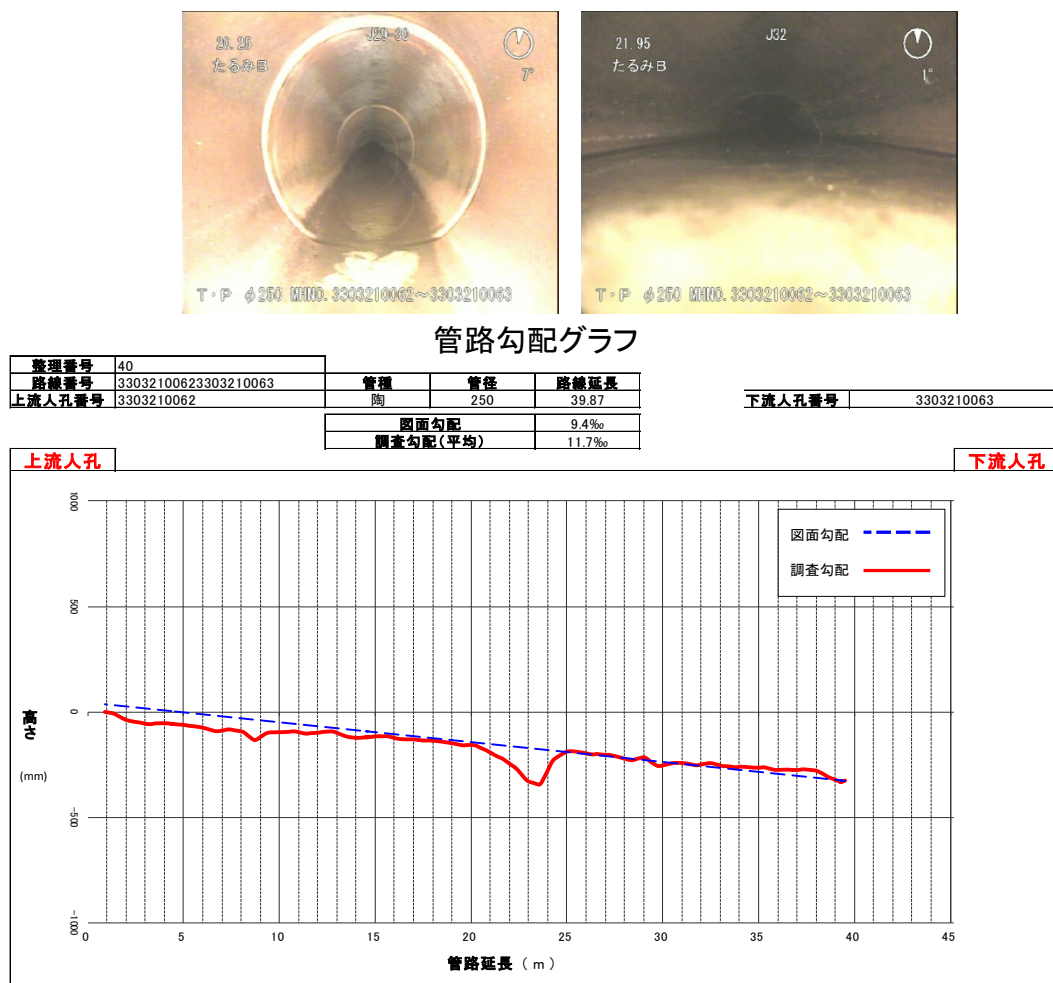


図 5-21 傾斜計測調査による管路縦断面図

§ 52 機器の必要性能

追加調査に用いる傾斜計測計の標準仕様と，調査実施上で必要となる性能を整理する。

- (1) 標準仕様
- (2) 必要性能

【解 説】

(1) 標準仕様

実証研究に用いた傾斜計測計の標準仕様は表 5-31 の通りである。

表 5-31 傾斜計測計の標準仕様

項目	仕様
機種	I 社 型式番号 DSⅢ
寸法	全長 9mm×幅 5mm×高さ 11mm（展開広角カメラに内蔵）
重量	1g（展開広角カメラに内蔵）
機器構成	展開広角カメラの内部基盤に埋め込み

(2) 必要性能

追加調査として傾斜計測計を利用する場合には，表 5-32 に示す性能を満足することが要求される。

表 5-32 傾斜計測計の必要性能

必要性能	尺度	性能値
測定精度	測定範囲	±30 度（60 度の範囲内で計測可能）
	センサー分解能	0.03 度（0.5%）以上
	測定間隔	10 cm以下（毎秒 3 回以上）

§ 53 性能諸元と現場諸元

追加調査に傾斜計測計を使用した場合に期待される性能を、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理する。

- (1) 性能諸元
- (2) 現場諸元

【解説】

追加調査に傾斜計測計を使用した場合に期待される性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理すると下記の通りとなる。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、追加調査に傾斜計測計を用いた場合の性能諸元を評価した。性能諸元は、①日進量 (m/日)、②調査コスト (円/m)、③確認可能な異常項目とランク、④異常確認精度の4項目とし、評価結果は表 5-34 に示す通りである。

①日進量 (m/日)

日進量は、従来型 TV カメラ (日進量：300m/日) に対して、約 1.5 倍である (同時に運用する展開広角カメラの日進量)。

②調査コスト (円/m)

調査コストは、従来型 TV カメラ (約 1,000 円/m、洗浄費含む) に対して、約 1.27 倍である (同時に運用する展開広角カメラのコスト 930 円/m (洗浄費含む) + 傾斜計測計のコスト 340 円/m)。

③確認可能な異常項目とランク

傾斜計測計で確認可能な異常項目は、管のたるみである (ランク判定可能)。

④異常確認精度

傾斜計測計では、管勾配を 0.03 度 (0.5%) の分解能で精密に把握することが可能であるため、従来型 TV カメラ調査では見逃される可能性があるたるみを確認することができる。

実証研究においては、表 5-33 に示すように従来型 TV カメラ調査で 295 箇所 (ランク B:11 箇所, ランク C:284 箇所) のたるみを確認しており、傾斜計測計ではこれに加え、従来型 TV カメラでは確認できなかった 152 箇所 (ランク B:3 箇所, ランク C:149 箇所) を確認している。

従来型 TV カメラ調査においては、異常診断を行う判定者が映像を見ながらたるみの判断を行うため、判定者が見逃したたるみは検出されないことになるが、今回の実証研究では、傾斜

計測計で把握したたるみについて、従来型 TV カメラ映像を見直し、再度判定を行ったところ、実際にランク B, C のたるみが発生していることを確認できた。このように、傾斜計測計を使用することで、従来型 TV カメラ調査では人為的なミスにより見逃される可能性のあるたるみを確実に確認することが可能となる。

なお、傾斜計測計の測定精度に関しては、実証研究の現場とは別の室内実験により検証が行われている。検証の方法および結果については、参考資料編Ⅱを参照されたい。

表 5-33 実証研究で確認した管のたるみ
(従来型 TV カメラ調査と傾斜計測との比較)

	従来型 TV カメラ調査による確認	
	たるみあり	たるみなし
傾斜計測計による確認 たるみあり	ランク A： 0 箇所 ランク B： 11 箇所 ランク C： 284 箇所	ランク A： 0 箇所 ランク B： 3 箇所 ランク C： 149 箇所

従来型カメラの調査結果を分析した結果、20.26m付近からたるみが始まり、滞水が管の半分の高さまで達したのが 21.95m付近であり、さらに 20.57m付近ではカメラが水没したことを確認した。傾斜計測計で得られた勾配計測グラフと比較した結果、滞水状態と一致しており、従来型 TV カメラによる目視のみでは計測が困難な管勾配を傾斜計測により定量的に確認することが確認できた。

表 5-34 傾斜計測計の性能諸元

評価項目	性能諸元
① 日進量 (m/日)	450m/日
	報告書作成業務：400m/日
② 調査コスト (円/m)	1,270 円/m (同時に運用する展開広角カメラのコスト 930 円/m (洗浄費含む) + 傾斜計測計のコスト 340 円/m)
③ 確認可能な異常項目とランク	管のたるみ (ランク判定可能)
④ 異常確認精度	従来型 TV カメラでは見落とされる可能性のあるたるみを検出可能 (実証結果より) 測定精度 (室内実験より) 傾斜計測計による測定勾配と実勾配との差：1%以内 ※上記の検証方法等については参考資料編Ⅱを参照

(2) 現場諸元

実証研究の結果に基づき、スクリーニング調査に傾斜計測計を用いた場合の現場諸元を評価した。性能諸元は、①適用範囲（管渠属性）、②適用条件（現場環境）、③専門技術性の3項目とし、評価結果は表 5-35 に示す通りとなった。

①適用範囲（管渠属性）

適用範囲は、展開広角カメラの適用範囲に依存し、展開広角カメラが走行可能な管種全てに適用可能である。適用管径は、車体寸法上の制約より最小管径として 200mm、最大管径は 700mm である。

②適用条件（現場環境）

適用条件は、展開広角カメラの適用条件に依存し、管内の流水状況に関する条件として、流速は 1.0m/s 以下とする。光ファイバーが設置されている場合、天井への敷設であれば走行上支障はないが、引き流し工法による敷設や天井の光ファイバーがたるんでいる場合等は走行不可能となることが多いため、調査においては十分な注意が必要である。

