

## 供内管腐食対策ガイドライン（改訂版）

# は し が き

通商産業省（現 経済産業省）は、埋設導管の健全度を評価し的確かつ効率的な対応策を事前に講じていくための技術的な検討を行い、具体的なガイドラインを確立すべく、供給管・内管の維持管理対策についての調査・研究を昭和 58 年から昭和 59 年にかけて(社)日本ガス協会に委託し、同協会では「供内管維持管理対策調査準備委員会」(58 年度)、「供内管維持管理調査委員会及び同専門員会」(59 年度)において調査研究を行った。

委員会において検討の結果、社会的にも関心が高く、技術的にも検討を要する既設供内管の腐食漏えい予防対策に関するガイドラインを作成するに至り、昭和 60 年 11 月に「供内管腐食対策ガイドライン」(以下「本ガイドライン」という。)が作成された。

本ガイドラインに基づき、ガス事業者は鋭意、腐食漏えい予防対策を進めてきた中で、導管情報が整備され、これをベースにマッピングシステム等が開発・導入され、対策優先順位付けの考え方についても、ガス事業者自らが本ガイドラインの考えた方をベースにした発展的な優先順位付けを実施し、改善を進めてきた。

また、一般腐食対策として、新たな更生修理工法の開発や導入が進められ、更には、(社)日本ガス協会が更生修理工法技術研究会を設置し、更生修理工法の長期耐久性に関する技術評価等を行い、通達(60 資公部第 397)に基づき組織された「ガス導管更生修理工法評価委員会」(平成 19 年 2 月、10 月)において評価基準年数の延伸等について承認を得た。

本ガイドラインは、制定から約 20 年が経過しており、前述のような技術進展、新たな知見等の反映が求められ、現在業界として取り組んでいる一般腐食対策について、以下の内容を追加した追補版を作成することとした。

- (1) 供内管情報のマッピング等によるシステム管理
- (2) リスクマネジメントの考え方を取り入れた一般腐食対策の進め方
- (3) 「ガス導管更生修理工法評価委員会」(平成 19 年 2 月、10 月)にて、承認された更生修理工法に関する新たな知見
- (4) 適用範囲に、昭和 56 年 8 月以前に設置されたもので通達「供給管及び内管の腐食の防止について」(56 資公部第 331 号)の内容を満足しないもの以外の施行規則第 111 条様式第 58 で規定された腐食劣化対策導管を追加。

今回のガイドラインは、本ガイドラインの項目を追補版として編集しており、ガス事業者が更なる効果的な腐食漏えい予防対策を推進できるよう期待する。

# 第1章 本ガイドラインの目的と概要

## 1.1 目的

本ガイドラインは、ガス事業者が従来から実施している既設の供給管及び内管（以下「供内管」という。）の腐食漏えい予防対策が、さらに効果的に推進されるために必要な技術的事項（供内管情報の収集・管理方法、供内管の評価方法及び対策工法の適用等）を定め、もって保安の向上に資することを目的とする。

### 〔解説〕

- (1) 本ガイドラインでは、既設供内管の腐食漏えい予防対策を効果的に推進するため供内管に関する諸情報（設備情報、埋設環境情報、故障情報）を体系的に整備し、これらの情報をもとに供内管の状態を適切な尺度で評価することにより、腐食漏えい予防対策の必要性の有無の判断及び対策実施の優先順位付けを行い、対策工法の効果的な適用を考慮した合理的な漏えい予防対策を策定するための方法、さらに、更生修理工法の開発及び評価に際しての考え方、方法を示している。
- (2) 供内管の評価及び優先順位付けの考え方は、全国から収集した故障事例等の調査と、代表的な管種について実施した管体調査の結果及び文献調査等を基礎として作成したものである（参考資料 .1 参照）。さらに、一般腐食対策の優先順位付けの考え方については、リスクマネジメントの考え方を取り入れ、腐食漏えいによる事故の発生し易さ、事故発生時の影響度を考慮した作成方法を示した。
- (3) 対策工法のうち更生修理工法については、腐食漏えい予防工法として要求される特性の検討とともに、種々の工法に関してその性能を把握するための試験を実施し、これらの結果をベースとして工法の評価方法及び適用方法等を示した。（参考資料 .3 参照）。

また、流電陽極法に関しては、種々の建物、配管状況等において流電陽極法を施工し、効果の確認試験を行い、その結果及び文献調査結果等をベースとして、その適用方法、施工方法及び効果の確認方法等を示した（参考資料 .2 参照）。

- (4) ガス事業者は、管理する供内管の管種、埋設年、故障実績等や周囲の環境等に応じて従来より必要な腐食漏えい予防対策を講じてきたところであるが、本ガイドラインの活用によりその対策をさらに効果的に推進し、一層の保安向上を図ることが望まれる。

## 1.2 適用範囲

埋設された低圧の供内管のうち，経時的な腐食の進行に伴い，漏えいが発生する可能性のあるものの腐食漏えい予防対策に対して適用する。

### 〔解説〕

- (1) 上記供内管は，ガス事業法施行規則第 111 条様式第 58 条で定義されている腐食劣化対策導管（埋設されている鋼管であって塗覆装を講じていないもの（白管・黒管）及びアスファルトジュート巻管）をいい，その改善実施状況について国への報告が義務化されている。
- (2) 既設供内管の 99% 以上は，低圧鋼管であり，また腐食は殆どの場合土中埋設部で発生しているため，この部分の腐食対策を適切に実施することが保安の向上を図るうえで重要であるとの観点より，本ガイドラインの適用範囲を上記のように定めた。
- (3) 白ガス管は，鋼管表面に垂鉛メッキによる防食措置を施した管で，強度，耐食性に優れた管として昭和 20 年代後半に開発され，昭和 50 年代頃まで埋設部の配管材料として使用されていた。現在では，プラスチック被覆鋼管やポリエチレン管が開発されたことにより，新規の埋設部には使用されていない。ただし，水分等に恒常的に接触することのない場合においては殆ど腐食が進行しないので，現在でも露出配管部分では使用されている。
- (4) 黒ガス管は，鋼管表面にメッキによる防食措置を施していない管であり，埋設部では昭和初期まで使用されていたもので，現在では新規に使用されていない。
- (5) アスファルトジュート巻管は，鋼管の上にジュート（麻）を巻き，アスファルトで防水処理を施して腐食に強い埋設管として使用されてきた。現在では，プラスチック被覆鋼管やポリエチレン管が開発されたことにより，新規には使用されていない。
- (6) 本ガイドラインにおいては他工事や不等沈下による折損等及び継手もれ等に対する対策は述べていないが，これらについては，既に標準化されている方策に則った的確な対応が重要である。

### 1.3 本ガイドラインの構成

供内管の腐食漏えい予防対策を効果的に実施するために必要な情報管理について第2章で、対策の具体的な考え方及び手法について第3章の3.1、3.2及び3.3で記述する。腐食漏えい予防対策工法のうち、流電陽極法及び更生修理工法について第3章3.4で、さらに今後開発される更生修理工法の評価方法について第4章で記述する。

#### 〔解説〕

(1) 次章以降の概要は以下の通りである。

#### 第2章 供内管情報の管理

供内管の腐食漏えい予防対策を実施するために必要な3種類の情報

設備情報

埋設環境情報

故障情報

のそれぞれに対し情報の整備方法、管理方法及び活用方法の概要。

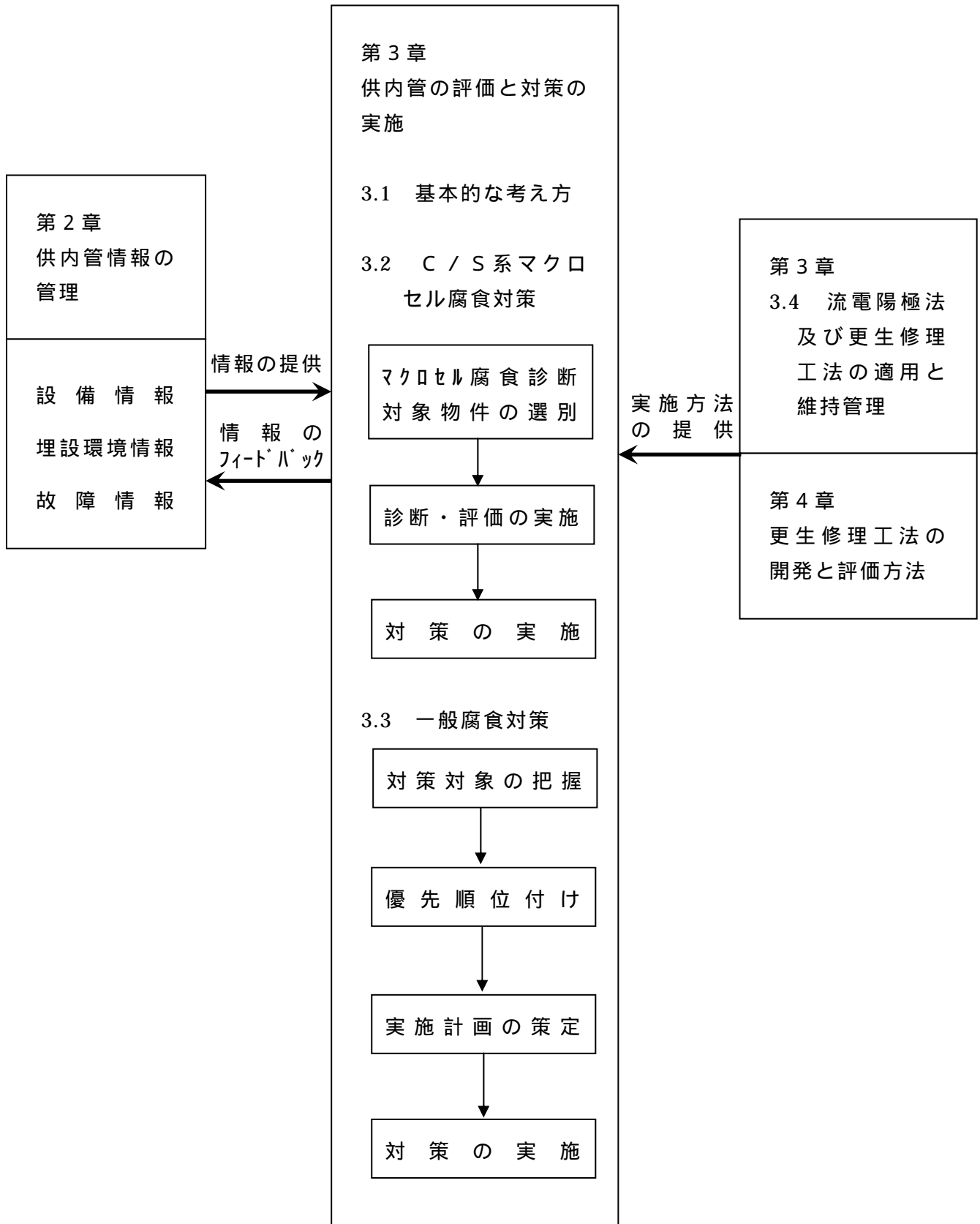
#### 第3章 供内管の評価と対策の実施

コンクリート/土壌系マクロセル(C/S系マクロセル)腐食及び一般腐食対策に関する基本的な考え方及び各々に対する診断・評価から対策の実施に至るまでの手順、さらに腐食漏えい予防対策のうち、流電陽極法及び更生修理工法について、その適用並びに維持管理に関する考え方。

#### 第4章 更生修理工法の開発と評価方法

今後新たに開発される更生修理工法を腐食漏えい予防対策に適用する場合に評価すべき項目及び評価方法。

(2) 下図に各章間の関連を示す。



## 1.4 用語の定義

本ガイドラインで使用する用語の定義は以下による。

### (1) 供内管

道路に平行して埋設されている本支管より需要家に直接ガスを供給するために分岐される導管，即ち一般道路部分の供給管及び需要家敷地内の内管をあらわしたものを。

### (2) コンクリート/土壌系マクロセル腐食（C/S系マクロセル腐食）

鉄筋コンクリート建物等の鉄筋と供内管が直接又は他の金属を介して接触し，両者間に存する電位差によって形成される一種の電池（マクロセル）作用に起因して発生する腐食。

### (3) 一般腐食

C/S系マクロセル腐食以外の腐食，すなわち供内管と土壌環境との関係によって発生する腐食（迷走電流による腐食（電食）を除く。）の総称。

### (4) 鉄筋コンクリート建物等

鉄筋コンクリート造り建物，鉄骨鉄筋コンクリート造り建物及び基礎に鉄筋コンクリートを用いた鉄骨造り建物の総称。

### (5) 木造建物等

鉄筋コンクリート建物等以外の建物の総称。

### (6) 建物区分

通商産業省告示第461号に基づき，建物をその保安上の重要性から11の区分に分類したものを。

区分 No.	区 分	保安上の優先順位
1	特定地下街等	1
2	特定地下室等	2
3	超高層建物	3
4	高層建物	5
5	特定大規模建物	4
6	特定中規模建物	6
7	特定公共用建物	7
8	工業用建物	8
9	一般業務用建物	9
10	一般集合住宅	10
11	一般住宅	11

(7) (腐食の)判断

土壌比抵抗や管対地電位等の環境因子を測定し、これらの環境因子及び埋設経過年と管体の最大腐食深さとの相関関係を表わす式(推定式)により、最大腐食深さを推定する方法(非掘削診断)又は掘削して管体を露出させ、掘削箇所での最大腐食深さを測定する方法(掘削診断)による最大腐食深さの推定。

(8) 流電陽極法

マグネシウム、亜鉛などの電位の低い金属を供内管と接続し、供内管との間に一種の電池を形成させ、これらの金属から流出する電流(防食電流)によって供内管を防食する方法。

(9) 更生修理工法

プラスチック、ゴム、繊維、接着剤などの主として高分子材料を既設供内管の内面に装着、塗布することによって、既設供内管の気密性を維持・向上させる工法。

(10) 供内管の腐食状況を定量的に示すために使用する用語。

最大腐食深さ：1本の供内管のうちで、腐食による肉厚の減少が最も著しい箇所の腐食深さ。

腐食指数：最大腐食深さを管体の元の管厚(埋設する前の管厚)で割った値。腐食度区分の設定及びC/S系マクロセル腐食対策工法の選定のために使用。

腐食度区分：腐食指数と埋設経過年に基づき、C/S系マクロセル腐食対策の必要性の大小を判断するための区分。C/S系マクロセル腐食対策を実施するかどうかの判断及び対策の優先順位付けに使用。

腐食程度：土壌比抵抗と埋設経過年より推定した最大腐食深さによる供内管の腐食状況の程度。一般腐食対策対象の選別に使用

〔解説〕

(1) C/Sマクロセル腐食と一般腐食

土中に埋設された導管の腐食は、導管の表面で生ずる電気化学的反応、即ち導管の表面が陽極部と陰極部に分かれ、陽極部において鉄の溶出(腐食)が生ずる反応とされている。環境等の違いにより陽極部と陰極部が明確に分離される場合に生ずる腐食をマクロセル腐食といい、陽極部と陰極部が小さくしかも変動するため明確には分離できない場合の腐食をミクロセル腐食という。

現実の土壌中においては、マクロセル腐食又はミクロセル腐食が純粹に単独で進行することはなく、同時に進行していることが多いと考えられるが、管内の腐食の場合特に急速な腐食を生ずる可能性のあるのは、マクロセル腐食の内でもC/S系マクロセル腐食である。

C/S系マクロセル腐食以外のマクロセル腐食としては異種土壌、異種金属によるもの等があるが、管内のように短小でほぼ均一な材料を使用している場合には大きな腐食駆動力とはならず、また現象として明確にとらえることも困難である。

従って、本ガイドラインにおいては、腐食の種類を急速な腐食を引き起こす可能性があるC/S系マクロセル腐食と、その他の腐食（一般腐食）の2つに大別して考えることとした。

## (2) 建物構造

C/S系マクロセル腐食を発生する可能性があるかどうかの観点より、建物構造を鉄筋コンクリート建物等と木造建物等に大別した。

なお、基礎に鉄筋コンクリートを用いた鉄骨建物は、壁にコンクリートを用いていない場合であっても、基礎のコンクリート中の鉄筋と管内が、鉄骨を介して接触しC/S系マクロセル腐食を発生する可能性があるため、鉄筋コンクリート建物等を含めた。

一般腐食対策にあたっては、基礎に鉄筋コンクリートを用いていない鉄骨造、コンクリートブロック造等の建物は気密性が高いことから、鉄筋コンクリート建物等を含めるものとする。

## 1.5 関連法規

既設供内管の腐食漏えい予防対策を本ガイドラインによって講ずるにあたっては、関連する法規を遵守しなければならない。

### 〔解説〕

以下に主要な関連法規を示す。

法令名称	関連事項
ガス事業法令 同上施行規則 ガス工作物技術基準 (省令, 告示) 同上解釈例	供給約款, 保安規程, 導管材料, 接合方法, 構造, 試験方法, ガス供給施設の維持管理に関する事項
労働基準法 労働安全衛生法 同上施行例 労働安全衛生規則 電離放射線障害防止規則 酸素欠乏症等防止規則	工事についての安全基準及び衛生基準並びにガス工事現場 の責任者, 掘削作業, 土留支保工作業の主任者, アーク溶接 作業の従事者, 放射線業務の従事者, 酸素欠乏等危険場所 での作業の従事者に関する事項
建設業法	建設業を営む者の施行技術の確保, 請負工事を施工する時の 主任技術者及び監理技術者の設置に関する事項
消防法令 同上施行規則 火災予防条例	更生修理工法の材料が危険物に該当する場合は, 危険物の貯 蔵, 取扱いに関する事項
道路法令 同上施行規則 同上施行規則	道路の占用並びに掘削, 埋戻し, 復旧に関する基準及び制限 事項
河川法令 同上施行規則 河川管理施設等構造令	河川, 準用河川の流水敷, 堤防敷並びに付近地の占用及び掘 削の制限に関する事項

道路交通法令 同上施行	道路掘削及び道路上工事の交通上の制限・緊急自動車に関する事項
建設工事公衆災害防止 対策要綱	市街地で施工する建築工事，土木工事についての公衆の生命，身体，財産に関する危害及び迷惑を防止するために必要な計画，設計，施工の基準に関する事項
環境基本法 悪臭防止法 同上施行 同上施行規則 同上告示 騒音（振動）規制法 同上施行令 同上施行規則 同上告示	建設作業に伴って発生する悪臭，騒音，振動等の規制及びその他環境の保全に関する事項
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律 地すべり等防止法	指定区域内における占用並びに掘削に関する基準及び制限に関する事項
建設副産物適正処理 推進要綱	建設副産物（建設発生土と建設廃棄物）を発注者及び施工者が適正に処理するために必要な基準に関する事項
建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）	発注者及び受注者が，コンクリート，アスコン等の建設資材を適正に分別解体する事に関する事項
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	廃棄物の排出の抑制と分別，保管，収集，運搬，再生，処分等についての規制に関する事項
資源有効利用促進法（改正リサイクル法）	副産物や廃製品を開発，設計，使用の段階から再生資源として利用できるように努めることに関する事項
住宅の品質確保の促進等に関する法律	ガス配管の経路，工法及び都市ガス警報器の設置に関する事項

更生修理工法のうちでエポキシ樹脂を取り扱う場合には，労働省通達「エポキシ樹脂の硬化剤による健康障害の防止について」（昭和 51 年 6 月 5 日基発第 442 号及び昭和 51 年 6 月 23 日基発第 477 号の 2）を遵守しなければならない。

## 第2章 供内管情報の管理

### 2.1 供内管情報管理の基本的な考え方

供内管に関する情報（供内管情報）の管理は、供内管の腐食漏えい予防対策の必要性の判断及び対策実施の優先順位付け等に有効に活用できるように行なう。

供内管情報は、現在保有している既存の情報も含めて腐食漏えい予防対策を講ずるために有効なものを網羅すべきで、これを以下の分類で収集・管理することが望ましい。

(1) 設備情報

個々の建物の構造，建物区分及び当該建物に係る供内管の圧力，管種，口径，埋設年，設置場所等に関する情報。

(2) 埋設環境情報

計画的あるいは日常業務から得られる供内管の腐食の程度，電位等に関する情報及び土壌腐食性等の埋設環境に関する情報。

(3) 故障情報

供内管の故障発生時に得られる故障箇所，形態，原因等に関する情報。

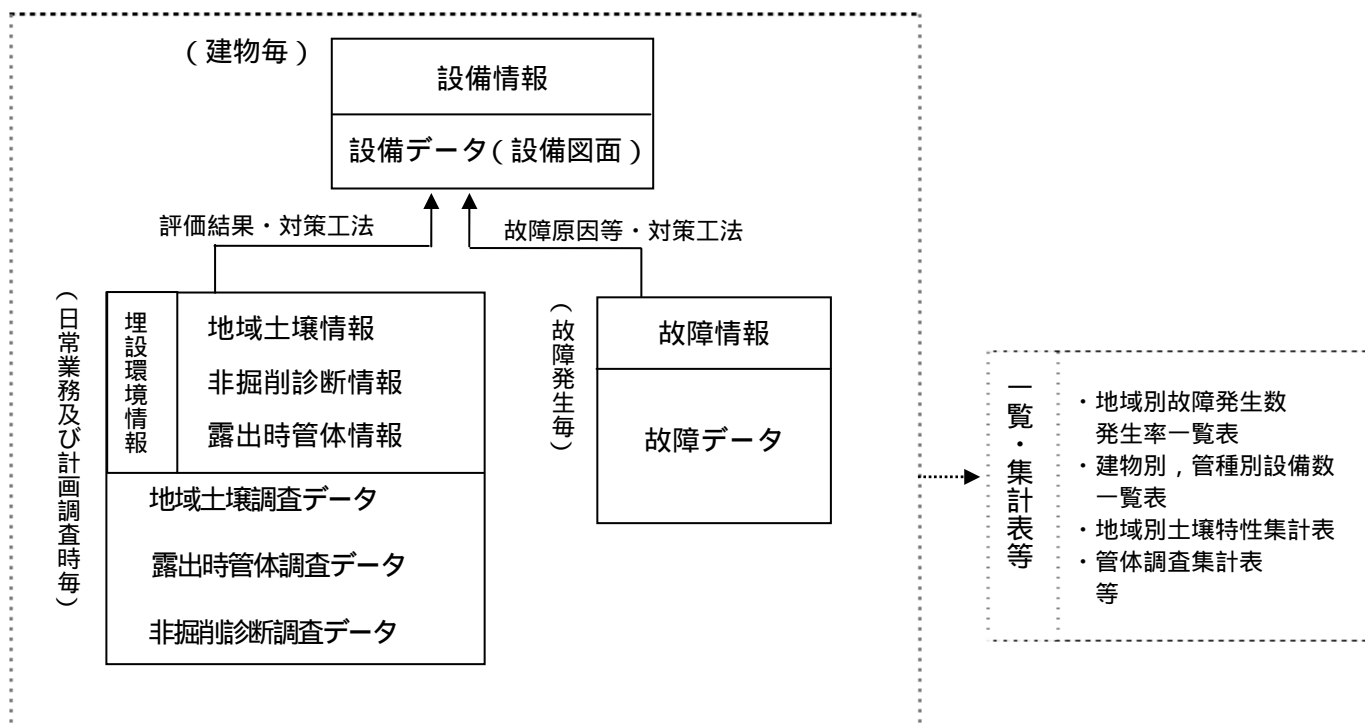
#### 〔解説〕

(1) 設備情報，埋設環境情報及び故障情報を有効に活用することにより，腐食漏えい予防対策を講ずる際に適切な診断方法，評価，対策の優先順位付け及び工法の選択等が可能となる。

