

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル
(パイプライン編) (案)

平成 29 年 4 月

農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル
(パイプライン編) (案)

目 次

第 1 章 総則	1- 1
1.1 本書策定の背景及び目的	1- 1
1.2 本書の構成と適用	1- 3
1.3 対象工法	1- 6
第 2 章 長寿命化対策の検討のための調査・情報整理	2- 1
2.1 基本的事項	2- 1
2.2 施設基本条件の整理	2- 2
2.3 現況施設の確認	2- 4
第 3 章 長寿命化対策の検討（対策方針、工法選定の流れ）	3- 1
3.1 基本的事項	3- 1
3.2 対策工法の要求性能と性能照査	3- 2
3.2.1 パイプラインの機能と性能	3- 2
3.2.2 対策工法の要求性能と性能照査	3- 4
3.3 対策方針の検討	3-10
3.4 対策工法の選定の基本的な考え方	3-16
3.4.1 設計・施工条件の整理	3-17
3.4.2 工法・材料の検討	3-20
3.5 対策工法の選定に当たっての留意事項	3-24
3.5.1 多様な劣化要因に応じた対策工法の選定	3-25
3.5.2 現場条件に応じた対策工法の選定	3-26
3.5.3 その他	3-27
第 4 章 鞘管工法	4- 1
4.1 工法概要	4- 1
4.2 要求性能、性能照査	4- 9
4.2.1 鞘管工法の要求性能と性能照査	4- 9
4.3 水理設計	4-12
4.3.1 一般事項	4-12
4.4 構造設計	4-13
4.4.1 構造設計の基本的考え方	4-13
4.4.2 荷重	4-14
4.4.3 横断方向の設計	4-16

4.4.4	ライニング管設計	4-17
4.4.5	自立管設計	4-20
4.4.6	施工時荷重に対する検討	4-24
4.4.7	構造計算に用いる材料強度の物性値について	4-26
4.5	施工方法	4-27
4.5.1	管路更生工法の施工	4-27
4.5.2	鞘管工法の施工	4-27
4.6	施工管理と完成検査	4-32
4.6.1	施工計画	4-32
4.6.1.1	施工計画書	4-33
4.6.1.2	材料の承諾	4-35
4.6.1.3	材料の保管及び搬送・搬入	4-36
4.6.1.4	対策範囲の確認	4-37
4.6.2	施工管理	4-38
4.6.2.1	出来形管理	4-39
4.6.2.2	品質管理	4-41
4.6.2.3	安全・衛生管理	4-42
4.6.2.4	環境対策	4-45
4.6.3	鞘管工法の施工管理	4-46
4.6.3.1	鞘管工法の材料の承諾及び保管管理	4-46
4.6.3.2	鞘管工法の施工時の管理	4-47
4.6.3.3	鞘管工法の出来形管理及び品質管理	4-53
4.6.4	完成検査	4-55
第5章	反転・形成工法	5- 1
5.1	工法概要	5- 1
5.2	要求性能、性能照査	5- 9
5.2.1	反転・形成工法の要求性能と性能照査	5- 9
5.3	水理設計	5-18
5.3.1	一般事項	5-18
5.3.2	許容設計流速	5-18
5.3.3	平均流速公式	5-19
5.3.4	水理計算	5-21
5.3.5	設計水圧	5-27
5.4	構造設計	5-29
5.4.1	構造設計の基本的考え方	5-29
5.4.2	荷重	5-30
5.4.3	横断方向の設計	5-32
5.4.4	ライニング管設計	5-32
5.4.5	自立管設計	5-36
5.4.6	構造計算に用いる材料強度の物性値について	5-39

5.5	施工方法	5-43
5.5.1	管路更生工法の施工	5-43
5.5.2	反転工法・形成工法の施工	5-44
5.6	施工管理と完成検査	5-50
5.6.1	施工計画	5-50
5.6.1.1	施工計画書	5-51
5.6.1.2	材料の承諾	5-54
5.6.1.3	材料の保管及び搬送・搬入	5-55
5.6.1.4	対策範囲の確認	5-56
5.6.2	施工管理	5-57
5.6.2.1	出来形管理	5-58
5.6.2.2	品質管理	5-60
5.6.2.3	安全・衛生管理	5-61
5.6.2.4	環境対策	5-64
5.6.3	反転・形成工法の施工管理	5-67
5.6.3.1	反転・形成工法の材料の承諾及び保管管理	5-67
5.6.3.2	反転・形成工法の施工時の管理	5-70
5.6.3.3	反転・形成工法の出来形管理及び品質管理	5-74
5.6.4	完成検査	5-82
第6章	長寿命化対策後の施設のモニタリング	6- 1
6.1	モニタリングの目的	6- 1
6.2	モニタリングの実施	6- 1
6.3	モニタリングの手法	6- 2
6.3.1	管路更生工法のモニタリング	6- 4
6.4	モニタリング記録・管理	6- 5

用語の定義

参考資料

参考資料①	止水バンド工法	参①- 1
参考資料②	製管工法	参②- 1

巻末資料

第 1 章 総則

1.1 本書策定の背景及び目的

全国に展開する農業水利施設は、老朽化の進行とともに更新時期を迎えるものが増加傾向にあり、施設の長寿命化を図りライフサイクルコストを低減させるため、適切な補修・補強工事の実施が求められている。「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）（案）」（以下「本書」という。）は、パイプラインの長寿命化のための機能保全対策（以下「長寿命化対策」という。）の適切な実施と品質確保を図るための実務に必要となる材料・工法の選定、設計及び施工管理に関する考え方や留意すべき事項を取りまとめたものであり、パイプラインの長寿命化を図るとともにライフサイクルコスト低減を目的としている。

【解説】

(1) 背 景

現在、全国の基幹的な農業水利施設は約 7 千箇所、支線水路を含めた農業用排水路は約 40 万 km に及び基幹的農業水利施設の総資産価値（再建設費ベース）で 18 兆円のストックが蓄積されている（図 1.1-1）。

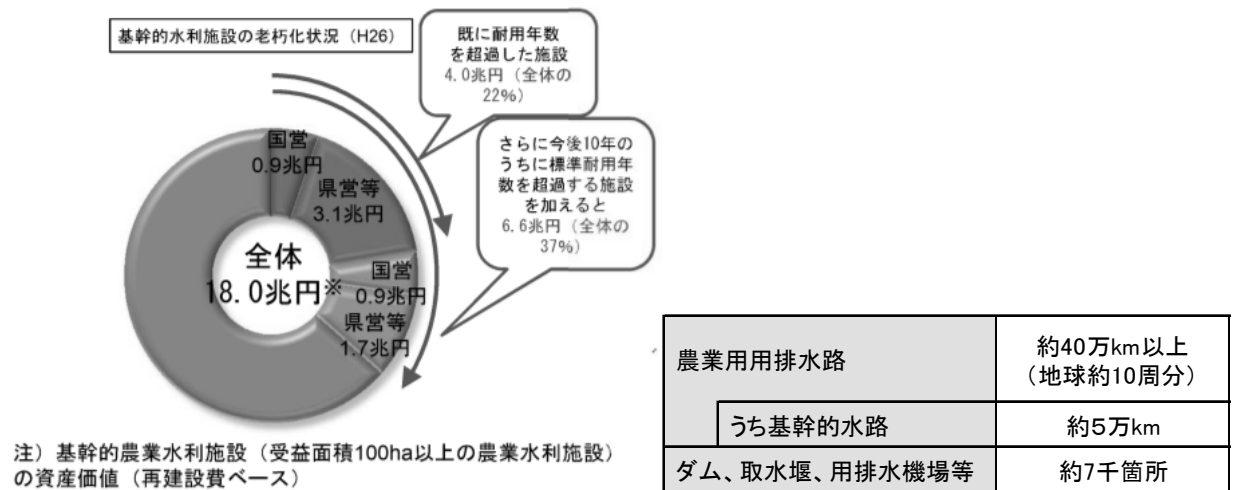


図 1.1-1 農業水利ストックの現状（出典：H29.3 農林水産省ホームページ）

農業水利ストック情報データベースに登録（平成 25 年 6 月時点）されているパイプラインの延長は、約 7,500km である。管種ごとの施設延長でみると、ダクトイル鋳鉄管類が全体の 47% を占め、次いで硬質ポリ塩化ビニル管類の 20%、強化プラスチック複合管の 16% となっている（図 1.1-2）。

ダクトイル鋳鉄管類及び硬質ポリ塩化ビニル管類（口径 800mm 以下）はいずれも中～小口径管の割合が大きい。強化プラスチック複合管や鋼管類、コア式プレストレストコンクリート管類、鉄筋コンクリート管類は口径 800mm 以上の大口径管の割合が大きい。

1.2 本書の構成と適用

本書は、経年劣化等が原因で低下したパイプライン施設の性能を長寿命化対策により回復又は向上させるための補修・補強工法のうち、国営事業等で施工実績のある工法につき、設計、施工、供用の各段階における技術的に留意すべき事項について取りまとめたものである。

【解説】

(1) 本書の概要

パイプラインの長寿命化対策に当たっては、施設に要求される性能の低下状態を踏まえて、その性能を回復又は向上するために対策工法が保有すべき性能を明確にした上で、対策の目的に応じた工法・材料を選定することが重要である。また、その性能が施工、供用後に問題なく発揮、維持されることがパイプラインの長寿命化対策の品質確保やライフサイクルコストの低減を図る上で必要となる。

そのため、本書では、パイプラインの長寿命化対策として適用可能と考えられる管路更生工法及び止水工法を対象に、対策工法が保有すべき性能の整理を行った。また、その性能が所定の供用期間中に維持されることを設計、施工、供用の各段階で照査する方法を検討した。その上で、各工法の技術的な留意事項について付記した。

(2) 本書の構成と適用

本書は、パイプラインの長寿命化対策のための調査、設計、施工管理までの内容と、供用期間中のモニタリングを包括している。その構成を、 1.2-1 に示す。

このため本書は、農業水利施設のストックマネジメントにおける基本サイクル ( 1.2-2) に示す各プロセスのうち、パイプラインにおける機能保全計画や長寿命化計画の策定及び計画の見直しに係る対策工法の検討、並びに長寿命化対策に係る実施設計、施工、対策後の施設のモニタリング時において参考とする。本書で取り上げた工法の中には設計手法や長期の耐久性について解明されていない課題を残しているものもあるため、対策工法の適用に当たっては、本書に記載された技術的な留意事項等を参照しつつ、調査、設計、施工管理及びモニタリングを慎重に行う必要がある。

なお、実施設計段階とは、対策工事の設計・施工のために必要となる施設状態や施設使用環境等の施設情報の把握と、それに応じた対策の要否判定や対策方針・範囲の検討、対策工法の選定、設計等をいう。

ストックマネジメントによる機能保全の各プロセスにおける本書と「農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」」（平成 28 年 8 月）との関係を  1.2-3 に示す。

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）（案）	
第1章	総則
第2章	長寿命化対策検討のための調査・情報管理
第3章	長寿命化対策の検討（対策方針、工法選定の流れ）
第4章	鞘管工法
第5章	反転・形成工法
第6章	長寿命化対策後の施設のモニタリング
参考①	止水バンド工法
参考②	製管工法
巻末資料	

図 1.2-1 本書の構成

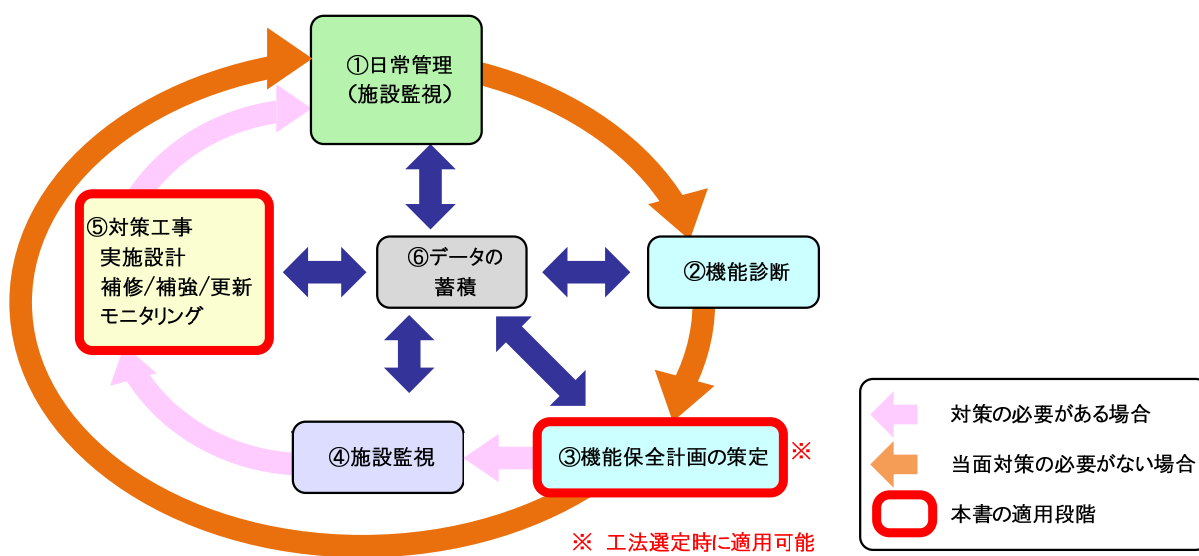


図 1.2-2 農業水利施設のストックマネジメントの基本サイクル

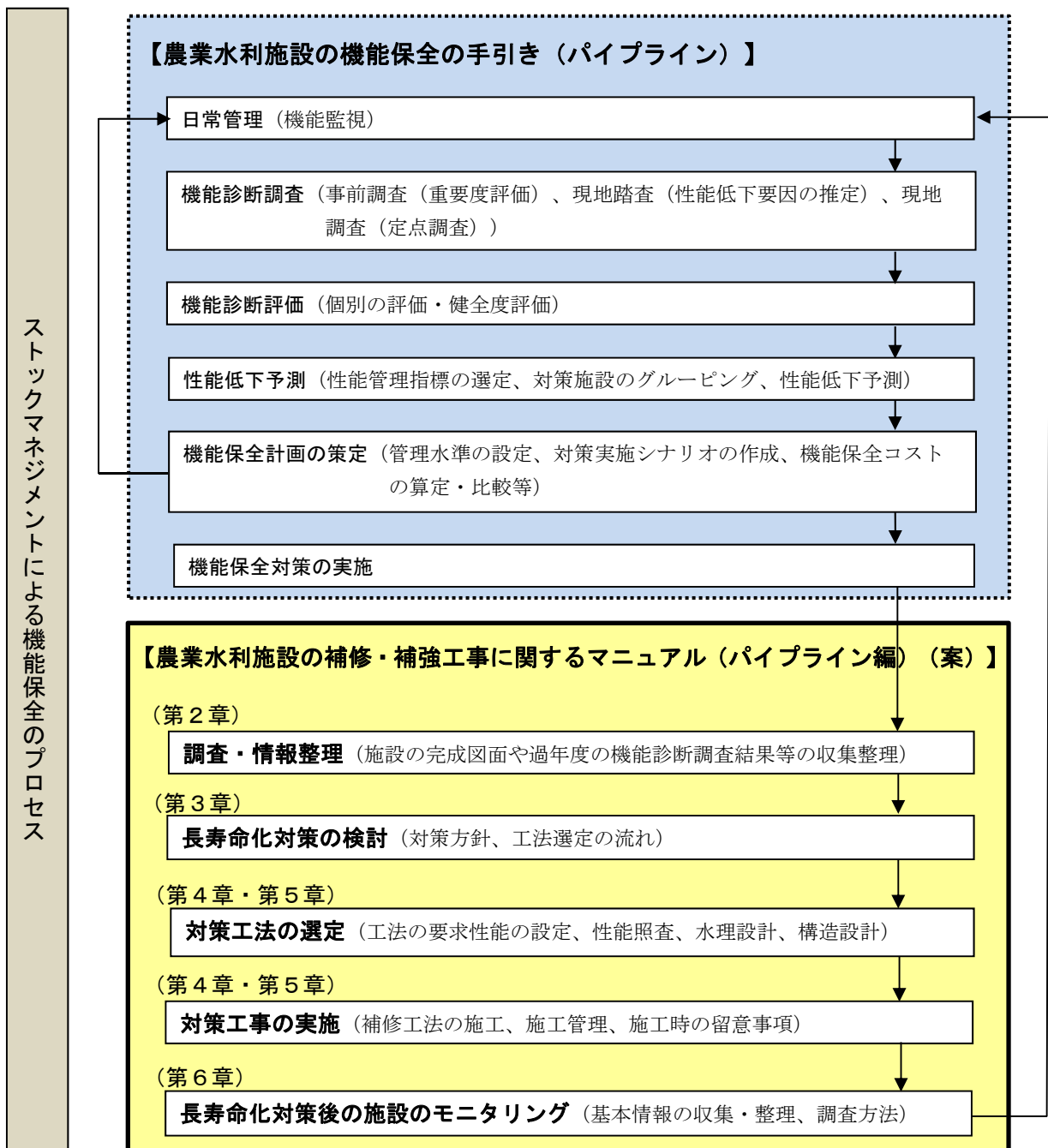


図 1.2-3 本書と「農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」」（平成 28 年 8 月）との関連

1.3 対象工法

本書で扱うパイプラインの長寿命化対策の対象工法は、補修、補強、改修を目的とする「管路更生工法」及び補修を目的とする「止水工法」がある。

管路更生工法には、「鞘管工法」、「反転工法」、「形成工法」、「製管工法」があり、止水工法には「止水バンド工法」がある。

また、各工法の適用性や技術的留意事項等を踏まえて、現場の課題に応じた検討を進める必要がある。

【解説】

(1) 長寿命化対策工法

パイプラインの性能低下に対して、補修、補強、改修によりその性能の回復又は向上を図る長寿命化対策として施工実績の多い工法を表 1.3-1 に示す。

長寿命化対策工法では、既設管にひび割れや摩耗等が発生し、耐荷性、水密性、通水性、耐久性が低下している場合や継手部の水密性が全面的に低下した場合に、既設管内から新たに管を構築し、管路の耐荷性、水密性、通水性、耐久性を回復又は向上させる工法を「管路更生工法」、部分的な既設管の腐食・欠損や継手部の開き等による漏水によって管路の水密性が低下した場合に、その水密性を回復させる工法を「止水工法」として分類している。

表 1.3-1 パイプラインの一般的な長寿命化対策工法

工法名				各工法の特徴
補修・補強・改修工法	補修・補強・改修工法	管路更生工法	鞘管工法	・既設管内面から新たに管を構築し、管路の耐荷性や通水性等を回復又は向上させる工法。 ・下水道分野の技術として開発、実用化されたものが多いため、適用に当たっては、圧力管路である、単位施工距離が長い、平面・縦断的な屈曲部が多いといった農業用パイプラインの特徴に留意する必要がある。
			反転工法	
			形成工法	
			製管工法	
	補修工法	止水工法	止水バンド工法	・継手からの漏水に対する応急対策として利用されている例が多い。 ・長期耐久性の検証が十分ではないため、長期にわたり使用する際は、緩み等の状態確認を行う必要があることに留意する。

(2) 本書の適用に当たっての留意点

本書は、対策工法の適用実績や研究・検証成果等を踏まえ、各工法の要求性能、性能照査手法、設計手法や施工管理手法等について、現時点における知見等を整理したものであるが、長寿命化対策としての工法・材料の性能や設計・施工上の課題についても留意事項として記載している。各工法を現場で適用する際には、これらの課題に対しても十分技術的な検証を行い、安全性等の確認を行っておく必要がある。

なお、引き続きこれらの課題について、技術開発や研究の進展、本書の運用や対策後の施設のモニタリング等を通じた技術情報の蓄積を行い、適宜、本書への反映を検討していくこととする。

第2章 長寿命化対策の検討のための調査・情報整理

2.1 基本的事項

長寿命化対策の検討のための調査・情報整理は、設計・施工に必要な情報を得るため、調査計画段階の資料を活用するほか、不足する情報を補うために実施する。

【解説】

長寿命化対策の設計や施工の検討をするためには、既存資料に基づく「施設基本条件の整理」と、不足する情報を補うための現地調査による「現況施設の確認」が不可欠である。

「現況施設の確認」については、現地において施設の現況を確認した上で、具体の対策実施の観点から必要な施設状態について把握・整理する。具体的には、長寿命化対策の工法選定のためにひび割れ等の変状発生状況の調査、屈曲角や段差等の縦横断線形の調査を実施する。過年度の当該施設の健全度評価結果や対策方針等の機能保全計画の内容についても必要に応じて見直す。

2.2 施設基本条件の整理

長寿命化対策の検討における基本条件の整理においては、農業水利ストック情報データベースシステム等を活用し、施設諸元、過年度の機能診断調査データ、事故履歴及び補修歴等を収集する。また、施設の運用状況について、施設管理者等への問診調査を行う。

【解説】

施設基本条件の整理項目を表 2.2-1 に示す。特に以下の事項について確認する。

① 施設・施工諸元

長寿命化対策の設計において必要な基本図面を竣工図書等から収集・整理する。既存の図面がない場合は、現地実測によって図面の復元を検討する。

パイプラインの性能低下状態の評価や対策工法の検討において、既設管の管種・規格や口径を正確に把握しておくことは必要不可欠である。特に、竣工図面と実際に埋設されている管体の諸元が異なっていないかなど十分に留意する必要がある。

例えば、想定より実際の口径が小さい場合、管更生後の仕上がり内径が小さくなり通水断面が確保されないケースや、反転・形成工法の場合は縦シワが生じるケースがある。

このため、管体の基本諸元や断面構造については、設計図書や現地調査により、適用管種の規格や仕様を確認する。現地調査時においては、必ず実測（小口径の場合はカメラ調査）により、口径や段差等の施工条件を確認する。

② 施設の重要度評価

施設の重要度とは、農業面では農業への影響度や復旧の難易度（費用・期間）等であり、農業以外の面では、住宅地、公共機関等の周辺施設の立地条件を考慮したときに、事故が起こった場合のそれら周辺施設に対する被害額等で示される。パイプラインは、一般地上構造物と比べ機能診断に係る技術的な制約や経済的負担が大きく、長寿命化対策の検討段階で施設の重要度評価を明確にしておく必要がある。評価の考え方については、「農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」」（平成 28 年 8 月）を参照する。

③ 設計条件の変更の有無

営農状況や社会環境の変化によって、パイプラインの水利用に係る性能の過不足や上載荷重の増減による耐荷性の過不足及び浮上のおそれが生じていないことを確認する。

④ 施設管理上や水利用上の形態や課題

長寿命化対策の検討段階では、供用中の施設について、施設管理上や水利用上の課題を施設管理者への問診調査により把握しておく必要がある。

⑤ 事故履歴・補修歴

既往の資料の収集・整理、施設管理者への問診調査により、対象施設の過年度の事故履歴・補修歴を把握する。

⑥ 既存の機能診断調査・施設監視の結果

既往の資料の収集・整理、施設管理者への問診調査により、対象施設の過年度の機能診断調査結果や施設監視結果を把握する。

⑦ 施設の地上条件・周辺環境

道路条件、立坑構築・地上作業帯の制約条件の把握、粉塵・騒音等に係る制約条件を把握する。

なお、調査計画段階の機能診断調査は、事前調査や現地踏査で得られた結果及び施設の重要度や経過年数等を踏まえて、調査範囲（定点）を設定して実施しているものであり、対策が必要な範囲に対して、設計・施工のために必要な調査が全て実施されているとは限らないことに留意する必要がある。特に、現場条件（断水可能時間、急傾斜、酸素欠乏といった作業環境の危険性があるなど）によっては、現地調査の実施が困難で、管体の調査を実施していない場合もある。

設計・施工段階では、基本的に対策を行う（又は行う必要があると想定される）範囲の全体に対して、既設管の状態を把握し、適切な対策を検討する必要がある、調査計画段階の資料で不足する情報については、適宜、施設の現況の確認調査（基本調査・詳細調査）を行って情報を収集する必要がある。

表 2.2-1 施設基本条件の整理項目

調査項目	調査手法（例）
施設・施工諸元 （造成年、供用開始年、水路形式（開水路形式/管水路形式）、管種、規格、口径、施工区間、施工延長、平面・縦断線形、設計流量、必要水位、設計水圧、荷重条件（土かぶり、活荷重、上載荷重、その他荷重）、水質・土質、布設（標準断面図）・地盤条件等）	・農業水利ストック情報 DB ・設計図書 ・施工・完成検査記録 ・既往の機能診断調査結果 ・水質・土質調査 ・管製造業者への問診調査
施設の重要度評価 （漏水破損事故等による施設周辺環境に与える影響）	・設計図書 ・現地踏査 ・施設管理者への問診調査 ・既往の機能診断調査結果
設計条件の変更の有無 （営農状況や社会環境の変化に伴う、設計水量や荷重条件の変更）	・設計図書 ・現地踏査 ・施設管理者への問診調査 ・既往の機能診断調査結果
施設管理上や水利用上の形態や課題 （人為的操作による水撃圧の発生のおそれ、水利用上の過不足）	・施設管理者への問診調査
事故履歴・補修歴 （破損事故リスクの確認、止水バンドによる継手部の止水対策等の補修歴）	・施設管理者への問診調査
既存の機能診断調査・施設監視の結果 （最新の機能診断調査結果等による施設状態や性能低下要因の把握）	・既往の機能診断調査結果 ・施設管理者への問診調査
施設の地上条件・周辺環境 （道路条件、立坑構築・地上作業帯の制約条件や、粉塵・騒音等に係る制約条件の把握）	・現地踏査 ・条例の確認 ・施設管理者への問診調査

2.3 現況施設の確認

適切な長寿命化対策の検討に当たっては、変状の発生要因や程度を踏まえた対策の要否判定や工法選定、また長寿命化対策が必要な範囲を確定することが重要である。このため、長寿命化対策の実施設設計段階においては、これらの確定に必要な項目について調査を実施する。

【解説】

適切な長寿命化対策の実施のために必要な現地調査を以下の観点で実施する。

長寿命化対策を経済的で効果的に実施するためには、変状発生状況とその要因を特定することが重要である。

そのため、設計・施工段階では、対象範囲の全体について状態を把握する必要がある。調査計画段階の資料における変状の発生状況や発生要因等の調査・分析結果を有効に活用しつつ、不足する情報について調査を実施して補う。調査の実施時期は、設計の前が基本であるが、供用期間中で調査ができない場合には、施工段階で行うことも検討する。

施設の変状発生要因については、過年度の機能診断調査結果や事故履歴等を参考に、可能性を整理する。特に事故が発生した施設と同一系統や同時期に築造された近傍路線等は、将来同様の事故が発生する可能性も考えられるため、事故の発生要因や変状の状態等の情報を収集し、整理しておくことが重要である。また、対象施設の変状発生要因を確定するためには、施工条件や使用環境条件の類似する施設についての情報収集と、その変状発生要因の分析を行うことも有効である。

また、現況の通水量を実測しておくこと、長寿命化対策検討及び対策後の水理機能の検証に有効である。

なお、パイプラインは取水施設や分水施設等の一連の水利システムとして機能を発揮しているため、施設の性能低下は、管体や継手の材料劣化のほか、埋設環境、地上部の土地利用といった外部環境、当初の施工状況、附帯するポンプ設備の運転やバルブ開閉等の人為的操作による影響も大きい。これらの特性を十分に踏まえて変状の発生要因を検討する必要がある。

「農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」」（平成28年8月）に掲載されている標準的な現地調査項目について、表2.3-1に示す。

表 2.3-1 標準的な現地調査項目と調査内容

区分	調査項目	調査手法	記録手法
間接的 定量調査 (地上からの調査)	漏水量調査 圧力調査	水張り試験又は保圧試験などにより漏水の有無 調整水槽や空気等から水压を測定	定量記録、写真記録
直接的 定量調査 (管内からの調査)	ひび割れ状況	管内目視によるひび割れ状況調査管の変状を定性的又は定量に把握	定量記録、写真記録、 図化
	内面塗装の劣化状況	管内目視による劣化状況調査	〃
	発錆状況	管内目視調査による発生状況調査	定量記録、写真記録
	たわみ量測定	縦横比の簡易測定	〃
	蛇行、沈下の状況	管内縦横測量により、蛇行、沈下を調査水の滞水状況を測定	定量記録、写真記録、 図化
	継手曲げ角度、 間隔	管内から継手曲げ角度、間隔をゲージで測定	定量記録、写真記録
	継目試験	テストバンドによる継手の水密性検査	〃
詳細調査 (試掘等調査)	試掘による管外面調査	埋設管まで試掘し、外面の腐食状況を目視腐食の状況に応じて中性化残りを測定	定量記録、写真記録、 図化

※試掘による管外面の調査等に当たっては、調査の結果により判定できる事実がもたらすコストの縮減やリスクの軽減といった効果に見合った調査費用であるか等の観点から検討した上で調査を行う必要がある。

既設管の性能低下状態を定量的に把握し、性能管理することは現状では技術的に困難であるため、本書では、現時点で明らかになっている施設変状が及ぼす構造性能への影響や、機能診断調査の精度、対策工法の性能等を踏まえて、施設変状を可能な限り定量的に把握することを基本とする。

工法選定・設計・施工のために必要となる施設の現況の確認項目を表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 設計・施工段階で把握すべき施設の現況確認項目（施設変状）

調査項目・調査方法		調査区分 (地上/管内/ 試掘)
変 状	ひび割れ状況（ひび割れの位置、幅・長さ）	管内※
	鉄筋露出や腐食状況（鉄筋露出の位置、腐食程度）	管内※
	蛇行、沈下の状況（管内縦断測量による線形確認）	管内※
	たわみ量（縦横比）	管内※
	内面・外面塗装・腐食状況（腐食程度、位置）	管内※/試掘
	発錆状況（発錆程度、貫通孔の有無と規模）	管内※
	管厚の減少（最小管厚）	管内
	継手の間隔（管頂・管底の最大間隔）	管内
	継手の段差（管頂・管底の内面段差）	管内
	継手の曲げ角度（間隙と段差から算定）	管内
	漏水（浸入水）の有無（発生箇所、流入量）	管内※/地上
	滞留水の有無（発生箇所、最大水深）	管内※
	地盤の緩み・空洞化	管内/地上
	堆積物の状況（堆砂・ゴミの有無と程度）	管内
	カバーコートの摩耗・中性化深さ（試掘）	試掘
	P C鋼線の腐食（試掘）	試掘
変 状 因 子	地下水の腐食性（侵食性遊離炭酸、ランゲリア指数、硝酸イオン等） ※ P C管のカバーコートモルタルの腐食の可能性評価	試掘 (試料採取)
	土壌の腐食性（ANSI A 21.5） ※ P C管の P C鋼線の腐食の可能性評価	試掘 (試料採取)
	腐食の可能性（マクロセル腐食、電食、異種金属接触腐食の可能性調査、土壌比抵抗率測定、ANSI A 21.5等）	地上/室内

※ 入管が困難な口径については、TVカメラ等を用いて可能な範囲で変状を確認する。

上表のうち、力学的な性能低下に関する内容として、ひび割れ状況、鉄筋露出や腐食状況、たわみ量、ひずみ量、管厚の減少等が挙げられ、対策目的（補修、補強、改修）を決定する上で重要な指標となる。また、蛇行・沈下、継手間隔・段差等の調査については、施設の性能低下の状態評価や対策要否の判定のほかに、各対策工法の適用の可否を判断するために必要な条件となる。P C管や鋼製管及びD C I管は、埋設環境に存在する変状因子（化学的要因）にも留意する必要がある。変状や漏水事故の発生原因が不明な際には、調査の実施を検討する。

滞留水の有無や堆積物の状況把握は、施工計画や仮設計画の立案のために必要である。

管内に入管できない口径については、TVカメラ等を活用して既設管の状況を把握する必要がある。ただし、調査精度、屈曲部及び傾斜部への適用性に課題があること、調査費用が高額となる場合があることから、調査費用と精度、そして対策費用とのバランスを考慮して調査計画の立案と対策検討を行う必要がある。

第3章 長寿命化対策の検討（対策方針、工法選定の流れ）

3.1 基本的事項

長寿命化対策は、施設の調査結果に基づいて、施設の性能低下状況を評価し、対策の可否を判定する。対策が必要な場合は、対策後の施設や工法に求められる機能と性能、施設の使用環境条件、経済性等を踏まえて対策区分と対策工法の選定を行う。

【解説】

長寿命化対策の検討においては、施設の調査結果に基づいて、パイプラインの水利用機能、水理機能、構造機能及び社会的機能の性能低下の状況を明らかにし、対策の可否を判断する。

長寿命化対策の区分には、補修、補強、改修、更新があり、施設の性能低下状況（変状の発生要因や程度）に応じてこれらの中から適切な対策方針を選定することとなる。

対策を要する場合は、対策により回復又は向上が必要な施設性能に応じた適切な工法・材料の選定を行うことが重要である。

3.2 対策工法の要求性能と性能照査

3.2.1 パイプラインの機能と性能

パイプラインは、農業用水を送・配水する目的を有しており、その機能は、水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。また、これらの機能のほかに農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性等の社会的機能がある。

パイプラインの性能は、これらを発揮する能力であり、漏水量、流量、たわみ量等の個別の指標や総合的な健全度指標で管理する。

【解説】

パイプラインは、必要な農業用水を送・配水するといった本来の機能と、事故や故障時のリスク等に対する安全性・信頼性等といった農業水利施設全般に求められる社会的機能を有している。

本来の機能は、水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。これらの機能は重層的に構成されており、水利用機能を水理機能と構造機能が下支えする関係にある。

これらの機能を発揮する能力が性能であり、性能は管理する上で具体的な指標として数値化できるものが望ましい。パイプラインの本来の機能に関する性能は、漏水、通水等の現象やたわみ（変形量）、鋼材腐食（管厚減少量）等の管路の物理的状态として具体的に表すことはできるが、それら変状が各種性能に及ぼす影響度合いは必ずしも明らかになっているものではなく、またその後の変状の進展の予測も困難な場合が多い。また、パイプラインは地中埋設構造物であり、管体の直接調査は技術的・経済的に困難な場合が多い。

そのため、パイプラインの性能管理においては、施設の直接調査から得られる構造性能の評価のみならず、流量や維持管理性等水利用機能や水理機能に関する性能指標に着目するとともに、社会的機能の観点から漏水事故等のリスクを考慮することが重要である。また、施設の使用環境や管理体制等を踏まえ、施設ごとに本来の機能及び社会的機能を維持するために必要な各種性能とその指標を設定することも重要である。

例えば、機能保全対策の検討に当たっては、パイプラインシステムとして広くとらえ、水利用機能の面からアプローチすることも重要である。管理施設（管内進入口）の区間長が長い場合には、対策工法の仮設進入口の設置に併せ、点検等の保守管理面を考慮した管理施設を増設することが考えられる。また、水理機能の面からは、流量や分水制御（必要水位）の関係から、スタンド等の部分改修と併用した管路の補修・補強対策工法の検討によって、より経済的な仕様となる場合も考えられる。

パイプラインの機能と性能の種類の例を表 3.2.1-1 に示す。

パイプラインの性能低下状況や長寿命化対策の特性を考慮して、パイプラインの性能低下の回復又は向上を図るために長寿命化対策に必要とされる機能と性能を設定する。

表 3.2.1-1 パイプラインの機能と性能の種類

機 能			性 能 の 例	指 標 の 例
本 来 的 機 能	1) 水利用機能	水 利 用 に 対 する性能 (水利用性能)	送配水性 配水弾力性 保守管理・保全性	送配水効率(送配水量、漏水量)、自由度、 調整容量、保守管理頻度(費用)、容易性
	2) 水理機能	水 理 に 対 す る性能 (水理性能)	通水性 水理学的安全性 分水制御性	通水量、漏水量、流速係数(C)、水撃圧、 水撃圧の安全率(経験則との比)、分土工 水位の維持状況
	3) 構造機能	構 造 に 対 す る性能 (構造性能)	力学的安全性(耐荷性) 耐久性 安定性	管体のひび割れ幅、たわみ量(変形)、騒 音(db)、振動(Hz)、腐食、錆、継手間 隔、蛇行、沈下
社会的機能			安全性・信頼性 経済性	漏水・破損事故歴(率・件数)、補修歴、 耐震性、建設費、維持管理経費

(出典：農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」、平成 28 年 8 月)

3.2.2 対策工法の要求性能と性能照査

(1) パイプラインに要求される性能の低下を対策工法によって回復又は向上するためには、対策の目的に応じて材料・工法が有すべき性能を適切に設定する必要がある。

パイプラインの性能低下の回復又は向上等を図るために、対策工法には主に以下に示す性能が求められる。

1) 水理機能の回復又は向上に関する要求性能

① 通水性

② 水密性

2) 構造機能の回復又は向上に関する要求性能

① 耐荷性

② 成型収縮性（反転・形成工法）

③ 施工性（反転・形成工法）

④ 耐摩耗性

⑤ 地盤追従性

⑥ 耐震性

3) 社会的機能の維持等に関する要求性能

① 水質適合性

(2) 対策工法の要求性能は標準的な施設・工事に共通して求められる「基本的性能」、施工条件や環境条件等により個々の施設・工事に個別的に求められる「個別的性能」として示される。

(3) 適用する材料・工法が、設定した要求性能に適合していることを適切な時期に照査しなければならない。

【解説】

(1) について

要求性能とは、施設や対策工法が果たすべき機能や目的を達成するために必要とされる性能をいう。

また、性能照査とは、対策工法に期待される効果の持続期間中に、対策を施した施設が、対象とする変状や劣化作用に対し、所要の性能を満たしていることを確認することをいう。

パイプラインの対策工法を適用する主な目的は、管路に生じる可能性がある、若しくは生じている性能低下要因の抑制又は遮断による施設の耐久性等の回復又は向上、及び水密性や耐荷性等の回復又は向上である。このため、パイプラインに対策工法を適用する場合には、対策工法実施後のパイプラインに要求される性能を明確にする必要がある。またその一方で、対策工法を施したパイプライン施設は、少なくとも対策工法に期待される効果の持続期間中、対象となる変状や性能低下要因に対して所要の性能を有しなければならない。

なお、本書に示す対策工法の要求性能と性能照査は、パイプラインの管体や継ぎ目の劣

化又は初期欠陥を起因とした変状に対して管内から補修・補強を施す管路更生工法及び止水工法を対象としているものであり、基礎地盤の空洞化や緩みによるパイプラインの不同沈下等の変状対策は対象としていない。

以下に対策工法の要求性能項目の概要を示す。

1) 水理機能

① 通水性：計画最大流量を安全に通水できる性能

対策工法を行うことで、一般的に既設管内部の粗度が改善される。材料・工法の標準的な流速係数等を用いて、水理設計により通水性を照査する必要がある。

通水断面が縮小する場合は、対策工法に用いる材料・工法の流速係数の標準値を用いて、水理計算により計画最大流量が安全に流下し、各地点における必要水位が確保されることを確認する。具体的な照査方法については、各工法（第4章、第5章）の「**水理設計**」を参照すること。

② 水密性：想定される水圧（内水圧・外水圧）に対して水密を保持できる性能

パイプラインの対策工法を行った結果、管体、継手や端部において所定の圧力を保持し、許容減水量以下となることを確認する。

また、外水圧が作用する場合は、外水圧による変形等で漏水が発生しないことが求められる。

2) 構造機能

① 耐荷性：土圧、水圧、活荷重等の载荷重及び設計水圧に対し、構造的に安定した性能

所定の内圧・外圧に対する構造耐力を確保するための設計強度（例えば、内・外圧強度や引張強度等）を有していることが必要条件である。

② 成型収縮性：長さ変化率が小さく安定している性能

反転・形成工法において、現場硬化時の収縮及び硬化後の温度変化に伴う寸法変化を表す。

反転・形成工法に用いる樹脂材の、長さが変化する度合いによっては、既設管と工法の間水密性（主に端部）及び耐荷性の面から許容できない隙間が生じるおそれがある。

よって、対策工法には、硬化収縮や温度変化による長さ変化率が小さく安定していることが求められる。

③ 施工性：シワや背面空洞が生じない性能

反転・形成工法では直線部及び屈曲部において、管路更生工法の背面に空洞が発生したり、管理基準値を上回るシワが発生したりするが、シワの耐久性や背面空洞による更生材の力学的安全性が不明確である。そのため、屈曲部については、事前に施工

