

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

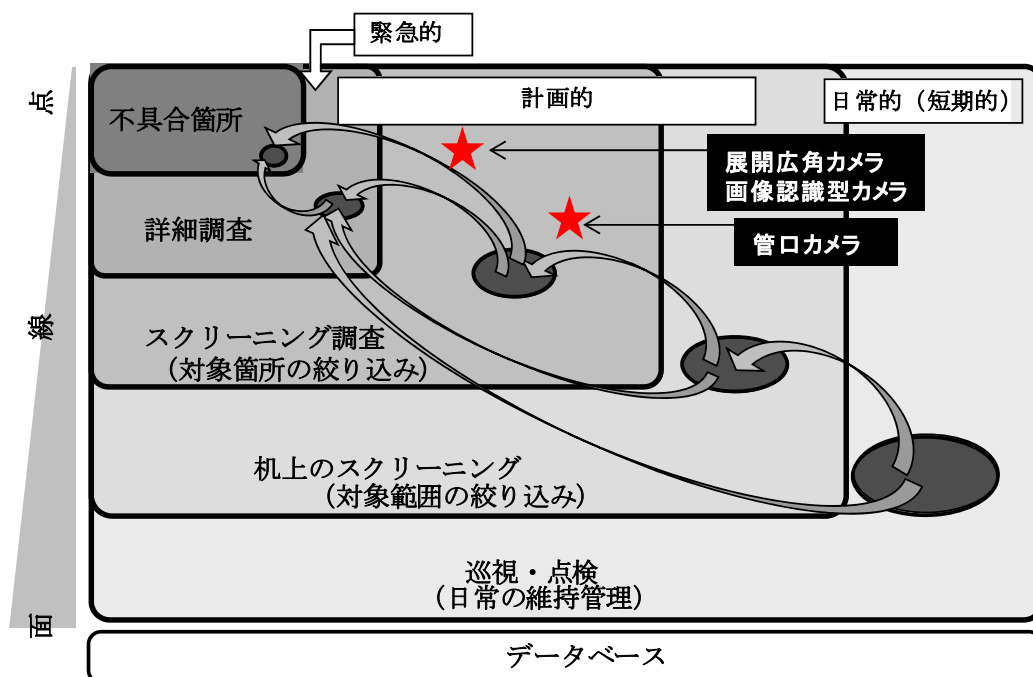
§ 18 スクリーニング調査技術の種類

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。

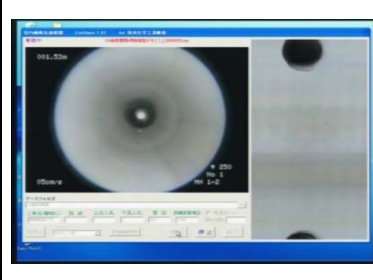
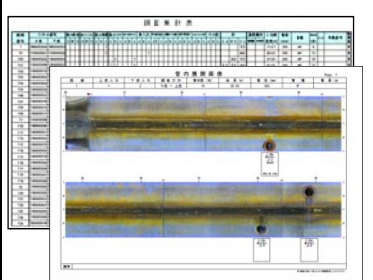
準備① 作業帯設置 	準備② 酸素濃度測定 	準備③ 管内換気 
【作業内容】 調査車両・マンホール周囲に 2.5×6mの範囲で作業帯を設置する。（カラーコーン・バーを設置）	【作業内容】 マンホール内に進入する前に、測定器を用いて、マンホール・管内の酸素濃度・その他有害ガス濃度を計測する。	【作業内容】 管内の視界状況が調査に影響があると判断される場合には送風機により換気を行いながら作業する。
機材設置 管内へ挿入 	計測① カメラ走行 	計測② 展開図化 
【作業内容】 管内へ調査機材を挿入する。挿入する際には、マンホール内にて受け取り役の作業員が待機している。	【作業内容】 調査車両内の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。	【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 	異常診断 異常入力 	報告書作成 帳票取りまとめ 
【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。	【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・異常箇所を入力を行う。	【作業内容】 異常入力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。