(2) 設備情報はすべての建物毎に作成され，埋設環境情報，故障情報を総括する最も基本的な情報である。埋設環境情報や故障情報は，調査及び故障発生時のつど収集・整理された詳細な腐食に関する情報である。

また，個々の建物毎の情報内容は，検索・利用しやすいようにデータベース化しておくことが望ましい。

これら収集した情報の目的に応じた具体的な活用については，第3章で詳細に記述する。



(3) 供内管情報は、法定漏えい検査等の日常業務を通じて常時収集・整備されていることが基本である。現状において整備が不完全である場合には、既存情報を十分活用し、最も適切な形態・方法により、保安対策上必要度の高いものから計画的に収集・整備することが望ましい。また、本支管の導管情報として収集されたものについても、可能な場合には、供内管情報として活用することが有効である。

(4) 各々の情報には、適切な番号を付して効率的な活用を図るべきである。

本章で示す例では、

設備情報に関する番号として、建物番号（又は需要家番号）、設備図面番号

埋設環境情報に関する番号として、調査番号、エリア番号、本支管の導管等埋設図面番号

故障情報に関する番号として、故障番号（又は受付番号）

を用いており、各々の情報はキーとなる番号、すなわち建物番号（又は需要家番号）、により相互に関連付けられている。

(5) 供内管情報の管理（データベース化）については、以下の事項に留意する必要がある。

必要に応じて必要な情報が容易に検索・活用できるように整理すること。

情報の追加・修正が可能でかつ容易に条件抽出や集計ができること。

情報の適切な維持管理が行え、必要に応じて内容の更新が行えること。

(6) どのような情報がどのように腐食漏えい予防対策に活用できるかを、まとめて下表に示す。

情報の種類	収集方法	情報項目	管理方法	管理データ 図面等の名称	腐食対策に関する主な活用	
					C / S系 マクロセル 腐食対策	一般腐食 対策
設備情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工事完了時の竣工図書等</li> <li>・メーター情報, 各種台帳等</li> <li>・不明のものは現地調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建物構造, 建物区分等</li> <li>・供内管の圧力, 管種, 口径, 埋設年等</li> </ul>	建物毎 (又は需要家毎)	設備データ (参考例 2-1, 2-4) (参考例 2-2) 設備図面 (参考例 2-3)		
埋設環境情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画的に実施する非掘削調査</li> <li>・自社工事及び他工事等で管体が露出する機会に行なう管体調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域の面的な土壌の腐食性に関する情報(土壌比抵抗等)</li> <li>・個々の供内管の腐食状況に関する情報(非掘削診断データ, 管体調査データ等)</li> </ul>	建物毎 (又は需要家毎)	非掘削診断調査データ(参考例 2-6) 露出時管体調査データ (参考例 2-7)		
			地域毎	地域土壌調査データ(参考例 2-5) 埋設環境データ(参考例 2-8) 埋設環境図(参考例 2-9)		
故障情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>・修理工事時</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・故障した供内管の圧力, 管種, 口径, 埋設年等</li> <li>・故障箇所, 形態, 原因及び修理工法等</li> </ul>	建物毎 (又は需要家毎)	故障データ (参考例 2-9)		

(7) 本章においては、供内管の腐食漏えい予防対策に必要な情報を主眼として記述しているが、結果的には、供内管の維持管理に必要な情報をほぼ網羅している。

従って、本章で示す供内管情報は、供内管の腐食漏えい予防対策に活用できる他、新設時の適切な防食措置の選択(埋設環境情報、故障情報を活用)、漏えい検査や増設時の参考資料(設備情報を活用)としてなど、幅広い利用の可能性がある。

## 2.2 設備情報の収集と管理

### 2.2.1 設備情報項目

設備情報として収集・管理する項目には、次のものがある。この収集・管理は、建物毎（又は需要家毎）に行なうことが望ましい。

- (1) 建物（又は需要家）の所在地，名称（又は需要家名）等
- (2) 圧力
- (3) 管種
- (4) 口径
- (5) 埋設年
- (6) 建物構造
- (7) 建物区分
- (8) 建物用途
- (9) 建物下埋設配管状況
- (10) 腐食対策措置の種類及び施工年

#### 〔 解 説 〕

- (1) 設備情報は、建物毎に管理することが基本であるが、需要家毎に管理する場合は、建物との対応を明確にする必要がある。
- (2) 管種，口径，埋設年は，供給管及び内管毎に区分し，管種は材質及び塗覆装の種類により，鋳鉄管，鋼管（黒ガス管，白ガス管，アスファルトジュート巻鋼管，プラスチック被覆鋼管等），ポリエチレン管，その他に分類する。
- (3) 建物構造は，鉄筋コンクリート建物等，木造建物等に分類する。
- (4) 建物区分は，1～11 区分に区分される。
- (5) 建物用途は，建物区分を決定する要素となるとともに，劇場，飲食店，旅館，学校，病院，福祉施設，公共施設，工場，住宅など，その建物の主な目的をあらわす。
- (6) 配管が建物下にある場合は，漏えいしたガスが滞留しやすい為，優先順位付け要素として位置づけられているので情報収集し，管理することが望ましい。
- (7) 漏えい予防対策工法としての腐食対策措置は，管の取替え，更正修理工法，流電陽極法等に分類する。



参考例 2-2 (個別カード形式とした設備データの例)

設備データ							
住所情報	港区	虎ノ門	1丁目	15-12		エリア番号	2001
建物情報	建物番号	建物名称		建物構造	建物区分	特記事項	
	524	虎ノ門 マンション		1:鉄筋	10:集合	1975.1.23 A建設機施工	
供給管情報	圧力:低圧	管種:白ガス管		口径:50A	1975.1.23埋設	工事履歴:	
内管情報	圧力:低圧	管種:白ガス管		口径:50A	1975.1.23埋設	工事履歴:	
調査情報	調査番号	調査年月日		内 容		特記事項	
故障修理情報	故障番号	修理年月日		内 容		特記事項	
需要家情報	需要家番号	部屋番号・氏名		特記事項	< 備 考 >		
	2990	101号室 山田太郎		管理人			
	2991	102号室 小山次郎					
	2992	103号室 山川三郎					
	2993	104号室 山岡土郎					
	2994	105号室 太田伍郎					
	.....	.....					

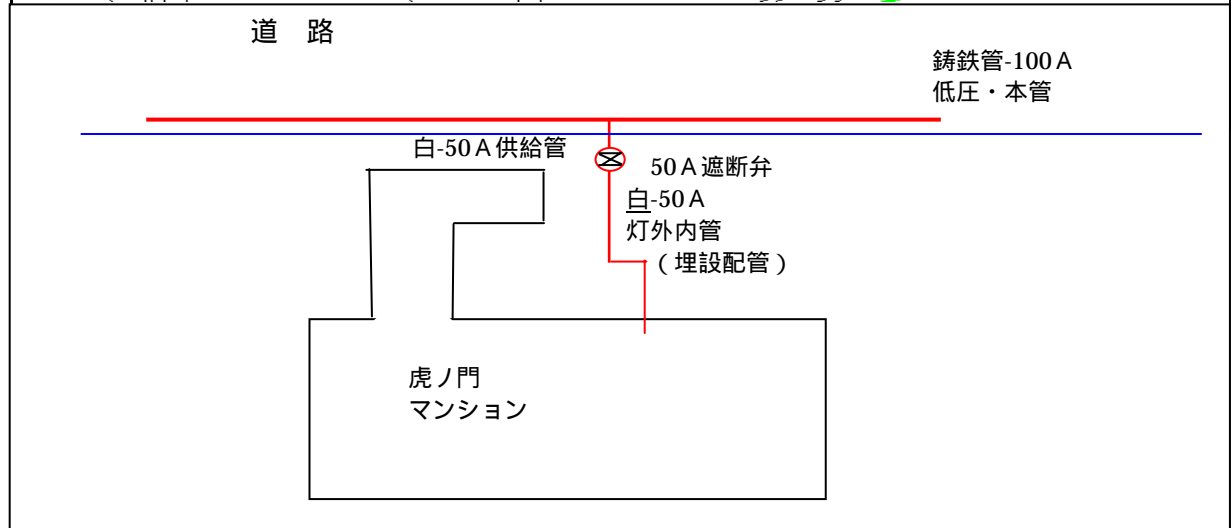
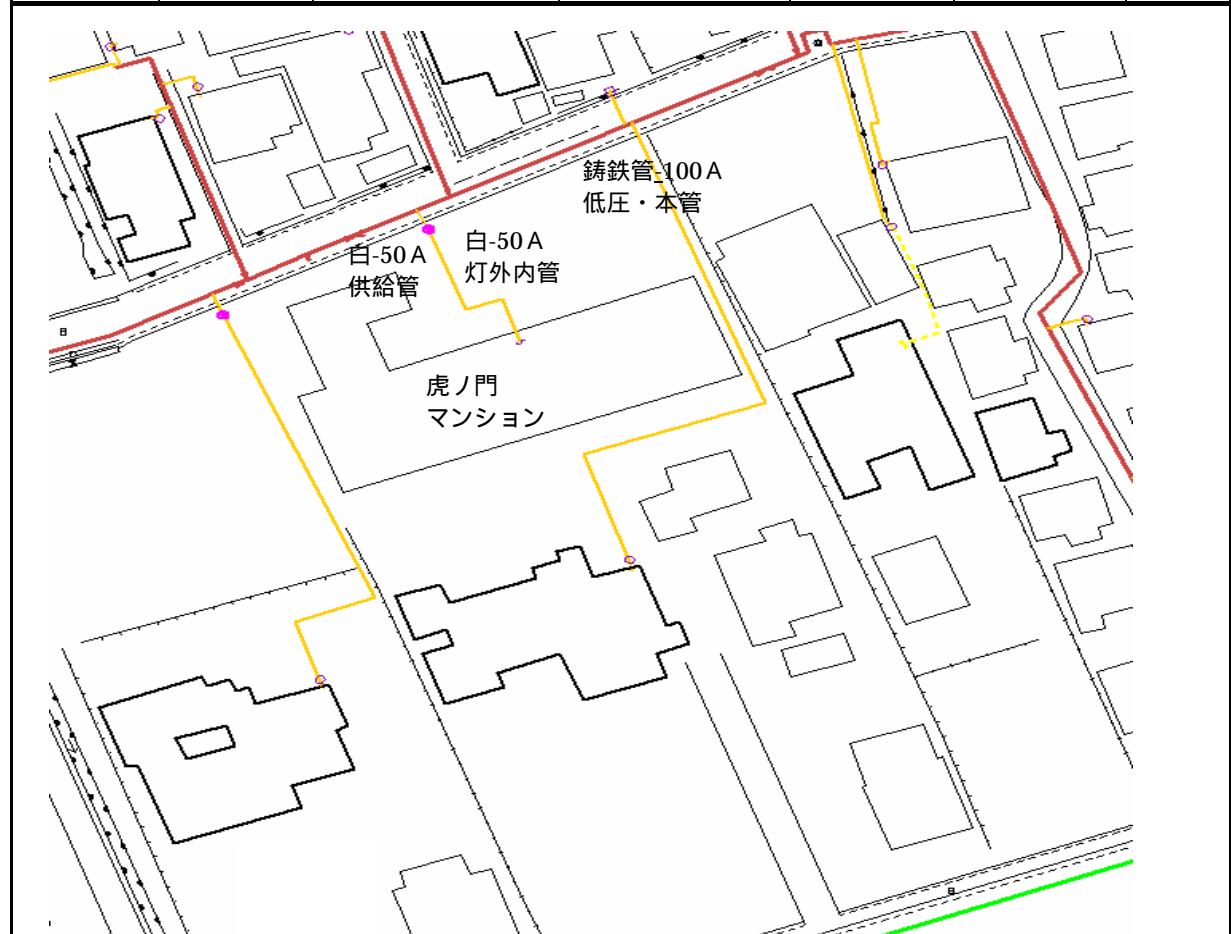
(4) 具体的な設備図面の例

設備図面には、本支管からの取出部以降の埋設供内管の経路等を明記する。設備図面は、マッピング等のシステムを用いて、データベース化しておくことが望ましい。

参考例 2-3 (設備図面例)

設備図面

図面番号	建物番号	建物名称	住所	建物構造	建物区分	備考
7-737	524	虎ノ門 マンション	港区虎ノ門 1丁目 15-12	1:鉄筋	10:集合住宅	





## 2.3 埋設環境情報の収集と管理

### 2.3.1 埋設環境情報の種類

埋設環境情報は、地域の土壌の腐食性及び個々の供内管の腐食状況の把握のために収集・管理するものであり、これには収集方法により次の3種類がある。

(1) 地域土壌情報

地域の面的な区分（エリア）毎の土壌の腐食性に関する情報であり、代表的な情報として土壌比抵抗がある。

(2) 非掘削診断情報

個別の供内管の管対地電位、土壌比抵抗、プローブ電流等に関する情報であり、主としてC/S系マクロセル腐食診断時に得られる。

(3) 露出時管体情報

供内管の腐食の状況、塗覆装の状況及び土質等から地域の土壌の腐食性を推定するための情報であり、主として自社工事、他工事等で管体が露出した機会をとらえて実施される管体調査によって得られるが、C/S系マクロセル腐食の詳細調査等のための掘削診断によっても得られる。

〔解説〕

- (1) エリアの分けは、行政区又は1/500導管図のメッシュ毎等の管理が容易な区分を単位とし、同一エリア内では土壌の腐食性がほぼ同一となるように、土壌の腐食性に影響する地理的条件（造成地、河川流域、埋立地等）や地質図等も参考にして決定することが望ましい。なお、各エリア毎に番号（エリア番号）をつけておくと管理が容易になる。
- (2) 地域土壌情報は、エリア毎の情報を収集することによって得られ、各エリアの土壌腐食性の評価に最も適している。非掘削診断情報および露出時管体情報は直接的には個々の管体の腐食状況に関する情報であるが、これらを多く収集し、エリア毎に整理することによって、地域土壌情報と同様にエリア毎の土壌腐食性の評価に活用できる。

### 2.3.2 埋設環境情報収集

埋設環境情報のうち、地域土壌情報又は非掘削診断情報の収集は、非掘削で行い、露出時管体情報の収集は、自社工事、他工事又はC/S系マクロセル腐食の掘削診断等のため管が露出した機会に行う。

収集された情報は、あらかじめ定めた様式に記録する。

#### 〔解説〕

- (1) 地域土壌情報のうち特に重要な項目としては土壌比抵抗がある。情報は、次に示す例のようにエリア毎に必要な応じて収集し、地域土壌調査データに入力する。

#### 参考例 2-5 (地域土壌調査データの例)

##### 地域土壌調査データ

エリア番号	エ リ ア 名	調査年月日
2001	港区虎ノ門	1984.9.20

調査番号	場 所	土壌比抵抗	その他	本支管導管図番号	備 考
1-18	2丁目25 宅前	5,200 ・ cm		35149	歩道(深さ0.5m)

例えば土質、腐食電位等がある。

- (2) 非掘削診断情報は、計画的に建物毎(又は需要家毎)に収集する。主な調査項目として、管対地電位、土壌比抵抗、腐食電位、プローブ電流がある。

参考例 2-6 ( 非掘削診断調査データ )

C / S系マクロセル腐食診断調査データ

調査 番号	2-62	建物番号 (需要家番号)	524 (2990)	建物名 (需要家名)	虎ノ門 マンション	所在地	港区虎ノ門1丁 目15-12		
調査 年月日	1984 10.1	本支管 導管図番号	35148	圧力	埋設年	備 考			
				低圧	1975	建物外壁を地中にて貫通			
調査 番号	管種	口径	絶縁継手 の有無	測定点	漏えい の有無	管対地 電 位 (mV)	土壌比 抵抗 ( $\cdot$ cm)	埋設後 の経過 年(年)	評価結果
1	白ガス管	50A	無		無	-350	3,200	9	C
					"	-450	2,000	9	
対策措置：絶縁 - 流電陽極法									
備 考									
診 断：評価結果及び対策措置の詳細については、( )に保管済。									

- (3) 露出時管体情報は建物毎(又は需要家毎)に収集する。主な調査項目としては、管種と塗覆装の状態、管体の腐食の状況や腐食の部位、又は周囲の土質の湧水等がある。調査データの例を示す。

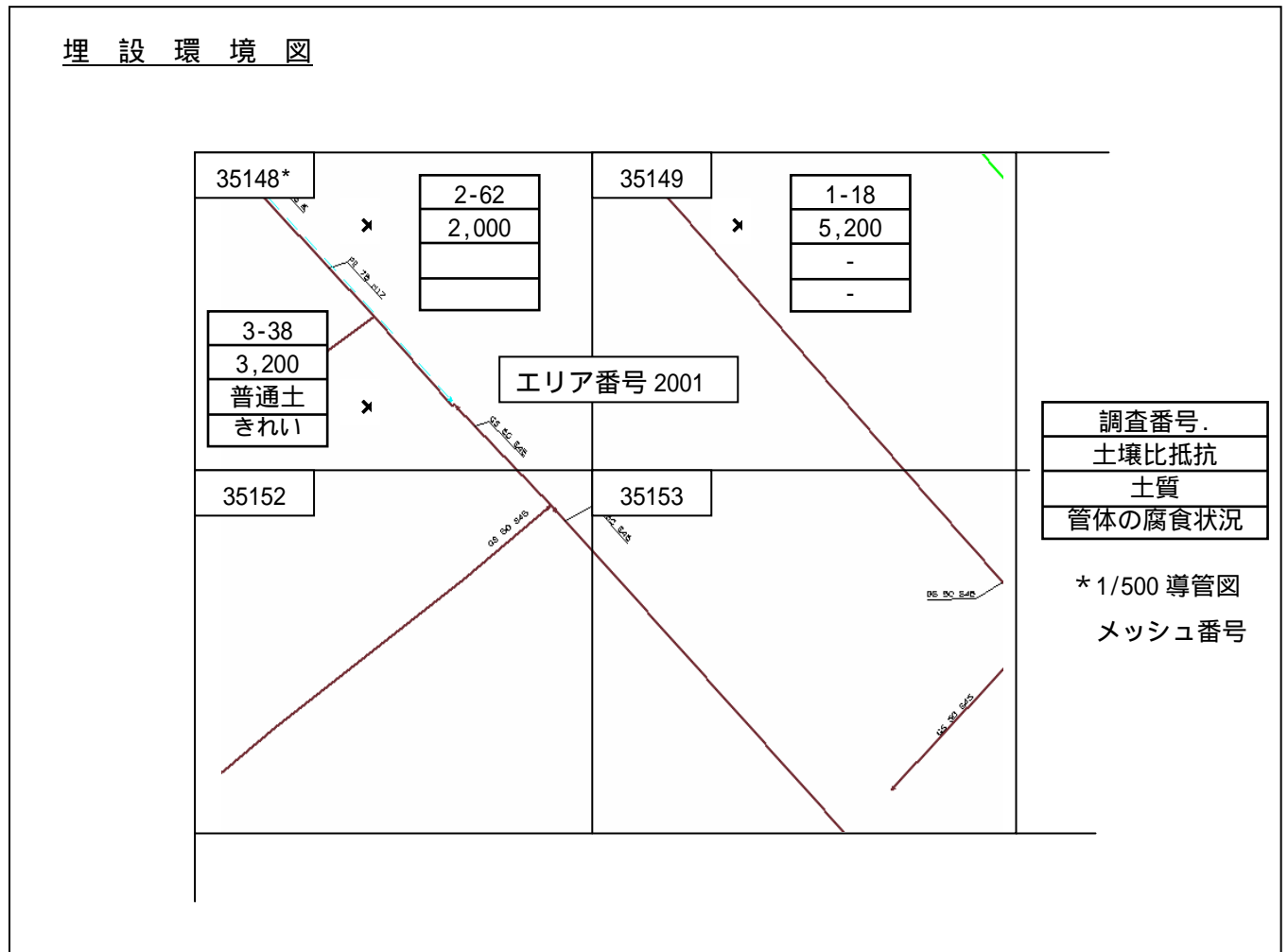
参考例 2-7 ( 露出時管体調査データの例 )

