

農業水利施設の機能保全の手引き  
「パイプライン」  
参考資料

「農業用パイプラインの事故の特徴と復旧工法  
の事例」

## 目 次

1	農業水利施設の賦存量	1
2	農業水利施設に係る事故発生状況	2
3	農業用パイプライン事故における管種及び事故形態別の傾向	4
4	管種別の事故の特徴	5
	(1) データ整理の前提条件	5
	(2) 遠心力鉄筋コンクリート管 (RC 管)	6
	(3) コア式プレストレストコンクリート管 (PC 管)	7
	(4) 石綿セメント管 (ACP)	9
	(5) 鋼管 (SP)	10
	(6) ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)	13
	(7) 強化プラスチック複合管 (FRPM 管)	15
	(8) 硬質ポリ塩化ビニル管 (PVC 管)	18
5	復旧工法の事例紹介	20
	(1) 管体損傷	20
	(2) 継手損傷	21
	(3) 強化プラスチック複合管 (FRPM 管) の応急復旧手法	22
	(4) 鉄鋼系管の復旧工法	23
6	地震時におけるパイプライン事故事例とその特徴	25
	(1) 地震被害の基本的特徴	25
	(2) 地震被害の発生しやすい箇所 (ウィークポイント)	26
	【参考】 国営造成管路の敷設延長	36

# 1 農業水利施設の賦存量

これまでに整備されてきた農業用パイプラインは、受益面積 100ha 以上の基幹的施設だけでも、延長 18 千 km に及ぶ。

そのうち、国営事業で敷設した農業用パイプライン（以下「国営造成管路」という。）は約 11 千 km（令和 5 年時点）で、管種別にみると、DCIP（ダクタイル鋳鉄管）4,872km、PVC 管（硬質ポリ塩化ビニル管）3,415km、FRPM 管（強化プラスチック複合管）1,251km、SP（鋼管）686km、PC 管（コア式プレストレストコンクリート管）382km、RC 管（遠心力鉄筋コンクリート管）160km、ACP（石綿セメント管）101km となっている。

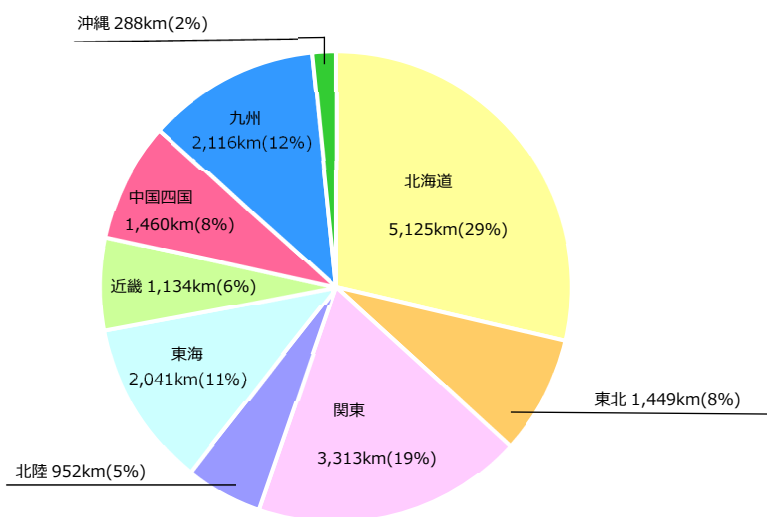


図 1 国営造成管路の地域ごとの延長と割合

注) 「農業基盤情報基礎調査（令和 5 年 3 月時点）」を用いて、地方農政局等の単位で整理。

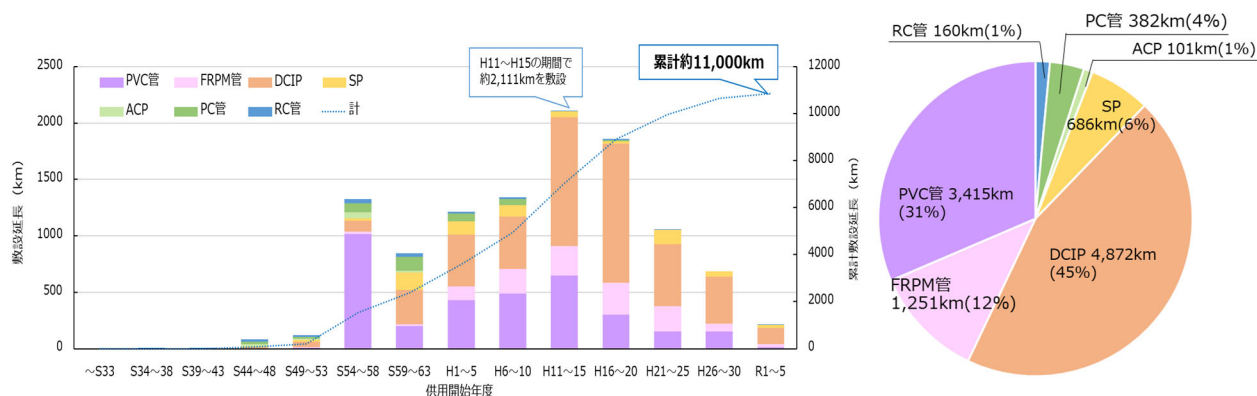


図 2 国営造成管路の供用開始年度ごとの敷設延長と累計敷設延長の管種別割合

注 1) 令和 7 年 3 月時点の農業水利ストック情報データベースにある、令和 5 年度までに敷設された国営造成管路の情報をもとに整理した。

注 2) 敷設年度の不明データ及びポリエチレン管（PE 管）のデータを除外した。

## 2 農業水利施設に係る事故発生状況

平成5年度から令和6年度までに発生した全国の農業水利施設の事故件数は、累計25,895件に上る。そのうち、パイプラインにおける事故は全体の約71%を占めている。パイプラインの事故件数は年々増加傾向にあり、特に近年では他施設と比較しても増加幅が大きい。

また、令和元年度から令和6年度までに発生したパイプライン事故のうち、道路下で発生したものが44%となっており、そのうち道路陥没を伴う事故は7%で、近年増加傾向にある。

なお、事故データは、農林水産省が実施する「農業水利施設に係る突発事故の発生状況調査」によるもので、調査対象は、国営、水資源機構営、都道府県営、団体営造成施設である。

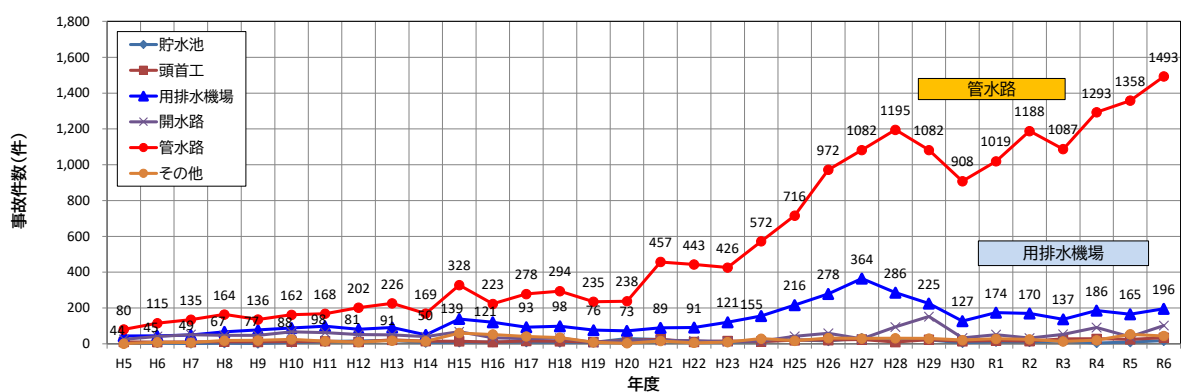


図3 施設別の突発事故発生状況 (H5～R6)

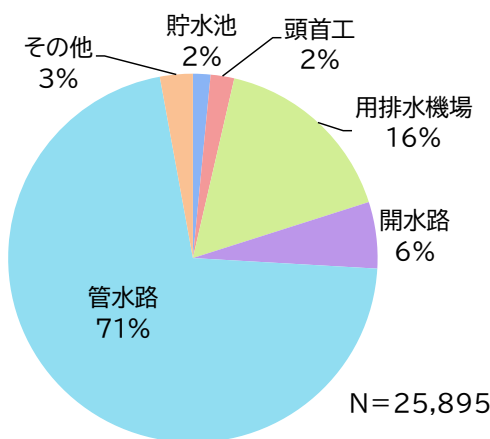


図4 施設別の事故件数比率 (H5～R6)

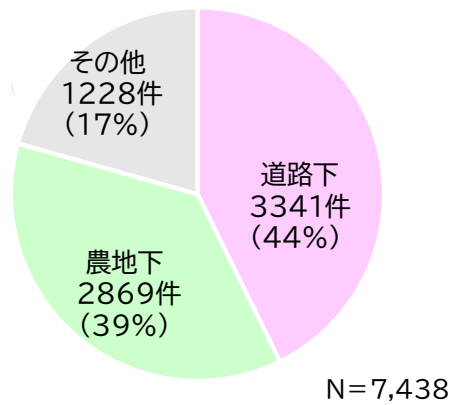


図 5 パイプライン事故の位置と件数 (R1~R6)

注) 「その他」は水路下、機場敷地下等。

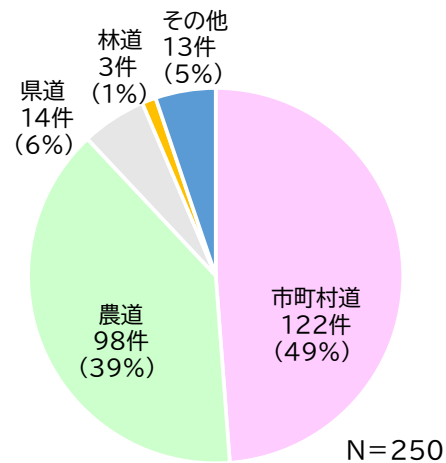
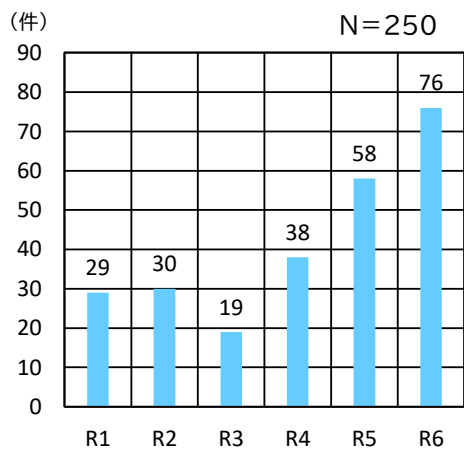