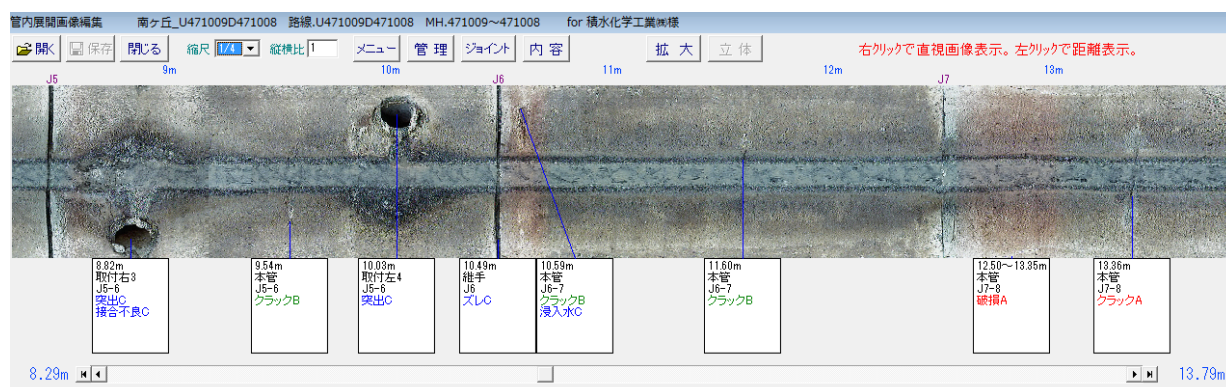


図 4-4 展開広角カメラによる展開画像データ上の異常診断実施例

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）

本管用調査記録表

路線No. U464001D465003

上流人孔 No. 464001										下流人孔 No. 465003									
人孔番号	人孔種別	人孔深	管頂深	人孔蓋種別	管種	管径	人孔間延長	人孔番号	人孔種別	人孔深	管頂深	人孔蓋種別							
464001					HP	φ 250 mm	19.90 m	465003											
人孔内点検																			
人孔内点検																			
継手数	管口	1	2	3	4	5	6	7	8	9	管口								
内容																			
写真番号																			
距離 (m)																			
管本数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
内容		破損				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																	
内容																			
写真番号																			
距離 (m)		2.92																	
考察																			
備考																			

マーク	項目	破損	クラック	隙間ズレ	たるみ蛇行	モルタル	浸入水	突出接合不良	腐食	油断木根	その他	計
異状箇所		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
継手部		1	2	1								2
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つの機種の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