③専門技術性

傾斜計測は、展開広角カメラ調査等と同時に実施することから、現場には展開広角カメラ調査に必要な人員を配置する必要がある（傾斜計測のために調査員を増員する必要はない）。

表 5-35 傾斜計測計の現場諸元

評価項目	現場諸元
① 適用範囲 （管渠属性）	管種：コンクリート管，塩ビ管，陶管 管径：200～700mm スパン長：200m以下 土被り：問わない マンホールサイズ：内径 900mm 以上 ※従来型 TV カメラ調査技術と同等
② 適用条件 （現場環境）	流速：1.0m/s 以下（ただし水深による） 光ファイバーの有無：注意が必要（光ファイバーが引き流し工法で施工されている場合には、走行できないことが多い） 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員 ※従来型 TV カメラ調査技術と同等
③ 専門技術性	現地オペレーターは、同時に運用する従来型 TV カメラ調査技術と同等 異常診断を行う技術者については、二級土木施工管理技士程度の測量に関する知識を有することが必要である

§ 54 留意事項

追加調査として傾斜計測調査を用いる場合には、以下の項目に留意する必要がある。

- (1) 機器の汎用性
- (2) 管内残留物の影響
- (3) 等速走行

【解 説】

(1) 機器の汎用性

現状では、傾斜計測計を内蔵可能なカメラは展開広角カメラ 1 機種（今回の実証研究で使用した機種）に限定される。

(2) 管内残留物の影響

傾斜計測調査は基本的には管内洗浄を行った後に実施することになるが、洗浄で除去しきれない固形物が管内（主として管底）に付着している場合には、調査結果の勾配の精度が低くなることもある。

(3) 等速走行

測定誤差を防ぐため、傾斜計測計を使用する際は、展開広角カメラを等速で走行させるよう留意する。

第 6 章 管渠マネジメントシステム技術の導入効果

第1節 管渠マネジメントシステム技術の共通指標

§ 55 管渠マネジメントシステム技術の共通指標

管渠マネジメントシステム技術の調査性能は現地の条件（布設年度、管種、堆積の有無）に大きく影響を受ける。このため、布設年度、管種、堆積物発生割合の 3 条件からなる計 27 ケースのモデルフィールドを設定し、以下の 3 つの共通指標を算定した。

- (1) 緊急度適合率
- (2) 日進量向上率
- (3) コスト効率

今後、同様の技術・機器を開発する場合においては、使用者がその性能を客観的に評価できるよう、機材メーカーは本ガイドラインにて示すモデルフィールドごとに、これら 3 つの指標を提示することが望ましい。

【解 説】

管渠マネジメントシステムを導入した場合の調査期間の短縮効果や調査精度は、調査対象管渠の異常発生数、管種、堆積物の有無等の各種条件によって変動することが実証研究によって明らかとなっている。このため、現場によっては 4 章、5 章で示した調査期間の短縮効果や調査精度が得られないこともあり得る。

本章では、現場条件に適した管渠マネジメントシステム技術の選定の目安とするため、国土技術政策総合研究所が所有する管渠劣化データベース（以下、「管渠劣化 DB」）に基づき、布設年度、管種、堆積物発生割合の 3 条件からなる計 27 ケースのモデルフィールドを設定し、管渠マネジメントシステム技術を導入した場合の効果を示す。

下水道事業者が管渠マネジメントシステム技術を導入しようとする際は、共通指標の算定結果を基に、調査現場の条件に適した技術を選定することが望ましい。また機材メーカーが新たな調査機器を開発する際には、本ガイドラインで示すモデルフィールドを使用し、各技術の調査性能に基づき共通指標を算定し提示することが望ましい。

共通指標は以下の 3 つの指標とし、スクリーニング調査→詳細調査の 1 サイクルを対象に算定する（ただし、スクリーニング調査により緊急度判定が可能な技術に関しては、必ずしも詳細調査を必要としない）。

- (1) 緊急度適合率
- (2) 日進量向上率
- (3) コスト効率

以下に、それぞれの指標の考え方と算定方法を示す。

なお、本ガイドラインで扱う 3 つの管渠マネジメントシステム技術の場合は、§13 で参考として示した「誤検出率」の値が小さく、共通指標への影響は限定的であることから、共通指標の算定に際し、誤検出率は考慮しないこととした。ただし、今後開発される管渠マネジメントシステム技術において誤検出率が高くなると、緊急度適合率、日進量向上率、コスト効率に影響を及ぼす可能性があることに留意する必要がある。

(1) 緊急度適合率

緊急度適合率とは、改築、修繕の判断に必要な調査精度を表す指標である。実際に発生した（＝従来型 TV カメラで確認された）緊急度Ⅰと緊急度Ⅱのスパン数に対し、管渠マネジメントシステム技術（スクリーニング調査＋詳細調査）※による調査を完了した時点で緊急度ランクを「正しく判定することができた」スパン数の割合を表す。ここで「正しく判定した」とは、従来型 TV カメラ調査により緊急度ⅠまたはⅡと判定したスパンに対して、管渠マネジメントシステム技術においても緊急度ⅠまたはⅡと判定したことを指す。

※ スクリーニング調査により緊急度判定が可能であれば、詳細調査は必須としない。

「正しく判定した」スパンとは、従来型 TV カメラ調査により緊急度ⅠまたはⅡと判定したスパンに対して、管渠マネジメントシステム技術においても緊急度ⅠまたはⅡと判定したスパン（ A_1, A_2, A_3, A_4 ）を指す。「正しく判定できなかったスパン」には、従来型 TV カメラで緊急度ⅠまたはⅡと判断されたスパンを管渠マネジメントシステム技術でⅢ以下と過小評価してしまったスパン（ B_1, B_2 ）が含まれる。

スパン数		従来型 TV カメラで調査した判定結果		
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ以下
管渠マネジメントシステム技術で調査した判定結果	緊急度Ⅰ	A_1	A_3	C_1
	緊急度Ⅱ	A_2	A_4	C_2
	緊急度Ⅲ以下	B_1	B_2	C_3

$$\text{緊急度適合率 (\%)} = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) / (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + B_1 + B_2) \times 100$$

図 6-1 緊急度適合率の定義について

(2) 日進量向上率

管渠マネジメントシステム（スクリーニング調査＋詳細調査）※の日進量向上率は全体の調査日数を概算するために必要な指標である。指標の算出にあたり、スクリーニング調査延長は調査対象の全スパンとし、詳細調査延長はそのうち各スクリーニング技術で抽出されたスパンを対象とする。ただし、スクリーニング調査により緊急度判定が可能であれば、詳細調査は必須としない。なお、調査日数とは現地調査作業日数を示し、報告書作成および管内洗浄日数は含まない。以下に、日進量向上率の算定方法を示す。

※スクリーニング調査により緊急度判定が可能であれば、詳細調査は必須としない。

$$\text{日進量向上率 (\%)} = A/B \times 100$$

A：従来型 TV カメラによる調査日数

B：管渠マネジメントシステム技術による調査日数

（スクリーニング調査日数＋詳細調査日数）

(3) コスト効率

管渠マネジメントシステム（スクリーニング調査＋詳細調査）のコスト効率は全体の調査コストを概算するために必要な指標である。指標の算出にあたり、スクリーニング調査延長は調査対象の全スパンとし、詳細調査延長はそのうち各スクリーニング調査で抽出されたスパンを対象とする。ただし、スクリーニング調査により緊急度判定が可能であれば、詳細調査は必須としない。

なお、スクリーニング調査コストには現地調査、報告書作成および必要に応じて管内洗浄 ※の費用を含む。また、詳細調査コストには現地調査、報告書作成および詳細調査対象全スパンに対する管内洗浄の費用を含む。コスト効率の算定方法を以下に示す。

※管内の堆積物により走行型カメラが走行不可能となり、スクリーニング調査を再度実施するために洗浄を実施する場合

$$\text{コスト効率 (\%)} = A/B \times 100$$

A：従来型 TV カメラによるコスト

B：管渠マネジメントシステム技術によるコスト

（スクリーニング調査コスト＋詳細調査コスト）

なお、実際の現場では、布設年度、管種、堆積物発生割合が様々な条件となる場合がある。そうした場合には、管の延長で加重平均する等により、上記の3つの共通指標を選定することも必要となる。

第2節 モデルフィールドの設定方針

§ 56 モデルフィールドの設定方針

国土技術政策総合研究所が所有する管渠劣化 DB を基に，調査フィールドの条件項目を以下の3つに分類し，27 ケースのモデルフィールドを設定した。

- (1) 布設年度（昭和 29 年以前・昭和 30 年～昭和 49 年・昭和 50 年～平成 4 年）
- (2) 管種（陶管・コンクリート管・塩ビ管）
- (3) 堆積物発生割合（堆積レベル小・中・大）

