

## 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。

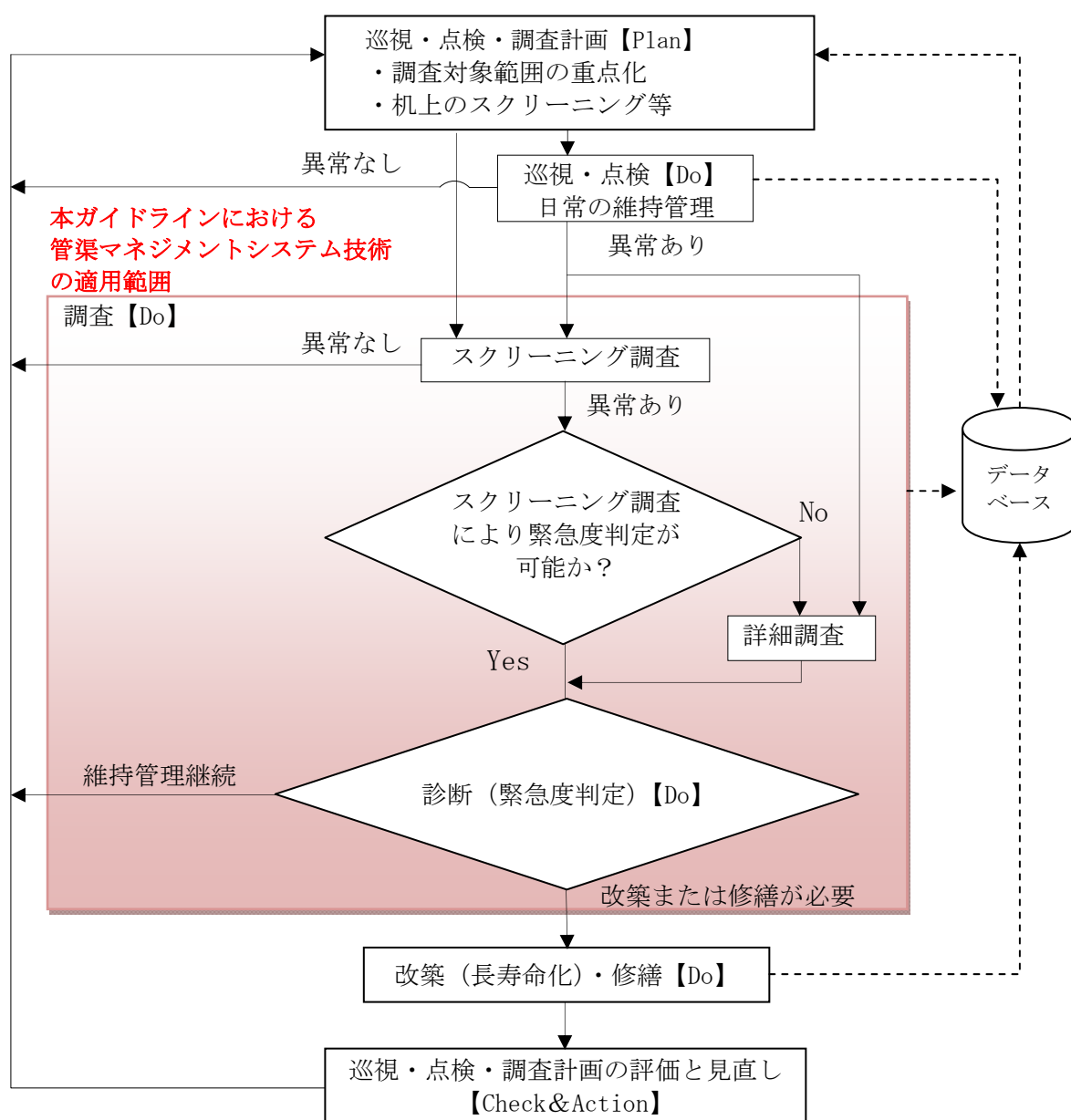


図 2-1 巡視・点検・調査および診断・対策のフロー

