

# 圧送管路の調査・診断の手引き

下水道圧送管路研究会

## 1. はじめに

下水管路は永年使用すると劣化が生じ、この経年劣化の状況を把握することは、管路の維持管理にとって重要である。下水管路の劣化は大きく分けて、管内面からの腐食と埋設環境に起因する外面からの腐食が考えられる。これらに対して有効な対策を検討するためには、適切な手法による調査診断が必要となる。

本冊子では、下水圧送管路に多く用いられているダクトイル鋳鉄管および鋳鉄管（以下、鋳鉄管と呼ぶ。）に焦点を当て、内外面腐食による管路劣化（機能の劣化、損傷危険度など）状況の調査および診断について解説し、必要な維持管理方法選択の一助となることを目的とした。

## 2. 劣化の要因となる一般的な問題

### 1) 内面の腐食（硫化水素に起因する腐食）

硫化水素に起因する下水管路の腐食メカニズムを図1に示す。下水を圧送すると嫌気化が進行し、管壁に付着したスライム層や管底の堆積層に生息する硫酸塩還元細菌により、堆積汚泥中の硫酸塩（ $\text{SO}_4^{2-}$ ）から硫化水素が生成される。管路内に気相があれば、生成された硫化水素は液相から気相に放散され、気相の内壁の結露水中で好気性の硫黄酸化細菌群などにより酸化されて硫酸となり、セメントや鉄を腐食させる。ここでは、ポンプ圧送している管路でも、自然流下となる条件について図2-1、2-2で説明する。ポンプ圧送する場合、その管路は全線圧送と思われるがちであるが、図2-2のような管路形状の場合、圧送（＝満流）となるのは、 $\text{H}_1$ 部分のみであり、管路途中の凸部下流の下り勾配となる $\text{H}_2$ 部分は自然流下（＝非満流）となる。こうした箇所では、管内の気相中に硫化水素が放散されて硫酸となり、管内面の耐食性が不十分な場合は腐食が発生する。

