

改築・修繕の判定を速やかに行える 3D化画像システム

技術開発委員会
・画像解析・
システム部会
有井 良一



技術開発委員会
・調査・
維持補修部会
平生 庄蔵



1 はじめに

全国の下水道管きよの総延長は約46万km（平成26年度末）に達している。布設後50年を経過した管きよは約1万Km。経過年数が30年超えると道路陥没の割合が顕著に増加し、陥没の原因は、取付管が50%占めるとすると報告される30年超の管渠は約8万Km存在する。

平成26年10月1日 国土交通省「下水道革新的技術実証事業技術導入ガイドラインの策定趣旨および概要」（B-DASHプロジェクト）で管渠マネジメントシステムに関する実証結果が公表された。管渠を適切に管理するため「調査計画の策定→スクリーニング調査→詳細調査→長寿命化計画策定→長寿命化等の実施→調査計画の見直し」というPDCAサイクルの実行による計画的維持管理が求められ、従来の線的範囲の管路内調査に替えて、市街地地域全体など広い範囲を効率的に調査していくことが必要になっている。

平成22年3月、当事業組合の組合員が「人孔内固定カメラ調査システム」建設技術審査証明（下水道技術）を平成22年3月（社団）下水道新技術推進機構 建設技術審査証明書（下水道技術）を取得、平成25年3月（公益）日本下水道新技術推進機

組ではこの技術をベースにして、スクリーニングと「長寿命化に向けた・改築・修繕」等詳細調査に対応できる人孔内管口カメラ「ズームロボ」を開発した。

当事業組合では、「ズームロボ」詳細調査データから段差・上下のたるみ・左右横ずれ（蛇行）画像解析値から作成された「平面・縦断面図」データに基づき「3D化画像」を作成。継手部のV字に開いた幅などを計算できる3D化画像作成システムを開発し、管路状況の可視化を実現した。この3D化画像から2D縦断面図による継手部のV字の開き幅数値により「改築・修繕」工法の判定が速やかに行うことが可能となった。尚且つ、既存データベースのCSVデータから「3D化画像」と異常内容等を融合した「異常内容記載 3D化画像」化と管渠内連続写真によりコンピューター容量が削減され、自治体のデータベース構築と管理費の負担が軽減できる。軽減されたデータをクラウドコンピューティング上に格納することにより、管路内調査・「改築・修繕」等の設計、維持管理の各関係会社へのデータ供給も可能になり、より効率的な維持管理態勢を構築することができると考えている。また、「3D化画像」による管路施設の特殊

人孔・処理場の管理、保安・安全教育等の活用および空洞調査・共同溝等への技術転用を提案している。

2. 3D画像作成システム開発の背景

2.1 ズームカメラ調査からの3D化画像

一般的にズームカメラで上流管口から下流管口に向う映像撮影では管長（1本）が縮小するという問題がある。また、管径により光の反射具合によっては異常箇所等の発見が困難な箇所も存在するという課題があった。上記の問題解決のため、撮影された映像をデータベース化（CSVデータ化）して、このデータから「3D化画像」と「3D化画像から2D化平面図」作成システムを平成24年から開発を進め平成27年7月に完成、下水道展”東京15で公開した。このシステムを用いることで可視化・数

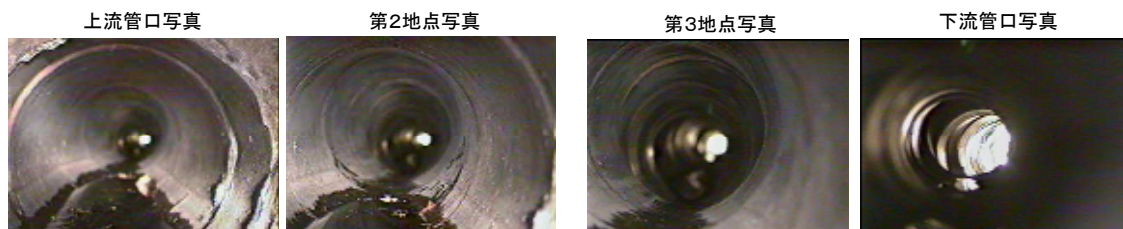
値化された長寿命化に向けた改築・修繕の判定の報告書が提出され、担当者が改築か修繕の選択が速やかに行うことができ設計変更等の削減が図られる。

