

人・地球・水環境

月刊下水道

JOURNAL OF SEWERAGE, MONTHLY

March, 2020

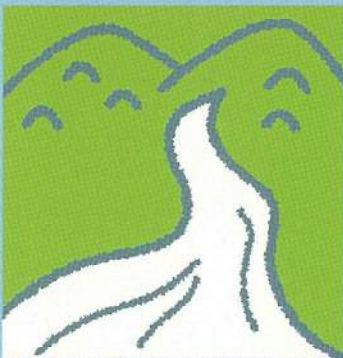
3

VOL.43 No.3

特集 「5,000km」管路の点検・調査



- 調査困難箇所への取組み
- 豪雪地帯における管路の点検・調査
- 人孔間距離の長い幹線の調査手法について



■ 新連載
都市を下る
水を追って



<http://www.gesuidou.jp/>



■ 現場見学会

町田市でAI搭載の下水処理場が始動

特集 「5,000km」 管路の点検・調査

【総論】

- 2 維持修繕基準に基づく点検状況とマネジメントサイクルの標準化に向けた取り組み
●栗原 崇晃

【現場の視点】

- 7 調査困難箇所への取り組み —— 「水位が高い」「流速が速い」箇所に向けて〈東京都〉
●三田村 浩昭

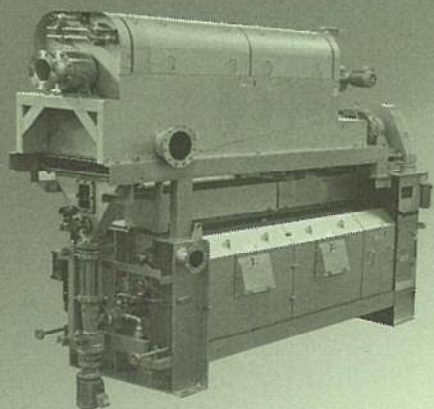
【取組事例】

- 11 豪雪地帯における管路の点検・調査〈岩見沢市〉 ●赤間 太一
15 人孔間距離の長い幹線の調査手法について〈神戸市〉 ●梶 智恵
19 管路施設巡視点検（包括的民間委託）とストックマネジメントの連携〈富士市〉
●佐野 和史
25 オペレーションリード型マネジメント実現に向けたビッグデータ運用
～秋田県での管路調査、広域共同化計画の取り組み～ ●服部 貴彦

【潜行目視の代替技術】

- 30 長距離管路における自走式調査機『ガリバーシステム』 ●品田 大蔵
34 『浮流カメラ』の技術概要と管内調査の状況 ●今井田 敏宏
40 自律型管内漏水検知技術『スマートボール・システム』 ●田熊 章

ダイレクトに送れ。



ISGK Direct

日本下水道事業団 新技術Ⅰ類 選定

圧入式スクリーブレス脱水機 (IV型) による濃縮一体化脱水法

イニシャルコスト、ランニングコスト
40% ~ 30% 削減

特集 『5,000km』管路の点検・調査

『浮流カメラ』の技術概要と 管内調査の状況



復建調査設計(株) 保全構造部 今井田 敏宏

7 浮流カメラについて

1.1 開発経緯

長水路トンネル調査ロボット（以降、「浮流カメラ」という）は、長距離の水路トンネル内面を調査（目視点検の代替）することを目的に、2006年に第1号機を開発した。

開発目標は以下のとおりである。

- 長距離の水路トンネル（延長2.0km以上）の調査が可能である。
- 通水したままで調査が可能である。
- 水路トンネル線形に曲線等があっても調査可能である。
- 人力だけで調査が可能である。
- 撮影した映像から水路トンネル覆工に現れた変状損傷を抽出することができる。

浮流カメラの開発および改良は、長水路トンネル調査技術協会（LTM協会：<http://lrm-ajp/>）の会員会社により継続的に実施している。

1.2 調査技術の概要と特徴

浮流カメラは、浮体（以降、船体という）上に高画質ビデオカメラ（レコーダー）と撮影用照明を取り付けたもので、名称のとおり下水の流れに浮かんで流れ下りながら、下水道管渠内面の映像を撮影するものである。浮流カメラのカメラや照

