

既設管路内の調査・診断方法

管内径測定装置と内面載荷診断システムの紹介

株式会社栗本鐵工所 藤本 光伸

1. はじめに

これまでに整備されてきた頭首工や用排水路等の農業水利施設は、受益面積 100ha 以上の基幹的施設だけでも 7,735 箇所、延長は 5 万 km に及ぶ。農業水利施設は、高度経済成長期にかけて集中的に整備されたが、近年、老朽化が一斉に進行しており、中長期的な視点に立ち、適切な機能保全を図っていくことが重要とされている（図-1）。

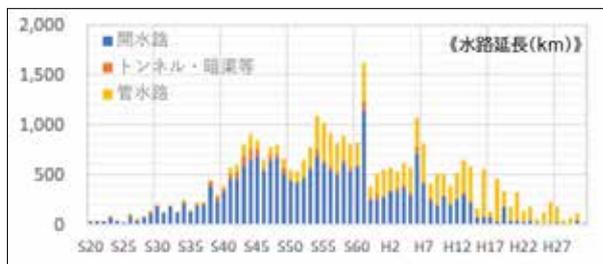


図-1 造成年度別の水路延長¹⁾

農業水利施設の老朽化が進行する中、図-2 に示すとおり、近年、突発事故の発生件数も増加傾向にある。事故件数を工種別に見ると、図-3 に示すとおり、約 7 割が管水路において発生しているため、さらなる予防保全の促進が必要な状況である。

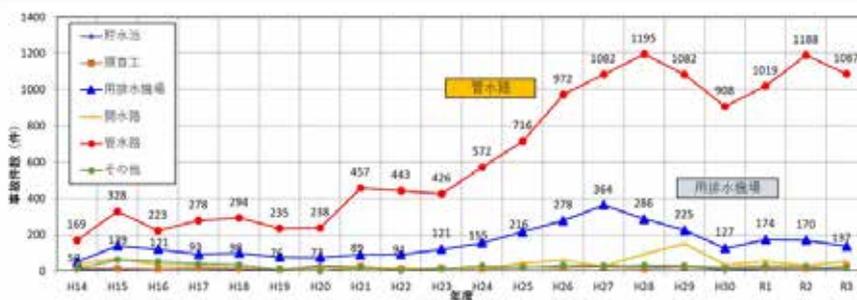


図-2 農業水利施設の突発事故発生状況¹⁾



図-3 事故件数の工種別比率 (1993 (平成5) 年～2021 (令和3) 年)¹⁾

施設の機能がどのように低下し、どのタイミングで、どのような対策を取れば効率的に長寿命化できるのかを検討する必要がある。そこで、構造物の点検・調査から老朽度の診断・評価、維持管理・更新計画に至るストックマネジメントの効率化が求められている。このストックマネジメントを運用する中で点検・調査から農業水利施設の老朽度の診断・評価を実施することが非常に重要であると考えられる。

そこで、管内の内面調査として管内カメラ調査システム（農業水利施設保全補修ガイドブック 2024 年参照）の管内径測定装置と内面載荷

診断システムについて紹介する。

2. 診断手法

2.1 管内径測定装置

2.1.1 概要

管内径測定装置は三重大学と共同開発した装置であり、レーザー距離計、反射鏡、反射鏡回転装置および回転制御装置で構成されている(図-4)。レーザー距離計から出力されたレーザー光を反射鏡で反射させ、管内径を計測し、計測したデータはタブレット型PCに保存される。また、反射鏡を回転させることで水平および鉛直方向の管内径を計測することができる。なお、本装置は、図-5及び写真-1のとおり自走式管内カメラで牽引し測定する。装置の主な仕様は、表-1に示す。