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。

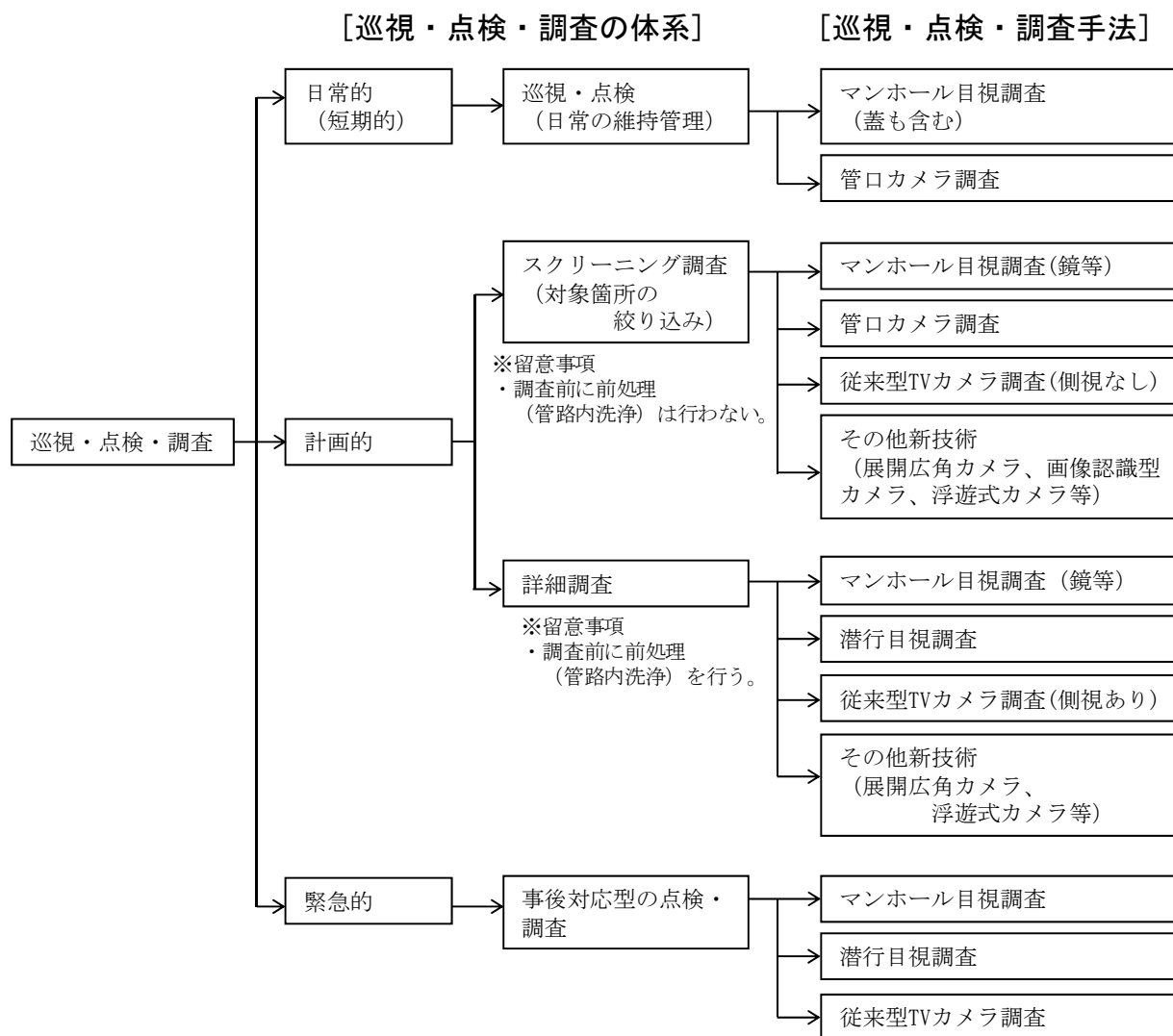


図 2-2 巡視・点検・調査手法の体系分類図 (案)