図 6 パイプライン事故に伴う道路陥没事故件数 (R1~R6)

図 7 パイプライン事故に伴う道路陥没事故が発生した道路の種類 (R1~R6)

注) 図 5~図 7 は、令和元~6 年度の「農業水利施設に係る突発事故の発生状況調査」について、事故位置、道路陥没の有無、陥没道路の種類を追加調査を行い、まとめたものである。

### 3 農業用パイプライン事故における管種及び事故形態別の傾向

農業用パイプラインの事故について、管種別及び事故形態別に集計した。コンクリート系管種は継手損傷の割合が高く、鉄鋼系及び樹脂系管種は管体損傷の割合が高い傾向がある。また、大規模な事故につながるリスクの高いφ800mm以上の管の事故率について、参考値として算出した。

表 1 管種・事故形態別の事故の概要

管種	事故形態	H14～R5年度の事故件数と形態別割合 <sup>注3)</sup>	φ800mm以上の管におけるR1～R5年度の事故件数と事故率 <sup>注4)</sup>	左記のうち事故前10か年に地震(震度5弱以上)のあった地域の事故件数
RC管	継手損傷	67件 (76%)	10件	3件
	管体損傷	21件 (24%)	0.0158 件/km/年	
PC管	継手損傷	102件 (80%)	13件	9件
	管体損傷	26件 (20%)	0.0087 件/km/年	
ACP	継手損傷	85件 (59%)	—	—
	管体損傷	58件 (41%)	—	
SP	継手損傷	26件 (9%)	20件	8件
	管体損傷 <sup>注2)</sup>	266件 (91%)	0.0073 件/km/年	
DCIP	継手損傷	21件 (23%)	4件	0件
	管体損傷 <sup>注2)</sup>	72件 (77%)	0.0010 件/km/年	
FRPM管	継手損傷	36件 (24%)	21件	10件
	管体損傷	115件 (76%)	0.0048 件/km/年	
PVC管	継手損傷	195件 (38%)	—	—
	管体損傷	323件 (62%)	—	

注1) 表1に示している英字は以下の管種を示している。

RC管	遠心力鉄筋コンクリート管	コンクリート系
PC管	コア式プレストレストコンクリート管	
ACP	石綿セメント管	
SP	鋼管	鉄鋼系
DCIP	ダクタイル鋳鉄管	
FRPM管	強化プラスチック複合管	樹脂系
PVC管	硬質ポリ塩化ビニル管	

注2) SP及びDCIPの管体損傷には、電食、C/Sマクロセル腐食、その他管体腐食及びその他の損傷を含んでいる。

注3) 平成14年度から令和5年度までの間に発生した国営造成管路の事故形態別事故件数とその割合を集計している。

注4) 事故率とは、令和元年から令和5年度における国営造成管路の口径800mm以上の事故件数を令和5年度の国営造成管路延長及び期間(5年)で除して算出したものである。ACP及びPVC管は口径800mm以上がない又は著しく少ないため、算出していない。

## 4 管種別の事故の特徴

### (1) データ整理の前提条件

本章で示す管種別の事故発生状況の特徴は、平成14年度から令和5年度までの間に報告された、国営造成管路における事故情報に基づいて整理している。事故データ整理の前提条件は、以下のとおりである。

#### 【解説】

##### ア データの収集

平成14年度から令和5年度までの間に施設管理者から報告された国営造成管路の漏水事故報告に基づき、集計を行った。なお、本調査では、自然災害に起因する事故については対象から除外している。

収集された事故データのうち、サイホンにおける事故については、水利システム上、管水路系統に区別できるもののみを対象とし、それ以外は対象から除外した。

##### イ 解釈の留意点

事故は複合的な要因により発生することが多いが、ここでは調査者が代表的な要因と想定したものをベースに整理しており、必ずしも客観的に要因が整理されたものではない。したがって、本データは事故要因の傾向を示す参考情報であることに留意する必要がある。

また、基本的に発生した事故情報を単純に集計し、図表を作成している（敷設延長等は分析に加味していない）ため、事故件数等のデータは事故の起こりやすさを直接表すものではない。

##### ウ ポリエチレン管（PE管）の扱い

ポリエチレン管については、農業用パイプラインとしての実績、経過年数が少なく、情報が十分に蓄積されていないことから、本章における整理対象から除外した。

## (2) 遠心力鉄筋コンクリート管 (RC 管)

RC 管における事故の形態は、76%が継手損傷、24%が管体損傷である。事故管の平均供用年数は、継手損傷で 38 年、管体損傷で 36 年であり、継手損傷の主な原因は材料の劣化で、管体損傷の主な原因は構造耐力の低下となっている。特に継手損傷に関しては、事故要因の 67%が継手ゴムの劣化や腐食となっている。



写真 1 管体損傷 (RC 管)



写真 2 継手損傷 (RC 管)

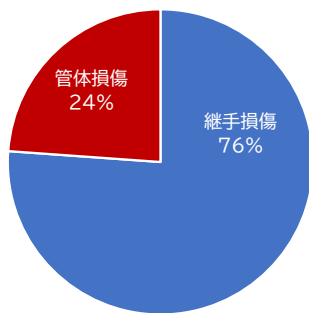


図 8 事故形態割合

表 2 事故が発生した時点の供用年数と事故形態別事故件数

事故の形態	供用年数 (年)		事故件数 (件)
	平均	標準偏差	
継手損傷	37.8	8.75	67
管体損傷	35.5	9.46	21

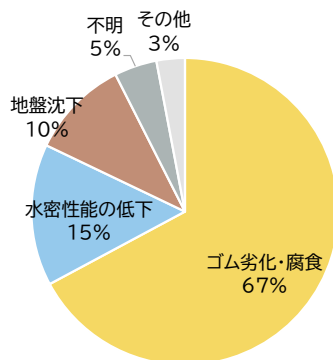


図 9 継手損傷の要因

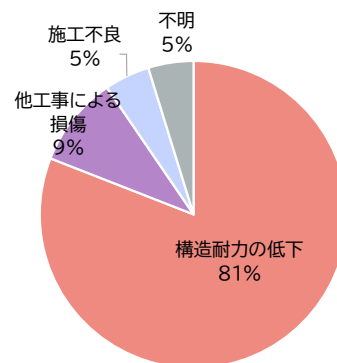


図 10 管体損傷の要因

注) データは、平成 14 年度から令和 5 年度までの間に報告された国営造成管路の事故情報を基に整理している。

### (3) コア式プレストレストコンクリート管 (PC 管)

PC 管における事故の形態は、80%が継手損傷、20%が管体損傷であり、事故管の平均供用年数は、継手損傷で 38 年、管体損傷で 32 年となっている。管体損傷については、カバーコーートの腐食などが要因となり、供用開始から 10 年程度の早期に発生するケースも確認されている。なお、事故対策として、昭和 54 年にカバーコート厚の規格が 25mm 以上へ改定されている。継手損傷の主な要因の 86%が、継手ゴムの劣化・腐食である。



写真 3 管体損傷 (PC 管)



写真 4 継手損傷 (PC 管)

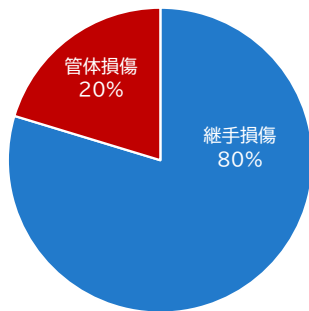


図 11 事故形態割合

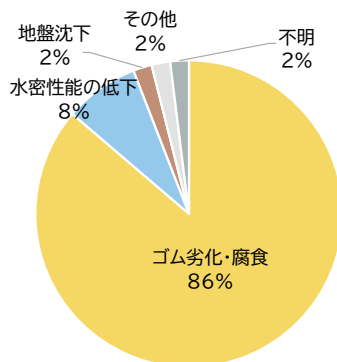


図 12 継手損傷の要因

表 3 事故が発生した時点の供用年数と事故形態別事故件数

事故の形態	供用年数 (年)		事故件数 (件)
	平均	標準偏差	
継手損傷	37.7	11.52	102
管体損傷	32.0	12.37	26

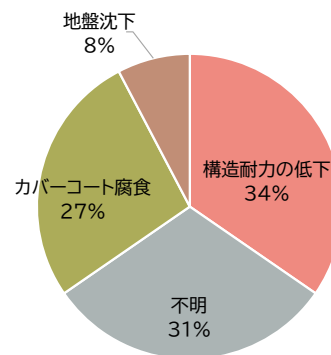


図 13 管体損傷の要因

注) データは、平成 14 年度から令和 5 年度までの間に報告された国営造成管路の事故情報を基に整理している。

### 【参考】コア式プレストレストコンクリート管（PC管）の管体損傷のメカニズム

コア式プレストレストコンクリート管（PC管）の管体劣化は、地下水や土壌中の侵食性因子によるカバーコートの化学的劣化と、継手部からの漏水に伴うカバーコートの物理的洗掘の二つに大別される。

侵食性因子（遊離炭酸、硫酸イオン等）がカバーコートに浸透すると、中性化及び薄肉化が進行し、内部のPC鋼線が露出して地下水や土壌と直接接触するようになる。これによりPC鋼線が発錆・破断が生じると、管本体が内外圧に耐えられなくなり、破損に至る。

一方、継手部からの漏水等がカバーコートを局所的に洗い流すことが原因となる（サンドブラスト現象）。これによりPC鋼線が露出し、露出した鋼線が発錆・破断することにより、管本体の破損につながる。



図 14 カバーコート薄肉化による管体損傷

出典：独立行政法人水資源機構「PC管本体の劣化に関する調査・診断の手法」

#### (4) 石綿セメント管 (ACP)

ACPにおける事故の形態は、59%が継手損傷、41%が管体損傷であり、継手損傷の主な要因はゴム劣化・腐食で、管体損傷の主な要因は構造耐力の低下となっている。事故管の平均供用年数は、継手損傷・管体損傷ともに40年であり、管径800mm未満の小口径管が多く、漏水事故は他の管種と比較して小規模である。なお、ACPには石綿（アスベスト）が含まれており、昭和60年に国内生産が中止、昭和63年に土地改良事業計画設計基準の基準管種から除外された。



写真 5 管体損傷 (ACP)



写真 6 継手損傷 (ACP)