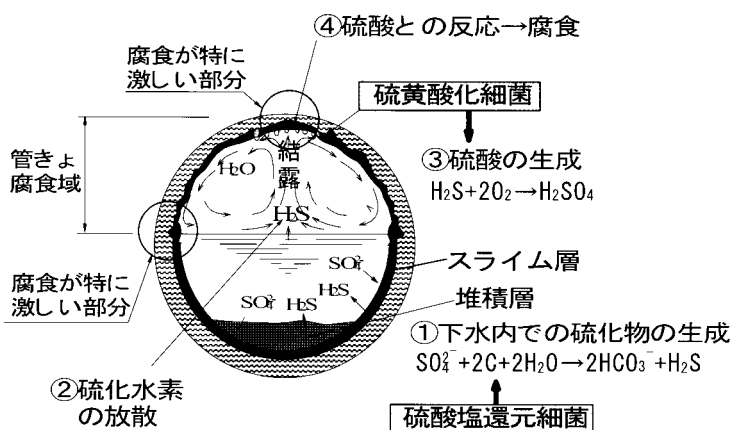


図1 硫化水素腐食のメカニズム

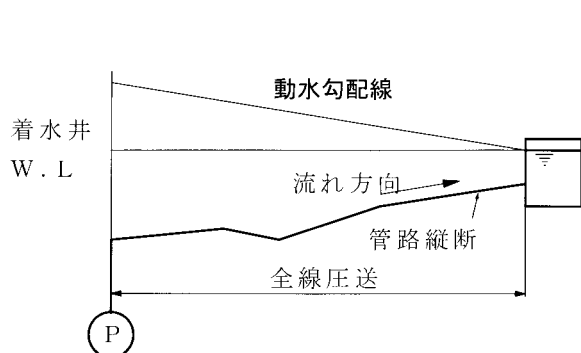


図2-1 全線圧送の管路縦断例

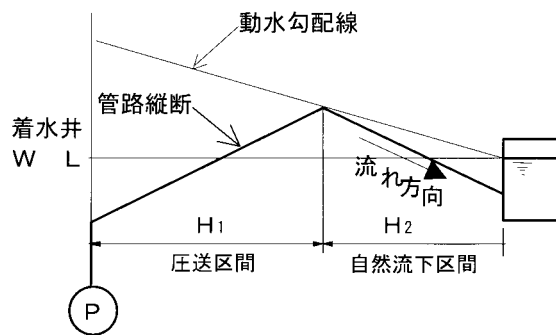


図2-2 部分圧送の場合の管路縦断例

## 2) 外面の腐食

### (1) 埋設環境土壌による腐食

鋳鉄管に対して、埋設環境土壌が腐食性であるといわれているのは次のような所である。

- ① 酸性の工場廃液や汚濁河川水などが地下に浸透した所。
- ② 海浜地帯、埋設地域など地下水に多量の塩分を含む所。
- ③ 硫黄分を含む石炭ガラなどで盛土や埋立てされた所。
- ④ 泥炭地帯。
- ⑤ 腐植土、粘土質の土壌。
- ⑥ 廃棄物による埋め立て地域や湖沼の埋立地。
- ⑦ 海成粘土など酸性土壌。

一方、腐食の進行度に影響を与える因子として、土壌の比抵抗・含水量・pH・溶存塩分・バクテリアの活動および陽極部と陰極部の面積比などがあげられる。

### (2) 外部漏洩電流による腐食（電食）

主として、電鉄のレールから電流が漏れ出て地中を流れ、変電所に帰るまでに埋設管に流入し、再び地中に流出する部分で電解腐食が発生する。鋳鉄管は、その継手に絶縁材料であるゴムを用いているため電食は受けにくい。しかし変電所近くでは、電流密度が高くなるため注意が必要である。