露出時管体調査データ

調査 番号	3-38	建物番号 (需要家番号)	9861 (1035)	建物名 (需要家名)	ビル	所在地	港区虎ノ門1丁 目10-30	
調査 年月日	1984 9.1	本支管 導管図番号	35148	調査位置 供給管・内管	圧力 低圧	管種 ショット巻管	口径 80A	埋設年 1965
塗覆装の状況	(良好) 少し劣化・悪い							
管体の腐食状況	(きれい)・凹凸あり なし・さびこぶあり なし							
土質	粘土	(普通土)	砂	山土	湧水	(なし)	土が湿っている程度	少しあり あり
備考 <ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌比抵抗：3,200 ・cm</li> <li>・水道工事により露出</li> <li>・現場状況写真</li> </ul>								



参考例 2-9 (埋設環境図の例)



(注) 例えば、土壌比抵抗が 2000  $\cdot$ cm 以下の地域を赤で色分けするなどしておくとう便利である。

- (2) 非掘削診断情報及び露出時管体情報に基づく個々の管内管の調査結果は、対策実施後の経過状況の把握や維持管理等に利用しやすいように、エリア別又は行政区別等に調査データを整理し、管理することが望ましい。

## 2.4 故障情報の収集と管理

### 2.4.1 故障情報項目

故障情報として、個々の故障毎に収集し管理する項目は、次のものがある。

- (1) 建物（又は需要家）の所在地，名称（需要家名）等
- (2) 圧力
- (3) 管種
- (4) 口径
- (5) 埋設年
- (6) 建物構造（鉄筋コンクリート建物等，木造建物等）
- (7) 建物区分
- (8) 故障発生年月日
- (9) 管区分（供給管，灯外内管，灯内内管等）
- (10) 部位（管本体，継手部等）
- (11) 故障箇所（屋外埋設管，屋外露出部，屋内埋設管，屋内露出部，厨房，浴室等）
- (12) 故障形態（腐食，亀裂・破損，継手ゆるみ等）
- (13) 故障原因（自然劣化，他工事，自然現象，ガス工作物の不備，地盤の不等沈下，交通量の激化等）
- (14) 修理工法

#### 〔解説〕

- (1) 「(1)建物（又は需要家）の所在地，名称（需要家名）等から（7）建物区分」までは，設備情報と共通するものであり，このうち「(1)建物（又は需要家）の所在地，名称（需要家名）等」は，故障情報と設備情報を結合させるための項目となる。また，「(2)圧力から（7）建物区分」までは，各種の故障分析を行う場合に必要なものである。
- (2) 「(8)故障発生年月日から（13）故障原因（自然劣化，他工事，自然現象，ガス工作物の不備，地盤の不等沈下，交通量の激化等）」までは，どのような原因で，どのような箇所に，どのような形態の故障が，埋設後どのくらいの期間で発生したかを把握することを目的とする。ま

た、「(14)修理工法」は、故障時の措置結果を知るための項目とする。

## 2.4.2 故障情報の収集と管理

故障情報の収集と管理は、管内に故障が発生し、修理を行うつど、修理伝票等から故障情報を収集し、あらかじめ定められた様式に記録する。

〔解説〕

(1) 故障情報を収集・管理する場合は、次の要領で行うことが望ましい。

必要な故障情報がもれなく修理伝票等から入力できるような一覧性のある故障データを作成する。修理工法欄は、各事業者の標準的な修理工法に応じて分類する。

参考例 2-10 (故障データの例)

故 障 デ ー タ										
						発生年月日	1984/1/9			
港区	虎ノ門	1丁目	15	12	虎ノ門 マンション	様				
故障番号	84-1		建物番号 (需要家番号)			524 (2990)				
圧力	低圧	管種	白ガス管	口径	50A	埋設年	1975			
建物構造	鉄筋コンクリート			建物区分	集合住宅					
管区分	供給管	部位	管本体	故障箇所	屋外埋設管					
故障形態	腐食	故障原因	自然劣化	修理工法	取替					
故障時の内容・修理結果										
供給管白ガス管腐食のため、PE50Aに取替。										

法定漏えい検査等で得られた故障情報を故障データに入力するとともに、故障の概要及び故障番号を設備データに入力する。

故障情報をデータベース化し、設備情報と結び付けておくと、故障状況を把握する場合に便利である。

## 第3章 供内管の評価と対策の実施

### 3.1 基本的考え方

供内管の腐食漏えい予防対策は、建物構造、建物区分、供内管の埋設経過年、管種、土壤環境等を総合的に勘案して行うが、まず主たる腐食原因により、C/S系マクロセル腐食対策と一般腐食対策に大別して以下の考え方で実施することが効果的である。

- (1) C/S系マクロセル腐食対策は、この対策のとられていない鉄筋コンクリート建物等に係る供内管のうち比較的埋設経過年数が短いもの（20年程度以下）に対し、個別にC/S系マクロセル腐食及び一般腐食の両方を勘案した診断・評価を行い、その結果に基づき必要な対策を講じ対策を完結することを基本とする。
- (2) 一般腐食対策については、供内管情報から腐食漏えい発生の可能性や漏えい発生時の影響度による対策の優先順位を定め、中・長期的な対策による総費用とリスク低減の程度を検討した上で、対策の実施時期、対策数量等に関する実施計画を策定する。対策の実施は、供内管をまとめて評価し必要な対策を講ずることを基本とし、需要家等の理解に基づいて行う。  
また、実施計画は適切な間隔で見直し、必要に応じて修正することが必要である。

#### 〔解説〕

- (1) C/S系マクロセル腐食は、一般腐食に比較すると通常その腐食速度が速いため腐食による漏えいが発生した場合の危険度や社会的影響が大きい。また、腐食のメカニズムもC/S系マクロセル腐食と一般腐食では異なるため、主たる腐食原因によりC/S系マクロセル腐食と一般腐食に大別して対策を講ずることとした。
- (2) C/Sマクロセル腐食は、建物と供内管との構造的関係によって発生するものであり、その診断・評価は個々の供内管毎に行う必要がある。これに対し一般腐食は、供内管と土壤環境との関係によって発生するものであるから、土壤環境の似通った地域に埋設された同一管種の供内管は、ほぼ同じような腐食傾向を示すと考えられる。従って、前者は個別に診断・評価を基本とし、後者は地域の土壤環境や供内管の埋設経過年、管種、口径等による評価に加えて、建物構造等の条件による事故の発生可能性及び影響度から、優先順位を定めて対策を実施すること

を基本とした。なお、内管は需要家等の資産であるため、需要家等に対策の必要性等の理解を得た上で対策を実施する。

- (3) 主たる腐食原因がC / S系マクロセル腐食であると判断された場合であっても、同時に一般腐食も進行していると考えられるため、対策は両者を同時に考慮して行うこととした。従って、C / S系マクロセル腐食対策とは、この対策のとられていない鉄筋コンクリート建物等に係る供内管の総合的な腐食対策といえる。

なお、鉄筋コンクリート系建物等に係る供内管であっても、埋設後長期間（20年程度以上）を経過したものは、C / S系マクロセル腐食の影響は小さいと考えられるため、一般腐食対策のみを考慮することとした。

### 3.3 一般腐食対策

#### 3.3.1 一般腐食対策の進め方

供内管の一般腐食対策は、次の考え方により計画的に実施することが効果的である。

- (1) 供内管の設備情報、埋設環境情報、故障情報等を整備し、腐食漏えい発生の可能性や、漏えい発生時の影響度等を勘案して対策の優先順位付けを行う。
- (2) 中・長期的に対策を行う総費用とリスク低減の程度を合わせて検討し、対策の実施時期、対策数量等の計画を策定する。
- (3) 対策を進めるに当たっては、供内管および建物の状況に応じた効果的かつ経済性の高い工法を適用する。なお、内管については需要家等の資産であることから、需要家等の理解に基づき、その申し込みによって取替え等の対策を実施する。
- (4) 対策の進捗状況は定期的に把握し、計画の有効性について評価・検証を行い、必要に応じて見直しを行う。

なお、上記に示した、方針、計画策定、実施、有効性評価、改善について、意思決定のプロセスを含めた計画全体が有効に機能するような組織体制を構築し、維持することが望ましい。

#### 〔解説〕

##### (1) 一般腐食対策の必要性

土中における鋼の腐食は、その埋設環境によって支配される。腐食漏えい予防対策が施されていない埋設供内管は、その埋設経過年とともに腐食が進行し漏えいに至るため、事故防止の観点から事前の対策が重要なものとなる。

##### (2) 実施計画の策定及び実施後の効果の検証

一般腐食対策の実施計画は、長期的な予測に基づき、中期ならびに短期的に実施する具体的な計画を策定する。計画実施後は定期的に、腐食漏えい発生状況、腐食漏えい修理費及び予防保全投資費用を評価すること等による計画の有効性を検証し、必要に応じて計画の見直しを行う。

##### (3) 計画実施体制とリスクマネジメント

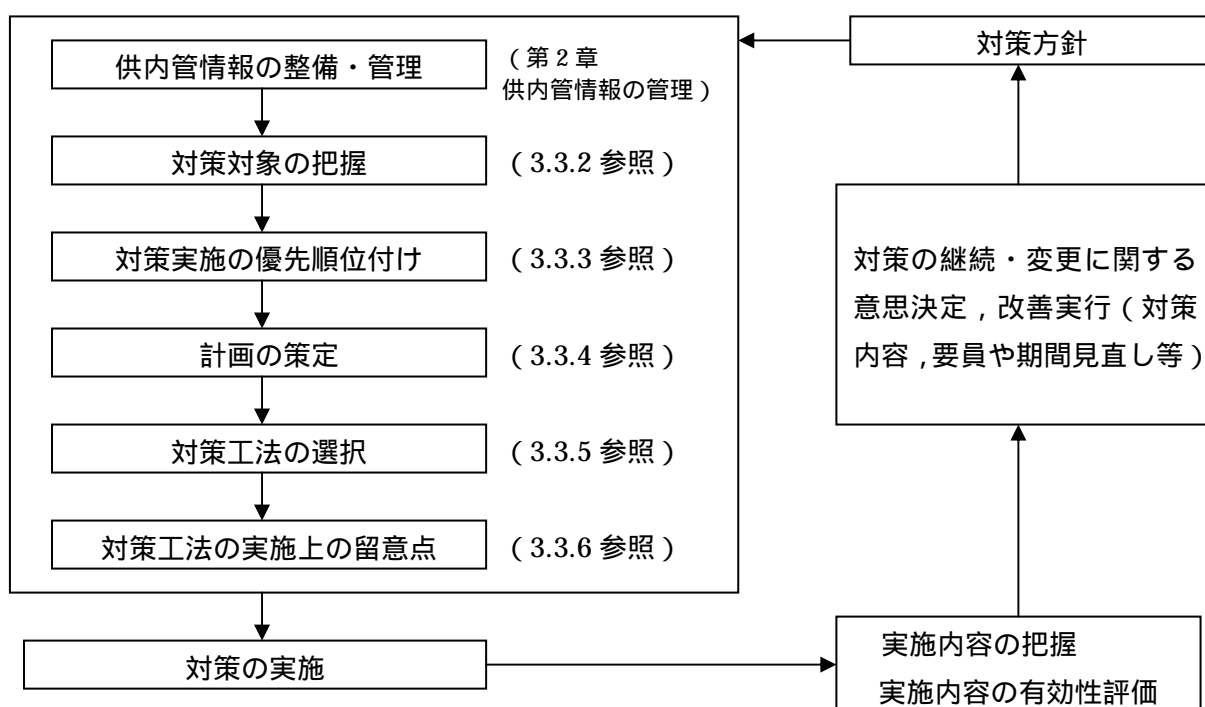
一般腐食対策は、埋設管の経時変化による腐食漏えいの可能性や漏えい発生時の影響度を踏まえたリスク対策として、対策の優先順位も含めた計画を策定し、長期にわたり継続的改善を行い

ながら実行していくべきものである。従って、計画を適切に実行するためには、計画の方針決定や対策内容の検証等について、リスク管理（マネジメント）を実行する組織体制を整備することが有効である。

リスクマネジメントについては JIS 規格（JIS Q 2001）にて規格化されている。組織が適切なリスクマネジメントを確立し充実させ、リスクに適正に対応できるようにしていくため、必要な原則及び要素を提供しているので参考にすると良い。

#### (4) 業務フローについて

標準的な一般腐食対策の業務フローについて下表に示す。



### 3.3.2 対策対象の把握

管内管の設備情報から対策対象を抽出し、設備情報、埋設環境情報、故障情報等を活用した識別・分類を行い、対策を行う上での優先順位付けの要素となる情報を把握する。

〔解説〕

(1) 優先順位付けのポイントとなる要素の例を示す。

- (a) 管種
- (b) 建物区分
- (c) 建物用途（飲食店、学校、病院、公共施設、商業ビル、住宅等）
- (d) 建物構造（鉄筋コンクリート建物等・木造建物等）
- (e) 建物下埋設配管状況
- (f) 腐食漏えい履歴
- (g) 埋設経過年
- (h) ガスメーターの個数
- (i) 土壌比抵抗
- (j) 管対地電位
- (k) マクロセル腐食診断結果
- (l) 供給ガス中のCO有無

### 3.3.3 対策実施の優先順位付け

対策対象となる供内管は、「腐食漏えいによる事故の発生し易さ」と「事故発生時の影響度」との組合せを勘案した上で、対策実施の優先順位付け及び実施時期の決定を行う。

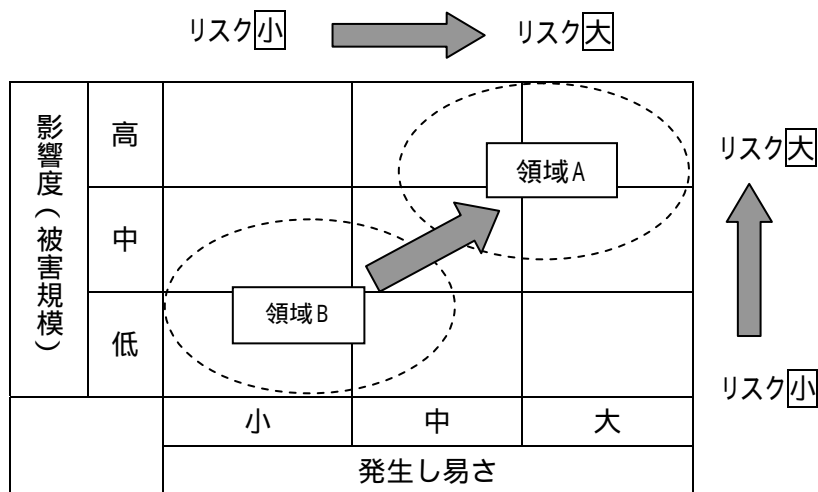
〔解説〕

#### (1) 対策優先順位の考え方

一般腐食漏えいによる事故リスクについては、その性質上、腐食漏えい及び事故発生時期の不確定性や事故発生時の悪影響について認識する必要があり、「事故リスク = (事故の発生し易さ) × (事故発生時の影響度)」と整理することができる。

事故リスクを最小化するため、一般腐食漏えい及び事故の発生可能性、ならびに事故発生時の被害の程度や社会的影響を指標として優先順位を設定し、優先順位が高いものから対策実施する。

下図は、事故リスクの考え方を概念的に示したものであり、図中における右上部の事故リスクが高く、領域Aの対策優先順位が高いことを表わしている。



(2) 優先順位の設定例

事故発生リスクの指標を 3.3.2〔解説〕にて示した要素により分類した例を次に示す。

指標		要素	優先順位のポイント・目安
事故の発生し易さ	腐食漏えいの可能性	埋設年	埋設年の古いもの程、故障（腐食漏えい）発生率が高い傾向にある
		管種	黒ガス管，白ガス管，アスファルトジュート巻管等で区分する
		故障（腐食漏えい）履歴	故障（腐食漏えい）が発生した管内管の対策優先度を高める
		埋設環境	管対地電位(*)、土壌比抵抗値(**)などの情報を参考にする
		マクロセル腐食診断結果	最大腐食深さと管体の元の管厚による腐食指数(***)による区分
	漏えい後の事故発生の可能性	建物下埋設配管状況	漏えいしたガスの滞留し易さ（建物下に埋設された管の優先度大）
		建物構造	漏えいしたガスが滞留し易さ（気密性の高い鉄筋コンクリート系建物の優先度大）
供給ガス中のCO有無		供給するガスにCOが含まれている地域がある場合には優先して対策する	
事故発生時の影響度		建物区分	建物区分が上位の建物を優先する（例：特定地下街等～特定大規模建物を優先）
		建物用途	病院，学校等の公共性の高い用途の優先度大
		メーター個数	事故発生の影響を受ける対象数の目安

\* 土壌に設置した照合電極（飽和硫酸銅電極等）に対する埋設管の電位を管対地電位といい、防食効果の確認等のための測定項目の1つである。埋設管の電気防食の効果がある管対地電位（飽和硫酸銅電極基準）は - 850[mV]より卑（小さい）な電位が目安となる。

\*\* 電流の通りにくい土壌は相対的に腐食しにくい環境であり、土壌比抵抗は土壌の腐食性を判断する1つの目安となる。土壌比抵抗が10,000[ $\cdot\text{cm}$ ]以上の土壌は腐食性が極めて小さく、2,000[ $\cdot\text{cm}$ ]以下の場合には優先度を高めて対策する等の区分を行う。

\*\*\* 腐食指数とは最大腐食深さを管体の元の管圧で除したものをいい、この数値が大きいほど腐食対策の必要性が大きく、かつ優先度も高い。例えば、腐食指数が0.80以上の場合に対策を行うこととし、その中でも0.95以上の場合には優先度を高めて対策する等の区分を行う。

建物区分，建物用途，建物構造，および建物下埋設配管状況に着目して優先順位を設定した例を

次に示す。

	建物下埋設配管	
	なし	あり
(1) 建物区分1～5	優先順位	
(2) 建物区分が6～10で建物用途が学校・病院	優先順位	優先順位
(3) 建物区分が6～10の鉄筋コンクリート系建物（(2)を除く）	優先順位	優先順位
(4) 上記以外	優先順位	優先順位

### 3.3.4 計画の策定

- (1) 対策対象や現状の腐食漏えい状況を把握した上で、優先順位付けに基づき、具体的な実施計画を策定する。
- (2) 計画策定に当たっては、対策方法とその効果ならびに対策に要する費用に関する評価を行い、対策数量、要員・費用計画に反映する。
- (3) 計画内容は、実施状況を把握し、その効果を分析・評価することにより、継続的に改善できる仕組みとする。

#### 〔解説〕

- (1) 実施計画を円滑に進めるため次のような内容を踏まえて策定する。

- (a) 対策対象の把握（3.3.2による）
- (b) 対象物件の優先付け（3.3.3による）
- (c) 対策工法の選択（3.3.5による）
- (d) 撤去数の予測

建物の建替えにより撤去される数を予測する。

- (e) 完了年次の設定

優先順位ごとに設定し、優先順位が高いものほど早期に完了するよう設定する。

- (f) 年間の対策数量の設定

完了年次に至るまでの年度展開を検討する。

- (g) 要員数・コストの算出

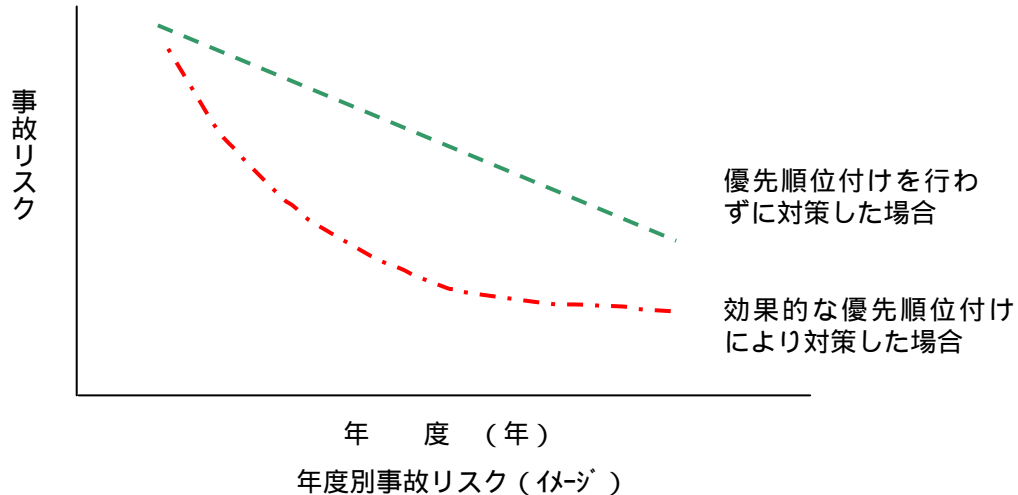
対策に必要な要員数・コストを算出する。

- (2) 対策の実施によるリスクの低減

腐食対策を施さない場合、埋設供内管の埋設経過年が進むにつれ、腐食漏えいの発生が多くなり、事故に至るリスクが増加する。一方、腐食対策を行った場合、対策量に応じて事故リスクは低減される。更に効果的な優先順位に基づいた対策を実施することによって、短期間でリスクを低減させることが期待できる。