【解 説】

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においては，調査対象となる管路施設の属性や状態が，共通指標である日進量向上率，緊急度適合率，コスト効率に大きな影響を与える。本ガイドラインでは，これらの調査フィールド条件ごとに各技術の適用性を客観的に把握できるようにするため，管渠劣化 DB を基に，調査フィールド条件の項目を3つに分類し，モデルフィールドを設定した。管渠劣化 DB とは国土技術政策総合研究所下水道研究室が全国 12 自治体から収集した約 15 万スパン分の管渠データをもとに作成したデータベースであり，各スパンの路線延長，取付管本数，布設年度，土被り等の台帳情報と，TV カメラ調査結果（ランクごとの異常の発生件数）からなる（表 6-1 参照）。

表 6-1 管渠劣化 DB のデータ数

スパン数	昭和 29 年以前	昭和 30～49 年	昭和 50～平成 4 年	合 計
陶管	7, 455	31, 517	5, 899	44, 871
コンクリート管	7, 154	663, 3	26, 160	99, 661
塩ビ管	0	1, 773	3, 352	5, 125

モデルフィールドの設定にあたり，共通指標に影響する主要な因子として，後述する布設年度（昭和 29 年以前・昭和 30 年～昭和 49 年・昭和 50 年～平成 4 年），管種（陶管，コンクリート管，塩ビ管），堆積物発生割合（堆積レベル小・中・大）を調査フィールド条件の項目とし，これらの組み合わせにより 27 ケースのモデルフィールドを設定した。

管渠マネジメントシステム技術の導入を検討している下水道事業者は，調査対象管渠の属性や状態にあわせ， $3 \times 3 \times 3 = 27$ ケースのモデルフィールドの中から最も適当なものを選択し，各技術の共通指標を簡易に算定することにより，各技術の調査対象管渠への適用性を客観的に把握することが可能となる。

以下に，モデルフィールド条件の項目に関する詳細を記載する。

(1) 布設年度

共通指標は、調査対象スパン中の各緊急度の発生割合および1スパンあたりに発生する異常箇所数等によって変動する。本ガイドラインでは、各緊急度の発生割合および1スパンあたりの異常箇所数をモデルフィールドに反映するため、布設年度を調査フィールド条件の項目とした。また、管渠の規格に大きな変更があった昭和29年（塩ビ管 JIS 規格の制定）および昭和50年頃（陶管規格変更）を境に、布設年度を3つに分類した。

以下、布設年度の分類別に各緊急度の発生割合および緊急度ⅠまたはⅡスパンの1スパンあたりの異常箇所数の傾向を示す。

- (a) 昭和29年以前：全体の約半分が緊急度Ⅱであり、緊急度Ⅰが2%を占めている（図6-2）。1スパンあたりの異常発生箇所数が14.5箇所と最も多い（図6-3）。
- (b) 昭和30年～昭和49年：緊急度Ⅱが全体の1/4程度であり、緊急度Ⅰも1%程度存在する（図6-2）。1スパンあたりの異常発生箇所数は6.6箇所程度である（図6-3）。
- (c) 昭和50年～平成4年：緊急度Ⅱが10%程度であり（図6-2）、また緊急度ⅠまたはⅡスパンの1スパンあたりの異常発生箇所数は3.0箇所と最も少ない（図6-3）。

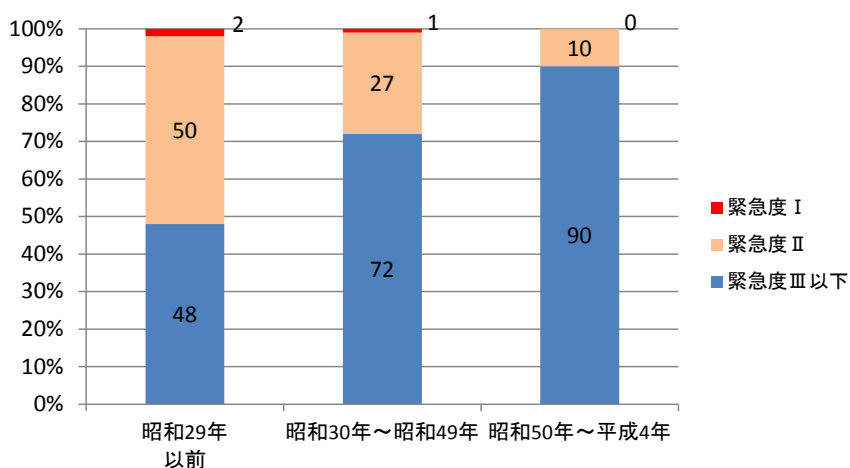


図 6-2 布設年度ごとの緊急度の割合（%）（管渠劣化 DB より）

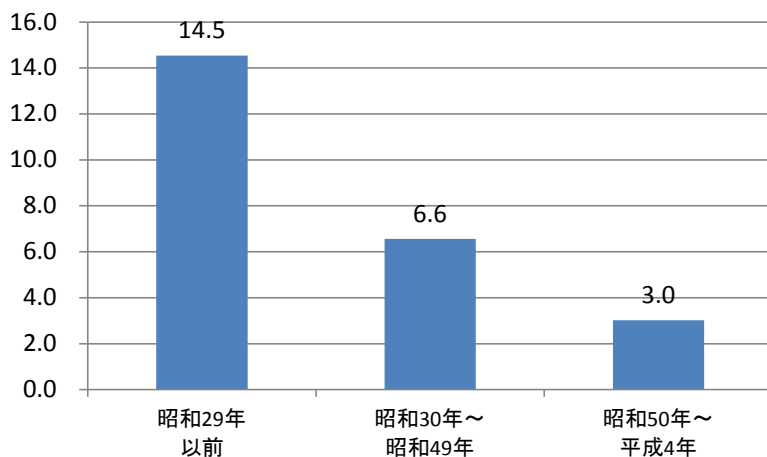


図 6-3 布設年度ごとの1スパンあたりの異常箇所数（管渠劣化 DB より）

(2) 管種

布設年度と同様に、共通指標に影響のある各緊急度の発生割合、1 スパンあたりの異常箇所数をモデルフィールドに考慮するため、管種をモデルフィールド条件の項目とした。また、日本国内で一般的に採用されている、下記の3つの管種に分類した。以下、管種の分類別に各緊急度の発生割合および緊急度ⅠまたはⅡスパンの1 スパンあたりの異常箇所数の傾向、管種ごとの布設年度割合を示す。

(a) 陶管

緊急度Ⅱが19%を占めており、緊急度Ⅰは1%未満である（図 6-4）。また1 スパンあたりの異常発生箇所数が平均10.8箇所と最も多い（図 6-5）。その他の傾向として、管一本の長さ0.66m～1mと他の管種より短いため、継手が多いこと、また、耐腐食性に富む一方、破損、クラックの発生件数も他の管と比較して多いことがあげられる。比較的古い管渠が多く、昭和49年以前に布設された管渠（＝経過年数40年以上の管渠）が全体の8割以上を占める（図 6-6）。

(b) コンクリート管

緊急度Ⅱが14%を占めており、緊急度Ⅰは1%未満である（図 6-4）。また1 スパンあたりの異常発生箇所数は平均4.8箇所程度である（図 6-5）。その他の傾向として、硫化水素等に起因する腐食の発生が見受けられる。昭和49年以前に布設された管渠（＝経過年数40年以上の管渠）が全体の7割以上を占める（図 6-6）。

(c) 塩ビ管

緊急度Ⅱは5%程度にとどまり、緊急度Ⅰは1%未満である（図 6-4）。また1 スパンあたりの異常発生箇所数は平均1.1箇所と最も少ない（図 6-5）。その他の傾向として耐腐食性が非常に高く、可とう性を有していることから外力によるクラック、破損が生じにくい。しかし、塩ビ管特有の異常である偏平や変形が確認されている。比較的新しい管渠が多く、昭和49年以前に布設された管渠（＝経過年数40以上の管渠）は全体の2割程度である（図 6-6）。

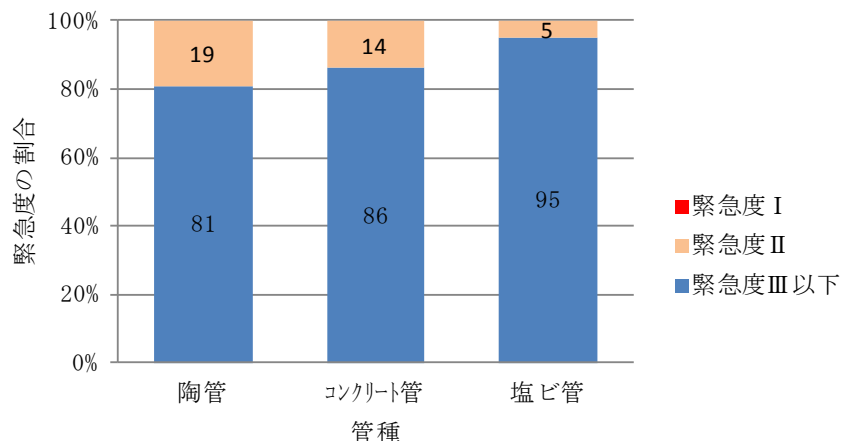


図 6-4 管種ごとの緊急度の割合 (%) (管渠劣化 DB より)

