

⑦ 地震被害及び復旧にかかわる技術

報告された技術は、被害予測技術及び応急復旧支援技術に二分される。

被害予測技術として 2G-29 では、兵庫県南部地震の被害実態を調査し、管路被害、属具(消火栓、仕切弁、空気弁)被害に関するデータベース(管路データ、被害データ、地形・地質データ、地震動強さ)を作成し、得られたデータを数量化理論 I 類による多変量解析によって標準被害率、補正係数(管種、口径、液状化程度)を算出して水道施設の被害予測式を提案している。

一方、応急復旧支援技術として 2G-27 では、「被害探査技術の研究開発」による、新しい満水探査技術として「音響法」と「音圧法」について、プロトタイプを製作して基礎実験研究を行った上で実用の可能性を評価している。

また、2G-28 では、「管路被害探査技術の開発」についてまとめており、地震災害時の施設の早期復旧に必要な不可欠な、効率的、経済的な管路被害探査技術として、音響探査、気体注入探査、地中レーダ探査、管内走行車探査の 4 方式について基礎実験から実用化試験までの調査結果を報告している。

これらの新しい探査技術は、非常時はもとより平常時においても有効な技術が含まれるため、今後改めて着目すべき技術であると考えられる。

⑧ 管路更新優先順位付けに関する技術（管種別の診断マニュアルを含む）

水道事業者が管路の診断及び更新・更生計画を策定する上で必要な情報を、実務の流れに沿ってまとめたものが主流であり、管種別に現在得られている知見について網羅的に解説している。

また、費用対効果分析を用いた管路更新計画の評価などが行われていることがわかる。

しかし、管路更新の具体的な基準などは一部を除いて不十分な状態であり、今後の充実が望まれる分野である。

4) 追跡調査について

文献調査の結果、管路の老朽度診断技術として非破壊で広範囲にわたり調査ができる可能性が高い技術を中心とし、かつ実用性が高いと判断された下記の 3 つの技術を有望既存技術として選定した。

これらの技術に関しては、著者（または技術保有企業）に対して水道管路への適用の可能性についてヒアリングするなどの追跡調査を行った。

追跡調査の結果は 4.5（効率的な管路の現地診断技術（直接診断）の研究）に示す。

- ・ 2G-16 磁気飽和渦流探傷法による配管検査システム
- ・ 2G-17 管内カメラロボット
- ・ 2G-38 ドクターインパクト

4.5 管路の効率的な現地診断技術（直接診断）の研究

管路更新を実施する上で、更新すべき管路を抽出するために埋設された管路が今どういう状況にあるのかを診断する必要がある。特に、抽出された更新対象管路の最終的な状況確認時には、直接的に診断する必要がある場合がしばしば見受けられる。ただし、診断コスト低減や環境負荷低減を考慮しつつ、より効率的かつ効果的な診断技術が望まれており、非開削や極力開削しない管路診断技術が必要と考えられる。

これらの技術的な要望に応え、それを実現するために、以下に続く各研究を実施した。

4.5.1 既存技術調査

4.5.1.1 下水管きよ劣化診断ロボット

既存技術調査等で抽出した有望技術の一つである「衝撃弾性波法による下水管きよ劣化診断ロボット」のデモンストレーションを、第2研究グループ委員会メンバーである積水化学工業株式会社に依頼し、以下の内容の診断技術に関する調査を実施した。

(1) 調査実施日及び場所

- ・2006年12月13日（火）
- ・虎ノ門パストラル 駐車スペース

(2) 調査内容

ダクタイル鋳鉄管の評価用サンプルを準備し、通常鉄筋コンクリート管（ヒューム管）等の診断に使用されている診断ロボットにて、診断が可能かどうかの確認を実施した。

1) 診断装置

積水化学工業株式会社製 下水管きよ劣化診断用 複合型検査ロボット

「ドクターインパクト」

<仕様>

- 診断手法 : 衝撃弾性波法
- 診断対象 : コンクリート管,
鉄筋コンクリート管,
陶管, 石綿セメント管
- 評価項目 : 管体の破損やクラック,
管厚みの減少
- 対象管径 : 250～700A
- 移動方式 : 自走式（左右独立駆動式クローラ）