効果的な優先順位付けにより対策することによって早期にリスクが低減されるイメージを下

図に示す。



### (3) 対策対象管の腐食漏えい発生状況・発生レベルの将来予測

#### (a) 供内管の数量の把握および腐食漏えい発生状況の分析

第2章で述べた手法で管理された供内管情報を有効に活用し、次の手順で分析する。

- ・ 供内管の埋設経過年別、管種別の数量を、対策優先順位のグループ毎に把握する。

#### (b) 腐食漏えいの発生予測

設備情報から得られた現状の埋設経過年別、管種別の供内管本数及び故障情報より得られた埋設経過年別、管種別の腐食漏えい発生率より今後の腐食漏えい発生数の予測を行う。

ある年度における腐食発生数は次式で表わせる。

$$\text{腐食漏えい発生数} = \frac{\text{（当該年度における供内管本数} \times \text{腐食漏えい発生率）}}{\text{経年別、管種別}}$$

なお管の取替えにより、当該管は対策対象から外れることに注意して算定する。

実際に予測を行う場合は、10～20年程度の長期予測に基づき、5年程度の具体的な実施計画を行うことが実用的である。その計算例を次に示す。

#### 〔計算例〕

##### 優先度別の建物数

本例では、建物用途・構造による優先度により区分し、重要建物（公共施設等）鉄筋建物、木造建物ごとの対策対象管の数を計上した。なお、埋設経過年別の供内管本数データならびに腐食漏えい発生率についてもあわせて把握しておく。

##### 建物優先度別の供内管本数の変化

	現在の対策 対象本数	5年間の計画・予測				5年後の対 策対象本数
		計画対策 数	腐食によ る取替	他工事等 による取替	撤去	
重要建物	32	25	1	1	2	3
一般建物(鉄筋)	350	150	2	5	12	181
一般建物(木造)	19,300	100	260	20	4,000	14,920

5年後の管内管本数

=現在の対策対象本数 - (計画対策 + 腐食による取替等 + 他工事等による取替 + 撤去)

(例：一般建物(鉄筋) 350 - (150 + 2 + 5 + 12) = 181)

なお、対策対象本数の中には需要家都合により取替えができないものが含まれる。

) 計画対策数  $m_1$

長期的な目標から、5年間の計画対象数を計上する。

長期目標による優先度毎の対策を例示したものを下表に示す。

優先 順位	建物概要		残存数	対策完了年 (イメージ)	5年間の計 画・予測数	5年間の計 画対策数 $m_1$
1	重要建物(公共施設等)	灯 外 内 管	32	→	29	25
2	鉄筋系建物(1を除く)		350	⇒	169	150
3	木質系建物		19,300	⇒⇒	4,380	100

) 腐食による取替  $m_2$

埋設経過年  $n$  (年)の腐食漏えい発生率を  $a_n$  (件/本数・年)とし、これまでの実績等から5年後の発生数を推定する。この数に需要家に承諾を得て取替実施できる割合 ( $b$ ) から計上する。

$$m_2 = (a_n \times n \text{年の対策対象数}) \times b$$

) 他工事等による撤去

他工事等による取替及び撤去本数は、過去の実績及び今後5年間の都市計画等により推定を行う。

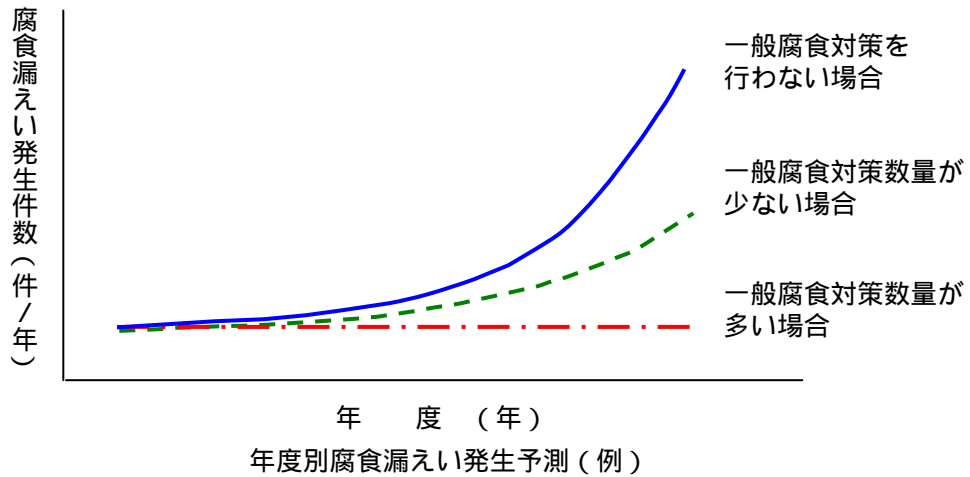
5年後の腐食漏えい発生数

埋設経過年別腐食漏えい発生率と5年後の埋設経過年別管内管本数をかけ合わせる。

$$\text{腐食漏えい発生数} = (a_n \times n_{(5\text{年後})} \text{年の対策対象数})$$

同様に5年後以降の推定も可能である。また、対策数量(計画的な対策実施)をいくつかのケ

ースに設定して計算し，その効果を見ることができる。その例を下図に示す。

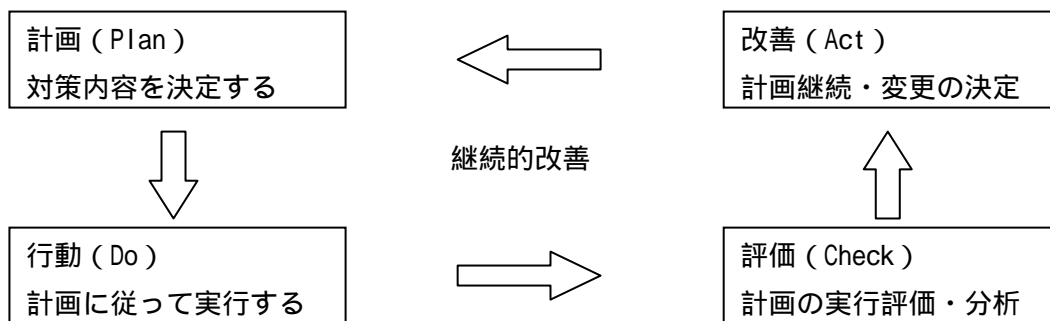


(4) 実施時期，対策数量の決定

腐食漏えい発生レベルの将来予測ならびに対策の費用対効果の検討より，最も適切な腐食対策の実施時期，対策数量を決定し，5～10年程度の実施計画を策定する。

(5) 計画を実効性のあるものとし，対策の継続的改善を推進する手法として，P D C Aサイクル

(Plan-Do-Check-Act) による管理手法がある。



### 3.3.5 対策工法の選択

対策工法の選択にあたっては、供内管の腐食状況及び今後の使用予定年数を基とし、さらに供内管の配管状況、建物条件、需要家の状況及び意向等も考慮して、管の取替、更生修理工法、流電陽極法等から適切な工法を選択するものとする。

#### 〔解説〕

##### (1) 対策工法の種類と特性

対策工法には3.2.6に記した工法のうち、「建物と土中埋設管の絶縁」を除く3種類の工法がある。対策工法の選択は各工法の特性を十分考慮し、管の状況、環境条件に応じて1つあるいは幾つかの工法を組み合わせる最も適切な方法で行う。

##### (2) 対策工法の選択例を以下に示す。

#### 〔対策工法の選択例〕

腐食状況		今後の使用予定年数 <sup>*1</sup>	
		長期	短期
対策対象 に選別さ れた供内 管のうち	極度に著しいもの <sup>*4</sup>	「管の取替」又は 「流電陽極法」 <sup>*2</sup> + 「更生修理工法」	「管の取替」 又は 「流電陽極法」 <sup>*2</sup>
	著しいもの		又は 「更生修理工法」 <sup>*3</sup>

\*1 今後の使用予定年数は、需要家情報等から決定するが、不明な場合は埋設経過年及び建物状況から推定する。

\*2 一般腐食対策の流電陽極法には、絶縁 - 流電陽極法、未絶縁 - 流電陽極法および近接流電陽極法がある（3.4.1参照）。

\*3 更生修理工法を土壌の腐食性が著しい箇所で、今後の使用予定年数が長期のものに使用する場合は、流電陽極法を同時に施工することが望ましい。

\*4 必要に応じて実施された非掘削診断あるいは掘削診断により、腐食指数が0.95（H/D）以上となったもの、又はエリアの腐食漏えい発生数が特に多いものを、腐食が「極度に著しいもの」とする。

##### (3) 対策工法の選択にあたっては、需要家等に対策の必要性、工法の特徴及び費用等に関して十分な説明を行い、理解と協力を得ることが肝要である。

### 3.3.6 対策工法の実施上の留意点

対策工法の実施に当たっては、配管状況に応じて適切な方法で設計・施工し、施工後は適切な施工がなされているかどうかを検査する。

また、施工状況を記録し、維持管理に役立てる。

なお、施工に際しては、事前に需要家と折衝を行い承諾を得る。

#### 〔解説〕

##### (1) 対策工法の実施等

流電陽極法、更生修理工法の設計・施工に関しては、本ガイドラインに 3.4.2 (流電陽極法)、3.4.3 (更生修理工法) を、さらに管の取替に関しては「供給管・内管指針 (設計編)」及び「同 (工事編)」((社)日本ガス協会編) を参考とする。

##### (2) 検査

施工後の検査においては通常の検査のほか、以下の点に特に留意する。

流電陽極法を施工した場合には、管対地電位の測定等を行い、実施した工法が完全に機能していることを確認する。

更生修理工法を施工した場合は、閉そく等がなく正常に施工されたことを確認する。

##### (3) 記録

対策工法を実施した時期、施工範囲、対策工法の種類、検査結果等を記録し、施工後の維持管理に役立てる。

また、施工時に得られた情報 (管体の腐食の程度等) は、第 2 章 2.3 で示した埋設環境データとして整理し活用することが望ましい。

##### (4) 施工後の工事

対策工法を施工した後、当該供内管に係る工事が行われる場合には、対策の効果が損なわれないように注意する。

### 3.3.7 対策対象導管の管理

供内管腐食漏えい予防対策における対策対象導管の管理は、次の考え方により実施することが望ましい。

- (1) 内管は需要家資産であることを理解してもらい改善の必要性を認知していただけるよう、適宜周知を行う。
- (2) 改善の同意を得られない場合は、需要家との折衝履歴等を記録・管理していく。また、各種業務機会を捉えた定期的な周知・PRを継続的に実施する。
- (3) 腐食漏えいが発見された場合は、腐食漏えいの再発可能性を踏まえ対策優先順位を高める。

#### [ 解説 ]

##### (1) 資産区分および改善の必要性について周知

対象導管の改善に当たっては、需要家に対し、資産区分およびガス設備に対する維持管理、取替の必要性についての認識し、取替えに対する関心を高めていただく周知活動が重要である。

- ##### (2) 改善の同意を得られない需要家に対しては、これまでの経過（折衝相手・訪問日・拒否理由・PR方法等）を記録・管理するとともに、リスクに応じて各種業務機会等を捉え定期的な周知・PR等を継続していくことが必要である。

#### [ 対応方法の例 ]

- (a) 具体的理由の聞き出し及び記録
  - (b) 業務機会時の改善のお勧めパンフレットの配布
  - (c) 時期を捉えたダイレクトメールの発送
  - (d) ガス漏れ時の連絡先用紙の配布
  - (e) 長期修繕計画への組み込みのお願い
  - (f) 時期を捉えた繰り返しの改善折衝
- ##### (3) 漏えいが発生した場合は、再度漏えいが発生する可能性があるため、積極的な改善折衝を行う。
- なお、漏えい修理作業に同調した改善折衝を実施し、その際には腐食部分を見ていただくと効果的である。

### 3.4.2 更生修理工法の適用と維持管理

#### (1) 更生修理工法の適用

更生修理工法は、管の内面に成形材料を貼りつける反転ライニング工法、管の内面に樹脂膜を形成する内面ライニング工法としてピグライニング工法、気流ライニング工法の3工法に大きく分類される。

更生修理工法の適用にあたっては、上記3工法に分類される工法又は今後開発される工法より、以下の点に留意して適切な工法を選択し、設計、施工した後、気密検査等により工法が確実に施工されたことを確認する。

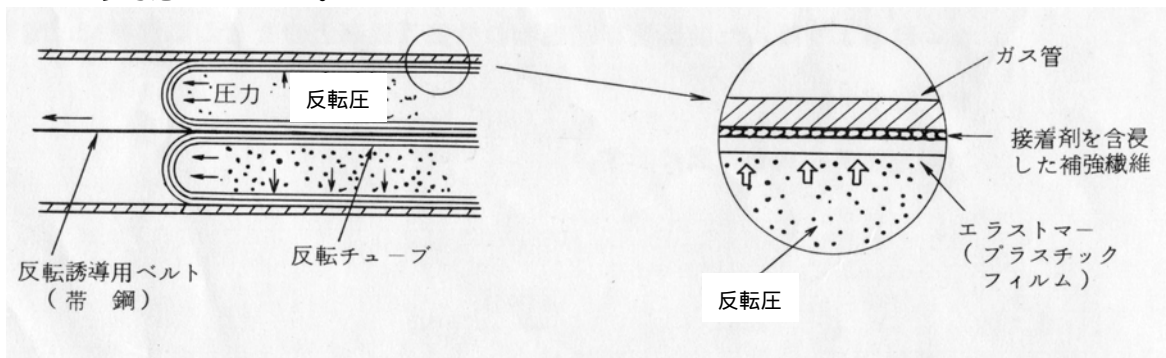
- (1) 今後開発される工法については、更生修理工法として具備すべき特性を有していることを確認する。
- (2) 工法の適用範囲、経済性及び作業性等の検討を行い、当該工法が適用しようとする管内管に適したものであることを確認する。

#### 〔解説〕

(1) 反転ライニング工法、内面ライニング工法（ピグライニング工法、気流ライニング工法）の概要を以下に示す。

反転ライニング工法（成形材料によるライニング工法（反転法））

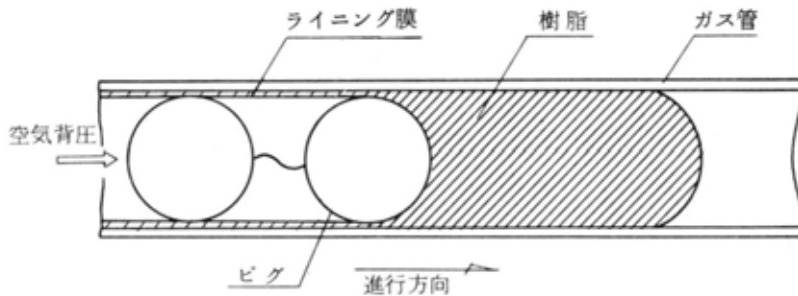
薄くて丈夫且つ気密性を持つ反転チューブを、反転圧により管の中に反転（裏返し）させ、接着剤を介し管内面全体に貼付ける工法で、エルボ等の急峻な曲り部でも連続した円筒状となるよう考慮されている。



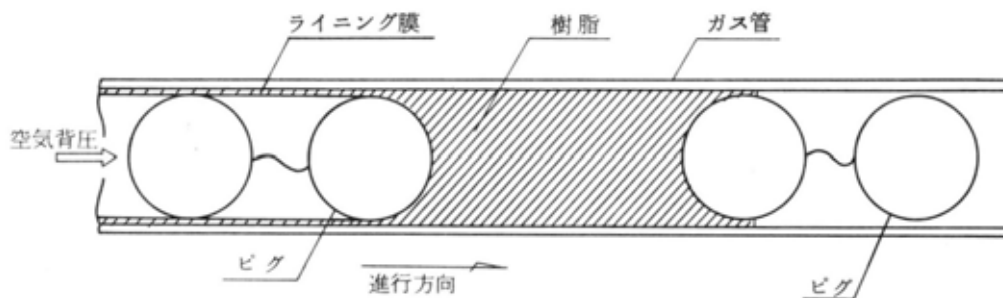
### 内面ライニング工法（ピグライニング工法（樹脂塗布法））

管内にライニング樹脂を圧入した後、ピグを空気背圧等で押し進めることにより、管内壁に均一な厚さの滑らかな樹脂膜を形成する工法である。下図に示す液相法では、2連球のピグを使用して管内及び支管を一括してライニングできる。

(a)口径が小さい場合

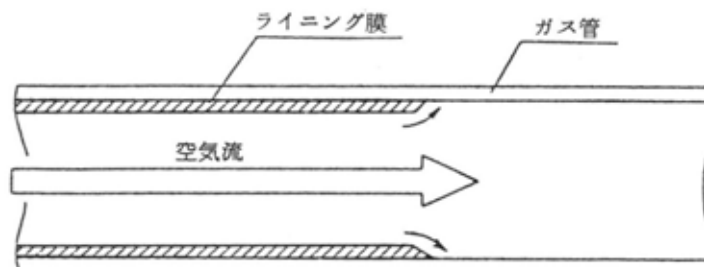


(b)口径が大きい場合



### 内面ライニング工法（気流ライニング工法（樹脂吹付法））

連続的に供給されるライニング樹脂を高速気流（空気）によって管内壁に沿って搬送し、管内壁全面に連続した気密性のある樹脂膜を形成する工法であり、管内及び支管を一括してライニングでき、配管系の途中に口径変化部があっても施工ができる。



(2) 更生修理工法の実施にあたっては、以下の項目について検討する。

施工可能口径及び延長、配管系に付属設備・異形管が存在する場合の施工可否、本支管との同時施工の可否等の適用範囲。

施工に要する費用と耐久性を考慮して取替と比較した更生修理工法の経済性。

その他、作業スペース、施工による需要家のガス停止時間、施工現場及び近隣に及ぼす影響の有無、材料の取扱い・貯蔵に関する事項等。

## (2) 更生修理工法を施した供内管の維持管理

更生修理工法を施した供内管は、通常実施されている法定漏えい検査等のほか、以下の項目に留意して維持管理を行う。

- (1) 施工記録等の管理
- (2) 耐久性の確認
- (3) ガスの種類・性状などの変更時の適応性確認

### 〔解説〕

(1). 第2章2.2「設備情報の収集と管理」及び2.4「故障情報の収集と管理」に述べた方法に従って、施工・修理記録を管理・保管しておくことが必要である。

更生修理工法を施工した供内管に万一故障が発生した場合は、原因を確認し必要に応じて同工法を施工した他の供内管に対して適切な対応策を講ずる必要がある。

(2) 他工事や家屋改築等の機会に掘上げた更生修理工法施工済供内管について、モニタリングを実施し、材料の健全性や評価基準年数以降の供用期間延伸の妥当性について確認するものとする。  
(参考資料 4参照)

(3) 熱量変更等でガスの種類及び性状などを変更する際は、変更後のガス中成分に対して、第4章4.3に述べる耐ガス性・耐薬品性試験・評価要領書に定める試験に合格していることを確認することが必要である。

## 第4章 更生修理工法の開発と評価方法

### 4.1 更生修理工法の開発と評価の基本的な考え方

更生修理工法には、既設供内管の腐食漏えい予防を目的とした工法と継手漏えい予防を目的とした工法があり、各工法ともその目的に合致した漏えい予防対策として有効な性能を具備している必要がある。従って工法の開発にあたっては、十分な施工性を有することのほか、耐久性の確認を行わなければならない。

#### 〔解説〕

(1) 更生修理工法は、既設供内管の腐食漏えい予防又は継手漏えい予防対策を実施するにあたり、取替が困難な場所にある供内管に対する対策を容易にし、また掘削工事を少なくすることで、工事による需要家への迷惑を少なくすることができる等の有力な手段となる必要がある。また管の取替に比べ経済的であることが望ましい。

開発された工法は、上記の開発目的を満足するとともに、施工品質が確保されることその他、工法を適用した供内管は長期間にわたり使用されるので、長期間の耐久性が必要である。

(2) 開発された工法が、腐食漏えい予防工法又は継手漏えい予防工法として具備すべき特性を満足しているかどうかを評価するための考え方及び手法は、4.2及び4.3に述べる。しかし将来開発される工法すべてを4.3の試験方法により画一的に試験することは必ずしも適切ではないので、必要な場合は4.2の考え方に準拠してさらに適切な方法で試験を行うことができる。

## 4.2 更生修理工法の具備すべき特性

更生修理工法は、以下の特性を具備していなければならない。

- (1) 施工性が良好なこと。
- (2) 車両輪荷重によって管体部または継手部に生じる変位に対して気密性が保持されること。
- (3) 腐食により管体に貫通孔が発生した後、貫通孔を介して作用する外圧に対して保形性を有すること。
- (4) ガス中に含まれる成分及び地下水等に含まれる環境成分に対し耐久性を有すること。

### 〔解説〕

- (1) 更生修理工法の機能が長期的に維持されるためには、施工性が良好なことの他、車両輪荷重による変位に対する耐久性、土圧又は水圧に対する保形性、ガス中成分及び環境成分に対する耐久性を有することが重要である。
- (2) 供内管の更生修理工法は、具備すべき特性内容より修理工法としても適用できる性能を有する。
- (3) 施工性が良好であるとは、工法の基本事項(手順、工具等)があらかじめ確立されていること、既設の供内管に工法を適用した時に実用的な施工品質が確保できること及び更生修理工法を施した供内管に対して切断・連絡等の通常の導管工事を支障なく行うことができることを言う。
- (4) 車両輪荷重により埋設供内管が受けるたわみ振動によって、工法の機能が長期的に損なわれず、気密性が保持されることが必要である。
- (5) 保形性を有するとは、腐食により管体に貫通孔が発生した後、この腐食貫通孔を介して作用する土圧又は水圧によって、ライニング膜が長期にわたり圧壊しないことや、管内の流路を閉塞することがないことを言う。なお、継ぎ手漏えい予防を目的とした工法については、本特性は要求されない。
- (6) 工法の機能を維持する主要材料は、曝されるガス中に含まれる成分及び地下水等に含まれる環境成分に対し、著しい強度の劣化、変形、クラック等の異常を長期にわたり生じないことが必要である。