試験を実施し、空洞がなく、シワが管理基準値内（口径の２％以下）で施工できる屈曲角度を確認する。

なお、シワの許容値については、J I S A 7 5 1 1 下水道用プラスチック製管きょ更生工法において口径の２％以下と規定されているが、内圧管路の規格ではないことに留意し、シワが発生した箇所についてはモニタリングが必要である。

④ 耐摩耗性：摩耗による通水性及び耐荷性の低下が生じない性能

流水中の土砂による研磨作用等により、管内断面が欠損していく現象であるため、期待される効果の持続期間中に摩耗による通水性及び耐荷性の低下が生じないことが求められる。

対策工法に用いられる材料が耐摩耗性を有していることを確認する必要がある。

⑤ 地盤追従性：今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能

既設管は、供用期間中の上載荷重による不同沈下や長期的な地盤沈下による継手部の変形が収束し、基礎は締め固まった状態であることを確認する。

現時点では、現に不等沈下が疑われる、あるいは今後その恐れがある箇所（地盤の空洞化や緩みに起因する変状箇所や不同沈下が生じやすい箇所（可とう継手や伸縮継手部を含む））への適用は別途検討を要する。

⑥ 耐震性：地震動及び地盤変状に対して所定の安全性を有する性能

地盤変状とは、地震動により生じた現地盤や埋戻しの土の液状化、地すべり、斜面崩壊、地盤沈下、地割れ等の永久的変位をいう。

鞘管工法については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」（平成 21 年 3 月）（以下「設計基準「パイプライン」」という。）の耐震設計に基づいた照査を行う。

その他の工法については、現場の条件等に応じて、新たな技術的知見等を踏まえた慎重な検討が必要である。

3) 社会的機能

① 水質適合性：使用者の必要とする水質に適合する性能

農業用パイプラインは農業用水のみならず、上水、工業用水と共用される場合がある。その場合は対策工法を実施した後も使用者の必要とする水質に適合していることが求められる。

(2) について

パイプラインの対策工法の要求性能を「基本的性能」、「個別的性能」に分類した（表3.2.2-1）。

「基本的性能」は対策工法の適用の際、標準的に求められる性能である。一方、「個別的性能」は、施工条件や環境条件等に応じて個々の施設や工事ごとに求められる性能である。

表3.2.2-1 パイプラインの対策工法別の主な要求性能

要求性能			要求項目・要求値 (性能規定の例)	管路更生工法	
				鞘管工法	反転/形成工法
基本的性能	水理機能	通水性	計画最大流量を安全に通水できる性能。	(○)	○
		水密性	想定される水圧（内水圧・外水圧）に対して水密を保持できる性能。	(○)	○
	構造機能	耐荷性 (耐久性)	土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水圧に対し構造的に安定した性能。	(○)	○
			長期耐久性を考慮している。	(○)	○ ※長期強度試験
		成型収縮性	長さ変化率が小さく安定している性能。	— ※該当事項がない	○
		施工性	屈曲部にシワや背面空洞が生じない性能。	— ※該当事項がない	○ ※屈曲部検証試験
		耐摩耗性	摩耗による通水性及び耐荷性の低下が生じない性能。	(○) ¹⁾ ※既製管の実績	○ ※塩ビ管と同程度
		地盤追従性	今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能。	(○) ※既設管継手箇所付近のモニタリング	△ ※既設管継手箇所付近のモニタリング
個別的性能	構造機能	耐震性	地震動及び地盤変状に対して所定の安全性を満足する性能。地盤変状とは、地震動により生じた現地盤や埋戻しの土の液状化、地すべり、斜面崩壊、地盤沈下、地割れ等の永久的変位をいう。	○ ※設計基準「パイプライン」に基づく照査	△
	社会的機能	水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能。	(○) ¹⁾ ※既製管の実績	○

【凡例】 “○”：照査の必要あり、“—”：照査の必要なし、

“△”：照査方法の検討が必要、“(○)”：実績等により性能照査試験を省略可

1) 既製管において性能が確認されていることから、本書では性能照査試験を規定しない。

(3) について

対策工法の性能照査項目に応じて、工法開発時、設計時（工法選定時・水理/構造設計時）、施工時（施工計画書提出時・材料承諾書提出時）施工・竣工時（施工管理時）及び供用時（モニタリング）の照査時期を明確にし、性能照査を実施する。

1) 工法開発時

工法開発時に試験を実施し、要求性能を満足していることの確認、材料や工法の特徴の把握を行う。詳細な内容を各工法（第4章、第5章）の「**要求性能、性能照査**」に示す。

2) 設計時

対策工法の選定に当たっての工法評価であり、水利用機能、水理機能、構造機能及び社会的機能について、施工対象とする現場条件に適合し、施工可能であることを確認する。

当該施設の性能低下状況（ひび割れ、漏水有無）や現場条件（既設管の埋設条件・平面縦断線形、地上部の状況等）といった対策工法の選定条件を把握する。これらを踏まえた上で、水利用、水理、構造性能の対策工法の要求性能を設定し、要求性能に応じた対策工法を選定する。

選定に当たっては構造設計・水理設計を通じて照査する。このときに使用する設計値等は、本書で規定する性能照査試験で得られた値とする。

詳細な内容を各工法（第4章、第5章）の「**水理設計**」及び「**構造設計**」に示す。

3) 施工時(施工計画/材料承諾)

施工時には、以下の事項について確認する。

- ・工事着手前の施工計画書の審査時には、要求性能を満足する対策工法が選定されていること、対策工法の要求性能が確保される施工手順や体制となっていること、性能を満足するための施工管理手法が示されていることを確認する。
- ・使用する対策工法が、設計時に設定した対策工法の要求性能を満足していることを確認するために、対策工事前に材料承諾を得ることとする。その際に提出する品質証明書は、本書で規定する性能照査項目及び試験方法に基づく試験結果とする。

詳細な内容を各工法（第4章、第5章）の「**施工管理と完成検査**」に示す。

4) 施工・竣工時(施工管理)

対策工法の要求性能を確保するために、施工管理として、適切に材料の保管、搬送、搬入がなされていること、施工（温度管理等）がなされていること及び品質管理・出来形管理時に所要性能が確保されていることを計測等により確認する。

詳細な内容を各工法（第4章、第5章）の「**施工管理と完成検査**」に示す。

5) 供用時(モニタリング)

性能照査の一環として、施工後、所要性能の変化の有無（所要性能が維持されているか）をモニタリングにより確認する。

詳細な内容を「**第6章 長寿命化対策後の施設のモニタリング**」に示す。

また、本書で規定する性能照査試験方法に基づいた適正な試験結果を得るために、性能照査試験結果は、公的機関等の第三者機関において確かめられたもの、又は立会試験で確認されたものを使用しなければならない。公的機関等の第三者機関とは、ISO/IEC

17025 の要求事項を満たす工業標準化法試験事業者登録制度（JNL A）登録試験所、適合性評価（JAB）認証試験所、大学や公的研究機関等を示す。

材料・工法の性能試験のうち、日本工業規格（JIS）等に規格化されている試験を引用若しくは準用しているものについては、国際標準化機構（ISO）や国際電気標準会議（IEC）等に基づき一定の水準を満たした機関で実施する。

立会試験とは、試験開発機関又は工事発注機関の立会のもとに行う試験とし、適正に校正された計測機器により行われなければならない。

ここで立会試験として考えられる内容とは、材料工法の性能試験のうち、JIS 等に規格化されていない試験の実施や、試験方法が未整備のもの、その他監督職員が必要に応じて行う確認である。

なお、性能試験結果の有効期限は特に設けず、技術情報の蓄積や技術開発の進展に基づき要求性能（試験方法等）を見直した場合や工法改良を行った場合に、必要な試験を実施することとする。

3.3 対策方針の検討

パイプラインの長寿命化対策には、大きく継続監視、補修、補強、改修、更新の種類があり、施設の性能低下状況や経済性等を踏まえてこれらを選択し、対策方針を検討する。

【解説】

(1) 施設の性能低下状況の評価

対策の要否判定は一般的に以下の2項目を指標として実施され、機能診断調査の結果に基づく調査時の性能評価の結果及び予定供用期間終了時や評価時点としてあらかじめ設定した時点における性能の予測結果が管理水準に達するか、又はこれを下回るか否かを指標として行われる。

- ① パイプラインの現状における性能と管理水準
- ② パイプラインの性能低下予測に基づく予定供用期間内の性能と管理水準

性能評価は、対象のパイプラインの要求性能（水利用機能、水理機能、構造機能、社会的機能）について実施する。各段階の調査結果を整理し、結果の妥当性、関連性等を検討した上で、変状要因の特定、変状程度の評価を行う。

支配的な劣化要因が明らかで、その予測が可能な場合は、劣化の進行速度を考慮して対策方針を検討する必要がある。パイプラインの場合、地中に埋設されているため、開水路等の地上構造物に比べ劣化因子の影響は小さい。進行性のある変状としては、鋼製管類の塗装や鋼材の腐食、P C管のカバーコートモルタルやP C鋼線の腐食、継手部のゴム輪の圧縮永久ひずみの増大等が考えられるが、これらは用水、土壌、地下水に腐食性物質が含まれることや施工時の不具合等に起因して生じる場合が多い。そのため、性能低下の進行を速める因子の存在も、管体や継手部の状態と併せて評価することが重要である。

変状要因の特定や施設の性能低下状況の評価が困難な場合は、管製造業者や学識経験者に相談するなどし、補足調査等を検討する。

1) 水利用機能、水理機能の性能低下状況の評価

水利用機能及び水理機能の性能評価は、施設管理者への聞き取りや漏水量等の調査結果に基づいて、各性能の低下状況进行评估する。

水利用機能の性能低下は、受益者、施設管理者等の関係者にとって重要な問題であるため、これら関係者の意向や水利用実態等を踏まえて評価する必要がある。

水理機能の性能低下は、継手部の緩み等による漏水のほか、空気連行や分土工での過剰取水、縦断勾配の変化（管路の蛇行沈下）等による通水性の低下や、バルブ開閉等の人為的操作による水撃圧の発生に伴う水理学的安全性の低下等が考えられる。そのため、施設の使用・管理実態を確認し、長寿命化対策の実施のほかに水管理手法の工夫等による運用面で解決可能かを検討する。また、水理機能は水利用機能と密接な関係を持つこ

とから、両者について現状を十分に把握した上で評価する必要がある。

2) 構造機能の性能低下状況の評価

構造機能の各性能の評価については、下記の手法に大別できる。これらは、評価すべき性能及び現時点における評価技術等に応じて適用する。

- ① 変状の程度による性能評価
- ② 設計での評価式による性能評価

性能評価は、該当する性能項目について定量的な評価を行うことが望ましいが、必ずしも定量的な評価手法が確立されているとはいえない。特に、パイプラインは地中埋設構造物であるため、管外面は目視できず、内面についても経年的な変状や劣化の進行を日常的に監視することが困難である。また材料強度等の物性値の低下は複数の要因から生じており、複雑なため、十分な精度で予測することは困難である。

そのため、一般に機能診断調査により構造機能の性能低下状況进行评估することは、技術的、経済的に難しい場合が多く、漏水事故の発生傾向（頻度、規模等）や前述する水利用機能・水理機能にも注目して、総合的に施設の性能低下状況进行评估することが重要である。

本書では、管内作業環境の制約、調査の実行性や精度、対策工法の性能等を踏まえ、施設性能に支障を及ぼすと考えられる変状のうち、比較的簡易に確認可能な変状を対象にその発生の有無と程度により対策区分の検討を行うことを基本にし、その考え方を示す。詳細は、「3.4.2 工法・材料の検討」で解説する。

なお、既設管を設計基準「パイプライン」の構造計算によって性能評価する場合において、造成当時の既設管の諸元が不明で評価に用いる定量的データが得られないことが想定される。

構造耐力の算定に当たっては、対象管路の変状発生状態を適切に表現する必要があるため、調査によって得られた物理的指標を適用する。ここで物理的指標とは、具体的には材料強度、管厚、土かぶり、土質定数、荷重条件、地下水位等を指す。それらの指標は、施設の当初設計時の各種諸元を基本に設定されるものである。調査によってそれらの情報が既に得られていれば使用する。なお、調査が困難な諸元については、施設の性能状態等を踏まえて適切な値を推測して使用することとする。

設定した物理的指標による計算結果から、想定される荷重に対して施設が変形や断面破壊しないこと等を確認するが、計算結果のみで性能状態进行评估するのではなく、施設の外観上の発生変状や変形、沈下等の実際の施設状態や施設の使用状況等も踏まえて総合的に検討した上で評価する必要がある。

3) 社会的機能の性能低下状況の評価

パイプラインの社会的機能の性能項目には、事故の発生による人的被害や周辺施設への社会的影響から、漏水・破損事故歴、補修歴を指標とする「安全性・信頼性」や、維持管理費、補修費等を指標とする「経済性」がある。これらの各性能の管理水準は、施設の崩壊等による社会的被害の影響を踏まえた施設の重要度（リスク）、社会的要請からの耐震性の必要性、施設管理体制等を踏まえた維持管理費軽減の必要性等を考慮して、あらかじめ、受益者、施設管理者、地域住民等の関係者と調整した上で施設ごとに決めておく必要がある。

当該施設に必要とされる各性能が管理水準を満たしているか否かについて、各機能診断調査の結果及び関係者の意向を踏まえて評価する。

なお、パイプラインのリスクを加味した性能管理の手法については、「農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」」（平成 28 年 8 月）で解説されているため、参照すること。

(2) 対策要否の判定

水利用機能、水理機能、構造機能、社会的機能の各性能に係る機能診断調査・評価結果を踏まえ、対策の要否あるいは継続監視の要否を判断する。

対策が必要な場合は以下のとおりであるが、施設の重要度、残存予定供用期間、地区全体の長寿命化計画、経済性、施設管理者の意向等を総合的に評価して、計画的に対策を行うものなのか、早急に対策を行う必要があるものなのか等を決定する必要がある。

- ① 現況性能が要求性能より低いと評価された場合
- ② 劣化予測により、予定供用期間内の性能が要求性能より低くなると評価された場合

1) 水利用機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

機能診断調査（問診調査や流量の実測調査等）の結果、水利用機能の各性能において要求性能を満足していない項目があった場合、その性能低下が水管理手法の工夫等、運用面で解決可能かを検討した上で、補修・補強の要否を判定する。

なお、補修・補強対策としては、水理機能や水管理施設の性能の低下を改善することや水管理施設の性能低下（例えば、テレメータ施設の破損等）に対する措置を検討する必要がある。特に、用水需要の変動予測や末端分木工の稼働制限の継続は難しいので、調整容量を確保する等の抜本的な対策も検討しなければならない。

また、要求性能のレベルが変化している場合（例えば、既存ため池の水質悪化に伴い、希釈用に取水が増えている等）は、別途かんがい計画等の検討を行う。

構造機能や水理機能の面から各種の補修・補強を行う場合は、必要に応じて補修・補強後の総合的な水理解析により、水利用機能の各性能が担保されていることを確認する。

2) 水理機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

機能診断調査（流量や漏水量の実測調査等）の結果、水理機能の各性能において要求性能を満足していない項目があった場合、その性能低下の要因に対する改善策の検討を行うが、以下の理由から水利用機能と併せて水利システム全体について検討を行う必要がある。

- ・局部的な補修・補強対策を行った結果が水利システム全体に影響を及ぼすことがある。
- ・水理機能の性能低下に影響を及ぼす要因としては、水管理方式と流量制御の適切な整合が図られていないことや、水需要パターンの変化、必要水量の変化等、水利用機能と密接に関連するものが考えられる。

また、水理機能に対する判定に当たっては、以下の点に留意する。

- ・水路系全体又は水理ユニットを対象として、補修・補強の要否を判断する。特に、水路の一部を改良した時に他の部分に悪影響を及ぼすことがあるので、十分注意する。
- ・水理機能の性能低下には構造機能の性能低下が関係している場合があるため、総合

的に判断する。それは例えば躯体の変形による縦断勾配の変化等である。

3) 構造機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

調査・評価結果に基づき、変状の程度とその要因を特定した場合は、施設に要求されている性能を考慮して補修・補強・改修の要否あるいは施設監視の強化等について判断する。

判断のポイントは、①第三者へ影響を及ぼす可能性がある変状は早い段階で対策を講じる必要があり、②施設の重要度等の観点から劣化期等まで使用するとした施設は、変状が進行した段階で対策を講じる、又は、事後保全により対応することとなる。

先に述べた施設性能に支障を及ぼすと考えられる変状のうち、確認可能な変状を対象にその発生の有無と程度により対策区分の検討を行う方法については、「**3.4.2 工法・材料の検討**」で解説する。

なお、継続監視と判定した場合、施設の性能低下状況や重要度に応じて監視項目や頻度等を設定し、施設監視計画を策定する必要がある。この施設監視中に変状の進行が確認された場合は、その時点から対策の要否判定の再検討や性能低下予測を行う。

4) 社会的機能の性能低下に対する対策の要否判定の留意事項

機能診断調査の結果及び受益者、施設管理者、地域住民等の関係者の意向等を踏まえ、所要の社会的機能の各性能の低下に対する対策の要否とその改善策を検討する。

(3) 対策の目的や区分の設定

対策の目的は、漏水又は漏水のおそれがある継手部の水密性の回復や耐荷性能の低下、荷重条件の変化に伴う力学的安全性（耐荷性）の向上等、施設の性能低下状況や使用環境条件、重要度等を踏まえて設定する。

対策の目的を踏まえて、対策区分の検討を行う。パイプラインの長寿命化対策の種類には、補修、補強、改修、更新がある。対策の水準は、施設の建設当初を基準として、これを上回る水準（性能向上）、これと同等の水準（性能回復）、これを下回る水準（短期的性能回復・応急対策）がある。対策の目的に応じてこれらの中から適切な対策区分を選択する。ただし、第三者に影響を及ぼす可能性が高いなど、直ちに問題となる変状が認められた場合には適切な応急措置を実施する必要がある。

また、パイプラインにおいては、各対策の手法として、開削による方法（布設替え、路線変更、増設等）と非開削による方法（管路更生工法、止水工法等）に分けられる。

パイプラインの場合、地中埋設構造物であり、地上の制約条件から、開削を伴う補修・補強対策や、布設替え、路線変更、増設等による更新対応が困難な場合が多いと考えられる。しかし、非開削による対策工法では回復又は向上できない性能、例えば耐震性や不同沈下等による地盤追従性を有していない工法があるなど、非開削工法の適用範囲や性能も踏まえた上で、開削工法と非開削工法を適切に選択する必要がある。

なお、施設の重要度と性能低下予測や漏水・破損事故のリスクを検討した結果、事後保全の対応も含めた「継続監視」が選択される場合もある。

(4) 対策範囲の検討

農業水利施設の長寿命化対策の検討においては、個別の変状発生要因に着目すると同時に水利システム全体としての機能の確保と効率的な施設の維持管理についても考慮する必要がある。

このため、長寿命化対策の検討において、施設全体に占める変状発生状況や変状要因の分布状況を勘案して、水理ユニット別に適切な対策方針を検討することが重要である。

パイプラインシステムでは、水理現象の伝播が速く、1地点における水管理操作が、その周辺の他地点及び水利システム全体の圧力・流量に影響を及ぼす。このため、対策の検討に当たっては、圧力や流量を境界条件として直接互いに影響を及ぼし合う範囲の施設群である水理ユニットに着目して検討を進めることが重要となる。

以上の検討においては、施設の重要度と管理水準のみならず、現行施設の機能の変更にについても考慮して、対策範囲のグルーピングを行うものとする。また、グルーピングにおいては、仮設の難易度、同種工種の連続性にも配慮する必要がある。

3.4 対策工法の選定の基本的な考え方

機能診断調査・評価の結果、現況の性能が本来要求される性能より低く、長寿命化対策が必要と判定された場合は、適切な対策を検討する。

対象となるパイプラインでは、その性能低下状態や変状要因から、対策により回復又は向上すべき性能を特定し、これに応じた適切な補修、補強、改修工法を選定する。

【解説】

機能診断調査の結果、長寿命化対策が必要と判定された場合、施設の要求性能が予定供用期間を通じて、所要の水準で保持されるような対策を検討する。

長寿命化対策の種類は、補修、補強、改修、更新があり、当該施設の性能低下の程度や変状の発生要因を把握して、施設の要求性能が将来的に確保される対策を選定する。

補修、補強、改修の各検討においては、施設の性能低下をもたらした変状の要因を十分調査し、これに適切に対応できる対策工法を選定する。

また、対策工法の選定に当たっては、周辺環境への影響や対策後の維持管理性にも配慮する必要がある。今後の予定供用期間が長い施設については、採用可能な工法について経済性（仮設費を含む工事費、維持管理費等）を評価し、施設のライフサイクルの面から経済性に優れた工法及び材料を選定するのが望ましい。その際に、対策工法の効果が期待される期間のほか、必要に応じて対策後の施設の再劣化に対する再対策についてもその方針や再対策方法の難易等も考慮して検討する。

3.4.1 設計・施工条件の整理

長寿命化対策の設計・施工段階の際には、長寿命化の対象となるパイプラインの性能、予定供用期間、設計・水理条件、用地上の制約、対策工事の実施可能時期・期間、維持管理の現状等を事前に整理し、それらを考慮した上で、工法選定や施工計画（仮設計画を含む）の立案、必要に応じて水理計算や構造計算を行う。

【解説】

パイプラインの長寿命化対策を検討する上で必要となる主な設計及び施工条件について以下に示す。

(1) 長寿命化の対象となる性能、予定供用期間等

長寿命化対策が必要と判断された性能、及びその性能低下を引き起こしている変状の発生要因、程度、進行性の有無の把握が重要になる。これに加えて、水利システムにおける当該施設又は部位の位置付け（重要性）、予定供用期間、対策の水準等を事前に検討し、対策の種類や範囲等の対策方針を概定しておくのが望ましい。

特に、管路更生工法は、変状に対して適用可能な範囲が限定されるため、管体のひび割れの発生状況、たわみ、継手部の段差・開き、腐食状況、地盤の緩み、不同沈下や蛇行の有無等を把握することが重要である。

(2) 設計・施工条件の整理

パイプラインの対策工法の選定に当たっては、既設管路の諸元や設計・施工環境条件等について正確に把握する必要がある。

1) 構造検討条件

機能診断調査等の結果を整理して、既設管の水路形式、管種、規格、口径、延長等の基本諸元のほか、平面・縦断線形、補修履歴等を取りまとめる。

管種とその規格、口径は、竣工図等を基に整理するのが原則であるが、建設後に補修や補強工事が実施されていることもあるので、現地調査において竣工図等と実際の管種、管径等が異なることが確認されたときには、測量等により現況施設の諸元を把握する。

建設当初の設計図書を整理し、荷重条件（土かぶり、上載荷重、地下水位、地盤反力等）、使用水压（設計水压、静水压、動水压、水撃圧）、埋設環境（地下水や土壌の腐食性、地盤沈下の発生状況等）、構造計算の手法、耐震設計の有無、管材の物性値（各種強度、配筋状況）等を把握する必要がある。

周辺状況から、建設当初と異なる荷重条件（宅地化、道路化、地下水位）や埋設環境等が確認された場合には、変更内容について取りまとめる。特に荷重が建設当初より大きくなっている場合は、力学的安全性を満足していない可能性があるため、構造検討による照査が必要である。詳しくは「3.3 (1) の 2) 構造機能の性能低下状況の評価」を参照すること。また、過去の基準で設計・施工されたものは、たとえ健全な状態として

も現在の荷重条件や構造基準に適合しない可能性もある。特に、施設重要度が高い場合はその点に留意する。

2) 水理条件

建設時の水理計算書から対策工法の水理計算に必要な条件（設計流量、チェック水位、流速係数／粗度係数、各種損失水頭等）を整理するとともに、現状の施設状況（漏水量、通水量等）を把握する必要がある。

管路更生工法を適用する場合、通水断面が縮小されることが多いため、所要の通水性が確保できる材料・工法を選択するとともに、水理設計における照査が必要である。

3) 対策工事の実施時期、期間

対策の実施時期や施工期間は、地下水位等の施工環境や工法・材料の選定に影響を及ぼすため、事前に検討を行い良好な条件で施工ができるよう配慮する必要がある。対策の緊急性にもよるが、一般には工事中の断水の可能性や最小通水量、通水開始時期等を確認することで実施時期を決定することになる。

4) 用地上の制約、施設周辺の状況、環境への影響

事前に用地上の制約（買収、借地等が困難な場合など）の有無について確認し、対策工法の選定や工事の施工計画への影響について検討する必要がある。管路更生工法を適用する場合、立坑を設置する必要があることや施工機械が大型になることも考えられるため、地上部の土地利用状況や道路条件を考慮して、必要な作業スペースを検討する。

対策工法によっては、粉塵、騒音、廃棄物等が発生する可能性もあるため、施設管理者からの情報や現地調査に基づく状況把握により、施設に近接する民家等の構造物等の周辺環境について整理するとともに、必要に応じて粉塵や騒音等の対応方法についても事前に検討しておく。例えば反転・形成工法において不飽和ポリエステル樹脂が用いられる場合、樹脂に配合されたスチレンが硬化時に揮発して臭気による環境問題を引き起こすおそれがあるため留意する。

また、施工計画を立案するため、人孔やスタンド等の附帯構造物を把握しておく必要がある。農業用パイプラインは、管内進入口となる人孔・スタンド間の延長が長い場合、工法の施工可能延長の検討のほか、維持管理性や経済性の観点から立坑や管理施設の増設を考慮に入れることも重要である。

以上の対策工法の検討のための設計・施工条件について、表 3.4.1-1 に整理する。

表3.4.1-1 対策工法の検討のための設計及び施工条件

項 目	内 容
管路諸元	水路形式（開水路形式/管水路形式）、管種、規格、口径、施工区間、施工延長、供用経過年数、平面・縦断線形（曲がり、勾配等）、設計・施工基準（構造設計方式、荷重条件、施工方式等）
既設変状	ひび割れ、たわみ、破損、腐食、継手隙間/段差/曲がり、蛇行・沈下、漏水量、浸入水、滞留水、P C 鋼線やカバーコートモルタルの腐食等
性能低下の要因と予測	性能低下要因、変状内容とそれによる性能低下の進行性
対策の目的	水密性の回復（漏水防止）、通水性の回復/向上、耐荷性の回復/向上等
対策の対象範囲	全体的対策（水理ユニット単位）、部分的対策
管路の材料条件	不とう性管（コンクリート系管路）：コンクリート強度、管厚、配筋等 とう性管：材料強度、管厚等
荷重条件	土圧算定諸元：土かぶり・地下水位・土質定数等、活荷重・上載荷重等
埋設環境	地盤緩み、不同沈下、土壌の腐食性、地上部の土地利用状況等
使用水圧	設計水圧：静水圧・動水圧・水撃圧、水管理状況等
水理条件	設計流量、チェック水位、流速係数（内面摩耗状態考慮）、損失係数等
既設附帯構造物	スタンド、分岐工、弁類の配置、操作管理状況
施工時地上条件	道路条件（交通量・幅員等）、立坑構築・地上作業帯（借地条件・単位施工延長）
施工時周辺環境	粉塵、騒音、廃棄物にかかる制約条件
施工実施時期・期間	断水の可能性、最小通水量、通水開始時期等
事故・補修履歴	事故・補修内容、事故・補修の頻度、性能低下要因把握等

3.4.2 工法・材料の検討

パイプラインの長寿命化対策における設計・施工条件の整理と合わせて、対象となる施設の変状や性能低下要因に対して所要の性能を有する工法・材料を選定する。

【解説】

(1) 対策工法の適用範囲と要求性能

パイプラインの長寿命化対策（管路更生工法）の主な目的は、管路（管体や継手）に生じる可能性のある、若しくは生じている劣化因子の抑制又は遮断、水密性、通水性、耐久性、耐荷性の回復又は向上である。

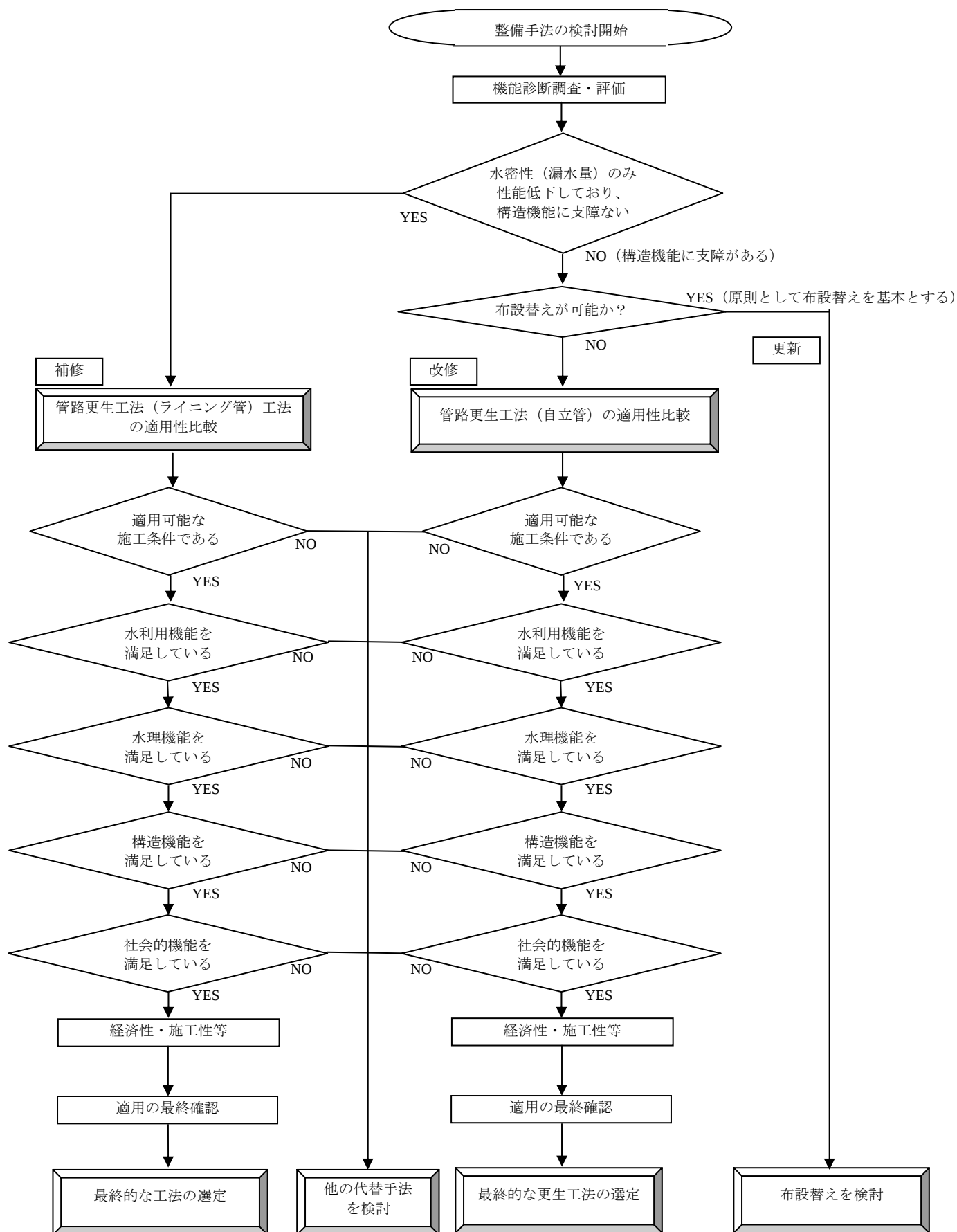
具体的には、水密性、通水性の回復の観点から「管路更生工法による流速係数の改善」、耐久性、耐荷性の回復又は向上の観点から「管路更生工法による腐食した鋼管の改修」、「管路更生工法による耐荷力の回復」等がある。

パイプラインに管路更生工法を適用する場合は、対象となる施設又は部位の性能や設計・施工条件、対策工法の特性等を踏まえ、変状や性能低下要因に対して所要の性能を有する工法・材料を適切に選定する必要がある。

管路更生工法の材料・工法に係る要求性能とその性能が確保されていることを照査するための方法については、各工法（第4章、第5章）の「**要求性能、性能照査**」を、性能照査の一環として行う水理設計や構造設計の方法については、各工法（第4章、第5章）の「**水理設計**」、「**構造設計**」を、対策工法の特性は「**対策工法の概要**」を各々参照すること。

また、管路更生工法は、その工法の性質上、施設に発生している変状、施設の線形及び施工条件などといった、適用可能な条件が限定される。

これらを踏まえ、図 3.4.2-1 に管路更生工法の工法選定フロー図を示す。



※耐震性能は今後の検討課題

図 3.4.2-1 管路更生工法の検討フロー

(2) 管路更生工法の工法選定

パイプラインの対策工法として管路更生工法が選定された場合、施設の設計及び施工条件に応じて、要求性能に関する判定・評価を行い、具体的な工法の仕様及び施工方法を決定する。しかし、管路更生工法は、工法により使用材料の物性値や耐水圧、施工方法等が異なるため、工法選定の効率化を図る目的から、設計及び施工条件と工法の標準適用範囲を基に概略的に工法の選定を実施する。

工法の概略選定に当たっての主な検討項目は以下のとおりである。

【検討項目】

- ① 管 種 :
- ② 口 径 : ϕ mm
- ③ 施工延長 : m
(人孔区間 (最大施工区間) m / 部分区間 m)
- ④ 設計水圧 : MPa (水撃圧含む)
- ⑤ 更生後流量 : (例えば、最小管径 ϕ mm : 流量特性と流積の関係性)
- ⑥ 線 形 : 曲がり $^{\circ}$ $\times$ 箇所 曲線半径 m
最大勾配 $^{\circ}$ (鉛直方向/水平方向)
- ⑦ 既設管路の変状 : a) 破損・クラック mm
b) 段差 mm
c) 曲がり (蛇行) mm
d) 継手隙間 mm
- ⑧ 滞留水/浸入水 :
- ⑨ 施工可能期間 :
- ⑩ 施工時必要スペース : m $\times$ m
- ⑪ 仮設道路 : t 車 幅員 m

主要な適用条件から、各工法を絞り込んだ後、①施工条件との適合性、②通水性の照査 (水理設計)、③耐荷性の照査 (構造設計) の各項目について詳細な照査を行う。

①施工条件との適合性は、既設管路の状況等の施工条件項目について、対策工法の適用性を評価・判断する。施工条件項目は、主に前述の対策工法の概略選定時の検討項目と同様であるが、以下に示す、立坑等の構築による施工可能延長・曲がり対応の検討等、現場固有の施工環境を踏まえて工法ごとの実績や安全性も検討し、適用可能な対策工法を選定する必要がある。

- a) 仮設立坑の設置条件
- b) 施工可能工程 (施工時間、挿入・硬化方法、中断施工等)
- c) 施工時地上条件 (地上作業ヤード、仮設道路)
- d) 環境適用性

以上により更に絞り込んだ工法に対して、②通水性の照査、③耐荷性の照査は各工法（第4章、第5章）の「**水理設計**」、「**構造設計**」に準じ、その適用性の照査と工法比較を目的とした比較設計を行う。

また、通水性の照査においては、対策工法の実施によって、従前の通水状況が変化し、必要水位の低下等から既設構造物（スタンド、分岐工、弁類等）の機能に影響を及ぼす可能性がある。この場合には、流量制御等水管理施設の内容を確認して、その影響を把握する必要がある。

3.5 対策工法の選定に当たっての留意事項

対策工法は、施設個別の施工条件、使用環境条件に留意し、早期の再劣化、施工時の不具合の生じることのない工法を選定する。

【解説】

対策工法の選定に当たっては、変状発生要因や変状程度に見合った、早期に変状が発生することのない工法とする。また、現場で確実に施工可能で品質不良が生じることのない工法を選定するとするとともに、施工性、維持管理性、経済性にも留意する。

3.5.1 多様な劣化要因に応じた対策工法の選定

対策工法は、当該施設の劣化状況を考慮し、必要とする性能を有する工法・材料を選定する。

【解説】

現場の変状形態は様々であり、主要な劣化要因が特定できない場合がある。この場合、対策工法の選定段階ではなく、対策の要否や対策方針の検討段階から必要に応じて学識経験者等に意見を求めるなどの検討が必要である。

3.5.2 現場条件に応じた対策工法の選定

対策工法は、現場条件（施工時期・期間、周辺環境等）を考慮し、性能が確保できる工法・材料を選定する。

【解説】

パイプラインを取り巻く主要な現場条件に対する対策工法選定上の留意点を以下に示すが、現場条件は多様であり、条件に即した対策工法の選定が困難な場合は、必要に応じて学識経験者に意見を求めるなどの検討が必要である。

(1) 施工時の施設運用状態を考慮した対策工法

いずれの対策工法も、原則として断水状態で施工することが条件となる。しかし実際には、施設運用条件により、断水できない条件や短期間の断水下で対策を行う必要が生じる。断水できない条件では、水路の仮廻し運用、水中施工するなどの特殊施工を検討する必要がある。

(2) 施工時の環境条件を考慮した対策工法

外気温が高温又は低温の条件下で施工しなくてはならない場合は、高温下でもひび割れや浮き等の生じない工法・材料や、低温下でも硬化不良とならない工法・材料を選定する。

(3) 維持管理に留意した対策工法

対策工法の実施に併せ、対策後の点検、維持管理等が容易にできるような管理施設を設けるなどの検討も必要である。対策後は断面が小さくなるほか、内面が更生され滑りやすくなる。このため、対策後の点検・補修時の作業員の安全性や容易性についても考慮することが望ましい。

また、可能な限り、補修材の変状発生状態の機能診断の容易さ、再補修のしやすさにも配慮した工法選定を行うことが望ましい。また、維持管理の観点から、同一路線内では対策工法の統一を検討する必要もある。

対策工法の効果の持続性については不明なことも多く、施工後のモニタリングが重要である。特に、対策工法の早期変状が確認された場合は、要因を調査・究明し、対策工法の改善や設計・施工方法の見直しを行う。

3.5.3 その他

対策工法の選定に当たっては、経済性や周辺環境に配慮することが重要であり、また、長寿命化対策技術の発展のために新技術の活用を慎重に検討することが望ましい。

【解説】

(1) 経済性に優れる対策工法選定

対策工法は、イニシャルコストだけでなく対策後の施設の耐用年数を考慮して、適用性が高いと判断される複数工法の中から施設のライフサイクルコストが最も低減できる工法を選定する。

(2) 周辺環境に配慮した対策工法選定

対策工法は、流下する水や地下水等の水質への影響、宅地部では作業時等の騒音及び有機溶剤臭の発生等、周辺環境に配慮して選定する必要がある。

(3) 新技術の適用について

近年、機能診断や施設の補修・補強に係る新技術が多数開発、提案されている。施設を効率的に長寿命化するためには、これらの技術の現場適用性や耐用年数等について適切に評価を行うことが重要である。また、類似工法や調査機器の検証及び適用事例を参考にすることや、必要に応じて学識経験者等に意見を求めることが望ましい。

そして、新技術を適用する前には、適用する構造物の立地環境や施工状況に応じた試験施工を行い、施工性や対策工法の効果・信頼性を確認する必要がある。

第4章 鞘管工法

4.1 工法概要

鞘管工法は、更生対象管の形状寸法に合わせてあらかじめ製作した管を挿入する。既設管内に内挿する管の種類から分類できる。

【解説】

(1) 鞘管工法の概要

鞘管工法は、既設管内に強化プラスチック複合管（FRPM管）、ダクトイル鋳鉄管（DCI管）、鋼管、ポリエチレン管等を立坑から運搬して接合若しくは溶接、溶着、又は立坑内で接合して推進した後、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。なお、充填を行わない場合には、現場状況により個別に検討が必要である。

