

自然流下式ＴＶカメラによる長スパン大口径幹線管渠内面調査技術

復建調査設計株式会社
保全構造部
古市 昌平

1. はじめに

下水道処理人口普及率は、平成 24 年度末で 88.1%に達し、管路延長は 45 万 km と膨大なストックとなっている。管路の老朽化が原因の道路陥没事故等も増加する傾向にあり、管路施設の点検の重要性が高まっている。

大口径管路の管路内調査は、スパンが長く、通水停止が困難であり、水位、流速が大きいため、調査員による調査がきわめて困難なケースが多い。

本論文は、このような条件下でも調査可能な自然流下式ＴＶカメラ（船型調査ロボット、ケーブルレス）を利用した事例について報告する。

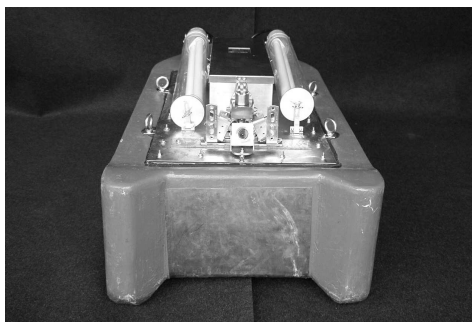
2. 調査技術の概要

(1) 調査ロボットの概要

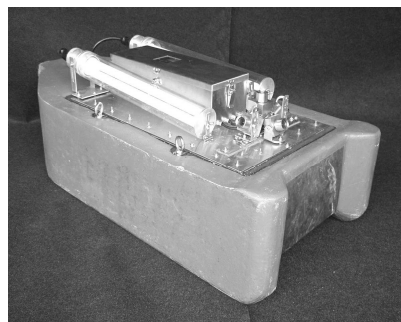
船型調査ロボットの主要諸元を表－１、写真を写真－１～写真－２に示す。

表－１ 船型調査ロボット概要

項 目	主 要 諸 元
外形寸法	幅 0.45m 長 1.00m 高 0.35m
重 量	約 35kg
主要材質	SUS FRP アクリル ほか
ＴＶカメラ	４台（38 万画素カラー）
主要装備	照明、映像記録装置、電源装置、ほか
適用範囲	管径：1.0m（最小）～4.0m 程度（最大） 延長：最長約 9km 程度（流速 1.0m/s 時）



写真－１ 船型調査ロボット（正面写真）



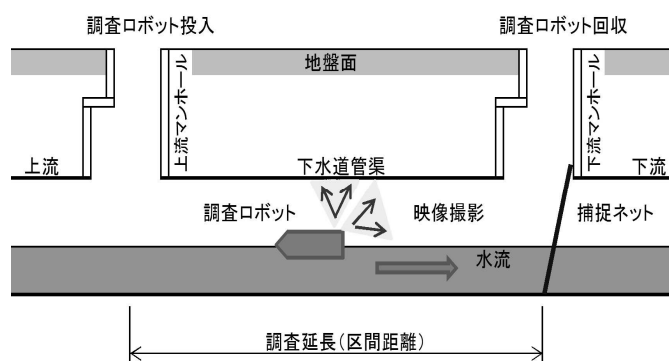
写真－２ 船型調査ロボット（側面写真）

(2) 調査方法の概要

調査の手順を表－2 に、調査方法の概要を、図－1 に示す。

表－2 調査手順概要

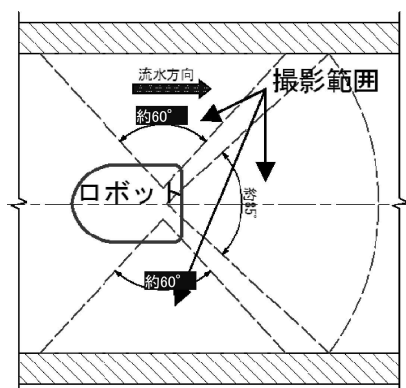
番号	項 目	作 業 内 容	作業日数	
1	仮設置	安全施設、足場、捕捉ネット等を設置する。	2 日	合計 5 日間
2	予備調査	球形の模擬浮体を 3 個程度流下させて確実な流達を確認する。 球型 TV カメラによる流下調査を行い、障害物の有無を確認する。	1 日	
3	本 調 査	船型調査ロボットを自然流下させて、管渠内面の映像を撮影する。 流下調査は 2 回実施する。	1 日	
4	後 片 付	捕捉ネット、足場、安全施設等を撤去する。	1 日	
5	結果解析	撮影映像から本管調査記録表や写真帳を作成する。	—	



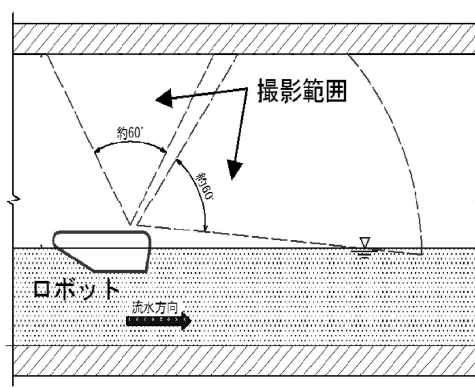
図－1 調査方法概要図

(3) 撮影映像の概要

船型調査ロボットは、4 台の TV カメラを装備し、下流方向・左側壁・天井・右側壁の映像を同時に撮影する。左側壁・天井・右側壁を撮影する 3 台のテレビカメラにより、死角のない管路内面の側視映像を撮影する。映像撮影範囲を図－2～図－4 に、撮影映像の例を写真－3～写真－6 に示す。