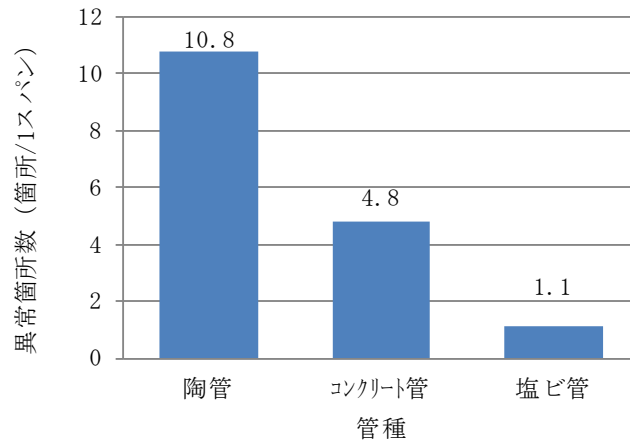


図 6-5 管種ごとの1スパンあたりの異常箇所数（管渠劣化 DB より）

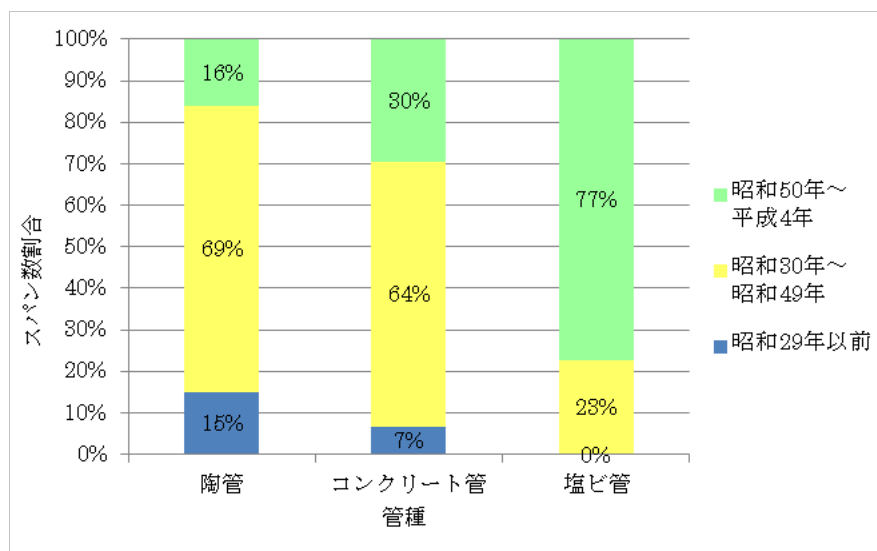


図 6-6 管種ごとの布設年度割合（管渠劣化 DB より）

(3) 堆積物発生割合

堆積物は未洗浄で実施する走行型スクリーニング調査では走行不可能路線の原因となり、共通指標に影響を与えるため、堆積物発生割合をモデルフィールド条件の項目とした。なお、堆積物発生割合は、本実証研究フィールドを参考に以下の小・中・大の3分類とした。

(a) 堆積物レベル 小

管内に管径の20～30%程度の高さの堆積物が発生しているスパンがない状態として設定。
すなわち、走行不可能路線が無い状態を想定している。

(b) 堆積物レベル 中

管内に管径の20～30%程度の高さの堆積物が発生しているスパン数が、調査対象全スパン数のうち30%ある状態として設定。

(c) 堆積物レベル 大

管内に管径の20～30%程度の高さの堆積物が発生しているスパン数が、調査対象全スパン数のうち60%ある状態として設定。

走行型スクリーニング調査技術がスパン内に発生した堆積物を乗り越えられるか否かは、調査機器の堆積物走破性能によって決まる。今回実証を行った走行型スクリーニング調査技術である展開広角カメラおよび画像認識型カメラの堆積物走破率は§22 および§32 を参照されたい。なお、固定型スクリーニング調査である管口カメラは管口からの調査であるため、堆積物の影響を受けない。

各共通指標を算定するにあたり、調査フィールド条件項目である堆積物発生割合および実証研究結果をもとに整理したスクリーニング調査技術ごとの堆積物走破率に基づき、各スクリーニング調査技術の堆積レベル別の走行不可能路線割合を算出している（参考資料編Ⅰを参照）。

これより上述した調査フィールド条件項目ごとの条件の組み合わせにより27ケースのモデルフィールドを設定した。表6-2に27ケースのモデルフィールド一覧を示す。

表 6-2 モデルフィールド一覧（全 27 通り）

モデル フィールド No.	調査フィールド条件項目								
	布設年度			管種			堆積物発生割合		
	昭和29年 以前	昭和30年 ～ 昭和49年	昭和50年 ～ 平成4年	陶管	コンクリート 管	塩ビ管	堆積レベル 小	堆積レベル 中	堆積レベル 大
1	○			○			○		
2	○				○		○		
3	○					○	○		
4		○		○			○		
5		○			○		○		
6		○				○	○		
7			○	○			○		
8			○		○		○		
9			○			○	○		
10	○			○				○	
11	○				○			○	
12	○					○		○	
13		○		○				○	
14		○			○			○	
15		○				○		○	
16			○	○				○	
17			○		○			○	
18			○			○		○	
19	○			○					○
20	○				○				○
21	○					○			○
22		○		○					○
23		○			○				○
24		○				○			○
25			○	○					○
26			○		○				○
27			○			○			○

第3節 モデルフィールドにおける共通指標評価

§ 57 概説

本節では、各管渠マネジメントシステム技術について、27 のモデルフィールドにおける共通指標の算定結果を示す。共通指標の算定結果を用いることで、現場条件ごとに管渠マネジメントシステム技術を導入した場合の導入効果を予測することが可能となる。

【解 説】

前節で記述した通り、管渠マネジメントシステム技術の共通指標（緊急度適合率・日進量向上率・コスト効率）は調査フィールド条件により変動する。

本節では、モデルフィールドにおける共通指標の算定結果について示す。算定結果は実証研究の現場における管渠マネジメントシステム技術の実証結果から整理した管渠マネジメントシステム技術の性能諸元（3章参照）および管渠劣化 DB のデータ（台帳情報並びに TV カメラ調査結果）をもとに、前述した 27 ケースのモデルフィールドごとの共通指標（緊急度適合率・日進量向上率・コスト効率）を算出したものである。

下水道事業者は、調査しようとする区域の条件に最も近いモデルフィールドでの評価を参考とすることで、より導入効果の高い管渠マネジメントシステム技術を選定することができる。

調査技術の選定にあたっては、実際に調査を行うフィールド条件において日進量向上率・コスト効率が従来型 TV カメラ調査よりも優位であることを確認するとともに、緊急度適合率が従来型 TV カメラ調査と比較して著しく劣るものではないことを確認する。また、幹線管路等の機能上重要な路線や、緊急輸送路下等の社会的な影響が大きな路線には、緊急度適合率が高い技術を用いる等、調査フィールドの重要度に応じた調査技術選定を行うことも重要である。