明等に用いる電力は、船体内に搭載したバッテリーから供給しており、電力や撮影映像信号を伝送するためのケーブルは、調査可能距離伸長の妨げとなるため使用していない。船体移動や姿勢制御のための動力（スラスター等）は装備していない。撮影映像は、浮流カメラを下水道管渠内から回収した後にパソコン等で再生し、映像から管渠内の状況を確認し、変状や損傷等を抽出するようにしている。

浮流カメラは、球型360°カメラ（写真-1、表-1）と、船型カメラ（写真-2、表-2）の2タイプを準備している。

これらは、調査内容等により使い分けており、主に概略調査用として球型360°カメラ、詳細調査用として船形カメラを使用している。

球型360°カメラおよび船型カメラとも、水面より上のトンネル壁面を死角なく撮影できるよう、適切にカメラを配置した（図-1、2参照）。

1.3 調査対象施設

1.3.1 浮流カメラ調査が適する施設

(1) 長スパンの管路

トンネル（シールド）工法等で築造された、1スパンが2.0km程度以上の中・大口径管路。

調査区間に中間マンホールがある場合でも、上下流管路に段差がなければ、浮流カメラを通過させることで、複数スパンを一括調査することが可能である。中間マンホールが開放しにくい場所にある場合など、有効な調査方法である。

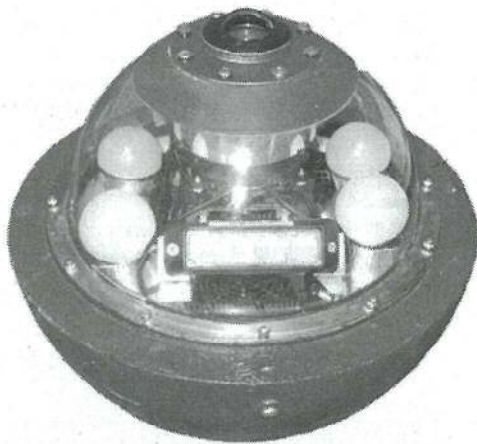


写真-1 球型 360° カメラ

表-1 球型 360° カメラの主要諸元

項目	主要諸元
外形寸法	W 0.40m、L 0.40m、H 0.35m
重量	約 12kg
主要材質	SUS、FRP、アクリルほか
TVカメラ	1台 (360°撮影、200万画素カラー)
主要装備	照明、映像記録装置、電源装置ほか

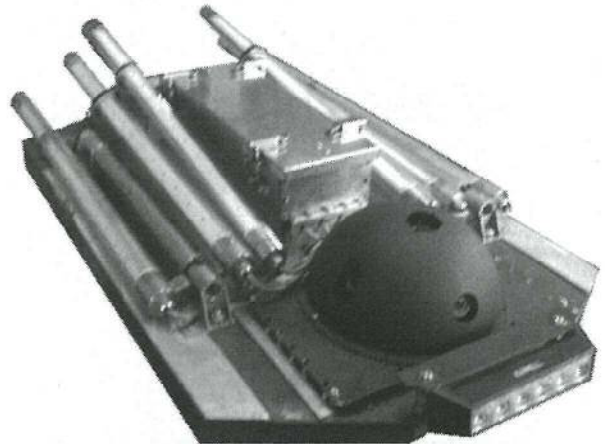


写真-2 船型カメラ

表-2 船型カメラの主要諸元

項目	主要諸元
外形寸法	W 0.50m、L 1.00m、H 0.35m
重量	約 25kg
主要材質	SUS、FRP、アクリルほか
TVカメラ	4台 (200万画素カラー)
主要装備	照明、映像記録装置、電源装置ほか