図－2 撮影範囲平面図



図－3 撮影範囲側面図

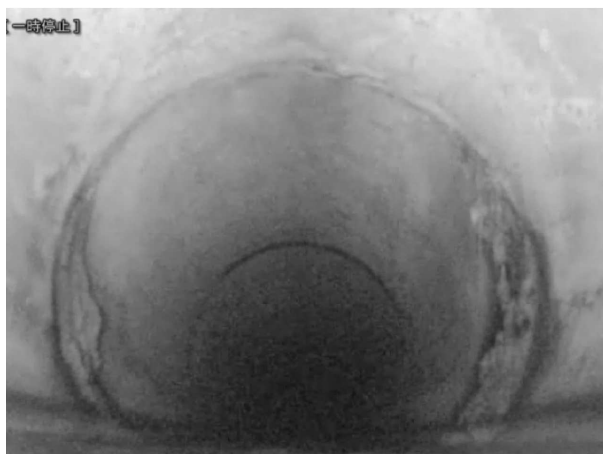


写真-3 下流方向映像例

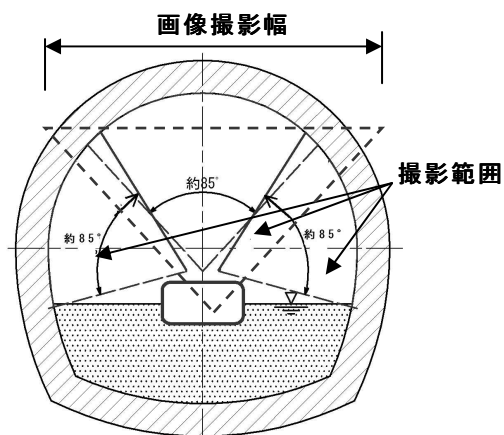


図-4 撮影範囲横断面図



写真-4 左側壁映像例



写真-5 天井映像例



写真-6 右側壁映像例

3. 調査結果の概要

(1) 調査能率

調査対象区間を表-3 に示す。

調査延長の合計は3. 16 kmであった。

船型調査ロボットでは1 スパンとして流下調査を実施した。

調査は合計5 日間で作業が完了したため、調査能率は、約6 0 0 m／日であった。

表-3 調査対象区間

スパン	管 径	延 長	
1	φ 2200mm	L=845m	合計 3,161m
2	φ 2400mm	L=822m	
3	φ 2400mm	L=961m	
4	φ 2600mm	L=533m	

(2) 本管調査記録表及び写真帳の作成

4 台のTVカメラで撮影した映像から、本管部及び継手部の劣化損傷を抽出し、本管調査記録表(図-5)及び劣化損傷写真帳(写真-3～写真-6)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るので、二次覆工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た。

(2) 解像度とひび割れ幅の検出精度

ひび割れ幅の検出精度は、コンクリート表面の汚れの状況、カメラの流速、浸入水、析出物、照明の状況等によって異なる。本事例の場合、画像撮影幅($B=3,660\text{mm}$)と水平解像度($n=720\text{dot}$)の状況($B/n=5\text{mm/dot}$)で、約 3mm 程度のひび割れを検出できる事が分かった。



写真-8 天井カメラ展開画像作成例

これは、 1dot の大きさ($b=B/n=5\text{mm}$)の約半分程度のひび割れ幅を検出できる可能性、すなわち検出精度が $b/2$ 程度であること示している。ひび割れの検出精度は、概ね表-4 に示す精度と推定される。

表-4 ひび割れ検出精度の推定

カメラから天井 までの距離	画像撮影幅 B	水平解像度 N	b $=B/n$	検出精度 $b/2$
1.0m	1,830mm	720dot	2.5mm	1.2mm 程度
2.0m	3,660mm	720dot	5.0mm	2.5mm 程度

(3) トンネル内部映像からの展開画像の作成

調査ロボットが撮影した天井方向映像(動画)から、展開画像(写真-8 天井カメラ展開画像作成例)を作成し、覆工内面の劣化損傷の視認性向上と、健全度診断への適用性の検討を行った。

その結果、トンネル内面の劣化損傷の視認性と検出精度が、動画によるものに比べて格段に向上し、健全度診断の基礎データとして非常に有効であることが分かった。

5. まとめ

(1) まとめ

船型調査ロボットを使用して、長スパン・大口径幹線管渠の調査を行った結果、下記事項を確認することが出来た。

- ①下流方向・左側壁・天井・右側壁の映像を同時に撮影する 4 台のテレビカメラにより、死角のない管路内面の映像を連続的に記録・保存することが出来る。
- ②4 台のTVカメラで撮影した映像から、ひび割れ、浸入水、腐食等の劣化損傷を抽出し、本管調査記録表、劣化損傷写真帳を作成することができ、健全度評価等の実施が可能である。
- ③調査条件にもよるが調査能率は 600m/日と比較的高い。
- ④長スパン調査をケーブルレスで行うことにより、マンホール解放等による交通規制の影響を軽減することができる。
- ⑤本調査技術は、概要把握のスクリーニング調査から損傷状況の解析まで対応可能である。長距離におよぶ施設内全体のスクリーニング調査を一度に行うことが可能である。また異常箇所については、劣化損傷の種類と程度を詳細に把握し、健全度評価を行うことが出来る。

(2) 今後の技術開発

本技術による調査品質の向上のために、表－5 に示した技術開発を継続していきたい。

表－5 技術開発の概要

項 目	内 容
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	スピードセンサー等の装備検討
調査機材の小型軽量化	電源装置、撮影・録画装置、照明等の組み合わせや機種検討
画像処理技術の向上	劣化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

以上