また、電鉄以外に外部電源を用いた電気防食設備も近傍の埋設管に影響を与える場合がある。

### (3) 異種金属接触腐食

電位の異なる金属同士が接触し電氣的に導通状態である場合、電位の卑な金属が腐食する。

### 3. 調査、診断の手順

調査診断を効率的かつ合理的に進める為に、以下のフローの手順に従って進める。

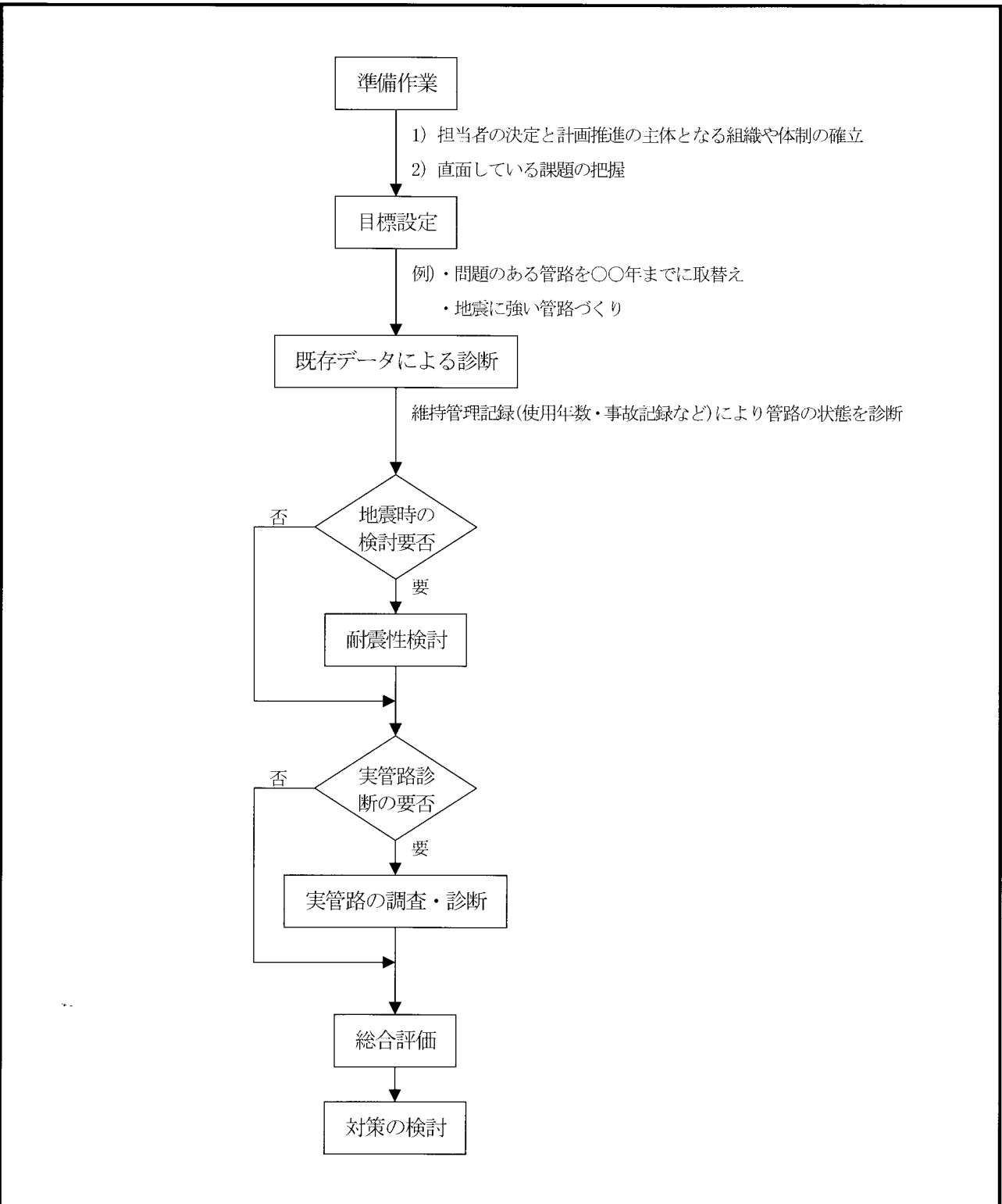


図3 調査、診断のフロー

### 1) 既存データによる診断

モルタルライニングの有無、使用年数、過去の事故歴および外部要因によりランク分けを行う。ランク分けの一例を下表に示す。

表1 主要項目による診断

ランク	モルタルライニングの有無	使用年数 b (年)	過去の事故歴	外部要因
I (最優先に更新)	無	$b \geq 40$	・大規模事故 ・事故件数多	危険性 大
II (優先的に更新)		$40 > b \geq 30$	・中規模事故 ・事故件数中	危険性 中
III (可能なら更新)		$30 > b$	・小規模事故 ・事故件数小	危険性 小

※日本ダクタイル鉄管協会技術資料「鑄鉄管路の診断について」を参考にした。

### 2) 耐震性検討

地震防災対策強化地域内にあつて地震対策の検討が必要な場合は、耐震性の検討を行う。

### 3) 実管路の調査・診断

既存データによる診断や、耐震性の検討のみでは管路機能低下などの全容が把握できない場合には、直接現地調査などによる詳細診断を実施する。これらの調査には、多くの費用と労力を伴うため、目的に応じた適切な診断技術を活用する事が望ましい。

圧送管路の腐食劣化調査は、自然流下管路と違い以下のような問題点があり、これらの事項を考慮して調査方法を立案する必要がある。

- ・ポンプ圧送のため、下水を長時間止める事が困難である。
- ・鑄鉄管の場合、金属管の為に内面腐食だけでなく外面腐食の発生も考慮する必要がある。
- ・圧送管路の場合、バンド管による上越しや下越し部分が多くあり、管路が直線となっていない。このため、中間での下水滞留域が多く、管内を直接確認することが困難な場合が多い。