今後、管渠マネジメントシステム技術を開発するメーカーにおいては、前節の通り調査機器の諸元およびモデルフィールド条件を基に共通指標を算出することが望ましい。

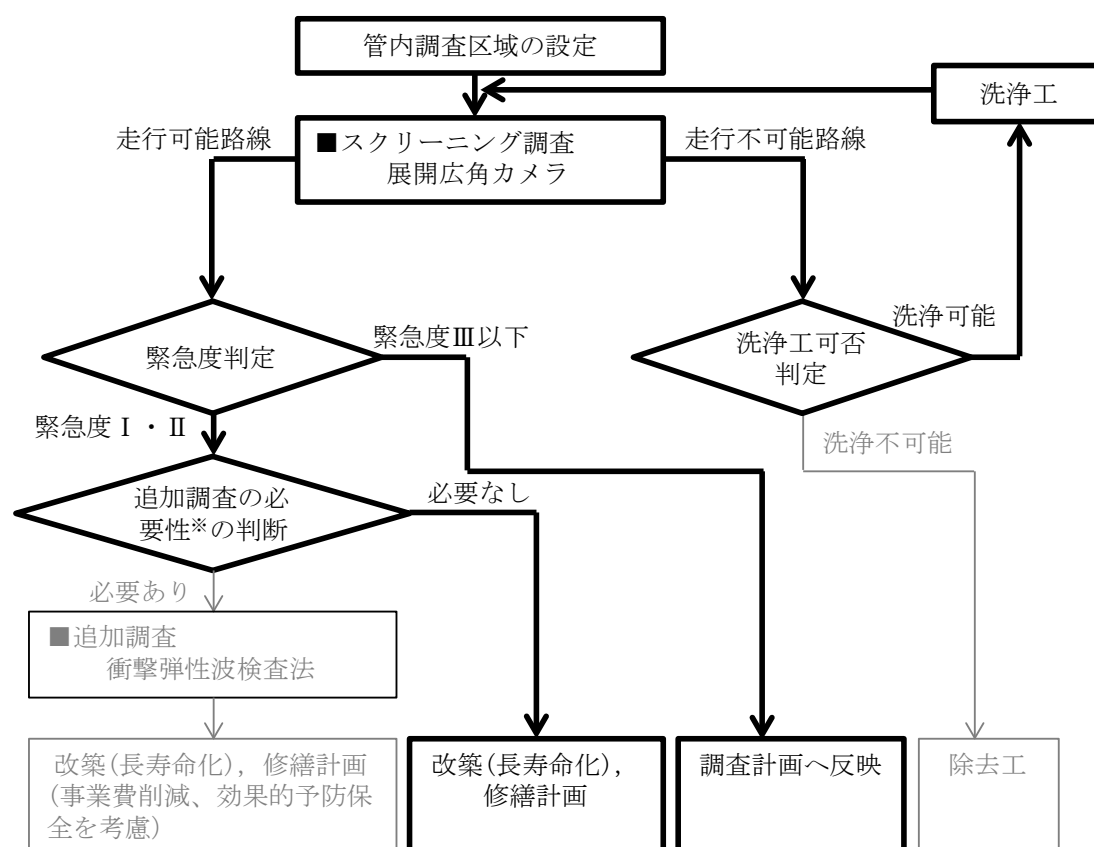
なお、算定方法の詳細については参考資料編 I を参照されたい。

§ 58 展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標

展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標の算定結果について整理する。

【解 説】

展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステムの運用フローを示す。実証の結果，展開広角カメラによるスクリーニング調査にて，一定の精度で緊急度判定が可能であることが明らかとなっている。このため図 6-7 に示した運用フローを基に，展開広角カメラによるスクリーニング調査結果から緊急度判定を行うこととした。すなわち，詳細調査は実施しないケースを想定し，共通指標を算出した。また，走行不可能路線については洗浄後にあらためてスクリーニング調査を実施することとした。



※改築（長寿命化），修繕計画を立てる際，更生工法の適用を視野に入れて事業費の削減・平準化を検討する場合および管の残存強度も考慮した効果的な予防保全を検討する場合に「必要」と判断する。

□：モデルフィールドにて実施した内容 ➡：モデルフィールドにおける流れ

図 6-7 展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステム
共通指標算定対象の運用フロー

展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステムの代表的なモデルフィールドとして、日進量向上率とコスト効率の観点から、最も有利な条件となったモデルフィールド No. 1（昭和 29 年以前・陶管・堆積レベル小）と最も不利な条件となったモデルフィールド No. 24（昭和 50 年～平成 4 年・コンクリート管・堆積レベル大）を例に、これらの条件で算出した共通指標について以下に示す。

モデルフィールド No. 1 では従来型 TV カメラと比較し、日進量が約 3.1 倍に向上した。また、コストは約 6 割減となった。緊急度適合率は 95%であった。

モデルフィールド No. 24 では従来型 TV カメラと比較して、日進量は約 1.5 倍となった。また、コストは約 3 割減となった。緊急度適合率は 86%であった。

このように不利な条件でも従来型 TV カメラを上回る日進量，コスト性能を示している。

展開広角カメラによるスクリーニング調査は従来型 TV カメラと比較して側視を行う必要がないため、継手の多い陶管の場合、特に日進量向上率，コスト効率の面で日進量の向上が期待できる。また、緊急度適合率については布設年度，管種，堆積物発生割合によらず 8 割程度であり，条件を問わず，一定の調査精度を見込むことが可能である。なお，土砂等の堆積深が管径の 20～30%程度であれば問題なく乗り越えられるため，コスト効率，日進量向上率への影響はあまり見られない。

その他の条件も含めた共通指標の一覧を表 6-4 に示す。一覧表を用いて自治体の条件に見合ったモデルフィールドを参照することで，事前に技術の導入効果を定量的に評価することが可能となる。

表 6-3 展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステム
共通指標試算結果（抜粋）

（モデルフィールド No. 1）昭和 29 年以前・陶管・堆積レベル小

共通指標	従来型 TV カメラ （比較対象技術）	展開広角カメラ（スクリーニング調査）による 管渠マネジメントシステム
緊急度適合率	100%	95%
日進量向上率	100%	309%
コスト効率	100%	243%

（モデルフィールド No. 24）昭和 50 年～平成 4 年・コンクリート管・堆積レベル大

共通指標	従来型 TV カメラ （比較対象技術）	展開広角カメラ（スクリーニング調査）による 管渠マネジメントシステム
緊急度適合率	100%	86%
日進量向上率	100%	149%
コスト効率	100%	136%

表 6-4 共通指標一覧

(展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステム)

モデル フィールド No.	現場条件			共通指標		
	布設年度	管種	堆積物発生 割合	緊急度 適合率	日進量 向上率	コスト 効率
1	昭和29年以前	陶管	堆積レベル小	95%	309%	243%
2	昭和29年以前	陶管	堆積レベル中	95%	305%	239%
3	昭和29年以前	陶管	堆積レベル大	95%	301%	234%
4	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル小	94%	185%	162%
5	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル中	94%	183%	159%
6	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル大	94%	180%	156%
7	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル小	－	－	－
8	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル中	－	－	－
9	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル大	－	－	－
10	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル小	93%	259%	215%
11	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル中	93%	256%	211%
12	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル大	93%	252%	207%
13	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル小	87%	155%	144%
14	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル中	87%	153%	141%
15	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル大	87%	151%	138%
16	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル小	89%	155%	144%
17	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル中	89%	153%	141%
18	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル大	89%	151%	138%
19	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル小	90%	256%	212%
20	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル中	90%	252%	208%
21	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル大	90%	249%	204%
22	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル小	86%	153%	142%
23	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル中	86%	151%	139%
24	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル大	86%	149%	136%
25	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル小	86%	153%	142%
26	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル中	86%	151%	139%
27	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル大	86%	149%	136%

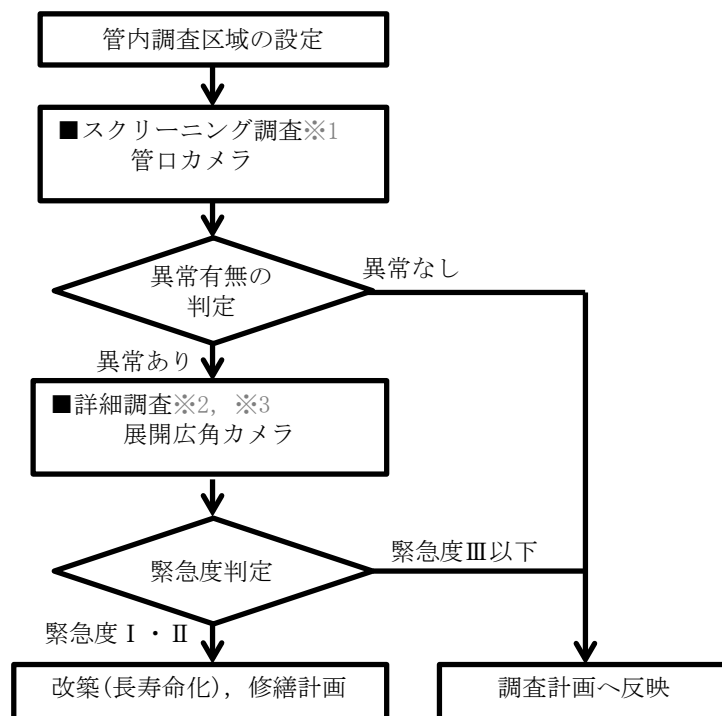
※昭和29年以前の塩ビ管についてはデータがないため算定していない。

§ 59 管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）の組合せによる管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標

管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）の組み合わせによるモデルフィールドにおける共通指標の算定結果について整理する。

【解 説】

スクリーニング調査（管口カメラ）単体では緊急度判定は困難であるため、スクリーニング調査（管口カメラ）で調査優先箇所を判定を行い、優先度の高いスパンに限定して詳細調査（展開広角カメラ）を実施する図 6-8 に示した運用フローを基に、緊急度判定を行うこととし、共通指標を算出した。なお、管口カメラについては、実証研究における視認可能範囲を考慮し、適用可能なスパン長を最長 30mとしている。このため、モデルフィールドにおけるスパン延長 30m以下のデータを用いて共通指標を算定した。また、追加調査技術（電気伝導度計、傾斜計測調査、管路形状プロファイリング調査）は実施しないケースとして算出した。



※1：不明水発生エリアの絞り込みが必要な場合には、電気伝導度計を追加して実施することも可能

※2：管路勾配やたるみを詳細に調査する必要がある場合は、詳細調査として傾斜計測計と展開広角カメラを組み合わせる実施

※3：管の形状（偏平・減肉）を正確に計測する必要がある場合は、詳細調査としてプロファイリング調査と従来型TVカメラ調査を組み合わせる実施

 ：モデルフィールドにて実施した内容 $\longrightarrow$ ：モデルフィールドにおける流れ

図 6-8 管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）の組み合わせによる管渠マネジメントシステム共通指標試算時の運用フロー

