

研究開発課題名	効率的な農業用水維持管理のための 破壊調査技術および劣化診断システムの開発
研究開発担当	(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 水利施設機能研究室 日本工営(株)、(株)ウォールナット、コマツエンジニアリング(株)

1. 開発目的と経緯

水路連続非破壊調査システムは、長大なトンネルや開渠などの水路を効率的に調査・診断する目的で、農村工学研究所、日本工営(株)、(株)ウォールナット、コマツエンジニアリング(株)が平成14年度から官民連携新技術開発事業により開発した技術である。

2. 調査対象水路

水路連続非破壊調査システムは、小型の計測車両を水路内に搬入し、調査員が運転・操作する装置である。このため、本システムの対象となる水路は、調査員が進入可能な規模の断面の農業用水路・水力発電用水路・その他の導・排水路であり、以下の断面を有する水路を標準的な計測対象とする。

- ・ 水路トンネル(内径1.5~8.0m)
- ・ 開渠(幅1.0~6.0m)

3. システム構成および仕様

水路連続非破壊調査システムは、水路の壁面連続画像を計測するシステムを基本とし、覆工背面情報などの取得も可能な装置になっている。

表-3.1 水路連続非破壊調査システムの構成

内容	計測手法
① 壁面連続画像計測技術1	レーザースキャニング法
② 壁面連続画像計測技術2	CCDラインカメラ法
③ トンネル覆工背面調査技術	レーダー法
④ 覆工背面地山簡易計測技術	簡易貫入法
⑤ 水路断面形状計測技術	回転レーザー測距法

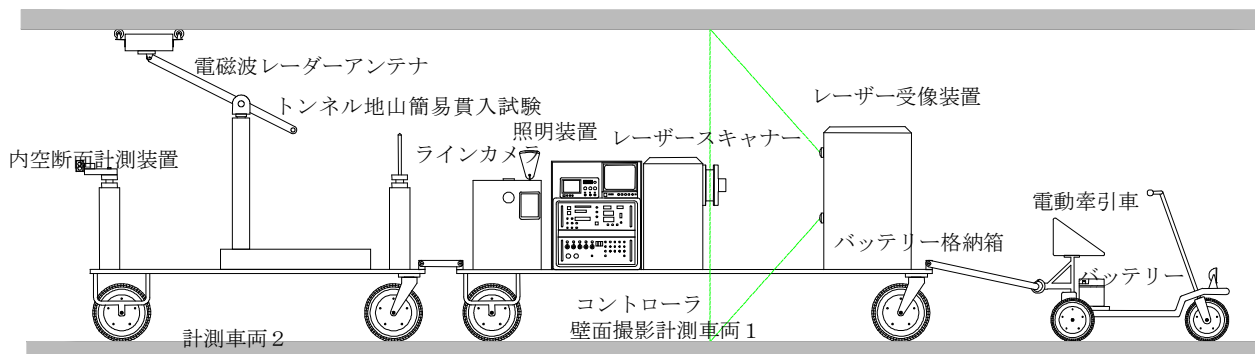


図-3.1 水路連続非破壊調査システムの概要

システム全体の仕様を表-3.2 に示す。なお、水路や調査の必要性に応じて、これらの仕様の一部だけを調査車両に搭載し、調査を行うことも可能である。

表-3.2 水路連続非破壊調査システムの仕様

計測装置	項目	性能
システム全体	搬入・搬出条件	最小通過径 0.9×0.9m
	計測条件	滞水：50cm 以下
	迅速性	短い断水期間で計測が可能
	再現性	計測者に依存せず同じデータが計測可
	記録性	延長距離で各データを同期化し、デジタルデータとして記録
壁面連続画像計測	計測項目	ひび割れ・湧水・目地の損傷等の目視で観察可能な変状
	計測速度	1.0km/h 程度 (安全に歩行しながら、遅滞なく調査ができる速度)
	1日の標準計測距離	5.0km 程度
	良好な条件下での 最小検出ひび割れ幅	0.1mm
覆工背面調査	計測項目	覆工厚さ、覆工背面の空洞の有無・厚さ、覆工背面の地山性状
	計測速度	連続計測 1.0km/h 程度 (安全に歩行しながら、遅滞なく調査ができる速度) 地山計測 30分/箇所
	1日の標準計測距離	5.0km 程度
	覆工厚および空洞の 計測誤差	± 5 c m程度
	地山性状評価	3～4段階 (土砂・軟岩・硬岩)
	計測範囲	覆工表面から 1m程度
内空断面計測	計測項目	内空断面形状
	計測ポイント数	1断面当り 200ポイント程度
	計測誤差	±1～3mm
	計測時間	1断面当り 10分程度