(1)「ズームカメラ調査」(スクリーニング調査)

平成17年11月 東京都下水道局からの委託調査において、人孔内据置ズームカメラで上流管口から下流管口管渠間をぶれの無い映像を撮影し、異常箇所、管渠のたるみ状況、ラード付着木の根侵入、土砂堆積等と走行調査済データと比較判定した。

その後上記の映像データから継手部の段差・上下のたるみ・左右のたるみ（蛇行）を画像解析（計測）と既存調査済データを融合して「損傷図」、「縦断図」を作成するシステムを開発し、「人孔内固定カメラ調査システム」として平成22年に建設技術審査証明を取得した。

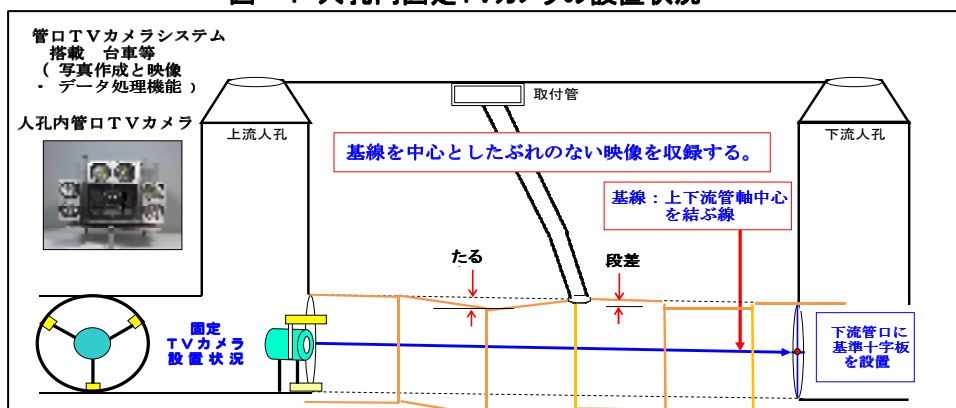
写真一 人孔内管口カメラ「ズームロボ」



管種：陶管、管径：250、映像撮影距離：26.43m

- ・要求基本撮影距離：呼び径 250mm、人孔間距離 30m（呼び径：250～800mm、映像撮影距離 30～60m）
- ・平成25年に管種：VP 呼び径：150mm 人孔間距離 37mでたるみ・偏平調査で確認。

図一 人孔内固定TVカメラの設置状況



(2)「ズームロボ」(スクリーニング・詳細調査)

① スクリーニング調査

上流管口と下流管口間のぶれのない映像を撮影するため、人孔内管口に「ズームロボ」を置く(固定型人孔内管口カメラ)。操作棒の先端にカメラ、ぶれ止め等が取付けられている昇降型人孔内管口カメラも用意している。

・撮影した映像データを基に事務所で異常箇所の判定と上下流輪切り連続写真を管渠間距離に合わせて合成された管渠内の段差・上下のたるみ・左右の横ずれ・偏平・取付管突出・ラード付着・木の根侵入・腐食等の異常箇所の状況が確認でき詳細調査路線の選択が正確に行える。