管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）の組み合わせによる管渠マネジメントシステムの代表的なモデルフィールドとして日進量向上率とコスト効率の観点から、最も有利な条件となったモデルフィールド No. 19（昭和 50 年～平成 4 年・陶管・堆積レベル小）、最も不利な条件となったモデルフィールド No. 4（昭和 29 年以前・コンクリート管・堆積レベル小）および緊急度適合率をもっとも低くなったモデルフィールド No. 25（昭和 50 年～平成 4 年・塩ビ管・堆積レベル大）を例に、これらの条件で算出した共通指標について以下に示す。

モデルフィールド No. 19 では従来型 TV カメラと比較し、日進量が約 3.0 倍に向上した。また、コストは約 6 割減となった。緊急度適合率は 80%であった。

モデルフィールド No. 4 では従来型 TV カメラと比較し、日進量が約 1.5 倍に向上した。また、コストは約 2 割減となった。緊急度適合率は 87%であった。

モデルフィールド No. 25 では従来型 TV カメラと比較し、日進量は約 2.4 倍であった。また、コストは約 4 割減となったが、緊急度適合率は 42%であった。

緊急度適合率については、布設年度が古い管渠では 9 割以上あるものの、布設年度が新しい管渠や塩ビ管では緊急度適合率が減少する傾向にある。これは新しい管渠ほど管口部分に異常が確認される割合が低く、管口カメラによる管口付近以外の見落とし割合が増えるためである。特に塩ビ管においてその傾向が顕著であり、緊急度適合率は 4 割程度まで低下し、異常発生スパンの見落としの可能性が高いことから、使用にあたっては十分に留意する必要がある。

日進量、コスト効率については、管口カメラによるスクリーニング調査は従来型 TV カメラと比較して側視を行う必要がないため、継手の多い陶管で特に日進量の向上が期待できる。また、異常の少ない管渠（＝布設年度が新しい管渠）ほど、日進量向上率、コスト効率が向上する。これは、異常が少ない管渠の場合、スクリーニングにより詳細調査に回す割合を大きく減少させるためである。逆に、もともと異常が多い管渠の場合、スクリーニングにより詳細調査に回す割合をあまり減少させることができないため、日進量向上率、コスト効率への影響は限定的である。なお、上述した通り異常が少ない管渠ほど見落としの可能性が増え、緊急度適合率と日進量、コストはトレードオフの関係にあることから、管口カメラによるスクリーニングについては、メリット・デメリットを理解した上で使用を判断することが重要である。

なお、管口カメラは管口からの調査のため、走行型のスクリーニング調査と比較して堆積の影響を受けにくく、堆積量が多い調査エリアでも一定のコスト効率、日進量向上率を見込むことが可能である。その他の条件も含めた共通指標の一覧を表 6-6 に示す。一覧表を用いて自治体の条件に見合ったモデルフィールドを参照することで、事前に技術の導入効果を定量的に評価することが可能となる。

表 6-5 管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）による管渠マネジメントシステム
共通指標試算結果（抜粋）

（モデルフィールド No. 19）昭和 50 年～平成 4 年・陶管・堆積レベル小

共通指標	従来型 TV カメラ （比較対象技術）	管口カメラと展開広角カメラ （詳細調査）による管渠マネジ メントシステム
緊急度適合率	100%	80%
日進量向上率	100%	297%
コスト効率	100%	244%

（モデルフィールド No. 4）昭和 29 年以前・コンクリート管・堆積レベル小

共通指標	従来型 TV カメラ （比較対象技術）	管口カメラと展開広角カメラ （詳細調査）による管渠マネジ メントシステム
緊急度適合率	100%	87%
日進量向上率	100%	147%
コスト効率	100%	130%

（モデルフィールド No. 25）昭和 50 年～平成 4 年・塩ビ管・堆積レベル小

共通指標	従来型 TV カメラ （比較対象技術）	管口カメラと展開広角カメラ （詳細調査）による管渠マネジ メントシステム
緊急度適合率	100%	42%
日進量向上率	100%	238%
コスト効率	100%	174%

表 6-6 共通指標一覧

(管口カメラと展開広角カメラ(詳細調査)による管渠マネジメントシステム)

モデル フィールド No.	現場条件			共通指標		
	布設年度	管種	堆積物発生 割合	緊急度 適合率	日進量 向上率	コスト 効率
1	昭和29年以前	陶管	堆積レベル小	91%	211%	164%
2	昭和29年以前	陶管	堆積レベル中	91%	211%	164%
3	昭和29年以前	陶管	堆積レベル大	91%	211%	164%
4	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル小	87%	147%	130%
5	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル中	87%	147%	130%
6	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル大	87%	147%	130%
7	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル小	—	—	—
8	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル中	—	—	—
9	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル大	—	—	—
10	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル小	85%	242%	193%
11	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル中	85%	242%	193%
12	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル大	85%	242%	193%
13	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル小	85%	148%	132%
14	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル中	85%	148%	132%
15	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル大	85%	148%	132%
16	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル小	68%	220%	166%
17	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル中	68%	220%	166%
18	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル大	68%	220%	166%
19	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル小	80%	297%	244%
20	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル中	80%	297%	244%
21	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル大	80%	297%	244%
22	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル小	76%	175%	160%
23	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル中	76%	175%	160%
24	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル大	76%	175%	160%
25	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル小	42%	238%	174%
26	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル中	42%	238%	174%
27	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル大	42%	238%	174%

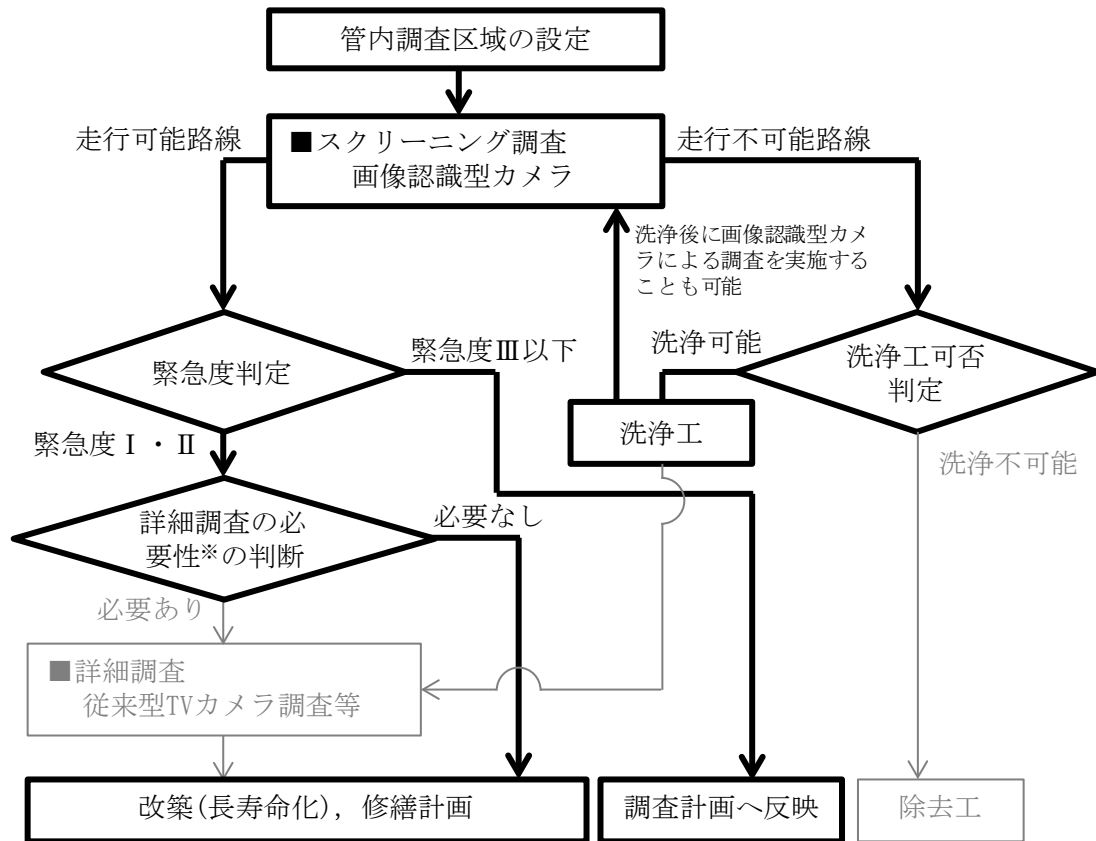
※昭和29年以前の塩ビ管についてはデータがないため算定していない。

§ 60 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標

画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステムのモデルフィールドにおける共通指標について整理する。

【解説】

実証の結果、画像認識型カメラによるスクリーニング調査にて、一定の精度で緊急度判定が可能であることが明らかとなっている。このため図 6-9 に示した運用フローを基に、画像認識型カメラによるスクリーニング調査結果から緊急度判定を行うこととした。すなわち、詳細調査は実施しないケースを想定し、共通指標を算出した。また、走行不可能路線については洗浄後にあらためてスクリーニング調査を実施することとした。