図-3.2 水路連続非破壊調査システム
(CCDラインカメラ+内空断面計測+地山簡易貫入試験)

3.1 壁面連続画像計測システム

壁面連続画像計測システムは、トンネルやボックスカルバート構造に適するレーザースキャニング法と開渠（開水路）に適するCCDラインカメラ法の2つを装備している。それぞれの仕様を表-3.3に示す。

表-3.3 壁面連続画像計測システムの仕様

項目	レーザースキャニング	CCDラインカメラ
利点	暗所での調査に有利 大口径のトンネル調査が可能	明所での調査に有利 カラー画像で計測可能
主撮影デバイス	モーター回転式レーザー光源 +フォトマル4台	7,500画素 CCDラインカメラ2台 キセノン照明装置
分解能	後処理で1mmに変換	1mm：トンネル高さ2.5mまで
クラック検出能力 (理論上)	0.1mm レーザービーム径 $\phi 0.36\text{m}$ から	0.1mm 1画素の15%にクラックを含んだ場合を認識できるとして
スキャン速度(最大)	200断面/秒	500断面/秒
計測スピード(最大)	1.44km/h	1.8km/h
画像	4096階調のうち256階調表示 (白黒)	16,777,216色カラー (R, G, B各8ビット)
記録断面	360度	約280度
記録フォーマット	12ビットバイナリ (8ビットから改良)	24ビット=>16ビット圧縮バイナリ
照明	不要	約3,000ルクスの照度が必要
消費電力	350VA	350VA+照明電力(500VA)
データ記録媒体	6.35mmテープ	同左
記録装置転送速度	1.5Mバイト/秒	10.7Mバイト/秒
1日の計測距離	2km程度	2km程度
1日の作業で必要とする 計測用電源電池本数	2本(12V/160AH 41.5kg)	4本(12V/160AH 41.5kg)
牽引用車両電源	2本(12V/130AH 30.5kg)	

本システムで計測された画像は、図-3.3に示すような壁面展開図として記録・出力される。本システムで計測された画像を拡大すると次頁に示すとおり、詳細なひび割れの状態まで確認することができる。