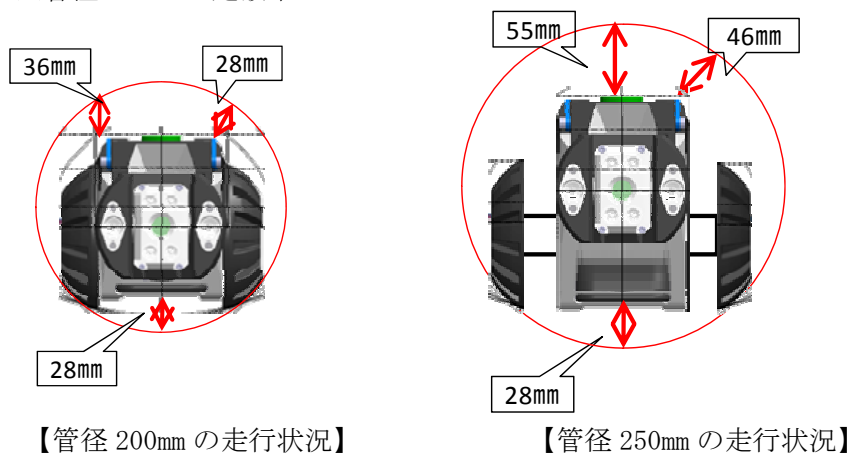


図 4-6 展開広角カメラの寸法図（正面）

§ 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。

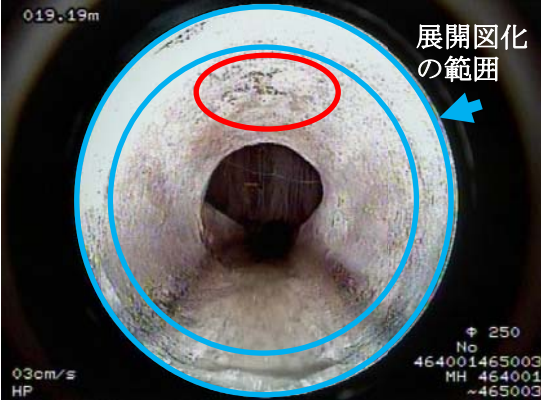
- (1) 照明の性能
- (2) 画像の展開方法
- (3) 判定者間のランク判定差の抑制法

【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		



019.19m
03cm/s
HP
φ 250
No. 464001465003
MH 464001~465003



19m



J9-J10
破損A
019.95m
T:4000°
U464001D465003
HP φ250 MHN. 464001~465003



J9-J10
破損A
019.12m
T:4000°
U464001D465003
HP φ250 MHN. 464001~465003

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。

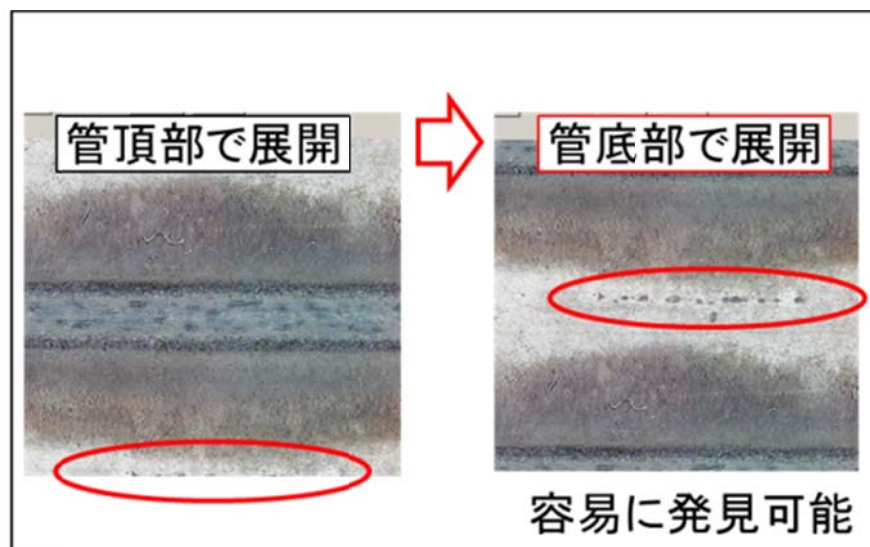
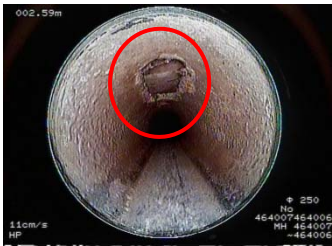
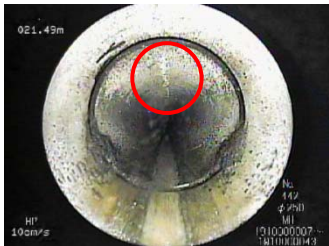
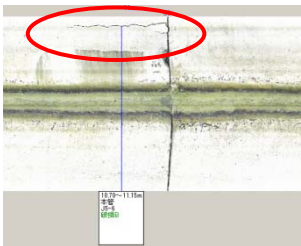
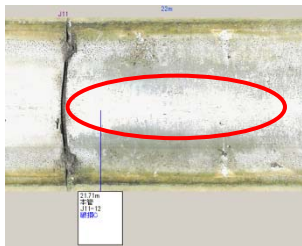