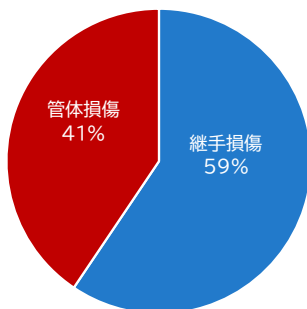


図 15 事故形態割合

表 4 事故が発生した時点の供用年数と事故形態別事故件数

事故の形態	供用年数 (年)		事故件数 (件)
	平均	標準偏差	
継手損傷	40.1	4.33	85
管体損傷	39.7	3.84	58

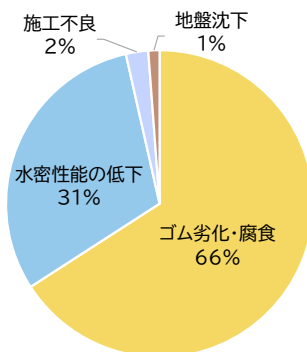


図 16 継手損傷の要因

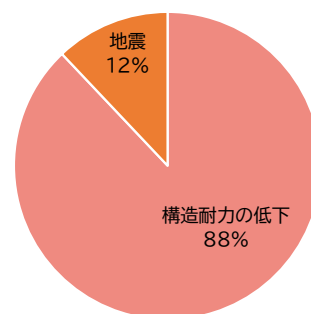


図 17 管体損傷の要因

注) データは、平成14年度から令和5年度までの間に報告された国営造成管路の事故情報を基に整理している。

(5) 鋼管 (SP)

SPにおける事故の74%は、電食やC/Sマクロセル腐食等による管体腐食であり、継手損傷は9%、その他の損傷が17%となっており、事故管の平均供用年数は、約28年となっている。管体腐食は、数mm～数cm程度の貫通孔を生じさせることが多く、生じる漏水事故は他の管種と比較して小規模である。平成14年度以降の管水路工事では、土木工事共通仕様書の改定により腐食対策が講じられるようになり、新しい管の腐食による事故は減少している。



写真 7 電食 (SP)



写真 8 C/Sマクロセル腐食 (SP)

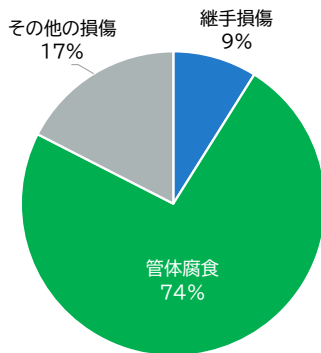


図 18 事故形態割合

表 5 事故が発生した時点の供用年数と事故形態別事故件数

事故の形態	供用年数 (年)		事故件数 (件)
	平均	標準偏差	
電食	27.2	8.10	57
C/Sマクロセル腐食	26.1	7.69	79
その他の管体腐食	28.9	7.70	64
継手損傷	26.9	15.49	24
その他の損傷	32.0	10.73	47

※供用年数が不明な管を除いているため、表 1 の数値と異なる場合がある。

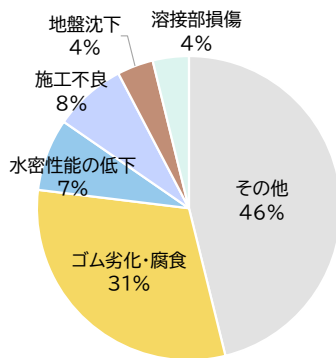


図 19 継手損傷の要因

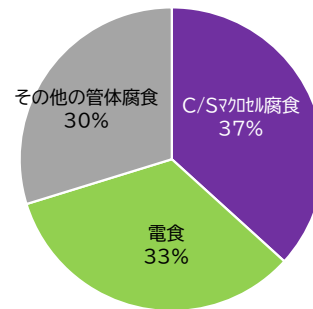


図 20 管体腐食の要因

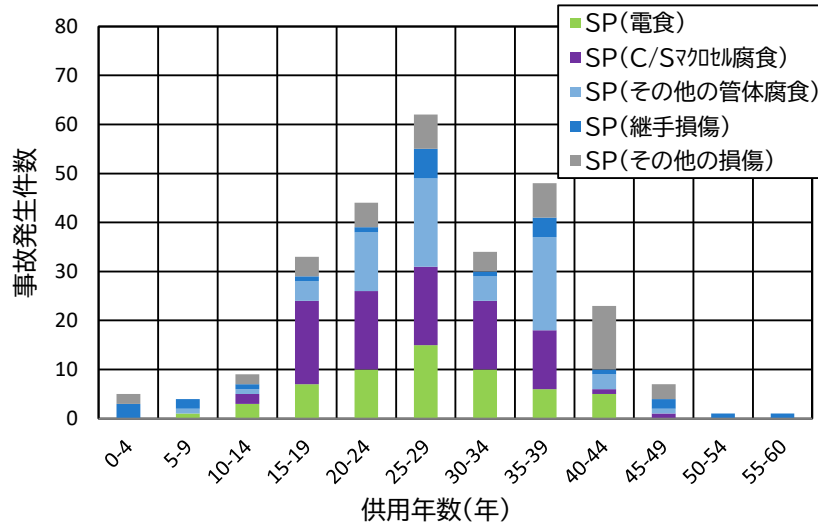


図 21 事故発生時点の供用年数別・事故要因別の事故発生件数 (SP)

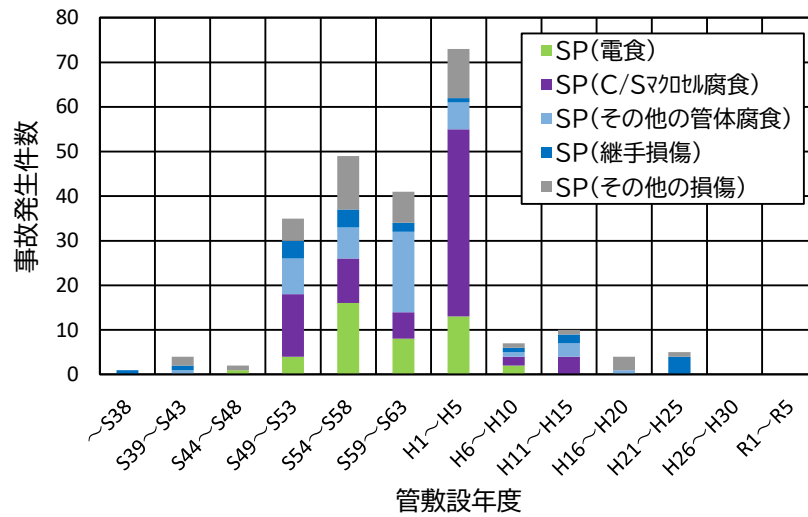


図 22 管敷設年別・事故要因別の事故発生件数 (SP)

注) データは、平成 14 年度から令和 5 年度までの間に報告された国営造成管路の事故情報を基に整理している。

**【参考】鋼管（SP）及びダクタイル鋳鉄管（DCIP）の管体腐食のメカニズム**

管体腐食のうち電食は、直流電気鉄道や電気防食施設などの電気設備から土壤中に漏洩した直流電流により生じる。直流電流が鉄鋼系管に流入し、流入した電流が再び土壤中に流出する際に、塗覆装損傷部で激しい腐食が発生し、貫通孔が発生する。

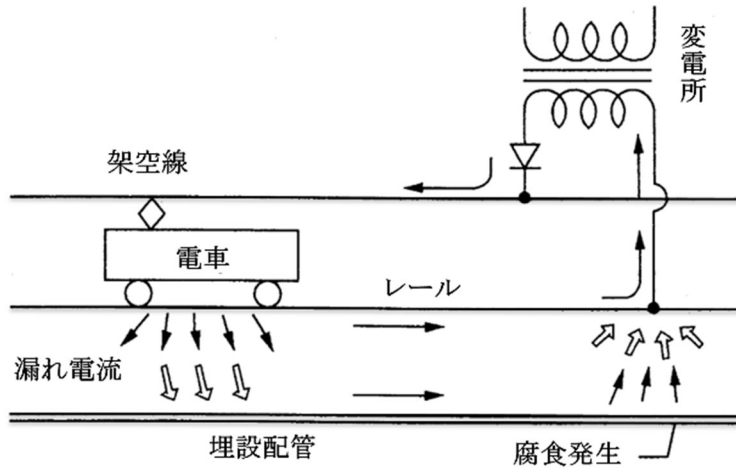


図 23 電食発生メカニズム

出典：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（鋼管等腐食対策編）（案）

C/S マクロセル腐食は、鉄鋼系管において、コンクリート中（アルカリ環境）と土壌中（中性環境）で生じる電位差により腐食電流が発生し、貫通孔が形成される腐食である。特に、鉄鋼系管とコンクリート中の鉄筋が電氣的に接触（メタルタッチ）している場合、腐食電流が流れやすくなり、腐食が助長される。

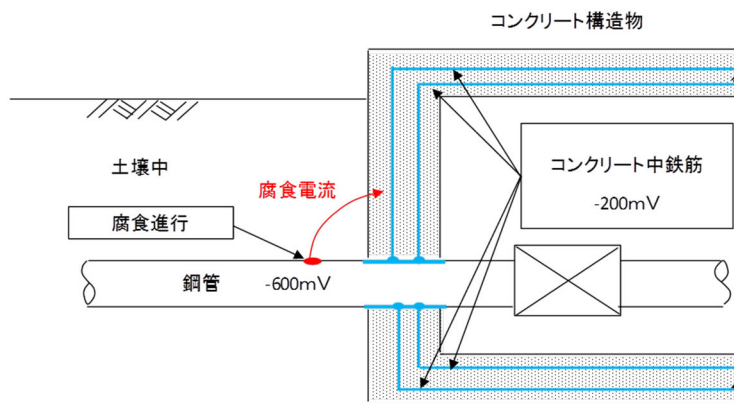


図 24 C/S マクロセル腐食発生メカニズム

出典：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（鋼管等腐食対策編）（案）

(6) ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)

DCIP における事故の 44%は、電食や C/S マクロセル腐食等による管体腐食であり、継手損傷は 23%、その他の損傷が 33%となっており、事故管の平均供用年数は、約 23 年となっている。管体腐食は、数 mm～数 cm 程度の貫通孔を生じさせることが多く、漏水事故は他の管種に比べ小規模である。SP と同様に、平成 14 年度以降の管水路工事では、土木工事共通仕様書の改定により腐食対策が講じられるようになり、新しい管の腐食による事故は減少している。



写真 9 電食 (DCIP)



写真 10 継手損傷 (DCIP)