### 4.3 更生修理工法特性試験および評価

更生修理工法が 4.2 に述べた具備すべき特性を有していることを確認するため、以下の特性試験を評価基準年数や工法により決定される試験条件で実施しなければならない。

施工性試験

繰返し曲げ特性試験

保形性試験

耐ガス性・耐薬品性試験

熱加速試験

これらの特性試験および試験結果の評価は、原則として以下の要領に従って実施する。但し、工法の性質上、以下の方法に拠ることが適切でない場合は、以下の要領を参考としつつ 4.2 で述べた具備すべき特性を確認するための適切な特性試験・評価要領を新たに作成し、試験及び評価を行う。

施工性の確認	施工性試験・評価要領
繰返し曲げ特性	繰返し曲げ特性試験・評価要領
保形性	保形性試験・評価要領
耐ガス性・耐薬品性	耐ガス性・耐薬品性試験・評価要領
熱加速試験	熱加速試験・評価要領

#### 〔解説〕

- (1) 評価基準年数とは、特性試験により供用可能であることを性能評価した期間であり、工法に対する期待寿命ではない。
- (2) 参考資料 3 に、更生修理工法特性試験・評価要領を示す。
- (3) 施工性試験の概要

一部に掘上管を用いた所定の供試配管に試験対象の工法を施工し、あらかじめ定められた基本事項（手順、工具等）により、施工が可能であること、施工後の気密試験に合格すること及びライニング材料に異常が認められないこと、並びに切断、連絡等の通常の導管工事を支障なく行うことができることを確認する。

- (4) 繰返し曲げ特性試験の概要

中央にソケットを有する供試管に内圧 10kPa 以上の圧力を加えた状態で、片振り曲げ角度 0.02° 以上で所定回数の繰返し曲げを与え、試験終了後、気密試験に合格すること及びライニン

グ材料に異常が認められないことを確認する。

なお、繰返し曲げ回数及び曲げ角度は、主要地方道の車道に埋設された供給管が評価基準年数にわたって車両輪荷重によって受けるたわみ振動を想定したものであり、通常の埋設環境ではかなりの安全率を含んだ振動に相当するものと考えられる。

#### (5) 保形性試験の概要

評価基準年数を 11 年とする場合は直径 10mm、40 年とする場合は直径 20mm のモデル貫通孔を有する供試管のライニング膜を、あらかじめ養生及び外面からの水で平衡膨潤させた後、外面より水で試験圧力（4 水準以上）を加えてライニング膜が破壊するまでの時間を測定し、破壊圧力と破壊時間の関係を求めることにより、ライニング膜が評価基準年数まで基準の外圧で破壊しないことを確認する。

モデル貫通孔は、管内管に発生した腐食孔（貫通孔）を介して作用する水圧等に対して評価基準年数以上の保形性を保証することを考慮し作成している。モデル貫通孔径は理論上評価基準年数の間に発生しうる直径であり、実際の腐食状態に比べ相当大きなものとしている。なお、継ぎ手漏えい予防を目的とした工法については、保形性試験は必要ない。

#### (6) 耐ガス性・耐薬品性試験の概要

ガス中及び環境を代表する成分を含む試験液にライニング材料を浸漬させ、一定期間毎に質量変化、引張強さ、伸びの測定及び外観観察を行い、浸漬前後を比較して、長期耐久性を確認する。

#### (7) 熱加速試験の概要

熱加速試験とは、エポキシ系以外の新たな樹脂材料を用いた更生修理工法について、評価基準年数を 40 年とする場合に、管内面の材料の物性が経年に対する長期耐久性を有するか擬似的に将来を予測して確認する試験をいう。

## < 参 考 資 料 >

- .3 更生修理工法特性試験・評価要領書
  - .3-1 施工性試験・評価要領書
  - .3-2 繰返し曲げ特性試験・評価要領書
  - .3-3 保形性試験・評価要領書
  - .3-4 耐ガス性・耐薬品性試験・評価要領書
  - .3-5 熱加速試験・評価要領書
- .4 更生修理工法モニタリング実施要領書

### **.3 更生修理工法特性試験・評価要領書**

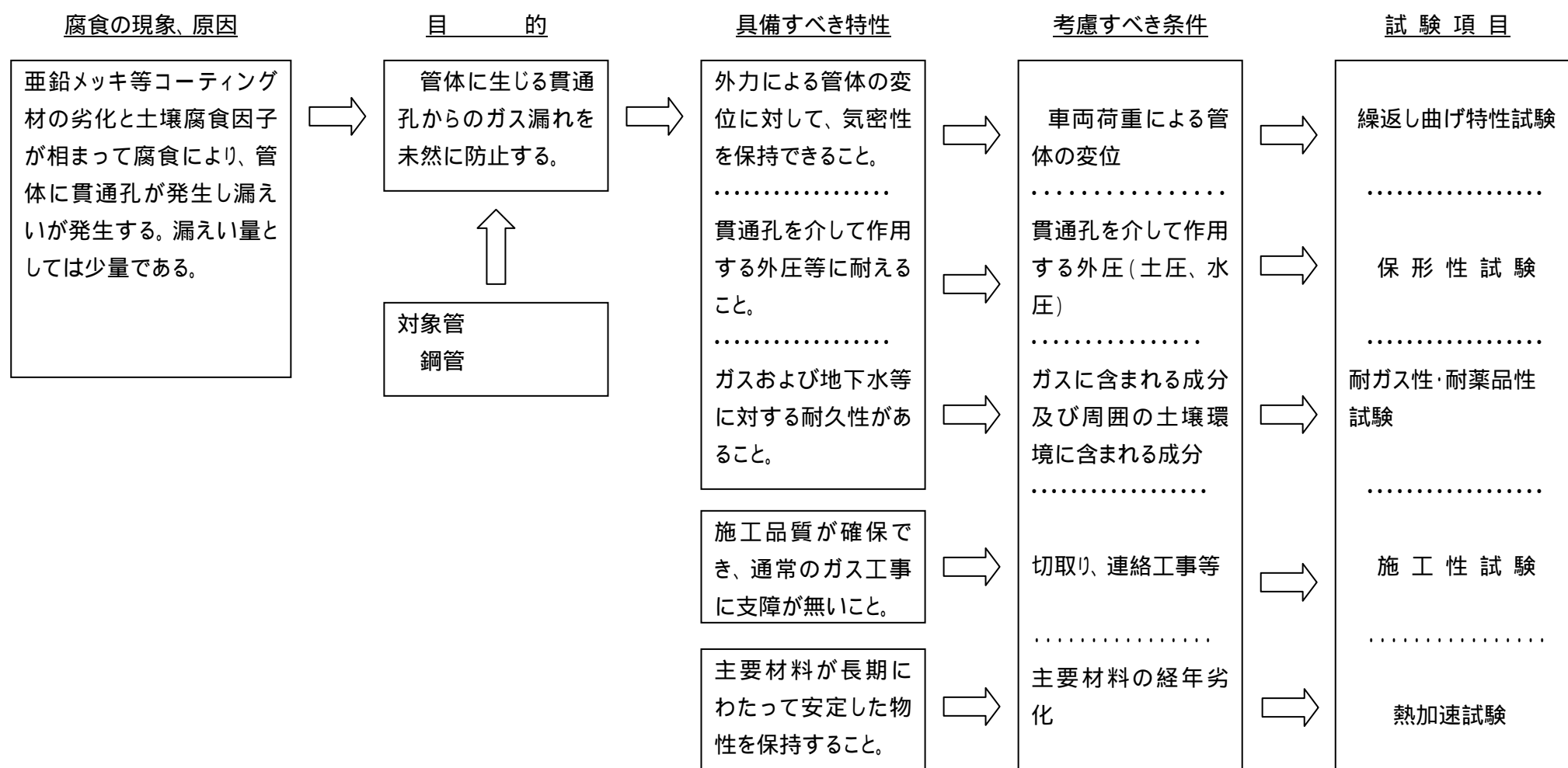
更生修理工法は、腐食漏えい予防工法及び継手漏えい予防工法に分類される。

各漏えい予防工法は、表 - 1 に示すように、故障の現象・原因に応じ各々具備すべき特性が異なるが、施工性試験、繰返し曲げ特性試験、耐ガス性・耐薬品性試験、熱加速試験は各漏えい予防工法に共通するので、特性試験項目として、 施工性試験、 繰返し曲げ特性試験、 保形性試験、 耐ガス性・耐薬品性試験、 熱加速試験の 5 項目に要約され、夫々について特性試験・評価要領書を定めた。

また、各漏えい予防工法の評価基準年数を表 - 2 に示した。

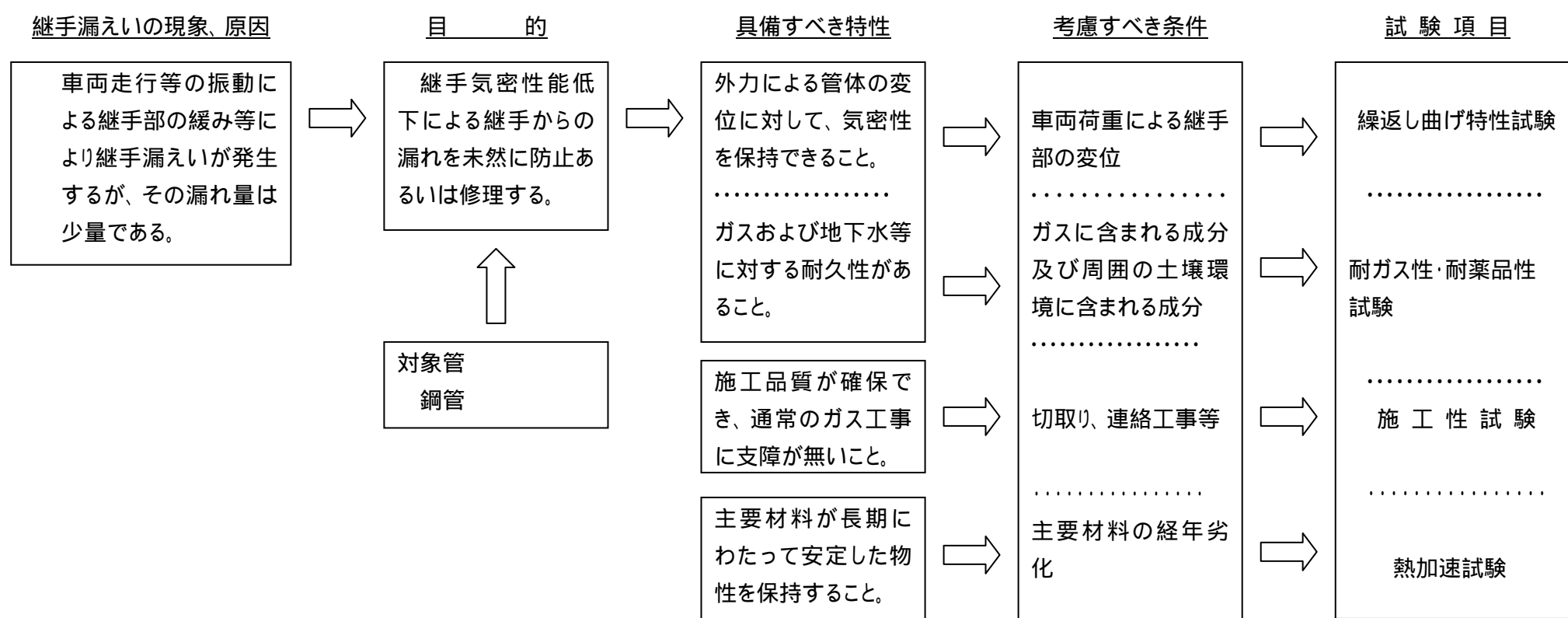
表 - 1 ガス導管の故障形態の概要およびその対策工法が具備すべき特性と試験項目

腐食漏えい予防工法



腐食漏えい予防工法に合格するためには、「繰返し曲げ試験」、「保形性試験」、「耐ガス性・耐薬品性試験」、「施工性試験」の4試験に合格すればよい。「熱加速試験」は、エポキシ系以外の新たな樹脂材料を用いた工法について、40年の評価基準年数を設定する場合にのみ行うものである。

継手漏えい予防工法



継手漏えい予防工法に合格するためには、「繰返し曲げ試験」、「耐ガス性・耐薬品性試験」、「施工性試験」の3試験に合格すればよい。「熱加速試験」は、エポキシ系以外の新たな樹脂材料を用いた工法について、40年の評価基準年数を設定する場合にのみ行うものである。

表 - 2 各漏えい予防工法と評価基準年数

工法名	試験項目	評価基準年数
腐食漏えい予防工法	施工性試験	40年 <sup>*1)</sup>
	繰返し曲げ試験	
	保形性試験	
	耐ガス性・耐薬品性試験	
	熱加速試験 <sup>*3)</sup>	
継手漏えい予防工法	施工性試験	15年 <sup>*2)</sup>
	繰返し曲げ試験	
	耐ガス性・耐薬品性試験	
	熱加速試験 <sup>*4)</sup>	

< 参考 >

- \*1) エポキシ系樹脂ライニング工法については、更生修理材料として40年以上の長期耐久性が証明されていることから<sup>1)</sup>、評価基準年数を40年と設定する。また、それ以外の工法についても熱加速試験を実施し、40年以上の長期耐久性が証明された場合は、評価基準年数を40年と設定することが可能である。但し、ライニング樹脂の組成の影響により、熱加速試験から有意な結果が得られない場合や、熱加速試験そのものを実施しなかった場合は、評価基準年数を11年と設定する。
- \*2) 「継手漏えい予防工法」であると同時に、「腐食漏えい予防工法」でもある場合における評価基準年数は、「腐食漏えい予防工法」の評価基準年数に従うものとする。
- \*3) 「腐食漏えい予防工法」に合格するためには、「施工性試験」「繰返し曲げ試験」「保形性試験」「耐ガス性・耐薬品性試験」の4試験に合格すればよい。上述の通り「熱加速試験」は、エポキシ系以外の新たな樹脂材料を用いた工法について、40年の評価基準年数を設定する場合にのみ行うものである。
- \*4) 「継手漏えい予防工法」に合格するためには、「施工性試験」「繰返し曲げ試験」「耐ガス性・耐薬品性試験」の3試験に合格すればよい。上述の通り「熱加速試験」は、エポキシ系以外の新たな樹脂材料を用いた工法について、40年の評価基準年数を設定する場合にのみ行うものである。

(参考文献)

- 1) 更生修理工法技術研究会：更生修理工法技術研究会最終報告書，社団法人日本ガス協会，2006

### **.3-1 施工性試験・評価要領書**

## 目次

1. 適用
2. 試験要領
  - 2.1 供試配管
  - 2.2 試験方法
  - 2.3 外観観察
3. 評価

## 1. 適用

開発された工法が、更生修理工法として具備すべき特性を有しているかを評価する一項目として、管内面に材料が正常に装着・塗布等の施工ができることのほか、施工後発生する切取り、連絡等の導管工事を、支障なく行うことができることを確認する試験および評価方法について定める。<sup>\*1)</sup>

< 解説 >

\*1) 継手部分のみに施工する工法については、繰返し曲げ特性試験における供試配管の製作、気密試験及び外観観察をもって施工性試験にかえることができる。

## 2. 試験要領

### 2.1 供試配管

供試配管は、原則として更生修理工法を適用しようとする実際の配管系の特徴(延長、口径、継手数等)を考慮して決定する。図 - 1 は、標準的な供内管に比較して延長及び継手数を若干増やした供試配管(例)である。

原則として供試配管の一部に掘上管を用い、継手部に1箇所以上の漏えいを作っておく。

### 2.2 試験方法

- (1) 供試配管に含まれる継手部の漏えいの状況を確認する。
- (2) 当該工法を所定の施工手順に基づいて施工し、施工後気密試験を行う。
- (3) 気密試験は低圧の通ガス状態(空気)の圧力で行う。

気密試験は、5 分間以上上記圧力を保持し、水柱ゲージ又は同等以上の圧力計により、その始めと終りとの測定圧力差が許容誤差内にあることを確認する方法か、あるいは発泡液を塗布し判定する方法による。

#### (4) 部分的に切取り連絡する工事試験

試験施工後、十分な養生を行った後、部分的に切取り連絡する工事の試験を次の手順に従って行う。

- (a) 切取りする区間の両端を切断し、新管を用いて再連絡する。
- (b) 通気後、連絡部の気密性を確認する。気密性の確認は通ずるガスの圧力(空気)で発泡液を塗布し判定する方法による。

### 2.3 外観観察

2.2 項の試験を行った後、外観観察を行う。

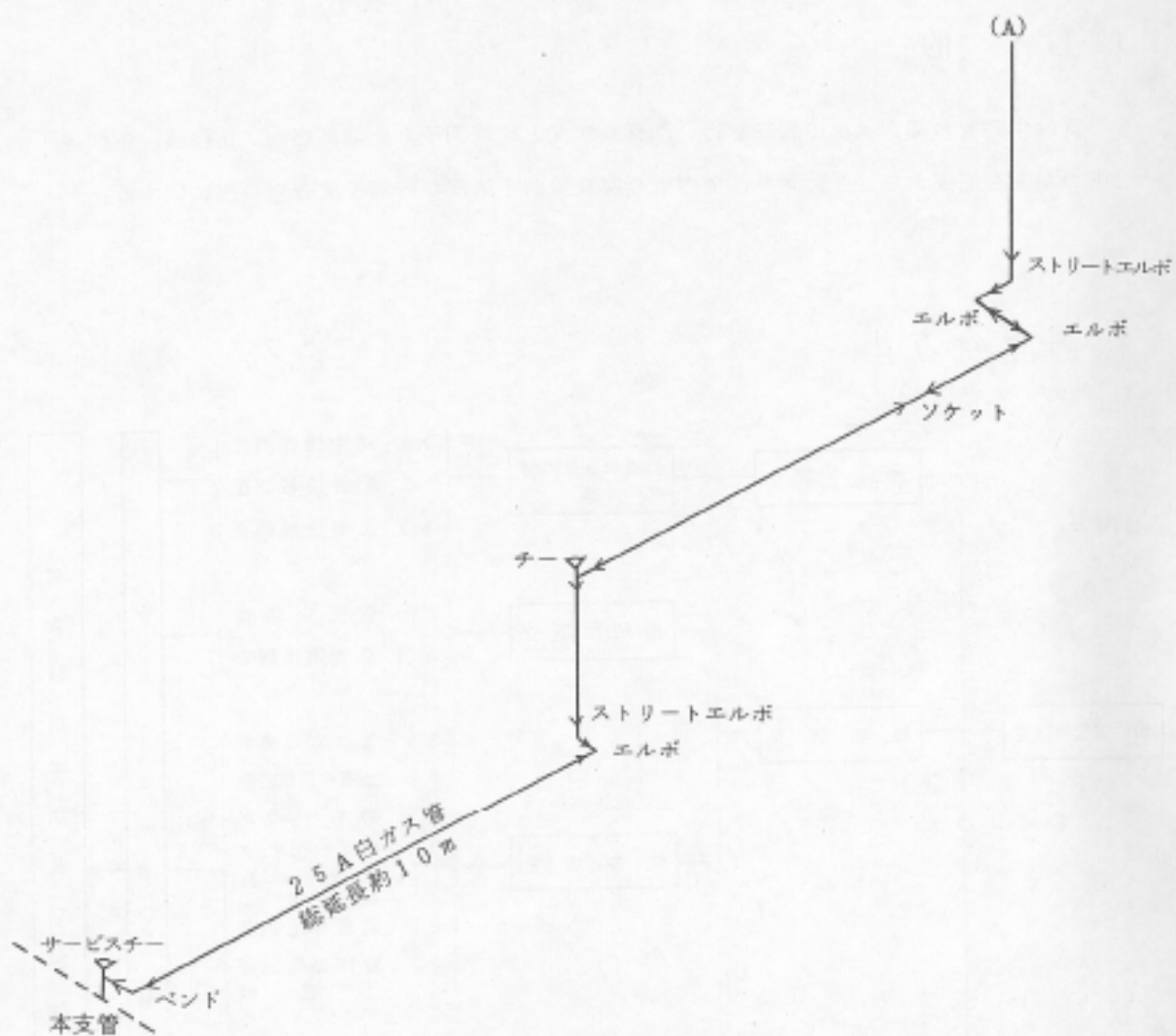
外観観察は、観察箇所を周方向又は軸方向に切断し、肉眼観察することによって行う。

観察箇所は、直管部 1 箇所以上、継手部 3 箇所以上とする。

### 3. 評価

下記の全て満足する場合、合格とする。

- (1) 予め定められた基本事項(手順、工具等)により、所定の配管系に施工ができること。
- (2) 施工後の気密試験に合格すること。
- (3) 施工後の管の外観観察において、ライニング材料等に亀裂・切断・剥離等の異常が認められないこと。
- (4) 施工後の切断及び連絡等の通常の導管工事を支障なく行うことができること。



- (1) 供試配管には一部既使用管を使用する。
- (2) あらかじめ1箇所以上の継手漏れを作る。
- (3) A部と供給管取出部の高低差は1m程度とする。
- (4) 内面の観察を容易にするため、配管の一部に透明管を使用してもよい。