現在行われている調査項目を次ページにまとめる。

表2 管路の調査項目

管 体 調 査	現地 調査	非破壊	<p>&lt;非開削、不断水&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・内視鏡による内面観察</li> <li>・2箇所空気弁などから圧力差と流量の測定</li> </ul> <p>&lt;非開削、断水&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視観察</li> <li>・モルタルライニング中性化試験</li> <li>・内面塗膜厚測定</li> <li>・内面の腐食量測定</li> <li>・内面からの胴付き間隔測定</li> </ul> <p>&lt;開削、不断水&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・管体外面状況の目視観察</li> <li>・外面からの管厚測定（超音波厚さ計使用）</li> <li>・外面の腐食量測定</li> <li>・スケールチェッカーによる通水断面積の測定</li> <li>・外面からの胴付き間隔測定</li> <li>・携帯顕微鏡による材質判定</li> <li>・室内調査用ボルト・ナットサンプルの採取</li> </ul> <p>&lt;開削、断水&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・管内自走装置による管内調査</li> </ul>
		破壊	<p>&lt;開削、断水&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・室内試験用管体サンプルの採取</li> </ul>
	室内 調査	破壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外観目視調査</li> <li>・モルタルライニング中性化試験</li> <li>・管体腐食量調査</li> <li>・管体の材質試験</li> <li>・ボルト・ナット腐食量調査</li> </ul>
	埋 設 環 境 の 調 査	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地表面電位勾配測定</li> <li>・管対地電位測定</li> <li>・管電流測定</li> <li>・現地比抵抗測定</li> <li>・室内試験用土壌サンプルの採取</li> <li>・室内試験用地下水サンプルの採取</li> </ul>
室内調査		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌腐食性調査</li> <li>・地下水腐食性調査</li> </ul>	

#### 4) 総合評価

既存データによる診断、管体および埋設環境調査などの診断結果から、総合的に機能劣化程度を評価する。さらに、当該管路の重要度、施工面の制約などを考慮した総合評価を行い、更新計画に向けた最終的な判断を行う。

評価を行うための手法の一つとして、統計的手法を用いた寿命予測がある。

#### ◎[寿命予測]

##### (1) 強度検討および腐食量推移予測

JSWAS G-1（下水道用ダクタイル鋳鉄管）参考資料3「埋設管の管厚計算」に基づき、調査管の埋設条件での内圧および外圧に耐えうる最低限必要な管厚（最小必要管厚）を求める。次に外面腐食深さの最大値および埋設年数より、一般的に用いられている鋳鉄管の腐食度予測式（ $\eta = K T^{0.4}$ ）を用いて外面腐食の進行を予測し、最小必要管厚および貫通に至るまでの年数を予測する。

##### (2) 腐食量予測

埋設管路の土質条件の違いが腐食に及ぼす影響をつかみ、それらを用いて管路の健全性の診断を行う事を目的とする。試掘調査データからその地点での条件と腐食の程度のデータをつかみ、その結果から試掘データの無い場所での腐食の状態を推定する。以下に、代表的な予測手法を示す。なお、これらの手法を実施する際には試掘調査データが複数必要である。

##### ・多変量解析による腐食量予測式の作成

調査によって得られた管体腐食量、埋設環境データより、管体腐食に最も影響を及ぼす埋設環境因子を選び出し、多変量解析（数量化 I 類）を用いて腐食量のモデル式を作成する。

##### ・極値統計法による最大腐食深さの推定

調査によって得られた管体腐食量のデータより、その管路における最大腐食深さを極値統計法により推測する。

#### 4. おわりに

本書では、地中に埋設された下水圧送管（鋳鉄管）の劣化に対しての調査・診断手法の一例を紹介した。調査・診断を実施することにより、管路の劣化度合を知り、事故防止のための適切な布設替え計画の作成などに役立てていただければ幸いである。

## 参考1 管外面からの腐食量調査

調査の方法は多種多様であるが、最も一般的な調査方法である管外面からの腐食量調査（超音波厚さ計を用いた残存管厚測定と、外面腐食量調査）について紹介する。

### 1) 特徴

- ・管路を切断することなく不断水で調査が可能である。
- ・外面および内面の腐食状況を把握する事ができる。
- ・管外面からの測定のため、調査管が埋設されている場合は開削し、管を露出させる必要がある。