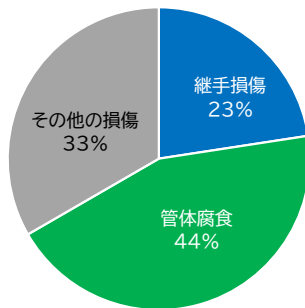


図 25 事故形態割合

表 6 事故が発生した時点の供用年数と事故形態別事故件数

事故の形態	供用年数 (年)		事故件数 (件)
	平均	標準偏差	
電食	23.4	5.04	10
C/Sマクロセル腐食	23.0	8.35	7
その他の管体腐食	24.3	8.70	24
継手損傷	21.8	11.57	21
その他の損傷	23.7	11.89	30

※供用年数が不明な管を除いているため、表 1 の数値と異なる場合がある。

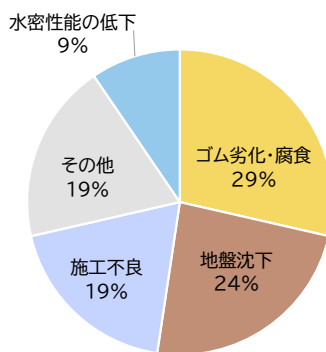


図 26 継手損傷の要因

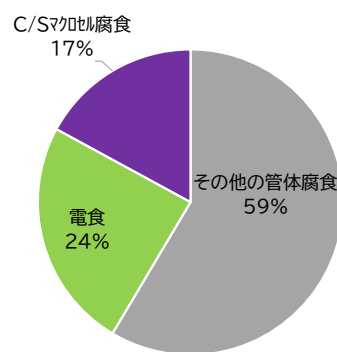


図 27 管体腐食の要因

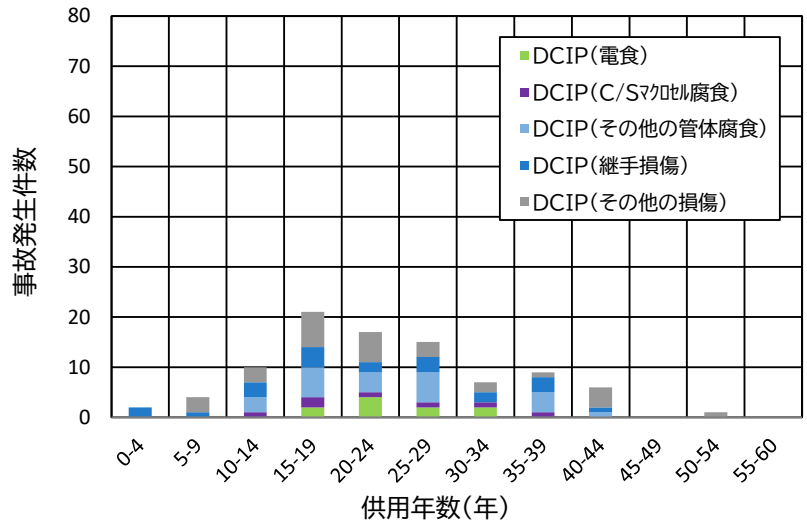


図 28 事故発生時点の供用年数別・事故要因別の事故発生件数 (DCIP)

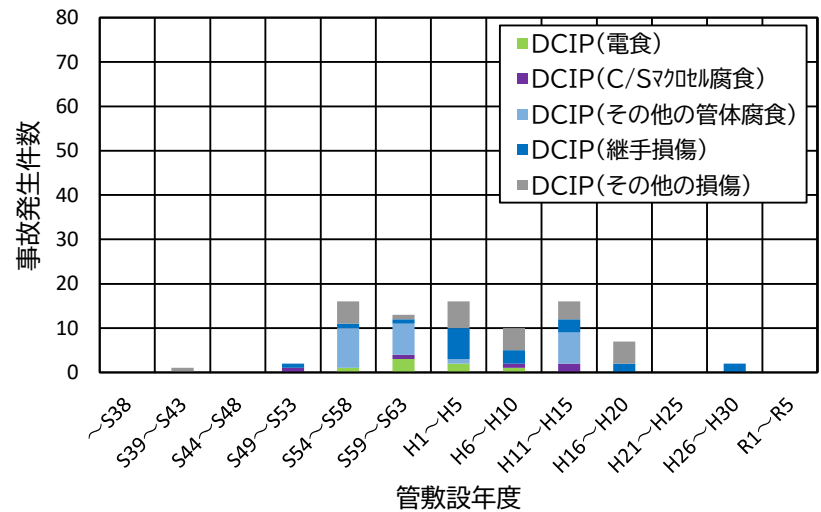


図 29 管敷設年別・事故要因別の事故発生件数 (DCIP)

注) データは、平成 14 年度から令和 5 年度までの間に報告された国営造成管路の事故情報を基に整理している。

(7) 強化プラスチック複合管 (FRPM 管)

FRPM 管における事故の形態は、76%が管体損傷、24%が継手損傷であり、管体損傷による漏水事故は他の管種に比べ大規模になる傾向がある。事故管は、供用後 10 年以内に破損するケースもあり、管路損傷に係る平均供用年数は、CC 管で 16 年、FW 管で 21 年となっている。また、施工時や吸い出しにより管体基礎部分へ礫等が混入・接触することで、管体が点支持の状態となり、破損が生じるケースもある。CC 管は平成 22 年度以降製造されておらず、以降に敷設された新しい管の管体損傷事故は減少している。



写真 11 管体損傷 (FRPM 管)



写真 12 継手損傷 (FRPM 管)

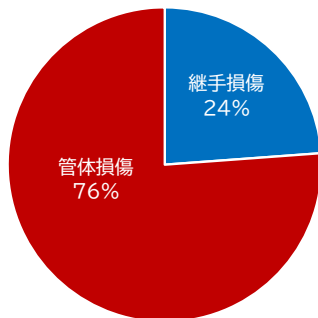


図 30 事故形態割合

表 7 事故が発生した時点の供用年数と事故形態別事故件数

事故の形態	供用年数 (年)		事故件数 (件)
	平均	標準偏差	
CC管 (継手損傷)	15.8	6.55	6
CC管 (管体損傷)	15.8	5.54	37
FW管 (継手損傷)	16.0	5.91	14
FW管 (管体損傷)	20.8	7.05	36
不明 (継手損傷)	24.9	10.02	16
不明 (管体損傷)	21.7	7.58	41

※供用年数が不明な管を除いているため、表 1 の数値と異なる場合がある。

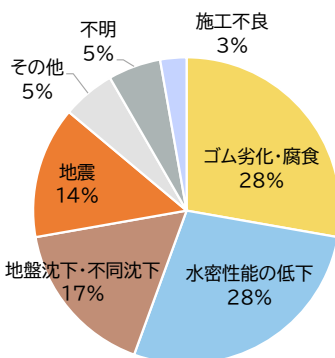


図 31 継手損傷の要因

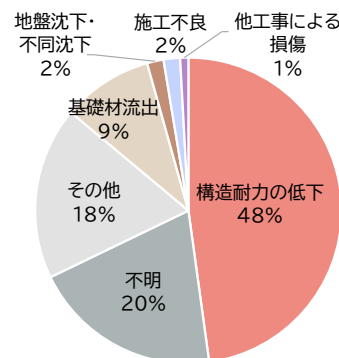


図 32 管体損傷の要因

注) 表の不明とは、調査時に事故管が CC 管なのか、FW 管なのか、関連資料や現地確認により判別のつかなかったものを示す。

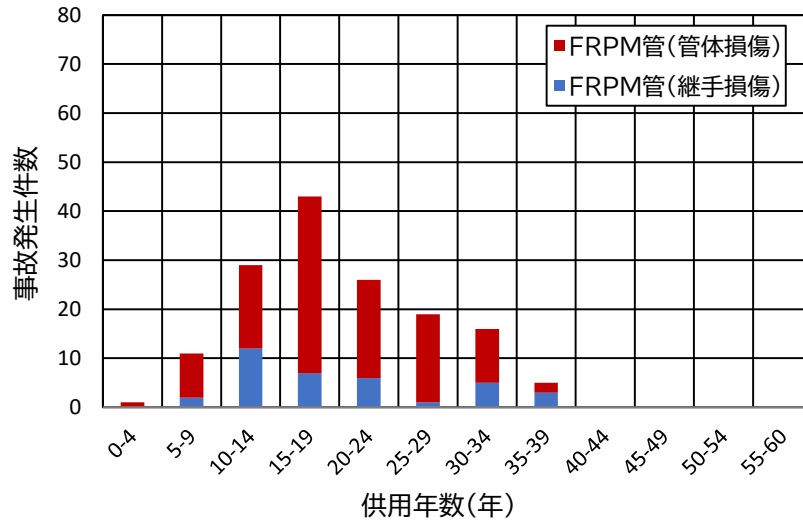


図 33 事故発生時点の供用年数別・事故要因別の事故発生件数（FRPM 管）

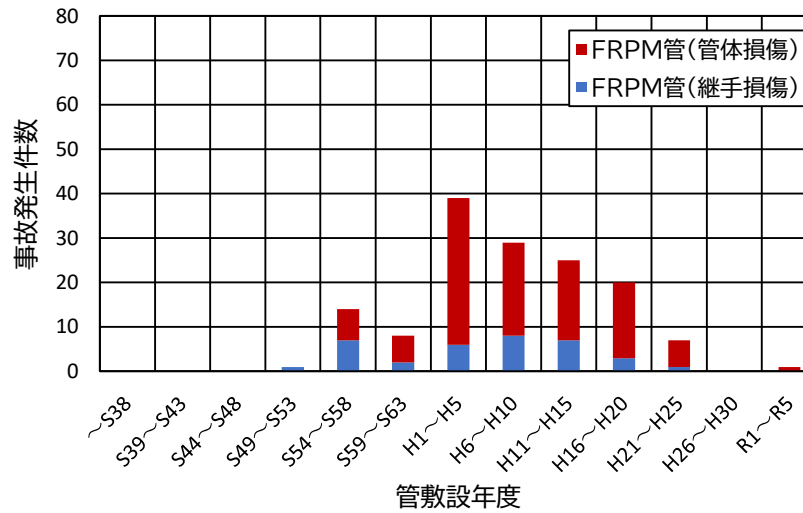


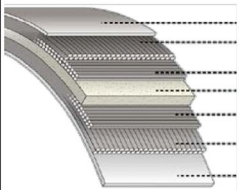
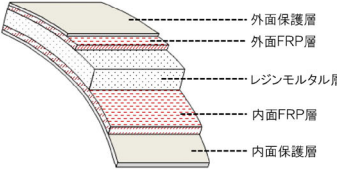
図 34 管敷設年別・事故要因別の事故発生件数（FRPM 管）