(2) 下水水深や流速が大きい管路

“浮流”カメラのため、水深が管径の50%以上の管路でも調査が可能である。また、流速が速い(1.0 m/s以上) 管路でも調査可能である。

1.3.2 浮流カメラの適用条件

【適用管径】

球型：φ 800mm～φ 3,000mm

船型：φ 1,000mm～φ 5,000mm

【適用可能延長】

球型：約 9,000 m

船型：約 16,000 m

(撮影可能時間から適用可能延長が決まる。上記延長は流速が1.0 m/s程度の場合で、実績最長延長は9,070 mである)

【適用可能流速】

0.1 m/s～3.0 m/s

最適流速は、0.3 m/s～1.0 m/s程度である。調査対象管渠の管径が比較的小さい場合、流速が速くなると、撮影映像の品質が低下する傾向がある。

【必要水深】

0.3 m程度以上

【必要空間】

水面から天井面まで0.5 m程度以上

2 調査手順と調査事例

2.1 調査手順の概要

浮流カメラは、下水の流れに乗って自由流下するため、調査区間の最下流マンホールにおいて捕捉足場(ネット)を設置し、回収する必要がある。また、調査区間の最上流マンホールには、投入用の足場等を設置する必要がある。

調査作業は、予備調査と本調査の2段階で実施する。予備調査では、樹脂製の模擬浮体等を用いた流下試験を行い、確実な流達を確認する。流達が確認されれば、浮流カメラによる本調査を行うこととなる。