② 詳細調査

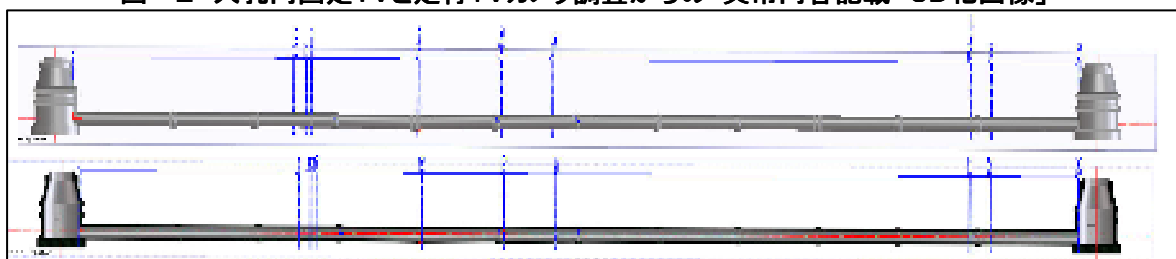
人孔管口に設置した「ズームロボ」を上流(下流)管口の中心に設置して下流(上流)管口を基線としたぶれの無い映像の撮

影を行う。スクリーニング調査同様に撮影した映像データを基に事務所で異常箇所の判定(確認)上下輪切り連続写真を管渠管距離に合わせて合成する。この連続写真から継手部の段差・上下のたるみ・左右のたるみ(蛇行)・円周クラック・偏平・取付管突出・ラード付着・木の根侵入・腐食等の箇所を選択しを本システムによりmm単位で画像解析(計測)と異常箇所の状況を確認する。

解析データと調査済データから「損傷図」(補修地域・補修範囲の選定・補修後の管理)と継手部毎の「平面図・縦断図」(土木設計資料)作成機能を有している。

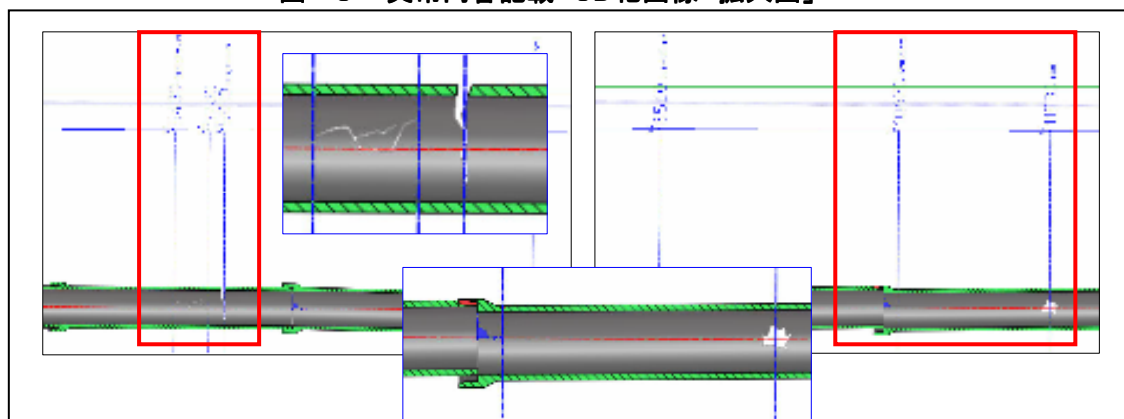
また、「長寿命化に向けた改築・修繕」の判定を速やかに行うため、データベースのCSVデータから「3D化画像」化し、「3D化画像」から「2D化平面図面」と「異常内容記載 3D化画像」作成システム構築。(図-2、3、4)