図-1 供試配管 (例)

### **.3-2 繰返し曲げ特性試験・評価要領書**

## 目次

1. 適用
2. 試験要領
  - 2.1 供試管仕様
  - 2.2 試験方法
  - 2.3 試験条件及び装置
3. 評価

<参考資料> 繰返し曲げ特性試験条件の検討

## 1. 適用

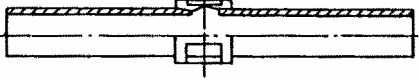
開発された工法が更生修理工法として具備すべき特性を有しているかを評価する一環として、埋設管が受ける車両輪荷重によるたわみ振動に対する特性を確認する試験及び評価方法について定める。

## 2. 試験要領

### 2.1 供試管仕様

供試管仕様は表 - 1 による。

表 - 1 供試管仕様

供 試 材					供 試 管	供 試 管 の 数	備 考
管 種	材 料	管 径	接 続 方 法	作 製 方 法			
鋼 管	原則として掘上げ管	代表管径とする	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼管に加工するねじ JIS B 0203 に規定する管用テーパねじ。</li> <li>ねじ込み条件 締付トルクは 80N・m程度とする。</li> <li>ねじシール材は使用しない。</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>ソケットねじ部に軸方向にスリットをいれ、ライニングに先立って漏えいテスト(内圧 10kPa)を行いソケット継手部から漏れがあることを確認しておく。</li> <li>供試材の長さは試験機の構造を考慮して決めてよい。</li> </ul>	左記供試材に工法を施したもの。	3本以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>スリット位置はソケットにペンキ等で明示のこと。</li> </ul>

## 2.2 試験方法

(1) 繰返し曲げ特性試験の開始前に供試管の気密試験を行う。

気密試験の条件は次による。

- (a) 圧力:10kPaとする。
- (b) 保持時間:10分以上とする。
- (c) 検査方法:発泡液による。

(2) 繰返し曲げ試験は供試管に内圧10kPa以上の圧力を加えた状態で行い、繰返し曲げ回数が所定回数<sup>\*1)</sup>に達するまで試験する。試験終了後、前記(1)の気密試験を行う。試験中の温度は常温とする。

(3) 試験終了後、供試管を切断し、ライニング材料等について異常の有無を観察する。

< 解説 >

\*1) 試験条件は“繰返し曲げ特性試験条件の検討”(参考資料)によった。

本所定回数は、評価基準年数に比例するので、一般的には以下に示す式に従って算出する。参考として、評価基準年数が11年、15年、40年それぞれの場合の大よその所定回数を表-2に示す。なお、本繰返し曲げ回数は重車両の交通量の多い道路での試算結果に基づくものであり、一般道路ではかなりの安全率を含んだ回数である。

$$B = 2.0 \times 10^4 \times E$$

B:繰返し曲げ回数

E:評価基準年数

表 - 2 評価基準年数と所定回数の関係

評価基準年数	所定回数
11年	$2.20 \times 10^5$
15年	$3.00 \times 10^5$
40年	$8.00 \times 10^5$

## 2.3 試験条件及び装置

繰返し曲げ特性試験の条件は次による。

片振り曲げ角度:0.02°以上

繰返し曲げサイクル:0.5回/秒以上<sup>2)</sup>

< 解説 >

試験装置の例を図 - 1 に示す。

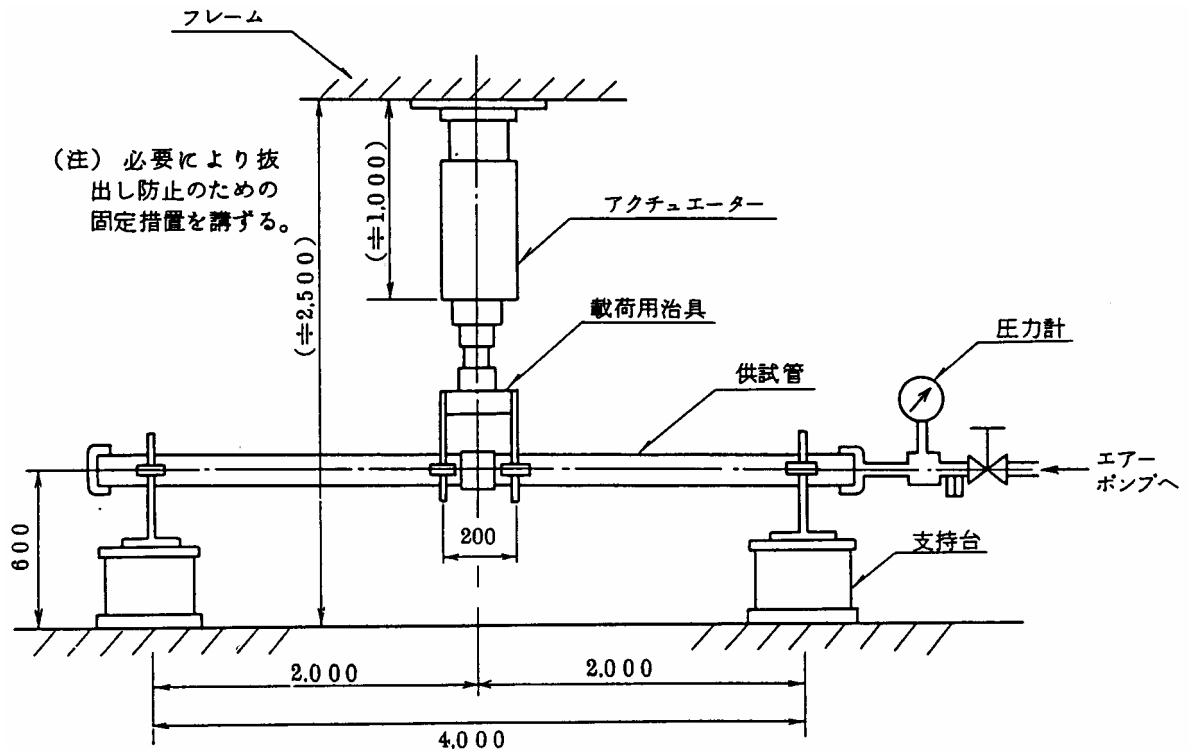


図 - 1 鋼管の例

\* 2) 繰返し曲げサイクルは試験中供試管の温度が異常に上がらぬ回数で決めてよい。

3. 評価

全ての供試管が、下記の全てを満足する場合、合格とする。

- (1) 所定の繰返し曲げ試験終了後の気密試験に合格すること。
- (2) 繰返し曲げ試験終了後、供試管内面のライニング材料等に亀裂・破断・剥離等の異常が認められないこと。

なお試験中に供試管に異常が認められ、その原因が試験装置の不備であった場合は、再試験して評価することができる。

## 繰返し曲げ特性試験条件の検討

埋設された導管の継手に変位を与えるものとして車両輪荷重を考慮した。その継手の挙動は、埋設地条件、車両輪荷重、交通量によって決まる。したがって、次のような根拠にもとづき試験条件を決定した。

### 1. 前提条件

#### (1) 埋設地盤条件

図 - 1 の土の種類とCBRの関係において、極めて不良な路床を選び路床CBR = 2.0 をとった。

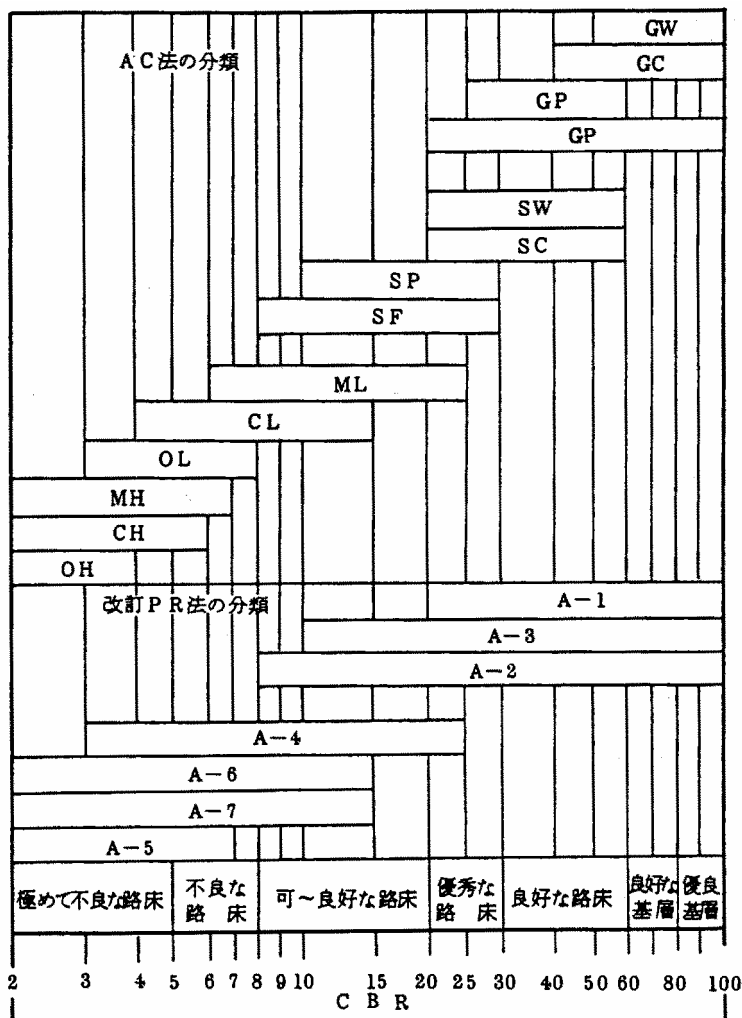


図 - 1 土の種類とCBRとの関係<sup>1)</sup>

この値に対する地盤係数 ( $K_{76}$ ) を図 - 2 から求め、 $K_{76} = 2.0 \text{ kg/cm}^3$  を得た。

さらに、載荷板の大きさと地盤係数の関係 (図 - 3) から  $K_{30} / K_{76} = 2.0$  を求め

$$K_{30} = K_{76} \times 2.0$$

= 4.0 kg / cm<sup>3</sup>を得た。

また、地盤を弾性体と仮定した有限要素法による計算より次式の関係が確認されている。

$$K_{150} = K_{30} \quad K_{150}: \text{口径 } 150\text{mm の管の } K \text{ 値}$$

$$K = K_{150} \times \left( \frac{D}{170} \right)^{-\frac{3}{4}} \quad K: \text{管の外径 } D(\text{mm}) \text{ の時の地盤係数}$$

従って、口径 25mm では、K=13.5kg/cm<sup>3</sup>となる。

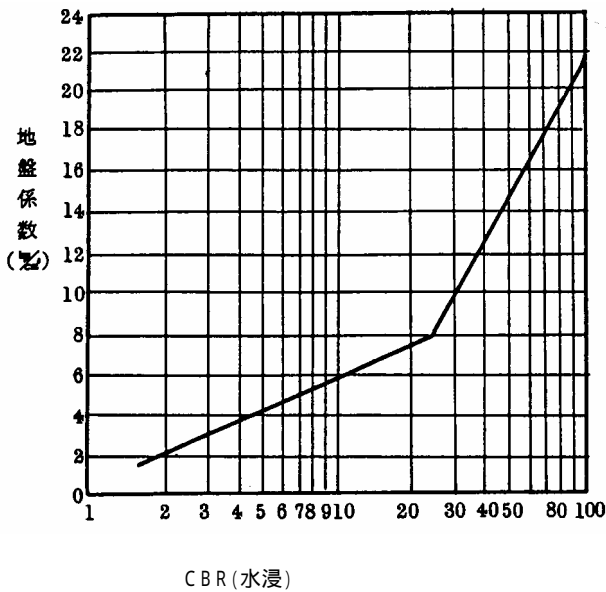


図 - 2 地盤係数(径 76 cm、沈下 0.125 cm)と CBR との関係<sup>1)</sup>

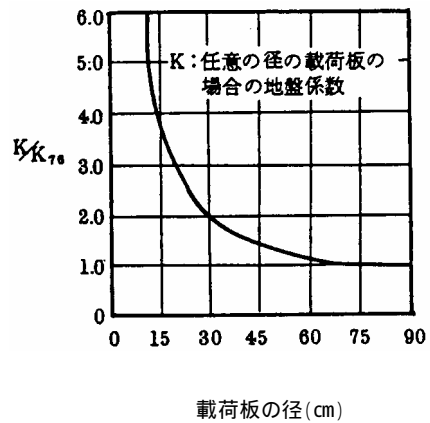


図 - 3 載荷板の大きさが地盤係数に及ぼす影響<sup>1)</sup>

## (2) 車両輪荷重

車両輪荷重として、ガス事業法技術基準に規定されている 20t 車(後輪荷重 8,000 kg)を考慮する。

## (3) 埋設管に影響を及ぼす車両の通行量

通行量については、国土交通省の 17 年度の道路交通センサス(表-1)に基づき、平成 29 年度の 1 日当りの片側 2 車線の主要地方道の平均交通量を

$$5101 \times 1.32 \times 1.02^2 \quad 7500 \text{ 台/日}^{*1)}$$

と推定した。このうち、車両輪荷重が 5t 以上の車両の年間交通量は設計交通荷重分布(表 - 2)より

$$N = 7500 \times \frac{1.41}{100} \times \frac{1}{2} \times 365 \text{ 日} = 19300 \text{ 台/年}$$

となる。

<参 考>

- \* 1) 1.32 は昼間 12 時間の交通量を1とした場合の、1 日の交通量の比率を示しており、1.02 は表 -1 中の平成 17 年度における前回(平成 11 年度)調査時からの 6 年毎の交通量の伸び率を示している。すなわち、本計算は平成 17 年度の昼間の交通量から 1 日の交通量を計算し、さらに今後予想される 6 年毎の交通量の伸び率 1.02 を乗じて、将来的な(平成 29 年度)交通量を予測したものである。

表 - 1 全国道路交通情勢の推移<sup>2)</sup>

年度	平均交通量(片側 2 車線)	
	台/12h	前回比
昭和 43	2,390	-
昭和 46	3,006	1.26
昭和 49	3,300	1.10
昭和 52	3,405	1.03
昭和 60	3,747	1.10
平成 2	4,360	1.16
平成 6	4,613	1.06
平成 9	4,906	1.06
平成 11	5,008	1.02
平成 17	5,101	1.02

表 - 2 交通荷重の分布<sup>3)</sup>

荷 重 群 ( $P_1$ )	一日交通量率(%)
0 ~ 1.0	80.63
1.1 ~ 2.0	9.70
2.1 ~ 3.0	5.21
3.1 ~ 4.0	1.97
4.1 ~ 5.0	1.08
5.1 ~ 6.0	0.76
6.1 ~ 7.0	0.39
7.1 ~ 8.0	0.18
8.1 ~ 9.0	0.07
9.1 ~ 10.0	0.01

## 2. 試験条件

### (1) 繰返し曲げ角度

車両輪荷重による埋設管の継手の曲げ変位を、後述する弾性床上の梁の式を用いて、下記の計算条件のもとで計算した。

#### 計 算 条 件

後 輪 荷 重: 8,000 kg (後輪間隙 1m として 2 台同時走行とする...図 - 4)

衝 撃 係 数: 0.5

地 盤 係 数: 13.5 kgf / cm<sup>3</sup>

土 被 り: 0.6m

管のヤング率:  $2.05 \times 10^2$  GPa

### 計算式

$$EI \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = P(x) D_0 - K \cdot y \cdot D_0$$

E: 管のヤング率

I: 管の断面二次モーメント

P(x): ブシネスクの式による土圧

x: 荷重点からの管軸方向の距離

y: 管のたわみ量

D<sub>0</sub>: 管 外 径

K: 地盤反力係数

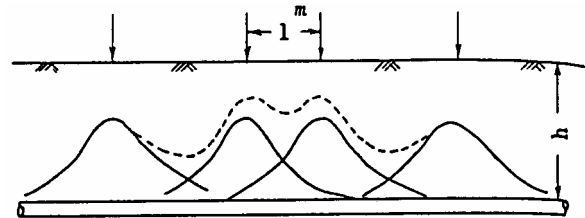


図 - 4 車両輪荷重による土圧分布

### 計算結果

計算結果は次の通りである。

口径 25mm: 片振り曲げ角度 0.02° (たわみ角度 0.047°)

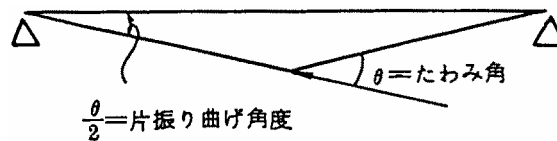


図 - 5 片振り曲げ角度とたわみ角の関係

### (2) 繰返し曲げ回数

前述の条件の道路に埋設された導管を更生修理工法施工後 15 年間にわたって使用するものとするれば、この間に受ける繰返し曲げ回数は

$$19,300 \text{ 回/年} \times 15 \text{ 年} = 289,000 \quad 3.0 \times 10^5 \text{ 回/年}$$

となる。

所定回数は、評価基準年数に比例するので、以下に示す式に従って所定回数を算出するものとする。なお、本繰返し曲げ回数は重車両の交通量の多い道路での試算結果に基づくものであり、一般道路ではかなりの安全率を含んだ回数である。

$$B = 2.0 \times 10^4 \times E$$

B: 繰返し曲げ回数

E: 評価基準年数

### (3) 繰返し曲げサイクル

0.5 回 / 秒 以上とした。

(参 考 文 献)

- 1) 内田一郎:森北出版“道路工学”(1967)
- 2) 国土交通省“道路交通センサス”(2006)
- 3) 綿谷正承他:“埋設導管の挙動試験(第1報)”,大阪ガス総研,Vol.1 2,  
1973, pp44 ~ 56

### **.3-3 保形性試験・評価要領書**

## 目次

1. 適用
  2. 試験要領
    2. 1 試験の概要
    2. 2 試験要領 1
    2. 3 試験要領2
  3. 評価要領
    3. 1 評価手順
    3. 2 加圧圧力と破壊時間の関係の把握
    3. 3 評価基準年数における破壊圧力の推定
    3. 4 使用状態における外圧
    3. 5 評価
- 参考資料-1
- 参考資料-2

## 1. 適 用

開発された工法が、腐食漏えい予防工法として具備すべき特性を有しているかを評価する一環として、工法を適用した管に後天的に発生する可能性のある部分的孔食を介して作用する外圧(土圧、水圧)に対するライニング膜の保形性を確認する試験および評価方法について定める。

## 2. 試 験 要 領

### 2.1 試験の概要

ライニング膜の特性に応じた試験要領に従って保形性試験を行う。

#### (1) 試験要領1の概要

液状樹脂を管内面に充填塗布または吹付け塗布するような工法にあっては、モデル貫通孔を有する管体及び継手供試験管について、あらかじめ養生及び外面より水でライニング膜を平衡膨潤させた後、外面より水で試験圧力(4水準以上)を加え、ライニング膜が破壊するまでの時間を測定する。

#### (2) 試験要領2の概要

成形材料を管内面に貼付ける工法のように、ライニング膜が継手部の内面全体に接着されない工法にあっては中央にチーを有する供試験管を用いて、試験要領1と同様の試験を行う。

### 2.2 試験要領 1

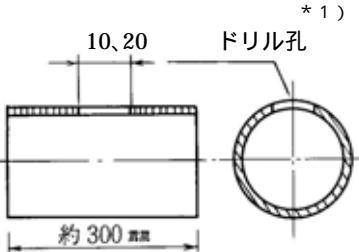
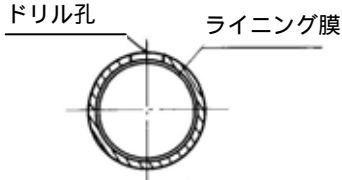
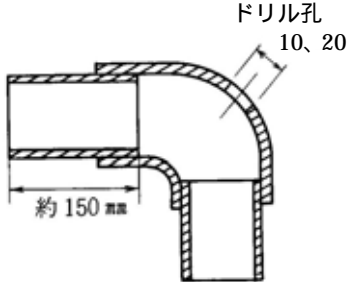
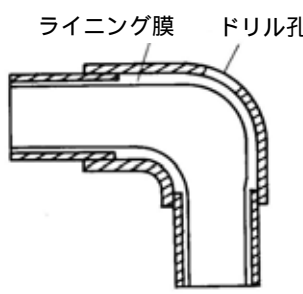
#### 2.2.1 適用

液状樹脂を管内面に充填塗布または吹付け塗布する工法のように、配管継手においてもライニング材料が管壁に塗布または接着される工法について適用する。

#### 2.2.2 供 試 管

表 - 1に供試験管の仕様を示す。なお加圧試験に用いる供試験管は、2.2.3項の前処理をしたものをを用いる。

表 - 1 供 試 管 の 仕 様

供 試 材			供 試 管 <sup>*2)</sup>	供試管数 <sup>*4)</sup> 〔各試験圧力 に対して〕
種類	口径	供 試 材		
管体	代 表 管 径 と する			3 本以上
継手 <sup>*3)</sup>	代 表 管 径 と する			3 個以上

ライニング膜厚は施工時標準膜厚とする。

< 解 説 >

\* 1) 通常、入替あるいは修理時に見られる腐食孔の孔径は数mm程度以下である。評価基準年数が 11 年の場合は 10、40 年の場合は 20 のモデル貫通孔を供試管に設けることとする。(参考資料-1 参照) この条件は実際の状態に比べ、相当に厳しい試験条件を定めている。

\* 2) 供試管の作成方法( 参考 )