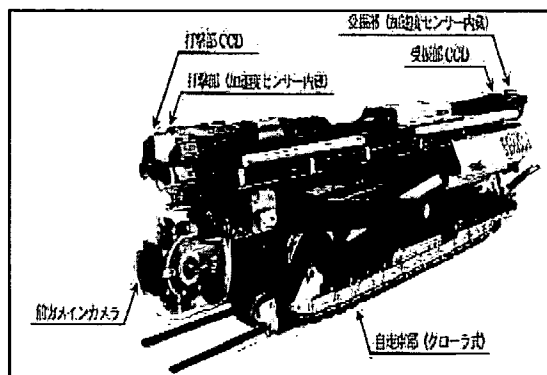


写真 4.5.1 診断ロボット

前方CCDカメラ：1台（パン・チルト，光学ズーム，オートフォーカス，オートアイリス）
CCDカメラ：3台（打撃部，受振部，後方部状況確認用）

2) 評価サンプル

ダクタイル鋳鉄管（モルタルライニング）

300A 長さ 1.5m

a) 通常品

b) 穴加工品

（中心部に直径 100mm の穴をあけたもの）

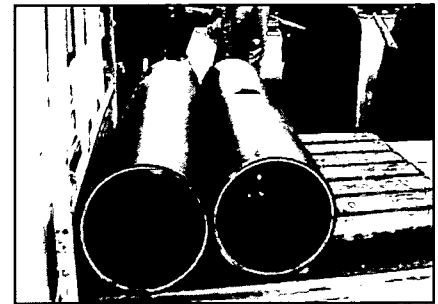


写真 4.5.2 評価サンプル

3) 評価方法

上記評価サンプルに、診断ロボットにより管内面側から打撃装置により衝撃を与え、衝撃弾性波の波形に違いが見られるかどうかの確認を実施した。

（尚、診断ロボットの診断に用いる「衝撃弾性波法」の原理等は、大阪大学鎌田教授の基礎研究を参照下さい。）

現地での診断ロボットの説明状況及び診断ロボットでの診断状況について写真 4.5.3 及び写真 4.5.4 に示す。

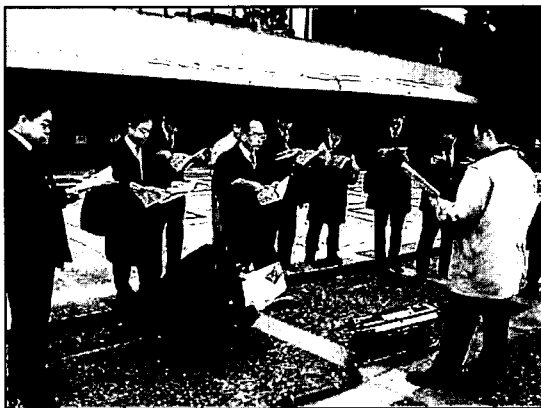


写真 4.5.3 診断装置の説明

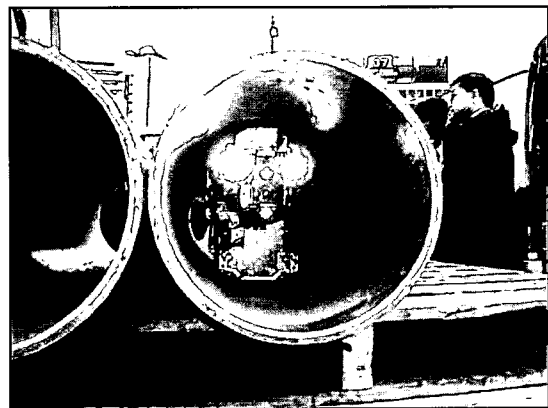


写真 4.5.4 診断ロボットによる診断状況

(3) 水道管への適用性

各評価サンプルに診断ロボットにより、内面側から衝撃を与えたときの診断結果（診断波形データ）を、図 4.5.1 及び図 4.5.2 に示す。

診断波形データの中の「最大ピーク位置」について、「通常品（未加工品）」と、管外面が腐食して内面まで貫通した状態に相当する「穴加工品」とを比較したところ、「通常品」に対して、「穴加工品」はより低い値を示し波形の違いが観察された。この結果より、「通常品」に比べ「穴加工品」は穴をあけた分だけ全体の剛性が低下し、その分周波数の最大ピークが低い側にシフトしたのではないかと推定される。

本調査の結果、「通常品」と铸铁管等の外面腐食に相当する「穴加工品」との間に明らかな波形の差が観察されたことで、「衝撃弾性波法」がダクタイル铸铁管の老朽度診断に対して適用できる可能性が示された。

但し、この診断ロボット自体は、下水道用途のヒューム管や陶管を対象としたものであり、水道管への現状装置での適用は防水性の面等で困難であり、さらに改良が必要となると考えられる。

最大ピーク位置が低周波側にシフト

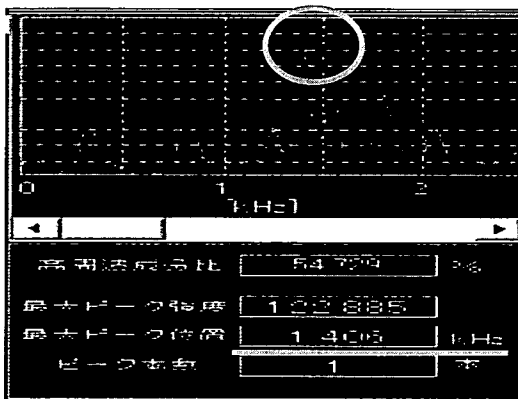


図 4.5.1 波形データ（通常品）

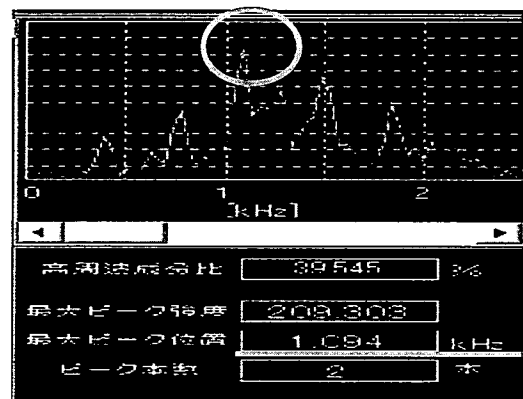


図 4.5.2 波形データ（穴加工品）

4) まとめ

下水管きょ劣化診断ロボットを使用し、評価サンプルの診断を実施した結果、「衝撃弾性波法」によりダクタイル铸铁管の老朽度診断の可能性があることが確認できた。そのため、ダクタイル铸铁管への「衝撃弾性波法」の適用性をさらに検証する目的で、大阪大学 鎌田教授にて基礎研究の研究テーマとして取り組んでいただいた。その結果の詳細については、「5.5 衝撃弾性波法に基づくダクタイル铸铁管の老朽度評価手法に関する基礎研究」に示した。

4.5.1.2 管内テレビカメラロボット

既存技術調査で抽出した有望技術のひとつである「管内テレビカメラロボット」のプレゼンテーションを JFE 工建(株)に依頼し実施した。また、この管内テレビカメラロボットは主にガス管路診断を目的に開発されたので、水道管路診断への適用の可能性について検討した。(システムの詳細は、「資料 2 文献調査リスト」を参照)

(1) 実施日時および場所

- ・ 実施日時 : 2006年9月28日(木) 10:00~12:00
- ・ 場所 : (財)水道技術研究センター 会議室

(2) 概要

テレビカメラを搭載したロボットを配管内に走行させ、管内面を観察するだけでなく腐食などの大きさ・深さの測定、管厚測定などが可能である。

1) 管内テレビカメラロボットの性能

- ・ 走行方式は、オムニホイール(高圧をかけ、車輪を張る)を採用している。
- ・ 管内テレビカメラロボット走行速度は、4.0m/minの範囲で設定ができる。
- ・ カメラは360度回転式であるので、管内の任意の場所で測定ができる。
- ・ 凹凸測定の分解度は±0.7mm程度、分解したものの誤差は±0.5mm程度となる。
- ・ 超音波板厚計を取り付ければ、停止して管厚の測定が可能である。探触子が触れるところをワイヤーバフで清掃する。
- ・ 調査距離は、片側400mの検査が可能である。

2) 実績

- ・ JFE 工建(株)で調査・解析まで行い、成果品として提出している。不具合箇所は全てビデオより抜粋し、欠陥箇所は管路上にプロットする。その他、不具合一覧表も提出する。
- ・ 費用は1回当たり30~40万円で、実績は年間5,6件となる。
- ・ 水道管路での実績は、図面が残っていない布設後経過年数が経っている古い軌道下の管路のプロフィールを調べることを目的に行った。(終点部:不明)

3) 水道管路への適用性

- ・ 管内カメラロボットの走行にあたり、段差は20mm程度まで通過できる。ダクタイル鉄管の継手は、問題ない。(2,3件の実績有り)
- ・ 弁に損傷を与える可能性があるため、仕切弁は通過させない。(ボールバルブでは実績有り)
- ・ 分岐部はタイヤがはまってしまう可能性がある。分岐部の位置、分岐の径などにより通過の可否が決まる。走行中タイヤがはまると予知した場合は、中止と

している。(ただし、サドル分水のように小さいものは通過可能)

- ・ 管内テレビカメラロボットに防水処置を施していないので、管内水の排除が前提条件となる。(多少の滞水程度なら通過可能)