注) データは、平成 14 年度から令和 5 年度までの間に報告された国営造成管路の事故情報を基に整理している。

【参考】強化プラスチック複合管（FRPM 管）の種類と成形方法

FRPM 管の種類はその成形方法により、表 8 のように FW 管と CC 管に区分される。

表 8 FRPM 管の成形方法別比較

FRPM 管の種類	FW 管	CC 管
成形方法	・フィラメントワインディング成形 (Filament Winding: FW 成形) 高い引張り強度を持ったガラス繊維を切断することなく長繊維のまま芯金に巻きつけて成形	・遠心力成形 (Centrifugal Casting: CC 成形) 高速回転による遠心力によって、ガラス短繊維、樹脂、骨材などを積層成形
構造		
特徴	ガラス繊維が切断されていないため、ガラス繊維の強度がより有効に活用される。	ガラス短繊維の強度は樹脂とガラスの付着力に左右される。

出典：強化プラスチック複合管協会 「農業用パイプラインにおける強化プラスチック複合管の漏水事故要因と対応策について」

また、現地（管内）で FW 管と CC 管を識別する方法は以下のとおりである。

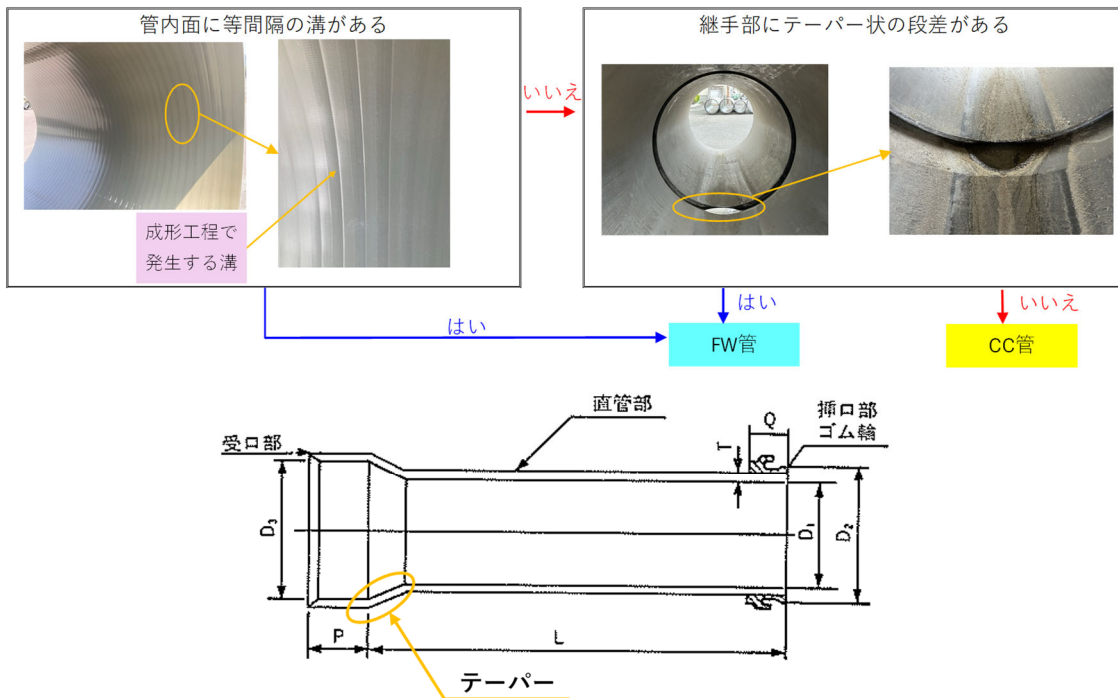


図 35 FW 管と CC 管の識別方法

出典：強化プラスチック複合管協会

### (8) 硬質ポリ塩化ビニル管 (PVC 管)

PVC 管における事故の形態は、62%が管体損傷、38%が継手損傷である。事故管の平均供用年数は、継手損傷で 35 年、管体損傷で 29 年となっている。事故の発生は、供用年数が 35 年以上で増加する傾向がみられる。PVC 管は小口径のものが多く、漏水事故は他の管種と比較して小規模である。



写真 13 管体損傷 (PVC 管)



写真 14 継手損傷 (PVC 管)

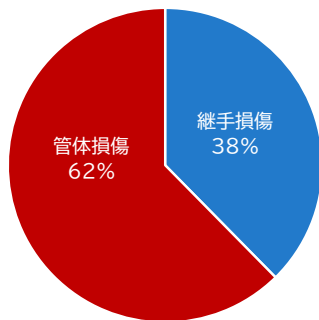


図 36 事故形態割合

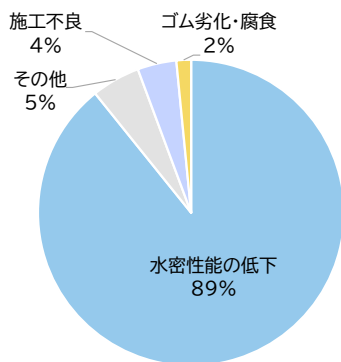


図 37 継手損傷の要因

表 9 事故が発生した時点の供用年数と事故形態別事故件数

事故の形態	供用年数 (年)		事故件数 (件)
	平均	標準偏差	
継手損傷	35.2	8.35	163
管体損傷	28.9	10.29	232

※供用年数が不明な管を除いているため、表 1 の数値と異なる場合がある。

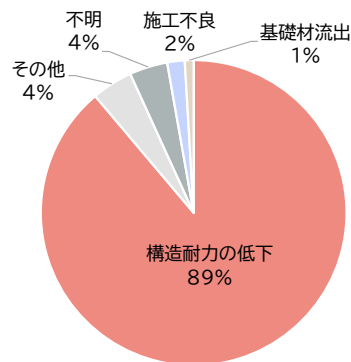


図 38 管体損傷の要因

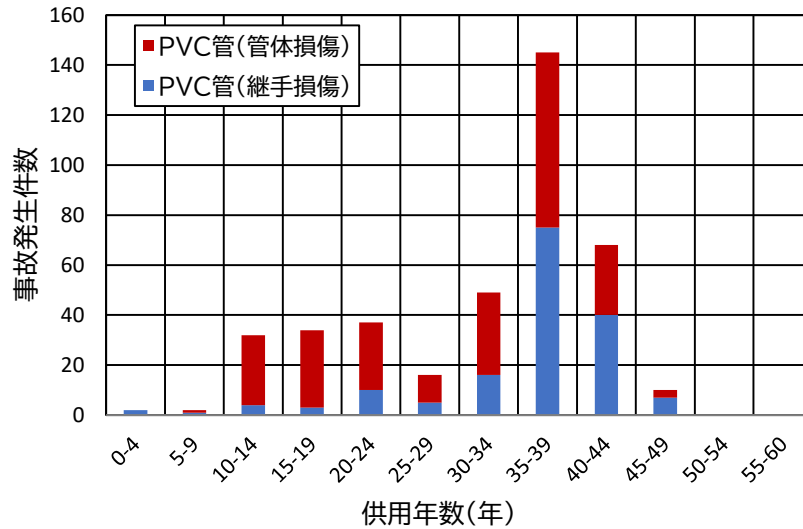


図 39 事故発生時点の供用年数別・事故要因別の事故発生件数（PVC 管）

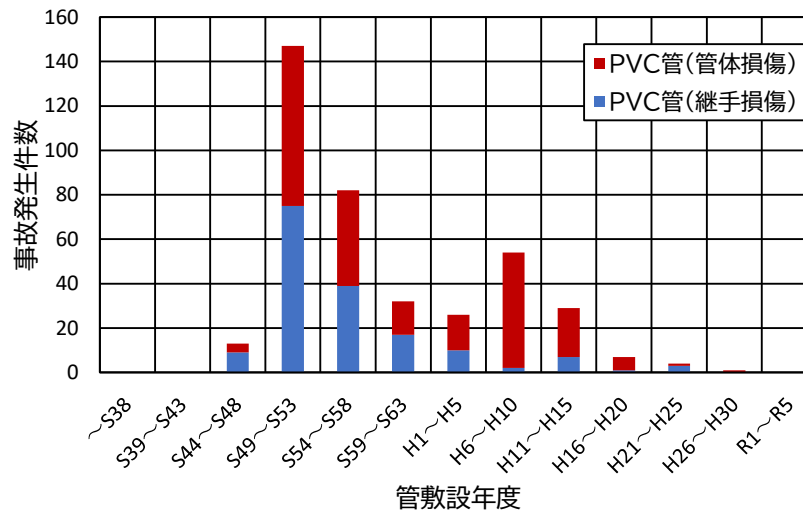


図 40 管敷設年別・事故要因別の事故発生件数（PVC 管）

注 1) データは、平成 14 年度から令和 5 年度までの間に報告された国営造成管路の事故情報を基に整理している。

注 2) PVC 管のみ事故発生件数が多いため、縦軸を変更している。

## 5 復旧工法の事例紹介

### (1) 管体損傷

管体損傷はプレストレストコンクリート管(PC管)、強化プラスチック複合管(FRPM管)及び硬質ポリ塩化ビニル管(PVC管)に比較的多く確認される変状である。周方向の管路折れや軸方向割れにより、広範囲に管体が破損するため、復旧工法としては以下のような工法がある。

表 10 管体損傷の復旧工法 (1/2)






復旧工法	復旧工法の説明	写真
敷設替え	<p>既存の管路が劣化・損傷・性能不足などにより、修繕では対応できない場合に、新しい管路に交換する工事をいう。</p> <p>破損管は現場で切断するなどして持ち出し、新しい管と継手を用いて既設管と一体化させる。</p>	
鞘管工法 (管路更生工法)	<p>既設管内に強化プラスチック複合管(FRPM管)、ダクタイル鋳鉄管(DCIP)、鋼管(SP)、ポリエチレン管(PE管)等を立坑から運搬して接合若しくは溶接、溶着、又は立坑内で接合・推進し、その後、既設管との間隙にエアモルタル等の充填材を充填して管路を構築する工法である。</p>	
反転・形成工法 (管路更生工法)	<p>以下の2種類の工法に大別される。</p> <p>①更生材を施工現場で反転や引き込みを行い、加温又は光により硬化反応させて更生管を作る工法。</p> <p>②工場で製造した更生材(管材)の口径を縮径等させた状態で、施工現場で引き込みを行い、加温・加圧して拡張等を行うことにより更生管を作る工法。</p>	
製管工法 (管路更生工法)	<p>既設管内に現場製管し、既設管との間隙にはモルタル等を充填することで更生管を構築する。更生管を形成する内面嵌合部材と充填材からなる施工方法である。</p>	