※管の表面に付着物が多い場合など画像認識型カメラ画像のみでは緊急度判定が困難な場合は「必要あり」と判断する。

□ : モデルフィールドにて実施した内容 ➡ : モデルフィールドにおける流れ

図 6-9 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム 共通指標試算時の運用フロー

画像認識型カメラについては、画像認識の実績がないことから陶管、塩ビ管を適用外としているため、コンクリート管に限定して共通指標を算出した。画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステムの代表的なモデルフィールドとして、日進量向上率とコスト効率の観点から、最も有利な条件となったモデルフィールド No. 4（昭和 29 年以前・コンクリート管・堆積レベル小）と最も不利な条件となったモデルフィールド No. 24（昭和 50 年～平成 4 年・コンクリート管・堆積レベル大）を例に、これらの条件で算出した共通指標について以下に示す。

モデルフィールド No. 4 では従来型 TV カメラと比較し、日進量が約 1.6 倍に向上した。また、コストは約 5 割減となった。緊急度適合率は 93%であった。

モデルフィールド No. 24 では従来型 TV カメラと比較し、日進量は約 1.2 倍となった。また、コストは約 2 割減となった。緊急度適合率は 85%であった。このように不利な条件でも、従来型 TV カメラを上回る日進量、コスト効率を示している。

画像認識型カメラによるスクリーニング調査は従来型 TV カメラと比較して側視を行う必要がないため、コンクリート管においても日進量向上率、コスト効率の面で一定の優位性がある。また、緊急度適合率については 8 割程度であり、経過年数によらず一定の調査精度を見込むことが可能である。なお、土砂の堆積深が管径の 2～3 割程度でも乗り越えられないケースが 79%程度確認されていることから土砂堆積による走行不可能箇所が多い地区では、コスト効率、日進量向上率が低下する。

その他の条件も含めた共通指標の一覧を表 6-8 に示す。一覧表を用いて自治体の条件に見合ったモデルフィールドを参照することで、事前に技術の導入効果を定量的に評価することが可能となる。

表 6-7 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム共通指標試算結果（抜粋）

（モデルフィールド No. 4）昭和 29 年以前・コンクリート管・堆積レベル小

共通指標	従来型 TV カメラ技術 （比較対象技術）	画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム
緊急度適合率	100%	93%
日進量向上率	100%	159%
コスト効率	100%	182%

（モデルフィールド No. 24）昭和 50 年～平成 4 年・コンクリート管・堆積レベル大

共通指標	従来型 TV カメラ技術 （比較対象技術）	画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム
緊急度適合率	100%	85%
日進量向上率	100%	115%
コスト効率	100%	119%

表 6-8 共通指標一覧（画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム）

モデル フィールド No.	現場条件			共通指標		
	布設年度	管種	堆積物発生 割合	緊急度 適合率	日進量 向上率	コスト 効率
1	昭和29年以前	陶管	堆積レベル小	－	－	－
2	昭和29年以前	陶管	堆積レベル中	－	－	－
3	昭和29年以前	陶管	堆積レベル大	－	－	－
4	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル小	93%	159%	182%
5	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル中	93%	145%	153%
6	昭和29年以前	コンクリート管	堆積レベル大	93%	134%	132%
7	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル小	－	－	－
8	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル中	－	－	－
9	昭和29年以前	塩ビ管	堆積レベル大	－	－	－
10	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル小	－	－	－
11	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル中	－	－	－
12	昭和30年～49年	陶管	堆積レベル大	－	－	－
13	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル小	87%	139%	165%
14	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル中	87%	127%	139%
15	昭和30年～49年	コンクリート管	堆積レベル大	87%	116%	121%
16	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル小	－	－	－
17	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル中	－	－	－
18	昭和30年～49年	塩ビ管	堆積レベル大	－	－	－
19	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル小	－	－	－
20	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル中	－	－	－
21	昭和50年～平成4年	陶管	堆積レベル大	－	－	－
22	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル小	85%	138%	163%
23	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル中	85%	125%	138%
24	昭和50年～平成4年	コンクリート管	堆積レベル大	85%	115%	119%
25	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル小	－	－	－
26	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル中	－	－	－
27	昭和50年～平成4年	塩ビ管	堆積レベル大	－	－	－

※陶管、塩ビ管は適用外のため算定していない。

§ 61 現場条件の共通指標への影響評価

調査フィールドの条件（布設年度・管種・堆積物発生割合）が共通指標に与える影響を数量化Ⅰ類により明らかにした。

- (1) 展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステム
- (2) 管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）の組み合わせによる管渠マネジメントシステム
- (3) 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム

【解 説】

調査フィールドの条件（布設年度・管種・堆積物発生割合）が共通指標（緊急度適合率・日進量向上率・コスト効率）に与える影響を定量的に評価するため、統計解析による共通指標試算結果の検証を行った。

統計解析には数量化Ⅰ類^{※1}を用い、目的変数^{※2}を共通指標（緊急度適合率・日進量向上率・コスト効率）とし、また説明変数^{※3}を調査フィールドの条件（布設年度・管種・堆積物発生割合）として、説明変数（調査フィールドの条件）が目的変数に与える影響を数量化した。本結果を用いて、各項目間の影響を比較することで、管渠マネジメントシステム技術の条件ごとの得意、不得意条件をより定量的に評価し、効果的な技術選定を行うことが可能である。

※1 数量化Ⅰ類：重回帰分析の一種で、説明変数が定量的に表せない場合に使用される。目的変数（結果）への説明変数（原因）の影響度を数量化し、以下の結果イメージに示すような推定式を作成することが可能である。

※2 目的変数：結果のことを示す。ここでは導入効果を示す指標である3つの共通指標（緊急度適合率・日進量向上率・コスト効率）のことをいう。

※3 説明変数：原因のことを示す。ここでは導入効果に影響を与える調査フィールド条件（布設年度・管種・堆積物発生割合）のことをいう。

（数量化Ⅰ類結果イメージ）共通指標の推定式

$$Y = X1 + X2 + X3 + Z$$

Y(%) : 目的変数（共通指標：緊急度適合率，日進量向上率，コスト効率）

X1(%) : 布設年度が共通指標に与える影響

X2(%) : 管種が共通指標に与える影響

X3(%) : 堆積物発生割合が共通指標に与える影響

Z(%) : 定数項（共通指標の標準値^{※4}）

※4 標準的な現場条件（布設年度：昭和30～49年，管種：コンクリート管，堆積物発生割合：堆積物レベル小）における共通指標の値

(参考) 数量化 I 類結果の活用例

『画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム』の (b) 日進量向上率 (表 6-11) を例に示す。右列の定数項 Z が各共通指標の標準値を示し、X1～X3 の諸条件内の各項目の数値が標準値に与える影響を示しており、各共通指標 (緊急度適合率, 日進量向上率, コスト効率) の推定値は条件ごとの X1～X3 および Z の和で表される。数字が大きいほど, その技術にとって有利であることを示し, X1～X3 の各項目間の影響を比較することで, 管渠マネジメントシステム技術の条件ごとの優位性をより定量的に評価することができる。

(b) 日進量向上率 (%)

X1: 布設年度		X2: 管種		X3: 堆積物発生割合		Z: 定数項
昭和 29 年以前	+33%	陶管	—	堆積物 レベル小	0%	+138%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	-14%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-2%	塩ビ管	—	堆積物 レベル大	-25%	

(日進量試算例 1) 経過年数 50 年以上の老朽化した管渠が多いものの, 維持管理が計画的に行われ, 堆積物の除去が適切に行われている A 地区で使用する場合

A 地区 (昭和 29 年以前, コンクリート管, 堆積物レベル小) における日進量向上率 Y

$$= X1 + X2 + X3 + Z = (+33\%) + (0\%) + (0\%) + (138\%) = \mathbf{171\%}$$

優位性 大 (従来型 TV カメラの約 1.7 倍の日進量)

(日進量試算例 2) 経過年数 30 年程度の比較的新しい管渠が多いものの, 経験的に堆積が多く発生していることが分かっている B 地区で使用する場合

B 地区 (昭和 50 年～平成 4 年, コンクリート管, 堆積物レベル大) における

日進量向上率 Y

$$= X1 + X2 + X3 + Z = (-2\%) + (0\%) + (-25\%) + (138\%) = \mathbf{111\%}$$

優位性 小 (従来型 TV カメラの約 1.1 倍の日進量)

このように数量化 I 類結果を活用することで, 事前に共通指標を推定する事ができる。また, X1～X3 の各項目間の影響を比較することで, 管渠マネジメントシステム技術の条件ごとの優位性をより定量的に評価し, 各自治体の現場条件にあった技術選択が可能となる。

(1) 展開広角カメラ（スクリーニング調査）による管渠マネジメントシステム

表 6-4 で示した 27 ケースの共通指標に対して数量化Ⅰ類を行い、モデルフィールドの諸条件が共通指標に与える影響を定量化した結果を表 6-9 に示す。右列の定数項 Z が各共通指標の標準値を示し、X1～X3 の諸条件内の各項目の数値が標準値に与える影響を示しており、各共通指標（緊急度適合率、日進量向上率、コスト効率）の推定値は条件ごとの X1～X3 および Z の和で表される。値が大きいほど調査の効率が高まることを示す。本表を活用し、X1～X3 の各項目間の影響を比較することで、管渠マネジメントシステム技術の条件ごとの優位性をより定量的に評価することができる。