供試管に設けたドリル孔を粘土等でふさいだ後にライニングを行い、ライニング材料を充分硬化養生させた後に、上記粘土等を除去する。

\* 3) 継手供試管

継手部の供試管例としてエルボの例を示す。工法の特性に応じ、より適切なときは他の形状の供試材を用いてもよい。

\* 4) 供試管の数

管体または継手のいずれか一方が予備試験等の結果により他方より保形性があると明確に確認された場合は、保形性があると確認された種類の試験の一部を省略することができる。

## 2.2.3 ライニング膜の前処理

### (1) 供試管の養生

#### (a) 供試管養生の意義

更生修理工法には、施工後一定の期間、時間の経過と共に物性が変化する<sup>\*5)</sup>材料を使用しているものも存在するため、供試管の養生条件を決定しなければ試験の再現性が得られず、正確な試験及び比較ができない恐れがある。そこで、保形性試験を実施するにあたって、以下に示す予備試験(供試管養生条件決定試験)を実施し、保形性試験で使用する供試管の養生条件を決定するものとする。なお、接着剤に熱硬化性樹脂を使用している反転シール系工法については、樹脂部分のみに対し、養生条件を決定すればよいものとする。<sup>\*6)</sup>

< 解説 >

\*5) 時間の経過と共に材料物性が変化するものとしては、エポキシ樹脂を使用した樹脂ライニング工法などが存在する。通常は、数年でその変化は収束する。

\*6) 反転シール系工法における保形性能は、主に樹脂部分により担保されていると考えられるため、樹脂部分についてのみ熱加速試験を実施すればよいこととした。

#### (b) 供試管養生条件の概要

樹脂材料のライフサイクルには、「硬化領域」、「緩和領域」、「安定領域」、「劣化領域」の4つの領域が存在するが、本保形性試験においては、供試管を「安定領域」に達するまで養生した後、試験を実施するものとする。<sup>\*7)</sup>

< 解説 >

\*7) 樹脂材料のライフサイクルは、通常表-2、図-1 に示す通りとなる。なお、通常の使用環境下では、樹脂材料は「安定領域」に存在する可能性が高いことから、供試管を「安定領域」に達するまで養生した後、試験を実施するものとする。

表 - 2 樹脂塗膜のライフパターン

硬化領域	樹脂の硬化反応が進行し、樹脂の強度が向上する領域
緩和領域	樹脂の硬化反応に伴い発生した架橋構造の不安定さを解消し、より安定的な架橋構造に変化する領域 (化学反応を伴った変化ではなく、物理的な変化により現れる領域)
安定領域	架橋構造が安定した状態に達し、樹脂に物理的な変化及び化学的な変化が発生しない領域
劣化領域	架橋構造が変化し、樹脂の強度が低下する領域 <sup>*8)</sup>

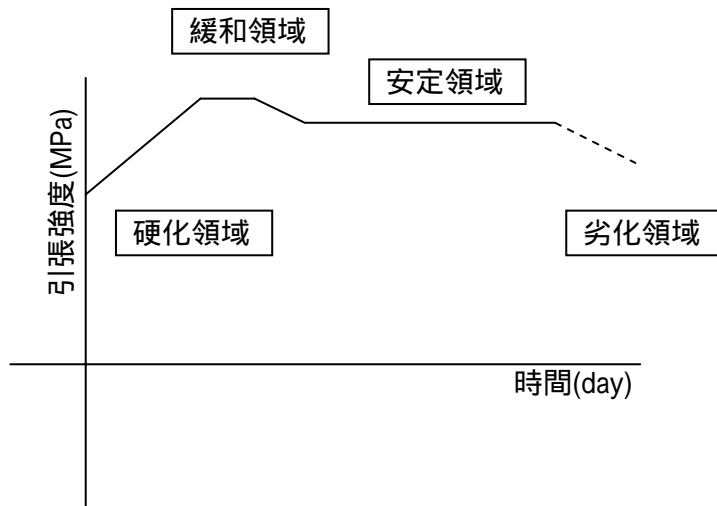


図 - 1 樹脂塗膜のライフパターン

\* 8) 劣化領域は、施工後 40 年程度では現れない可能性が高いため、供試管養生にあたっては、劣化領域まで加速しないよう注意する。

(c) 供試管養生条件決定試験

以下に示す条件で熱加速試験を実施し、安定領域に達する試験温度、養生日数を決定する。

( ) 試験片仕様

表-3 に示す JIS K 7113 (プラスチックの引張試験方法) に規定する 2 号形試験片など、JIS、ASTM 規格から適切な試験片を選択することができる \*9)

表 - 3 供試管養生条件決定試験で使用する試験片の一例

試験片の種類	2 号試験片(通常)	2 号試験片(1/2)	2 号試験片(1/3)	2 号試験片(1/5)
A: 全長(最小)	115	60	57	30
B: 両端の幅	25 ± 1	12 ± 1	8 ± 0.5	5 ± 0.5
C: 平行部分の長さ	33 ± 2	16 ± 2	11 ± 1	6.5 ± 0.5
D: 平行部分の幅	6 ± 0.4	3 ± 0.2	2 ± 0.2	1.2 ± 0.2
E: 小半径	14 ± 1	7 ± 0.5	4.7 ± 0.5	3 ± 0.4
F: 大半径	25 ± 2	12 ± 1	8 ± 0.5	5 ± 0.4
G: 標線間距離	25 ± 1	12 ± 0.5	8 ± 0.5	5 ± 0.4
H: つかみ具間距離	80 ± 5	40 ± 2	27 ± 2	16 ± 2
I: 厚さ	2 ± 0.15	2 ± 0.15	2 ± 0.15	2 ± 0.15

単位: mm

( ) 試験温度、養生日数

樹脂の性状にあわせて適宜選択するが、試験温度は 1 種類でよい。\*10)、\*11)

( ) 測定項目

熱加速試験後、表 - 4 に示す条件で、引張強度及び伸びを測定する。

表 - 4 測定物性項目及びその測定条件

物性項目	測定条件	N 数
引張強度 伸び	引張速度: 25mm/min 測定環境: 23 ± 2 (その他は JIS K 7113 準拠)	3

( ) 試験雰囲気

本試験は、窒素雰囲気下で実施する。\* 12)

( ) 解析方法

図 - 1 に示すように、時間 - 引張強度及び伸びのグラフを作成し、安定領域に達するまでの養生日数を導出する。\* 13)

< 解説 >

\* 9) 適切な試験片は、JIS、ASTM 規格に指定された各種引張試験片を指すが、ここでは一例として JIS K 7113 に規定されている 2 号試験片の形状を示す。なお、本試験片は一例であるため、その他 JIS 規格等引張試験片を適宜選択してもよい。

\* 10) 樹脂のライフパターンは、使用樹脂の性状によって大きく異なる。従って、一義に試験温度と試験片取出し時間を決定することは不可能である。

\* 11) 表 - 5 に標準的な試験温度及び試験片の取出し時間を示す。本試験温度及び試験片取出し時間、あくまで標準的な設定値を示したものであり、適宜試験温度、試験片取出し日数の変更を行っても良いが、樹脂のガラス転移点付近の温度は避け、また導管と樹脂の線膨張係数の相違による供試管への影響にも配慮する方が好ましい。なお、本試験により試験片が変形等した場合は、試験温度設定が高すぎた可能性が高いので、再度より低い温度で試験を実施する必要がある。

表 - 5 試験温度と試験片取出し時間の関係

試験温度( )	サンプル取出し時間(日)
100	3、6、9、13、15

\* 12) 空気環境下で熱加速試験を実施すると、樹脂が高温で酸素と接することから、本来の供用下で発生するはずのない異常な酸素との反応を誘発する恐れがある。そこで、酸素との反応を考慮する必要がなく、より現実の使用環境下に近い窒素雰囲気下で実施することとする。

\* 13) 安定領域に達すると引張強度、伸び共にほぼ一定の値を示すようになる。従って、引張強度、伸びの経時変化がほとんどなくなったことが確認できた最短の養生日数を、安定領域に達するまでの養生日数と定義する。

(d) 供試管養生の実施

以上の供試管養生条件決定試験により導出された養生温度及び安定領域に達するまでの養生日数により、供試管養生条件決定試験と同じく窒素雰囲気下で供試管を養生し次節に示す浸漬を実施した後、保形性試験を実施する。

(2) 浸漬

水と接触する部分( 2.2.5(3)の図-2 のA部 )をあらかじめ外面より水に浸漬し、ライニング膜を膨潤させておく。<sup>\*14)</sup>

浸漬時間は下記に示す時間以上とする。

[ 浸漬時間 ]

膨潤が平衡状態に達するまでとし、次のいずれかの方法で浸漬時間を決める。なお、膨潤が平衡に達するのに長時間を要する場合は、材料に影響を与えない範囲内で加温してよい。

施工時の標準膜厚にライニングした平板を、供試管と同一温度条件で水中に浸漬し質量変化が一定になる時間を確認する。

耐ガス性・耐薬品性試験・評価要領書に定める蒸留水の浸漬試験( 質量変化 )で求めた平衡膨潤時間(  $T_s$  )より、次式から浸漬時間(  $T$  )を決定する。<sup>\*15)</sup>

浸漬温度が異なる場合は、同一温度条件下で改めて行う必要がある。

$$T = 4 \cdot T_s \cdot \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

但し、 $d_1$ : 供試管のライニング膜の厚さ

$d_2$ : 試験片の厚み

< 解説 >

\*14) 供内管に腐食漏えい予防工法を施工後、腐食貫通孔が発生した場合に、その貫通孔を介して土中の地下水とライニング膜とが接し膨潤するため、その部分をあらかじめ水で膨潤させておく。

\*15) ライニング膜が平衡膨潤の状態に達する時間は、膜厚の2乗に比例する。また供試管の場合、水はモデル貫通孔からのみ浸透するのに対し、耐ガス性・耐薬品性試験・評価要領書に定める試験片では両面から水が浸透してくるため、同試験片の厚さは片面から浸透する場合の $1/2$ と考える必要がある。

以上のことから、供試管のモデル貫通孔部のライニング膜が平衡膨潤の状態に達するまでの時間は次式で表わすことができる。

$$T = 2^2 \times T_s \times \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

#### 2.2.4 試験方法

- (1) 各供試管に所定の圧力を加え終ってから、ライニング膜が破壊する<sup>\*16)</sup>までの時間を測定する。3ヵ月経過しても破壊しない時は、3ヵ月で試験を終了させることができる。ただし、少なくとも3水準で各々少なくとも1本が破壊するまで試験を継続する。
- (2) 加圧はすみやかに行い、加圧後は所定の圧力に維持する。

#### < 解説 >

\* 16) ガス供給上支障がある状態にまでライニング膜が変形したときは、ライニング膜の破壊とみなす。

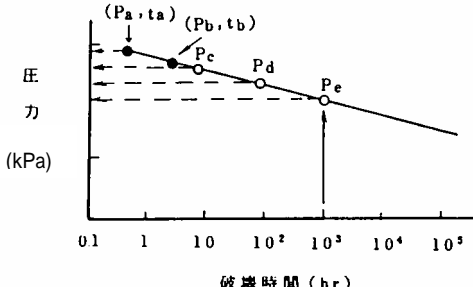
#### 2.2.5 試験条件及び装置

- (1) 試験温度  
23±2 とする。
- (2) 試験圧力  
試験圧力は4水準以上とする。<sup>\*17)</sup>

#### < 解説 >

\* 17) 試験期間内で、長時間の結果が得られ、かつ片寄らないように試験圧力を決める。以下に試験圧力の決め方の一例を示す。

試験圧力の決め方(例)

手 順	試 験 方 法	備 考
最 大 圧 力 ( $P_{max}$ ) の 決 定	2.2.5(3)の加圧装置を用いて段階的に昇圧し、ライニング膜が破壊する最大圧力 $P_{max}$ を求める。	1) 時間をかけて昇圧させると低い圧力で破壊するので、1時間以内で昇圧させる。 2) $P_{max}$ は2本以上の供試管の破壊圧力の平均値を用いる。
長時間( $10^3$ 時間) で破壊する圧力の推定	$P_{max}$ をもとに、ライニング膜が短時間で破壊と思われる2水準の圧力( $P_a$ , $P_b$ )で保形性試験を行い、破壊時間( $t_a$ , $t_b$ )を求め $10^3$ 時間程度で破壊する圧力( $P_e$ )を推定する。	3) $P_a$ , $P_b$ は、 $P_{max}$ に低減係数を乗じて任意に定めればよい。 (例) $P_a = 0.9 P_{max}$ $P_b = 0.7 P_{max}$ 4) 破壊時間 $t_a$ , $t_b$ は、圧力 $P_a$ , $P_b$ での平均破壊時間(3本以上の供試管の破壊時間の平均値)を用いる。 5) ( $P_a$ , $t_a$ )、( $P_b$ , $t_b$ )を両対数方眼紙上にプロットし、両点を通る直線を描き $10^3$ 時間で破壊する圧力 $P_e$ を求める。
試験圧力の選定	$P_a \sim P_e$ を均等に分割し、試験圧力を選定する。	6) 4試験水準の場合  Paと $P_e$ の間を3分割し、試験水準 $P_c$ , $P_d$ を決める。 但し $P_b = P_c$ の場合、 $P_c$ は $P_d$ で代替する。

### (3) 加 圧 装 置

供試管のモデル貫通孔部のライニング膜( 図 - 2 の A 部 )を、一定の圧力で加圧できる装置を用いる。図 - 2 に加圧方法の例を示す。

なお、加圧試験時は、供試管のモデル貫通孔部のライニング膜と水が常に接するようにする。水は適宜補給する。

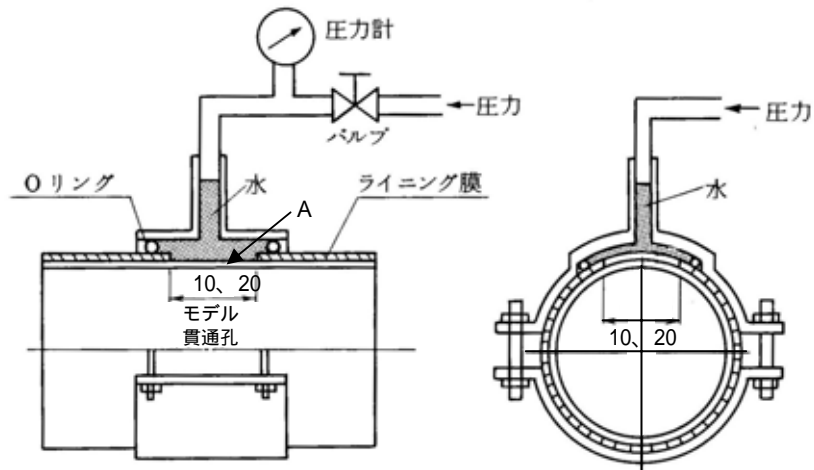


図 - 2 加 圧 方 法 (例)

## 2.3 試 験 要 領 2

### 2.3.1 適 用

成形材料を管内面に貼付ける工法のように、ライニング膜が継手部の内面全体に接着されない工法について適用する。

### 2.3.2 供 試 管

表 - 6 に供試管の仕様を示す。

表 - 6 供 試 管 仕 様

口 径	供 試 管	供 試 管 数 〔各試験圧力に対して〕
代 表 管 径 と する		3 本以上

< 解説 >

実配管において、チーにこのようなライニングを施工することはないが、配管の継手(ソケット、エルボ等)を代表し、かつ供試管の製作上の容易さを考慮し、本方法を採用する。

チーの分岐径は、ライニング膜が水と接触する部分( 2.3.4 図-3のA部 )の面積を評価基準年数が11年の場合は 10以上、40年の場合は 20以上となるように選定すること。

2.3.3 ライニング膜の前処理

2.2.3の規定に準ずる。

2.3.4 試験方法

2.2.4の規定に準ずる。

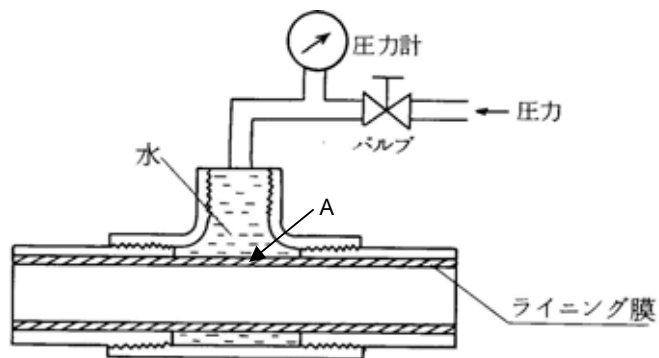


図 - 3 加 圧 方 法 (例)

### 3. 評価要領

#### 3.1 評価手順

- (1) 保形性試験の結果から、圧力と破壊時間との関係を求める。
  - (2) 評価基準年数におけるライニング膜の破壊圧力を推定する。
  - (3) 工法施工後の供内管に後天的に発生する可能性のある腐食貫通孔を介してライニング膜がうける外圧(土圧、水圧)を定める。
  - (4) (2)の破壊圧力と(3)の外圧を比較して、ライニング膜の保形性を評価する。
- 以上の手順を図 - 4 に示す。

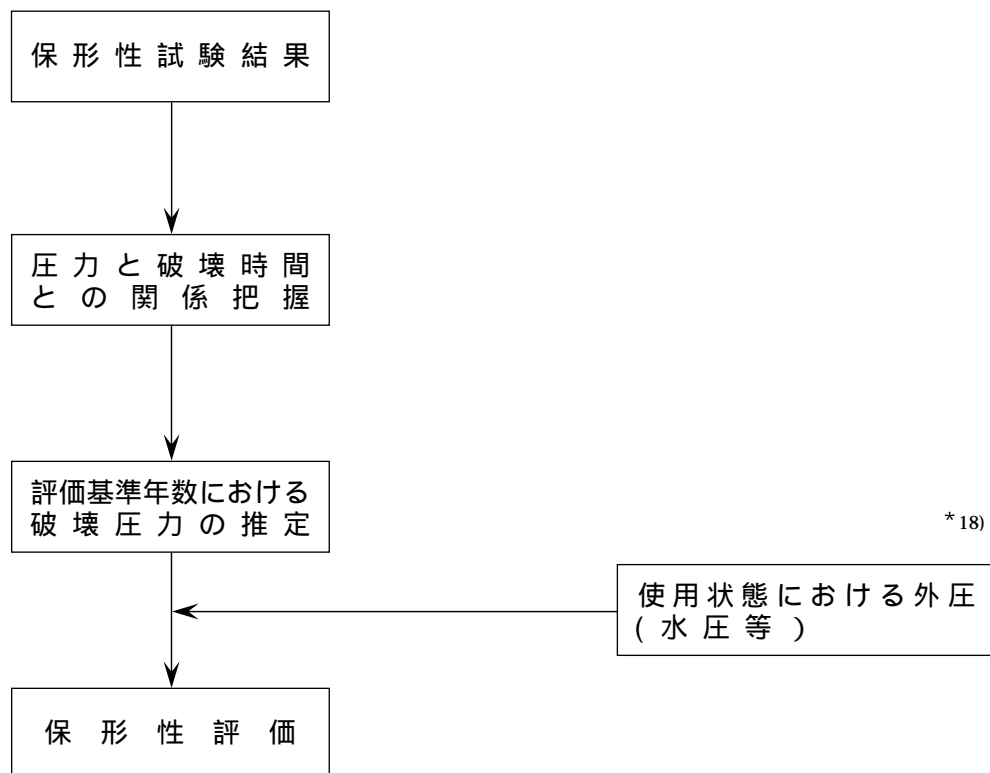


図 - 4 評価手順フロー

\* 18) 使用状態にある導管に腐食によって貫通孔が生じたとき、モデル貫通孔を介してライニング膜にかかるものと想定される外圧をいう。

#### 3.2 加圧圧力と破壊時間の関係の把握

- (1) 試験圧力を縦軸に、破壊時間を横軸にとり、試験結果を片対数方眼紙又は両対数方眼紙にプロットする。<sup>\* 19)</sup>
- (2) 試験圧力とライニング膜の破壊時間の結果から、最小二乗法を用いて回帰直線を求める。
- (3) 回帰直線から 95%信頼区間の下方信頼限界線を求める。

< 解説 >

\*19) 直線性の高い方を用いる。

試験要領1においては、管体供試管及び継手供試管のデータのうち、いずれか下方にプロットされるものについて評価するものとする。

### 3.3 評価基準年数における破壊圧力の推定

3.2.(3)で得られた下方信頼限界線にもとづいて、評価基準年数における破壊圧力を推定する。<sup>\*20)、\*21)</sup>

< 解説 >

\*20) 回帰直線に対してデータのプロットは正規分布するものと考えて、 $-2$  (信頼度 97.5%) の下方信頼限界線を評価線とする。

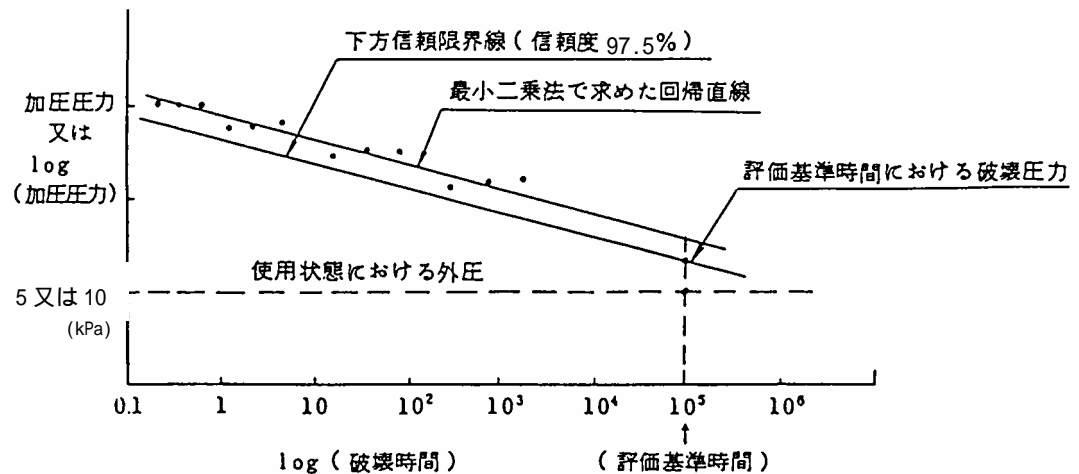


図 - 5 評価基準年数における破壊圧力の推定

\*21) 本試験は、工法を適用した供内管に後天的に発生する腐食貫通孔を介してライニング膜にかかる外圧(土圧、水圧)を想定して、ライニング膜が外圧に対して長期にわたり圧壊したり、管断面を閉塞させたりしないかどうか確認するものである。