表 4.1-1 に本書における鞘管工法の適用範囲、表 4.1-2 に施設変状や設計・施工条件に対する鞘管工法の適用範囲を示す。

表 4.1-1 本書における鞘管工法の適用範囲

適用範囲	対象工法	管路更生工法
		鞘管工法
適用目的		・補修（水密性、通水性及び耐久性の回復又は向上）【ライニング管】 ・改修【自立管】（※1）
既設管種		全管種（※2）
対象変状		・補修（ライニング管）：継手部の間隙、曲げ角度、ゴム輪の劣化や脱落、溶接部の劣化／管体の部分的な腐食（管厚減少、錆こぶ）／管体内面の摩耗（水理機能の低下）／モルタルライニングの摩耗や剥離 ・改修（自立管）：管体の変形やたわみ／管体のひび割れや亀裂、鉄筋の腐食／カバーコートモルタルの劣化や摩耗／PC鋼線の腐食や破断／管体の腐食（管厚減少）（※3、4）
口径・延長		・口径 800mm 未満は適用外とする（※5） ・単位施工延長は充填材の材料性状に変化を生じさせずに、それを圧送できる距離とする
線形・施工条件		・原則、滞水状態で施工は行わない（施工前に管内の滞留水の排水や浸入水の止水処理、管内面の清掃を行う） ・原則、分岐部や屈曲部への適用性は工法の個別性能による（更生管端部の水密性や耐久性を照査する）（※6） ・勾配（水平・鉛直方向）に対する適用性は工法の個別性能による
既設管の性能低下状態		補修（ライニング管）として用いる場合は、以下の条件を満たすこと ・既設管の耐荷力は健全であること ・既設管（とう性管）のたわみ率は5%以下とする ・ジョイント間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする（※7）
地盤追従性		・設計基準「パイプライン」の「管体の縦断方向の設計」を準用
耐震性		・設計基準「パイプライン」の「耐震設計」を準用

※1：本書における内挿管の適用管種は、設計基準「パイプライン」に記載されている管種のうち、ダクトイル鋳鉄管、鋼管、強化プラスチック複合管、ポリエチレン管等とする。

※2：石綿セメント管は、管を除去できない場合にのみ管路更生工法を適用する。ただし、自立管設計とし、施工は作業員の健康障害への影響を十分踏まえた上で対応する。また、更生管の外側に石綿セメント管が存置されることに留意する必要がある。

- ※3：変状に対する適用性は工法の個別性能による。
- ※4：既設管の性能低下のほか、リスクへの配慮や施設使用条件の変化に伴う設計条件（水量、水圧、荷重）の変更による性能向上等も対象とする。
- ※5：入管せずに施工可能な場合（本管施工時に入管の必要がなく端部処理等の管内作業も立坑内から実施可能な場合等）はこの限りではない。また、口径の適用範囲は、工法の個別性能による。
- ※6：分岐部や屈曲部への適用について、端部の水密性や更生管の耐久性・耐荷性が確保される場合は適用可能であるが、既設管の曲管部や分岐管部に異形鋼管が用いられ、その性能が健全である場合は、原則、管更生を行わない。
- ※7：管路更生工法のライニングで補修可能な範囲は、下図のとおり継手間隔が施工管理基準の規格値の1.5倍を上限とする。

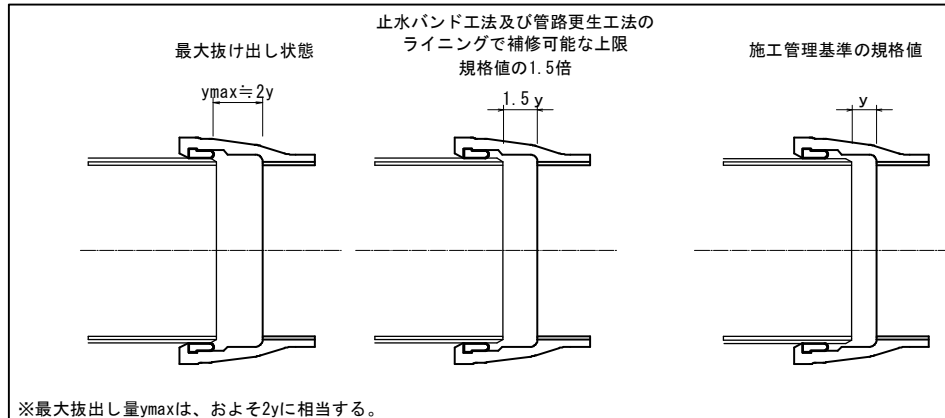


表 4.1-2 対策工法別の施設変状や設計・施工条件に対する適用範囲

適用条件		補 修	改 修
		ライニング管（鞘管工法）	自立管（鞘管工法）
R C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	鉄筋露出、腐食	適用不可	適用可
	管厚の減少	適用不可	適用可
P C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	鉄筋露出、腐食	適用不可	適用可
	管厚の減少	適用不可	適用可
	カバーコート摩耗・中性化	適用不可	適用可
	P C 鋼線の腐食	適用不可	適用可
	土壌に腐食性物質が存在 （硫化物の含有等）	適用不可	適用可
	地下水に腐食性物質が存在 （浸食性遊離炭酸、各種イオン（塩酸、硝酸、硫酸）の含有）	適用不可	適用可
S P 管・D C I 管	たわみ量	5 %以下	適用可
	内面塗装の損傷・腐食	適用可 （耐荷性に影響しない管厚の減少に限る）	適用可
	外面塗装（塗覆装）の損傷・腐食	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	発錆・孔食	適用不可 （発錆因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く） （孔食部は鋼板補強等の対策を別途行う場合を除く）	適用可
	管厚の減少	適用不可 （発生因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く）	適用可
	C/S マクロセル腐食の可能性 （メタルタッチ、塗覆装の不良）	適用不可 （塗覆装の修繕やメタルタッチの遮断等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	通気差マクロセル腐食の可能性 （塗覆装の不良、土壌性質の変化点等）	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	異種金属接触腐食の可能性 （塗覆装の不良、絶縁されていない鋼製管同士の接続）	適用不可 （塗覆装の修繕や絶縁対策等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	電食の可能性 （電鉄の迷走電流、塗覆装の不良）	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
F R P 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	たわみ量	5 %以下	適用可
P V C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	たわみ量	5 %以下	適用可

※既設管としてのP E管はφ300以下の小口径で使用されているため上表に記載していないが、鞘管工法の適用を制限するものではない。P E管（既設管）に適用する場合はP V C管を参照してよい。

管を立坑から搬入して接合する場合の施工概要（例）を図 4.1-1 に、立坑内で接合して推進する場合の施工概要（例）を図 4.1-2 に、巻き込んだ管を立坑から搬入し溶接する場合の施工概要（例）を図 4.1-3 に示す。

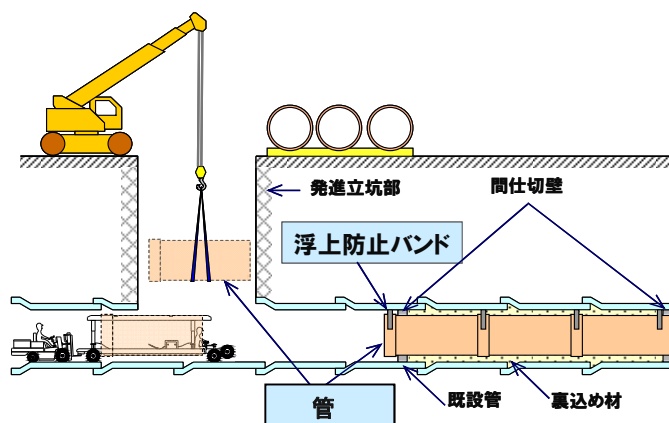


図 4.1-1 鞘管工法施工概要図（搬入・接合）（FRPM管、DCI管例）

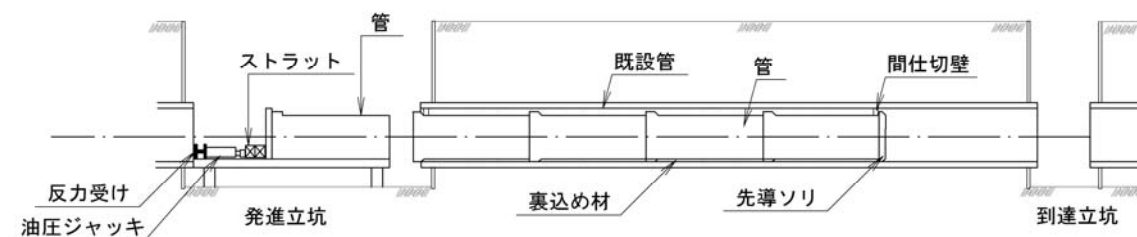


図 4.1-2 鞘管工法施工概要（接合・推進）（DCI管例）

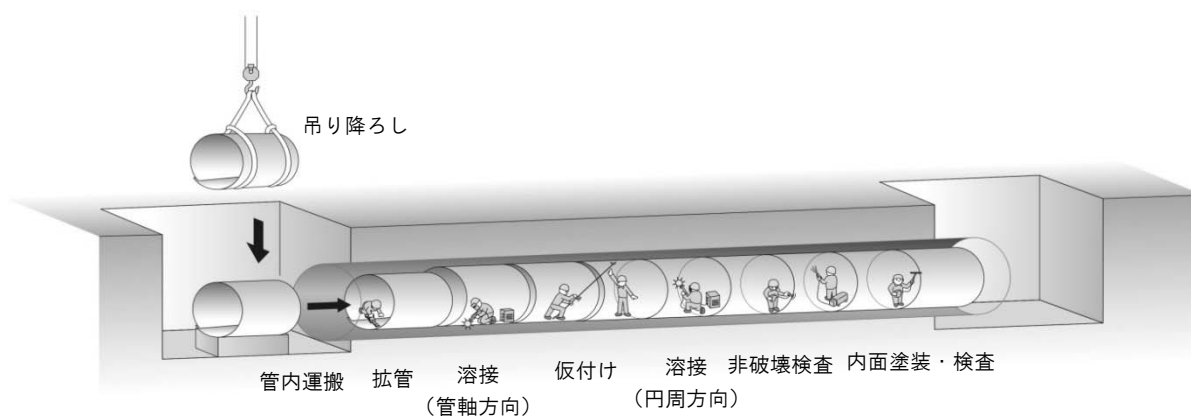


図 4.1-3 鞘管工法施工概要（巻き込み・溶接）（鋼管例）

(2) 鞘管工法に用いる更生材の構成要素と特徴

鞘管工法に用いる管について既設管との間隙には、エアモルタル等が充填される。

各種内挿管における更生材の構成要素及び特徴等を以下に示す。

1) 内挿管

① 強化プラスチック複合管

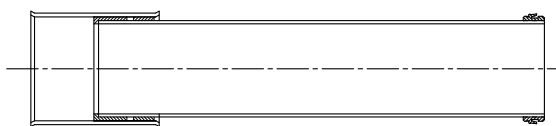
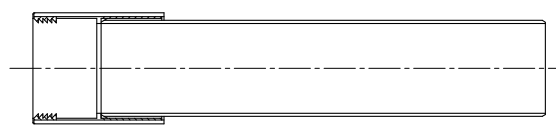
内挿する強化プラスチック複合管は、用途に合わせて内圧管、内挿用内圧管に区分され、設計内水压、設計外水压、土かぶりにより管種が設定される。内挿用内圧管は通常の内圧管よりも薄肉であるという特徴を持つ。

表 4.1-3 内挿用に用いられる強化プラスチック複合管の種類

強さによる区分		形状による区分		試験内圧 (MPa)	最大設計内圧 (MPa)
		B 形	C 形		
内圧管	1 種	口径 500～ 3000mm	口径 200～ 3000mm	2.6	1.3
	2 種			2.1	1.05
	3 種			1.4	0.7
	4 種			1.0	0.5
	5 種			0.5	0.25
内挿用内圧管	3 種	—	口径 600～ 3000mm	1.4	0.7
	4 種			1.0	0.5
	5 種			0.5	0.25

備考：試験内圧は J I S A 5350 に準拠し、最大設計内圧（静水压＋水撃圧）×2

表 4.1-4 内挿用に用いられる強化プラスチック複合管の形状

形状による区分		模 式 図
B 形	継手部のゴム輪が、管の挿口部外面に接着剤により、あらかじめ接着されている構造のもの	
C 形	継手部のゴム輪が、管の受口部内面に接着剤により、あらかじめ接着されている構造のもの	

備考：形状は、フィラメントワインディング成形方法によるものに適用するゴム輪は、J I S K 6353（水道用ゴム）に準拠

なお、内挿する強化プラスチック複合管の接続方法は、管内面側に専用内面挿入治具及び挿入機等を使用する内面接合方式を標準とする。ただし、既設管との間隙が広い場合には外面接合方式により管の接合作業を行うこともできる。

② ダクタイル鋳鉄管

ダクタイル鋳鉄管は、用途に合わせて各種の継手形状があり、設計内水圧、設計外水圧及び土かぶりにより管種が設定される。

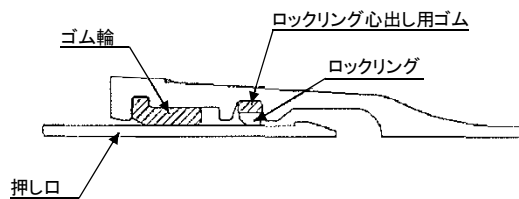
内挿用に用いられるダクタイル鋳鉄管の主な継手形状と適用口径を表 4.1-5 と図 4.1-4 に示す。

ダクタイル鋳鉄管の保証水圧は、4.8～9.8MPa と呼び径と管種によって異なり、設計内水圧は保証水圧の 1/2 とされている。

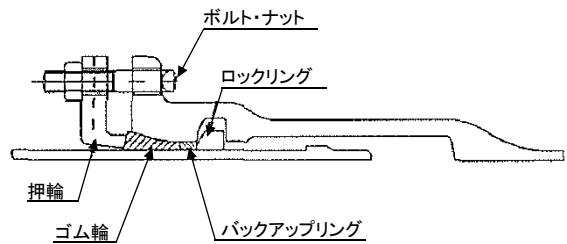
表 4.1-5 内挿用に用いられるダクタイル鋳鉄管の種類と適用呼び径

(mm)

種類	U 形	NS 形	US 形	PN 形
D1	800～2,600	75～450	800～2,600	300～1,500
DS	－	500～1000	－	－
D2	800～2,600	－	800～2,600	400～1,500
D3	800～2,600	75～450	800～2,600	500～1,500
D4	800～2,600	－	800～2,600	600～1,500

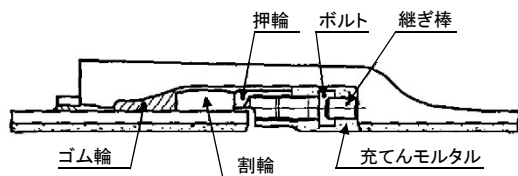


呼び径 ϕ 75~450mm

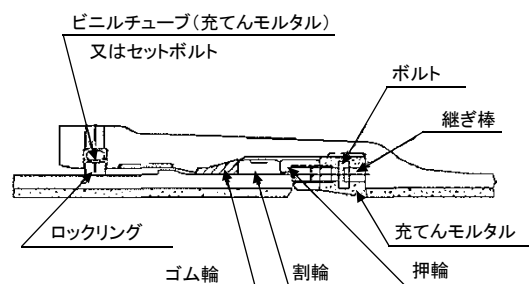


呼び径 ϕ 500~1000mm

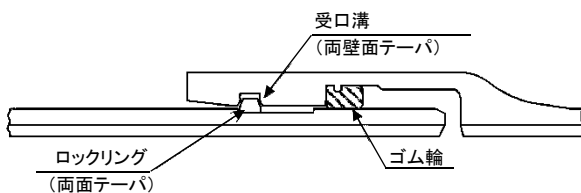
NS形



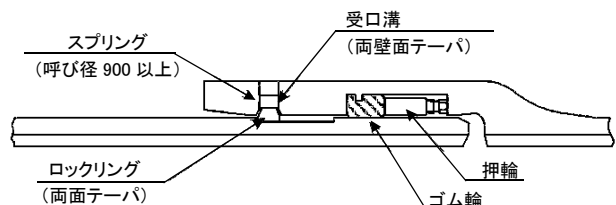
U形



US形



呼び径 ϕ 300~600mm



呼び径 ϕ 700~1500mm

PN形

図 4.1-4 内挿用に用いられるダクタイル鋳鉄管の継手形状

③ 鋼管

内挿する鋼管は、設計内水压、設計外水压、土かぶり等により管厚が設定される。鞘管工法に使用する鋼管は、一般的には工場で完成させた普通鋼管を用いるが、管軸方向溶接を現場で行い既設管径に近い口径を確保可能な巻込み鋼管（図 4.1-5 参照）を用いることもある。

普通鋼管では、既設管に対し 1 口径（100mm）程度小さくなるのに対し、拡管後の巻込み鋼管は、既設管により近い口径（約 40mm ダウン）とすることができる。

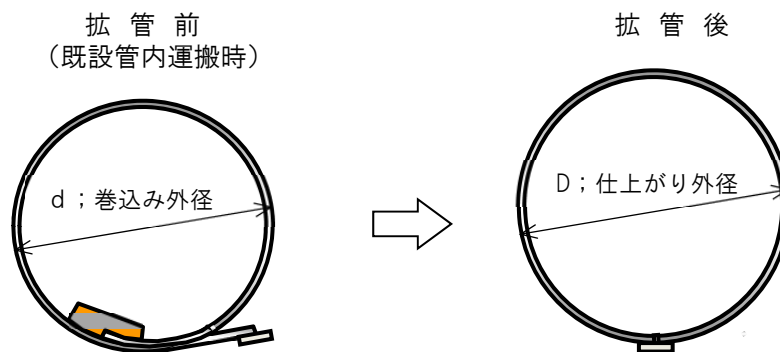


図 4.1-5 巻き込み鋼管の概略構造

④ ポリエチレン管

内挿用に用いられるポリエチレン管は設計内水圧、設計外水圧及び土かぶりにより管厚が設定される。管継手部の融着による接合の方法には、図 4.1-6 に示すバット融着と電気融着がある。

管継手部の接合を行った後にウィンチ等の牽引機を用いて既設管内へ引き込みながら更生していく。

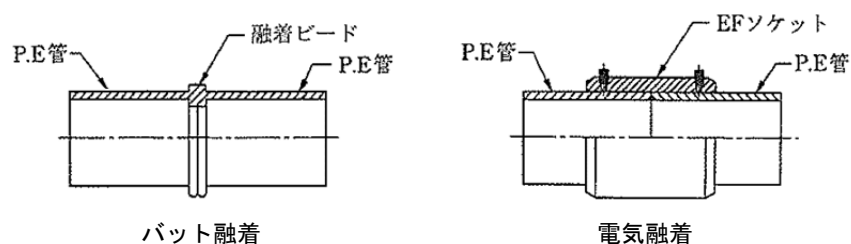


図 4.1-6 ポリエチレン管の融着方法

2) 充填材

充填材は、既設管と内挿管との空隙部に充填するものでスラリー性状と硬化性状が要求される。一般に充填材は、一軸圧縮強度 $\sigma_{28}=1.0\text{N/mm}^2$ 程度の強度特性を持ったエアモルタル等が使用される。それらの充填材を表 4.1-6 に示す。

表 4.1-6 充填材【鞘管工法】

充 填 材
微粒子混和材エアモルタル、クレーサンドエアモルタル、砂エアモルタル、高流動エアモルタル、可塑性グラウト材 他

4.2 要求性能、性能照査

4.2.1 鞘管工法の要求性能と性能照査

鞘管工法の要求性能は、管種に応じて適切に設定する。

鞘管工法の性能照査は、標準的な試験によって得られる材料及び施工の性能が、定められた基準値を満足することを適切な方法によって確認し、さらに、施工が適切に実施されることを施工計画の照査に基づいて確認する。

【解説】

(1) 性能照査の基本的な考え方

鞘管工法の性能照査は、鞘管工法に期待される効果の持続期間中に、鞘管工法を施工したパイプライン施設が所要の要求性能を満足することを確認しなければならない。しかし、施工対象のパイプライン施設に対して試験施工を行うことや鞘管工法に要求される性能を一つの試験で直接的に正しく評価することは、一般に困難である。

このため、本書では、鞘管工法の性能照査に当たっては、鞘管工法に係る材料及び施工に要求される照査項目について、その照査項目の試験値が要求値を満足することを試験によって確認することで性能照査とすることとした。ただし、鞘管工法が所要の性能を有することを確認するためには、試験による確認に加えて、仕様どおりに確実に施工されるよう、施工計画が適切であることをあらかじめ確認しておかなければならない。

鞘管工法の要求性能とその照査時期を表 4.2.1-1 に示す。

表 4.2.1-1 鞘管工法の要求性能と照査時期

要求性能			要求項目	照査のタイミング				
				工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/ 材料承諾)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリ ング)
基本的 性能	水理 機能	通水性	計画最大流量を安全に通水できる性能	—	○ 水理計算	—	○	○
		水密性	想定される水圧（内水圧・外水圧）に対して水密を保持できる性能（管体・端部）	○	○	○	○	○
	構造 機能	耐荷性	土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水圧に対し構造的に安定した性能	○	○ 構造計算	○	○	○
		地盤追従性	今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能	—	—	—	—	○
個別的 性能	構造 機能	耐震性	地震動及び地盤変状に対して所定の安全性を満足する性能。地盤変状とは、地震動により生じた現地盤や埋戻しの土の液化化、地すべり、斜面崩壊、地盤沈下、地割れ等の永久的変位をいう	—	○ 構造計算	○	—	—
	社会的 機能	水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能	○	○	○	—	—

【凡例】 “○”：照査の段階、“—”：照査の必要なし（又は実績等により省略可）、
“△”：今後の新たな技術的知見を踏まえた照査方法の検討が必要

(2) 照査方法と品質規格値の考え方

鞘管工法を施工したパイプライン施設が、所要の性能を確保するためには、鞘管工法に適用する材料の特性及びその施工方法等を考慮して要求する性能を決定し、それらを明確にしておく必要がある。

材料及び施工の照査項目の試験方法については、例えば、J I S等に規定されている試験方法を用いてその品質を確認することとし、基準値の適用に当たっては、変状や劣化要因に応じて要求される性能を考慮して設定する。

工法開発時の鞘管工法の要求性能項目に対する要求項目と照査方法及び要求値に関する基本的な考え方を表 4. 2. 1-2 に示す。なお、鞘管工法で使用する管材料は、設計基準「パイプライン」に掲載されている既製管を対象とした工場製品であることから要求性能の確認は J I S等の公的規格に基づくものとする。ここでは管材料の要求性能は省略し、充填材の要求性能を示す。試験方法の詳細は、それぞれ適用する J I S規格、J H S基準を参照されたい。

また、以下に性能照査に関する特記事項を記す。

水密性：既設管の実績より性能照査試験を省略可能とする。

通水性：既設管の実績より性能照査試験を省略可能とする。ただし、水理計算による流下能力の照査は実施する。

地盤追従性：今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能。

鞘管工法については、設計基準「パイプライン」に示される範囲において使用が可能であるが、モニタリングにおいて既設管継手部の確認を行うものとする。

耐震性：設計基準「パイプライン」の耐震設計に基づいた照査を行う。

表 4. 2. 1-2 鞘管工法に求められる要求性能と性能照査方法

要求性能			要求項目	照査方法		要求値 (性能照査 判定基準)
				試験方法	試験条件	
基本的性能	水理機能	水密性	想定される水圧（内水圧・外水圧）に対して水密を保持できる性能	設計基準「パイプライン」に基づく照査を行う (設計基準「パイプライン」表-5. 2. 1設計水圧による使用管種の目安、表5-2. 2設計水圧による使用管種の目安 参照)		—
	構造機能	耐荷性	・土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水圧に対し構造的に安定した性能 ・長期耐久性を考慮している	設計基準「パイプライン」に基づく照査を行う (6. 4構造設計に必要な管材の諸元は各種基準を参照すること)		—
			充填材の強度（圧縮強度）	土の一軸圧縮強度試験	JIS A 1216（土の一軸圧縮試験方法）	28日圧縮強度値が1. 0N/mm ² 程度
			湿潤密度（生比重）	生比重試験	JHS A 313（エアモルタル及びエアミルクの試験方法）	—
			フロー値	フロー試験	JHS A 313（エアモルタル及びエアミルクの試験方法）のシリンダー法	—
			空気量	空気量試験	JHS A 313（エアモルタル及びエアミルクの試験方法）	—

凡例：「—」協会による申告値であることを示す。

※充填材の施工時の品質管理は、湿潤密度、フロー値、空気量により行うこととし、圧縮強度に加えて、所定の強度に管理するための諸数値を設定する。

1) 耐荷性：充填材

内挿管と既設管の隙間に充填する材料については、管体外面の保護や既設管破損時の緩衝体としての機能が要求される。また、構造としての強度は見込まないことから高い強度は必要とされない。

強度以外の照査項目は、既設管と更生管の隙間に確実に充填するための施工性を確保するためのものとする。

【試験方法】

照査の項目は、充填材の強度（圧縮強度）とする。これに加え、充填材の施工時の品質管理は、湿潤密度、フロー値、空気量により行うこととし、圧縮強度に加えて、所定の強度に管理するための諸数値を設定する。

試験方法は、充填材の強度（圧縮強度）は J I S A 1216「土の一軸圧縮試験方法」、湿潤密度は J H S A 313「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」、材料の流動性は J H S A 313「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」のシリンダー法、空気量は J H S A 313「エアモルタル及びエアミルクの試験方法」によるものとする。

【要求値】

充填材の強度（圧縮強度）は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路トンネル」（平成26年7月）（以下「設計基準「水路トンネル」」という。）に準じて固結後1.0 N/mm²程度を求める。

4.3 水理設計

4.3.1 一般事項

パイプラインの水理設計は、設計基準「パイプライン」に準拠する。

水理設計は、対策後のパイプラインシステムが水利用計画のいかなる条件の下でも計画最大流量までの用水量を安全かつ確実に通水し得るように、パイプラインの通水断面及び附帯設備の規模や制御方式を定め、パイプラインシステムがその機能を十分に果たせるような水理条件を確認することを目的とする。

【解説】

本書に示す鞘管工法の管材は、J I S等の公的規格や団体規格に準拠した工場二次製品であり、水理検討は設計基準「パイプライン」に準拠して行う。

4.4 構造設計

4.4.1 構造設計の基本的考え方

構造設計は、設計上の構造分類として、現時点では、「構造部材となる更生管材料の材料特性」、「既設管路が有する耐荷性（又は剛性）」、「それら相互の関係性」を考慮して、設計基準「パイプライン」等に準じた手法により行うこととする。

【解説】

(1) 構造設計手法の考え方

本書においては、「ライニング管」及び「自立管」について、これまでの知見・検討に基づき設計基準「パイプライン」等に準拠して構造計算手法を提示することとする。

本書に提示する構造設計手法については、下水道分野等の知見も踏まえて検討を行ったものであるが、内外圧を受ける構造理論や作用土圧（分布形状、地盤反力係数等）の考え方が農業用パイプラインとは異なることに十分留意するとともに、各工法の所要性能を考慮して構造計算手法を整理した。

以上の構造設計手法の考え方を整理すると、図 4.4.1-1 のとおりとなる。

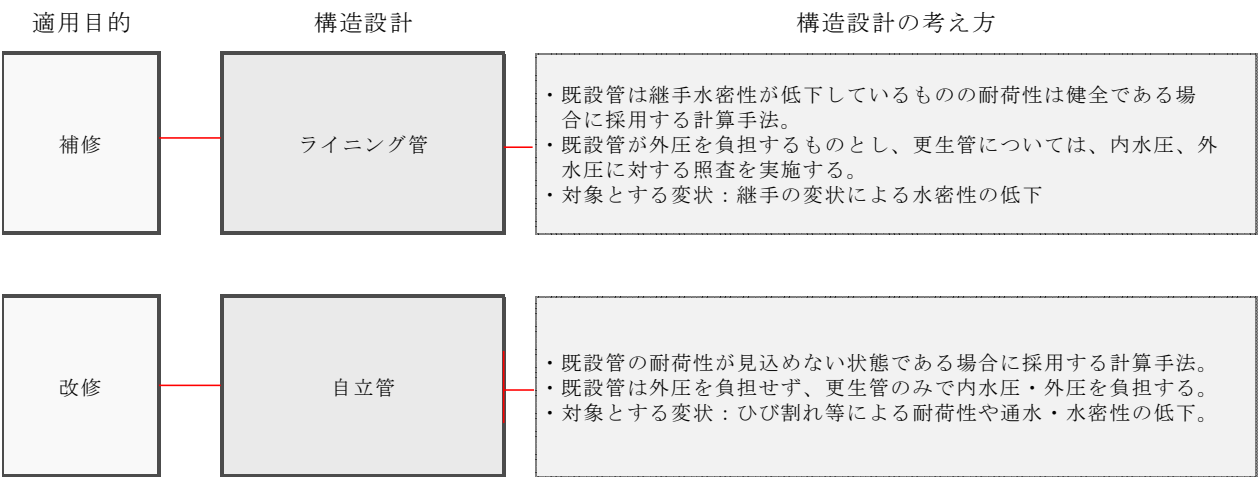


図 4.4.1-1 構造設計手法の考え方

(2) 構造設計の手順

管路更生工法の構造設計は、既設管の埋設条件や地盤条件等から埋設深さ、活荷重、内外水圧等を確認することで荷重を決定し、続いて管体の横断方向の構造計算を行う。

縦断方向の検討については、設計基準「パイプライン」を参考に必要に応じて行うこととする。

4.4.2 荷重

構造計算に当たっては、適用目的と工法・材料特性を考慮して、土圧、活荷重、軌道荷重、管体の自重、管内水重、基礎反力、内水圧、そのほかの荷重及び必要に応じて外水圧を適切に定める。

【解説】

更生管に作用する荷重は、自立管では土圧、活荷重、軌道荷重、管体の自重、管内水重、基礎反力、内水圧、そのほかの荷重であり、ライニング管では内水圧及び外水圧である。

構造計算を行う場合の管体に作用する荷重は、原則的に表4.4.2-1により想定される組合せを選ぶ。

表 4.4.2-1 構造設計に用いる荷重の組合せ

荷重		ライニング管	自立管	
		応力計算	応力計算	たわみ量計算
土 圧	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
活荷重	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
軌道荷重	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
管体自重	鉛直方向 ^{注2)}	—	○	○
	水平方向	—	○	※
管内水重	鉛直方向	—	○	○
	全方向	—	○	※
基礎反力	鉛直方向	—	○	—
内水圧	全方向	○	○	—
そのほかの荷重 ^{注1)}	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
外水圧	全方向	○	—	—

注 1) 「設計基準「パイプライン」9.3.4 そのほかの上載荷重」による。

注 2) 強化プラスチック複合管の最大曲げモーメントの計算に当たっては、管体の自重の要素は P_c 及び H_c の値の中に含まれており、加算する必要はない。

※は自立管のたわみ量計算において水平荷重は考慮されている。

(1) 荷重算出式

活荷重、軌道荷重、管体の自重、管内水重、基礎反力（以下「外圧」という。）及び内水圧については、設計基準「パイプライン」に準拠して算出する。

なお、土圧、外水圧については管路更生工法独自の検討手法として以下に示す。

(2) 土圧

土圧算出式には、既設管施工時の断面及び土圧公式を用いることを基本とする。

それらが不明である場合には、想定できる断面及び土圧公式を採用する。

(3) 外水圧

外水圧については、地下水位から管底までの圧力として算出することとする（図 4. 4. 2-1 参照）。これは、管底部からの座屈事例が多いことから安全を見込んで設定するものである。

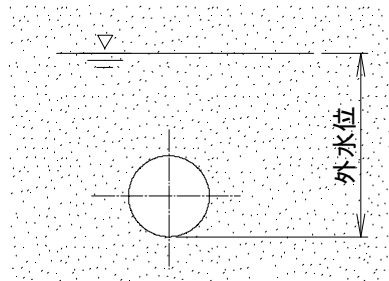


図 4. 4. 2-1 外水位の設定模式図

4.4.3 横断方向の設計

横断方向の設計では、管体に働く内外圧の複合作用及び既設管の影響について検討し、これに対して十分安全であるように設計する。

【解説】

横断方向の構造設計の手法として、4.4.4 ライニング管設計及び4.4.5 自立管設計を以降に示す。既設管の状況を適切に判断し構造設計手法を選定すること。

4.4.4 ライニング管設計

ライニング管設計は、「補修」を目的とした場合の構造設計である。

【解説】

ライニング管では、既設管の強度を期待し、既設管が外圧を負担することが可能な場合に適用し、更生管には内水圧及び外水圧に対する耐力を期待する。

対象とする既設管路は、継手の変状によって水密性が低下又は低下するおそれのあるものである。
管種、管厚の決定に際しては、内水圧及び外水圧から算出する規格のうち、大きい方を採用する。
設計の手順を以下に示す。

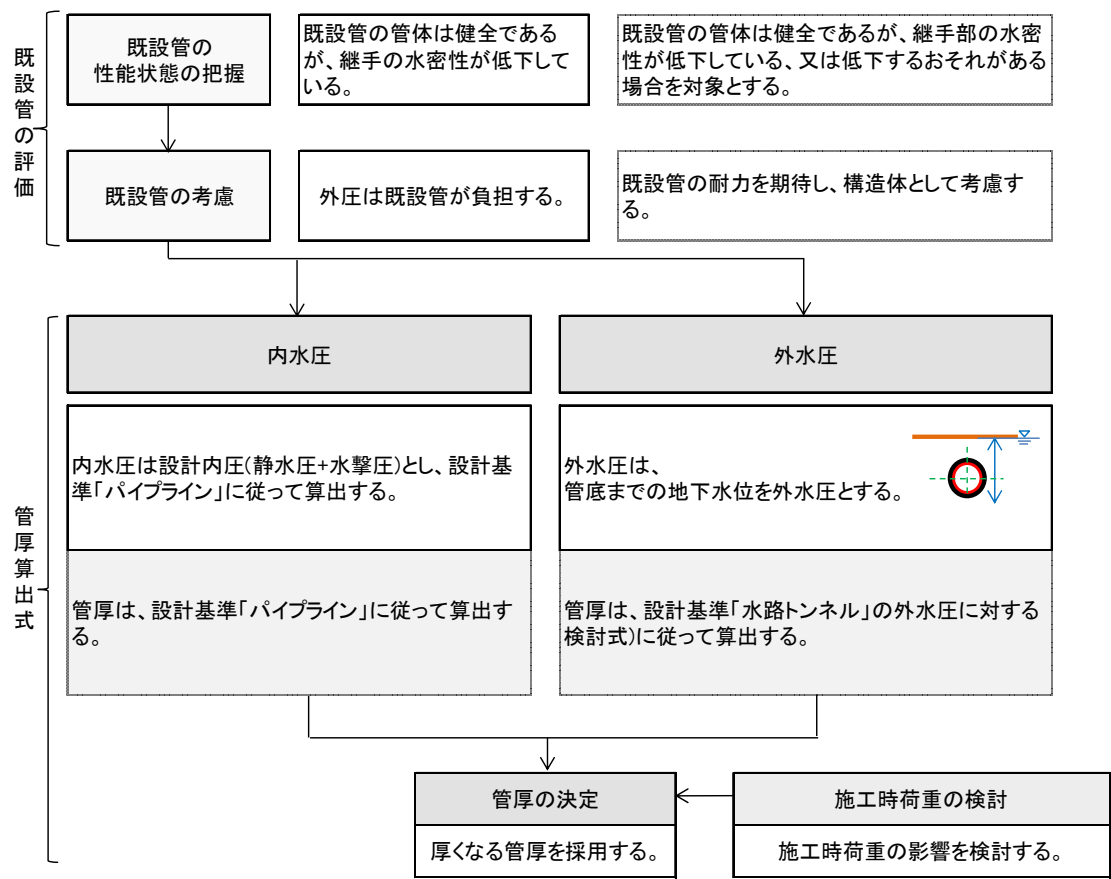


図 4.4.4-1 構造設計（ライニング管）の検討手順

(1) 横断方向の検討

1) 内水圧から算出する管厚算定式（フープの式）

内水圧による管厚は次式から求められる。

[ダクタイル鋳鉄管、鋼管、硬質ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管に適用]

$$t \geq \frac{H \cdot D}{2 \sigma_a} \dots\dots\dots \text{式 4.4.4-1}$$

ここで、 t : 内水圧により発生する応力から求められる必要管厚 (mm)

D : 更生管内径 (mm)

H : 設計水圧 (MPa) 静水圧＋水撃圧

σ_a : 更生管の許容引張応力度 (N/mm²)

※ 鞘管工法の場合は設計基準「パイプライン」を参照

[強化プラスチック複合管に適用]

$$P \leq \frac{H_c}{S} \dots\dots\dots \text{式 4.4.4-2}$$

ここで、 P : 内水圧 (MPa)

H_c : 更生管の管材の試験内圧 (N/mm²)

※ 設計基準「パイプライン」を参照

S : 安全率 (2.0 以上)

2) 外水圧から算出する管厚算定式

(設計基準「水路トンネル」 外水圧に対する検討式 (アムスツッツの拘束座屈式))

更生管と既設管の間がエアモルタル等で充填された後に作用する外水圧に対しては、管が変形を拘束されたものとして取扱う。この場合の許容外水圧を満たす管厚は次式から求められる。

$$P_k = \frac{\sigma_N}{\frac{R}{t} \left(1 + 0.35 \frac{R}{t} \cdot \frac{(\sigma_F^* - \sigma_N)}{E_c^*} \right)} \cdot \frac{1}{S} \dots\dots\dots \text{式 4.4.4-3}$$

ここで、 P_k : 許容座屈応力 (許容外水圧) (N/mm²)

S : 安全率

(1.5 ただし、強化プラスチック複合管の場合は 3.0 とする)

R : 更生管の管厚中心半径 (mm)

t : 更生管の管厚 (mm)

$$\sigma_F^* : \mu \cdot \frac{\sigma_F}{\sqrt{1-\nu+\nu^2}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

σ_F : 更生管の材料の降伏点 (N/mm²)
 ※設計基準「水路トンネル」を参照

$$\mu : 1.5 - 0.5 \cdot \frac{1}{(1 + 0.002 \cdot E_c / \sigma_F)^2}$$

ν : 更生管の管材のポアソン比
 ※設計基準「水路トンネル」を参照

σ_N : 変形を生じた部分の更生管胴板の円周方向軸応力 (N/mm²)
 (次式により計算して求める)

$$\left(\frac{K_0}{R} + \frac{\sigma_N}{E_c^*} \right) \left(\frac{E_c^*}{E_b^*} + 12 \frac{R^2}{t^2} \cdot \frac{\sigma_N}{E_b^*} \right)^{1.5} = 3.36 \frac{R}{t} \cdot \frac{\sigma_F^* - \sigma_N}{E_b^*} \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{t} \cdot \frac{\sigma_F^* - \sigma_N}{E_b^*} \right)$$

K_0 : 更生管と充填材の間の空隙 (mm) (通常 $K_0 = 0.4 \times 10^{-3} \cdot R$)

$$E_c^* : \frac{E_c}{1-\nu^2}$$

E_c : 更生管の圧縮弾性係数 (N/mm²)

$$E_b^* : \frac{E_b}{1-\nu^2}$$

E_b : 更生管の曲げ弾性係数 (N/mm²)

(参考)

E_c 、 E_b の数値は次のとおりである。

鋼管…………… $E_c = E_b = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

ダクタイル鋳鉄管…………… $E_c = E_b = 1.6 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

強化プラスチック複合管…設計基準「水路トンネル」を参照

4.4.5 自立管設計

自立管設計は、「改修」を目的とした場合の構造設計である。

【解説】

自立管は、既設管の強度や剛性を期待せず、更生管に作用する外力に対し、期待される効果の持続期間にわたって自ら耐荷能力及び耐久性を保持する構造である。ここでは主に、既設管と更生管の間に充填を行う場合の構造設計を示し、自立管設計は新設管と同様に、内外圧計算及び許容たわみ計算による管厚計算式（設計基準「パイプライン」に準拠）によるものとする。既設管と更生管の間に充填を行わない場合の計算方法については参考として示す。