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。

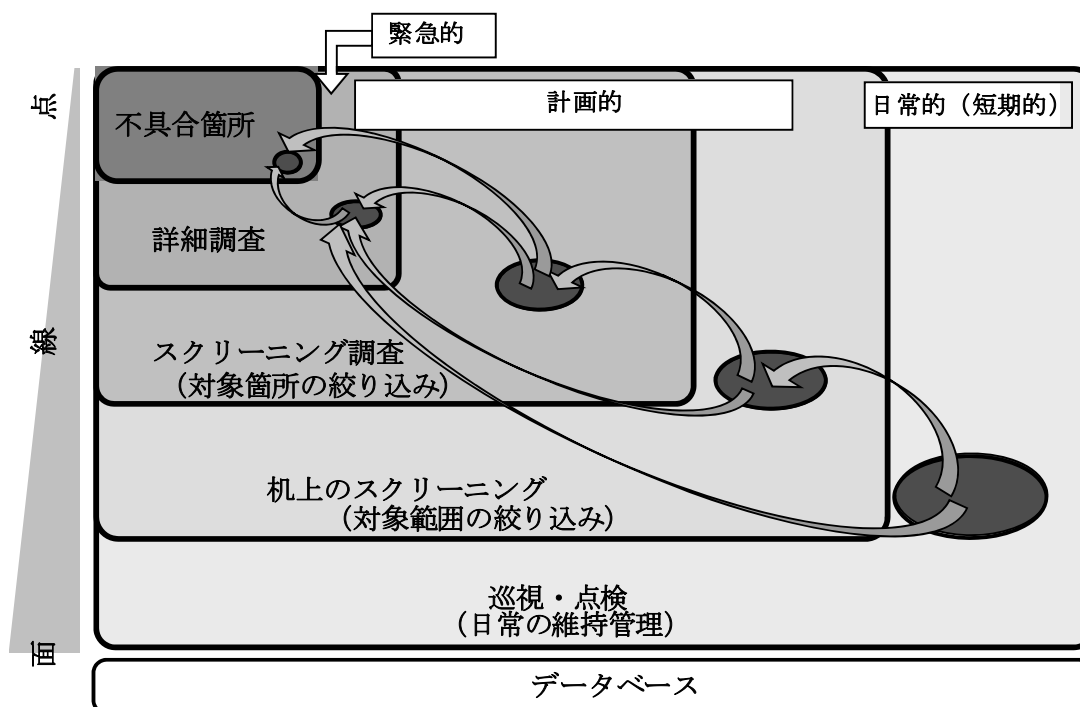
本ガイドラインでは，後者のスクリーニング調査を対象とするものであり，管渠が布設されている全区域あるいは机上スクリーニングで絞り込まれた調査重点対象区域から緊急性の高い箇

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おいては、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	<ul style="list-style-type: none"> <li>管内を停止することなく走行，撮影</li> <li>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</li> <li>管 1 本ごとの異常を把握し，スパン全体の緊急度を判定</li> <li>緊急度判定が可能であり，詳細調査を必須としない</li> <li>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</li> </ul>
	管口カメラ	固定型	スパン	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員がマンホールに入らずに調査が可能</li> <li>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</li> <li>緊急度判定を行うためには詳細調査が必要</li> <li>視認可能範囲外の不具合を見落とす恐れがある</li> </ul>
	画像認識型カメラ	走行型	スパン	<ul style="list-style-type: none"> <li>管内を停止することなく走行，撮影</li> <li>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</li> <li>管 1 本ごとの異常を把握し，スパン全体の緊急度を判定</li> <li>異常発生箇所を自動検出し，判定者の労力を大幅に軽減</li> <li>緊急度判定が可能であり，詳細調査を必須としない</li> <li>管内堆積の影響を受けやすい（特に小口径管の場合）</li> </ul>
	電気伝導度計 (参考資料編Ⅲを参照)	固定型	区域	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>