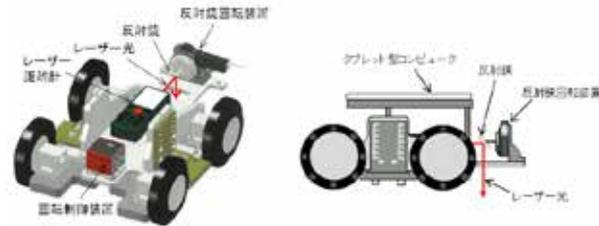


図-4 管内径測定装置の構成

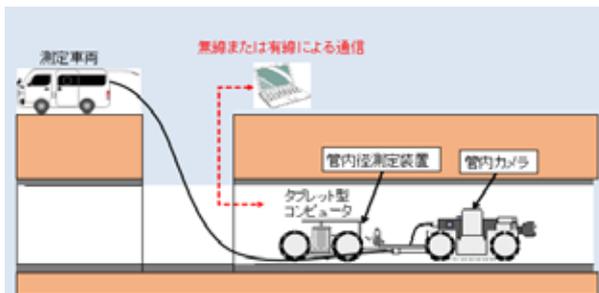


図-5 管内径測定装置の測定概要図

表-1 管内径測定装置の主な仕様

対象口径	450mm ~ 900mm
適用管種	既設管路全般
滞留水	10mm 以下
測定延長	最大 600m (目安)
測定精度	± 3mm 以内
測定箇所	管内カメラ調査システム付属の距離計をもとに任意の箇所を測定可能

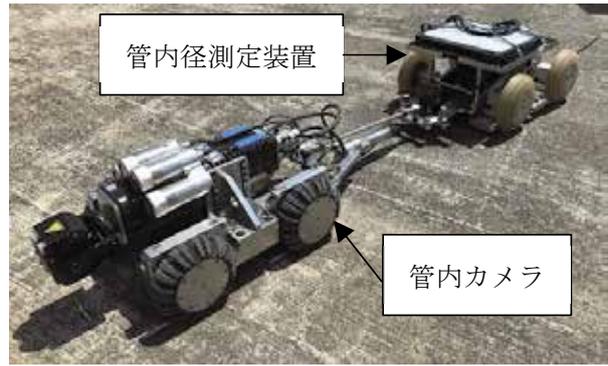


写真-1 管内径測定装置

2.1.2 地上部での検証

アムスラー型試験機(図-6)にて強化プラスチック複合管(FRPM管)を変形させた時のたわみについて、インサイドバーニャキャリパー(以下、キャリパーという)による測定値と管内径測定装置による測定値を比較した結果を表-2に示す。管内径測定装置の測定値をキャリパーで実測した値で除した結果、99.6%~100.6%と差異は小さく、同等の成果が得られることを確認した。参考までに、キャリパーとは、建設工事や土木工事等で使用され

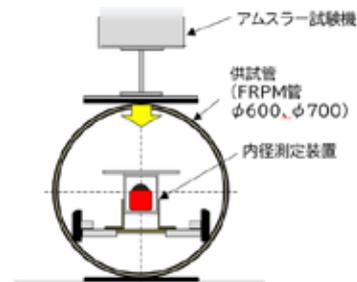


図-6 試験概要図

表-2 試験結果

供試管	たわみ		キャリパー実測値		管内径測定装置(測定値)		測定値の比較 (管内径測定装置) (キャリパー実測値)	
			鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直	水平
	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(%)
φ 600	0.0	0.0	600.8	600.4	601.2	599.6	100.1	99.9
	5.5	0.9	595.5	605.3	598.0	609.0	100.4	100.6
	15.2	2.5	586.1	613.0	588.0	616.4	100.3	100.6
	25.0	4.1	576.1	621.2	577.4	624.7	100.2	100.6
	35.2	5.8	565.8	630.1	568.0	631.9	100.4	100.3
	45.4	7.4	555.5	638.2	557.9	640.8	100.4	100.4
	55.2	9.0	545.4	645.7	546.4	646.8	100.2	100.2
φ 700	0.0	0.0	699.4	700.4	701.5	700.4	100.3	100.0
	4.9	0.7	694.5	706.0	692.6	709.1	99.7	100.4
	15.8	2.2	683.2	715.0	683.3	718.7	100.0	100.5
	25.5	3.6	672.4	723.1	671.2	726.8	99.8	100.5
	35.1	4.9	662.2	730.5	662.4	734.0	100.0	100.5
	45.0	6.3	654.0	738.8	652.7	741.0	99.8	100.3
	54.7	7.7	644.0	745.8	641.8	748.8	99.7	100.4
	65.8	9.2	632.8	755.5	634.9	752.3	100.3	99.6

る管やフリーフォームやボックスカルバート等のコンクリート製の内径計測に使用される計測機器である。

2.1.3 埋設管での検証

道路陥没が発生し、管体にはクラックや破損等の異常が発生している経年40年以上が経過した下水道用管路（呼び径500）において、管内径測定装置と自走式管内カメラによるたわみ量及びたわみ率を計測し、比較検証を実施した。この管路の埋設条件は、土被り4.74m、基礎材料は砂で布設されているが、有効支承角120°と設定した強度計算において、たわみ率が4.2%と計算上の許容たわみ率である4%を超過する結果となっている。