対象とする既設管路は、ひび割れ等により耐荷性が低下したものや設計荷重が増えた場合等である。

管種、管厚の決定に際しては、内外圧計算の曲げ強度から算出する管厚（規格）とたわみから算出する管厚（規格）のうち、大きい方を採用する。設計に際して、既設管は更生管を支持する安定した地盤として評価し、地盤反力係数及び変形遅れ係数について、標準値を以下のとおり設定する。しかし、既設管の損傷状態、周辺地盤の状況等によっては、想定どおりの支持条件が得られないケースもあることから、必要に応じて別途検討を行う。検討は図 4.4.5-1 の流れで行う。

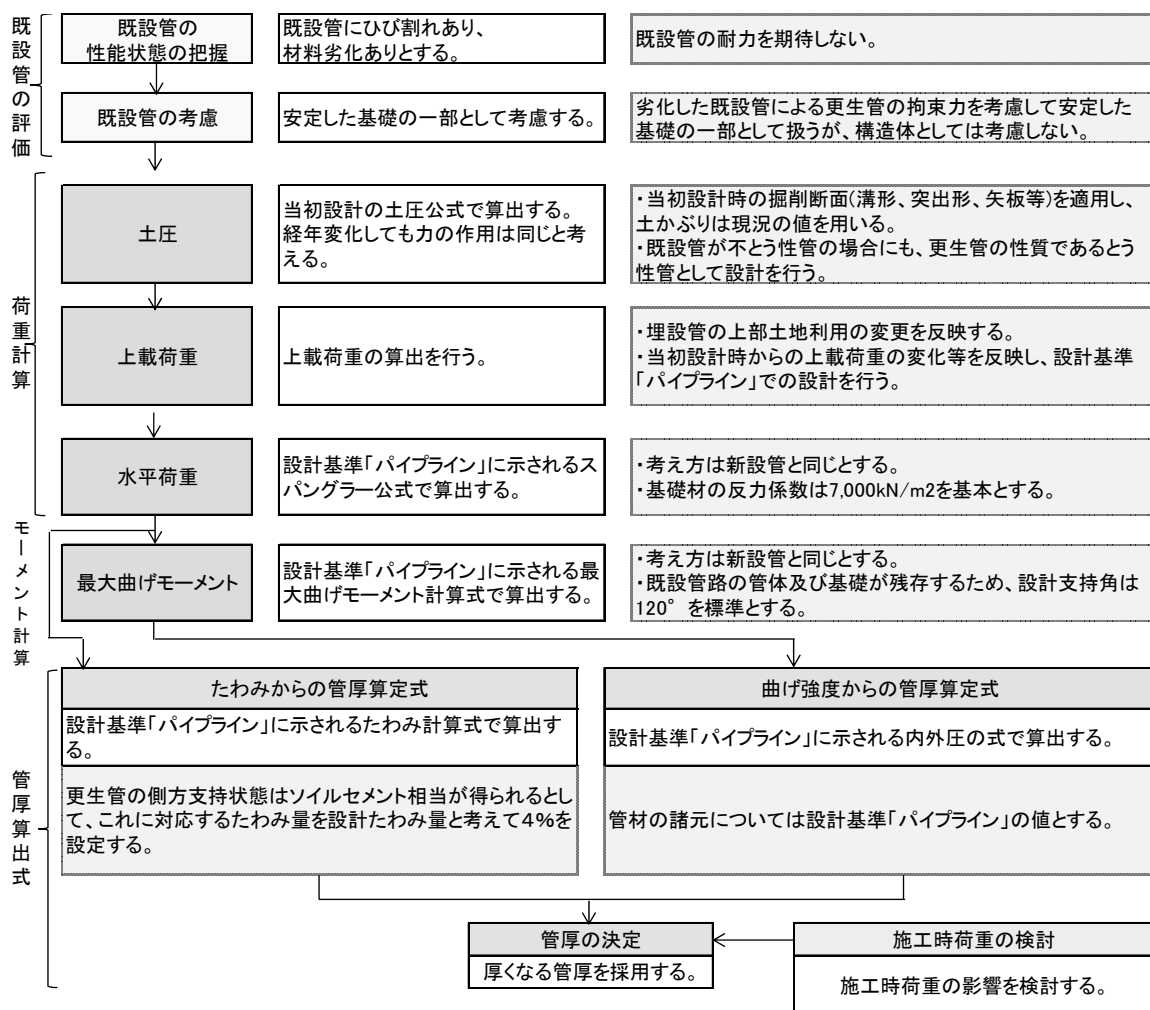


図 4.4.5-1 構造設計（自立管）の検討手順

(1) 基礎材の反力係数

基礎材の反力係数に用いる値は $7,000\text{kN/m}^2$ を標準とする。

(2) 変形遅れ係数

管路更生工法における変形遅れ係数 (F_1) は 1.0 を標準とする。なお、既設管の単独状態（更生前）で破壊の進行やひび割れの進展が懸念される場合は、適切な変形遅れ係数を設定する。

(3) 設計支持角

既設管路の管体及び基礎が残存するため、設計支持角は 120° を標準とする。ただし、既設管の損傷状態、周辺地盤の状況等によっては、想定どおりの支持を得られないケースもあることから、必要に応じて別途検討を行う。

(4) 横断方向に生じる曲げモーメント

更生管の設計支持角を用いて、管底における最大曲げモーメントを算出する。

(5) 設計たわみ率

更生管の側方支持状態はソイルセメント相当が得られるとして、これに対応するたわみ量を設計たわみ量と考えて 4 % を設定する。

(6) 更生管のヤング係数

設計基準「パイプライン」表-8.2.1 に示される値を用いる。

(7) 構造計算式

1) 内外圧から求める管厚算定式

[ダクタイル鋳鉄管、鋼管、硬質ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管の場合に適用]

$$t \geq \frac{0.5 D \cdot H + \sqrt{(0.5 D \cdot H)^2 + 24 \alpha \cdot \sigma_a \cdot M}}{2 \sigma_a} \dots\dots\dots \text{式 4.4.5-1}$$

ここで、
 D : 更生管の内径 (mm)
 H : 設計水圧 (MPa) 静水圧+水撃圧
 M : 外圧によって延長 1 mm 当たりの管体に発生する
最大曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm/mm}$)
 α : 更生管の引張応力/曲げ応力
※設計基準「パイプライン」を参照
 σ_a : 更生管の許容引張応力度 (N/mm^2)
※設計基準「パイプライン」を参照

[強化プラスチック複合管の場合に適用]

$$H_p = \frac{H_c}{S} \left\{ 1 - \left(\frac{P_H}{P_c/S} \right)^n \right\} = \frac{H_c}{S} \left\{ 1 - \left(\frac{P_H}{P_c/S} \right)^{2.0} \right\} \dots\dots\dots \text{式 4.4.5-2}$$

ここで、
 H_p : 外圧が P_H のときの(許容)内圧 (MPa)
 P_c : 内圧が 0 のときの更生管の外圧線荷重 (kN/m)
 H_c : 外圧が 0 のときの更生管の内圧 (MPa)
 P_H : 内圧が H_p のときの(許容)外圧線荷重 (kN/m)
 S : 安全率 (2.0 以上)
 n : 管の種類や構造等によって決まる係数
 (強化プラスチック複合管は 2.0 とする)

2) たわみ率から求める管厚算定式

$$\frac{\Delta X}{2R} \times 100 = \frac{F_1 (K \cdot W_v + K_0 \cdot w_0 \cdot R + K_p \cdot W_p) + F_2 \cdot K \cdot W_w}{\frac{E \cdot I}{R^3} + 0.061e'} \times 100 (\%) \dots\dots \text{式 4.4.5-3}$$

ここで、
 X : 水平たわみ量 (m)
 R : 更生管の管厚中心半径 (m)
 W_v : 土圧、上載荷重による鉛直荷重 (kN/m²)
 W_w : 活荷重又は軌道荷重又は施工時荷重による鉛直荷重 (kN/m²)
 w_0 : 水の単位体積重量 (9.8kN/m³)
 W_p : 更生管の単位面積当たりの重量(長さ方向 1 m の環片から円周方向に 1 m の間隔で切り取ったものの重量) (kN/m²)
 K, K_0, K_p : 基礎の支持角によって決まる係数
 F_1 : 荷重(活荷重を除く)による変形遅れ係数
 F_2 : 活荷重による変形遅れ係数(ここでは 1.0 とする)
 E : 更生管の管材のヤング係数 (kN/m²)
 I : 管軸方向を軸とし、管延長 1 m 当たりの管壁の断面二次モーメント (m⁴/m)
 e' : 管基礎材の反力係数 (kN/m²)

ここで、管の埋設条件が定まれば、式 4.4.5-3 において、設計たわみ率 $\Delta X/2R \times R \times 100$ (%) をはじめ各数値がそれぞれ定められるので、これから管壁の断面二次モーメント I の値が求められる。

$$I = \frac{R^3}{E} \times \left\{ \frac{F_1(K \cdot W_v + K_0 \cdot w_0 \cdot R + K_p \cdot W_p) + F_2 \cdot K \cdot W_w}{\frac{\Delta X}{2R}} - 0.061e' \right\} \dots\dots\dots \text{式 4.4.5-4}$$

次に、断面二次モーメントは $b \cdot t^3/12$ であるから、 $b=1.0\text{m}$ とすると、式 4.4.5-5 により管厚 t (m) が求められる。

$$t \geq \sqrt[3]{12 \cdot I} \dots\dots\dots \text{式 4.4.5-5}$$

【参考】

(1) 既設管と更生管の間を充填しない場合の構造計算式

既設管と更生管の間を充填しない場合には、内圧、外水圧についてそれぞれ照査を実施すればよい。

1) 内水圧から算出する管厚算定式（フープの式）

ライニング管設計に用いる式 4.4.4-1 及び式 4.4.4-2 を用いて照査を行う。

2) 外水圧から算出する管厚算定式

更生管の維持管理のために作業が実施できるよう、既設管と更生管の隙間は大きくあいている場合を想定する。この場合、外水圧により更生管が座屈(自由座屈)に対して安全なように設計を行う。

許容座屈応力（許容充填圧）は次式から求められる。これが外水圧より大きければ安全性が確保されていると判断する。

$$P_k = \frac{2E_b}{1-\nu^2} \left(\frac{t}{D_0} \right)^3 \frac{1}{S} \dots\dots\dots \text{式. 参 4-1}$$

P_k : 許容座屈応力（許容外水圧） (N/mm²)

E_b : 更生管の曲げ弾性係数 (N/mm²)

ν : 更生管のポアソン比

t : 更生管の厚さ (mm)

D_0 : 更生管の外径 (mm)

S : 安全率 (1.5 以上)

4.4.6 施工時荷重に対する検討

鞘管工法においては、施工時の充填による管体への影響として充填圧、浮力について検討を行い、施工時荷重に対する安全性を検討する。

【解説】

更生管と既設管の間を充填する工法については、施工時荷重として充填圧による応力、浮力に対する安全性も確認する。検討は設計基準「水路トンネル」に準拠して行う。ただし、これらの影響によって施設規模が決まることのないように、充填圧を小さくする検討や充填を2回に分けて実施すること、支持金具の間隔を短くするなどの施工方法を検討することで対応することが望ましい。以下に鞘管工法を対象とした安全性の確認方法を示す。

(1) 充填圧に対する検討

コンクリートやエアモルタル等で管外側を充填するときの各工法の許容座屈応力（許容充填圧）は次式から求められる。これが充填圧より大きければ安全性が確保されていると判断する。

$$P_k = \frac{2E_b}{1-\nu^2} \left(\frac{t}{D_0} \right)^3 \frac{1}{S} \dots\dots\dots \text{式 4.4.6-1}$$

P_k : 許容座屈応力（許容充填圧）（N/mm²）
 E_b : 更生管の曲げ弾性係数（N/mm²）
 ν : 更生管のポアソン比
 t : 更生管の厚さ（mm）
 D_0 : 更生管の外径（mm）
 S : 安全率（1.5以上）

(2) 充填時の浮力に対する検討

コンクリートやエアモルタル等で管外側を充填するときの浮力に対する検討は、次式から求められる。

(a) 円周方向の曲げ応力

次式で求める円周方向曲げ応力度 σ が、許容曲げ応力度 σ_b を超えなければよい。

$$\sigma = M/Z \dots\dots\dots \text{式 4.4.6-2}$$

σ : 円周方向曲げ応力度（N/mm²）
 M : 曲げモーメント（N・mm）（ $M = C \cdot P_c \cdot R^3 \cdot L$ ）
 Z : 断面係数（mm³）（ $Z = B \cdot t^2 / 6$ ）
 B : 有効幅（mm）（管外径の2倍又は L の小さい方を採用する）
 t : 更生管の厚さ（mm）
 C : 支持角 θ に対する曲げモーメント係数（図 4.4.6-1 参照）

(イ) 一度に全断面を充填する場合

$\theta=120^\circ$ では、管頂で $C=0.2602$

(ロ) 半断面を充填する場合

$\theta=120^\circ$ では、管頂で $C=0.1984$

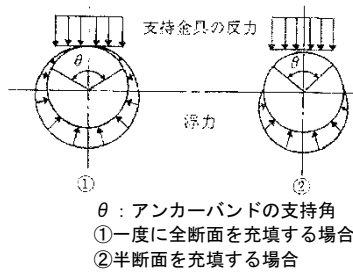
P_c : 充填材の単位体積重量 (N/mm^3)

コンクリートの場合・・・ 23.0×10^{-6}

エアモルタルの場合・・・ 7.0×10^{-6}

R : 管厚中心半径 (mm)

L : 浮力防止工の間隔 (mm) (通常、1本につき1か所)



注) アンカーバンドで支持する場合の設計支持角は施工を考慮して 120° とし、形鋼等で支持する場合は、その支持角度を設計支持角とする。なお、支持角が異なる場合は「構造力学公式集：土木学会編」により諸係数を算出する。

図 4.4.6-1 支持角度の考え方

鋼管及びダクタイル鋳鉄管の場合の許容曲げ応力度 σ_b としては、許容引張応力度 σ_a を用いるが、施工中の荷重であるので 1.5 倍としてよい。

(b) 軸方向の曲げ応力

次式から求める軸方向曲げ応力度が許容曲げ応力度 σ_b を超えなければよい。

$$\sigma_t = M_t / Z_t \dots \dots \dots \text{式 4.4.6-3}$$

σ_t : 軸方向曲げ応力度 (N/mm^2)

M_t : 曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$) $M_t = \frac{q \cdot L^2}{8}$

Z_t : 断面係数 (m^3) $Z_t = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(D_0^4 - D^4)}{D_0}$

q : 管頂 1 m 当たりに作用する浮力 (N/mm) ($q = P_c \cdot \pi \cdot (D_0/2)^2$)

P_c : 充填材の単位体積重量 (N/mm^3)

D_0 : 更生管の外径 (mm)

D : 更生管の内径 (mm)

注) 鋼管及びダクタイル鋳鉄管は、軸方向の曲げ応力は検討不要の場合が多い。

4.4.7 構造計算に用いる材料強度の物性値について

各構造計算で用いる設計強度の値は、準拠する基準に従って設定する。

【解説】

構造計算に用いる材料物性値は、設計基準「パイプライン」及び設計基準「水路トンネル」に記載されている値を用いることとする。

4.5 施工方法

4.5.1 管路更生工法の施工

管路更生工法の施工は、各工法に共通する部分と特異な部分があり、現場条件によっても施工方法が異なる。そのため、各工法の施工方法や特徴、現場条件を十分に踏まえた計画の下で施工を行うことが求められる。

【解説】

(1) 鞘管工法の施工の特徴

鞘管工法は、既設管内に内挿管を立坑から搬入して接合若しくは溶接、又は立坑内で接合して推進し、既設管との間隙にエアモルタル等を充填して管路を構築する。既製管を管内に内挿するため、立坑を構築する必要がある、また、既設管の線形条件に施工性が影響する場合がある。

鞘管工法の適用範囲を表 4.5.1-1 に示す。

表 4.5.1-1 適用区分【鞘管工法】

口 径	75～3,000mm
施工延長	○立坑から搬入して接合又は溶接する場合
	人力布設 200m程度
	機械布設（バッテリーカー等を使用） 2,000m程度
	○立坑内で接合して推進する場合 200m程度

4.5.2 鞘管工法の施工

鞘管工法の施工は、次の7項目の順に行う。

- (1) 施工前現場実測工
- (2) 施工前管路内調査工
- (3) 事前処理工
- (4) 施工前管路内洗浄工
- (5) 管搬入工
- (6) 充填材注入工
- (7) 端部（管口）処理工

【解説】

(1) 施工前現場実測工

管材料発注の前に、当該現場の実態を把握すべく各種実測を行う。

管材料の誤発注を防ぐために、既設管管径、管路区間延長等を実測するとともに、現場施工時に問題となりそうな点について検討を行う。

【実施内容及び留意点】

① 既設管管径の実測

内径測定器を使用し、垂直及び水平方向の内径を実測する。

② 管路区間延長の実測

該当区間を実測し、屈曲箇所等を考慮した上で延長を確認する。

管路内に人が入れる場合には、実延長を実測する。

③ 分土工・立坑の形状寸法等の確認

分土工・立坑の形状寸法、深さ、そのほか施工時に支障となりそうな要因がないか確認する。

④ その他

現場周辺の状況を確認し、工事車両の進入路や配置等の検討を行う。

(2) 施工前管路内調査工

施工に先立ち既設管内のTVカメラ調査、又は目視調査を行い、施工に支障のある障害物の有無を確認し、事前処理工の必要がある場合には処理方法の検討を行う。

【実施内容及び留意点】

① 分岐・空気弁等の位置の計測

管路端部（管口等）から分岐・空気弁等までの距離を実測し、既設管への接続角度を記録する。

② 段差、隙間、管ズレ、屈曲等の確認

施工適用範囲内であることを確認する。適用範囲外である場合は、施工方法を検討する。

③ 事前処理工の検討

事前処理を行う必要のある、モルタルや錆こぶ等の堆積物、鉄筋の突出、浸入水等の有無を確認し、それらが認められた場合は、事前処理方法等の検討を行う。

(3) 事前処理工

施工前管路内調査の結果に基づき、必要に応じて事前処理工を行う。

施工に支障を来す要因の内容に基づいて処理方法を決定し、作業を行う。

【実施内容及び留意点】

① 堆積物の除去（口径 800mm 未満の場合）

管路内の堆積物は、高圧洗浄水や管内ロボットを用いて完全に除去する。

② 管路内に人が入っての事前処理作業（口径 800mm 以上の場合）

管路内に人が入って堆積物除去等の作業が可能な場合は、流水の水量、流速等に十分注意して行う。また、使用する機器は感電のおそれのない圧縮空気や高圧水を用いたものとする。

③ 浸入水の仮止水

更生材の性能に支障を来すような浸入水がある場合は、仮止水を行う。

仮止水の方法については、パッカー注入、部分補修等による止水の方法を検討し、当該現場に最も適した方法で行う。

(4) 施工前管路内洗浄工

鞘管工法の直前に既設管内の洗浄を十分に行い、出来形に悪影響を及ぼす可能性のある土砂、小石、管壁破損片等を完全に除去する。

洗浄後にTVカメラ又は目視にて、既設管内が十分に洗浄されているかどうかの確認を行い、既設管内に施工に支障を来しそうな異物が残留している場合は、再度管路内洗浄を行う。

管路内に人が入って作業をする場合は、酸素濃度、硫化水素濃度等、安全面に十分注意して作業を行う。

(5) 管搬入工

既設管内に管を搬入する方法には、立坑から運搬して接合又は溶接する方法と立坑内で管を接合してそれを既設管内に推進する2つの方法がある。

【管を立坑から運搬して接合又は溶接する場合の留意点】

① 運搬方法

管を立坑から運搬して接合又は溶接する場合の施工概要図を図4.5.2-1に示す。

施工延長や管の重量等を勘案して、動力車による運搬方法を合理的に決定する。

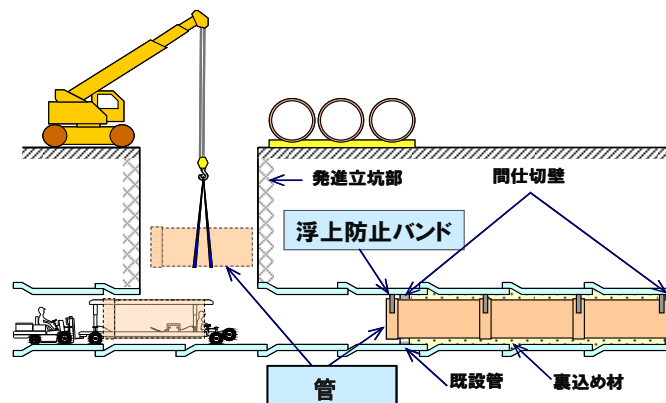


図 4.5.2-1 鞘管工法概要図（搬入・接合）

② 軌条設置・撤去

軌条を設置・撤去する場合は、関係法令に則って安全対策を施す。

【立坑配置の留意点】

① 立坑配置

管を立坑から推進する場合の施工概要図を図4.5.2-2に示す。

立坑の配置については、管の挿入方法や機材配置、内挿管路の線形、地上条件等を考慮し検討を行う。

なお、鋼管では立坑配置の間隔が、機材の配置から口径1000mm未満では200m程度、口径1000mm以上では300m程度が基本となるが、現地条件ごとに検討を行うことが必要である。

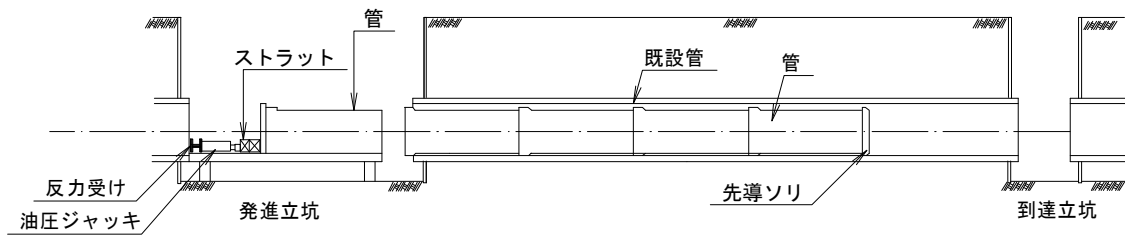


図 4.5.2-2 鞘管工法概要図（接合・推進）

(6) 充填材注入工

充填材注入工については、充填材の性状確認、注入圧力、注入量等について管理を行う。

充填材の注入方法については、管内面にグラウト孔を設置（開口）して注入を行う内面注入と既設管と内挿管の間に注入用の配管（塩ビ管口径 50mm 等）を設置して充填を行う外面注入の 2 つがある。注入方法の選定は注入量や注入延長、注入プラントの設置条件を考慮して行う必要がある。

【実施内容及び留意点】

① 充填材注入施工条件

外気温等が規定の範囲内であることを確認する。

② 充填材性状の管理方法

充填材の配合比、フロー値や圧縮強度試験値等が規定内であることを確認する。

③ 注入圧力の管理方法

注入圧力は圧力計を用いて随時測定し、記録する。

④ 注入量の管理方法

実際の注入量を計画注入量と対比し、大きな差異がないことを確認する。

充填材が管口の空気抜き等から溢流することを確認する。

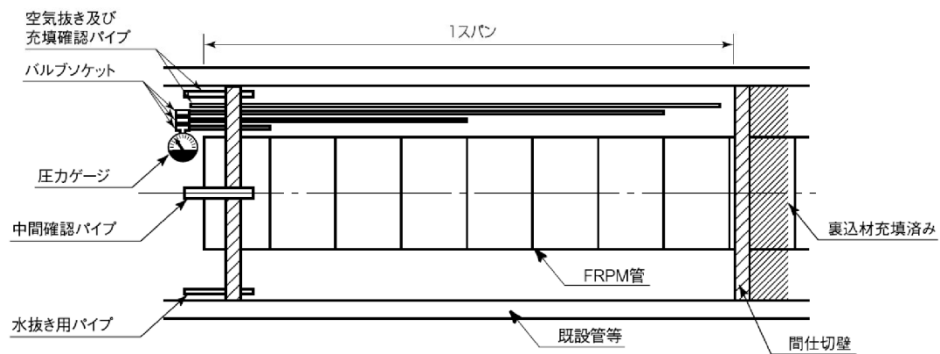
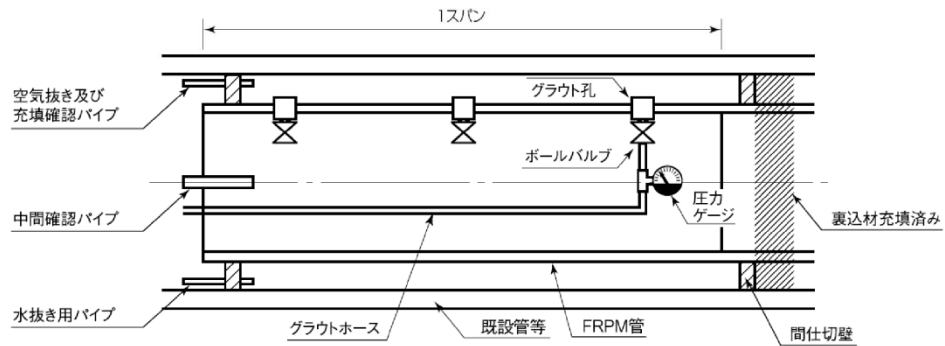
⑤ 充填確認パイプの設置間隔

内面注入におけるグラウト孔（注入と空気抜き兼用）の設置間隔は鋼管では 20m 程度、ダクタイル鋳鉄管・強化プラスチック複合管では、打設 1 スパン当たり 3 か所の設置を標準としているが、打設量や配管線形等から個別に検討が必要である。

外面注入では、端部までモルタルが充填できるよう、内挿管路の線形を考慮して注入用配管の配置・本数を検討する。

充填材注入工では、充填中に生じる空気溜まりにより内挿管が破裂するおそれがあることから、空気が確実に排除できるよう空気抜きを配置する。

また、充填材注入時に内挿管が浮上する場合は適切な対応を検討する。



(7) 端部（管口）处理工

立坑内で内挿管と既設管又は次工区の管との接続を行う。接続には、原則として継輪等の異形管を用いる。

4.6 施工管理と完成検査

4.6.1 施工計画

パイプラインの対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するため、施工過程の各段階において各々の品質を確認することが重要である。施工計画時には施工計画書、材料の承諾、保管管理、対策範囲の確認を行う。

【解説】

施工計画時に施工計画書、材料の承諾、保管管理、対策範囲について、良質な工事目的物を完成させるために必要な事項を確認する。対策工事の施工前に必要となる主な事項を図4.6.1-1に示す。

フロー	内容	根拠規定等
施工計画書	1) 工事概要 2) 計画工程表 3) 現場組織表 4) 主要機械 5) 主要資材 6) 施工方法 7) 施工管理計画 8) 緊急時の体制及び対応 9) 交通管理 10) 安全管理 11) 仮設備計画 12) 環境対策 13) 再生資源の利用の促進と建設副産物適正処理方法 14) その他	土木工事共通仕様書第1-1-5条に規定
材料の承諾	材料の見本又は資料の提出	土木工事共通仕様書第2-1-2条に規定 特別仕様書に規定
	材料の試験及び検査	土木工事共通仕様書第2-1-3条に規定 特別仕様書に規定
保管管理	工事に使用する材料を、受入検査確認後現地で貯蔵保管する際は、品質規格を満足する性能を維持できるように保管しなければならない。	土木工事共通仕様書第2-1-4条に規定
対策範囲の確認	対策範囲は設計図書により、対策工法等を行う位置及び範囲を確認する。 設計図書に記載のない、変状等の対象範囲が確認された場合は、図面・写真等に整理し、その対応について協議する。	土木工事共通仕様書第1-1-3条に規定

図 4.6.1-1 施工前に必要となる主な事項

4.6.1.1 施工計画書

工事着手前に、工事目的物を完成させるために必要な手順や工法等を記載した施工計画書の内容を確認する。また、施工中においては、記載内容の遵守を確認する。

【解説】

施工計画とは、図面・仕様書等に定められた工事目的物をどのような施工方法・段取りで所定の工期内に適正な費用で安全に施工するか、工事途中の管理をどうするか等を定めたものであり、工事の施工、及び施工管理の最も基本となるものである。

施工計画書には、次の事項が記載されていることを確認する。なお、施工現場の特殊性に基づく追記事項が必要な場合は、対象となる特殊事項についての記載を確認する。

(1) 施工計画書に定めるべき事項

- | | |
|-----------|----------------------------|
| 1) 工事概要 | 8) 緊急時の体制及び対応 |
| 2) 計画工程表 | 9) 交通管理 |
| 3) 現場組織表 | 10) 安全管理 |
| 4) 主要機械 | 11) 仮設備計画 |
| 5) 主要資材 | 12) 環境対策 |
| 6) 施工方法 | 13) 再生資源の利用の促進と建設副産物適正処理方法 |
| 7) 施工管理計画 | 14) その他 |

(2) 計画工程表

工程計画の確認では、設計図書（図面、特別仕様書、土木工事共通仕様書、現場説明書及び現場説明に対する質問回答書）の内容を勘案し、周辺住民の生活に支障を来さないように、施工可能な適切な工事の範囲をあらかじめ確認し、必要な作業時間、養生時間等に基づき工程計画が作成されていることを確認する。

施工時間の制約となる主な条件とは、① 交通管理者の道路使用許可時間、② 作業帯の設置・撤去時間、③ 管路の通水停止可能時間等である。農業用パイプラインの長寿命化対策においては、非かんがい期に実施するケースが多く、施工期間に制約があるケースが多いため、工事の全容を早期に把握することにより、工程管理に反映させる必要がある。

このため、各施工区間のサイクルタイムを示した工程表が作成され、作業責任者の管理の下で施工が行われているかを確認する。

(3) 現場組織表

職務分担及び緊急時の連絡体制では、次の事項を確認する。

1) 主任技術者及び監理技術者

主任技術者及び監理技術者は、建設業法に定める有資格者でなければならない。施工管理手法が従来の管工事と異なるため、工事を熟知した専門技術者（主任技術者又は監理技術者との兼務可能）を常駐させなければならない。

2) 職務分担

職務の主なものとして、現場代理人、主任技術者又は監理技術者、専門技術者、工事に伴う作業主任者（安全管理者、電気取扱責任者、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者、工事写真責任者等）が選任され、有資格者については免許証の写しを確認する。

(4) 主要資材

鞘管工法で使用される管材は、J I S等の公的規格や団体規格に準拠した工場二次製品であり、土木工事施工管理基準による。また、注入する充填材は、本書に示す管理基準値を満足する材料、配合、物性とする。

(5) 施工方法

施工方法は、既設管の状況、交通事情等を現場の施工条件に照らし合わせ、当該現場で適用可能であるか、品質・要求性能を満足するかなどの確認を行う。

(6) 緊急時の体制及び対応

緊急事態が発生した場合は、直ちに応急処置を講じるとともに、緊急連絡体制に基づき、関係機関に連絡通報し、指示に従い対応できるよう徹底すること。

(7) 安全管理

管路内作業においては、有毒ガス・酸素欠乏、水流等に対して十分な安全確保が重要である。

特に、近年多発する豪雨による工事現場周辺部での内水氾濫には十分な対策を講じる必要がある。このため、急激な流入水に遭遇しないための体制と危険予防のための連絡システムを講じる。

(8) 仮設備計画

施工に先立ち現場の機器設置スペース及び附帯工の位置が確認され、適切に工事設備を設置する必要がある。

(9) 環境対策

施工時の騒音、振動等に対する周辺環境への対策を確実にする計画を記載する。

(10) その他

準備工、後片付け工、水替え工等についても、施工概要、使用する主要資機材等の内容を確認する。

工事の施工に先立ち、周辺住民に工事の内容を説明し、理解と協力を求め、工事を円滑に進行する。

4.6.1.2 材料の承諾

(1) 見本・資料の提出

使用する材料（工法）は、見本、カタログ、試験成績書等により、使用前に要求性能を満足していることを確認した後承諾する。また、原則として写真撮影等の自主検査を行うものとする。

(2) 材料（工法）の品質試験

工事に使用する材料（工法）の要求性能は、適正に実施された試験の結果により確認しなければならない。

【解説】

(1) 見本・資料の提出

パイプラインの対策工事に使用する材料（工法）は、設計図書に示す品質規格を満足するものでなければならない。設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-2 材料の見本又は資料の提出」に基づき、使用前に、見本、カタログ、試験成績書等を提出し、監督職員の承諾を得るものとする。また、現場搬入時、受注者において検査を実施し、記録に残すものとする。

なお、設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-3 材料の試験及び検査」に基づき、使用前に監督職員立ち会いの下、検査又は試験を行い、その結果を記録、報告しなければならない。

(2) 材料の品質試験

適正な試験結果を得るためには、適切に管理された試験体制と試験機器により、日本工業規格（JIS）等の規格書や本書の巻末資料に示す「2. 各試験方法」に基づき、正しい手順で試験を行う必要がある。

4.6.1.3 材料の保管及び搬送・搬入

受注者は、対策工法に使用する材料について、所定の品質が保持されるよう、受入検査後の現場内保管、及び搬送・搬入時・施工時のいずれにおいても適正に管理を行わなければならない。

【解説】

(1) 材料管理について

土木工事共通仕様書「2-1-4 材料の保管管理」に基づき、材料の特性に留意して保管しなければならない。

対策工法に使用する材料は、雨水や湿気による吸湿及び温度変化や直射日光の照射により品質が劣化するおそれがある。

また、搬送・搬入時の衝撃による損傷等にも留意する必要がある。

4.6.1.4 対策範囲の確認

受注者は、設計図書により、対策位置及び範囲を確認する。

【解説】

土木工事共通仕様書「1-1-3 設計図書の照査等」に基づき、設計図書と現地の照査を行うものとする。設計図書に記載のない、ひび割れ、漏水等の劣化が確認された場合には、図面・写真等に整理し、その対応について監督職員と協議する。

4.6.2 施工管理

- (1) 施工管理は、補修工事の対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するよう、各工法の特徴を踏まえ、適切に行わなければならない。そのため、施工過程の各段階において適切な管理を実施しなければならない。

(2) 施工後の維持管理及び将来の保全のために、施工管理の記録を保持しなければならない。

【解説】

(1) について

施工管理の基本構成は、図 4.6.2-1 に示すとおりである。

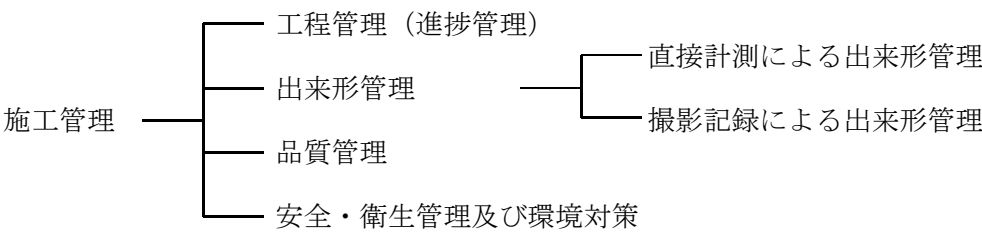


図 4.6.2-1 施工管理の基本構成

パイプラインの対策工法には、各工法の特徴があり、要求性能を満足する施工品質及び出来形を確保するため、材料及び工法の特徴や施工における留意事項を理解し、適切に施工しなければならない。

その際、表 4.6.2-1 に示す基準等のほか、発注契約における特別仕様書等に基づき、適切な施工管理を行う必要がある。

表 4.6.2-1 対策工法の施工管理において準拠すべき基準等

基準等	備 考
土木工事共通仕様書	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定
土木工事施工管理基準	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定

(2) について

対策工事の施工の際、適宜、施工管理の記録を残すものとする。施工後の施設の維持管理のほか、モニタリングにより得られた情報と併せて蓄積し、将来の保全管理に役立てるため、適切に記録し、必要なタイミングで活用できるように保管しておくことが重要である。

4.6.2.1 出来形管理

(1) 直接測定による出来形管理

工事の出来形を確保するため、工作物の寸法、基準高等の測定項目を施工順序に従い直接測定し、その都度、結果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

(2) 撮影記録による出来形管理

出来形測定、品質管理を実施した場合、また施工段階（区切り）及び施工進行過程が確認できるよう撮影基準等に基づいて撮影記録を行い、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

(1) 直接測定による出来形管理

出来形管理は、工事で施工された目的物が、発注者の意図する契約条件に対して、どのように施工されているかを調べ、条件に不満足なものを早期に発見し、原因を追求して改善を図ることを目的とする。

パイプラインの対策工事における直接測定による出来形管理は、工作物の形状寸法等を施工の順序に従い直接測定して設計値と実測値を対比・記録し、測定の都度、管理図表、結果一覧表又は構造図に朱記、併記等を行う。管理基準値に対するバラツキの度合いを管理し、適切な是正措置を講じるものとする。

以上から、土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における測定基準、管理基準値及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。

1) 管理を行う測点の選定

施工計画書に定める管理測点は、現場条件を考慮した上で選定する。

2) 管理基準値

管理基準値は、測定値が規格値の範囲内に収まるよう受注者が施工管理の目標値とするものである。

3) 規格値

規格値は、設計値と出来形の差の限界値であり、測定値は全て規格値の範囲内になければならない。

4) 管理方式

出来形管理は、規格値に対する“ゆとり”と出来形数量確認の2つの目的で実施され、工事完成後において目的物を発注者に引き渡すためのデータとして不可欠のものである。管理方式は、以下のように分類される。

管理方式	{	管理図表によるもの……………	管理値が20点（測定数）以上の場合
		結果一覧表によるもの……………	管理値が20点（測定数）未満の場合
		構造図に朱記するもの……………	管理値が箇所単位の場合
		記録を要しないもの……………	管理基準の測定項目になっていない場合

(2) 撮影記録による出来形管理

補修工事の撮影記録による出来形管理は、施工完了後、確認できない箇所が出来形・出来高数量、施工の状態等、施工段階ごとの進行過程を写真により確認するために行う。

よって、撮影記録による出来形管理箇所は、原則として直接測定による出来形管理の場合と同一箇所を選定する。

土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における撮影基準、撮影箇所等を定め、これに従って管理しなければならない。「**4.6.3.3 鞘管工法の出来形管理及び品質管理**」に撮影箇所、内容、撮影頻度について記載する。

そのほか、管理に当たって、以下の点に留意して行うものとし、工事写真の保管と管理を適切に行い、必要に応じて提示するとともに、検査時に提出する。

1) 撮影内容の表示

撮影に当たっては、形状・寸法及び位置が判明できるよう黒板と箱尺、ノギス等を目的物に添えるものとする。黒板には、撮影日、測点、設計寸法、実測寸法及び略図を記入する。

2) 拡大写真

ある箇所の一部分を拡大して撮影する必要がある場合は、その箇所の全景を撮影した後、拡大撮影する部分の位置が確認できるように撮影する。

4.6.2.2 品質管理

工事の品質を確保するため、材料の品質及び施工段階での品質について、試験を実施し、その都度、成果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

品質管理は、施工管理の一環として、工程管理、出来形管理と併せて行い、統計的手法を応用して問題点や改善の方法を見出し、所期の目的である工事の品質、安定した工程及び適切な出来形を確保するものである。

パイプラインの対策工法では、使用する材料・工法の材料品質や現場における施工段階ごとの施工品質について、各々の試験（測定）の項目、方法、基準、規格値、測定値の管理手法等を定め、それに従って管理を行うことや、上記の基準等を守るために、施工における作業方法や手順、注意事項等に関する規定を定めることも含まれる。

上記から、土木工事施工管理基準、共通仕様書、特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、材料品質及び各施工段階における施工品質の管理基準及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。また、施工後のパイプラインの水密性、安全性を確認するため、通水試験（漏水試験）を行うとともに、試験的な送水を行ってパイプラインの機能性を確認することが望ましい。通水試験の方法は、土木工事施工管理基準の参考資料に準拠する。