※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。

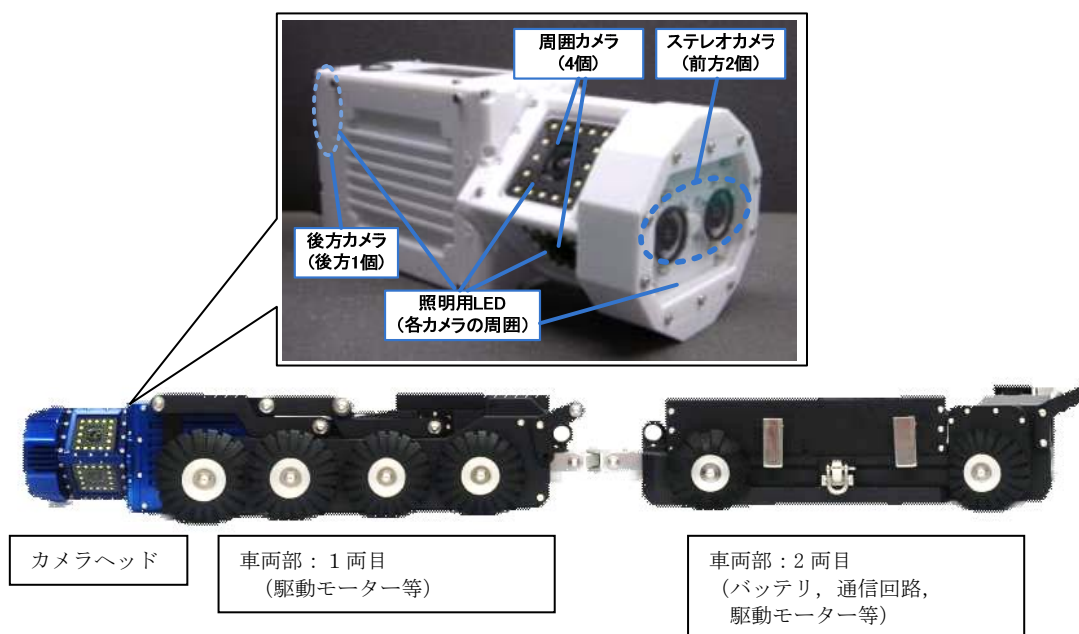


図 2-6 画像認識型カメラの外観

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) 詳細調査および追加調査技術の特徴
- (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) 詳細調査および追加調査技術の特徴

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扁平・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	<b>【調査目的】</b> ・改築 (長寿命化)・修繕の要否を判断  <b>【調査項目】</b> ・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	<b>【調査目的】</b> ・適正な改築工法の選定 ・管更生の設計諸元の把握  <b>【調査項目】</b> ・残存耐荷力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管渠の耐荷力を定量的数値として判断可能</li> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・非破壊検査であり、管を傷めない</li> <li>・残存耐荷力に応じた適正な改築工法の選定が可能</li> </ul>
	管路形状プロファイリング	<b>【調査目的】</b> ・管の扁平、変形の計測 ・適正な改築工法の選定  <b>【調査項目】</b> ・減肉量 ・たわみ率、変形量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型 TV カメラに取り付けて使用</li> <li>・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</li> <li>・管厚の減肉量から残存耐荷力の推定が可能</li> <li>・塩ビ管等可とう管の扁平や変形を定量的に把握可能</li> </ul>
	傾斜計測計	<b>【調査目的】</b> ・管勾配計測の時間短縮  <b>【調査項目】</b> ・たるみ（勾配）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・展開広角カメラに計測機を内蔵させて使用</li> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul>