図-2 人孔内固定TVと走行TVカメラ調査からの「異常内容記載 3D化画像」

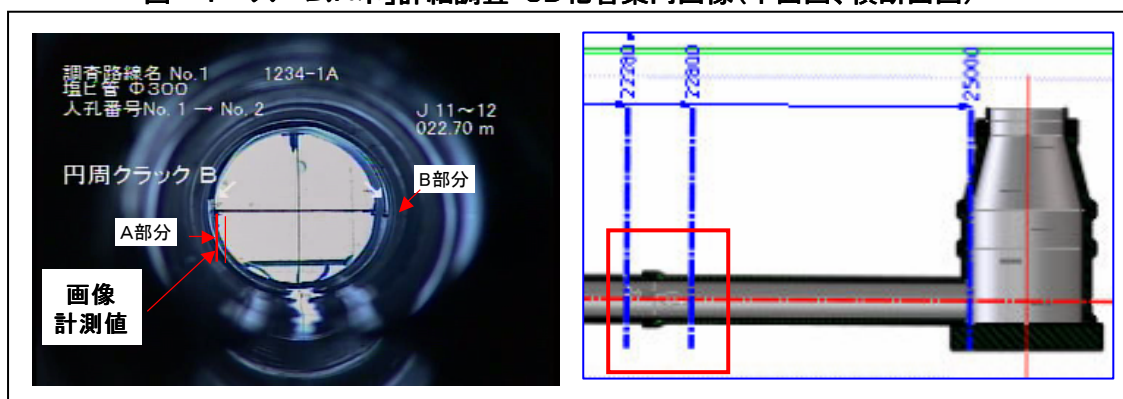


管種：VP、管径：300、管渠間距離：25m

図-3 「異常内容記載 3D化画像 拡大図」



図一4 「ズームロボ」詳細調査 3D化管渠内画像(平面図、横断面図)



(3) 管路3D化画像の「改築・修繕」判定に活用

平成26年 当組合の組合員が横浜市環境創造局から「ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する手引き(案)」に基づく調査で調査項目(74頁)について段差・上下のたるみ・左

右の横ずれ(蛇行)・異常内容の判定可能範囲を設定し、「改築・修繕」の判定調査委託を受注。「ズームロボ」を判定可能範囲に対応する携帯型カメラと情報管理システムを改良した。

図一5 [「ズームロボ」詳細調査 3D管渠内画像(平面図・縦断面図)]



市の指導を受け継手部段差の画像解析(計測) mm単位から継手部開き幅の算出要請により「3D化画像・縦断面図」から

「2D化平面図・縦断面図」を作成し、継手部段差に起因する”V字に開いた継手部ずれ値の算出”を行った。(図一5, 6)

また、「ズームロボ」によりmm単位での画像解析(計測)から詳細判定の資料として「縦断面図」作成した成果品提出を行った。平成27年3月 同市でフィールド公開により未洗浄で走行TVカメラとの併用調査で、異常位置、継手部の段差・上下のたるみ・左右の横ずれ(蛇行)に対応した原寸寸法「3D画像管路・横断面図」を参考資料として提出。