なお、品質管理における試験及び測定値は全て、上記により定めた規格値の範囲内になければならない。

4.6.2.3 安全・衛生管理

労働災害はもとより、物件損害等の未然防止に努めるため、関連仕様書の定めるところに従い、その防止に必要な措置を行うものとする。

- (1) 鞘管工法における安全管理
 - 1) 有資格者の適正配置
 - 2) 管内作業に適した保護具の着用
 - 3) 施工前の安全対策（情報収集）
 - 4) 施工時の安全対策
 - 5) 災害防止について
- (2) 酸素欠乏症、有毒ガス等の安全処置
 - 1) 酸素濃度及び有毒ガス濃度
 - 2) 測定方法と留意事項
 - 3) 測定箇所
 - 4) 酸素欠乏が発生しやすい場所
 - 5) 硫化水素が発生しやすい場所
 - 6) 換気
 - 7) 保護具
- (3) 安全に関する研修、訓練

【解説】

(1) 「鞘管工法における安全管理」について

1) 有資格者の適正配置

- ① 酸素欠乏、硫化水素危険作業主任者

2) 管内作業に適した保護具の着用

- ① 管口仕上げ等で更生材を切断する場合やVカット工事等で管路や附帯工をはつる時及び充填材現場練混ぜ時は、必ず保護メガネを着用する。必要に応じて保護マスクの着用及び集塵機の設置を行う。特に、ガラス繊維樹脂更生材の切断及び充填材現場練混ぜ時の材料投入の際は必ず保護メガネを着用する。また、切断の際に切りくず等を流下させないようにする。

3) 施工前の安全対策（情報収集）

- ① 施工現場周辺の排水系統、排水施設、排水条件等を事前に確認する。
- ② 当日の気象情報を天気予報等より把握し、立坑等から降雨が入らないように対策を講じる。
- ③ 管路内で発生が予想される有毒ガス、酸欠空気、可燃性ガス等の有無を調査する。

4) 施工時の安全対策

- ① 管内作業員は、管内への浸入水等の異変を感じた場合には、直ちに作業を中断し、地上に避難する。
- ② 管内連絡体制は、立坑に各1名監視員を配置し緊急時に備える。
- ③ 地上監視員と管内作業員との連絡は重要であるため、現場状況に応じた連絡体制をとる。
- ④ 管内作業員を明確にするために、作業員名板を地上の搬入口箇所に設置する。個人ごとに退出を確認し、全作業員が退出したことを確認した後に、送風機、ガス検知器等を撤収する。

- ⑤ 燃焼、爆発の原因となる着火源を作業帯に置かせない。また、静電気によるスパークにも十分注意する。

5) 災害防止について

- ① 緊急時に備え救出用装備、救出方法等の訓練を実施する。
- ② 救出に備え、有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を現場に常設し、直ちに装備できる場所に保管する。

(2) 「酸素欠乏症、有毒ガス等の安全処置」について

既設管内での作業となるため、酸素欠乏や有毒ガス等に対する安全処置が必要である。作業前に酸素濃度や硫化水素濃度を測定し、安全を確認して管路内に入る。

なお、作業前に濃度が異常値を示している場合は、有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を着用して調査する。

1) 酸素濃度及び有毒ガス濃度

- ① 酸素濃度…………… 18%以上を確認
- ② 硫化水素濃度…………… 10ppm 以下を確認
- ③ 溶媒から発生するガス濃度…………… 20ppm 以下を確認（作業環境評価基準濃度 20ppm 以下）
- ④ 一酸化炭素濃度…………… 50ppm 以下を確認

2) 測定方法と留意事項

- ① マンホール鉄蓋を開けた直後は、酸欠空気、硫化水素等が吐き出されるおそれがあるので決してマンホール内部をのぞかない。
- ② 測定者（有資格者）は、測定方法について十分習熟する。
- ③ 測定者は、必ず1人以上の補助者の監視の下で測定を行うものとする。
- ④ 転落のおそれがあるところでは、監視人が測定者を監視するとともに命綱等を装備させ、安全を確認する。
- ⑤ 土砂の堆積や滞水のある場所での作業では、測定者は携帯用ガス測定器により、事前に安全を確認しながら作業を行うものとする。
- ⑥ 測定者は、メタンガス等の可燃性ガスが存在するおそれがある場所では、圧縮酸素放出式マスクを使用しない。
- ⑦ 管内作業中は、携帯用測定器で連続的に測定する。

3) 測定箇所

- ① 作業場所に硫化水素が発生、侵入又は停滞するおそれのある場所
- ② 作業場所に酸素欠乏が発生するおそれのある場所
- ③ 作業に伴って作業員が立ち入る箇所

4) 酸素欠乏が発生しやすい場所

- ① 上部に不浸透水層がある砂れき層のうち含水・湧水がない又は少ない部分、第1鉄塩類又は第1マンガン塩類を含有している地層、メタン・エタン又はブタンを含有している地層、炭酸水を湧出している又は湧出するおそれのある地層、腐泥層等の地層に接している又は通じる内部

- ② 附帯工、保護工ピットの内部
- ③ 雨水、河川の流水若しくは湧水が滞水している、又は滞留したことがある箇所

5) 硫化水素が発生しやすい場所

- ① 伏越した下流部、上流部
- ② 泥が堆積しやすい箇所
- ③ 管路施設内の硫化水素濃度は、1日の時間帯及び季節により大きく変動するため注意が必要である。

6) 換気

- ① 硫化水素や酸素欠乏の発生が予想される箇所では、作業前から換気を実施し、作業終了後、管路内に作業員がいないことを確認するまで換気を継続する。
- ② 換気方法は、外気の風向きを考慮してファン等を設置し、一方から送気、他方から外へ排気することにより、安全が確認できるまで管路内の換気を行うものとする。
- ③ 作業前の換気時間は、送風機の能力と管路内容積から、管路内の空気が入れ替わる時間の3～5倍の時間をもって換気時間の目安とする。その後、ガス濃度測定を行い、安全を確認した後、作業員を立ち入らせ、作業員が管路内にいる間は換気を続ける。

7) 保護具

異常時には直ちに有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を用いられるように作業場所や立坑入口部に配置するとともに、作業員全員が確実に装着及び使用できるよう日常的訓練を励行する。また、転落のおそれのある場所では安全帯を使用する。

(3) 「安全に関する研修、訓練」について

労働安全関係法令に基づく安全活動の実施とともに、現場作業の安全を確保するため、「KYK」（危険予知活動）や「TBM」（ツールボックスミーティング）の励行を求める。

4.6.2.4 環境対策

施工時における環境対策に関する管理事項は、以下のとおりである。

- (1) 粉塵対策
- (2) 騒音・振動対策

【解説】

(1) 「粉塵対策」について

清掃・注入時等に際しては、シート等にてプラントを囲うとともに粉塵を発生させないように注意する。また、作業員による清掃及び散水をこまめに実施し、粉塵を発生させないように注意する。さらに、更生管の切断処置等で粉塵が発生するため、作業員は、防塵マスク、防塵メガネを着用し、集塵機等で対策する。

(2) 「騒音・振動対策」について

作業に当たっては、騒音規制法、振動規制法、労働安全衛生法及びその他条例、基準を遵守する。

なお、あらかじめ関係官公庁に所定の様式により届出を提出し、騒音・振動の発生を抑える機種の採用や防音対策等の対策を実施する必要がある。

工事区域と民家及び公共施設の距離を測定し、必要に応じて作業時間の制限や騒音・振動を測定させる。特に、夜間作業の場合、車両のエンジン音や作業指示の声等にも十分注意が必要である。

4.6.3 鞘管工法の施工管理

4.6.3.1 鞘管工法の材料の承諾及び保管管理

鞘管工法に使用する管材の品質管理は、土木工事施工管理基準による。挿入管と既設管の間隙に注入する充填材は、材料、配合、物性値管理値等について監督職員の承諾を得ることとする。また、使用材料は適正に保管管理を行う。

【解説】

鞘管工法で使用される管材は、J I S等の公的規格や団体規格に準拠した工場二次製品であり、土木工事施工管理基準によるものとし、品質管理は本書で規定しないが、現場搬入時に外観及び形状寸法について監督職員の検査を受けることを原則とする。また、現場での使用管理は、変質・損傷を受けないように適切に行う。

挿入管と既設管の隙間に注入する充填材は、本書に示す管理基準値を満足する材料、配合、物性管理の試験項目と管理値を示し、監督職員の承諾を得ることとする。

4.6.3.2 鞘管工法の施工時の管理

鞘管工法の施工管理においては、内挿管と既設管との間隙に注入する充填材（裏込材）に対し、次の項目について確認を行う。

- (1) 充填材物性管理（湿潤密度（生比重）、フロー値等）
- (2) 充填材圧力管理（設定値以下）
- (3) 充填材打設量管理

【解説】

(1) 充填材物性管理

鞘管工法は、自立管路を構築できる工法であるので、内挿管と既設管との間隙に注入する充填材の物性値を管理することが重要となる。標準的な充填材の試験項目と施工時の品質管理規格値、試験方法及び測定回数を表 4.6.3.2-1 に示す。

なお、実験等の根拠に基づき、別途充填材の性能管理規格値を定めることができる。

充填材物性管理規格値（湿潤密度、フロー値、空気量）

- ① 湿 潤 密 度：材料承諾及び施工計画書での申告値 ± 0.10 (g/ml)
- ② フ ロ ー 値：材料承諾及び施工計画書での申告値 ± 20 (mm)
- ③ 空 気 量：材料承諾及び施工計画書での申告値 ± 5 (%)

表 4.6.3.2-1 標準的な管理項目と試験方法及び測定回数

試 験 項 目	試験方法	測定回数
湿 潤 密 度	500cc の定量容器で、試料の容積重量を測定する。	2 回/日
フ ロ ー 値	平滑な盤上のフローコーン（ $\phi 80\text{mm} \times H80\text{mm}$ ）に試料を水平に満たし、フローコーンを引き上げ 1 分後の広がり測定する。	2 回/日
空 気 量 （参考値）	500cc のメスシリンダーに試料 200cc を入れ、更に 200cc の清水を加えてよく振り、上部に浮揚した気泡にアルコール 100cc を滴下して消泡させ、消泡後の目盛り（B）を読む。 空気量（A）= $\left[\left\{ \text{試料（200cc）} + \text{水（200cc）} + \text{アルコール（100cc）} - \text{B} \right\} \div \text{試料（200cc）} \right] \times 100$	2 回/日

(2) 充填材圧力管理

充填材の注入圧力は現場に応じて変動するため、設計値以下で管理を行う。

(3) 充填材打設量管理

エアモルタル等の流出により充填材の充填完了確認を行い、充填材打設量が設計量と比較し適正であるかを確認する。管頂部を木槌等に軽く叩き、打音により補助的に確認した事例もある。

管布設と同時に、充填材注入用塩ビ管を既設管内上部に設置する。充填材の注入は、注入スパンの両端を間仕切壁により塞ぎ止め、注入作業へ移行する。

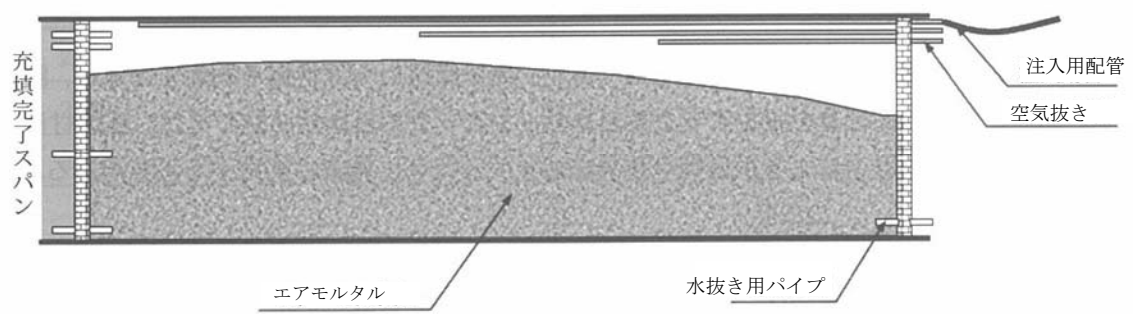


図 4.6.3.2-1 充填材注入 1 日目完了

注入は、基本的に 2 日に分けて行う。1 回の注入作業終了後しばらく経つと下部の水抜き用パイプから残水が流出した後、エアモルタル等が流出するため、直ちに水抜き用パイプを閉塞する。

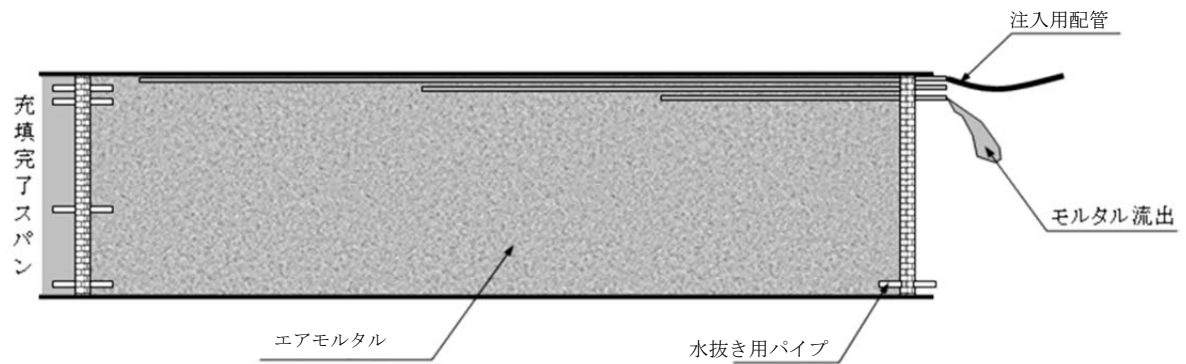


図 4.6.3.2-2 充填完了状態の概略図

(参考) 鞘管工法の概略施工手順図

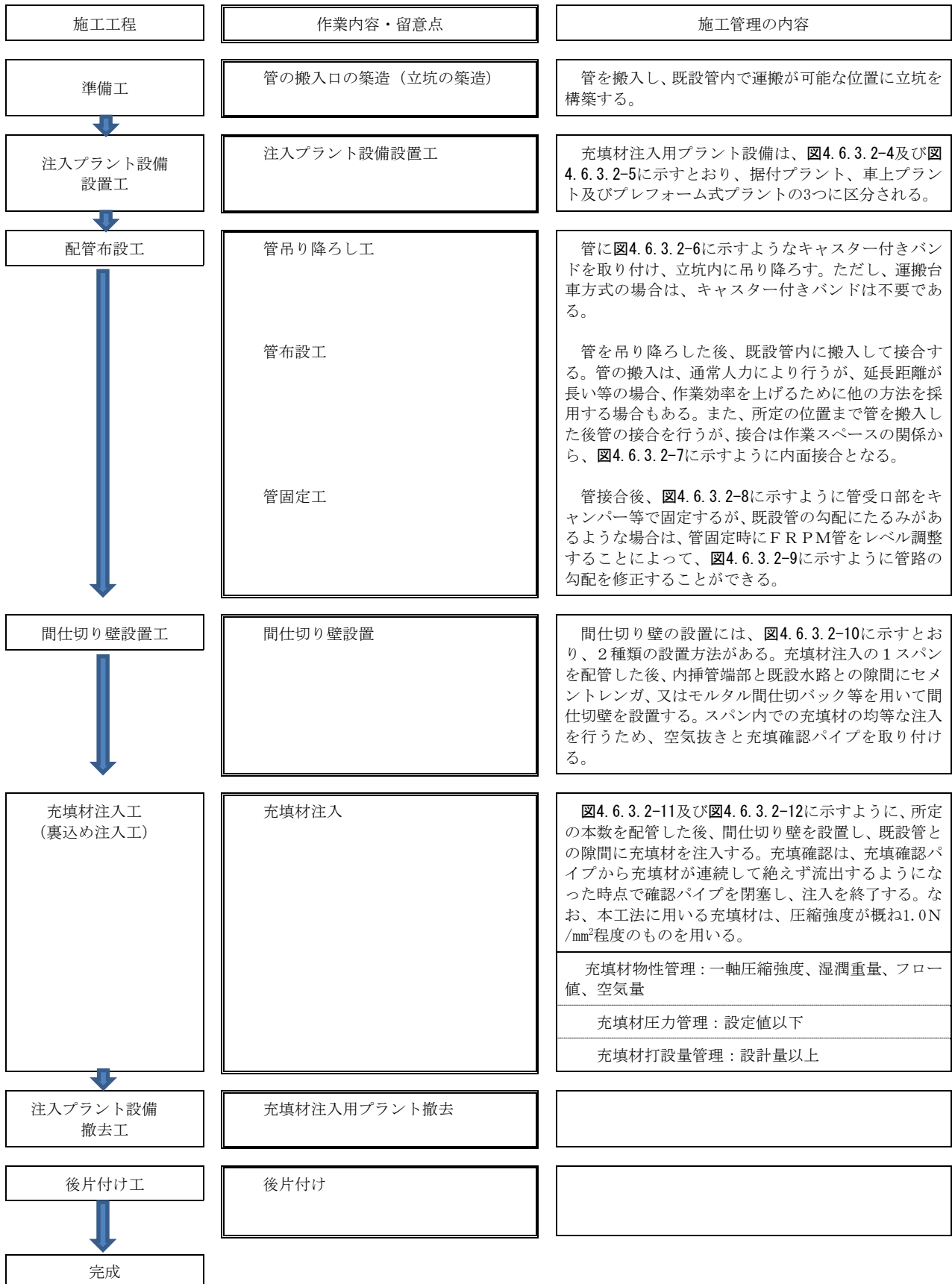


図4.6.3.2-3 施工段階ごとの施工管理の例（鞘管工法）

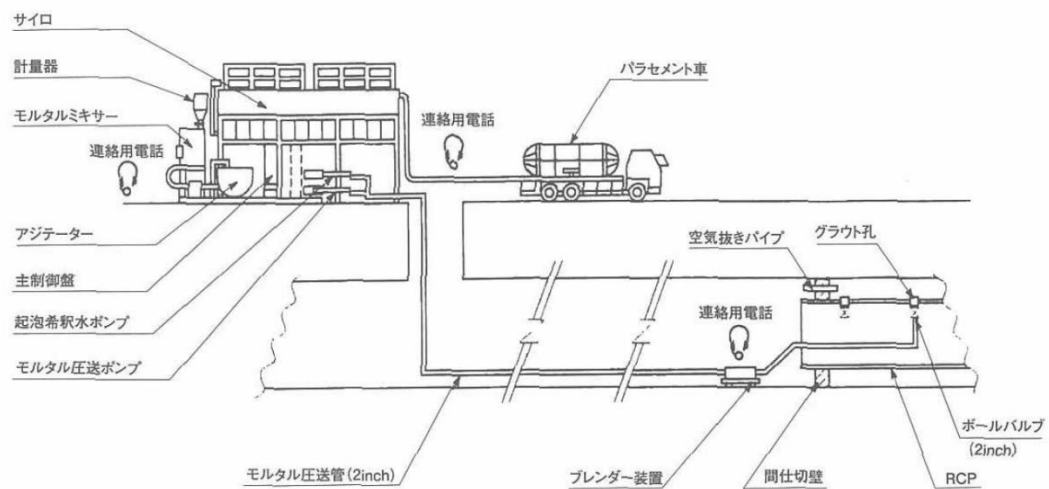


図 4. 6. 3. 2-4 据付プラント（坑内混合方式）設置概要図

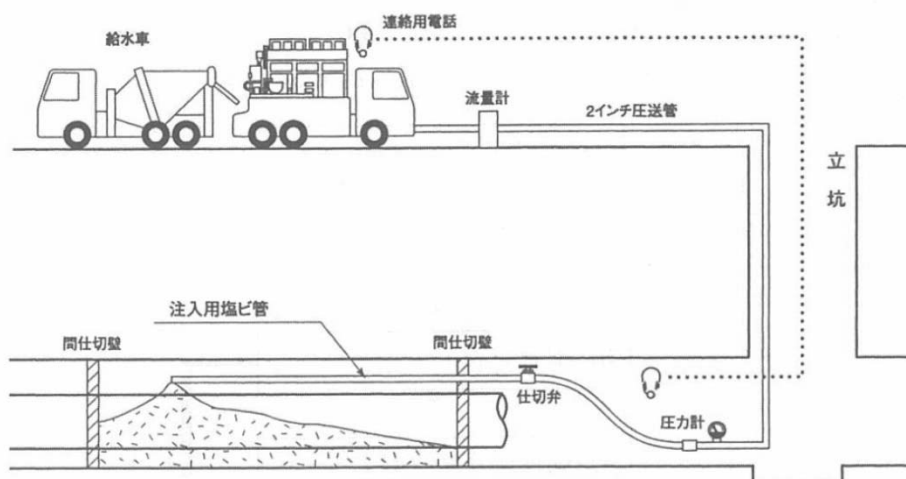


図 4. 6. 3. 2-5 車上プラント設置概要図

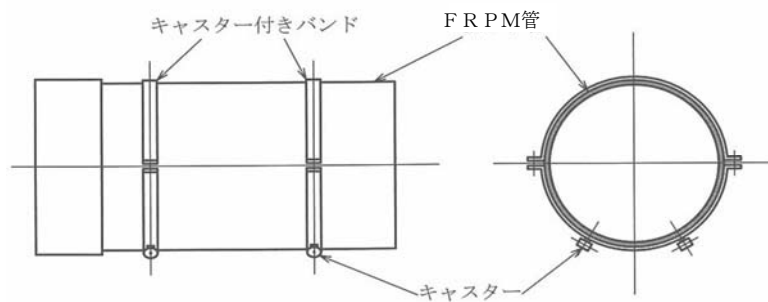


図 4.6.3.2-6 キャスター付きバンドの一例

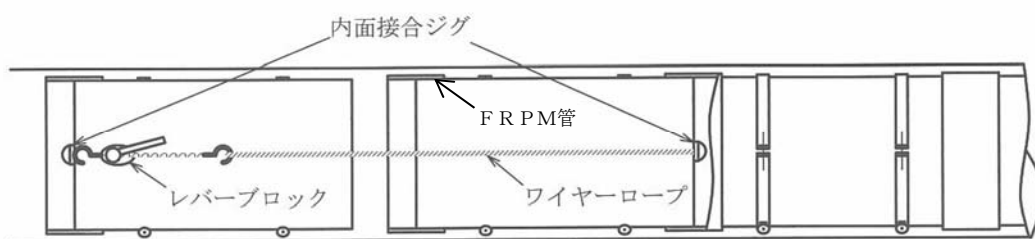


図 4.6.3.2-7 管の接合方法

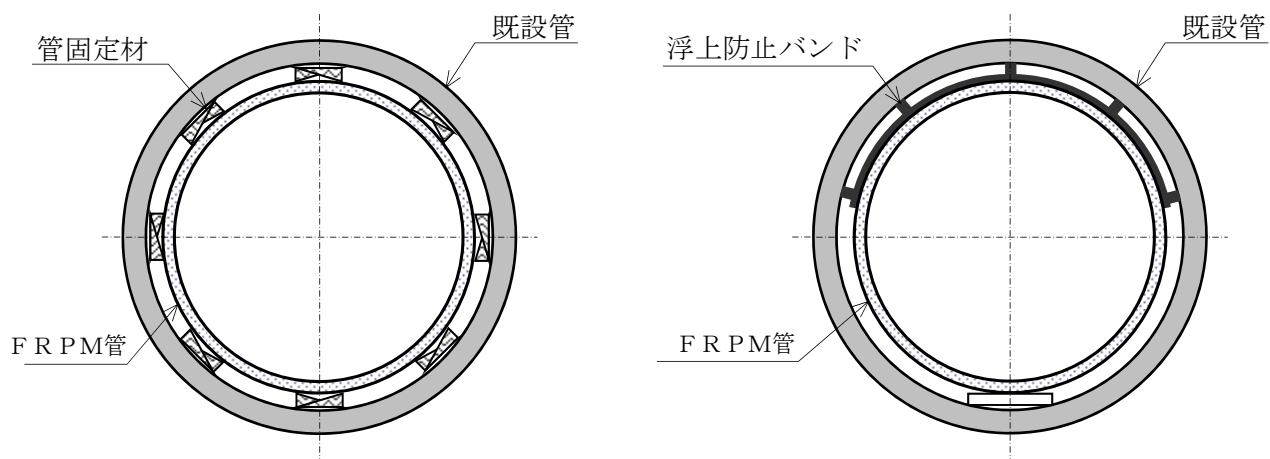


図 4.6.3.2-8 管固定（浮上防止工）の一例

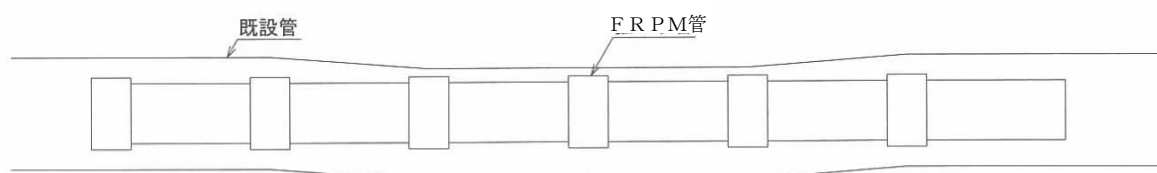


図 4.6.3.2-9 管路勾配の修正

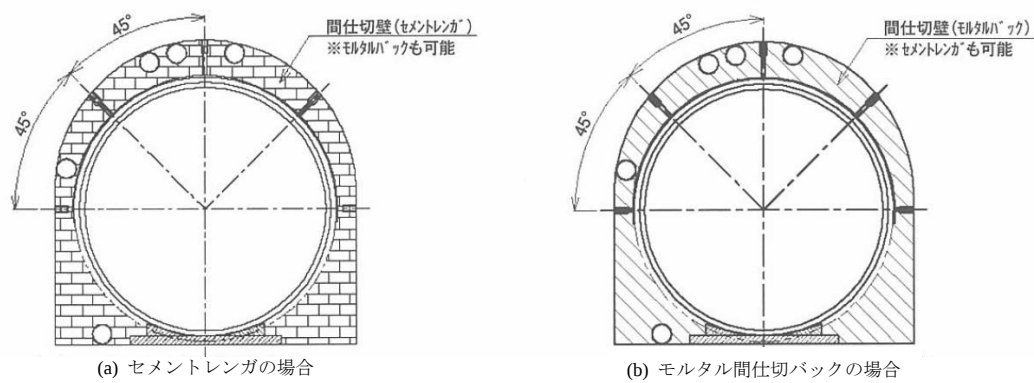


図 4. 6. 3. 2-10 間仕切壁設置工

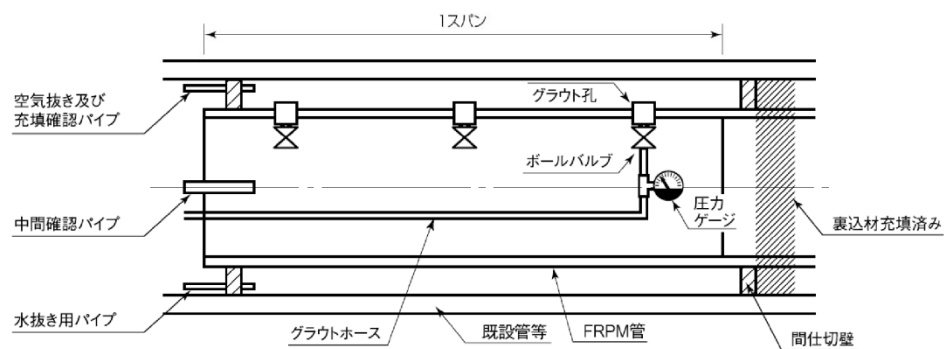


図 4. 6. 3. 2-11 充填材の注入方法例（内面注入方式）

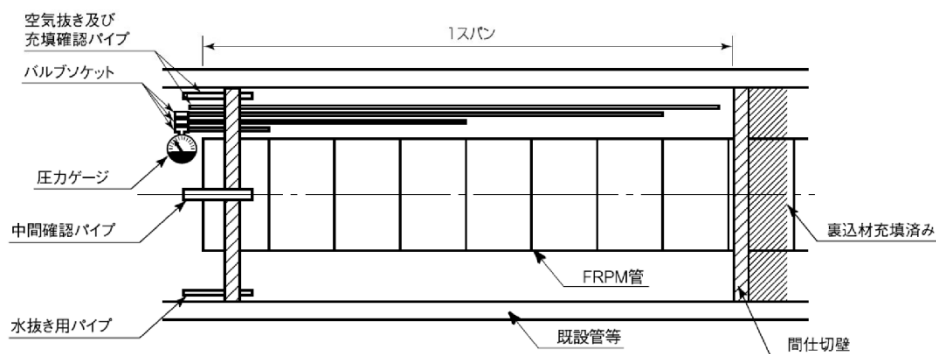


図 4. 6. 3. 2-12 充填材の注入方法例（外面注入方式）

4.6.3.3 鞘管工法の出来形管理及び品質管理

出来形管理及び品質管理は、土木工事施工管理基準による。

挿入管と既設管の間隙に注入する充填材の出来形管理は充填量、品質管理は一軸圧縮強度 1.0 N/mm²程度（材齢 28 日）とする。

【解説】

出来形管理は土木工事施工管理基準による。記載されていない項目の管理は、監督職員の承諾を得て各団体等が発行する資料に則って行う。

充填材の出来高管理は充填量、品質管理は一軸圧縮強度 1.0 N/mm²程度（材齢 28 日）により行う。試験方法及び測定回数を表 4.6.3.3-1 と以下に示す。なお、現地では早期に強度を確認する必要があるため、強度発現の速度を事前に確認した上で、短い材齢での一軸圧縮強さにより材齢 28 日の強度を推定してよいこととする。

表 4.6.3.3-1 標準的な管理値と試験方法及び測定回数（例）

試験項目	試験規格	試験方法	測定回数
圧 縮 強 度	JIS A 1216（土の一軸圧縮強度試験方法）	円柱モールドφ50mm×H100mm を使用し、1 回当たり 3 本の供試体を採取し、20℃の湿空養生を行い、材齢 28 日で試験を行う。	2 回/日

工事記録写真等の内容及び撮影頻度、表 4.6.3.3-2 に示す検査結果、写真データ等の記録を確認する。

表 4.6.3.3-2 工事写真撮影要領（韃管工法）

工 種	撮影箇所及び内容	撮影頻度
現 場 概 要	・ 施工箇所の概況を同一箇所、同一方向（同一方向：起点より終点を望む方向）	・ 工事施工箇所の起点、主要中間点及び終点ごと
管 材 の 品 質 等	・ 土木工事施工管理基準に準じる	・ 同左
充 填 材 の 品 質 等	・ 施工前の使用材料の保管状況 ・ 施工前の使用材料の確認状況 ・ 試験用材料の現場採取確認状況 ・ 試験実施状況	・ スパンごと ・ スパンごと ・ スパンごと ・ スパンごと
事 前 処 理 工	施工状況 ・ 管内洗浄状況（施工前・施工後） ・ 障害物の除去状況（施工前・施工後） ・ 止水状況（施工前・施工後）	・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと
管 体 工	・ 土木工事施工管理基準に準じる	・ 同左
充 填 工	施工状況 ・ 間仕切り壁設置状況 ・ 充填材注入作業状況 ・ 注入状況（圧力管理状況） 出来形管理状況 ・ 確認孔による充填確認状況	・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと ・ スパンごと
水 替 え 工	施工状況 ・ 水替え状況	・ 適宜
設 備 工	各種使用機材設置状況 ・ 使用機器	・ 適宜

4.6.4 完成検査

工事後、関係書類に基づき、工事の実施状況、出来形及び品質について検査を実施する。

【解説】

工事の出来形及び品質の検査は、位置、出来形寸法、品質及び出来ばえについて、仕様書、図面その他関係図書と対比して行うものとする。

第5章 反転・形成工法

5.1 工法概要

反転工法・形成工法は、更生材の構成要素及び材質から、熱硬化タイプ、光硬化タイプ、熱形成タイプ、連続管タイプに区分され、工程は、管内への更生材の挿入、更生材を既設管に密着させる拡張、硬化・形成の3つに分類できる。

【解説】

反転・形成工法は、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ものと、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ものがある。前者を現場硬化型更生工法、後者を密着管型更生工法と呼ぶ。

現場硬化型更生工法は、更生材の挿入方法に反転や引き込み（形成）が採用され、硬化方法では蒸気や温水等の加熱によるものと紫外線等の光によるものに区分できる。密着管型更生工法は、引き込みによるものだけであるが、更生材の延長に限界があるものと、現場で融着等により必要な延長を作るものがある。

施工時の更生材の挿入方法と硬化・形成のタイプによる区分表を表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 挿入方法と硬化・形成タイプによる区分表

硬化・形成タイプ 工法	現場硬化型更生工法				密着管型更生工法	
	熱硬化			光硬化	熱形成	連続管
	温水	シャワー	蒸気	光	熱	常温加圧
反転工法	○	○	○	○	---	---
形成工法	○	---	○	○	○	○

表 5.1-2 に本書における反転・形成工法の適用範囲、表 5.1-3 に施設変状や設計・施工条件に対する反転・形成工法の適用範囲を示す。

表 5.1-2 本書における反転・形成工法の適用範囲

適用範囲	対象工法
	管路更生工法 反転・形成工法
適用目的	・補修（水密性、通水性及び耐久性の回復又は向上）【ライニング管】 ・改修【自立管】
既設管種	・全管種（※1） ・強化プラスチック複合管や硬質ポリ塩化ビニル管に適用する場合は、各管の使用限界温度以内で現場硬化温度を管理すること（※2）
対象変状	・補修（ライニング管）：継手部の間隙、曲げ角度、ゴム輪の劣化や脱落、溶接部の劣化／管体の部分的な腐食（管厚減少、錆こぶ）／管体内面の摩耗（水理機能の低下）／モルタルライニングの摩耗や剥離 ・改修（自立管）：管体の変形やたわみ／管体のひび割れや亀裂、鉄筋の腐食／カバーコートモルタルの劣化や摩耗／P C 鋼線の腐食や破断／管体の腐食（管厚減少）（※3、4）
口径・延長	・口径 800mm 未満は適用外とする（※5）
線形・施工条件	・屈曲部において更生管の背面に空洞が発生したり、内面にシワが発生する等して施設の耐久性や力学的安全性に支障をきたすおそれがある場合は、原則、屈曲部へは適用しない（※6） ・原則、更生管の穿孔を伴う分岐部や空気弁、排泥弁等の接続箇所へは適用しない（※7） ・原則、滞水状態での施工は行わない（施工前に管内の滞留水の排水や浸入水の止水処理、管内面の清掃を行う）（※8） ・既設管の段差への適用は 30mm までとする。ただし、施工前に段差を均すことが可能である場合はこの限りではない（※8） ・勾配（水平・鉛直方向）に対する適用範囲は工法個別性能による
既設管の性能低下状態	・補修（ライニング管）として用いる場合は、以下の条件を満たすこと ・既設管の耐荷力は健全であること（※9） ・既設管（とう性管）のたわみ率は 5 % 以下とする ・ジョイント間隔は施工管理基準の規格値×1.5 を上限とする（※10）
地盤追従性	・長期の供用で地盤が安定し、上部の土地利用が改変される等の荷重条件が変更となる予定のない施設への適用を前提とする（※11）
耐震性	・耐震性を要する場合は個別に検討を行う（※12）

※1：石綿セメント管は、管を除去できない場合にのみ管路更生工法を適用する。ただし、自立管設計とし、施工は作業員の健康障害への影響を十分踏まえた上で対応する。また、更生管の外側に石綿セメント管が存置されることに留意する必要がある。

※2：強化プラスチック複合管及び硬質ポリ塩化ビニル管に反転・形成工法を適用する場合には、使用限界温度の 60 度以下で硬化温度を管理すること、その硬化温度で管理した際に更生管の所要性能（材料強度試験・弾性係数等）が確保されることを事前に照査することとする。ただし、管片外圧試験で規格管の強度を下回らないことを実測的なデータで確認できる場合は、実測に基づく硬化温度、硬化時間を適用することができる。

※3：変状に対する適用性は工法の個別性能による。

※4：既設管の性能低下のほか、リスクへの配慮や施設使用条件の変化に伴う設計条件（水量、水圧、荷重）の変更による性能向上等も対象とする。

※5：入管せずに施工可能な場合（本管施工時に入管の必要がなく端部処理等の管内作業も立坑内から実施可能な場合等）はこの限りではない。また、口径の適用範囲は、工法の個別性能による。

※6：屈曲部に生じる更生管のシワの耐久性や既設管との空洞による更生材の力学的安全性が不透明であることから、原則適用外とする。ただし、屈曲部検証試験により、口径の 2 % 以上のシワ及び空洞が発生しない屈曲角度についてはこの限りではない。

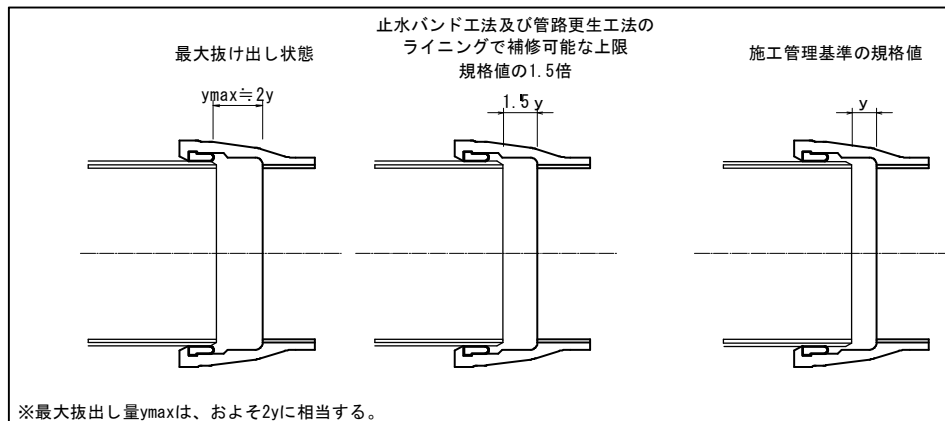
※7：内圧管における分岐管部や弁類の取付管部における更生管の穿孔について、穿孔方法や端部水密処理方法が確立されていないこと及び分岐管部や取付管部は異形鋼管が用いられていることが多く性能低下が穏やかであるこ

とに配慮し、原則、適用外とする。

※8：小口径の場合等、浸入水や段差の事前処理が困難な場合は、管路更生工法以外の対策も含めて、別途、検討する。

※9：補修後の耐用期間中においても既設管本体に要求される構造性能が確保されることが必要である。

※10：管路更生工法のライニングで補修可能な範囲は、下図のとおり継手間隔が施工管理基準の規格値の 1.5 倍を上限とする。



※11：地盤追従性について、既製管は接合部である継手に伸縮・屈曲の可とう性を有する構造となっており、各管種により性能は異なるが曲げ等に対する水密性試験が実施されている。しかし、鞘管工法を除く管路更生工法は、現時点では安定した地盤への適用を前提とする。特に漏水等による周辺地盤の緩みや構造物との接続部や盛土境界等、管路更生後に不同沈下が生じる可能性のある箇所への適用は、沈下量や継手の変形等について個別検討を要する。