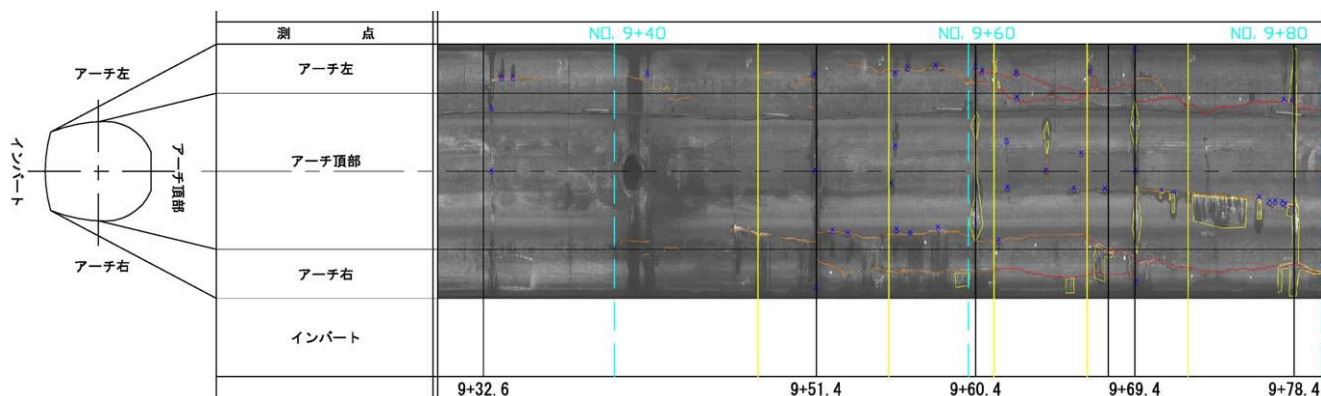


図-3.4 壁面連続画像の計測結果例（レーザースキャニング法）

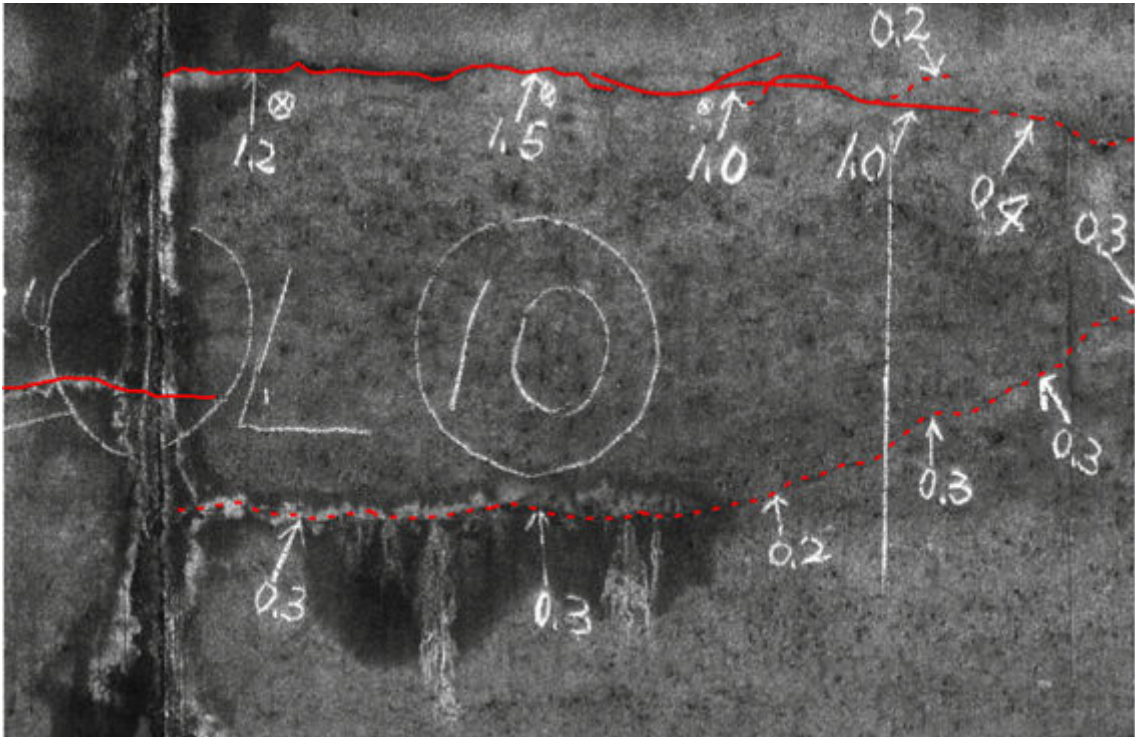


図-3.5 レーザースキャニング法による連続画像の拡大図

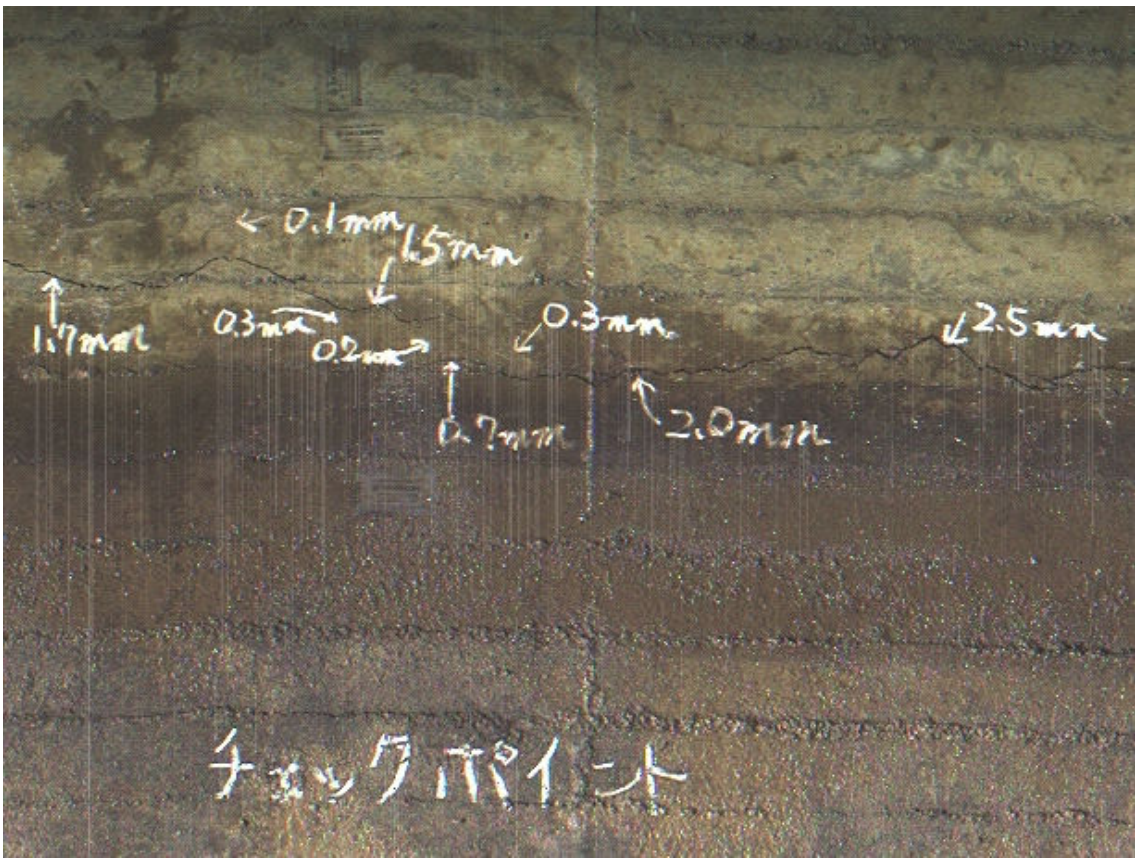


図-3.5 CCDラインカメラ法による連続画像の拡大図

3.2 覆工背面調査技術

(1) レーダ法

道路や水路トンネルの覆工背面に、空洞が発生することがある。これらの覆工背面の空洞は、トンネル自体の安定性に悪影響を与えるほか、地表面陥没等の事故原因になる場合がある。

本システムの覆工背面調査技術は、レーダ法により覆工厚・鉄筋のピッチ・覆工背面の空洞の有無や規模を計測する技術と簡易な地山貫入試験により地山強度を評価する技術の2つを有している。