### 1) 残存耐荷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。

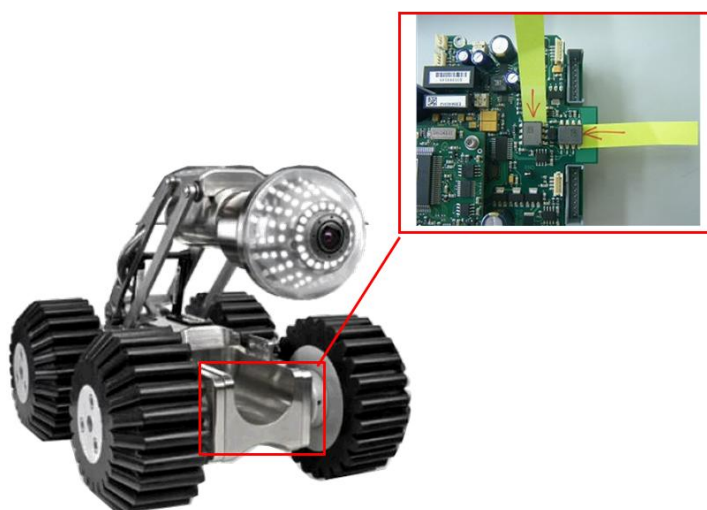


図 2-10 傾斜計測装置の外観（展開広角カメラに内蔵）

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て運用する。

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。

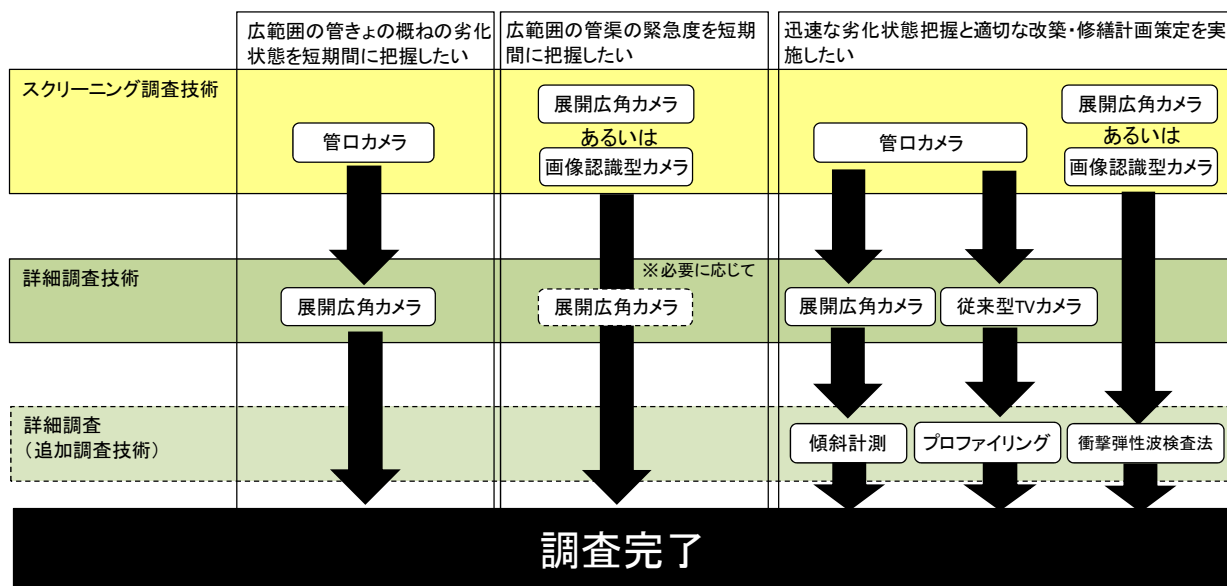