2.2 「ズームロボ」調査のコストと日進量

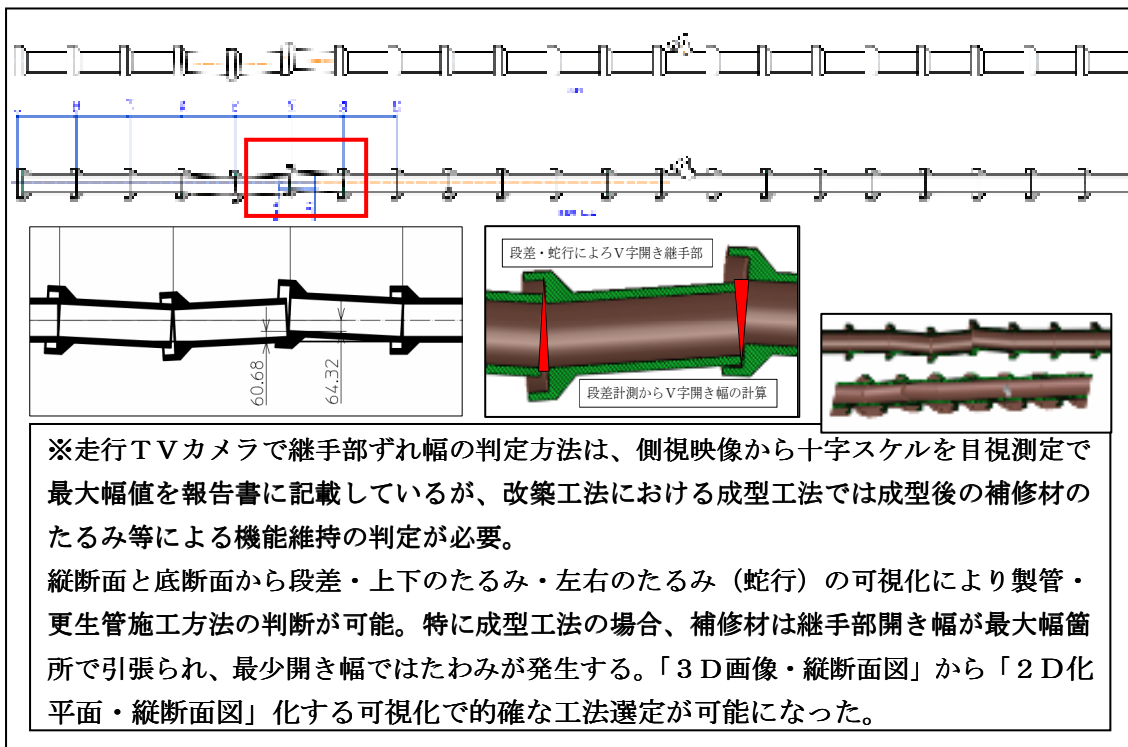
(1) スクリーニング調査

- ① コスト 210円(直工費)、日進量/1200m前後(1スパン:30m)
- ② 3D化画像作成費 1m当たり 100円前後、走行TV調査済データ融合3D画像作成費(別途見積)

(2) 詳細調査(洗浄費は別)

- ① コスト 360円前後(直工費)、日進量/700m前後(1スパン:30m)
- ② 「縦断面図」作成費(別途見積)
- ③ 3D化画像 管渠間のみ作成費 1m当たり 100円前後、走行TV調査済データ融合3D画像 管渠間作成費(別途見積)

図一6 「3D化管渠内画像」から「2D化平面図・縦断面図」作成とV字継手部(拡大図)



3. データベース化の問題と3D化画像（立体画像）管理の利点

3.1 問題点

管渠マネジメントシステムに対応する多くのデータベースは、走行TVカメラ調査済データ管理を行っているが、データベースからの概要平面図記載報告書では、管渠マネジメントシステム、PDCAサイクル「点検・調査→診断・優先順位付け→長寿命化・更新・修繕→データベース化」判定を行うには経験等の熟練度と尚且つ熟練した人材の配置が必要という問題点がある。

また、データベースにリンクした映像管理をコンピューターで行うには、容量・維持管理コストで自治体の負担が大きい。

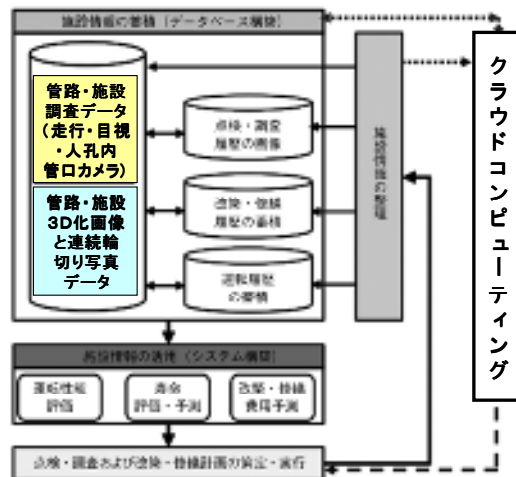
(2) 自治体のデータベース構築への提案

組合は、調査済データの電子化作業委託業務で、「簡易台帳維持管理システム」を無償供給が行える。本システムは、異常内容等を台帳における人孔位置適正化機能判定を有し 1,200kmの調査済報告書等を電子