(3) 結果

管内テレビカメラロボットは、自走式で管内の任意の場所を観察し(360度回転式)、管厚測定もできるので、非常に有効な診断技術である。調査区間の管内水を排除した内面無ライニング管などに使用できると考えられる。しかし、大きな錆こぶなどがある場合は、走行不可能なため使用できない。

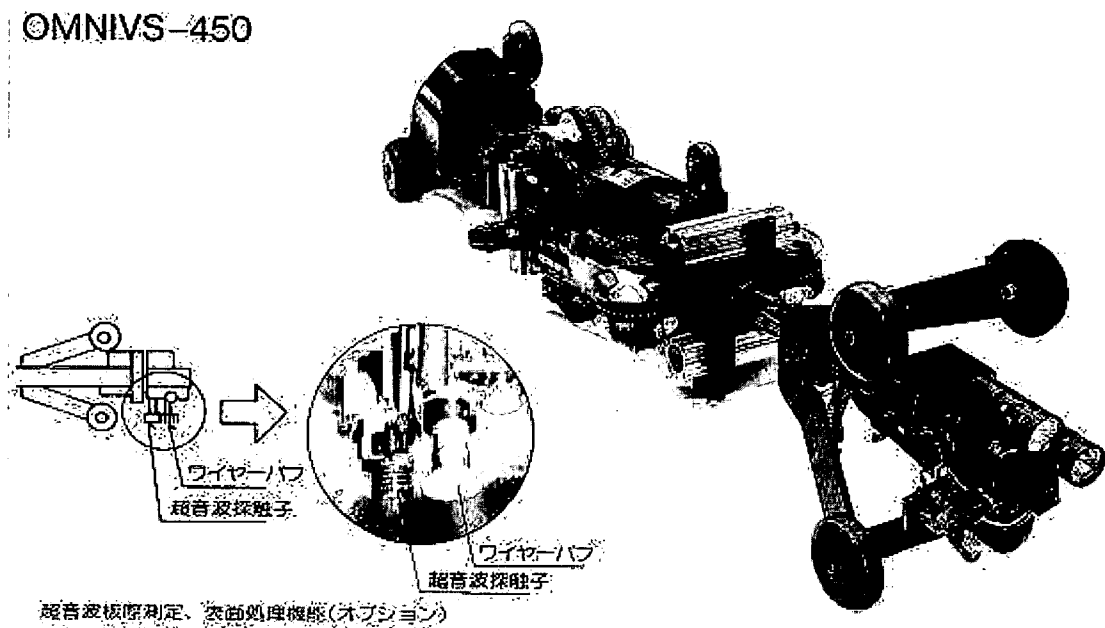


写真 4.5.5 管内テレビカメラロボット OMNIVS

4.5.1.3 磁気飽和渦流探傷法による配管検査システム

(1) 目的

磁気飽和渦流探傷法による配管検査システム (SLOFEC) は、主として磁性のある金属管を対象として、渦電流を用いて供試体に非接触で欠陥の検出が可能な技術である。管内面にモルタルライニングが施されたダクタイル鉄管などについて、内面のライニング上から管体外面の腐食などの欠陥を検出できる可能性があり、診断技術として有効な手法と考えられる。本実験では、SLOFECの実機を用いて供試管内外面に設けた欠陥部の検出性能を調査した。また、現地調査時における検出コイルと試験体表面距離の増加などの場合について検出性能の変化を調査した。

(2) 日時及び場所等

試験日時：①平成19年 1月31日 午前10時～12時

②平成19年11月26日 午前10時～12時

試験場所：非破壊検査株式会社 (大阪市西区北堀江1-18-14)

(3) 試験機器概要

SLOFECは、検査対象物の塗覆装から自己比較コイルを複数設置した探傷部 (スキャナー) を30cm/s程度で移動させ面的な検査を行う。スキャナー部では、電磁石で対象物の直流磁化を行い、減肉部と健全部の磁束密度変化を自己比較コイルで電気信号に変換し、減肉を検出する。

欠陥の有無に関しては一般の超音波探傷と比較して高速な検査が可能である。

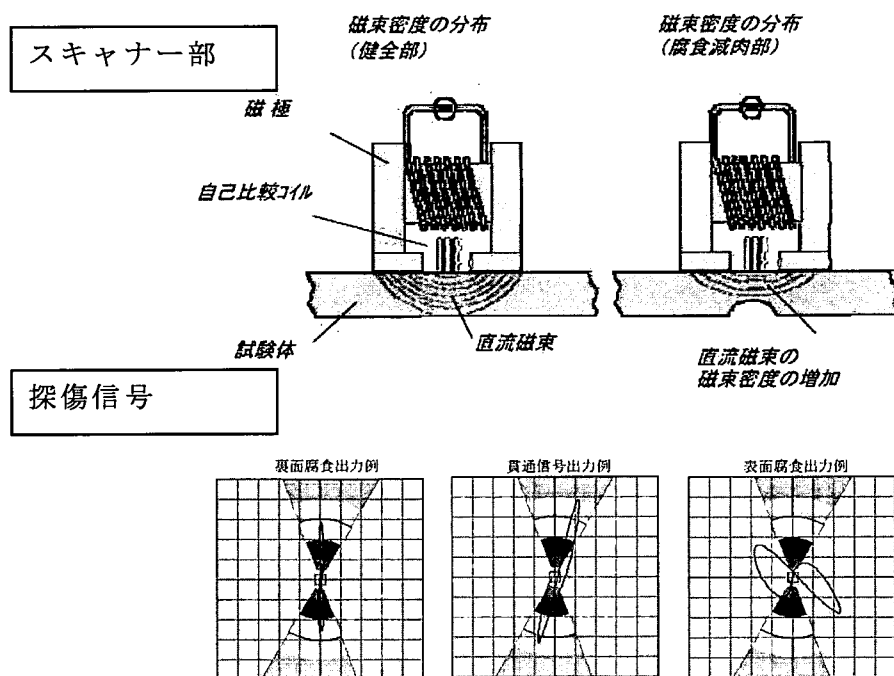


図 4.5.3 SLOFEC の測定原理

システム構成（管内面からの検査構成）

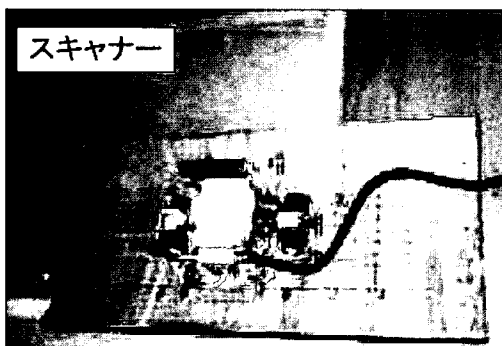


写真 4.5.6 SLOFEC 機器概要

表 4.5.1 調査機器仕様

項目	仕様
名称	SLOFEC LS150
適用板厚	鋼板 t=18mm 以下

(4) 試験方法

管内外面に予め設けた模擬欠陥を設けた新品相当の呼び径 900mm のダクタイル鉄管を用いて、模擬欠陥に対する検出性能を調査した。一方で、水道事業体において約 30 年間埋設されていた呼び径 500mm、呼び径 1350mm の経年管を用いた欠陥の検出性能の調査を実施した。供試管の諸元を表 4.5.2 に示す。