表 11 管体損傷の復旧工法 (2/2)

復旧工法	復旧工法の説明	写真・イメージ図
<p>SUS 巻き工法 (管路更生局所補修工法)</p>	<p>ステンレス鋼板を円筒形に加工し、既設管内で拡径・溶接して新たな内圧管を形成する。亀裂部には補強リブを溶接し、両端の継手部には止水バンドを設置することで、漏水防止と構造補強を同時に実現する補修工法である。 応急復旧対策に使用されることが多い。</p>	

(2) 継手損傷

継手損傷は様々な管種で広く確認される変状である。復旧工法は、継手部の漏水等が生じた箇所にゴムスリーブ等と鋼板材料を用いて拡径装着させる止水バンド工法が一般的であるが、現場・環境条件によってはコンクリート巻き立て工法や SUS 巻き工法も適用されている。


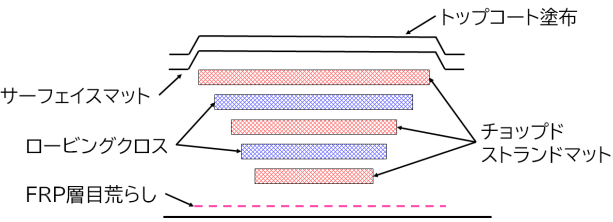
表 12 継手損傷の復旧工法

復旧工法	復旧工法の説明	写真・イメージ図
<p>止水バンド工法</p>	<p>継手部の変状により漏水等が生じた箇所に、弾力性のあるゴムスリーブ等と鋼板材料を用いて拡径装着し、部分的に水密性を回復又は向上させる工法である。</p>	
<p>コンクリート巻き立て工法</p>	<p>漏水箇所を中心に管外周部をコンクリートで包み込む工法であり、継手部の密閉性を高め、止水性を回復させることが可能である。但し、コンクリートによる重量増加と可とう性を失うことにより、軟弱地盤では前後の管と不同沈下が生じ、巻き立てしていない管に損傷等の影響を及ぼす可能性がある点に留意が必要である。</p>	
<p>SUS 巻き工法 (管路更生局所補修工法)</p>	<p>ステンレス鋼板を円筒形に加工し、既設管内で拡径・溶接して新たな内圧管を形成する。亀裂部には補強リブを溶接し、両端の継手部には止水バンドを設置することで、漏水防止と構造補強を同時に実現する補修工法である。</p>	
<p>継手外補修工法</p>	<p>パイプラインの継手部からの漏水に対して、外部から補修部材(フランジボルトやゴムパッキン等)を取り付けて止水・補強を行う工法である。 人の入れないφ800mm未満の管に主に用いられる。</p>	

### (3) 強化プラスチック複合管 (FRPM 管) の応急復旧手法

FRPM 管の応急復旧には、ひび割れ箇所に FRP 層を積層させるハンドレイアップを用いることがある。

表 13 FRPM 管の応急復旧手法

復旧工法	復旧工法の説明	写真・イメージ図
ハンドレイアップ	<p>FRP (繊維強化プラスチック) 製品の成形に用いられる手積積層成形法である。</p> <p>FRP 積層対象物に熱硬化性樹脂を塗布して、その上にガラス繊維 (マット又はクロス) を置き、ローラーなどを用いて手作業によりガラス繊維に熱硬化性樹脂を含浸させていく。</p>	
	<p>この作業を繰り返し行うことでガラス繊維を積層する。</p> <p>積層完了後、熱硬化性樹脂を硬化させ、製品形状を成形する。</p> <p>基本的に内面 FRP 層まで達するひび割れを補修する応急復旧対策に使用される。</p>	

#### (4) 鉄鋼系管の復旧工法

鋼管 (SP) やダクタイル鋳鉄管 (DCIP) における最も多い変状は腐食によるピンホール等の発生であり、その代表的な工法は防食工法である。この工法は、鉄鋼系管の耐久性を回復又は向上、若しくは腐食の抑制により施設の長寿命化を図ることを目的に実施し、「電気防食」、「塗覆装」、「メタルタッチ切断」、「余盛り」に分類される。

表 14 鉄鋼系管の復旧工法 (1/2)

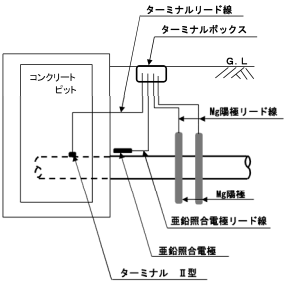

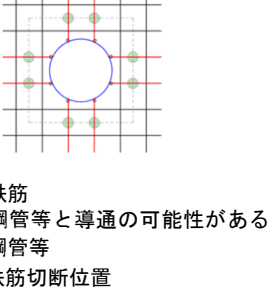



復旧工法	復旧工法の説明	写真・イメージ図
電気防食	<p>防食対象である鉄鋼系管の自然電位をよりマイナス側の電位に変化させて腐食を抑制あるいは緩和させる工法である。</p> <p>その工法には、C/S マクロセル腐食のみ対象とした近接陽極法とメタルタッチを伴う C/S マクロセル防食以外に適用する完全防食法がある。</p>	
塗覆装	<p>鉄鋼系管の表面に塗覆装を施すことにより、腐食環境の悪い土壌や水等から遮へいし腐食を防止する防食工法である。</p> <p>塗覆装の使用材料は、既製のシートライニング材、熱収縮シート、熱収縮チューブのプラスチック系防食材等がある。</p>	
メタルタッチ切断	<p>鉄筋コンクリートピットと配管の絶縁により、C/S マクロセル腐食の防止する工法である。</p>	
メカニカル補修	<p>局所的な腐食箇所に対して、クランプ、ジョイント等の機械的な部材を用いて止水・補強を行う工法であり、余盛り工法の一つ。</p>	
当て板工法	<p>局所的な腐食や孔食による漏水に対して、鋼板を管外面に溶接することで止水を図る工法であり、余盛り工法の一つ。</p> <p>応急復旧対策に使用されることが多い。</p>	

表 15 鉄鋼系管の復旧工法 (2/2)

復旧工法	復旧工法の説明	写真・イメージ図
鉄ソケット・ 鉄プラグ挿入工法	鉄ソケットを溶接し、溶接したソケットに鉄プラグをねじ込むことで止水する工法であり、余盛り工法の一つ。	

## 6 地震時におけるパイプライン事故事例とその特徴

### (1) 地震被害の基本的特徴

#### 1) 特徴

パイプラインの地震被害は、地盤条件、管種、施設構造が複合して発生する。被害は特定の箇所集中して発生する傾向があり、管路そのものの損傷にとどまらず、高圧水の噴出等に伴う地盤流亡や道路陥没等の交通障害、農地への浸水、周辺住宅被害などの二次被害を招くことがある。特に農業用パイプラインは高い水圧（0.3～1.0MPa）で運用されているため、二次被害の社会的影響が大きくなるため、これを考慮した対策が重要である。

#### 2) 被害要因

地震被害は単独の要因でも発生するが、複数の要因で被害が発生することも多い。主な要因は以下のとおりである。

表 16 地震被害の要因

要 因	解 説
液状化	緩い砂地盤、高い地下水位、強い地震動が重なることで発生する。現地盤だけでなく埋戻し材料も液状化することがあり、その結果、管路や附帯構造物の浮上や継手の離脱が生じる。液状化が広範囲に及んだ場合、被害は甚大となるおそれがある。
地盤の大規模な変位	斜面崩壊や断層活動による地盤の大きな変位とともに、パイプラインも変位して、継手の離脱や管体に大きな曲げや引張応力が生じる。
管路の不同沈下	泥炭地や干拓地等の軟弱地盤でのパイプラインの不均一な沈下により継手の離脱や管体に大きな曲げや引張応力が生じる。
地震時動水圧（水撃圧）	急激な圧力変動により、空気弁等の附帯構造物の損傷やスラスト力の増加等により継手の離脱を引き起こす要因となる。
応力集中	構造物とパイプの接合部等では相対的な変位が生じやすく、パイプの一部に局所的な応力が生じ、破損する場合がある。

これらの要因は相互に影響し合い、被害を拡大させる。例えば、液状化によって地盤の支持力が低下すると、屈曲部において管路は内水圧（スラスト力）に対する抵抗力を失い、継手の離脱が一層進行しやすくなる。また、管体が浮上して継手部に大きな引張応力が発生している状況で水撃圧が生じると、継手離脱がより生じやすくなる。このように複合的作用が重なると、単独要因では生じない大規模な被害が発生することがある。

## (2) 地震被害の発生しやすい箇所（ウィークポイント）

パイプラインは、地震により変状が生じやすい。地震により変状が生じやすい箇所（ウィークポイント）には、構造面、地形・地質面、施工面等により特徴付けられる。

### 1) 構造面での特徴

構造物との接続部、異形管部では、スラスト力の発生や管路の連続性の変化などにより、隣接する管との相対変位が生じやすい特徴がある。

#### ① 異形管部（曲管部・T字管・片落管部等）とその近接区間

異形管部は、内水圧による不平衡（スラスト力）、地震時動水圧、地盤剛性の低下等が複合的に作用して管体の移動を引き起こし、継手の離脱が発生しやすい。特に、曲管部が近接する区間で被害が多く、液状化による地盤剛性の低下が加わると被害発生の可能性はさらに高まる。



図 41 曲管部近接の被害事例



図 42 片落管の被害事例（右：片落管の変位に伴い、スラストブロックも破損）

② 附帯構造物（コンクリート構造物）

分水工、マンホール、排泥工などのコンクリート構造物は、周辺地盤と相対変位を生じやすく、接続部で継手の離脱が発生しやすい。

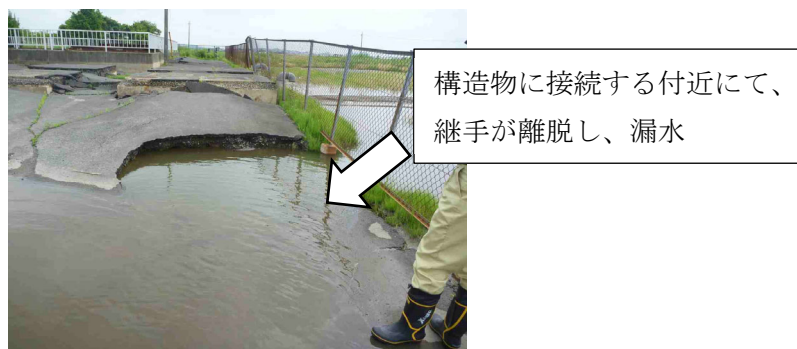


図 43 構造物周辺での継手離脱

## 2) 地形・地質面での特徴

地形の変化点にある構造物周辺や液状化地盤、軟弱地盤で地震による被害が生じやすいほか、断層近傍や地形・地質が急変する箇所等においても変状が生じやすい。

### ① 液状化を生じる地盤

液状化した地盤の比重は約 1.8~2.0 となり、管に作用する浮力が増大すること等から、パイプが浮上する。現地盤ではなく埋戻し材料が液状化する場合も多く、その結果、継手の離脱、縦断方向の不陸、管内水の滞留が生じる。さらに、パイプ直上部の路面では亀裂や不同沈下が発生して交通障害を引き起こす場合がある。