※12：耐震性については、耐震設計手法に関する新たな技術的知見等を踏まえ、現場の条件等に応じた検討を行う必要がある。

表 5.1-3 施設変状や設計・施工条件に対する反転・形成工法の適用範囲

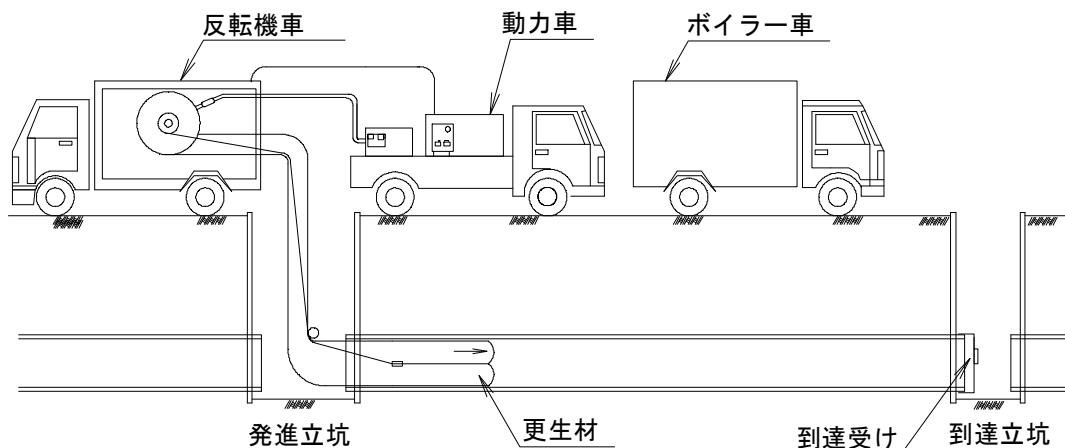
適用条件		補 修	改 修
		ライニング管（反転・形成工法）	自立管（反転・形成工法）
R C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	鉄筋露出、腐食	適用不可	適用可
	管厚の減少	適用不可	適用可
P C 管	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
	鉄筋露出、腐食	適用不可	適用可
	管厚の減少	適用不可	適用可
	カバーコート摩耗・中性化	適用不可	適用可
	P C 鋼線の腐食	適用不可	適用可
	土壌に腐食性物質が存在 （硫化物の含有等）	適用不可	適用可
S P 管 ・ D C I 管	地下水に腐食性物質が存在 （浸食性遊離炭酸、各種イオン（塩酸、硝酸、硫酸）の含有）	適用不可	適用可
	たわみ量	5 %以下	5 %以下
	内面塗装の損傷・腐食	適用可 （耐荷性に影響しない管厚の減少に限る）	適用可
	外面塗装（塗覆装）の損傷・腐食	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	発錆・孔食	適用不可 （発錆因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く） （孔食部は鋼板補強等の対策を別途行う場合を除く）	適用可
	管厚の減少	適用不可 （発生因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く）	適用可
	C/S マクロセル腐食の可能性 （メタルタッチ、塗覆装の不良）	適用不可 （塗覆装の修繕やメタルタッチの遮断等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	通気差マクロセル腐食の可能性 （塗覆装の不良、土壌性質の変化点等）	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	異種金属接触腐食の可能性 （塗覆装の不良、絶縁されていない鋼製管同士の接続）	適用不可 （塗覆装の修繕や絶縁対策等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
F R P M 管	電食の可能性 （電鉄の迷走電流、塗覆装の不良）	適用不可 （塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く）	適用可
	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可
P V C 管	たわみ量	5 %以下	5 %以下
	継手の変位	適用可 （継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする）	適用可
	ひび割れ	適用不可	適用可

(1) 反転工法

1) 反転工法の概要

反転工法は、基材に硬化性樹脂を含浸させた更生材を空気圧や水圧を利用して既設管内に加圧反転させながら挿入し、既設管内で加圧状態のまま樹脂が硬化することで管を構築するものである。反転挿入には、水圧や空気圧等によるものがあり、硬化方法も温水、蒸気、光等、形成方法として常温がある。

ただし、反転工法は、目地ズレやたるみ等を改善させるのではなく、あくまでも既設管の断面形状を維持するものである。



2) 反転工法に用いる更生材の構成要素と特徴

反転工法に使用する更生材は、基材として不織布のみを使用するもの、有機系繊維織物とフェルトを併用するもの、有機系繊維織物にガラス繊維を併用するもの、不織布にガラス繊維を併用するものがある。ガラス繊維にはロービングクロス（織物）、チョップドストランドマット（短繊維マット状）あるいは、これらを組合せたもの等がある。

これらの含浸基材に液状の硬化性樹脂を含浸させて筒状にしたものが更生材となる。更生材には内側に、インナーチューブ（プラスチック製の厚手のフィルムあるいは筒状シート等）が配置され、反転・拡張時の樹脂漏れ等の防止や成形性確保の役目を果たしている。インナーチューブは更生後も残置する工法が多い。

更生材の外側には、浸入水等による樹脂の変質防止等のためにアウターチューブ（筒状のフィルムや断熱材入りシート等）が配置されることもある。

更生材は、液状の樹脂を含浸させ、更生材内面からの空気圧や水圧の負荷により既設管内面に密着した状態で熱等を与えて硬化させて、筒状のパイプを形成する。

表 5.1-4 反転工法における更生材の構成要素と特徴

含浸基材(例)	含浸樹脂	反転方法	硬化方法
不織布	不飽和ポリエステル樹脂 ビニルエステル樹脂 エポキシ樹脂	空気圧 水圧	常温 温水 蒸気 光 等
有機系繊維織物＋不織布			
有機系繊維織物＋ガラス繊維			
不織布＋ガラス繊維			

(2) 形成工法

1) 形成工法の概要

形成工法の現場硬化型更生工法は、既設管内に更生材を引き込み、既設管内で加熱・加圧し樹脂が硬化することで管を構築するものである。硬化方法には温水、蒸気、光等がある。

形成工法の密着管型更生工法のうち、熱形成タイプでは、蒸気等により加熱して更生材を軟化し、拡張・既設管への密着後空気等により冷却し固化させて管を構築する。また連続管タイプでは、既設管への挿入前に折りたたんで変形させて引き込み、水圧により縮小した径の回復を行う。

形成工法も、反転工法と同様に目地ブレやたるみ等を改善させるのではなく、あくまでも既設管の形状を維持する断面を更生するものである。

形成工法は、大がかりな機械設備を要しないため、仮設備は少ないが、引き込みにより更生材を既設管内に挿入するため、施工延長に制限を受けやすい。ただし、連続管タイプについては、融着により管を連続させていくため、施工延長は制限を受けにくい。

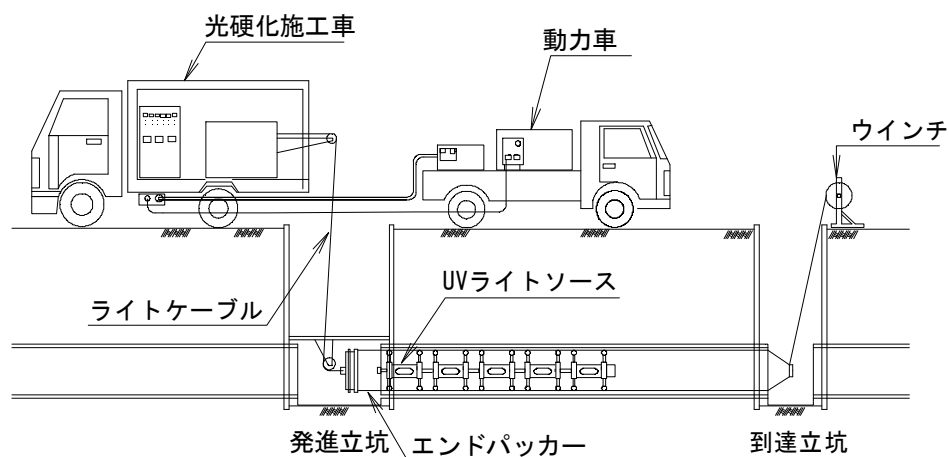


図 5.1-2 形成工法（光硬化タイプ）の施工概要（例）

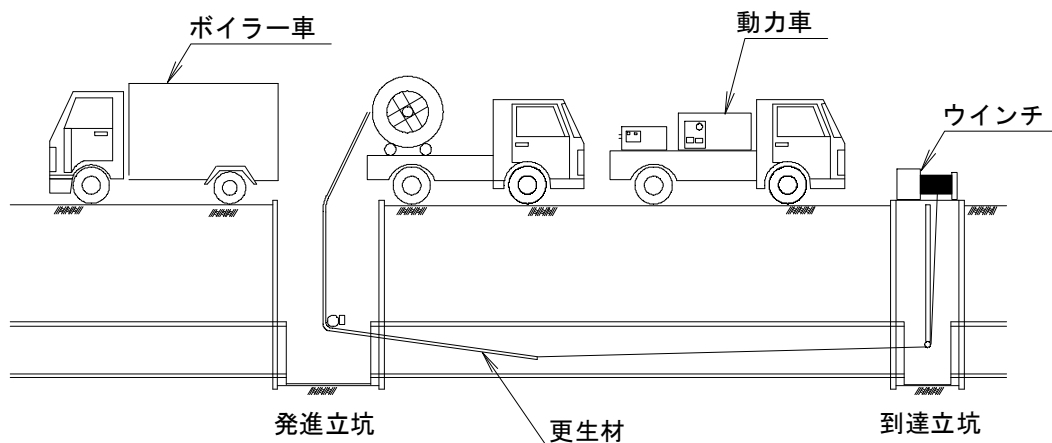


図 5.1-3 形成工法（熱形成タイプ）の施工概要（例）

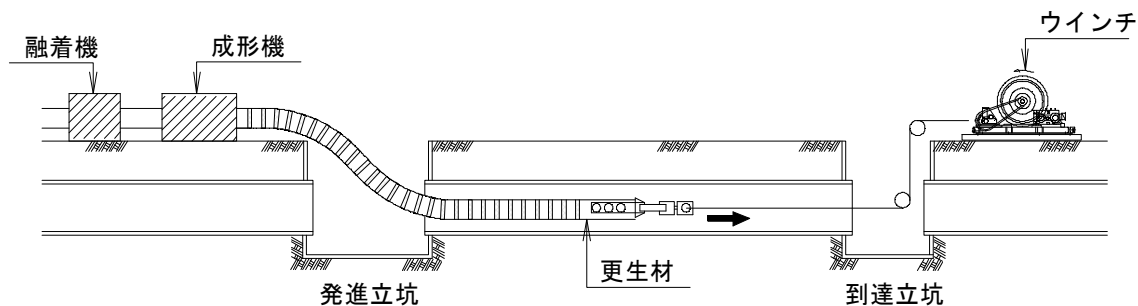


図 5.1-4 形成工法（連続管タイプ）の施工概要（例）

2) 形成工法に用いる更生材の構成要素と特徴

形成工法の現場硬化型更生工法に使用する更生材は、基材として不織布のみを使用するもの、有機系繊維織物とフェルトを併用するもの、有機系繊維織物にガラス繊維を併用するもの、不織布にガラス繊維を併用するものなどがある。

これらの含浸基材に液状の硬化性樹脂を含浸させて筒状にしたものが更生材となる。更生材には内側に、インナーチューブ（プラスチック製の厚手のフィルムあるいは筒状シート等）が配置され、反転・拡張時の樹脂漏れ等の防止や成形性確保の役目を果たしている。インナーチューブは更生後も残置する工法が多い。

更生材の外側には、浸入水等による樹脂の変質防止等のためにアウターチューブ（筒状のフィルムや断熱材入りシート等）が配置されることもある。

更生材は、液状の樹脂を含浸させ、更生材内面からの空気圧や水圧の負荷により既設管内面に密着した状態で熱等を与えて硬化させ、筒状のパイプを形成する。

形成工法の密着管型更生工法に使用する更生材は、硬質塩化ビニル樹脂、高密度ポリエチレン樹脂等がある。

表 5.1-5 現場硬化型更生工法における更生材の構成要素と特徴

工法	含浸基材(例)	含浸樹脂	拡張方法	形成方法
現場硬化型 更生工法	不織布	不飽和ポリエステル樹脂 ビニルエステル樹脂 エポキシ樹脂	空気圧 水圧	温水 蒸気 光 等
	有機系繊維織物＋不織布			
	有機系繊維織物＋ガラス繊維			
	不織布＋ガラス繊維			

表 5.1-6 密着管型更生工法における更生材の構成要素と特徴

工法		材質	拡張方法	形成方法
密着管型 更生工法	熱形成タイプ	高密度ポリエチレン樹脂 硬質塩化ビニル樹脂等	蒸気圧 空気圧 水圧等	熱 常温加圧 等
	連続管タイプ			

5.2 要求性能、性能照査

5.2.1 反転・形成工法の要求性能と性能照査

反転・形成工法の要求性能は、工法ごとに管種や構造形式等に応じて適切に設定する。

反転・形成工法の性能照査は、試験によって得られる材料及び施工の性能が、定められた基準値を満足することを適切な方法によって確認し、さらに、施工が適切に実施されることを施工計画の照査に基づいて確認する。

【解説】

(1) 性能照査の基本的な考え方

反転・形成工法の性能照査は、反転・形成工法に期待される効果の持続期間中に、反転・形成工法を施工したパイプライン施設が所要の要求性能を満足することを確認しなければならない。しかし、施工対象のパイプライン施設に対して試験施工を行うことや反転・形成工法に要求される性能を一つの試験で直接的に正しく評価することは、一般に困難である。

このため、本書では、反転・形成工法の性能照査に当たっては、反転・形成工法に係る材料及び施工に要求される照査項目について、その照査項目の試験値が要求値を満足することを試験によって確認することで性能照査とすることとした。ただし、反転・形成工法が所要の性能を有することを確認するためには、試験による確認に加えて、仕様どおりに確実に施工されるよう、施工計画が適切であることをあらかじめ確認しておかなければならない。

反転・形成工法の要求性能とその照査時期を表 5.2.1-1 に示す。

表 5.2.1-1 反転・形成工法の要求性能と照査時期

要求性能			要求項目	照査のタイミング				
				工法開発時	設計時	施工時 (施工計画 /材料承諾)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)
基本的性能	水理機能	水密性	想定される水圧（内水圧・外水圧）に対して水密を保持できる性能（管体・端部）	○	○	○	○	○
			想定される更生管の伸縮に対して、端部処理工が追従できる性能	—	○ 構造計算	○	○	○
		通水性	計画最大流量を安全に通水できる性能	—	○ 水理計算	○ 水理計算	○	○
	構造機能	耐荷性	土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水圧に対し構造的に安定した性能	○	○ 構造計算	○	○	—
			長期的耐久性を考慮している	○	○ 構造計算	○	—	—
		成型収縮性	長さ変化率が小さく安定している性能	○	○ 水理計算 構造計算	○	○	○
		施工性	屈曲部にシワや背面空洞が生じない性能	○	○	○	○	—
		耐摩耗性	摩耗による通水性及び耐荷性の低下が生じない性能	○	○	○	—	—
		地盤追従性	今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能	—	—	—	—	△
個別的性能	構造機能	耐震性	地震動及び地盤変状に対して所定の安全性を満足する性能。地盤変状とは、地震動により生じた現地盤や埋戻しの土の液状化、地すべり、斜面崩壊、地盤沈下、地割れ等の永久的変位をいう	△	△	△	△	△
	社会的機能	水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能	○	○	○	—	—

【凡例】“○”：照査の段階、“—”：照査の必要なし（又は実績等により省略可）、“△”：今後の新たな技術的知見を踏まえた照査方法の検討が必要

(2) 照査方法と品質規格値の考え方

反転・形成工法を施工したパイプライン施設が、所要の性能を確保するためには、反転・形成工法に適用する材料の特性及びその施工方法等を考慮して要求する性能を決定し、それらを明確にしておく必要がある。

材料及び施工の照査項目の試験方法については、例えば、J I S等に規定されている試験方法を用いてその品質を確認することとし、基準値の適用に当たっては、変状や劣化要因に応じて要求される性能を考慮して設定する。

工法開発時の反転・形成工法の要求性能に対する要求項目と照査方法及び要求値に関する基本的な考え方を表 5.2.1-2 に示す。J I S等に規定されている試験方法を用いて性能照査を行うことが困難な照査項目については本書で試験方法を規定する(以降、「本書に示す試験」とする)。なお、本書に示す試験よりも合理的な試験方法が確立され、工場製作時点において更生管としての性能が証明されるとともに、施工後においても同一の性能を有していることが証明できる場合に限り、当該試験結果を性能照査に用いることが可能である。表中で本書に示す試験と表記した照査(試験)方法の詳細は、巻末資料の「2. 各試験方法」を基本とするが、これら以外の試験方法を採用する際は、それぞれ適用するJ I S規格、J WWA基準を参照されたい。

また、以下に性能照査に関する特記事項を記す。

耐荷性：管路更生工法(材料)が、期待される強度を有していること。

短期試験は短冊(板状やダンベル状の供試体)での試験を採用し、長期試験は円管での試験を採用している。

短期試験は、各工法の申告値を設定する段階で短冊と円管による強度特性を把握する必要があるが、管径・管厚ごとに実施することは困難であるため、短冊による試験方法を採用する。一方で、竣工時の施工管理は円管での試験を採用し、保証値を満たすことを求めることとし、各工法は構造計算に用いる保証値を設定する段階で短冊と円管での試験結果を踏まえることを求める。

長期試験は、施工管理段階の試験で確認することができないことから、更生管の長期強度特性の確認方法として、工法開発段階で円管による試験を基本とする。しかし、各工法協会において実績がない試験規格であること、試験時間に10,000時間を要することから、試験方法の検証は今後の課題である。

成型収縮性：長さ変化率が小さく安定していること。

反転・形成工法に使用する材料は温度による膨張・収縮量が比較的大きいことから、施工端部の処理では、それら膨張・収縮による影響(端部処理工の脱落や端部処理工と更生管の間に隙間が発生すること等)がないように検討を行う(5.4 構造設計参照)。

更生管と既設管の間に発生する隙間についても、隙間が強度(断面方向・縦断方向)に与える影響が解明されていないことから、隙間が発生する状況は避けるべきである。本書では、隙間の許容値を口径によらず5mmと規定する。

施工性：更生管背面に空洞がなく、発生するシワが管理基準値内（口径の２％以下）であること。

シワがある状態で供用した場合の強度（断面方向・縦断方向）に対する影響や水理性能に与える影響（キャビテーションの発生等）については解明されていないことから、シワが発生する状況は避けるべきである。しかし、農業用水利施設のように線形が多様な条件下において、反転・形成工法でシワを発生させない施工を要求することは工法の特性上困難である。そのため、直線部、屈曲部共に更生後の口径の２％以下の高さのシワを許容値として設定するものである。シワが発生した部分については「**第６章 長寿命化対策後の施設のモニタリング**」に従って経年変化を確認・記録し安全な使用に資する。

耐摩耗性：期待される効果の持続期間中に過度の摩耗が発生しないこと。

硬質ポリ塩化ビニル管と同等の摩耗量であること。

表 5.2.1-2 反転・形成工法に求められる要求性能と性能照査方法 (1/2)

要求性能			要求項目	照査方法		要求値 (性能照査判定基準)
				試験方法	試験条件	
基本的性能	水理機能	水密性	想定される水圧 (内水圧・外水圧) に対して水密を保持できる性能	水密性試験	本書に示す試験	設計水圧 (静水圧 + 水撃圧) に安全率2.0を乗じた値で漏水 (水圧の低下) がない
			端部処理が、想定される水圧 (内水圧・外水圧) に対して水密を保持できる性能 (端部処理の水密性の確認)	端部水密性試験	本書に示す試験	設計水圧 (静水圧 + 水撃圧) に安全率2.0を乗じた値で漏水 (水圧の低下) がない
	構造機能	耐荷性	・土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水圧に対し構造的に安定した性能 ・長期耐久性を考慮している	短期曲げ強度試験	JIS K 7171 (プラスチック-曲げ特性の求め方) に準拠 (周方向・軸方向)	-
				短期曲げ弾性試験	JIS K 7171 (プラスチック-曲げ特性の求め方) に準拠 (周方向・軸方向)	-
				短期引張強度試験	JIS K 7161-1 (プラスチック-引張特性の試験方法-第1部: 通則) に準拠 (周方向・軸方向)	-
				短期引張弾性係数	JIS K 7161-1 (プラスチック-引張特性の試験方法-第1部: 通則) に準拠 (軸方向)	-
				長期曲げ強度試験 (50年後の曲げ強度)	JIS K 7039 (プラスチック配管系-ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管-湿潤状態における管の長期間極限曲げひずみ及び長期間極限相対変位の求め方) に準拠 (周方向)	-
				長期曲げ弾性試験 (50年後の曲げ弾性係数)	・複合材料で縫い目や重ね合わせがある材料の場合: JIS K 7035 (ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管-湿潤条件下での長期扁平クリープ剛性の求め方及び湿潤クリープファクタの計算法) に準拠 (周方向) ・硬質ポリ塩化ビニル樹脂、ポリエチレン樹脂等の単一材料で縫い目や重ね合わせがない材料の場合: JIS K 7116 (プラスチック-クリープ特性の試験方法-第2部: 3点負荷による曲げクリープ) に準拠 (周方向)	-
				長期引張強度試験 (50年後の引張強度)	JIS K 7013 (繊維強化プラスチック管) に準拠 (周方向) の長期静水圧試験	-

凡例: 「-」 協会による申告値であることを示す。

表 5.2.1-2 反転・形成工法に求められる要求性能と性能照査方法（2/2）

要求性能		要求項目	照査方法		要求値 (性能照査判定基準)
			試験方法	試験条件	
基本的性能	構造機能	長さ変化率が小さく安定している性能	硬化収縮試験	規定しない	最大隙間量が5mm以下
			線膨張性試験	本書に示す試験	-
	施工性	屈曲部にシワや背面空洞が生じない性能	屈曲部検証試験	本書に示す試験	屈曲部において口径の2%より大きいシワと更生管背面に空洞が発生しないこと
個別的性能	社会的機能	耐摩耗性	通水性及び耐荷性の低下が生じない性能	耐摩耗性試験	・JIS K 7204（プラスチック-摩耗輪による摩耗試験方法）又は ・JIS A 1452（建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法（落砂法）） 硬質ポリ塩化ビニル管と同等の摩耗量である
		水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能	浸出試験	JWWA Z 108（水道用資機材-浸出試験方法） 有害物質が検出されない

凡例：「－」協会による申告値であることを示す。

1) 水密性：水密性試験

農業用パイプラインは内圧がかかる管路であるため、更生管は設計水圧で漏水しないことが要求される。

【試験方法】

水密性の照査は、巻末資料「2. 各試験方法 水密性試験要領」により行うものとする。

更生管を作成後、内水圧を作用させて5分間を3回保持する。

更生管の作成要領は、J I S K 7013「繊維強化プラスチック管」の短期間静水圧試験の試験片寸法に準拠する。

口径は代表口径とし、更生管厚みは試験要領に示す設計条件で設計された厚みとする。

【要求値】

設計水圧（静水圧＋水撃圧）に安全率2.0を乗じた値で漏水（水圧の低下）がないこと。

2) 端部水密性：端部水密性試験

反転・形成工法では、既設管と更生管を接続した端部が、必要な水密性を有していることを照査する。

【試験方法】

端部水密性の照査は、巻末資料「2. 各試験方法 端部水密性試験要領」により行うものとする。

更生管を作成後、両端部に端部処理を行い、内水圧を作用させて5分間を3回保持する。

口径は代表口径とし、更生管厚みは試験要領に示す設計条件により求める厚みとする。

なお、1) 水密性試験に示す、水密性試験実施時に端部処理を設置することにより同一の試験で行うことができるものとする。

【要求値】

設計水圧（静水圧＋水撃圧）に安全率2.0を乗じた値で漏水（水圧の低下）がないこと。

3) 耐荷性：短期曲げ強度試験、短期曲げ弾性試験、短期引張強度試験、短期引張弾性係数

更生管にはライニング管又は自立管として必要な強度を求めるものとする。試験により必要な強度を有していることを照査する。

【試験方法】

試験方法はJ I S規格に準拠する。

照査の項目は、短期曲げ強度試験、短期曲げ弾性試験、短期引張試験、短期引張弾性係数とする。

短期曲げ強度試験及び短期曲げ弾性試験は J I S K 7171「プラスチック-曲げ特性の求め方」、短期引張試験及び短期引張弾性係数は J I S K 7161-1「プラスチック-引張特性の試験方法-第1部：通則」に準拠し、供試体の作成方法・寸法は J I S K 7161-2「プラスチック-引張特性の試験方法-第2部：型成形、押出成形及び注型プラスチックの試験条件」[ダンベル形] 又は J I S K 7164「プラスチック-引張特性の試験方法-第4部：等方性及び直交異方性繊維強化プラスチックの試験条件」の試験片寸法に準じるものとする。

4) 耐荷性：長期曲げ強度試験、長期曲げ弾性試験、長期引張強度試験

更生管はプラスチック材料であることから、長期供用による材料強度の低下を考慮してライニング管又は自立管として必要な強度を求める。試験により必要な強度を有していることを照査する。長期試験は、10,000時間の試験を行うことで50年後の強度を推定する。

【試験方法】

試験方法は J I S 規格に準拠する。

照査の項目は、長期曲げ強度試験、長期曲げクリープ試験、長期引張強度試験とする。

試験方法は、長期曲げ強度試験は、J I S K 7039「プラスチック配管系-ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管-湿潤状態下における管の長期間極限曲げひずみ及び長期間極限相対変位の求め方」、長期曲げクリープ試験は、複合材料で縫い目や重ね合わせがある材料では J I S K 7035「ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管-湿潤条件下での長期偏平クリープ剛性の求め方及び湿潤クリープファクタの計算法」とし、硬質ポリ塩化ビニル樹脂・ポリエチレン樹脂等の単一材料で縫い目や重ね合わせがない材料では J I S K 7116「プラスチック-クリープ特性の試験方法-第2部：3点負荷による曲げクリープ」とする。長期引張強度試験は、J I S K 7013「繊維強化プラスチック管」の長期静水圧試験とする。この時の試験温度は、J I S K 7013によらず、短期強度試験と整合させ23℃±5℃とする。

5) 成型収縮性：硬化収縮試験

硬化時の収縮により既設管と更生管の間に隙間が生じ、収縮量が多い場合には、端部水密性、耐荷性に影響を与えるおそれがあることから、硬化時の収縮量が小さく安定していることを求める。

【試験方法】

硬化収縮試験は現時点では確立されていないため、各工法において現場硬化後の収縮量が品質規格値以下であることを確認する。

【要求値】

硬化後の最大隙間量は口径によらず5 mm以下であること。

6) 成型収縮性：線膨張性試験

温度変化による伸縮については、想定される伸縮量に追従する端部処理を求めるものとし、加えて、伸縮により発生する応力を用いて軸方向の応力照査を行う。

【試験方法】

温度変化による伸縮量を照査するための試験方法は、巻末資料「2. 各試験方法 線膨張性試験要領」に準拠する。口径250mm以上、管長250mm以上とし、20～60℃間の状態で恒温槽で周方向・軸方向の熱膨張量を測定することで線膨張係数を算出する。

【要求値】

温度変化による伸縮量は、性能照査試験により算出した線膨張係数を用いて算出する。また、伸縮量に相当する軸方向の応力の照査を行い許容値以内に収まることを確認する。算出方法は「5.4 構造設計」に示す。

7) 施工性：屈曲部検証試験

更生管は屈曲部でシワや空洞が発生しやすいため、事前に適用可能な範囲として、口径の2%より大きなシワ及び更生管背面に空洞が発生しない角度を、試験によって事前に定め、工法の適用範囲として設定する。

【試験方法】

試験方法は巻末資料「2. 各試験方法 屈曲部検証試験要領」に準拠する。

模擬管に使用する管種は限定しないが鋼管（半割）が望ましく、ボイド管のように更生管拡張時に変形するものは避ける。更生管厚は試験要領に示す設計諸元で計算した管厚とし、屈曲角度は各工法の申告値とする。

【要求値】

屈曲部において口径の2%より大きいシワと更生管背面に空洞が発生しないこと。

8) 耐摩耗性：耐摩耗性試験

更生管はプラスチック製であり、パイプライン内に流入する砂等の異物により摩耗することが想定されるため、既製プラスチック製管である硬質ポリ塩化ビニル管と同等の摩耗量であることを求める。

【試験方法】

試験方法は J I S K 7204「プラスチック-摩耗輪による摩耗試験方法」又は、J I S A 1452「建築材及び建築構成部分の摩耗試験方法 落砂法」に準拠する。摩擦熱などにより J I S K 7204が適切に実施できない場合は、J I S A 1452を採用する。

【要求値】

摩耗量がプラスチック製管である硬質ポリ塩化ビニル管と同等であること。

9) 水質適合性：浸出試験

農業用水として利用するために更生管からの有害物質の浸出がないことを求める。

【試験方法】

有害物質の浸出がないことを J W W A Z 108「水道用資機材浸出試験方法」の試験方法によって試験を実施する。なお、必要な試験内容と評価基準は関係機関との協議によるものとする。

【要求値】

使用する材料が有害物質の浸出がないこと。

5.3 水理設計

5.3.1 一般事項

パイプラインの水理設計は、設計基準「パイプライン」に準拠する。

水理設計は、対策後のパイプラインシステムが水利用計画のいかなる条件の下でも計画最大流量までの用水量を安全かつ確実に通水し得るように、パイプラインの通水断面及び附帯設備の規模や制御方式を定め、パイプラインシステムがその機能を十分に果たせるような水理条件を確認することを目的とする。

【解説】

更生管の通水断面積は、施工する更生管厚に左右され、更生管厚は構造設計により決定される。

したがって、更生管の水理設計は通水断面積（更生管厚）の決定を目的とするのではなく、パイプラインシステムとしての水利用計画に必要な水頭差と計画設計流量を確保できるか確認することを目的とする。

5.3.2 許容設計流速

管内の平均流速の許容設計流速は、設計基準「パイプライン」に準拠する。

【解説】

設計上採用すべき管内流速は、損失水頭との関係において管路の経済性に大きく影響し、路線の条件、使用管種、口径、送配水方式等が異なることから一概に決められないが、原則として送配水方式によって決定する。

(1) 自然圧式管路の許容平均流速

自然圧式の管路の許容平均流速は、水理ユニット内の流速の平均値を 2.0m/s 以内にすることが望ましい。ここでいう流速の平均値とは、縦断方向の加重平均値（流速のバラツキは平均値の 10 % 以下が望ましい）を指す。しかし、動水勾配が大きくとれる場合には、経済的な観点から平均流速の限界値を 2.5m/s まで高めてもよい。ただし、採用した流速が大きくなると傾斜部での慣性力、曲線部でのスラスト力等について特に慎重な検討が必要であると同時に、下流端でバルブ操作を行う場合には、①非定常流況における水理現象を十分に検討し、施設の安全性を確認すること、②バルブ操作によるキャビテーションを検討する必要がある。

(2) ポンプ圧送式管路の許容平均流速

ポンプ圧送式管路の流速は、管関係費とポンプ関係費の和が与えられた流量に対して最小となるように経済比較を行って決定することが望ましい。この時の設計流速の目安として、表 5.3.2-1 がある。この表の値はこれまでの実績を基に参考的に示したものであり、パイプラインの口径は幹支線管路の全てを含めた経済比較により決定することを原則とする。その場合の許容平均流速は、自然圧式管路と同様 2.0m/s 以内が望ましく、限界値を 2.5m/s とする。また、経済比較により得られた口径の流速の平均値が 2.0m/s を超える場合は、水撃圧対策、バルブ対策等の検討を十分行

う必要がある。

表 5.3.2-1 ポンプ圧送式の平均流速

口径 (mm)	平均流速 (m/s)
75 ～ 150	0.7 ～ 1.0
200 ～ 400	0.9 ～ 1.6
450 ～ 800	1.2 ～ 1.8
900 ～ 1,500	1.3 ～ 2.0
1,600 ～ 3,000	1.4 ～ 2.5

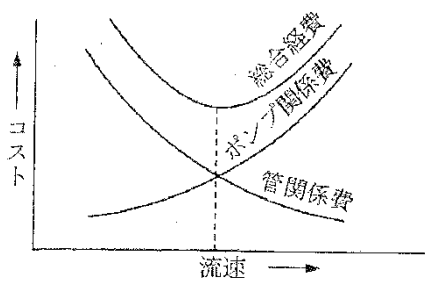


図 5.3.2-1 経済性の概念図

(出典：設計基準「パイプライン」 p.175)

5.3.3 平均流速公式

パイプラインの水力設計に当たっては、ヘーゼン・ウィリアムス公式による平均流速公式の適用を原則とする。

なお、開水路系のシステムの一部を構成する管水路の平均流速公式は、原則としてマンニング公式を使用する。

【解説】

(1) 摩擦損失係数

更生管の流況では、水流と管壁面との摩擦抵抗により摩擦損失が作用し、流向に沿って水圧（又は水位）の低下が起こる。この摩擦による損失水頭の大きさは、式 5.3.3-1 によって求められる。

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots \text{式 5.3.3-1}$$

ここに、

h_f : 摩擦損失水頭 (m)

f : 摩擦損失係数

D : 管径 (更生管の仕上り内径) (m)

「更生管の仕上り内径」とは、施工完了時の内径をいう。設計時においては、構造上必要な管厚のほか、工法や材料の特性を踏まえた公差や材料収縮性、あるいは水密性を確保するためのフィルム等を含めた管厚を用いた内径で計算する。

V : 平均流速 (m/s)

L : 管路の長さ (m)

g : 重力の加速度 (9.8m/s²)

(2) 平均流速公式

パイプラインの水力設計では、ヘーゼン・ウィリアムス公式の適用を原則とする。

ヘーゼン・ウィリアムス公式は、式 5.3.3-2 で与えられる。

$$V = 0.849C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots \text{式 5.3.3-2}$$

ここに、

- V : 平均流速 (m/s)
 C : 流速係数 (表 5.3.3-1 参照)
 R : 径深 (m)
 I : 動水勾配

また、式 5.3.3-2 を基に、円形管について次の各式が誘導される。

$$V = 0.355C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots \text{式 5.3.3-3}$$

$$Q = 0.279C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots \text{式 5.3.3-4}$$

$$D = 1.626C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.21} \dots\dots\dots \text{式 5.3.3-5}$$

$$I = h_f / L = 10.67C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \dots\dots\dots \text{式 5.3.3-6}$$

ここに、

- D : 管径 (更生管の仕上り内径) (m)
 h_f : 摩擦損失水頭 (m)
 Q : 流量 (m³/s)
 L : 管路長 (m)

流速係数 C を表 5.3.3-1 に示す。

表 5.3.3-1 流速係数 C の値

管 (内面の状態)	流速係数 C		
	最大値	最小値	標準値
铸铁管 (塗装なし)	150	80	100
鋼管 (塗装なし)	150	90	100
水道用液状エポキシ塗装管 (鋼) 注1)			
ϕ 800mm 以上	—	—	130
ϕ 700～600mm	—	—	120
ϕ 500～350mm	—	—	110
ϕ 300mm 以下	—	—	100
モルタルライニング管 (铸铁)	150	120	130
遠心力鉄筋コンクリート管	140	120	130
プレストレストコンクリート管	140	120	130
硬質ポリ塩化ビニル管 注2)	160	140	150
ポリエチレン管	170	130	150
強化プラスチック複合管 注2)	160	—	150

注1) J I S G 3443-4 によるエポキシ樹脂塗装が内面に施されているが、十分な経年変化後の水理データがないことから、タールエポキシ樹脂塗装と同等として扱い、本表の値を適用してよい。また、呼び径 800mm 未満で、現場溶接の内面塗装を十分な管理の下で行う場合、 $C=130$ を適用することができる。

注2) 呼び径 150mm 以下の管路では、 $C=140$ を標準とする。

(出典：設計基準「パイプライン」 p. 177)

5.3.4 水理計算

パイプラインにおける水理計算は、利用可能なエネルギーを有効に利用して計画最大用水量を流し得る最小断面を求めることが本来の目的である。

長寿命化対策後の水理計算の場合は、流量や必要水頭が当初設計から変わっていても、対策工法の施工により管口径が縮小される箇所が生じる。このことによる損失水頭の増加を含めても、パイプラインシステムとしての水利用計画上必要な水頭差を確保できるか確認することが目的となる。

水利用計画上必要な水頭差は、下記により摩擦損失水頭及び各種損失水頭を合計することにより求める。

- (1) 摩擦損失水頭：原則としてヘーゼン・ウィリアムス公式により計算する。なお、開水路系のサイホン等はマンニング公式により計算する。
- (2) 各種損失水頭：更生するパイプラインの縦横断線形の設計に応じて各種損失水頭を計算する。
- (3) 全損失水頭：摩擦損失水頭と各種損失水頭の合計値として計算する。

【解説】

(1) 摩擦損失水頭

摩擦損失水頭は、ヘーゼン・ウィリアムス公式により求める。パイプラインシステムの水利用計画から得られた設計流量に対して、表 5.3.3-1 から使用更生管種の流速係数 C の値を定め、次式から求められる。

$$h_f = 10.67 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdot L \dots\dots\dots \text{式 5.3.4-1}$$

ここに、

- h_f : 摩擦損失水頭 (m)
- C : 流速係数 (表 5.3.3-1 参照)
- D : 更生管の仕上り内径 (m)
- Q : 設計流量 (m^3/s)
- L : 損失水頭を求める区間長 (m)

(2) 各種損失水頭

水理計算で計算する各種損失水頭には、主に下記のものがある。これ以外の各種損失水頭（分流、合流、バルブ、量水器、スクリーン等）は設計基準「パイプライン」を参照すること。

- 1) 流入による損失水頭
- 2) 流出による損失水頭
- 3) 湾曲及び屈折による損失水頭
- 4) 管路更生の端部処理及び止水バンドによる損失水頭

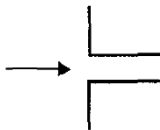
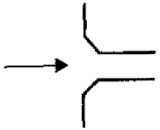
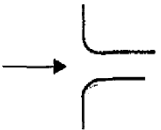
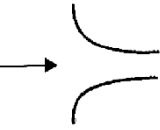
1) 流入による損失水頭

$$h_e = f_e \cdot \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots \text{式 5.3.4-2}$$

ここに、

- h_e : 流入損失水頭 (m)
- V_2 : 流入後の平均流速 (m/s)
- g : 重力の加速度 (9.8m/s²)
- f_e : 流入損失係数

表 5.3.4-1 流入口の形状と流入損失係数

	角 端	隅切り	丸みつき	ベルマウス
形状				
f_e	0.5	0.25	0.1 (円形) ~0.2 (方形)	0.01~0.05

2) 流出による損失水頭

$$h_0 = f_0 \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots \text{式 5.3.4-3}$$

ここに、

- h_0 : 流出損失水頭 (m)
- V : 流出前の平均流速 (m/s)
- g : 重力の加速度 (9.8m/s²)
- f_0 : 流出損失係数

水槽に出る場合及び大気放流の場合は、流出によって速度水頭が全部失われるものとし、一般に、 $f_0=1$ とする。

3) 湾曲及び屈折による損失水頭

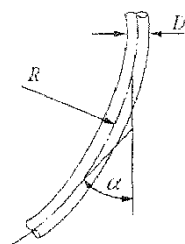
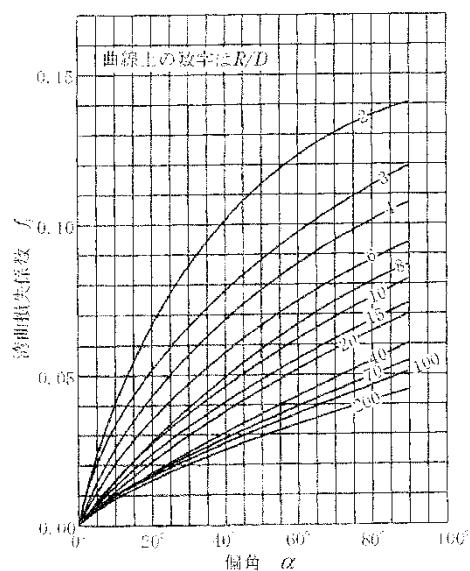
① 湾曲による損失水頭

$$h_b = f_b \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{式 5.3.4-4}$$

ここに、

- h_b : 湾曲による損失水頭 (m)
- v : 管内流速 (m/s)
- g : 重力の加速度 (9.8m/s²)
- f_b : 湾曲損失係数

湾曲損失係数 f_b は、湾曲の曲率半径 R と口径 D との比 R/D と偏角 α によって定まる係数で、 f_b の値は図 5.3.4-1 による。

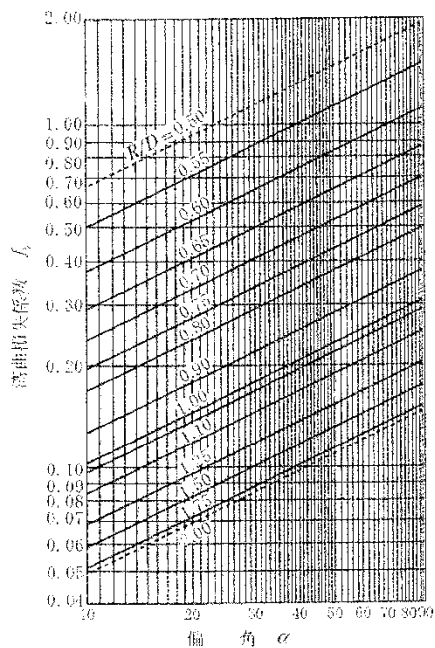


バジールスキ (Wasielowski) の簡略式

$$\frac{1}{f_b} = \frac{90\pi}{\alpha} \left(\log_e \frac{R}{D} + \frac{\alpha \cdot \pi}{180} \right) \quad \text{式 5.3.4-5}$$