浮流カメラの船体尾部には、船体姿勢安定用の水中アンカーを装備しており、より安定した管路

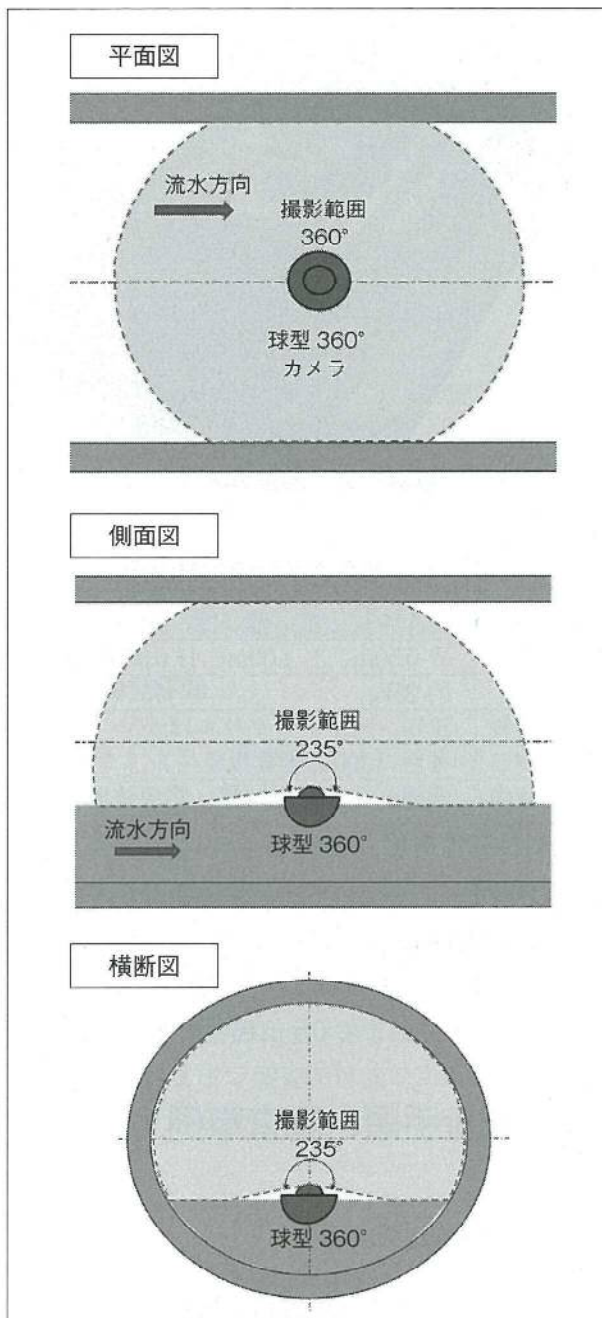


図-1 球型 360°カメラ撮影範囲図

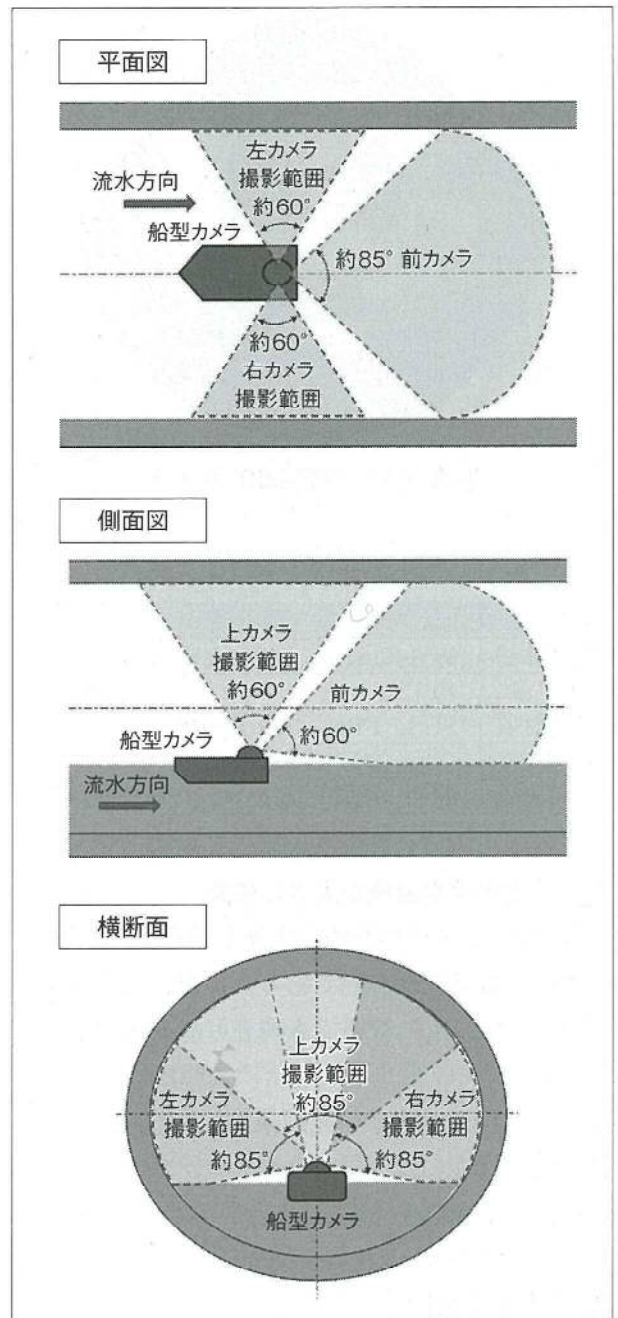


図-2 船型カメラ撮影範囲図

内面映像を撮影することが可能となっている。

標準的な調査方法の概要と調査手順を図-3、表-3に示す。

2.2 調査事例

調査事例として、A流域下水道幹線において実施した調査のようすを以下に紹介する。

【管径・延長】

- φ 2,200mm、850 m

- φ 2,400mm、820 m

- φ 2,400mm、960 m

- φ 2,600mm、530 m

【合計調査延長】

3,160 m

【スパン数】

4 スパン連続調査

【管渠線形】

概ね直線であったが、急曲線が1ヵ所存在した。

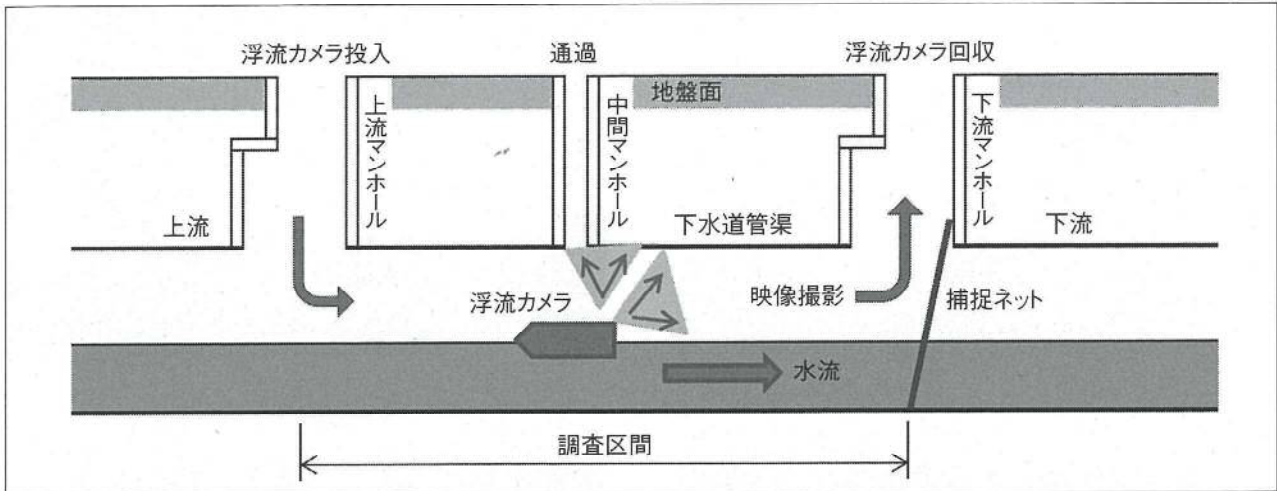


図-3 調査方法概要図

表-3 調査手順概要

番号	項目	作業内容	作業日数