化した実績を有している。

調査データを蓄積した多くのデータベースにおいても、構成されているCSVデータを活用して「3D化画像」と「異常内容記載 3D化画像」にデータ変換し、併せて管渠内連続輪切り写真をデータ化して格納することでデータ量が縮減できる。コンピュータに格納するデータ容量が小さくなることで自治体のデータベース構築と管理の負担軽減ができる。(図一7)

図一7 データベース（クラウド管理）の例



軽減されたデータをクラウドコンピューティング上に格納することにより、行政、管路内調査・「改築・修繕」等の設計、維持管理の各関係会社へのデータ供給も可能になり、より効率的な維持管理態勢を構築することができると考えている。

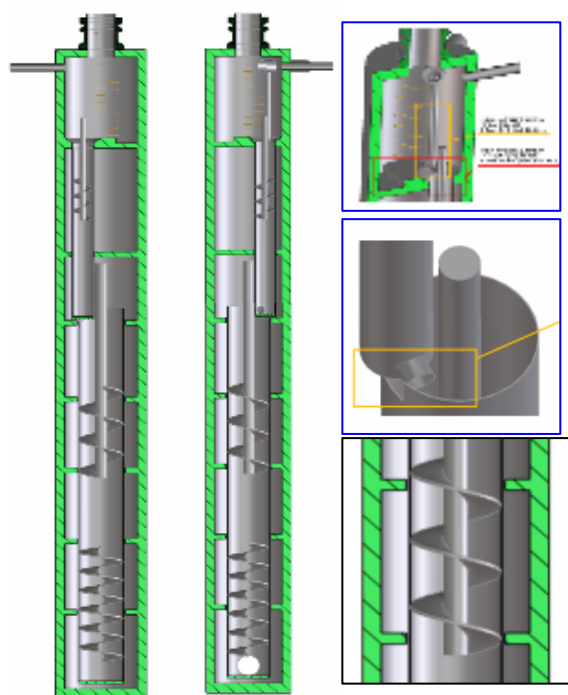
4. 管路施設での3D化立体画像の活用に向けて

管路施設の特設人孔は、紙ベース（マイクロフィルム）と2D化平面図・立体図で情報管理が行われている。下水道幹線の深度が深くなる傾向や幹線の接合などで構造が複雑化している。今後、経験豊かな熟練技術者の退職が増加する中で、経験・技術の継承や維持管理上の安全教育などが課題になっている。当組合では紙ベースの図面又は2D化平面図（CADデータ）から3D化立体画像（原寸寸法の立体画像）を作成することにより、内部構造が立体的に可視化され、維持管理等で入孔内に入る前の安全教育への活用と調査による異常箇所の補修検討を正確にできるシステムを提案している。また、補修時の鉄筋・コンクリー量等の計算資料が容易になるなど活の範囲の拡大が期待できるものと考えている。（図一8）

5. 「3D化画像」の活用と今後の展望

管路・施設、処理場の3D化立体画像は、10年前から管路施設担当者から要望されてきた。しかし、しゅん工図又は2D化平面図から3D化画像作成ソフトが限られている点と作成コストとに問題があり大きく前進していなかった。当組合員は、平成23年から「ズームロボ」システムの「縦断面図」データから3D化画像の技術開発を進めてきた。当組合員が横浜市創造環境局から指導を受け「3D化画