### 2) 調査方法

#### (1) 超音波厚さ計による測定（JIS Z 2355「超音波パルス反射法による厚さ測定方法」）

超音波厚さ計を用いて管外面から健全管厚を測定し、測定結果を規格管厚と照合する事により、管内面に腐食が生じていた場合に、その腐食量を把握する事ができる。なお、管の全周的なデータを把握する為、周方向に8点程度（管径が小さければ4点でもよい）を測定する。

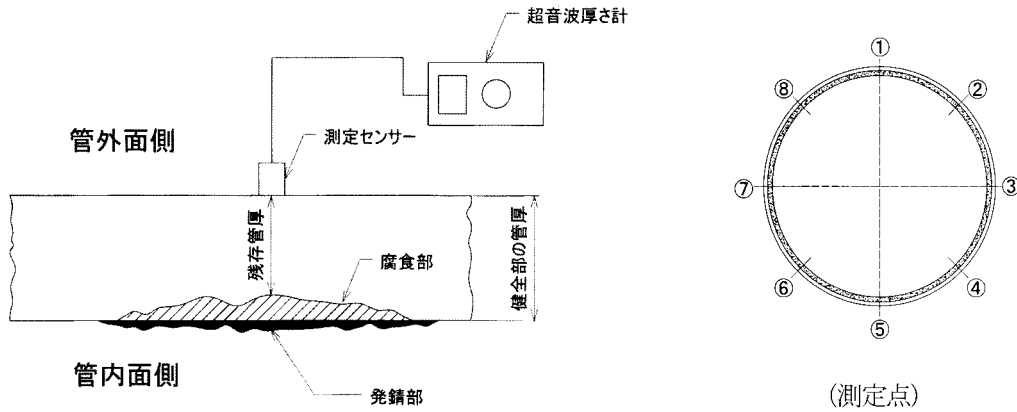


図4 超音波厚さ計による測定方法

#### (2) 外面腐食深さ測定

管外面に付着した土を除去し、テストハンマーなどを用いて腐食生成物を取り除いた後、腐食部分を対象にデプスゲージを用いてその最大腐食深さを測定する。なお、管の全周的にわたるデータを把握するため、露出させた部分全体について調査する事が望ましい。

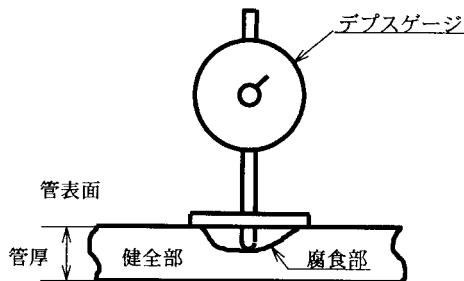


図5 外面腐食量調査方法



## 参考2 調査の事例

(事例1) 室内調査、および現地での開削による調査

- ・呼び径：φ250
- ・管種：T形ダクタイル鋳鉄管
- ・用途：汚泥圧送幹線
- ・調査内容：管内面からの腐食による漏水事故が発生したため、管路を開削、断水して管体調査サンプルを採取し、室内調査（モルタルライニングの中酸化試験、管体腐食量調査、管体の材質試験）を行った。