表 4.5.2 供試ダクタイル鉄管の諸元

種別	呼び径 (mm)	管厚 t ^{注)} (mm)	モルタルライニング厚さ (mm)	長さ (mm)
新管	900	15	8	1000
経年管	500	9	6	500
	1350	24	12	1000

注)調査結果において管厚を 100%として欠陥の深さを「%t」と表記することがある。

なお、経年管には腐食による管体の欠陥が認められなかったため、土壌腐食を模した平底穴形状及び舟形形状の模擬欠陥を加工することにより、経年管における欠陥の検出性能を調査した。また、経年管について現地調査時に管内面に砂などの堆積物があり検出コイルと試験体表面距離（リフトオフ）が大きくなる場合についても検出性能の変化を調査した。

(5) 試験結果

①新管における検出性能

モルタルライニングが施されたφ900mm 供試管の管内面側より探傷した結果、管外面に設けた模擬欠陥のうち、大きさφ8mm×深さ15mm(貫通)～φ10mm×深さ7.5mm(50%t)程度以上の欠陥について検出が可能であった。

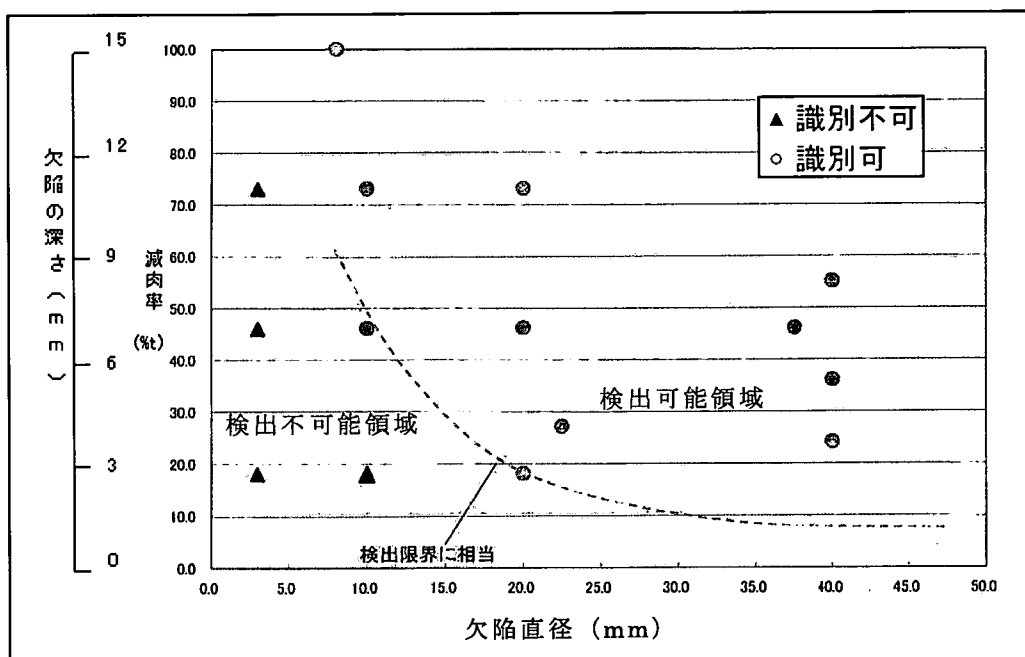


図 4.5.4 SLOFEC 検出限界の推定 (新管φ900)

②経年管における検出性能

モルタルライニングが施された供試管の管内面側より探傷した結果、管外面に設けた模擬欠陥のうち、φ500mm 供試管においてはφ5mm×深さ4.5mm(50%t)～φ10mm×3mm(30%t)が検出可能であった。φ1350mm 供試管においてはφ5mm×24mm(貫通)～φ10mm×深さ12mm(50%t)が検出可能であった。