図 2-11 調査手法の組み合わせの例

(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。

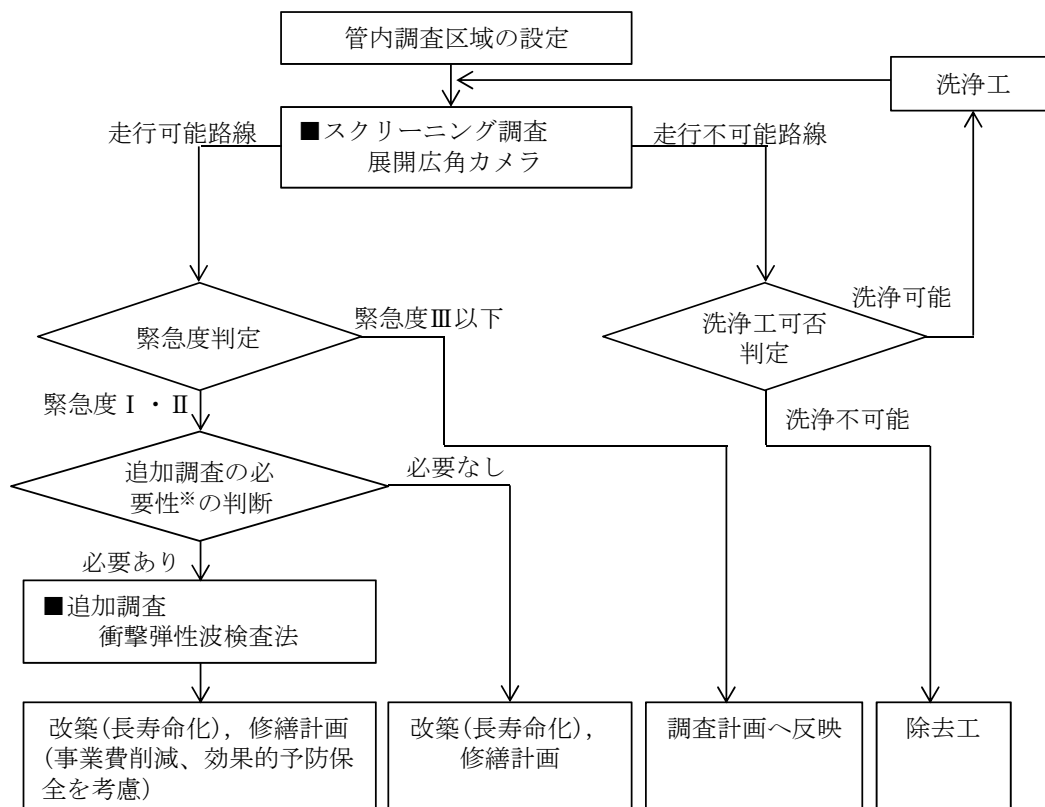
1) 展開広角カメラと衝撃弾性波検査法による管渠マネジメントシステム

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。

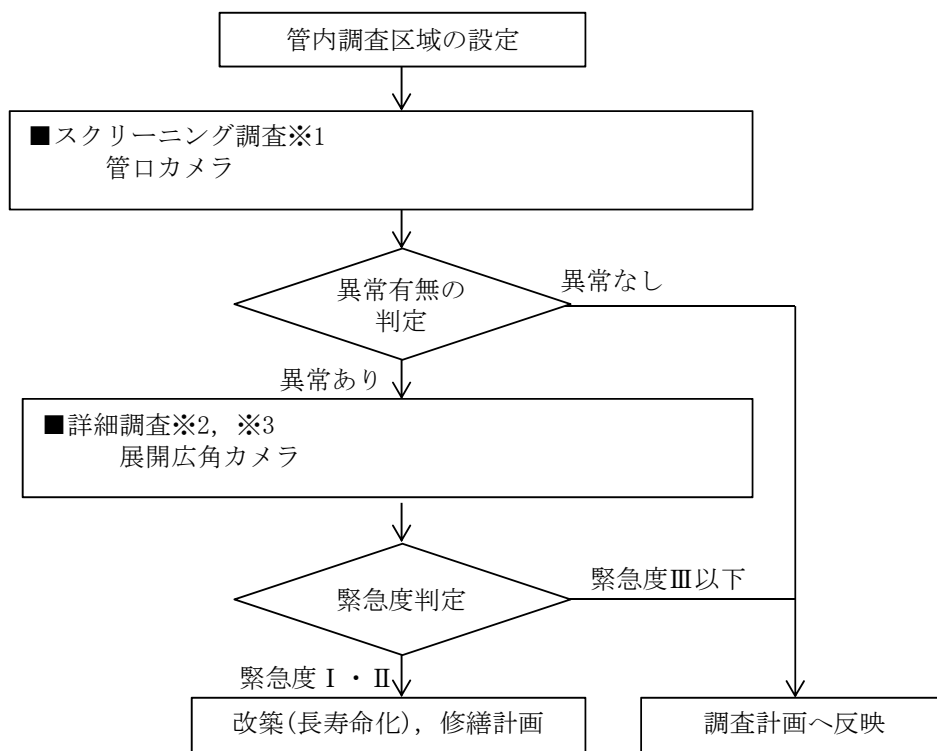
図 2-12 展開広角カメラと衝撃弾性波検査法による管渠マネジメントシステムの運用フロー（例）