表 6-9 数量化Ⅰ類による評価結果

(a) 緊急度適合率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	+4%	陶管	-4%	堆積物 レベル小	0%	+88%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	0%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-2%	塩ビ管	-0%	堆積物 レベル大	0%	

(b) 日進量向上率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	+39%	陶管	+108%	堆積物 レベル小	0%	+153%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	-3%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-3%	塩ビ管	+3%	堆積物 レベル大	-5%	

(c) コスト効率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	+23%	陶管	+73%	堆積物 レベル小	0%	+143%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0 %	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	-3%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-2 %	塩ビ管	+2%	堆積物 レベル大	-7%	

以下に評価結果の考察を示す。

(a) 緊急度適合率

- ・ 異常箇所数，管種にかかわらず一定の調査精度（従来型 TV カメラ調査の 8～9 割程度）で調査が可能
- ・ 堆積等により走行できないことが確認された場合は，調査前に洗浄を行うため，調査精度に影響はない。

(b) 日進量向上率

・ 布設年度

従来型 TV カメラ調査と違い異常箇所ごとの側視を行う必要がないため，布設年度の古い管渠（＝異常箇所が多い管渠）ほど，従来型 TV カメラに比べ優位性が高い。

・ 管種

管の継手ごとの側視を行う必要がないため，陶管のように管 1 本あたりの長さが短く，継手の多い管種ほど，従来型 TV カメラ調査に比べ優位性が高い。

・ 堆積レベル

未洗浄での運用を基本としているが，土砂の堆積深が管径の 2～3 割程度であれば問題なく乗り越えられるため，堆積物発生割合が高い場合でも日進量向上率への影響はあまり見られない。

(c) コスト効率

・ 布設年度

従来型 TV カメラ調査と違い異常箇所ごとの側視を行う必要がないため，布設年度の古い管渠（＝異常箇所が多い管渠）ほど，従来型 TV カメラに比べ優位性が高い。

・ 管種

管の継手ごとの側視を行う必要がないため，陶管のように管 1 本あたりの長さが短く，継手の多い管種ほど，従来型 TV カメラ調査に比べ優位性が高い。

・ 堆積レベル

未洗浄での運用を基本としているが，土砂の堆積深が管径の 2～3 割程度であれば問題なく乗り越えられるため，堆積物発生割合が高い場合でもコスト効率への影響はあまり見られない。

(2) 管口カメラと展開広角カメラ（詳細調査）の組み合わせによる管渠マネジメントシステム

表 6-6 で示した 27 ケースの共通指標に対して数量化 I 類を行い、モデルフィールドの諸条件が共通指標に与える影響を定量化した結果を表 6-10 に示す。右列の定数項 Z が各共通指標の標準値を示し、X1～X3 の諸条件内の各項目の数値が標準値に与える影響を示しており、各共通指標（緊急度適合率、日進量向上率、コスト効率）の推定値は条件ごとの X1～X3 および Z の和で表される。値が大きいほど調査の効率が高まることを示す。本表を活用し、X1～X3 の各項目間の影響を比較することで、管渠マネジメントシステム技術の条件ごとの優位性をより定量的に評価することができる。

表 6-10 数量化 I 類による評価結果

(a) 緊急度適合率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	+0%	陶管	+3%	堆積物 レベル小	0%	+87%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	0%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-13%	塩ビ管	-25%	堆積物 レベル大	0%	

(b) 日進量向上率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	-20%	陶管	+93%	堆積物 レベル小	0%	+152%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	0%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	+33%	塩ビ管	+60%	堆積物 レベル大	0%	

(c) コスト効率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	-20%	陶管	+60%	堆積物 レベル小	0%	+159%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	0%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	+29%	塩ビ管	+18%	堆積物 レベル大	0%	

以下に評価結果の考察を示す。

(a) 緊急度適合率

・布設年度

昭和50年～平成4年の比較的新しい管渠の場合、1スパンあたりに発生する異常が少なく、管口カメラの目視範囲内に異常が見つからないことも多いため、見落としが若干発生しやすい傾向がある。

・管種

塩ビ管の場合、1スパンあたりに発生する異常が少なく、管口カメラの目視範囲内に異常が見つからないことも多いため、見落としが発生しやすい傾向がある。

・堆積レベル

異常は管の上半分に多く発生しており、土砂等の堆積が多い管渠でも精度への影響は少ない。

(b) 日進量向上率

・布設年度

管口カメラで異常が確認されたスパンに限定し展開広角カメラ（詳細調査）を行う2段階方式のため、もともと異常の少ない比較的新しい管渠ほど展開広角カメラ（詳細調査）を行う必要がなく、迅速な調査が可能となる。

・管種

管の継手ごとの側視を行う必要がないため、陶管のように管1本あたりの長さが短く、継手の多い管種ほど、従来型TVカメラ調査に比べ優位性が高い。また、塩ビ管のように異常が少ないと、結果として展開広角カメラ（詳細調査）を行う回数が減るため、日進量が高くなる。

・堆積レベル

走行型ではないため、土砂等の堆積が多い管渠でも日進量への影響はない。

(c) コスト効率

・布設年度

管口カメラで異常が確認されたスパンに限定し展開広角カメラ（詳細調査）を行う2段階方式のため、もともと異常の少ない比較的新しい管渠ほど展開広角カメラ（詳細調査）を行う必要がなく、コストダウンが可能となる。

・管種

管の継手ごとに側視を行う必要がないため、陶管のように管1本あたりの長さが短く、継手の多い管種ほど従来型TVカメラ調査に比べコスト面で優位性が高い。また、塩ビ管のように異常が少ないと結果として展開広角カメラ（詳細調査）を行う回数が減るため、コストが低くなる。

・堆積レベル

走行型ではないため、土砂等の堆積が多い管渠でもコスト効率への影響はない。

(3) 画像認識型カメラによる管渠マネジメントシステム

表 6-8 で示した 27 ケースの共通指標に対して数量化 I 類を行い、モデルフィールドの諸条件が共通指標に与える影響を定量化した結果を表 6-11 に示す。右列の定数項 Z が各共通指標の標準値を示し、X1～X3 の諸条件内の各項目の数値が標準値に与える影響を示しており、各共通指標（緊急度適合率、日進量向上率、コスト効率）の推定値は条件ごとの X1～X3 および Z の和で表される。値が大きいほど調査の効率が高まることを示す。本表を活用し、X1～X3 の各項目間の影響を比較することで、管渠マネジメントシステム技術の条件ごとの優位性をより定量的に評価することができる。

表 6-11 数量化 I 類による評価結果

(a) 緊急度適合率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	+4%	陶管	—	堆積物 レベル小	0%	+88%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	0%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-3%	塩ビ管	—	堆積物 レベル大	0%	

(b) 日進量向上率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	+25%	陶管	—	堆積物 レベル小	0%	+141%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	-1%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-2%	塩ビ管	—	堆積物 レベル大	-29%	

(c) コスト効率(%)

X1:布設年度		X2:管種		X3:堆積物発生割合		Z:定数項
昭和 29 年以前	+18%	陶管	—	堆積物 レベル小	0%	+169%
昭和 30 年～ 昭和 49 年	0%	コンクリ ート管	0%	堆積物 レベル中	-31%	
昭和 50 年～ 平成 4 年	-2%	塩ビ管	—	堆積物 レベル大	-54%	

以下に評価結果の考察を示す。

(a) 緊急度適合率

- ・ 異常箇所数にかかわらず，一定精度（従来型 TV カメラ調査の 8～9 割程度）での調査が可能
- ・ 堆積により走行できないことが確認された場合でも，調査前に洗浄を行うため，調査精度に影響はない。

(b) 日進量向上率

・ 布設年度

従来型 TV カメラ調査と違い異常箇所ごとの側視を行う必要がないため，布設年度の古い管渠（＝異常箇所が多い管渠）ほど，従来型 TV カメラ調査に比べ優位性が高い。

・ 堆積レベル

洗浄無しでの運用を基本としており，堆積が多い管渠では洗浄を行う必要があるため優位性が低下する。

(c) コスト効率

・ 布設年度

従来型 TV カメラ調査と違い異常箇所ごとの側視を行う必要がないため，布設年度の古い管渠（＝異常箇所が多い管渠）ほど，従来型 TV カメラ調査に比べ優位性が高い。

・ 堆積レベル

洗浄無しでの運用を基本としており，堆積が多い管渠では洗浄を行う必要があるため優位性が低下する。

おわりに

本ガイドラインは平成 25 年度の実証研究に基づき作成したものであり、実証したフィールドが異なるため、技術毎に単純比較することを意図したものではない。このため、実際の運用にあたっては、現場条件により本ガイドラインで示した期間の短縮効果や調査精度が得られないことがあり得る旨、申し添える。なお、国土技術政策総合研究所では今後も当該技術のフォローアップを行っていく予定である。

管渠マネジメントシステム技術については未だ発展途上であり、人口減少社会の到来、老朽化施設の急増、下水道事業に関わる職員や技術者の減少などにより、現場のニーズが益々高くなることから、今後もより効率的な技術開発が進められることを期待するものである。

国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部