また、船形形状の欠陥については円形状のものと比較して検出に差異は認められず、検出性能は母材の体積欠損量の大きさとの関係が深いことが確認された。

なお、図中における船形形状の欠陥の大きさは投影面積が等しくなる換算直径を用いた。

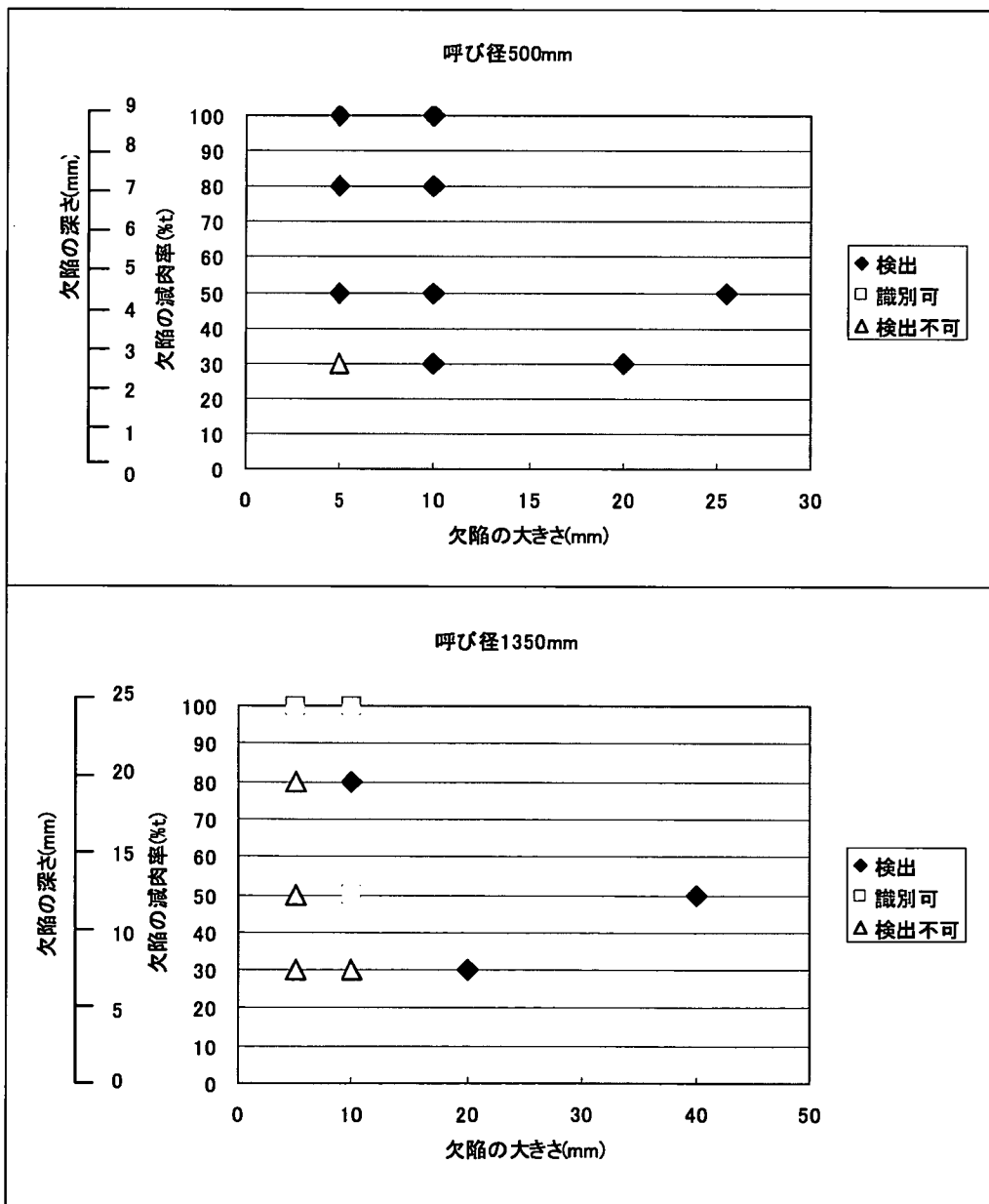


図 4.5.5 経年管における検出性能(リフトオフ10mm)

③ライニング厚さの影響確認（離隔の増加）

リフトオフの増加による感度低下が顕著に認められた。φ500mm サンプリング管の場合、3mm の増加で感度が約 6dB（約 1/2）低下したが、信号の S N 比は良好であり φ5mm×深さ 7mm(80%t)～φ10mm×深さ 3mm(30%t)が検出可能であった。

一方、φ1350mm サンプリング管の場合、3mm のリフトオフ増加により、大半の欠陥の識別が困難となった。

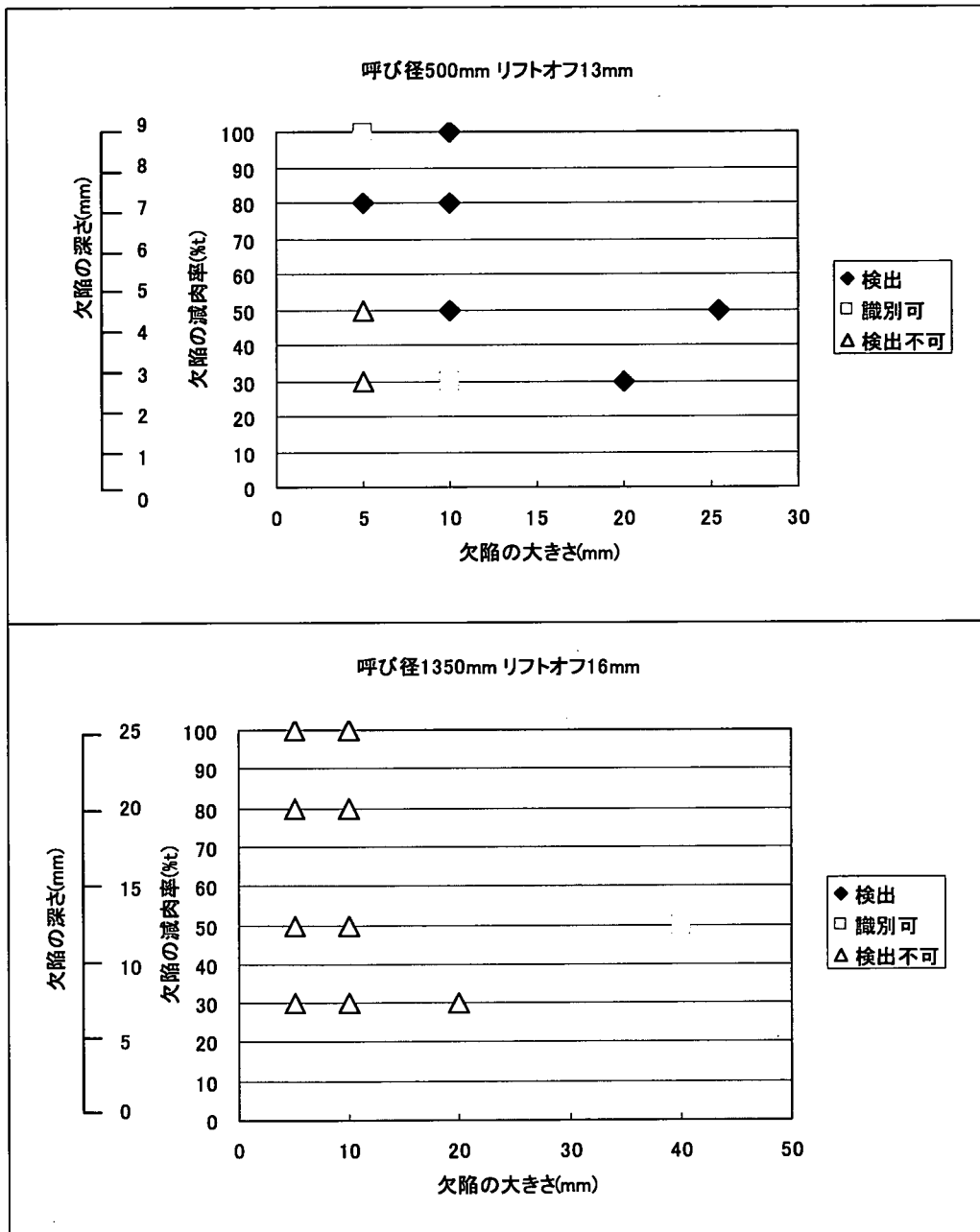


図 4.5.6 離隔の増加に伴う検出性能の変化

④土砂等堆積物の影響確認（不陸の影響）

砂の散布状態において、φ500mmの供試管では検出性能に大きな影響は認められなかった。しかし、スキャナーの走査性を考慮した対策が必要と考えられた。

一方でφ1350mm供試管においては、ガタ信号の発生が顕著で検出性能の低下が認められた。検出限界は、φ10mm×深さ20mm(80%t)程度であった。検出性能の低下が著しかった原因として、板厚24mmが本調査に用いた装置性能以上であることや、砂によるリフトオフ増加が主な原因と考えられる。