管内径測定装置と自走式管内カメラにおける計測結果は、表-3に示すとおり両者は概ね類似する結果であった。自走式管内カメラによる計測は、モニターによる画像からたわみ量を計測するため、計測者による差異が発生する可能性があることから、管内径測定装置による計測の方が精度の高い結果が得られると考える。

表-3 計測結果

管番号	管内径測定装置		管内カメラ	
	たわみ量 (mm)	たわみ率 (%)	たわみ量 (mm)	たわみ率 (%)
1	26.2	5.1	23.2	4.6
2	32.0	6.3	37.4	7.3
3	34.2	6.7	31.6	6.2
4	31.7	6.2	23.0	4.5
5	36.1	7.1	34.6	6.8
6	32.6	6.4	29.0	5.7
7	39.6	7.8	31.6	6.2
8	34.5	6.8	31.6	6.2
9	37.1	7.3	40.4	7.9

2.2 内面載荷診断システム

2.2.1 概要

内面載荷診断システムとは、既設管の劣化状態を診断するため、内面載荷装置により管内面から載荷し、管体を変形させる手法であり、管

の上下方向に載荷した場合は左右方向の直径が縮小し（鉛直載荷・水平変位）、左右方向に載荷した場合は上下方向の直径が縮小（鉛直変位・水平載荷）するものである。当該システムは、鳥取大学と島根大学との共同で開発した装置で、管内に挿入した自動内面載荷装置で、管内面に鉛直方向に直接載荷し、水平方向の管の変形量を計測することで、既設管の剛性を確認することができる構造である（図-7）。測定したデータから荷重と変形量の関係を確認することで、その傾きの違いや変形量の違いにより、劣化している管を特定することができる。なお、本装置は、図-8のとおり、自走式管内カメラで牽引し測定する。装置の主な使用は表-4に示す。

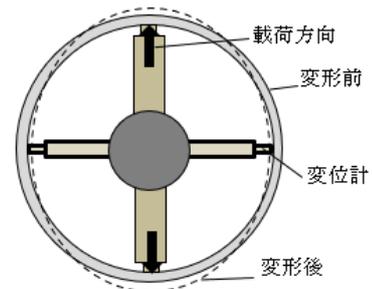


図-7 内面載荷装置の概要図

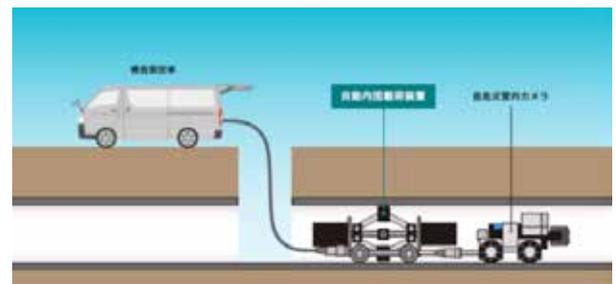


図-8 自動内面載荷装置の測定概要図

表-4 自動内面載荷装置の主な仕様

対象口径	400mm～600mm
適用管種	鉄筋コンクリート管（RC管）
滞留水	測定可能（装置は防水仕様）
測定延長	最大600m（目安）

2.2.2 地上部での検証

RC管φ400とφ600について、通常管と管

厚を減肉した供試管を2種類作製し、地上部に設置した状態での内面載荷装置による荷重と変形量の関係を計測した。試験結果は、図-9及び図-10に示すとおり、通常管と管厚を減肉した供試管の差異は明確に確認することができた。