調査の結果、管体の材質には問題無いものの、管上部のモルタルライニングが一部剥離しており、剥離部分の管内面に腐食が認められた。

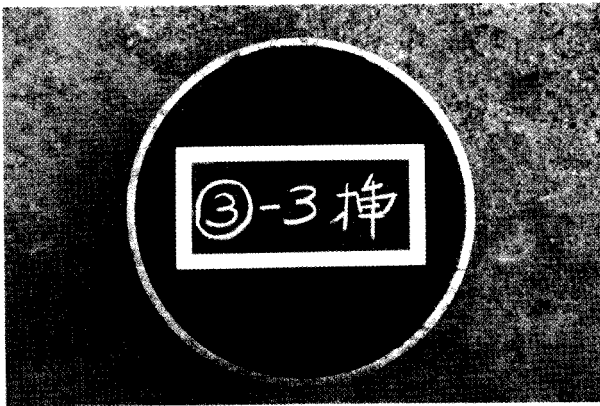


写真1 モルタルライニングの状況

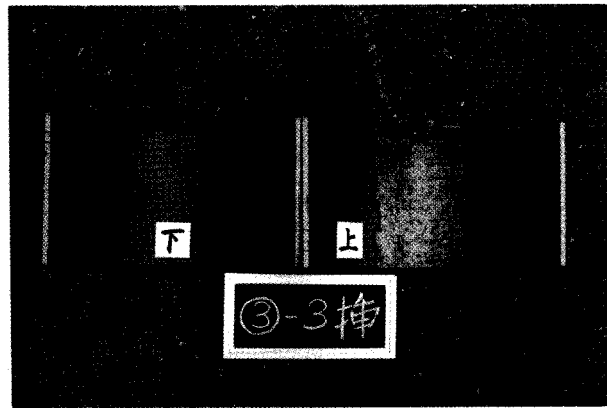


写真2 管内面の腐食状況

調査結果より、管内での硫化水素の発生が考えられたので、当該管路において気相部の有無と汚泥の付着状況についてスケールチェッカーを用いて再度調査を行う事となった。

調査は管路の比較的高所を4箇所選びだし、ポンプ運転時および停止時について行った。さらに、管の外周より超音波厚さ計を用いて、残存管厚を測定した。

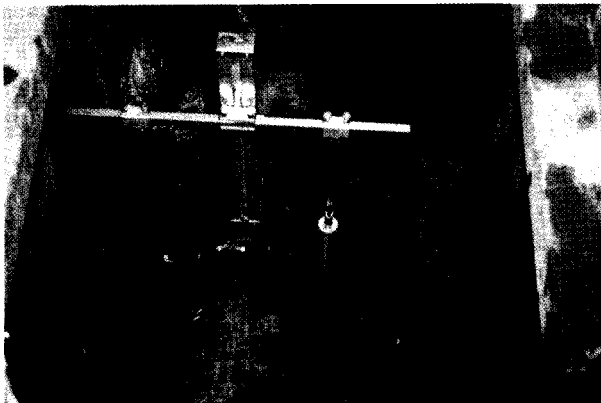


写真3 スケールチェッカーによる測定状況

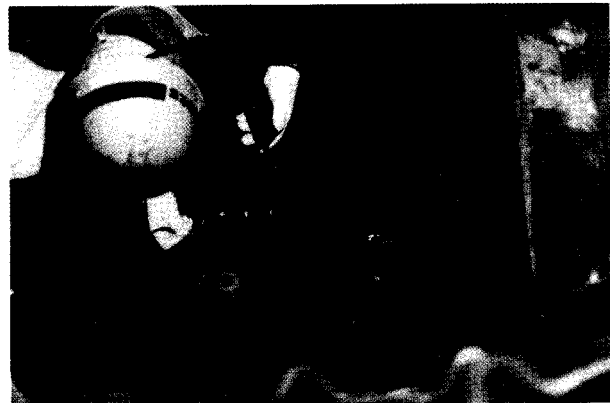


写真4 超音波厚さ計による残存管厚測定

測定の結果、管路の一部でポンプ停止時に気相が存在する事が分かり、その区間については硫化水素腐食に対し十分な耐食性を有する内面エポキシ樹脂粉体塗装のダクタイル鋳鉄管に更新する事となった。また、管厚測定の結果では、全管とも腐食減肉部分は認められなかった。