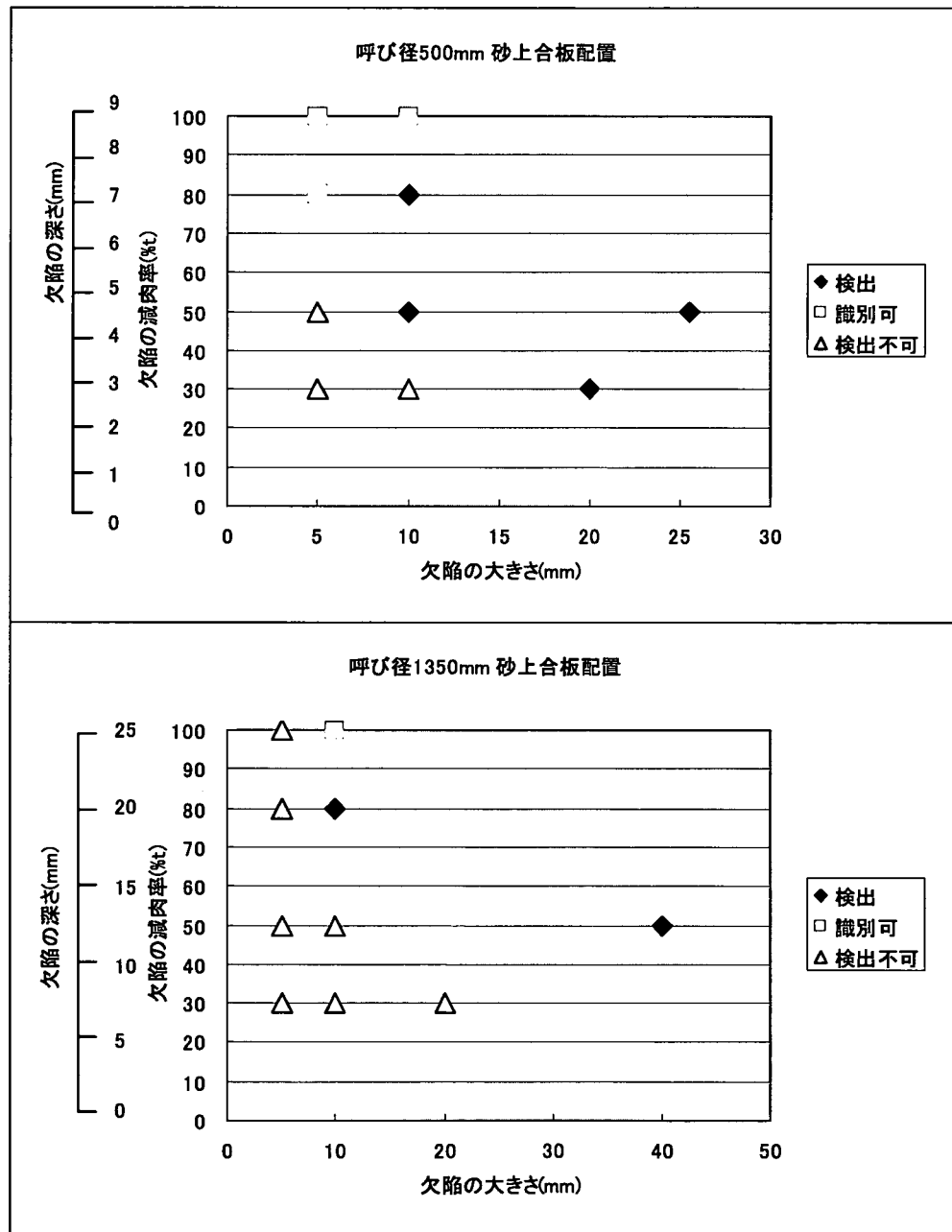


図 4.5.7 不陸の増加に伴う検出性能の変化

(6) まとめ

新品相当の管体や経年管においても検出性能に大きな違いは認められず、供試管により調査機器の仕様が異なるものの、最小の欠陥の形状は $\phi 500\text{mm}$ 供試管において $\phi 5\text{mm} \times$ 深さ $4.5\text{mm}(50\%t) \sim \phi 10\text{mm} \times$ 深さ $3\text{mm}(30\%t)$ の検出が可能であった。呼び径別の検出限界形状を表 4.5.3 に示す。

表 4.5.3 呼び径別検出限界相当の欠陥

呼び径(mm)	検出限界
$\phi 900$	$\phi 8\text{mm} \times$ 深さ 15mm (貫通) $\sim \phi 10\text{mm} \times$ 深さ $7\text{mm}(50\%t)$
$\phi 500$	$\phi 5\text{mm} \times$ 深さ $4.5\text{mm}(50\%t) \sim \phi 10\text{mm} \times$ 深さ $3\text{mm}(30\%t)$
$\phi 1350$	$\phi 5\text{mm} \times$ 深さ 24mm (貫通) $\sim \phi 10\text{mm} \times$ 深さ $12\text{mm}(50\%t)$

また、現地調査を想定し埋設管内に堆積物が存在しスキャナーと供試体の密着が十分に図れない場合を想定した実験では、不陸の影響を受けない様に合板で養生するなど、スキャナーの走査性を考慮した対策が必要と考えられた。

$\phi 1350\text{mm}$ 供試管においては、砂散布によって、ガタ信号の発生が顕著で検出性能の低下が認められた。検出限界は、 $\phi 10\text{mm} \times$ 深さ $20\text{mm}(80\%t)$ 程度となった。

$\phi 1350\text{mm}$ 供試管に用いた調査装置は、板厚の上限が 20mm 程度の仕様であるため、性能以上の板厚を調査することとなったことや、砂によるリフトオフ増加が主な原因と考えられる。

このように、調査機器の適用範囲内にある母材の厚さの場合には、リフトオフが 3mm 程度増加しても欠陥の検出には大きな影響を与えないが、調査機器の適用範囲の上限以上の母材厚の場合には、信号の減衰により欠陥の検出ができなくなる傾向が見られた。

したがって、調査機器の適用可能な母材厚さとライニング厚さの関係を事前に評価し、母材及び塗覆装などの計測条件に対して十分な性能を有する調査機器の選定が重要であることが改めて認識された。

SLOFEC を用いた検査の目的は母材における欠陥のスクリーニングであり、検査結果から重大な欠陥が認められ、検査結果から十分な判断ができない場合には、その部位について超音波や厚さ計などによる詳細調査を行う必要があることを付記する。

(7) 今後の方向性

SLOFEC は、日本国内では水輸送管路への適用事例は見られるものの水道管路への適用事例は存在しないが、主に石油タンク底板やプラント内の配管など災害が発生した場合に甚大な被害が予想される設備への適用が行われている。プラント等における管路への適用事例を写真 4.5.7 に示す。

現在は水道管路への適用事例が存在しないことから、既設水道管への適用にあた

っては、現地調査時の調査条件や母材の厚さと電磁石の出力との関係から決定される欠陥の検出限界の評価、対比試験による検出値の物理量への変換など、機器準備及び機器調整が正確な測定のために必須条件となる。