また、空気弁工やマンホールなどの附帯構造物も浮上して、周辺のパイプラインで継手離脱が発生する。附帯構造物と周辺地盤で段差を生じるため、交通障害となる場合もある。



図 44 液状化地盤での被害事例

### ② 軟弱地盤

泥炭地などの軟弱地盤では、地震により地盤自体が大きく変形し、パイプラインが不均一に沈下する現象が発生する。この不同沈下により、継手部の抜け出しや管体自体の縦断方向の曲げ、管底部のクラックや圧壊が生じる場合がある。

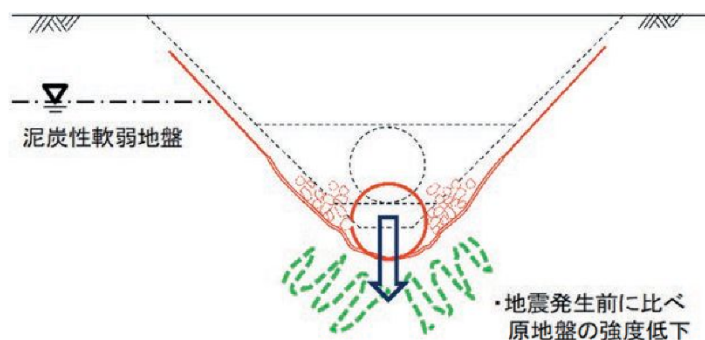


図 45 軟弱地盤での被害事例

### ③ 斜面近傍での被害

斜面に敷設されたパイプラインは、地震時の地盤変位に伴って地盤とともに移動し、継手の離脱や管体の破損が生じやすい。従来、急勾配の斜面のみが危険視されていたが、近年の地震では比較的緩やかな斜面（10～30度）でも広範囲にわたる崩壊が確認されており、注意が必要である。また、斜面を横断するパイプラインでは、特に法肩部や法尻部に被害が集中しやすい。

### 3) 施工面での特徴

令和3年改定以前の土地改良事業計画設計基準「パイプライン」に基づいて設計施工された路線では、基礎材の液状化対策を検討していない場合がある。砂基礎により敷設された区間で、かつ、地下水位が高い、繰り返し荷重を受ける等の条件が厳しい区間は、地震時に液状化を起こすなど、変位が生じやすくなることに留意する必要がある。

また、過去に漏水等が発生し補修した箇所等は再度漏水等の発生するリスクが高く、通常の管路以上に注意深く点検・監視を行うことが望ましい。

以下では、代表的な施工面での特徴として、補修工法や構造について、地震時のウィークポイントとなる理由と確認のポイントを解説する。

#### ① コンクリート巻き立て工法による補修箇所

コンクリート巻き立て工法は、内水圧による不平衡力(スラスト力)による管の移動や抜け出しを防ぐ目的や、浅層埋設時などに管体を保護する目的で実施される一般的な施工方法である。しかし、この工法を適用した箇所は、以下のような要因により地震時のウィークポイントとなる可能性がある。

#### 【剛性・重量の違いによる相対変位】

コンクリート巻き立て部分は、周囲の埋戻し地盤や非巻き立て部の管路に比べて剛性が高く、重量が大きい。そのため、地震時や軟弱地盤において、巻き立て部とその前後の管路との境界で沈下差や不同沈下が生じやすい。その結果、接合部で相対的な変位が集中し、継手の離脱や水密性の低下が発生するリスクが高まる。

#### 【破損特定と補修の困難さ】

コンクリート防護工によって管路が固定されている場合、地震による応力で管体が破損することがあるが、コンクリートが障害となり破損箇所の特定が困難になり、補修作業の妨げとなる場合がある。

したがって、コンクリート巻き立て工法を用いた箇所においては、巻き立て部分と非巻き立て部分の境界部で目地開き(継手部の間隔異常)や周囲との沈下差が生じていないかを重点的に点検することが重要である。

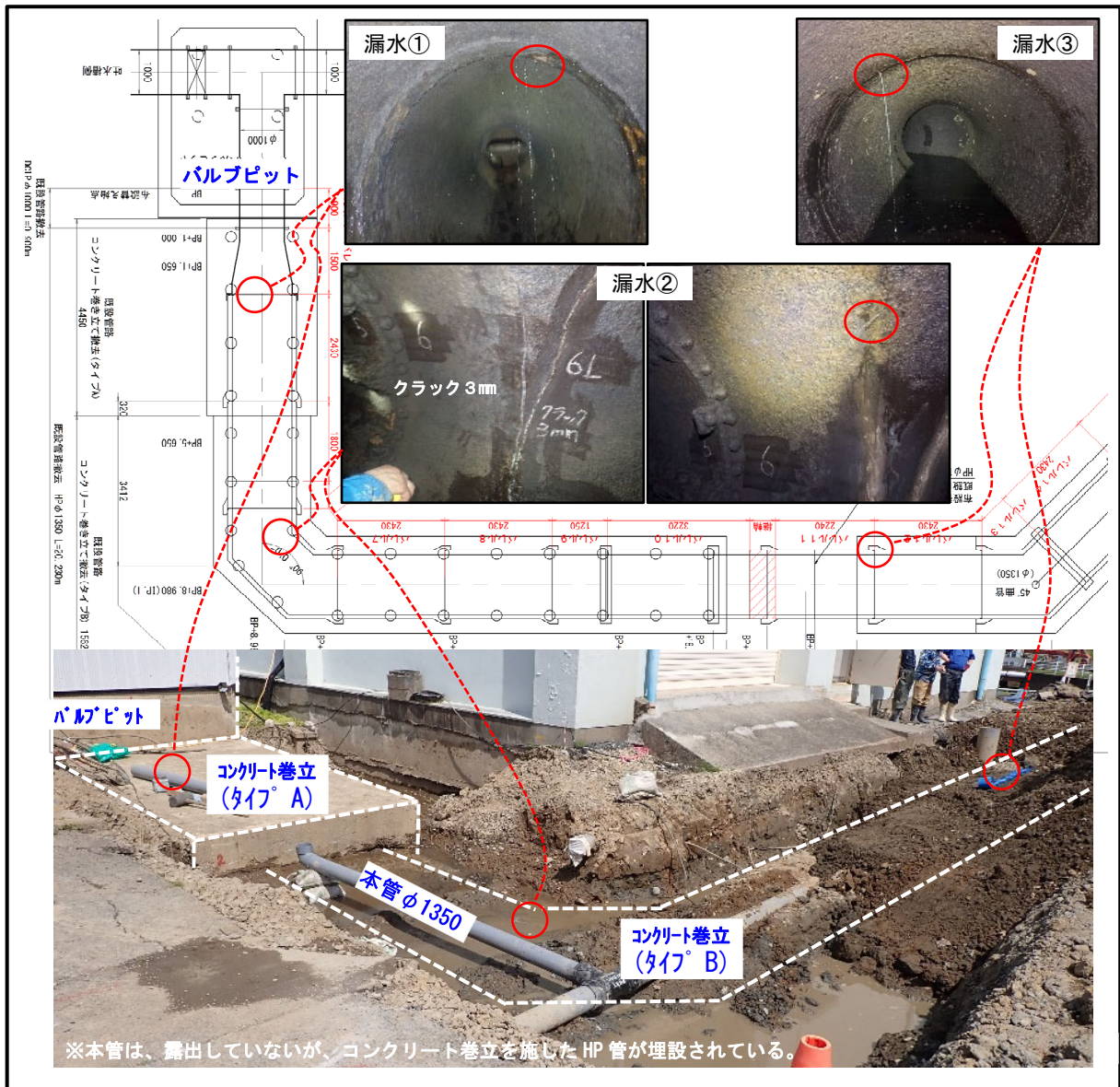


図 46 コンクリート巻き立て工法における損傷事例

## ② 止水バンドによる補修箇所

止水バンド工法は、主に継手部の変状による漏水に対し、弾力性のあるゴムスリーブ等を圧着用鋼材により装着することで、水密性を部分的に回復または向上させる工法である。この工法は、既設管の更新工事等に着手するまでの応急対策として利用される例が多い。

地震時に大きな変位や振動が加わった場合、バンド自体や固定金具に緩みやずれが生じ、水密性が失われることで、漏水や事故の再発につながるリスクがある。また、ゴムスリーブの材質によっては微生物による侵食を受け、劣化が進行する懸念もある。

さらに、止水バンド工法は、長期耐久性の検証が十分ではないという課題に留意する必要がある。

したがって、止水バンド工法が適用された箇所は、通常の管路以上に入念な監視が必要であり、モニタリング(目視調査)を通じて以下の点を確認することが重要である。

- ・ 止水バンドの緩みやずれ、脱落の有無
- ・ ゴム材の劣化(亀裂・ひび割れ)
- ・ 固定金具の状態(緩み)

なお、とう性管に適用されている場合、パイプの変形に応じて止水バンドも変形が生じるため、固定金具の緩み調査は特に重要である。

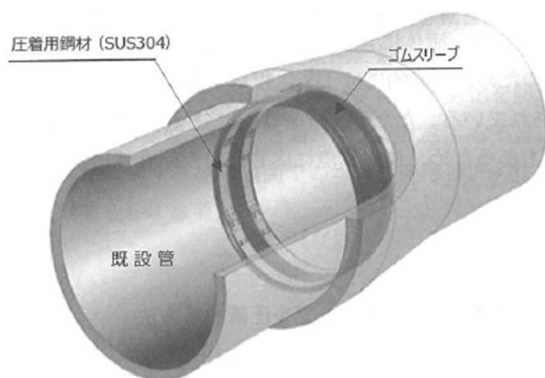


図 6.1-1 止水バンド工法模式図



図 47 止水バンド工法の模式図と施工写真例

### ③ 当て板工法による補修箇所

当て板工法は、主に腐食や損傷が生じた鋼管の管体部分に対して、新しい鋼板を溶接により取り付けて補強する工法であり、比較的簡便に管の強度を回復させるために用いられる。