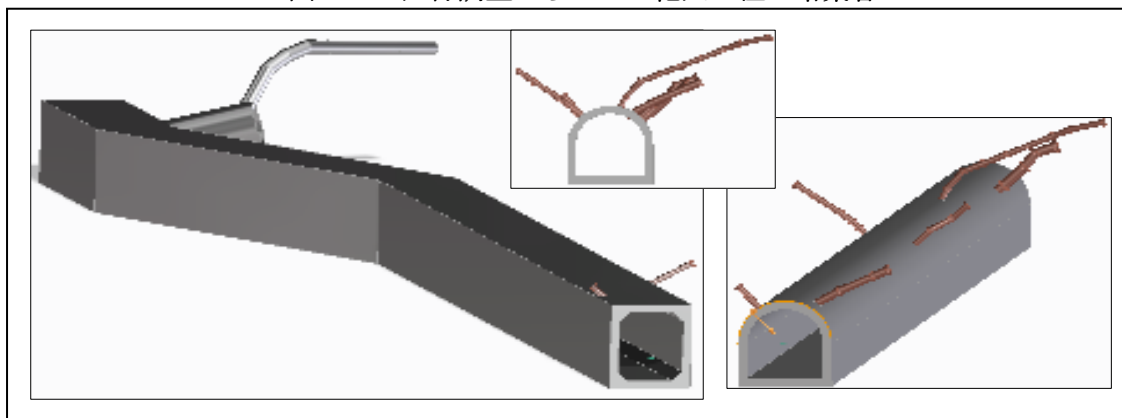
図一8 3D化特殊人孔画像と保安・安全教育箇所



像・縦断面図」から「2D化縦断面図」作成による継手部開き幅の可視化判定する技術を進め、下水管路の「長寿命化に向けた改築・修繕」の工法選定において可視化と数値により工法判定をデータベース化し、熟練技術者の知見を加味した「長寿命化に向けた改築・修繕」のシステム改善に向けた技術検討を行っている。これにより熟練技術者の退職等への対応ができると思っている。

今後、小口径管同様に大口径・暗渠管等の走行、牽引・浮揚方式TVカメラ調査の映像と目視調査異常箇所写真データおよび組合開発：現場作業時間の削減と管渠内の可視化による精度の高い調査のため、「ズームロボ」と「180度側視映像カメラ」を一体化した携帯目視可視化カメラ調査システムから「異常内容記載 3D化画像」作成。目視可視化TVカメラ調査システムの普及を進めて行く。（試行調査では、管渠間110m：管渠内・取付管内撮影時間は、25分程度で完了）（図一9）

図一9 試行調査からの3D化大口径・暗渠管



また、取付管布設状況調査における直取付管・不明管・閉塞管の閉塞位置算出調査映像・角度データのCSVデータから「3D化画像：横断面・側面・平面」と「2D化平面図・縦断面図」記載報告書形式の提出で可視化管理が可能なデータベースの構築を進めている。

一例として、従来の押出取付管TVカメラに角度センサーと異常情報等・角度データ管理システムを搭載して、管の上下左右の蛇行を3D化画像にすることにより、枿から本管支管管口までの布設中心A線に対してB線上の施工を想定、交通量等で陥没D幅の計測とC点下方向の取付管陥没位置推定と同時に異常箇所調査が行える。このデータから「3D化本管・取付管画像」化で陥没位置（深さ・道路位置）と調査済破損・支管管口等の状況データを各空洞調査

機器・調査会社とデータ共有することで精度の高い空洞箇所の判定システムの構築を検討中である。(図一10)

当事業組合では「3D化管路施設画像」から「改築・修繕」等判定手法と調査現場の日進量向上に向けた調査機器の製造・既存調査機器の改良、事業所作業工数の削減および画像解析に連動する調査手法、情報・映像管理機器、画像判定システム等を開発して委託業務で実践してきた。

この技術を調査・製造企業に実践してきた技術の供与を進め、概略平面図記載・展開図化報告書から3D化画像記載報告書による「管渠マネジメントシステム」、「ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定による手引き」、「管渠更生工法における設計・施工管理の手引き」(案)等の各種分析データベース構築へと展開を図っていきたい。

図一10 取付管布設陥没管路 3D化画像から2D化詳細資料