1	仮設設置	安全施設、足場、捕捉ネット等を設置する。	2日
2	予備調査	球形の模擬浮体を3個程度流下させて確実な流達を確認する。 球形カメラによる流下調査を行い、障害物の有無を確認する。	1日
3	本調査	船型カメラを自然流下させて、管渠内面の映像を撮影する。 流下調査は2回実施を基本とする。	1日
4	後片付	捕捉ネット、足場、安全施設等を撤去する。	1日
5	結果解析	撮影映像から本管調査記録表や写真帳を作成する。	-



写真-3 船型カメラ投入状況

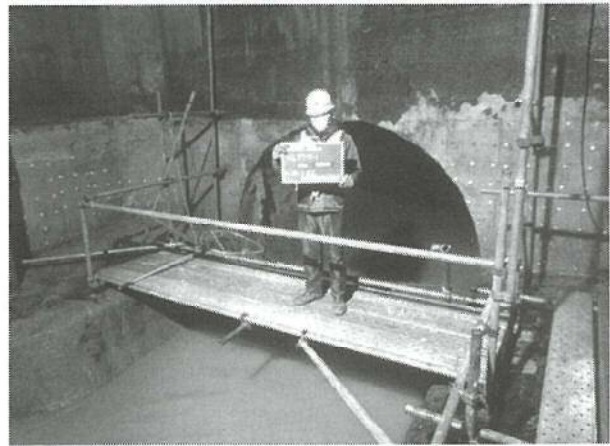


写真-4 カメラ捕捉足場設置状況

R = 30 m、IR = 90°、CL = 50 m

【流速】

0.3 m/s ~ 1.0 m/s

【水深】

0.3 m ~ 1.5 m

【浮流カメラ流下時間】

約 1.5 時間

【現地作業日数】

5日

【調査能率】

3,160 m ÷ 5日 ÷ 600 m/日

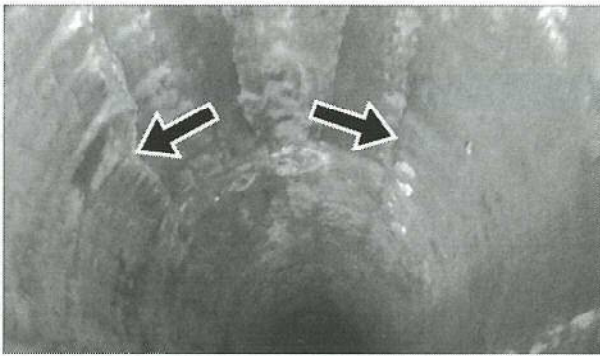


写真-5 下流方向映像例 (クラック)