試験は実管で行っており、実際の腐食状態に比べ相当大きなモデル貫通孔を用い、またライニング膜はあらかじめ水で膨潤させる等厳しい試験条件としている。

\*20)の例では、保形性の判定の目安として評価基準年数は約 11 年(10<sup>5</sup> 時間)としている。クリープ特性試験・評価要領書に示されている Uncertainty factor は試験条件に含まれているものとする。

### 3.4 使用状態における外圧

使用状態における外圧の基準は以下の通りとする。

試験要領1に基づく試験 10kPa<sup>\*22)</sup>

試験要領2に基づく試験 5kPa

#### < 解説 >

\*22) 試験要領1に対する基準外圧は、本支管維持管理対策ガイドラインの保形性試験・評価要領書と同様に、土圧と水圧の影響を考慮し 10kPa とした(参考資料-2 参照)。

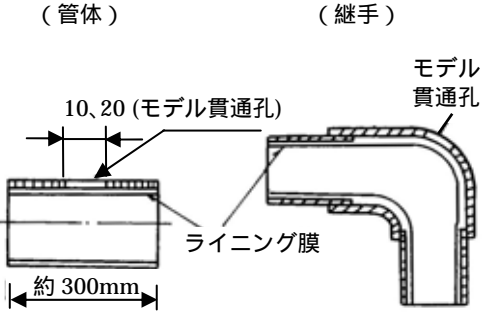
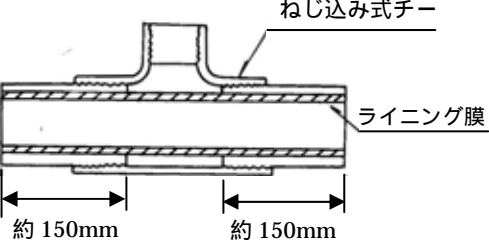
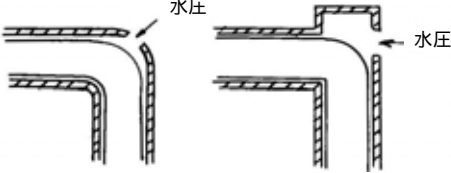
試験要領2に対する基準外圧は、このような形態の継手部のライニング膜に土圧が直接作用することは考えられないため、水圧のみを考え 5kPa とした。なお試験要領2における受圧面積は継手部のライニング膜と管壁の形状を考慮して、試験要領1に比較して10倍以上となっている。このことから10又は20の腐食貫通孔を介して土圧及び水圧が同時に作用する場合でも、試験要領2を満足していれば十分な保形性を有すると考えてよい。

### 3.5 評価

3.3 で推定した評価基準年数における破壊圧力が、3.4 で定めた使用状態における外圧より大きいとき十分な保形性があると評価する。

(参考)

### 試験要領1と試験要領2の比較

試験要領 試験・評価	試験要領 1	試験要領 2
適用対象	管本体、継手、内面の全面にわたってライニング膜が密着している工法(液状樹脂を管内面に充填塗布または吹付け塗布する工法)	継手部の一部においてライニング膜が継手内面と密着しない可能性のある工法(成形材料を管内面にはりつける工法)
供試管		
試験法	モデル腐食孔又はチーより、水圧(4水準)をかけ、ライニング膜が破壊するまでの時間を測定(「破壊」とはライニング膜の破損又は供給上支障のある変形をいう)。	
評価 評価基準時間 外圧の基準 (理由)	<p>管体、継手のいずれか弱い方で評価</p> <p>10<sup>5</sup> 時間</p> <p>10 kPa</p> <p>腐食孔を介して作用する土圧(最高5kPa)及び水圧(5kPa)を考慮</p>	<p>10<sup>5</sup> 時間</p> <p>5 kPa</p> <p>継手部等ライニング膜が密着していない場合、水圧は腐食孔を介してライニング膜にかかるが土圧はかからない(土のブリッジ現象のため)。</p>  <p>管体部分でライニング膜が内面に密着している場合は、水圧、土圧ともにかかる。しかし、10又は20の腐食孔を介してかかる土圧、水圧10kPaは、上記の供試管における5kPaよりはるかにゆるやかな条件であるため、継手部における試験で代替できる。</p> <p>( 受圧部面積 : 受圧部外周 1(10) : 7~10(チー) )</p>

〈 参考資料-1 〉

「保形性試験におけるモデル貫通孔径と評価基準年数の考え方」

1. 目的

保形性試験は、実際の腐食状態に比べ相当大きなモデル貫通孔(φ10、φ20)を用い、またライニング材料はあらかじめ水で膨潤させる等厳しい試験条件としている。したがって保形性の判定の目安として評価基準年数はまずφ10では約11年(10<sup>5</sup>時間)とし、同じ腐食速度で腐食が進行するものとしてφ20では約40年(3.6×10<sup>5</sup>時間)とする。以下にその考え方の概要を示す。

2. 腐食孔の成長モデル

腐食孔の中心断面形状モデルを図-1に示し、次式で表せるものとする。

$$y = ax^m \quad (a, m: \text{定数}) \quad \dots [1.1]$$

腐食孔の容積は、次式で表せる。

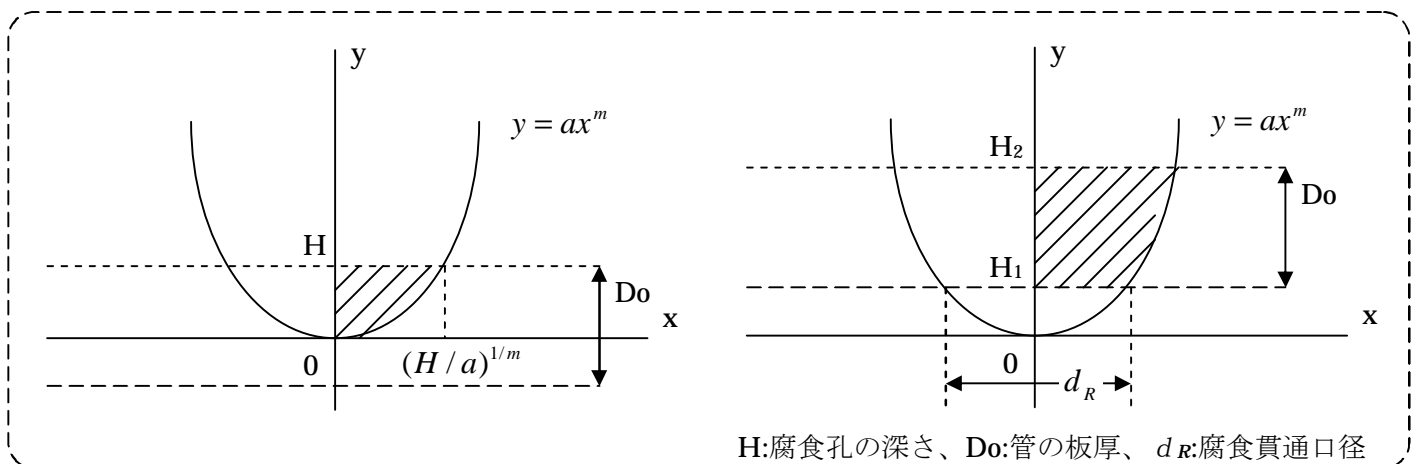
$$V = \int_0^H px^2 dy = AH^{m'} \quad \left( A = \frac{pm}{a^{2/m}(m+2)}, m' = \frac{m+2}{m} \right) \quad H \leq D_0 \quad \dots [1.2]$$

$$V = A(H_2^{m'} - H_1^{m'}) \quad (H_1 = a(d_R/2)^m, H_2 = D_0 + a(d_R/2)^m) \quad H > D_0 \quad \dots [1.3]$$

また経過時間 **T** については単位時間あたりの金属溶出量  $\alpha$  を一定とすると、

$$T = \frac{A}{\alpha} H^{m'} \quad H \leq D_0 \quad \dots [1.4]$$

$$T = \frac{A}{\alpha} (H_2^{m'} - H_1^{m'}) \quad H > D_0 \quad \dots [1.5]$$



H:腐食孔の深さ、D<sub>0</sub>:管の板厚、d<sub>R</sub>:腐食貫通口径

図-1 腐食孔の成長モデル

一方、同じ腐食速度環境下で腐食貫通孔が発生するまでの時間 $T_0$ と、貫通してから孔径 $d_R$ となるまでの時間 $(T_{d_R} - T_0)$ の比 $\phi_{d_R} = (T_{d_R} - T_0) / T_0$ は次式で表される。

$$\phi_{d_R} = \frac{H_2^{m'} - H_1^{m'}}{D_0^{m'}} - 1 \quad \dots [1.6]$$

### 3. 評価基準年数の考え方

1984年に実施した経年鋼管の管体調査結果(口径50A)をもとに、腐食貫通孔が10まで成長する期間 $(T_{10} - T_0)$ を $10^5$ 時間とし、モデル貫通孔径10での評価基準年数を約11年( $10^5$ 時間)とする。一方、更生修理工法の適用は、経年鋼管の最終埋設年(1970年)と更生修理工法導入年(1985年)から、少なくとも埋設後15年は経過したものが対象となっており、 $T_0$ は最短でも15年となる。これらをもとに算出した各腐食孔径の成長に関する時間比 $\phi_{d_{10}}$ および $\phi_{d_{20}}$ を表-1に示す。

表-1 各配管口径の腐食孔径成長に関する時間比

	25A	50A	80A
$\phi_{d_{10}}$	0.911	0.761	0.689
$\phi_{d_{20}}$	3.417	2.852	2.568

(各口径の肉厚は $t_{25}=3.2\text{mm}$ 、 $t_{50}=3.8\text{mm}$ 、 $t_{80}=4.2\text{mm}$ 、 $y = ax^m$ : $a=0.07$ 、 $m=1.83$ )

上表の結果をもとに $T_0=15$ とし、腐食貫通孔が20まで成長する期間 $(T_{20} - T_0)$ を算出すると工法適用後最短で約40年となる( $\phi_{d_{20}}$ は最小(最短)値である80Aの値を用いた)。この値は更生修理工法施工済路線の管体モニタリング結果における腐食状況と比べると極めて厳しい条件であり、全体を網羅するに十分な期間であるものと考えられる。

(参考文献)

- 1) 更生修理工法技術研究会: 更生修理工法技術研究会最終成果報告書, 社団法人日本ガス協会, 2006

## 「埋設管腐食孔に加わる土圧」に関する実験結果

### 1. 目的

埋設後、長期経過した管に腐食孔が生じた時に、その腐食孔に加わる土圧はどのように変化するかを実験で確認する。

### 2. 前提

対象としている管は外径 30～80 mmと非常に小さな管で、これらが土中に埋設されている深度は概ね 0.6～2.0mである。土中で管が占めている体積は僅かであり、管の剛性は殆ど無視しうるものと考えられる。即ち、上載荷重などによって管に作用する土圧は周辺の地盤に作用する土圧と同等と考えられ、力の集中は殆どないものと思われる。

従って、実験ではモールド底板に腐食孔相当の降下板を設け、そこに発生する土圧を測定することにした。また、トンネルの緩み領域は通常  $1d \sim 2d$  ( $d$ はトンネル径)と言われているので、腐食孔径を 10 mm、20 mmとすれば土層厚としては 10 cmあれば充分であると考えられる。

### 3. 実験方法

#### (1) 静的実験

- a. モールド底部に腐食孔を想定した降下板を作る。
- b. モールドに所定の密度、飽和度の砂を充填し、種々の埋設深さ相当の荷重を加える。
- c. 降下板に加わる初期土圧を確認後、降下板を1.0mm / mmの速度で2mmずつ下げていき、降下板に加わる土圧を測定する。
- d. 測定土圧がゼロの場合、その確認のため降下終了後、降下板に堆積した砂の量を測定する。(一部の試料のみ)

#### (2) 動的実験

(1)c.の実験後(走行テストで確認した車両走行による地中発生加速度を参考にし  
て)種々の加速度を加えて、振動により降下板に加わる土圧を測定する。

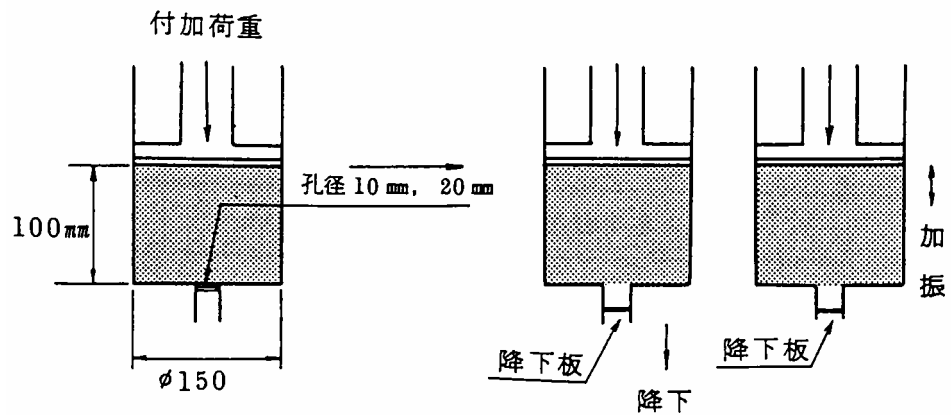


図 - 1 実験方法

(3) 実験条件

- a. 降下板 円形、直径 10 mm、20 mm
- b. 土質 豊浦標準砂、山砂、生駒真砂土(シルト・粘土分 24.5%、均等係数  $U_c = 150$ 、最大乾燥密度  $d_{max} = 1793 \text{ kg/m}^3$ )、ガラスビーズ(直径 1mm)
- c. 飽和度 標準砂  $S_r = 0, 30\%, 100\%$ 、山砂  $S_r = 0, 50 \sim 80\%, 100\%$ 、ガラスビーズ  $S_r = 0, 30, 100\%$
- d. 密度 標準砂、相対密度  $D_r = 30, 70\%$ 、山砂  $d_{max}$  の 90%、ガラスビーズ、相対密度  $D_r = 50\%$
- e. 初期土圧 土圧が大きい場合、小さい場合のいずれが腐食孔土圧として大きく生じるかは不明であるため、下記の3つの土圧を用いることにした。  
(なお、参考として下記に示したように管の埋設深さが 0.5m ~ 2.0m では 43 ~ 64kPa の土圧が加わると考えられる。)

- イ)  $P_i = 75 \text{ kPa}$
- ロ)  $P_i = 50 \text{ kPa}$
- ハ)  $P_i = 25 \text{ kPa}$

( 参 考 )

表 - 1 埋設管と深さと管に加わる土圧

	深 度 0.5m	深 度 1.0m	深 度 2.0m
土 圧 * 1)	9kPa	18kPa	36kPa
輪 圧 * 2)	55kPa	25kPa	9kPa
合 計 土 圧	64kPa	43kPa	45kPa

\* 1) 土の単位体積重量 =  $1.8 \text{ g / cm}^3$

\* 2) 輪圧 T - 20、後輪1軸、2輪が  $30^\circ$  で地中に分散すると仮定する。

$$P = 4000\text{kg}$$

$$\text{埋設深さ } 0.5\text{m} \text{ では } \sigma_1 = 4000 \times 1.5 / (118 / 2)^2 \times = 55\text{kPa}$$

$$\text{埋設深さ } 1.0\text{m} \text{ では } \sigma_2 = 4000 \times 1.5 / (175 / 2)^2 \times = 25\text{kPa}$$

$$\text{埋設深さ } 2.0\text{m} \text{ では } \sigma_3 = 4000 \times 1.5 / (290 / 2)^2 \times = 9\text{kPa}$$

f. 降 下 量 Z = 2、4、6、8、10、12、14 mm

g. 測 定 時 間 1降下量につき 15 分

h. 加振加速度 100gal ~ 1500gal

i. 加速周波数 100Hz ~ 500Hz

走行テストでは、15 ~ 20Hz。本実験では装置の制約上低い周波数の振動発生が不可能であるので最大加速度のみをパラメーターとした。

車両走行による地中発生加速度

イ) T - 20 40 km / hr での地中上下方向最大加速度 (実測値)117gal

(深度 0.6m、段差 2.0cm)

ロ) " 50 km / hr ~ 60 km / hr での地中上下方向最大加速度 (推 定) 160gal

(深度 0.6m、段差 2.0 cm)

ハ) T - 30 50 km / hr ~ 60 km / hr での地中上下方向最大加速度 (推 定)190gal

(深度 0.6m、段差 2.0 cm)

ニ) T - 20 40 km / hr での地中上下方向最大加速度 (実測値) 67gal

(深度 1.0m、段差 2.0 cm)

ホ) " 50 km / hr ~ 60 km / hr での地中上下方向最大加速度 (推 定) 90gal

(深度 1.0m、段差 2.0cm)

ヘ) T - 30 50 km / hr ~ 60 km / hr での地中上下方向最大加速度 (推 定)108gal

(深度 1.0m、段差 2.0 cm)

#### 4. 実験結果

##### (1) 静的実験

a. 降下板には、かなりのばらつきはあるものの大きな土圧は発生しなかった。

全 体:  $P_p = -0.5 \sim 4.6\text{kPa}$   $P_p \text{ ave.} = 0.87\text{kPa}$  (孔径10mm、20mm)

標 準 砂:  $P_p = -0.5 \sim 4.6\text{kPa}$   $P_p \text{ ave.} = 1.42\text{kPa}$  (孔径10mm)

$P_p \text{ ave.} = 0.22\text{kPa}$  (孔径20mm)

山 砂:  $P_p = -0.2 \sim 0.5\text{kPa}$   $P_p \text{ ave.} = 0.10\text{kPa}$  (孔径20mm)

ガラスビーズ:  $P_p = 0 \sim 2.1\text{kPa}$   $P_p \text{ ave.} = 0.24\text{kPa}$  (孔径10mm)

$P_p \text{ ave.} = 1.22\text{kPa}$  (孔径20mm)

降下板を逐次下げていってもこの土圧が増加する傾向は見られなかった。これは局部的なアーチング作用により、降下の影響が周囲地盤へは殆ど及ばず、またアーチング内は局部的な間隙比の増加によって空隙が埋められ、地盤全体としてはバランスしていることによると考えられる。

b. 初期土圧、土の密度による降下板土圧の差は見られなかった。

c. 飽和および乾燥試料では降下板土圧の差はみられなかったが、不飽和試料では小さい土圧が得られた。これはメニスカスの影響によるものである。

d. 降下板径による降下板土圧の差は、ばらつきが大きく明瞭な差異は認めがたい。ただ、ガラスビーズでは口径20mmでの値は口径10mmでの値に比べて、僅かに大きい傾向が認められた。

##### (2) 動的実験

a. 振動による降下板土圧は、最大1500galの加速度を加えても新たには殆ど発生しなかった。( 実際の車両走行では、せいぜい100~200galの加速度 )

加振直後の土圧は、全体的に1.0~2.0kPa減少しているが、これは振動により降下装置に摩擦力が働いている為と思われる。( キャリブレーション結果による。)

b. 約3000回の繰り返し加振による降下板土圧の変動も見られなかった。

( 加振30秒後土圧と加振終了時土圧との差が殆どなかった。 )

## 5. 結論

実験結果によれば、静的、動的載荷状態共にばらつきはあるものの降下板には大きな土圧は発生しなかった。

実験回数は各ケース合わせて約70個あり、90%以上が3.0kPa以下である。最大の測定値でも4.6kPaである。これらの土圧は局所的な土質、その他の条件によって支配されるものと考えられている。今回行った実験条件にはガラスビーズなど実地盤と比べてかなり厳しいと思われる条件でも実験を行ったので、実地盤で発生するかなりの悪条件を満足しているであろう。設計土圧としては、最大値を包括するものと考えると約5.0kPaとなり、地下水圧を加えてもせいぜい10kPa程度と考えられる。

### (参考文献)

- 1) 石原 研而:土質動力学の基礎
- 2) 土質工学会:土と構造物の動的相互作用
- 3) 村山 朔郎・松岡 元:砂質土中のトンネル土圧に関する基礎研究  
土木学会論文報告集 第187号・1971年3月
- 4) 村山 朔郎・松岡 元:粒状地盤の局所沈下現象について  
土木学会論文報告集 第172号・1969年12月
- 5) 村山 朔郎・松岡 元:砂層内局所沈下部にかかる垂直土圧  
京大防災研究所年報 第11号B・昭和43年3月
- 6) Zvi Getzler : Analysis of Arching Pressures in Ideal Elastic Soil  
Journal of the Soil Mechanis and Foundations Division
- 7) 環境庁大気保全局特殊公害課:道路交通振動マニュアル