α : 偏角 (°)

(a) $R/D \geq 2$ の場合



ワイズバッハ・フューラ (Weisbach・Fuller) の式

$$f_e = \left\{ 0.131 + 1.847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3.5} \right\} \left(\frac{\alpha}{90} \right)^{0.5} \quad \text{式 5.3.4-6}$$

α : 偏角 (°)

(b) $0.5 < R/D < 2$ の場合

図 5.3.4-1 湾曲損失係数

図 5.3.4-1 において、該当する R/D の値が曲線上にない場合は、直近下位の値を採用する。
湾曲による損失水頭をできる限り小さくするためには、 R/D を 4 以上にすることが望ましい。

② 屈折による損失水頭

$$h_{be} = f_{be} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{式 5.3.4-7}$$

ここに、

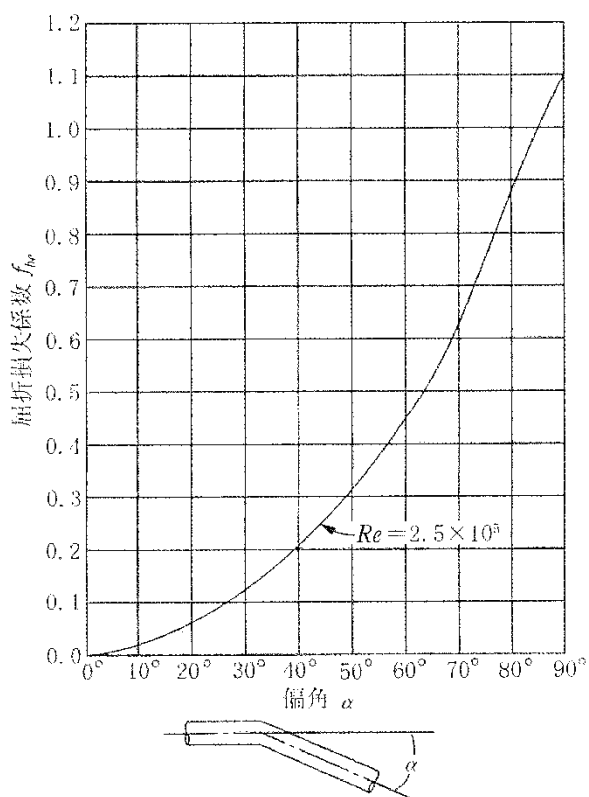
h_{be} : 屈折による損失水頭 (m)

v : 管内流速 (m/s)

g : 重力の加速度 (9.8m/s²)

f_{be} : 屈折損失係数

屈折損失係数 f_{be} は、レイノルズ数 Re と偏角 α によって定まる係数で、 f_{be} の値は図5.3.4-2による。



注) 屈折曲管の損失水頭は、屈折箇所数倍とする。

(例えば、3 ピース、 $\theta=45^\circ$ の場合は $\alpha=22.5^\circ$ で、 $0.08 \times 2=0.16$ とする)

図 5.3.4-2 屈折損失係数

4) 管路更生の端部処理による損失水頭

管路更生の端部処理によって生じる損失水頭は、処理箇所毎に①急拡大による損失と②急縮による損失により求められる。

① 急拡大による損失水頭

$$h_{se} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g} = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right]^2 \frac{V_1^2}{2g} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots \text{式 5.3.4-8}$$

ここに、

h_{se} : 急拡大による損失水頭 (m)

V_1, V_2 : 急拡大前後の管内流速 (m/s)

A_1, A_2 : 急拡大前後の管断面積 (m²)

D_1, D_2 : 急拡大前後の管径 (m) (図 5.3.4-3 参照)

g : 重力の加速度 (9.8m/s²)

f_{se} : 急拡大損失係数

$$f_{se} = [1 - (A_1/A_2)]^2$$

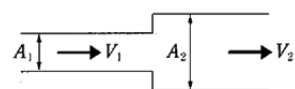


図 5.3.4-3 急拡大管

表 5.3.4-2 急拡大損失係数 f_{se}

A_1/A_2	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	(1.0)
f_{se}	1.00	0.98	0.92	0.82	0.70	0.56	0.41	0.26	0.13	0.04	(0)

② 急縮による損失水頭

$$h_{sc} = \left(\frac{1}{C_c} - 1\right) \frac{V_2^2}{2g} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots \text{式 5.3.4-9}$$

ここに、

h_{sc} : 急縮による損失水頭 (m)

V_2 : 急縮後の管内流速 (m/s)

g : 重力の加速度 (9.8m/s²)

C_c : 縮流係数

f_{sc} : 急縮損失係数

$$f_{sc} = [(1/C_c) - 1]^2$$

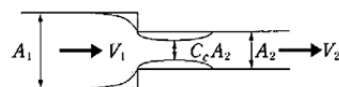


図 5.3.4-4 急縮管

図 5.3.4-4 のように断面が急縮する場合、急縮部下流において流水断面が $C_c A_2$ に縮小してから A_2 の面積に拡大するとして式 5.3.4-9 が求められる。 C_c 値は理論的には定まらず、面積比やレイノルズ数に依存し、実験的に定められる。表 5.3.4-3 にワイズバッハの実験値に基づく C_c 、 f_{sc} の値を示す。

表 5.3.4-3 急縮流係数 C_c と急縮損失係数 f_{sc}

A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_c	0.61	0.62	0.63	0.65	0.67	0.70	0.73	0.77	0.84	1.00
f_{sc}	0.41	0.38	0.34	0.29	0.24	0.18	0.14	0.09	0.04	0

(3) 全損失水頭

摩擦損失水頭と各種損失水頭の合計値を全損失水頭として算定する。

5.3.5 設計水圧

設計水圧は、長寿命化対策を行ったパイプラインの耐圧強度を決定するために算定する。
設計水圧の算定手法は、設計基準「パイプライン」に準拠する。

【解説】

(1) 設計水圧の算定

設計水圧は、静水圧又は動水圧に水撃圧を加えることで算出される。

長寿命化対策工法は既設パイプラインに対する施工であり線形に影響を与えることがない。しかしながら、一般に断面が縮小され流速が速くなること、管路更生後の管材のヤング係数が異なることから、水撃圧について確認し設計水圧を求める必要がある。

また、パイプラインシステム等を変更し、送配水又は水利用計画上に必要な水頭差が変わる場合についても設計水圧を算定する。

なお、水理ユニットのうち、部分的に長寿命化対策工法を行う場合については、既設管部分の設計水圧が施工当初の設計水圧を上回らないことの確認が必要である。

(2) 水撃圧の算定

1) 推定方法の分類

水撃圧を予測する方法は、大別すると経験則による方法と計算による方法がある。さらに、計算による水撃圧の解析法には、単一管路のような簡単な系については理論解法があり、樹枝状パイプライン組織のような複雑な系については数値解析が行われる（図 5.3.5-1 参照）。詳細は、設計基準「パイプライン」を参照すること。

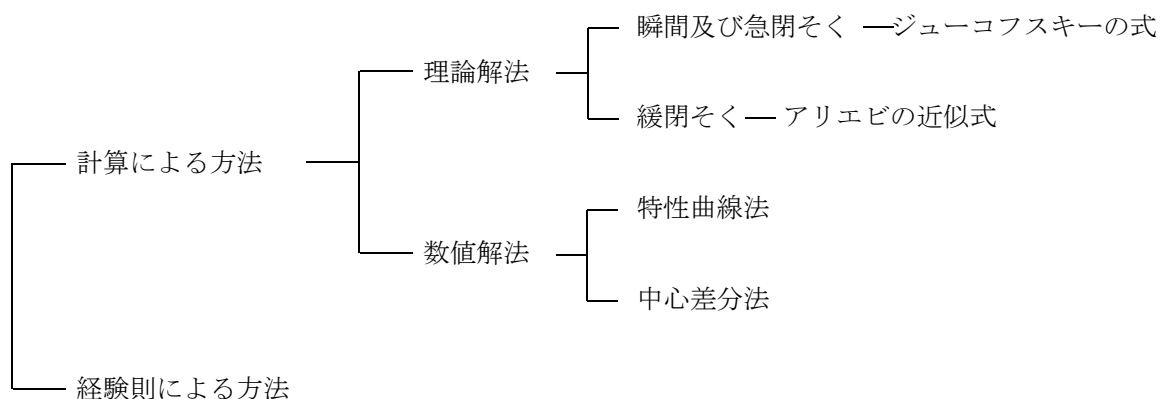


図 5.3.5-1 水撃圧の予測方法

(出典：設計基準「パイプライン」 p. 230)

2) 推定方法の適用基準

本書では、水撃圧の予測は計算による方法を原則とする。

水撃圧を正しく予測するには、必ず計算による方法で値を求め、この結果について経験則による値との対比を行って適切に水撃圧を予測する。

計算による方法の値が経験則による値を上回る場合には、バルブの開閉速度を遅くすること等により、軽減する方法を講じて経験則の値を下回るように処置する。処置が可能な場合は経験則の値を使用してもよい。安全性等を十分検討した上で処置が不可能な場合は、計算による値を使用する。

計算による方法の値が経験則による値を下回る場合には、計算による方法に含まれていない不確定要素及び安全性に配慮し、経験則の値を使用してもよい。

また、給水栓を有する水田用配水系パイプラインで低圧（静水圧 0.35MPa 未満）の場合や、パイプライン形式がオープンタイプである場合は、経験則による方法で水撃圧の推定を行ってもよい。

数値解法以外の推定方法は、バルブ操作による水撃圧の上昇圧のみを扱っているため、負圧の検討等下降圧が問題となる場合は、数値解法によらなければならない。

ただし、ポンプ動力の停止による場合の水撃圧は、簡易計算図表等により行うことができる。詳細は「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」（平成 18 年 3 月）」を参照すること。

5.4 構造設計

5.4.1 構造設計の基本的考え方

構造設計は、設計上の構造分類として、現時点では、「構造部材となる更生管材料の材料特性」、「既設管路が有する耐荷性（又は剛性）」、「それら相互の関係性」を考慮して、設計基準「パイプライン」等に準じた手法により行うこととする。

【解説】

(1) 構造設計手法の考え方

本書においては、「ライニング管」及び「自立管」について、これまでの知見・検討に基づき設計基準「パイプライン」等に準拠して構造計算手法を提示することとする。

本書に提示する構造設計手法については、下水道分野等の知見も踏まえて検討を行ったものであるが、内外圧を受ける構造理論や作用土圧（分布形状、地盤反力係数等）の考え方が農業用パイプラインとは異なることに十分留意するとともに、各工法の所要性能を考慮して構造計算手法を整理した。今後の知見により明確になった内容ごとに設計手法を見直すことが必要である。

以上の構造設計手法の考え方を整理すると、図 5.4.1-1 のとおりとなる。

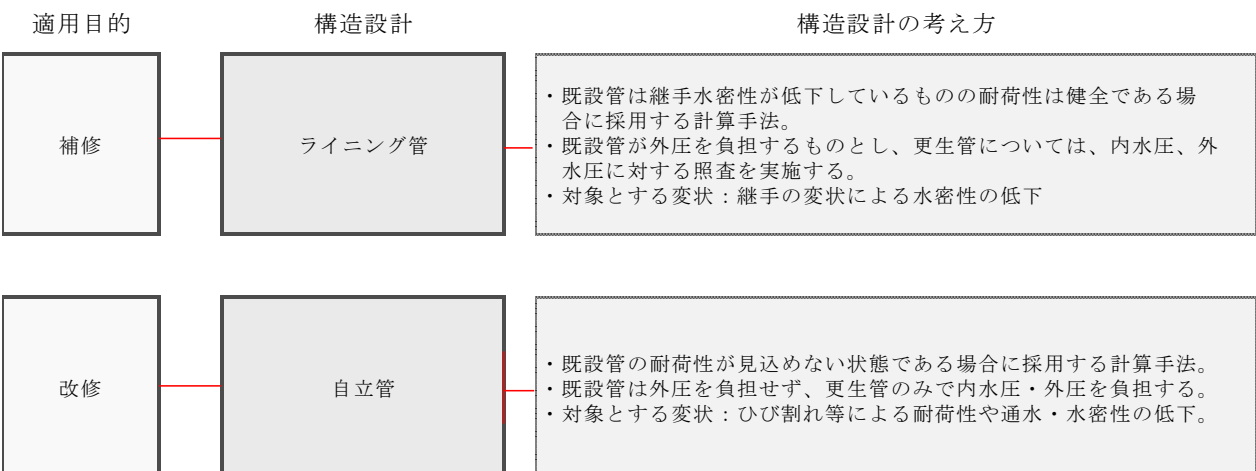


図 5.4.1-1 構造設計手法の考え方

(2) 構造設計の手順

管路更生工法の構造設計は、既設管の埋設条件や地盤条件等から埋設深さ、活荷重、内外水圧等を確認することで荷重を決定し、続いて管体の横断方向の構造計算を行う。縦断方向の検討については、設計基準「パイプライン」を参考に必要に応じて行うこととする。

5.4.2 荷重

構造計算に当たっては、適用目的と工法・材料特性を考慮して、土圧、活荷重、軌道荷重、管体の自重、管内水重、基礎反力、内水圧、そのほかの荷重及び必要に応じて外水圧を適切に定める。

【解説】

更生管に作用する荷重は、自立管では土圧、活荷重、軌道荷重、管体の自重、管内水重、基礎反力、内水圧、そのほかの荷重であり、ライニング管では内水圧及び外水圧である。

構造計算を行う場合の管体に作用する荷重は、原則的に表5.4.2-1により想定される組合せを選ぶ。

表 5.4.2-1 構造設計に用いる荷重の組合せ

荷重		ライニング管	自立管	
		応力計算	応力計算	たわみ量計算
土 圧	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
活荷重	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
軌道荷重	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
管体自重	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
管内水重	鉛直方向	—	○	○
	全方向	—	○	※
基礎反力	鉛直方向	—	○	—
内水圧	全方向	○	○	—
そのほかの荷重 ^{注1)}	鉛直方向	—	○	○
	水平方向	—	○	※
外水圧	全方向	○	—	—

注1) 「設計基準「パイプライン」9.3.4 そのほかの上載荷重」による。

※は自立管のたわみ量計算において水平荷重は考慮されている。

(1) 荷重算出式

活荷重、軌道荷重、管体の自重、管内水重、基礎反力（以下「外圧」という）及び内水圧については、設計基準「パイプライン」に準拠して算出する。

なお、土圧、外水圧については管路更生工法独自の検討手法として以下に示す。

(2) 土圧

土圧算出式には、既設管施工時の断面及び土圧公式を用いることを基本とする。

それらが不明である場合には、想定できる断面及び土圧公式を採用する。

(3) 外水圧

外水圧については、地下水位から管底までの圧力として算出することとする（図 5.4.2-1 参照）。これは、管底部からの座屈事例が多いことから安全を見込んで設定するものである。

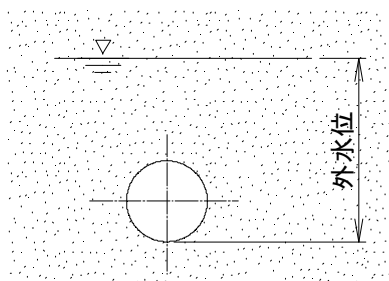


図 5.4.2-1 外水位の設定模式図

5.4.3 横断方向の設計

4.4.3に同じ。

5.4.4 ライニング管設計

ライニング管設計は、鞘管工法又は反転・形成工法による「補修」を目的とした場合の構造設計である。

【解説】

ライニング管では、既設管の強度を期待し、既設管が外圧を負担することが可能な場合に適用し、更生管には内水圧及び外水圧に対する耐力を期待する。

対象とする既設管路は、継手の変状によって水密性が低下又は低下するおそれのあるものである。

管種、管厚の決定に際しては、内水圧及び外水圧から算出する規格のうち、大きい方を採用する。設計の手順を以下に示す。

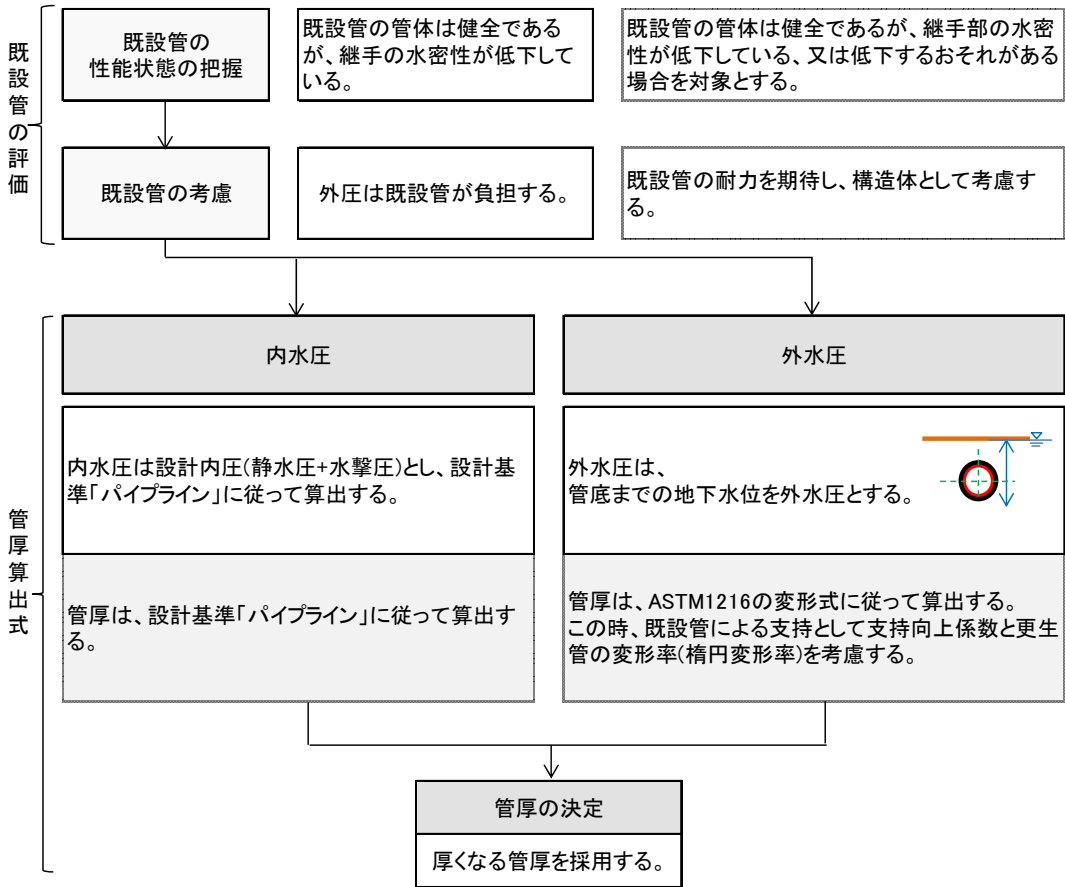


図 5.4.4-1 構造設計（ライニング管）の検討手順

(1) 横断方向の検討

1) 内水圧から算出する管厚算定式（フープの式）

内水圧による管厚は次式から求められる。

$$t \geq \frac{H \cdot D}{2 \sigma_a} \dots\dots\dots \text{式 5.4.4-1}$$

ここで、 t : 内水圧により発生する応力から求められる必要管厚 (mm)

D : 更生管内径 (mm)

H : 設計水圧 (MPa) 静水圧+水撃圧

σ_a : 許容引張応力度 (N/mm²)

「5.4.6 構造計算に用いる材料強度の物性値について」を参照

なお、上記の計算式は、更生管のみで内水圧を負担することを前提としたものである。

2) 外水圧から算出する管厚算定式（ASTM F 1216 チモシェンコの円筒座屈式の応用式）

外水圧による管厚は既設管により更生管の変形が抑制されるものとし、次式から求められる。

$$t \geq \frac{D}{\left\{1 + \left((2N \cdot C \cdot E_L) / (P \cdot FS(1 - \nu^2)) \right)^{1/3} \right\}} \dots\dots\dots \text{式 5.4.4-2}$$

ここで、 t : 外水圧により発生する応力から求められる必要管厚 (mm)

D : 更生管外径 (mm)

N : 支持向上係数 (最小値を 7.0 とする※1)

※1：更生管は既設管により外周を拘束された条件となることから、座屈圧力が向上する。支持向上係数は、この時の座屈圧力の向上率を指す。支持向上係数は、更生管として一般的に用いられる値 7.0 を採用するが、各工法において支持向上係数が 7.0 以上確保できることを試験等により確認すること。

C : 更生管の楕円変形率=変形がない場合は 1.0

$$C = \left\{ (1 - q/100)(1 + q/100)^2 \right\}^3 \dots\dots\dots \text{式 5.4.4-3}$$

q : 既設管の楕円率(%)=100×(平均内径-最小内径)/平均内径

E_L : 更生材の長期曲げ弾性係数 (N/mm²)

P : 外水圧

FS : 安全率=2.0

ν : 更生材のポアソン比 (表 5.4.4-1 のとおりとする)

表 5. 4. 4-1 更生材ごとのポアソン比

材料		ポアソン比
熱硬化性樹脂（FRP材料） ¹⁾		0.30
熱可塑性樹脂	ポリエチレン ²⁾	0.47
	塩化ビニル ³⁾	0.38
上記以外の材料や実測データがある場合		実測値

1) ASTM 1216_98

2) 日本水道協会「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版」

3) 塩化ビニル管・継手協会「水道用硬質塩化ビニル管技術資料」 VP 及び HIVP の代表値

(2) 管軸方向の検討

反転・形成工法に対する管軸方向の検討として、①温度変化により発生する応力及び②供用中の温度変化により生じる伸縮量に対する端部処理について照査する。ただし、既設管と更生管の隙間を充填するなどし、拘束力が得られることが試験で確認できた場合には、試験結果を照査に代えることができる。

①温度変化により発生する応力に対する照査

温度変化により更生管に応力が発生することが考えられる。そのため、短期引張強度が温度変化により発生する応力以上であることを計算により確認する。

この時、温度変化については、硬化時の収縮による影響が不明確であることから、安全性を考慮して加熱硬化時の最高温度と供用中の最低温度の差を用い、考えられる最大の温度変化に対する照査を行う。硬化時の収縮による影響を別途考慮する場合には温度変化量 σ_T に硬化後の温度変化を用いればよく、別途検討を行い設定すること。

$$\sigma_a \geq \varepsilon \times E \quad \dots\dots\dots \text{式 5. 4. 4-4}$$

ここで、 σ_a ：許容引張応力度（N/mm²）

E：軸方向短期引張弾性係数（N/mm²）

ε ：収縮ひずみ $\varepsilon = \alpha \times \delta_T$

α ：線膨張係数（/℃）

δ_T ：温度変化（℃）

加熱硬化時の最高温度と供用中の最低温度の差

②供用中の温度変化により生じる伸縮量に対する端部処理の照査

供用中の温度変化により更生管が伸縮することが想定される。端部処理工は温度変化による収縮量 δ_L に追従して水密性を保持する性能を有する必要がある。この時の温度変化 δ_T は供用中に想定される最大の温度変化（℃）とする。端部処理工は更生管の伸縮量 δ_L に追従するものを採用する。

$$\delta_L = \alpha \times \delta_T \times L_0 \quad \dots\dots\dots \text{式 5. 4. 4-5}$$

δ_L : 温度変化による収縮量 (m)

α : 線膨張係数 (/°C)

δ_T : 温度変化 (°C) ここでは、供用中に想定される最大の温度差

L_0 : 更生管延長 (m)

5.4.5 自立管設計

自立管設計は、「改修」を目的とした場合の構造設計である。

【解説】

自立管は、既設管の強度や剛性を期待せず、更生管に作用する外力に対し、期待される効果の持続期間にわたって自ら耐荷能力及び耐久性を保持する構造である。このため、自立管設計は新設管と同様に、内外圧計算及び許容たわみ計算による管厚計算式（設計基準「パイプライン」に準拠）によるものとする。

対象とする既設管路は、ひび割れ等により耐荷性が低下したものや設計荷重が増えた場合等である。

管種、管厚の決定に際しては、内外圧計算の曲げ強度から算出する管厚（規格）とたわみから算出する管厚（規格）のうち、大きい方を採用する。設計に際して、既設管は更生管を支持する安定した地盤として評価し、地盤反力係数及び変形遅れ係数について、標準値を以下のとおり設定する。しかし、既設管の損傷状態、周辺地盤の状況等によっては、想定どおりの支持条件が得られないケースもあることから、必要に応じて別途検討を行う。検討は図 5.4.5-1 の流れで行う。

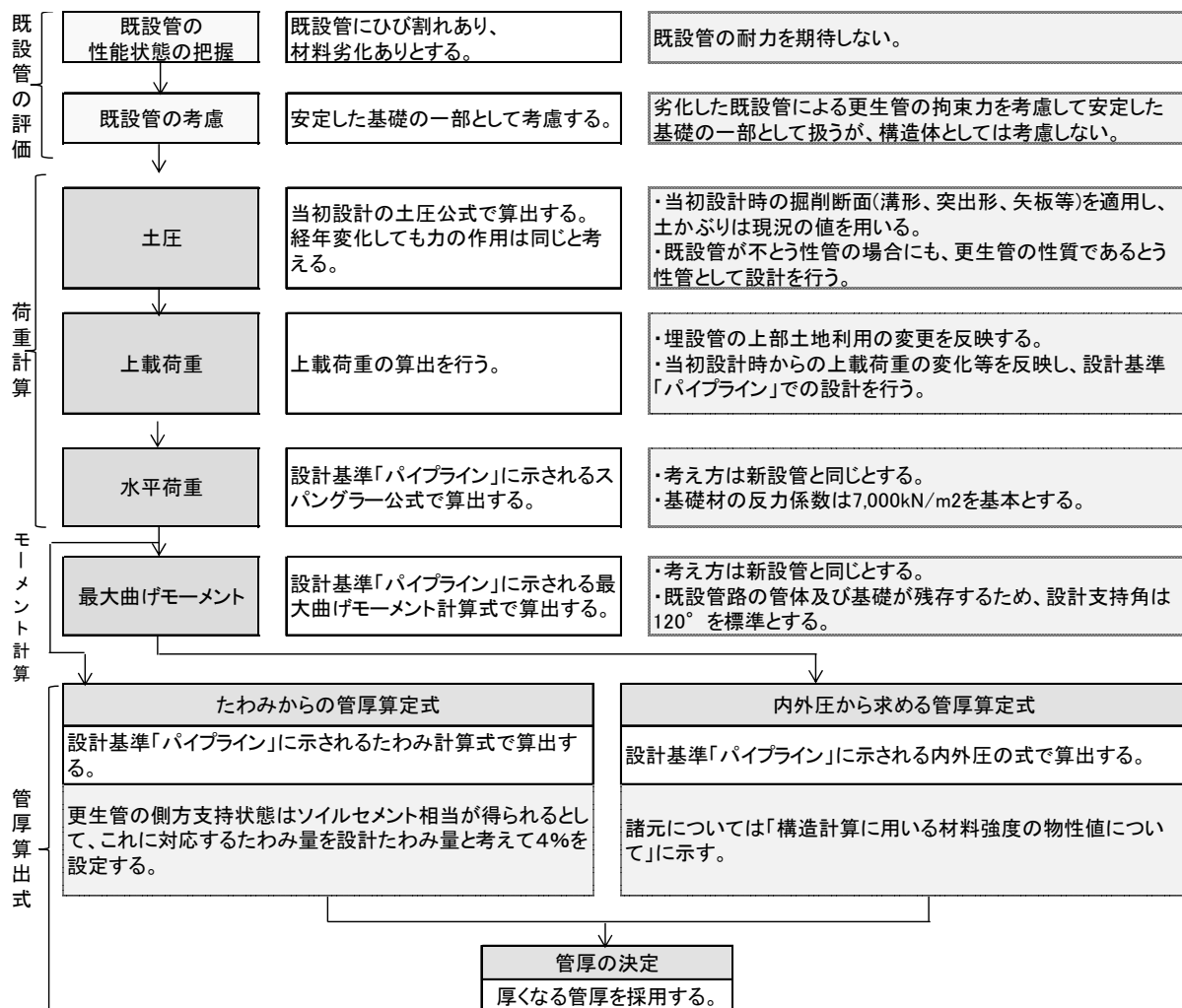


図 5.4.5-1 構造設計（自立管）の検討手順

(1) 基礎材の反力係数

基礎材の反力係数に用いる値は $7,000\text{kN/m}^2$ を標準とする。

(2) 変形遅れ係数

管路更生工法における変形遅れ係数 (F_1) は 1.0 を標準とする。なお、既設管の単独状態（更生前）で破壊の進行やひび割れの進展が懸念される場合は、適切な変形遅れ係数を設定する。

(3) 設計支持角

既設管路の管体及び基礎が残存するため、設計支持角は 120° を標準とする。ただし、既設管の損傷状態、周辺地盤の状況等によっては、想定どおりの支持を得られないケースもあることから、必要に応じて別途検討を行う。

(4) 横断方向に生じる曲げモーメント

更生管の設計支持角を用いて、管底における最大曲げモーメントを算出する。

(5) 設計たわみ率

更生管の側方支持状態はソイルセメント相当が得られるとして、これに対応するたわみ量を設計たわみ量と考えて 4 % を設定する。

(6) 更生管のヤング係数

試験により求めた長期曲げ弾性係数を用いることとする。

(7) 構造計算式

1) 内外圧から求める管厚算定式

$$t \geq \frac{0.5 D \cdot H + \sqrt{(0.5 D \cdot H)^2 + 24 \alpha \cdot \sigma_a \cdot M}}{2 \sigma_a} \dots\dots\dots \text{式 5.4.5-1}$$

ここで、
 D : 更生管の内径 (mm)
 H : 設計水圧 (MPa) 静水圧+水撃圧
 M : 外圧によって延長 1 mm 当たりの管体に発生する
最大曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}/\text{mm}$)
 α : 引張応力/曲げ応力
「5.4.6 構造計算に用いる材料強度の物性値について」を参照
 σ_a : 許容引張応力度 (N/mm^2)
「5.4.6 構造計算に用いる材料強度の物性値について」を参照

2) たわみ率から求める管厚算定式

$$\frac{\Delta X}{2R} \times 100 = \frac{F_1(K \cdot W_v + K_0 \cdot w_0 \cdot R + K_p \cdot W_p) + F_2 \cdot K \cdot W_w}{\frac{E \cdot I}{R^3} + 0.061e'} \times 100(\%) \dots\dots\dots \text{式 5.4.5-2}$$

- ここで、
 X : 水平たわみ量 (m)
 R : 更生管の管厚中心半径 (m)
 W_v : 土圧、上載荷重による鉛直荷重 (kN/m²)
 W_w : 活荷重又は軌道荷重又は施工時荷重による鉛直荷重 (kN/m²)
 w_0 : 水の単位体積重量 (9.8kN/m³)
 W_p : 更生管の単位面積当たりの重量 (長さ方向 1 m の環片から円周方向に 1 m の間隔で切り取ったものの重量) (kN/m²)
 K, K_0, K_p : 基礎の支持角によって決まる係数
 F_1 : 荷重 (活荷重を除く) による変形遅れ係数
 F_2 : 活荷重による変形遅れ係数 (ここでは 1.0 とする)
 E : 管材のヤング係数 (kN/m²)
 I : 管軸方向を軸とし、管延長 1 m 当たりの管壁の断面二次モーメント (m⁴/m)
 e' : 管基礎材の反力係数 (kN/m²)

ここで、管の埋設条件が定まれば、式 5.4.6-2 において、設計たわみ率 $\Delta X/2R \times 100$ (%) をはじめ各数値がそれぞれ定められるので、これから管壁の断面二次モーメント I の値が求められる。

$$I = \frac{R^3}{E} \times \left\{ \frac{F_1(K \cdot W_v + K_0 \cdot w_0 \cdot R + K_p \cdot W_p) + F_2 \cdot K \cdot W_w}{\frac{\Delta X}{2R}} - 0.061e' \right\} \dots\dots\dots \text{式 5.4.5-3}$$

次に、断面二次モーメントは $b \cdot t^3/12$ であるから、 $b=1.0\text{m}$ とすると、式 5.4.5-4 により管厚 t (m) が求められる。

$$t \geq \sqrt[3]{12 \cdot I} \dots\dots\dots \text{式 5.4.5-4}$$

(8) 管軸方向の検討

反転・形成工法に対する管軸方向の検討として、①供用中の温度変化により発生する応力及び②供用中の温度変化により生じる伸縮量についての安全性を照査する。検討手法は「5.4.4 ライニング管設計 (2) 管軸方向の検討」に示す。

5.4.6 構造計算に用いる材料強度の物性値について

各構造計算で用いる曲げ強度等の材料強度の特性値や許容応力度といった設計強度の値は、材料の特性や現場施工による品質のバラツキ等を考慮して設定する。

【解説】

各構造計算で用いる曲げ強度、曲げ弾性係数等の材料強度の特性値や許容引張応力といった設計強度については、構造計算式の考え方や材料特性、反転・形成工法の現場硬化による品質のバラツキ等を考慮して適切に設定する必要がある。物性値については、工法開発時に短冊状やダンベル状の試験片で実施する短期強度試験をもとに設定し、施工管理時に円管で実施する強度試験を下回らない値とする。

以下に、構造設計に用いる材料物性値等の設定の考え方を示す。

(1) 用語の定義

本書において、構造計算に用いる各種諸元について、次のとおり用語を定義する。

1) 材料強度の特性値

定められた試験法による材料物性の試験値のバラツキを想定した上で、試験値がそれを下回る確率がある一定の値となることが保証される値である。

「5.2 要求性能、性能照査」に示す各材料強度の性能照査試験により工法個別に設定する値である。原則、以下の式により材料強度の特性値を求めることとする。ただし、以下の方法以外により求めた結果が、より安全側になる場合はこの限りではない。

$$f_k = f_m - k \sigma = f_m (1 - k \delta) \cdots \cdots \cdots \text{式 5.4.6-1}$$

f_k : 材料強度の特性値

f_m : 試験値の平均値

σ : 試験値の標準偏差

δ : 試験値の変動係数

k : 係数

※係数 k は、特性値よりも小さい試験値が得られる確率と試験値の分布形より定まるものである。例えば、特性値を下回る確率を 5 % とし、分布形を正規分布と考えると係数 k は 1.645 となる。更生管が適切な安全性を持つことができるような確率に基づいて定める。

2) 材料強度の保証値

材料強度の特性値に現場硬化による材料強度のバラツキ及び特性値を設定するための試験（平板等を用いた要素試験）と施工管理で実施する円管での試験の特性の違いによる試験値の違いを加味した値であり、申告値として施工管理に用いる値である。

3) 施工による材料強度のバラツキ

反転・形成工法の更生管を現場で硬化すると、その品質にバラツキが生じる。このとき材料強

度にもバラツキが生じる。

本値は工法や材料ごとに各工法協会が実績を考慮して適切に設定する。

4) 設計強度

本章に示す各構造計算式で用いる許容応力度の値等を指す。材料強度の保証値に減衰化、安全率を考慮した値である。

5) 長期値

反転・形成工法に用いる樹脂系材料の材料強度の物性値において、クリープ特性による 50 年後の強度低下を推定した値（材料の強度低下を考慮した値）である。

6) 短期値

材料強度の物性値において、将来的な材料の強度低下を考慮していない値である。施工管理や施工時荷重の検討は短期値を用いて行う。

7) 減衰比

反転・形成工法に用いる樹脂系材料において、短期強度に対して長期強度が低減する比率である。性能照査試験で定める試験方法で求めた値を用いて次式から求められる。

$$\text{減衰比} = \text{長期強度} / \text{短期強度}$$

(2) 構造計算で用いる材料物性値について

反転・形成工法（ライニング管/自立管）の構造計算に用いる各種材料物性設定の考え方について示す。

反転・形成工法の更生管の構造計算に用いる材料物性値は、引張強度、曲げ強度、曲げ弾性係数、引張弾性係数があり、さらに、短期値及び長期値に分けて評価する必要がある。

反転・形成工法の更生管の構造計算に当たっては、次に挙げる性質を考慮すべきである。まず更生材は、施工方法及び使用材料の違いによって経過年数による強度の低下量が異なることから、強度特性として一般管材の規格品と同様の安全率を採用することは難しい。特に、更生材は現場で硬化する材料のため、工場で製作した二次製品と比較して品質が安定しにくく強度にバラツキが生じる（施工時のバラツキ）傾向にある。また更生材であるプラスチック系材料は、一般的にクリープ特性を有する。以上のことを踏まえて、構造設計に用いる材料物性値を設定する必要がある。

1) 設計強度（許容応力度）の設定

ライニング管設計の内水圧の検討式や自立管設計の内外圧から求める管厚算定式に用いる許容引張応力度については、許容応力度は、短期の保証値に安全率 3.0 を考慮した値と、長期値に対する安全率として、短期の保証値に減衰比をかけた値に安全率 2.0 を考慮した値の小なる値とする。これにより、長期（50 年）の強度特性及び施工時のバラツキを包含した設計を行うことが可能となる。

$$\begin{aligned}\text{許容応力度（設計強度）} &= \text{短期の材料強度の保証値} \div \text{安全率（3.0） 又は} \\ &= \text{短期の材料強度の保証値} \times \text{減衰比} \div \text{安全率（2.0）}\end{aligned}$$

の smaller 方

上式で算出する許容引張応力度の長期値及び短期値の両方を満たす値を許容応力度として設定する（図 5.4.6-1 参照）。

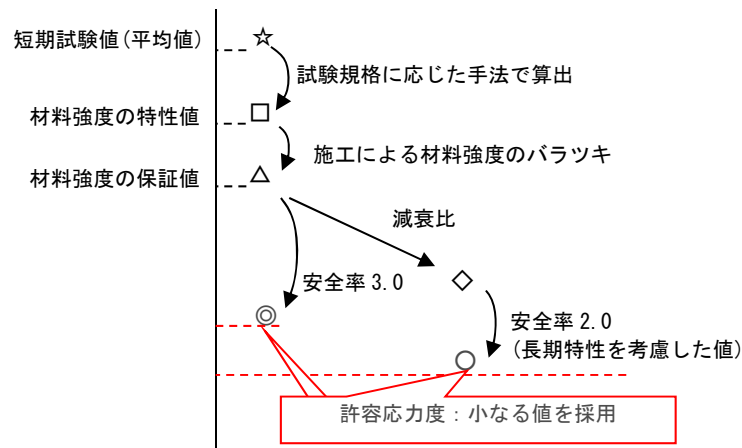


図 5.4.6-1 許容応力度の算出方法

2) 減衰比

減衰比は下式より求める。

$$\text{減衰比} = \frac{\text{長期強度（回帰式から求めた 50 年後の引張強度）}}{\text{短期強度（回帰式から求めた 6 分後の引張強度）}}$$