この工法が適用された箇所は、過去に管の健全性に問題があった修繕履歴のある箇所であり、地震時の応力集中が生じやすいウィークポイントとなる。特に、当て板工法は既存の管体に異種または異質な構造要素を付加するため、地震動による地盤の歪みや管軸方向の応力が作用した際に、以下のリスクが懸念される。

#### 【溶接部や境界部における応力集中】

当て板と母材の接合部は形状の不連続性を生じ、地震時や水撃圧による応力が集中しやすくなる。その結果、当て板の溶接線やその周辺の母材に応力が集中し、新たな破損や亀裂、漏水が生じるリスクがある。

#### 【防食層の脆弱化と腐食の再進行】

補修時に行われた溶接後の防食剤や防食テープによる防食処理が不十分であった場合、その部分で腐食が再進行し、管の耐久性が低下している可能性がある。

したがって、当て板工法による補修箇所は、地震後の点検において以下の点を重点的に確認する必要がある。

#### 【当て板と管路の接合部周辺の健全性】

当て板の溶接線付近や、当て板が取り付けられた直前・直後の管体に、漏水、ひび割れ、または変位の兆候がないかを調査する。

#### 【外面防食層の状態】

当て板を覆っている防食層（塗膜やテープ）に剥離や損傷がないかを目視で確認し、腐食が再進行するリスクを評価する。

#### 【周辺地盤の安定性】

過去の漏水や修繕時の埋め戻し状況に起因する地盤の沈下や空洞化の兆候がないかを確認する。



図 48 当て板工法による補修事例

#### ④ ハンドレイアップによる補修

ハンドレイアップは、パイプラインの内面または外面に対して、ガラス繊維やカーボン繊維などの補強材にエポキシ樹脂などの樹脂を含浸させ、手作業で積層して樹脂ライニング層を形成する補修工法である。この手法は、現場での施工が容易であり、複雑な形状の箇所にも対応できる利点がある。

この手法が適用された箇所は、過去に腐食や損傷により修繕された履歴を持つため、地震発生時において再度事故が起きやすいウィークポイントとなる可能性がある。ハンドレイアップを含む管更生工法は、内水圧がかかる農業用パイプラインに適用する場合、既設管との一体性の確保や、地盤沈下や内外水圧に対する安全性が課題とされている。

特に、ハンドレイアップは作業者の技量によって品質が左右されるという特徴があり、施工品質が不均一になるリスクがある。地震動による管路の変位や水撃圧等の圧力変動が作用した場合、ライニング層が剥離したり、ひび割れが生じたりする可能性がある。また、長期の耐久性の検証が十分ではないため、時間経過に伴う劣化にも注意が必要である。

したがって、ハンドレイアップによる補修箇所については、地震後の点検において以下の点を重点的に確認する必要がある。

##### 【ライニング層の健全性】

剥離やひび割れ、変形の有無を目視または打音により調査する。

##### 【漏水の兆候】

補修箇所及びその周辺における漏水や湿潤状態の有無を確認する。

##### 【長期耐久性の評価】

経年劣化の進行状況を把握し、必要に応じて詳細調査や再補修の検討を行う。



図 49 ハンドレイアップの施工事例

#### 4) その他の特徴 (空気弁)

空気弁では、地震時の急速な圧力変動 (水撃圧) により、案内 (ガイド) 等の部品に過大な応力が発生し、特殊な被害が発生する。下図のようにフランジのボルトが破断する事例も見られる。

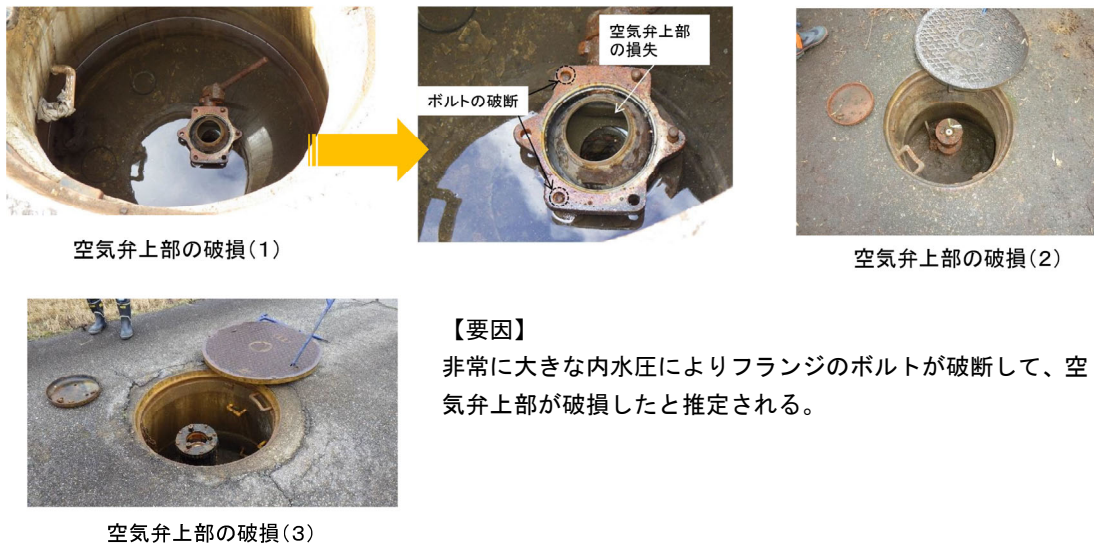


図 50 空気弁の被害事例

【参考】 国営造成管路の敷設延長

国営造成管路の敷設延長を供用開始年度別・管径別に集計した。

表 17 国営造成管路の供用開始年度と敷設延長の関係

	(上段：延長[km]) (下段：割合)														
	～S33	S34～S38	S39～S43	S44～S48	S49～S53	S54～S58	S59～S63	H1～H5	H6～H10	H11～H15	H16～H20	H21～H25	H26～H30	R1～R5	計
RC管	0.0	0.1	5.1	19.0	14.7	41.0	35.8	14.6	15.3	3.5	7.1	0.2	0.0	4.1	160.6
	0.0%	0.1%	3.2%	11.9%	9.2%	25.5%	22.3%	9.1%	9.5%	2.2%	4.4%	0.1%	0.0%	2.6%	100.0%
PC管	0.0	0.0	0.2	22.6	20.8	76.8	121.0	67.7	54.7	2.6	14.6	1.3	0.0	0.0	382.4
	0.0%	0.0%	0.1%	5.9%	5.4%	20.1%	31.7%	17.7%	14.3%	0.7%	3.8%	0.3%	0.0%	0.0%	100.0%
ACP	0.0	0.0	0.0	21.5	8.3	55.2	15.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	101.1
	0.0%	0.0%	0.0%	21.3%	8.2%	54.6%	15.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
SP	0.0	0.0	0.0	3.9	13.7	20.2	155.0	117.2	99.2	54.2	19.5	130.2	46.6	26.8	686.4
	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	2.0%	2.9%	22.6%	17.1%	14.5%	7.9%	2.8%	19.0%	6.8%	3.9%	100.0%
DCIP	0.0	1.1	0.0	10.9	51.0	96.0	301.8	461.0	464.8	1,140.2	1,234.3	545.0	418.8	147.2	4,872.1
	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	1.0%	2.0%	6.2%	9.5%	9.5%	23.4%	25.3%	11.2%	8.6%	3.0%	100.0%
FRPM管	0.0	0.7	0.0	3.0	5.5	20.5	20.5	121.1	221.7	260.5	281.0	225.4	68.6	22.7	1,251.2
	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.4%	1.6%	1.6%	9.7%	17.7%	20.8%	22.5%	18.0%	5.5%	1.8%	100.0%
PVC管	0.0	0.0	0.4	0.2	7.2	1,017.6	197.8	431.2	487.4	649.8	301.7	153.3	152.5	15.9	3,415.0
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	29.8%	5.8%	12.6%	14.3%	19.0%	8.8%	4.5%	4.5%	0.5%	100.0%
計	0.0	1.9	5.7	81.1	121.1	1,327.2	847.3	1,213.5	1,343.1	2,110.9	1,858.2	1,055.5	686.5	216.8	10,868.8
	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%	1.1%	12.2%	7.8%	11.2%	12.4%	19.4%	17.1%	9.7%	6.3%	2.0%	100.0%

注1) 令和7年3月時点で農業水利ストック情報データベースにある、令和5年度までに敷設された国営造成管路の情報をもとに整理した。

注2) 敷設年度が不明な場合は、国営事業完了年度を敷設年度とした。

注3) ポリエチレン管 (PE 管) は敷設延長が短いことから、集計対象から除外した。

表 18 国営造成管路の管径と敷設延長の関係

	(上段：延長[km]) (下段：割合)						計
	250mm未満	250mm以上500mm未満	500mm以上800mm未満	800mm以上1350mm未満	1350mm以上2000mm未満	2000mm以上	
RC管	0.2	8.7	21.6	70.6	49.8	9.3	160.3
	0.2%	5.4%	13.5%	44.1%	31.1%	5.8%	100.0%
PC管	1.4	1.7	78.6	152.1	98.9	47.6	380.4
	0.4%	0.5%	20.7%	40.0%	26.0%	12.5%	100.0%
ACP	29.5	49.0	16.8	5.0	0.0	0.0	100.3
	29.4%	48.8%	16.7%	5.0%	0.0%	0.0%	100.0%
SP	21.5	26.8	77.7	277.9	202.7	71.5	678.1
	3.2%	4.0%	11.5%	41.0%	29.9%	10.5%	100.0%
DCIP	781.3	2,213.8	1,065.0	713.4	107.5	20.3	4,901.2
	15.9%	45.2%	21.7%	14.6%	2.2%	0.4%	100.0%
FRPM管	0.2	58.6	292.3	455.9	277.1	161.1	1,245.2
	0.0%	4.7%	23.5%	36.6%	22.3%	12.9%	100.0%
PVC管	2,473.8	1,099.9	55.4	0.0	0.0	0.0	3,629.1
	68.2%	30.3%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
計	3,307.8	3,458.6	1,607.4	1,675.1	736.1	309.8	11,094.7
	29.8%	31.2%	14.5%	15.1%	6.6%	2.8%	100.0%

注1) 令和7年3月時点で農業水利ストック情報データベースにある、令和5年度までに敷設された国営造成管路の情報をもとに整理した。

注2) 管径不明のデータは除外した。

注3) ポリエチレン管 (PE 管) は敷設延長が短いことから、集計対象から除外した。