図 4-8 画像の展開方法の留意点

(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。

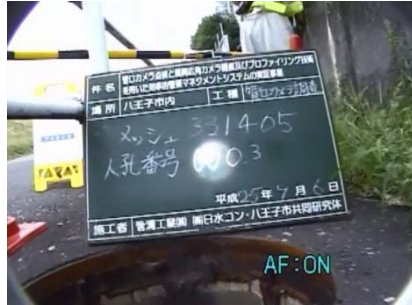
【準備】 作業帯設置後、ガス検知器でマンホール内部の酸素濃度および硫化水素濃度を測定し、安全確認を行う。 マンホールの下流側に、件名、場所、施工者、図面番号、マンホール番号等を記入した黒板を設置し、撮影を開始する。 黒板記載内容を撮影後、地上部の風景を撮影、その後、マンホール内部の撮影を行う。	
【機材設置】 管内の撮影は、下流側から開始する。下流管渠を12時とし、時計回りに撮影を行う。管口にカメラをセットすると、管口付近が死角となり異常を見逃しやすくなるため、必ずマンホールの中心にカメラをセットし、管口付近の確認を行った後に、管口にカメラをセットする。	
【計測】 管口部の全景を撮影後、管内の撮影を行う。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

要	ふた	有	状 況	写真番号	人 孔	有	状 況	写真番号
詳細調査	☐	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	☐	音がする（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 *管径は下水道台帳図より引用

12時

管種

TP

管径

φ300

管渠番号

33021900233302240034

-

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

詳細調査

☐

継手部

写真番号

清掃

☐

本管部

写真番号

備考：

様式図

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が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に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～ 4m以 内に 発生 する 異常 の割 合	管口 から 4m～ 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～ 4m以 内に 発生 する 異常 の割 合	管口 から 4m～ 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～ 4m以 内に 発生 する 異常 の割 合	管口 から 4m～ 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、管口からの調査ではほぼ検出可能 (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はほぼ検出可能
	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。ポールの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。