以下に装置の概要および計測データ例を示す。

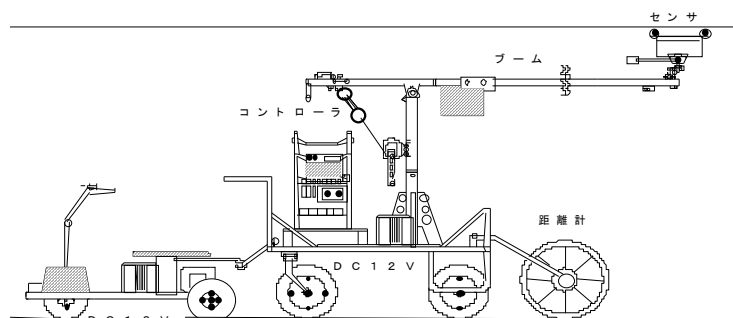
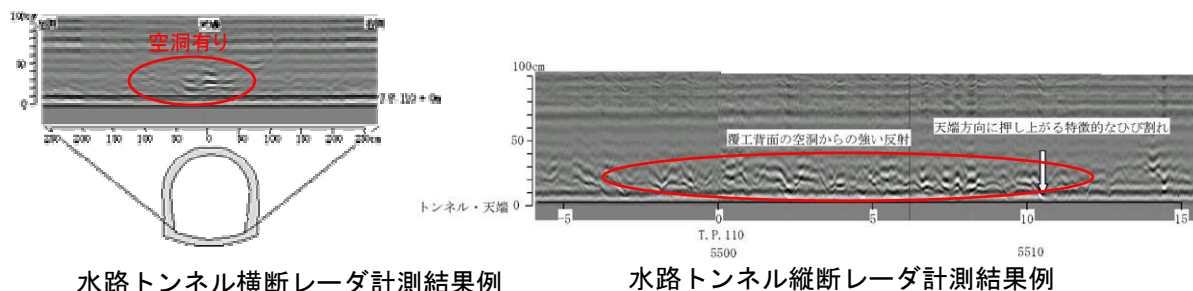


図-3.6 水路トンネル用レーダ計測台車



水路トンネル横断レーダ計測結果例

水路トンネル縦断レーダ計測結果例

図-3.7 水路トンネル用レーダ画像例

(2) 簡易地山貫入試験

水路トンネルの安定性を評価するうえで、トンネル覆工背面の地山の性状を把握することはきわめて重要な事項である。

水路トンネル用地山簡易貫入試験器は、小口径の水路内に人肩で搬入でき、バッテリーで駆動でき、覆工に設けた調査孔から地山に手動ねじ込み方式によって貫入棒を貫入させ、そのときの貫入力および貫入長を測定する装置である。

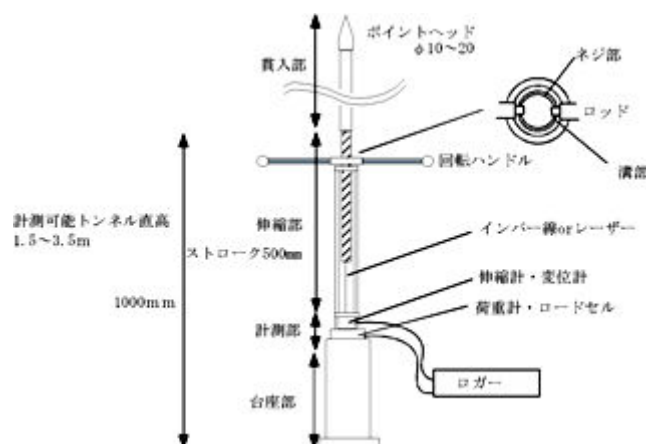


図-3.8 地山試験装置の概要

4. 調査費用と時間

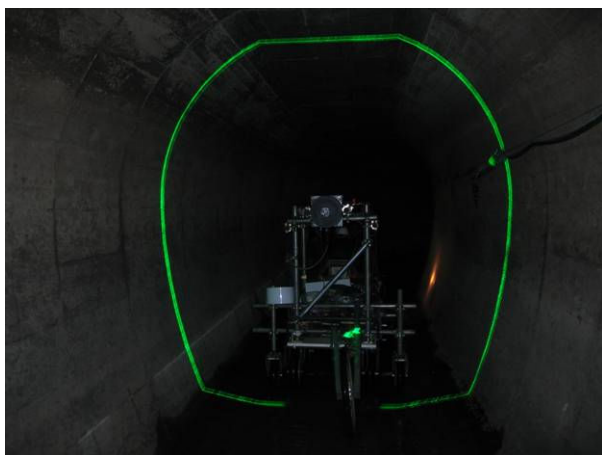
- ・壁面連続画像計測：100万円/km程度（一日2.0km起算）

5. 連絡先

日本工営株式会社 インフラマネジメント部
〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-2
TEL. 03-3238-8116 E-mail: a3876@n-koei.co.jp



CCDラインカメラ法による開水路壁面計測状況 レーザースキャニング法によるトンネル壁面計測状況



レーザースキャニング法によるレーザー照射状況



地山簡易貫入試験実施状況