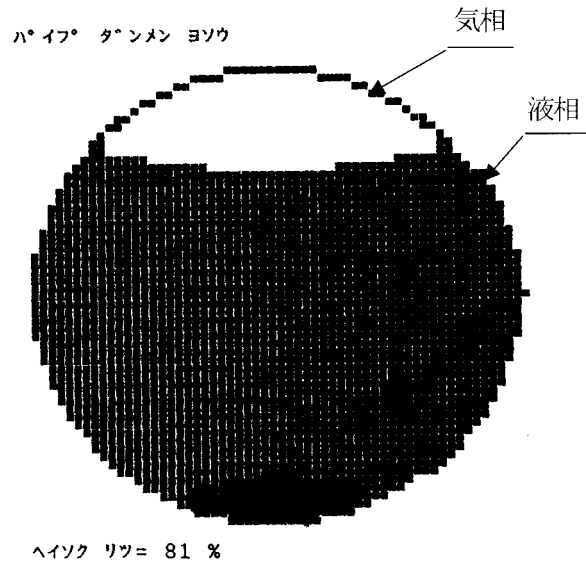
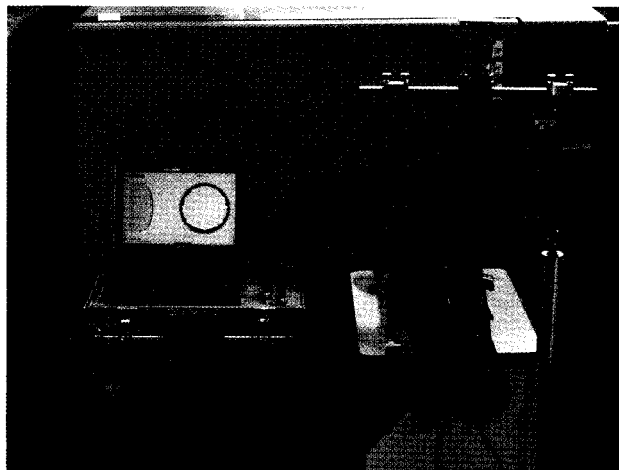


図6 スケールチェッカーによる管内気相部の状態



## (事例-2) 室内調査

- ・呼び径：φ300
- ・管種：K形ダクトイル鋳鉄管
- ・用途：汚泥濃縮設備生汚泥管
- ・調査内容：管内面からの腐食による漏水事故が発生したため、事故管を管路より撤去し、室内調査（モルタルライニング中性化試験、管体腐食量調査、管体の材質試験）を行った。