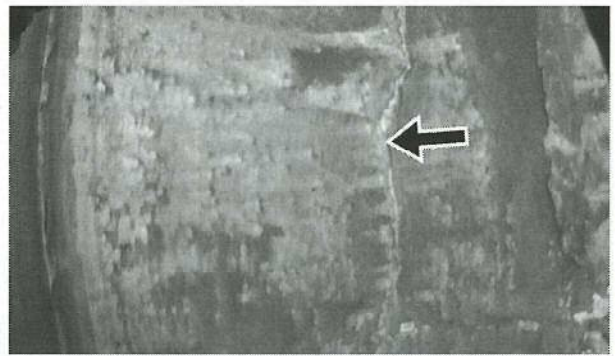


写真-6 左側壁映像例 (クラック)

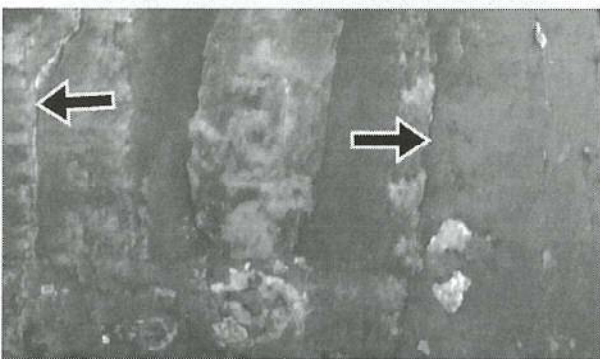


写真-7 天井映像例 (クラック)

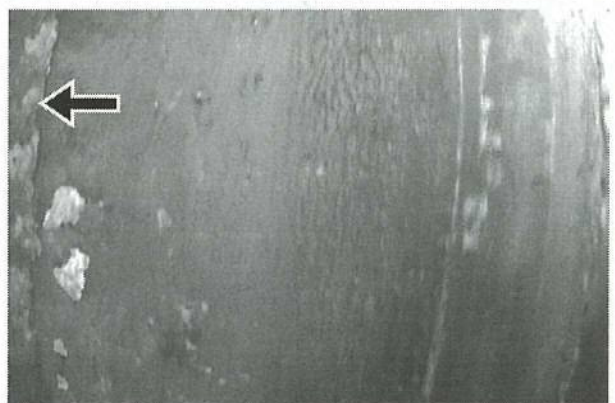


写真-8 右側壁映像例 (クラック)

表-4 クラック検出精度の試算

カメラから壁面までの距離	カメラ撮影幅 B	水平解像度 N	$b = B / N$
1.0 m	1,830mm	1,920dot	1.0mm
2.0 m	3,660mm	1,920dot	1.9mm

調査作業では、予備調査および本調査ともに順調に進行し、管渠内面の良好な撮影映像を取得することができた。調査状況写真として、最上流マンホールにおける、船型カメラの投入状況 (写真-3) と、最下流マンホールにおける浮流カメラの捕捉足場 (写真-4) を示す。

船型カメラに装備した4台のTVカメラで撮影した映像から、本管部および継手部の劣化損傷を抽出し、本管調査記録表および劣化損傷写真帳 (写真-5~8) を作成した。映像の位置は、管路内の流速、曲線部通過時間、マンホール通過時間等から計算して割り付けを行った。調査対象区間はシールド工法で築造されていたので、二次工