## 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

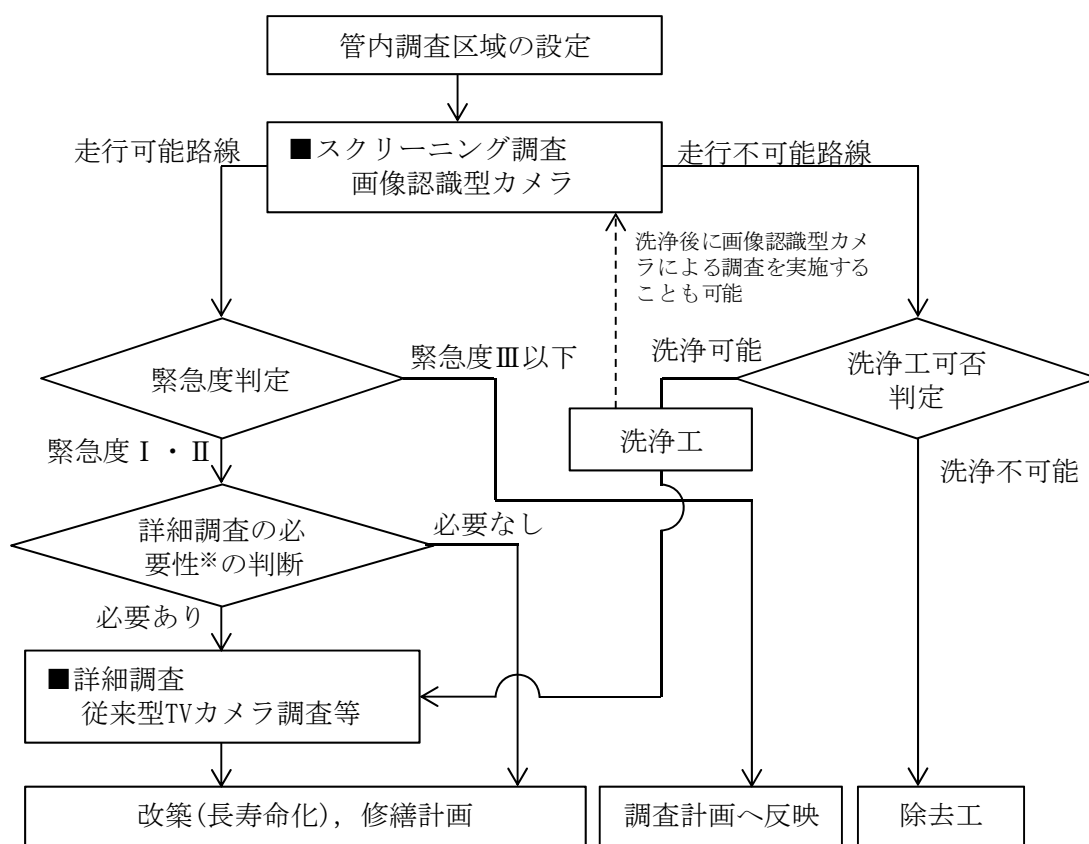
図 2-13 管口カメラと展開広角カメラの組み合わせによる管渠マネジメントシステムの運用フロー（例）

### 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）