調査の結果、管内面の上部のモルタルライニングがほとんど侵食されており、特に管横部が激しく腐食していた。

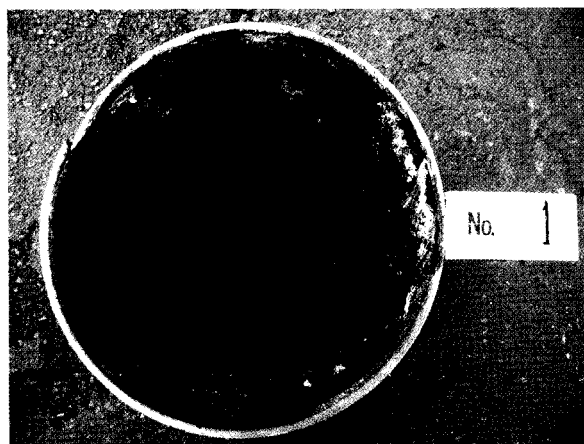


写真6 モルタルライニングの状況

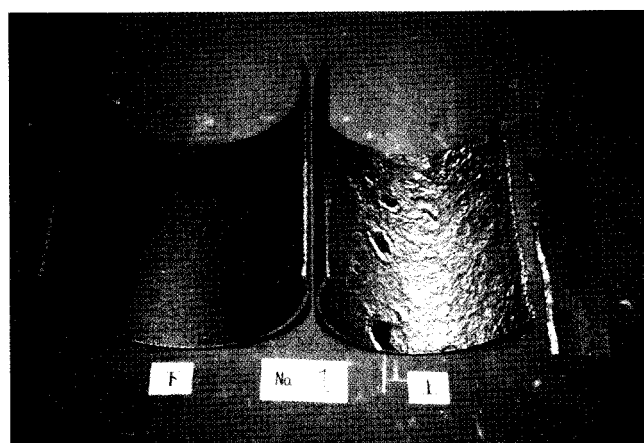


写真7 管内面腐食状況

管内面の付着物の状況、ならびに運転状況が間欠運転であったことから、管内に気相部が存在し、硫化水素の発生による腐食が生じたものと推察された。なお、調査管の撤去後には、硫化水素腐食に対して十分な耐食性の確認された内面エポキシ樹脂粉体塗装のダクトイル鋳鉄管が採用された。

### (事例-3) 室内調査

- ・呼び径：φ250
- ・管種：T形ダクタイル鋳鉄管
- ・用途：汚水圧送管（供用期間：約9年）
- ・調査内容：移設工事に伴い管を彫り上げたところ、内面モルタルライニングが腐食で無くなり鉄部が露出していた。この管の内面には気相が存在したため腐食に至ったものと推察された。内面腐食の発生範囲を把握するため、同管路で管内に気相が存在していない(満水状態)と考えられる地点より管を採取し、内面の腐食状況の調査を行った。

調査の結果、もらい錆の付着は認められるものの、内面のモルタルライニングには中性化の進行は認められず、モルタルライニング自体は健全な状態を保っていた。

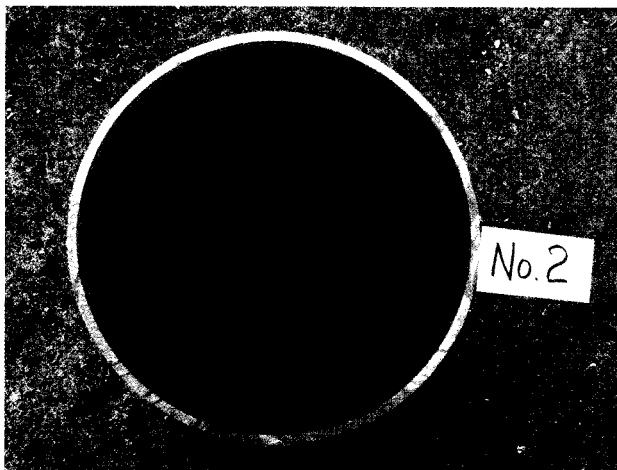


写真6 モルタルライニングの状況

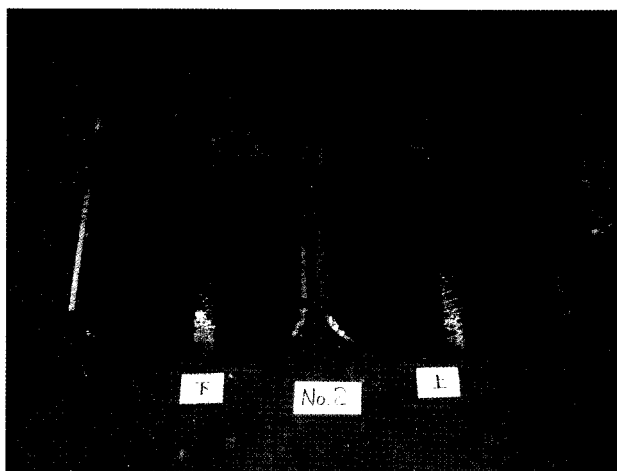
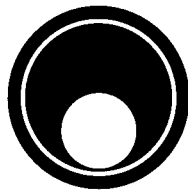


写真7 モルタルライニング表面の状況

満水状態の場所であれば、内面モルタルライニング管で十分に供用に耐えることが確認できた。



## **下水道圧送管路研究会**

事務局：〒103-8310 東京都中央区日本橋室町3-1-3  
(株)クボタ東京本社内)

**TEL.03-3245-3096**

**FAX.03-3245-3186**

**<http://www.assouken.gr.jp/>**