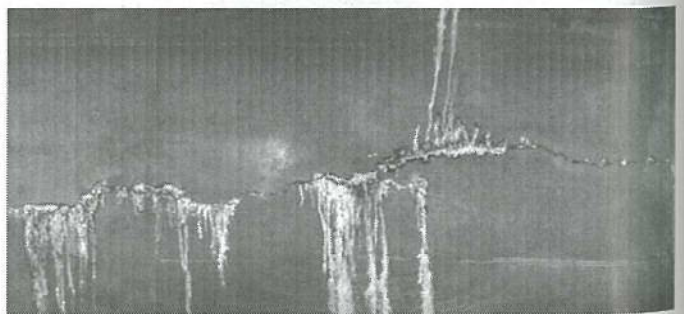


写真-9 天井カメラ展開写真作成例

のコンクリート施工目地を本管継手と見なして、本管調査記録表を作成し、併せて緊急度の評価を実施した。

2.3 クラック検出精度

クラックの検出精度は、コンクリート表面の汚れの状況、カメラの流速、照明の状況等によって異なるが、カメラの解像度から一般的なクラックの検出精度を試算する (表-4 参照)。カメラから壁面までの距離が2.0 m程度の場合、カメラ撮

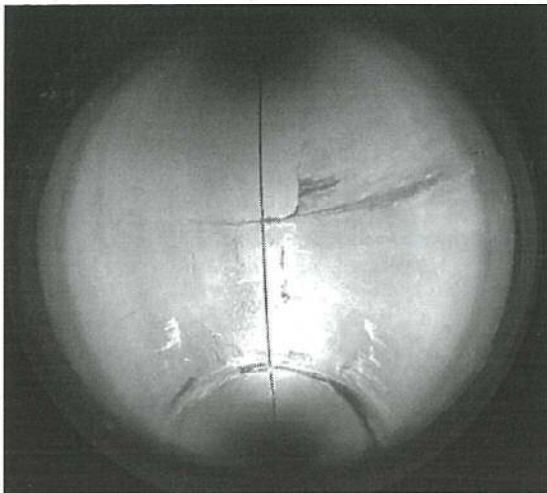


写真-10 360°カメラオリジナル映像



写真-11 通常画角映像（下流方向例）

表-5 今後の課題と対応

項目	内容
浮流カメラの投入・回収技術の改良	より安全かつ効率的な、浮流カメラの投入および回収技術の検討・導入
撮影画質の向上	TVカメラの高画質化と照明（方向、種類、出力）の検討
撮影位置精度の向上	各種センサー（ジャイロ、加速度等）の装備検討
調査機材の小型軽量化	電源装置、撮影・録画装置、照明等の組合せや機種検討
画像処理技術の向上	変状・損傷を判別しやすくする画像処理技術や静止画の作成技術の導入検討

影幅 ($B = 3,660\text{mm}$) と水平解像度 ($n = 1,920\text{dot}$) の状況 ($B/N = 1.9\text{mm/dot}$) となり、約 2mm 程度のクラックは十分検出できる解像度である。

2.4 展開写真の作成

浮流カメラの撮影映像（天井、左・右側壁）から、展開写真（写真-9）を作成し、管渠内面の変状損傷の視認性および抽出精度の向上に資する技術も適用することができる。

2.5 球型 360°カメラ撮影映像の概要

球型 360°カメラで撮影したオリジナル映像（写真-10）を示す。360°映像の再生アプリを使用すると、任意箇所における任意方向の通常画角映像として再生することができる（写真-11 参照）。

3 おわりに

事例紹介の現場は、交通量が非常に多い幹線道

路下に布設された下水道幹線管渠であった。浮流カメラ調査の場合、投入・回収マンホールの作業（開放）時間は、仮設設置・撤去および浮流カメラの投入・回収時間だけなので、道路使用時間を短縮することで交通障害を最小化することができた。3カ所の中間マンホールも、1カ所のみ短時間開放（横流入汚水の飛散防止仮設工を実施）することで、現場作業を完了することができた。現場調査期間を短縮し、効率的かつ安全に現地作業を進行させることが可能となる調査技術である。

より安全・確実かつ精度よく下水道管路調査を実施していくため、今後は表-5に示す課題に取り組んでいく予定である。

本調査技術に関する各種情報は、LTM協会ホームページ (<http://ltm-a.jp/>) に掲載されているので参照されたい。