よって、内面載荷装置によって、管種および口径が同じであれば同一荷重による変形量の差異が確認できることから、異常が発生している管を特定することができる。

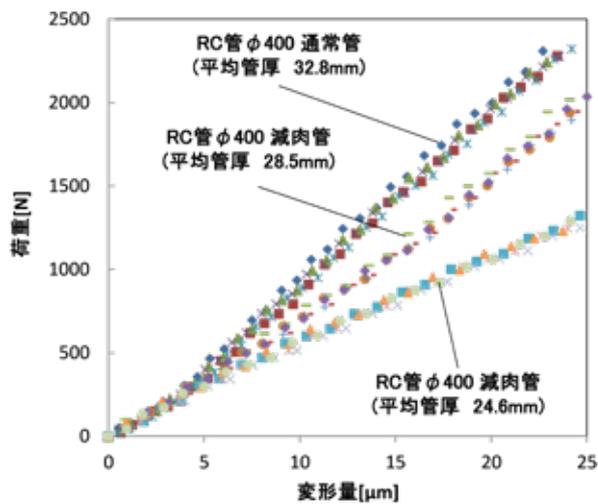


図-9 呼び径 400 の試験結果

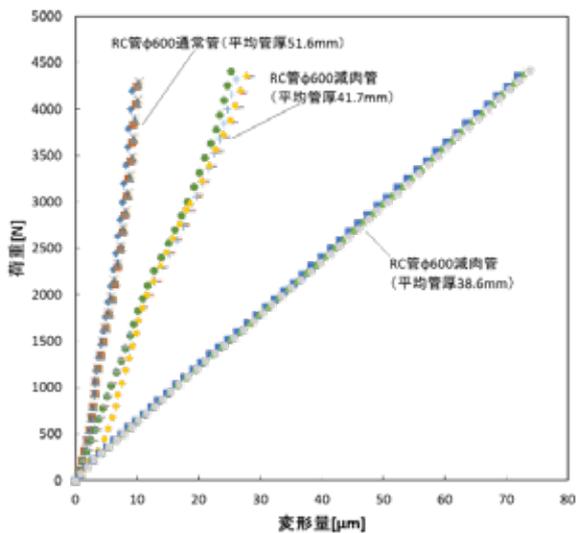


図-10 呼び径 600 の試験結果

2.3 埋設状態の評価例

農業用水管路として使用されている鉄筋コンクリート管（呼び径 400、土被り 0.7m、砂基

礎）について、内面載荷診断システムによる計測を実施した。埋設管は、図-11に示すとおり、装置の入口側はコンクリート製の立坑に接続されており、もう一方は分土工側のコンクリート擁壁に接続されている状況であった。

今回、コンクリート擁壁から 700mm 離れた管中央付近について任意の 7 箇所を計測した結果、図-12に示すとおり、荷重と変形量の関係についてバラツキのない計測ができることを確認した。

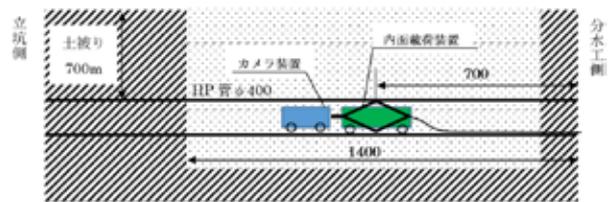


図-11 埋設管の概要図



写真-2 測定状況

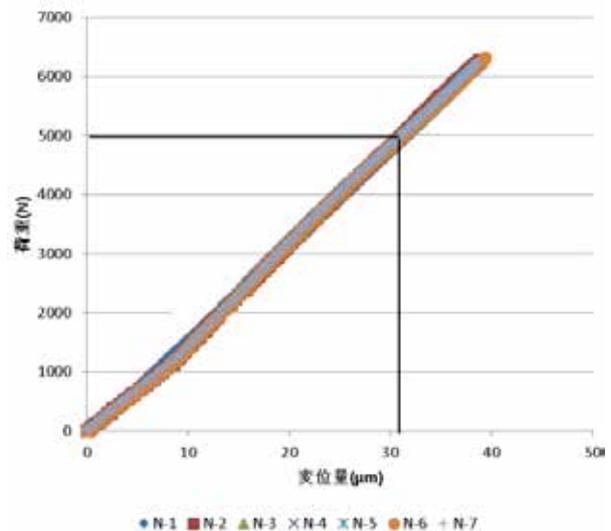


図-12 計測結果

実現場での検証は本格的に進めて行く予定であるが、地上部での検証結果のとおり、管種および口径が同じであれば同一荷重による変形量の差異を確認することができると思う。

3. おわりに

今回は、管路内の診断手法として管内径測定装置と内面載荷診断システムについて述べた。

内面載荷診断システムは現在進行形で研究開発を進めている状況であるが、既設管の現有耐力を確認できる診断手法である。また、管内径測定装置は、計測者の経験に頼るものではなく、管のたわみ量をレーザー光にて正確に計測することができる診断手法である。今後もストックマネジメント事業への貢献に尽力するために、様々な提案を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 農林水産省ホームページ 農業水利施設におけるストックマネジメントの取り組みについて