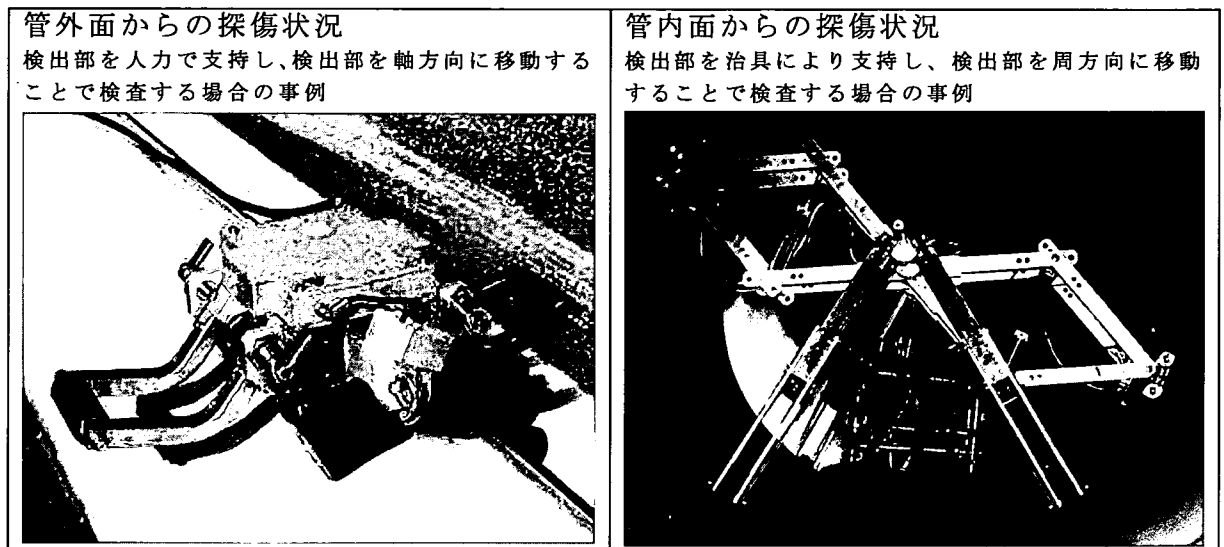


写真 4.5.7 SLOFEC を用いた配管類の探傷状況

SLOFEC の特徴として、工場等で用いられる製品検査のための渦流探傷器と異なり可搬式の渦流探傷システムであることから、既設配管（強磁性管）等を現場で調査することが可能である。

調査対象となる「管外面からの調査が可能な管路」は調査のために管外面を掘削する場合や水管橋や共同溝内配管などの露出配管が考えられる。また、「管内面から調査が可能な $\phi 800\text{mm}$ 以上の既設の大口徑管」は一般に基幹施設や災害対策用の耐震性貯水槽などが考えられる。

SLOFEC を用いることにより、管外面からの調査が可能な管路であれば断水を伴わずに管体の欠陥の有無について高速な調査が可能である。また、管内面からの調査では、一時的な断水を伴うものの管内面にモルタルライニングなどの塗覆装が施された磁性のある金属製の管路において、管内面の塗覆装を除去することなく管内外面の母材の欠陥を検出することができる。

特に管内面からの調査では、従来の管外面からの掘削を伴う管体調査と比べて、管路全体の健全性確認に有効な手法であるとともに、電源供給等は必要であるが人孔等から機材を投入することが可能であり、管路点検時に使用が可能な有効な管路診断手法であると考えられる。

SLOFEC によるスクリーニング結果を踏まえ、腐食状況などの詳細な調査が必要な場合には、掘削による外面調査箇所の決定などの活用方法が考えられ、従来にも増して有効な診断が行えるものと考えられる。

4.5.2 既存技術の整理・分類

4.5.2.1 管路診断技術の到達レベルマップ

管路診断技術の現状を整理し、俯瞰することを趣旨として、「管路診断技術の到達レベルマップ」（以下、レベルマップという。）を作成した。

このレベルマップは、本研究で得た知見と検討に基づき、診断対象、項目および分類で区分したマトリックスのなかに、管路診断技術およびその実用化のレベルを記入したものである。

このレベルマップにより、現状の技術によるカテゴリーごとの管路診断の可否および精度が明確になると考える。さらに、水道事業者が要望する技術との整合性についても把握できると考える。例えば、管路診断技術がない、または実用化のレベルが低いカテゴリーに、水道事業者が要望する技術がある場合は、そのカテゴリーにおける管路診断技術が今後の研究対象となり得ると考えられる。

レベルマップの縦軸は、「診断対象の分類・診断項目」とした。「診断対象の分類」は、2階層の区分とした。「診断項目」は、各々の「診断対象の分類」において、管路の老朽化により発現することが予測される事象を記入した。

また、レベルマップの横軸は、「診断分類」とした。調査の形態（間接診断と直接診断）、診断時の開削と断水の要否などの分類により、5階層の区分とした。

なお、管路診断技術の実用化のレベルは、次の3段階とした。

- ・レベルⅠ：すでに実用化（商品化）レベルまで到達している管路診断技術
- ・レベルⅡ：研究段階での管路診断技術
- ・レベルⅢ：提案レベルまたは確認が必要な管路診断技術

表 4.5.4 管路診断技術の到達レベルマップ

診断対象		診断項目	手法 番号	手法名称	間接 診断 ¹⁾	直接診断 ¹⁾				詳細 シート
大分類	小分類					非開削		開削		
						不断水	断水 ¹⁾	不断水	断水 ¹⁾	
管路	漏水	管路危険度の判定	1	統計的診断	I					有
			2	数量化理論による配水管の 安全性評価 ³⁾	III					
		漏水量の測定	3	配水量と使用水量との差の測定	I					有
			4	漏水調査		I	I*	I	I*	有
			5	区画の流量測定		I		I		有
	水理	水量・水質・水圧	6	住民の苦情調査	I					
		水量・水圧	7	水量・水圧測定		I		I		
		水質	8	水質分析		I		I		
	内面	管内面状況の把握	9	管内カメラによる直接診断		I*	I*	I*	I*	有
	埋設位置	埋設位置の調査	10	管路図などによる推定	I					有
			11	地中レーダーによる調査		I	I	I	I	有
			12	ロケーティングワイヤを 利用した電磁誘導による調査		I	I	I	I	有
	ゴム	ゴムの劣化度	13	採取供試体の材質試験（伸び、 硬度）による変化確認					I	有
鉄系管	腐食	管路危険度の判定	14	水の浸食性調査	I					有
			15	統計処理による事故リスク の推定 ³⁾	III					
			16	埋設環境による診断				I	I	有
			17	極値統計による寿命予測				I	I	有
	劣化度の調査・測定	18	水撃波による劣化状況調査		II		II		有	
		19	音響エコーを用いた水道管路の 劣化検出（音響法） ³⁾		III	III	III	III		
		20	電磁波信号発生ピグ流下法 による欠損検出調査 ³⁾		III		III			
		21	管外面からの衝撃弾性波法 による欠陥有無の調査 ³⁾		III	III	III	III		
		22	管内面からの衝撃弾性波法 による欠陥有無の調査		III	II	III	II	有	
		23	磁気飽和渦流探傷法による検査			II	II	II	有	
24	ガイド波を用いた 配管腐食検査技術					I	I	有		