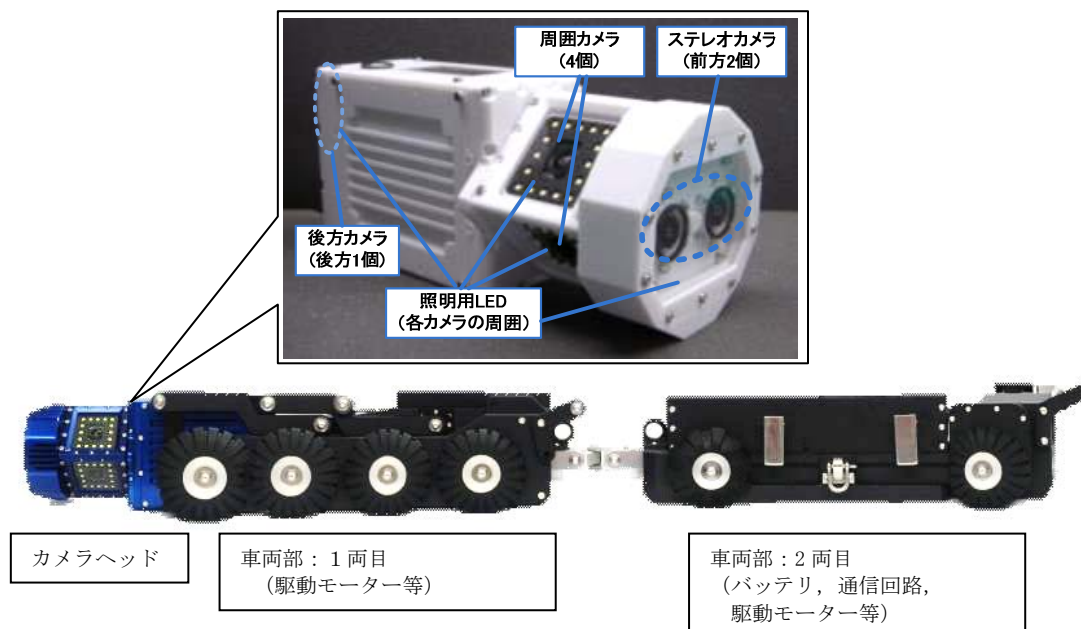


図 4-11 画像認識型カメラの外観

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。	

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。

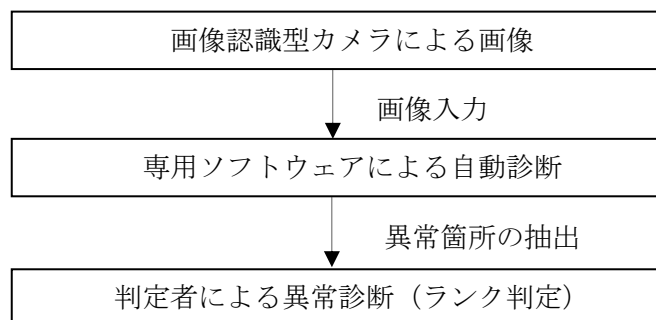


図 4-13 画像認識型カメラによる異常診断フロー



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2mm以上	軸方向クラックで幅2mm未満
			軸方向クラックで幅5mm以上		
	陶管	欠落	軸方向クラックが管長の1/2未満	—	
		軸方向クラックが管長の1/2以上			
	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）

§ 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

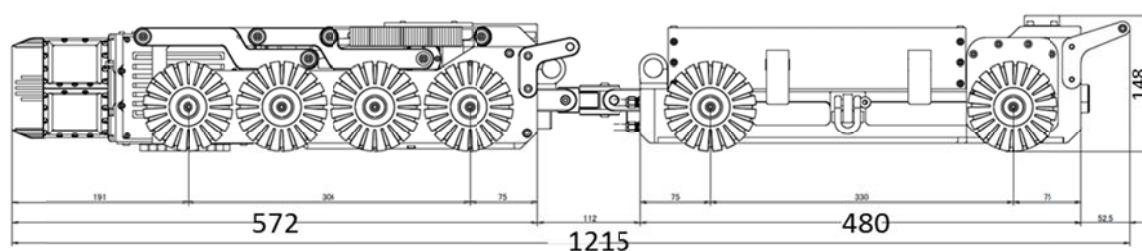


図 4-16 画像認識型カメラの寸法図（側面）

(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)	備 考
		検出率	適合率	誤検出率	
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 ・土砂やトイレッ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。

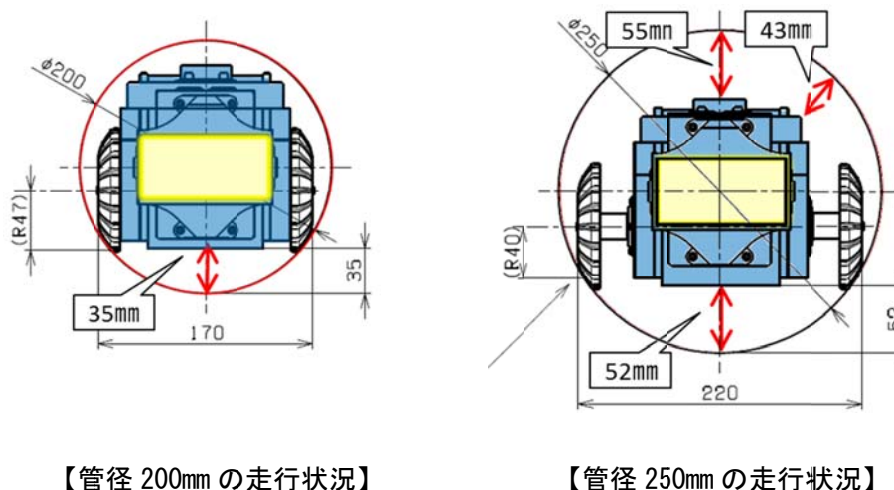
堆積物の乗り越えに重要となるのは、車体の最低地上高さ（水平な地表面から車体の一番低い箇所までの垂直距離）と車体の上部空間である。画像認識型カメラの寸法図を図 4-17 に示す。管径 200mm の管内調査を行う場合、最低地上高さは 35mm であり、堆積物 18%までは計算上走行が可能であるが、それ以上になると車体の上部空間に余裕がないため走行が不可能となる（土砂堆積が無くても、上部空間に余裕がないため、取付管突出しや樹木根により走行不可能になることや、機器が損傷する場合があるので注意が必要）。

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有る。



図 4-18 機材挿入状況

(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