表 4.5.4 管路診断技術の到達レベルマップ (続き)

診断対象		診断項目	手法 番号	手法名称	間接 診断 ¹⁾	直接診断 ¹⁾				詳細 シート
大分類	小分類					非開削		開削		
						不断水	断水 ¹⁾	不断水	断水 ¹⁾	
鉄系管	腐食	残存管厚の測定	25	管外面からの残存管厚の測定			I	I	有	
			26	管内面または掘り上げ管からの残存管厚の測定				I	有	
	腐食など	管外面状況による診断	27	管外面からの直接診断 (目視)			I	I	有	
		管内面状況による診断	28	管内面からの直接診断				I	有	
	塗覆装 損傷	塗覆装損傷	29	地表からの塗覆装損傷探査 (針電極法・車輪電極法)		I	I	I	I	有
	電食	電食調査	30	迷走電流の調査		I	I	I	I	
			31	管対地電位測定		I	I	I	I	
	水理	水量(閉塞率の測定)	32	流速係数 (C値) の測定		I		I		
			33	γ線またはX線による閉塞率の測定				I	I	有
			34	採取供試体での通水断面積の測定					I	有
	漏水	継手胴付き間隔	35	管外面からの胴付き間隔の測定				I	I	有
			36	管内面からの胴付き間隔の測定					I	有
		漏水の有無	37	継手漏水の調査 (テストバンド)					I	
		その他	38	漏水危険箇所の抽出 (地盤沈下量調査など)	I					
樹脂系管	劣化など	折れ・変形	39	寸法・形状検査				I	I	
		折れ・変形 割れ・き裂	40	目視による外観検査				I	I	
		強度変化	41	採取供試体の性能評価					I	有
		抜け出し	42	差し込み代 (接着代) 測定				I	I	
		界面剥離	43	融着界面検査 (超音波)					I	有
付帯設備	弁	本体	44	弁種・設置年からの推定	II					
		本体、水封機構	45	目視調査		I	I	I	I	
		補機類	46	動作確認		I	I	I	I	

表 4.5.4 管路診断技術の到達レベルマップ (続き)

診断対象		診断項目	手法 番号	手法名称	間接 診断 ¹⁾	直接診断 ¹⁾				詳細 シート
大分類	小分類					非開削		開削		
						不断水	断水 ¹⁾	不断水	断水 ¹⁾	
付帯設備	弁	シート	47	音聴棒による調査		I		I		
			48	γ線による弁内スケール/ 弁開閉度探知 (弁室・ピット内)		I	I	I	I	有
			49	AE (アコースティック・エミッション) センサ ーによる漏れ診断		II		II		有
			50	超音波パルスによる弁開閉度探知		II		II		有

注 1) 用語は、次のように定義した。

- ・間接診断 … 日常の維持管理業務によって得られる情報 (苦情、事故、水量・水圧・水質など) を元にして、現在の機能を把握もしくは将来の変化を推定する方法とする。
- ・直接診断 … 機器などによって得られる情報 (測定値、状況など) を元にして、現在の機能を把握もしくは将来の変化を推定する方法とする。
- ・断水 … 管内水を完全に排除した状態とする。

2) 表中の I、II および III は対象となる管路診断技術の実用化レベルを表し、次のように区分した。※印は、条件付で適用できるものとなる。

- ・レベル I (□箇所) … すでに実用化 (商品化) レベルまで到達している管路診断技術
- ・レベル II (○箇所) … 研究段階での管路診断技術
- ・レベル III (△箇所) … 提案レベルまたは確認が必要な管路診断技術

3) 詳細は、「5章 基礎研究・基礎実験」を参照とする。

4.5.2.2 手法詳細シート

表 4.5.4 に示す管路診断技術のうち、説明が必要と考えられる技術についてはレベルマップ手法詳細シートを作成した。この手法詳細シートには、概要、調査方法、適用条件、調査精度等を記入した。

手法詳細シートは、「資料3 レベルマップ手法詳細シート」に示す。

レベルマップと詳細シートの関係を図 4.5.8 に示す。

診断対象		診断項目	手法番号	手法名称	隣接診断 ¹⁾	直接診断 ¹⁾				詳細シート	
大分類	小分類					非覆閉		覆閉			
						不断水	断水 ¹⁾	不断水	断水 ¹⁾		
鉄系管	腐食	残存管厚の測定	25	管外面からの残存管厚の測定				I	I	有	
			26	管内面または廻り上げ管からの残存管厚の測定					I	有	
	腐食など	管外面状況による診断	27	管外面からの直接診断(目視)				I	I	有	
			28	管内面からの直接診断					I	有	
							I	I	I	I	

手法番号	25	実用レベル	I
診断対象	鉄系管・腐食	診断項目	残存管厚の測定
手法名称	管外面からの残存管厚の測定		
概要	管路の一部を掘削し、管の外面から残存管厚を測定する。 管路の一部の測定値から全管路の残存管厚を推定することとなる。		
調査方法	測定方法は、以下のものがある。 ● 腐食深さの測定による方法 (デプスゲージなど) 残存管厚は規格管厚から外面腐食深さを差し引いて推定する。 ● 超音波厚み計による方法 ● γ線管厚測定センサーによる方法		
適用条件、調査精度等	腐食深さの測定による方法は、精度が非常に良い。 超音波厚み計による方法は、普通鋼鉄管、高級鋼鉄管は超音波の減衰が大きく適用が難しい。布設状態での測定には多少熟練を要する。 γ線管厚測定センサーによる方法は、測定できる管厚に限度があり、大口径管には適用できない。		
参考文献	● (財)水道管路技術センター、「鋼鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp16、pp41～42、1994		
備考	最小残存管厚による老朽度ランク区分が示されている。 「水道維持管理指針 2006」(平成 18 年 7 月 1 日、(社)日本水道協会)では、腐食深さによる老朽度ランクの診断基準が記載されている。		

図 4.5.8 レベルマップと詳細シート

4.5.2.3 今後の整理・分類について

レベルマップに現状の管路診断技術を全て網羅した。

このレベルマップは本財団のホームページ上で公開し、技術開発等に伴うレベルマップの更新は今後とも継続していく。