ここで、

長期強度（回帰式から求めた 50 年後の引張強度）：

長期引張強度試験（J I S K 7013（繊維強化プラスチック管）に準拠）で推定する 50 年後の引張強度

短期強度（回帰式から求めた 6 分後の引張強度）：

長期引張強度試験（J I S K 7013（繊維強化プラスチック管）に準拠）で推定する 6 分後の引張強度

3) 引張応力/曲げ応力（ α ）

自立管設計において、内外圧から求める管厚算定式で用いる引張応力と曲げ応力の比 α について、反転・形成工法に用いる現場硬化管においては、性能照査試験結果を用いて個別に設定する。

$$\alpha = \frac{\text{長期引張強度の保証値}}{\text{長期曲げ強度の保証値}}$$

ここで、

長期引張強度：J I S K 7013（繊維強化プラスチック管）に準拠して求めた周方向の強度

長期曲げ強度：J I S K 7039（プラスチック配管系-ガラス強化熱硬化性プラスチック（GRP）管-湿潤状態下における管の長期間極限曲げひずみ及び長期間極限相対変位の求め方）に準拠して求めた周方向の強度

4) そのほかの諸元

構造計算に用いる引張強度、曲げ強度、曲げ弾性係数、引張弾性係数については、工法個別に材料強度の特性値として、「5.2 要求性能、性能照査」で示す性能照査試験に基づき算定する値に現場硬化による品質のバラツキを考慮した、材料強度の保証値を用いることとする。

今後、設計と施工管理での強度における相関性等について、データ蓄積を通じて十分整理し、更生管厚の計算に反映させることが重要である。

5.5 施工方法

5.5.1 管路更生工法の施工

管路更生工法の施工は、各工法に共通する部分と特異な部分があり、現場条件によっても施工方法が異なる。そのため、各工法の施工方法や特徴、現場条件を十分に踏まえた計画の下で施工を行うことが求められる。

【解説】

(1) 反転・形成工法の施工の特徴

反転・形成工法の施工工程は、管内への更生材の挿入、更生材を既設管に密着させる拡張、樹脂の硬化・形成の3工程に区分できる。

1) 反転工法（熱・光硬化タイプ）

反転工法は、熱又は光等で硬化する樹脂を含浸させた更生材を既設の孔口から既設管内に反転加圧させながら挿入し、既設管内で加圧状態のまま樹脂が硬化することで管を構築する。反転挿入には、水压又は空気圧等によるものがあり、硬化方法も温水、蒸気、温水と蒸気の併用、光等がある。

空気圧を使用する場合、更生材を反転装置と呼ぶ圧力容器内に巻き取り収納し、更生材の端を圧力容器の開口部に固定し、容器内の圧力を上昇させて更生材を開口部で反転させ、既設管内に反転した状態で挿入し、容器内の更生材を巻き戻すことで既設管内への挿入を完了する。硬化のための加熱は蒸気を使用することが多い。

反転に水压を使用する場合、更生材を反転させるためのタワーと呼ぶ仮設台を組み、更生材の端を固定し、反転誘導し、更生材を送り出し、そこに水を継続的に入れながら反転させて既設管内に更生材を挿入する。硬化のための加熱は、反転に使用した水を加温し、温水で行うことが多い。

適用範囲は施工条件によるが、標準的に、熱硬化タイプが口径 150～1,500mm、施工延長 150m、光硬化タイプが口径 150～250mm、施工延長 50m程度である。挿入方法として、水压反転形式は、長距離反転加圧に優れるが、反転タワーの設営や反転後の水処理等の現場条件や縦断傾斜管路の場合の施工管理に注意をする必要がある。反転機等を用いた空気反転形式は、比較的機動性がよく、縦断傾斜管路の場合にも適用可能であるが、大口径管路の場合には、材料重量等の影響で施工延長に制約を受ける。硬化方法として、光硬化タイプは、硬化反応を促進するための一定量以上の紫外線エネルギー、口径、管厚が必要となるため、これらの条件を勘案し適用管路を決定する。

2) 形成工法（熱・光硬化タイプ、熱形成タイプ、連続管タイプ）

形成工法は、熱又は光等で硬化する樹脂を含浸させた材料を既設管内に引き込み、空気圧又は水压等で拡張・圧着させ、加圧拡張したまま温水、蒸気、光等で圧着硬化する工法、又は熱可塑性樹脂のパイプを既設管内に引き込み、空気圧、蒸気圧等で拡張・圧着させ、加圧拡張したまま冷却固化する工法等がある。

いずれの工法も、更生材端部で既設管との間の水密性を確保する治具を取り付けて完成する。

適用範囲は施工条件によるが、標準的に、熱・光硬化タイプが口径 150～800mm、施工延長 100m、

熱形成タイプが口径 100～600mm、施工延長 100m、連続管タイプが口径 75～1,650mm、施工延長 100～1,000m 程度である。挿入方法として、引き込み式となるため、滞留水や漏水部がある場所や長距離や曲がりを含む管路への適用は、硬化過程の温度管理や外面部の損傷防止に十分に注意する必要がある。反転・形成工法の施工方式の区分を表 5.5.1-1 に示す。

表 5.5.1-1 施工方式の区分【反転・形成工法】

工 法	挿入方法	拡張方法	硬化・固化方法
反転工法 【熱・光硬化タイプ】	水圧反転 空気反転 水・空気併用	空気圧 水圧	温水 蒸気 光 (UV)
形成工法 【熱・光硬化タイプ】	引き込み	空気圧 水圧	温水 蒸気 光 (UV)
形成工法 【熱形成・連続管タイプ】	引き込み	蒸気圧 水圧	熱 常温加圧

5.5.2 反転工法・形成工法の施工

反転・形成工法の施工は、次の 9 項目の順に行う。

- (1) 施工前現場実測工
- (2) 施工前管路内調査工
- (3) 事前処理工
- (4) 施工前管路内洗浄工
- (5) 更生材挿入工（反転〔熱・光硬化〕、形成〔熱・光硬化、熱形成、連続管〕）
- (6) 加熱・拡張工・復元工
- (7) 硬化工
- (8) 冷却工
- (9) 端部（管口）処理工

【解説】

(1) 施工前現場実測工

更生材発注の前に、当該現場の実態を把握すべく各種実測を行う。

更生材の誤発注を防ぐために、既設管の管径、管路区間延長等を実測するとともに、現場施工時に問題となりそうな点について検討を行う。

【実施内容及び留意点】

① 既設管管径の実測

既設管の管径を現地で確認する。施工前に行う既設管の内径の計測値は、直接計測できない中間部の更生管厚及び更生管と既設管の隙間の出来形管理に用いる。そのため、施工後の内径計測と同じ位置で最低 20m に 1 か所を計測する必要がある、測点や管口からの距離で管理する。

② 管路区間延長の実測

該当区間を実測し、屈曲箇所等を考慮した上で延長を確認する。

③ 分土工・立坑の形状寸法等の確認

分土工・立坑の形状寸法、深さ、流入管路管径、そのほか施工時に支障となりそうな要因がないかどうか確認する。

④ その他

現場周辺の状況を確認し、工事車両の進入路や配置等の検討を行う。

(2) 施工前管路内調査工

施工に先立ち既設管内のTVカメラ調査又は目視調査を行い、施工に支障のある障害物の有無を確認し、事前処理工の必要がある場合には処理方法の検討を行う。

【実施内容及び留意点】

① 分岐・空気弁等の位置の計測

管路端部（管口等）から分岐・空気弁等までの距離を、TVカメラの走行距離又は実測により測定する。

② 段差、隙間、管ズレ、屈曲等の確認

施工適用範囲内であることを確認する。管路内調査等の結果、適用範囲外である場合は、施工方法を検討する。

③ 事前処理工の検討

事前処理を行う必要のあるモルタルや錆こぶ等の堆積物、鉄筋の突出、浸入水等の有無を確認し、それらが認められた場合は、事前処理方法等の検討を行う。

(3) 事前処理工

施工前管路内調査の結果に基づき、必要に応じて事前処理工を行う。

施工に支障を来す要因の内容に基づいて処理方法を決定し、作業を行う。

【実施内容及び留意点】

① 突き出し、錆こぶ、モルタル等の除去

管路内の異物や突き出し等は、口径 800mm 未満の場合は高圧洗浄水や管内切削ロボットあるいはスクレーパ等を用い、口径 800mm 以上の場合は人力により完全に異物を除去する。

② 浸入水の仮止水

更生材の性能に支障を来すような浸入水がある場合は、仮止水を行う。

仮止水の方法については、パッカー注入、部分補修等による止水の方法を検討し、当該現場に最も適した方法で行う。

(4) 施工前管路内洗浄工

更生工の直前に既設管内の洗浄を十分に行い、出来形に悪影響を及ぼす可能性のある土砂、小石、管壁破損片等を完全に除去する。

洗浄後にTVカメラ又は目視にて、既設管内が十分に洗浄されているかどうかの確認を行い、既設管内に施工に支障を来しそうな異物が残留している場合は、再度管路内洗浄を行う。

(5) 更生材挿入工

更生材の搬送は、保管容器等に入れ、低温（熱硬化タイプ）、遮光（光硬化タイプ）、損傷防止に留意して行う。なお、保管温度は、メーカー等が定めた温度を遵守する。形成工法（熱形成タイプ）にあつては、リール等に巻き付けて損傷防止に努めるほか、遮光と常温での保管に努める。

施工作業は、工法の施工に必要な技術資格保有者が作業に従事するとともに、それぞれの工法協会等が定めた施工マニュアルに従う。

以下に一般的な工法の概要を示す。詳細は、各工法の施工管理マニュアルを参照する。

【実施内容及び留意点】

① 反転工法

反転工法の熱硬化タイプは反転設備等より水圧又は空気圧を用いて、更生材を既設管内壁面に押圧しながら反転挿入する。反転挿入時には、所定の反転圧力（水圧・空気圧）及び反転速度で、シワ等が発生しないよう十分に配慮して作業を行う。反転工法（熱硬化タイプ）の施工状況模式図を図 5.5.2-1 に示す。

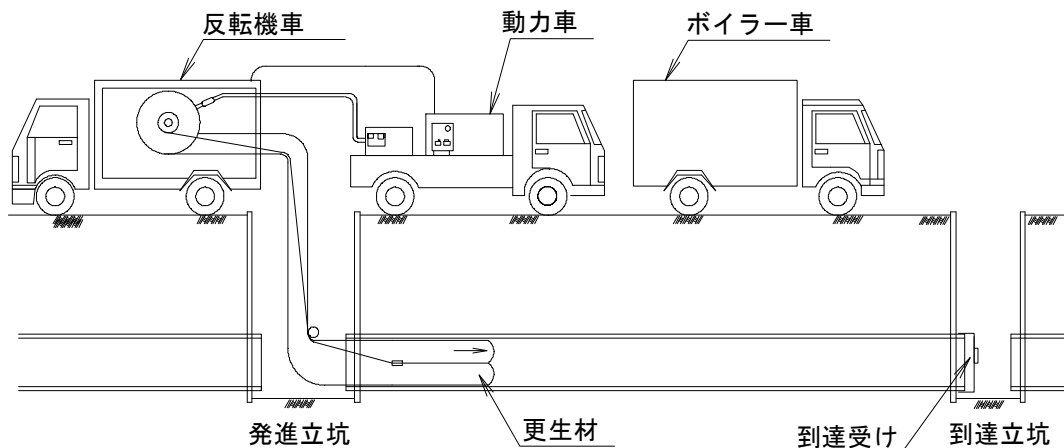


図 5.5.2-1 反転工法（空気反転）模式図（熱硬化）



写真 5.5.2-1 反転工法（圧力容器による）の挿入風景



写真 5.5.2-2 反転工法（水圧による）の挿入風景



写真 5.5.2-3 管内反転状況

② 形成工法

形成工法の熱・光硬化タイプは既設管内にワイヤーロープ等を通線し、到達側に設置した引取装置等により既設管内に更生材の引き込みを行う。引き込みは適正な引き込み速度で行い、分土工・立坑の投入口や管口等で更生材に損傷を与えないように十分留意する。

引き込み完了後、更生材端部を施工器具等に固定し、水圧・空気圧により拡張する。拡張は、更生材の厚みが均一になるよう、また、更生材に負荷がかからないように配慮し、所定の拡張圧力で行う。所定の拡張圧力までは段階的に昇圧する。形成工法（熱・光硬化タイプ）の施工状況模式図として、光硬化タイプの例を図 5.5.2-2 に示す。

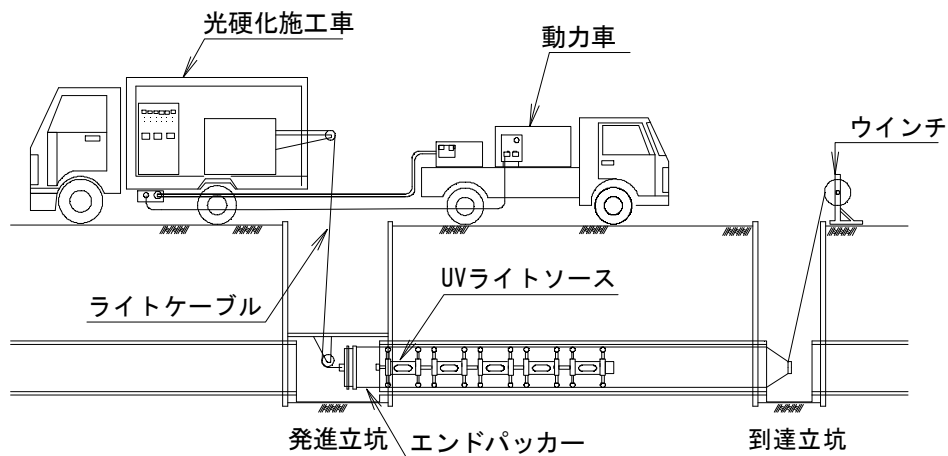


図 5.5.2-2 形成工法（熱・光硬化タイプ）模式図



写真 5.5.2-4 形成工法（熱・光硬化タイプ）挿入風景

熱形成タイプは既設管内にワイヤーロープ等を通線し、更生材の引き込みを行う。更生材をあらかじめ加熱（予備加熱）しておく場合は温度管理を行う。

引き込みは適正な引き込み速度で行い、分土工・立坑の投入口や端部（管口）等で更生材に損傷を与えないように十分留意する。形成工法（熱形成タイプ）の施工状況模式図を図 5.5.2-3 に示す。

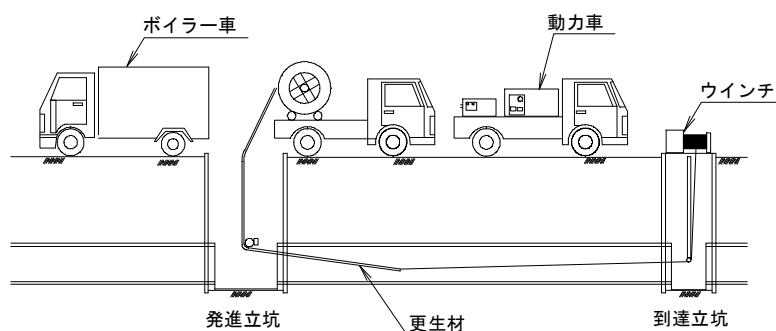


図 5.5.2-3 形成工法（熱形成タイプ）模式図



写真 5.5.2-5 形成工法（熱形成タイプ）の挿入風景

連続管タイプは既設管内にワイヤーロープ等を通線し、到達側に設置したウインチにより既設管内に折りたたまれた更生材の引き込みを行う。引き込みは適正な引き込み速度で行い、分土工・立坑の投入口や管口等で更生材に損傷を与えないように十分留意する。引き込み完了後、更生材端部を水圧治具等で閉塞し、水圧（又は空気圧）により円形復元する。復元は更生材が円形復元し圧力が一定になるよう、また、更生材に負荷がかからぬように配慮し、段階的に昇圧し所定の復元圧力で行う。形成工法（連続管タイプ）の施工状況模式図を図 5.5.2-4 に示す。

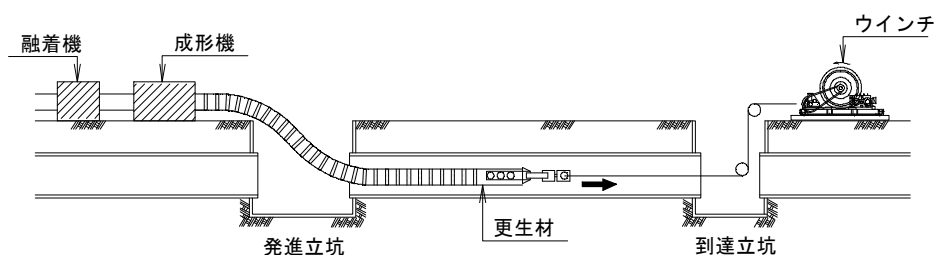


図 5.5.2-4 形成工法（連続管タイプ）模式図

(6) 加熱・拡張工・復元工

既設管内に挿入した更生材を、空気圧、水圧、蒸気圧により拡張する。加熱・拡張の際には、加熱時の更生材内圧力管理、管表面温度管理等を行う。

拡張状況は目視で随時確認し、過剰な拡張が見られた場合は速やかに減圧する。

(7) 硬化工（熱・光硬化タイプ）

既設管内に挿入し、水圧・空気圧によって拡張した更生材を、温水循環や蒸気による熱硬化や光硬化（UV）によって硬化させる。

硬化時は、更生材内圧力、硬化温度、硬化時間等について管理を行う。

(8) 冷却工

更生材の表面温度が規定値になるまで、冷水や圧縮空気による冷却・冷却固化を行う。

(9) 端部（管口）処理工

硬化・固化後に分土工・立坑内に突出した更生材を切断し、端部から漏水・まくれ等が発生しないよう端部処理材料等を用いて端部処理を行う。端部処理は、更生管の耐用年数にも対応した方法で行うことが必要である。

端部処理は更生材の硬化収縮が収束した段階で行う。

5.6 施工管理と完成検査

5.6.1 施工計画

パイプラインの対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するため、施工過程の各段階において各々の品質を確認することが重要である。施工計画時には施工計画書、材料の承諾、保管管理、対策範囲の確認を行う。

【解説】

施工計画時に施工計画書、材料の承諾、保管管理、対策範囲について、良質な工事目的物を完成させるために必要な事項を確認する。対策工事の施工前に必要となる主な事項を図 5.6.1-1 に示す。

フロー	内容	根拠規定等
施工計画書	1) 工事概要 2) 計画工程表 3) 現場組織表 4) 主要機械 5) 主要資材 6) 施工方法 7) 施工管理計画 8) 緊急時の体制及び対応 9) 交通管理 10) 安全管理 11) 仮設備計画 12) 環境対策 13) 再生資源の利用の促進と建設副産物適正処理方法 14) その他	土木工事共通仕様書第1-1-5条に規定
材料の承諾	材料の見本又は資料の提出	土木工事共通仕様書第2-1-2条に規定 特別仕様書に規定
	材料の試験及び検査	土木工事共通仕様書第2-1-3条に規定 特別仕様書に規定
保管管理	工事に使用する材料を、受入検査確認後現地で貯蔵保管する際は、品質規格を満足する性能を維持できるように保管しなければならない。	土木工事共通仕様書第2-1-4条に規定
対策範囲の確認	対策範囲は設計図書により、対策工法等を行う位置及び範囲を確認する。 設計図書に記載のない、変状等の対象範囲が確認された場合は、図面・写真等に整理し、その対応について協議する。	土木工事共通仕様書第1-1-3条に規定

図 5.6.1-1 施工前に必要となる主な事項

5.6.1.1 施工計画書

工事着手前に、工事目的物を完成させるために必要な手順や工法等を記載した施工計画書の内容を確認する。また、施工中においては、記載内容の遵守を確認する。

【解説】

施工計画とは、図面・仕様書等に定められた工事目的物をどのような施工方法・段取りで所定の工期内に適正な費用で安全に施工するか、工事途中の管理をどうするか等を定めたものであり、工事の施工、及び施工管理の最も基本となるものである。

施工計画書には、次の事項が記載されていることを確認する。なお、施工現場の特殊性に基づく追記事項が必要な場合は、対象となる特殊事項についての記載を確認する。

(1) 施工計画書に定めるべき事項

- | | |
|-----------|----------------------------|
| 1) 工事概要 | 8) 緊急時の体制及び対応 |
| 2) 計画工程表 | 9) 交通管理 |
| 3) 現場組織表 | 10) 安全管理 |
| 4) 主要機械 | 11) 仮設備計画 |
| 5) 主要資材 | 12) 環境対策 |
| 6) 施工方法 | 13) 再生資源の利用の促進と建設副産物適正処理方法 |
| 7) 施工管理計画 | 14) その他 |

(2) 計画工程表

工程計画の確認では、設計図書（図面、特別仕様書、土木工事共通仕様書、現場説明書及び現場説明に対する質問回答書）の内容を勘案し、周辺住民の生活に支障を来さないように、施工可能な適切な工事の範囲をあらかじめ確認し、必要な作業時間、養生時間等に基づき工程計画が作成されていることを確認する。

施工時間の制約となる主な条件とは、① 交通管理者の道路使用許可時間、② 作業帯の設置・撤去時間、③ 管路の通水停止可能時間等である。農業用パイプラインの長寿命化対策においては、非かんがい期に実施する場合が多く、施工期間に制約がある場合が多いため、工事の全容を早期に把握することにより、工程管理に反映させる必要がある。

このため、各施工区間のサイクルタイムを示した工程表が作成され、作業責任者の管理の下で施工が行われているかを確認する。

特に、反転・形成工法においては、公的機関による審査証明書等示した材料強度、施工工程等、各工法の設計、施工マニュアル等を参考に、更生材の挿入速度や温水・蒸気等を使用する工法の各工程における温度や圧力等の保持時間、紫外線による工法のUVライトの照射時間（引き込み速度）が確保されるように管理する。

(3) 現場組織表

職務分担及び緊急時の連絡体制では、次の事項を確認する。

1) 主任技術者及び監理技術者

主任技術者及び監理技術者は、建設業法に定める有資格者でなければならない。施工管理手法が従来の管工事と異なるため、工事を熟知した専門技術者（主任技術者又は監理技術者との兼務可能）を常駐させなければならない。

専門技術者については、工事の施工技術上の管理を行うもので、技能講習を受け技術を習得したことを証明する資料を確認する。

なお、技能講習とは、各工法協会等が技術者育成のために開催している研修会を指し、基礎知識、施工管理、品質管理、安全管理等を網羅したものである。

2) 職務分担

職務の主なものとして、現場代理人、主任技術者又は監理技術者、専門技術者、工事に伴う作業主任者（安全管理者、電気取扱責任者、酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者、工事写真責任者等）が選任され、有資格者については免許証の写しを確認する。

(4) 主要資材

更生管の耐荷性、水理機能等の仕様を満足することを性能照査試験結果で確認する。

(5) 施工方法

施工方法は、既設管の状況、交通事情等を現場の施工条件に照らし合わせ、当該現場で適用可能であるか、品質・要求性能を満足するかなどの確認を行う。

(6) 緊急時の体制及び対応

緊急事態が発生した場合は、直ちに応急処置を講じるとともに、緊急連絡体制に基づき、関係機関に連絡通報し、指示に従い対応できるよう徹底すること。

(7) 安全管理

管路内作業においては、有毒ガス・酸素欠乏、水流等に対して十分な安全確保が重要である。

特に、近年多発する豪雨による工事現場周辺部での内水氾濫には十分な対策を講じる必要がある。このため、急激な流入水に遭遇しないための体制と危険予防のための連絡システムを講じる。

(8) 仮設備計画

施工に先立ち現場の機器設置スペース及び附帯工の位置が確認され、適切に工事設備を設置する必要がある。また、挿入工、硬化工、養生工等において水を大量に使用する場合には、適切な給水計画が立案されていることを確認する。

(9) 環境対策

反転・形成工法の多くは、複数の化学製品からなる材料で現場成形を行うため、材料自体の化管法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）SDS（安全データシート）の提出を始めとする化管法の遵守、施工時の騒音、振動、悪臭等に対する周辺環境へ

の対策を確実にする計画を記載する。

(10) その他

準備工、後片付け工、水替え工等についても、施工概要、使用する主要資機材等の内容を確認する。

工事の施工に先立ち、周辺住民に工事の内容を説明し、理解と協力を求め、工事を円滑に進行する。

5.6.1.2 材料の承諾

(1) 見本・資料の提出

使用する材料（工法）は、見本、カタログ、試験成績書等により、使用前に要求性能を満足していることを確認した後承諾する。また、原則として写真撮影等の自主検査を行うものとする。

(2) 材料（工法）の品質試験

工事に使用する材料（工法）の要求性能は、適正に実施された試験の結果により確認しなければならない。

【解説】

(1) 見本・資料の提出

パイプラインの対策工事に使用する材料（工法）は、設計図書に示す品質規格を満足するものでなければならない。設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-2 材料の見本又は資料の提出」に基づき、使用前に、見本、カタログ、試験成績書等を提出し、監督職員の承諾を得るものとする。また、現場搬入時、受注者において検査を実施し、記録に残すものとする。

なお、設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-3 材料の試験及び検査」に基づき、使用前に監督職員立ち会いの下、検査又は試験を行い、その結果を記録、報告しなければならない。

(2) 材料の品質試験

適正な試験結果を得るためには、適切に管理された試験体制と試験機器により、日本工業規格（JIS）等の規格書や本書の巻末資料に示す「2. 各試験方法」に基づき、正しい手順で試験を行う必要がある。

対策工法に使用する材料（工法）の品質規格は、公的機関等の第三者機関において実施される試験、又は立会試験により照査された結果で確認する。

材料（工法）は適正な管理下で製造されたこと、性能照査試験の実施時と同じ材料であることを証明する必要があり、材料の製造証明書で確認を行う。なお、材料、構造及び施工要領等に変更があった場合には、改めて品質試験を実施しなければならない。

5.6.1.3 材料の保管及び搬送・搬入

受注者は、対策工法に使用する材料について、所定の品質が保持されるよう、受入検査後の現場内保管、及び搬送・搬入時・施工時のいずれにおいても適正に管理を行わなければならない。

【解説】

(1) 材料管理について

土木工事共通仕様書「2-1-4 材料の保管管理」に基づき、材料の特性に留意して保管しなければならない。

対策工法に使用する材料は、雨水や湿気による吸湿及び温度変化や直射日光の照射により品質が劣化するおそれがある。特に、反転・形成工法の更生材の運搬は、保管容器等に入れ、保管温度や時間はメーカー等が定めた管理方法を遵守する。

また、搬送・搬入時の衝撃による損傷等にも留意する必要がある。

5.6.1.4 対策範囲の確認

受注者は、設計図書により、対策位置及び範囲を確認する。

【解説】

土木工事共通仕様書「1-1-3 設計図書の照査等」に基づき、設計図書と現地の照査を行うものとする。設計図書に記載のない、ひび割れ、漏水等の劣化が確認された場合には、図面・写真等に整理し、その対応について監督職員と協議する。

5.6.2 施工管理

- (1) 施工管理は、補修工事の対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するよう、各工法の特徴を踏まえ、適切に行わなければならない。そのため、施工過程の各段階において適切な管理を実施しなければならない。

(2) 施工後の維持管理及び将来の保全のために、施工管理の記録を保持しなければならない。

【解説】

(1) について

施工管理の基本構成は、図 5.6.2-1 に示すとおりである。

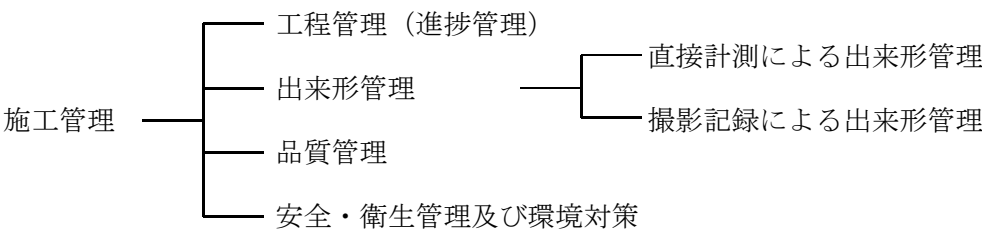


図 5.6.2-1 施工管理の基本構成

パイプラインの対策工法には、各工法の特徴があり、要求性能を満足する施工品質及び出来形を確保するため、材料及び工法の特徴や施工における留意事項を理解し、適切に施工しなければならない。

その際、表 5.6.2-1 に示す基準等のほか、発注契約における特別仕様書等に基づき、適切な施工管理を行う必要がある。

表 5.6.2-1 対策工法の施工管理において準拠すべき基準等

基準等	備 考
土木工事共通仕様書	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定
土木工事施工管理基準	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定

(2) について

対策工事の施工の際、適宜、施工管理の記録を残すものとする。施工後の施設の維持管理のほか、モニタリングにより得られた情報と併せて蓄積し、将来の保全管理に役立てるため、適切に記録し、必要なタイミングで活用できるように保管しておくことが重要である。

5.6.2.1 出来形管理

(1) 直接測定による出来形管理

工事の出来形を確保するため、工作物の寸法、基準高等の測定項目を施工順序に従い直接測定し、その都度、結果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

(2) 撮影記録による出来形管理

出来形測定、品質管理を実施した場合、また施工段階（区切り）及び施工進行過程が確認できるよう撮影基準等に基づいて撮影記録を行い、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

(1) 直接測定による出来形管理

出来形管理は、工事で施工された目的物が、発注者の意図する契約条件に対して、どのように施工されているかを調べ、条件に不満足なものを早期に発見し、原因を追求して改善を図ることを目的とする。

パイプラインの対策工事における直接測定による出来形管理は、工作物の形状寸法等を施工の順序に従い直接測定して設計値と実測値を対比・記録し、測定の都度、管理図表、結果一覧表又は構造図に朱記、併記等を行う。管理基準値に対するバラツキの度合いを管理し、適切な是正措置を講じるものとする。

以上から、土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における測定基準、管理基準値及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。

1) 管理を行う測点の選定

施工計画書に定める管理測点は、現場条件を考慮した上で選定する。

2) 管理基準値

管理基準値は、測定値が規格値の範囲内に収まるよう受注者が施工管理の目標値とするものである。

3) 規格値

規格値は、設計値と出来形の差の限界値であり、測定値は全て規格値の範囲内になければならない。

4) 管理方式

出来形管理は、規格値に対する“ゆとり”と出来形数量確認の2つの目的で実施され、工事完成後において目的物を発注者に引き渡すためのデータとして不可欠のものである。管理方式は、以下のように分類される。

管理方式	{	管理図表によるもの……………	管理値が20点（測定数）以上の場合
		結果一覧表によるもの……………	管理値が20点（測定数）未満の場合
		構造図に朱記するもの……………	管理値が箇所単位の場合
		記録を要しないもの……………	管理基準の測定項目になっていない場合

(2) 撮影記録による出来形管理

補修工事の撮影記録による出来形管理は、施工完了後、確認できない箇所の出来形・出来高数量、

施工の状態等、施工段階ごとの進行過程を写真により確認するために行う。

よって、撮影記録による出来形管理箇所は、原則として直接測定による出来形管理の場合と同一箇所を選定する。

土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における撮影基準、撮影箇所等を定め、これに従って管理しなければならない。「**5.6.3.3 反転・形成工法の出来形管理及び品質管理**」に撮影箇所、内容、撮影頻度について記載する。

そのほか、管理に当たって、以下の点に留意して行うものとし、工事写真の保管と管理を適切に行い、必要に応じて提示するとともに、検査時に提出する。

1) 撮影内容の表示

撮影に当たっては、形状・寸法及び位置が判明できるよう黒板と箱尺、ノギス等を目的物に添えるものとする。黒板には、撮影日、測点、設計寸法、実測寸法及び略図を記入する。

2) 拡大写真

ある箇所の一部分を拡大して撮影する必要がある場合は、その箇所の全景を撮影した後、拡大撮影する部分の位置が確認できるように撮影する。

5.6.2.2 品質管理

工事の品質を確保するため、材料の品質及び施工段階での品質について、試験を実施し、その都度、成果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

品質管理は、施工管理の一環として、工程管理、出来形管理と併せて行い、統計的手法を応用して問題点や改善の方法を見出し、所期の目的である工事の品質、安定した工程及び適切な出来形を確保するものである。

パイプラインの対策工法では、使用する材料・工法の材料品質や現場における施工段階ごとの施工品質について、各々の試験（測定）の項目、方法、基準、規格値、測定値の管理手法等を定め、それに従って管理を行うことや、上記の基準等を守るために、施工における作業方法や手順、注意事項等に関する規定を定めることも含まれる。

上記から、土木工事施工管理基準、共通仕様書、特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、材料品質及び各施工段階における施工品質の管理基準及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。また、施工後のパイプラインの水密性、安全性を確認するため、通水試験（漏水試験）を行うとともに、試験的な送水を行ってパイプラインの機能性を確認することが望ましい。通水試験の方法は、土木工事施工管理基準の参考資料に準拠する。

なお、品質管理における試験及び測定値は全て、上記により定めた規格値の範囲内になければならない。

5.6.2.3 安全・衛生管理

労働災害はもとより、物件損害等の未然防止に努めるため、関連仕様書の定めるところに従い、その防止に必要な措置を行うものとする。

- (1) 反転・形成工法における安全管理
 - 1) 有資格者の適正配置
 - 2) 管内作業に適した保護具の着用
 - 3) 施工前の安全対策（情報収集）
 - 4) 施工時の安全対策
 - 5) 災害防止について
- (2) 酸素欠乏症、有毒ガス等の安全処置
 - 1) 酸素濃度及び有毒ガス濃度
 - 2) 測定方法と留意事項
 - 3) 測定箇所
 - 4) 酸素欠乏が発生しやすい場所
 - 5) 硫化水素が発生しやすい場所
 - 6) 換気
 - 7) 保護具
- (3) 安全に関する研修、訓練

【解説】

(1) 「反転・形成工法における安全管理」について

1) 有資格者の適正配置

- ① 酸素欠乏、硫化水素危険作業主任者
- ② 有機溶剤の取り扱い等作業主任者（工法による）

2) 管内作業に適した保護具の着用

- ① 溶剤等の化学薬品を使用する場合は、化学防護手袋、保護服、保護メガネ等を着用し、作業時に化学薬品に直接触れることや飛散による労働災害を防止する。
- ② 管口仕上げ等で更生材を切断する場合やVカット工事等で管路や附帯工をはつる時及び充填材現場練混ぜ時は、必ず保護メガネを着用する。必要に応じて保護マスクの着用及び集塵機の設置を行う。特に、ガラス繊維樹脂更生材の切断及び充填材現場練混ぜ時の材料投入の際は必ず保護メガネを着用する。また、切断の際に切りくず等を流下させないようにする。

3) 施工前の安全対策（情報収集）

- ① 施工現場周辺の排水系統、排水施設、排水条件等を事前に確認する。
- ② 当日の気象情報を天気予報等より把握し、立坑等から降雨が入らないように対策を講じる。
- ③ 管路内で発生が予想される有毒ガス、酸欠空気、可燃性ガス等の有無を調査する。

4) 施工時の安全対策

- ① 管内作業員は、管内への浸入水等の異変を感じた場合には、直ちに作業を中断し、地上に避難する。

- ② 管内連絡体制は、立坑に各 1 名監視員を配置し緊急時に備える。
- ③ 地上監視員と管内作業員との連絡は重要であるため、現場状況に応じた連絡体制をとる。
- ④ 管内作業員を明確にするために、作業員名板を地上の搬入口箇所に設置する。個人ごとに退出を確認し、全作業員が退出したことを確認した後に、送風機、ガス検知器等を撤収する。
- ⑤ 燃焼、爆発の原因となる着火源を作業帯に置かせない。また、静電気によるスパークにも十分注意する。
- ⑥ 反転・形成工法の場合、更生管材の SDS（安全データシート）により、各工法の製造過程、材料の成分構成等が労働安全衛生法、毒物及び劇物取締法を遵守していることを確認する。
- ⑦ 含浸樹脂を現場において含浸させるときは、その量によっては消防法の適用を受ける場合があるため、法律に則り適切な対応を講じる。

5) 災害防止について

- ① 緊急時に備え救出用装備、救出方法等の訓練を実施する。
- ② 救出に備え、有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を現場に常設し、直ちに装備できる場所に保管する。
- ③ 引火性物質を使用する場合は、必ず現場に消火器を常設する。
- ④ 蒸気熱及び温水で圧着する工法を使用する場合は、排出熱の対策を講じる。

(2) 「酸素欠乏症、有毒ガス等の安全処置」について

既設管内での作業となるため、酸素欠乏や有毒ガス等に対する安全処置が必要である。作業前に酸素濃度や硫化水素濃度を測定し、安全を確認して管路内に入る。

なお、作業前に濃度が異常値を示している場合は、有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を着用して調査する。

1) 酸素濃度及び有毒ガス濃度

- ① 酸素濃度…………… 18%以上を確認
- ② 硫化水素濃度…………… 10ppm 以下を確認
- ③ 溶媒から発生するガス濃度…………… 20ppm 以下を確認（作業環境評価基準濃度 20ppm 以下）
- ④ 一酸化炭素濃度…………… 50ppm 以下を確認

2) 測定方法と留意事項

- ① マンホール鉄蓋を開けた直後は、酸欠空気、硫化水素等が吐き出されるおそれがあるので決してマンホール内部をのぞかない。
- ② 測定者（有資格者）は、測定方法について十分習熟する。
- ③ 測定者は、必ず 1 人以上の補助者の監視の下で測定を行うものとする。
- ④ 転落のおそれがあるところでは、監視人が測定者を監視するとともに命綱等を装備させ、安全を確認する。
- ⑤ 土砂の堆積や滞水のある場所での作業では、測定者は携帯用ガス測定器により、事前に安全を確認しながら作業を行うものとする。
- ⑥ 測定者は、メタンガス等の可燃性ガスが存在するおそれがある場所では、圧縮酸素放出式マスクを使用しない。

- ⑦ 管内作業中は、携帯用測定器で連続的に測定する。

3) 測定箇所

- ① 作業場所に硫化水素が発生、侵入又は停滞するおそれのある場所
- ② 作業場所に酸素欠乏が発生するおそれのある場所
- ③ 作業に伴って作業員が立ち入る箇所

4) 酸素欠乏が発生しやすい場所

- ① 上部に不浸透水層がある砂れき層のうち含水・湧水がない又は少ない部分、第1鉄塩類又は第1マンガン塩類を含有している地層、メタン・エタン又はブタンを含有している地層、炭酸水を湧出している又は湧出するおそれのある地層、腐泥層等の地層に接している又は通じる内部
- ② 附帯工、保護工ピットの内部
- ③ 雨水、河川の流水若しくは湧水が滞水している、又は滞留したことがある箇所

5) 硫化水素が発生しやすい場所

- ① 伏越した下流部、上流部
- ② 泥が堆積しやすい箇所
- ③ 管路施設内の硫化水素濃度は、1日の時間帯及び季節により大きく変動するため注意が必要である。

6) 換気

- ① 硫化水素や酸素欠乏の発生が予想される箇所では、作業前から換気を実施し、作業終了後、管路内に作業員がいないことを確認するまで換気を継続する。
- ② 換気方法は、外気の風向きを考慮してファン等を設置し、一方から送気、他方から外へ排気することにより、安全が確認できるまで管路内の換気を行うものとする。
- ③ 作業前の換気時間は、送風機の能力と管路内容積から、管路内の空気が入れ替わる時間の3～5倍の時間をもって換気時間の目安とする。その後、ガス濃度測定を行い、安全を確認した後、作業員を立ち入らせ、作業員が管路内にいる間は換気を続ける。

7) 保護具

異常時には直ちに有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を用いられるように作業場所や立坑入口部に配置するとともに、作業員全員が確実に装着及び使用できるよう日常的訓練を励行する。また、転落のおそれのある場所では安全帯を使用する。

(3) 「安全に関する研修、訓練」について

労働安全関係法令に基づく安全活動の実施とともに、現場作業の安全を確保するため、「KYK」（危険予知活動）や「TBM」（ツールボックスミーティング）の励行を求める。

5.6.2.4 環境対策

施工時における環境対策に関する管理事項は、以下のとおりである。

- (1) 粉塵対策
- (2) 臭気対策
- (3) 騒音・振動対策
- (4) 防爆性
- (5) その他

【解説】

(1) 「粉塵対策」について

清掃・注入時等に際しては、シート等にてプラントを囲うとともに粉塵を発生させないように注意する。また、作業員による清掃及び散水をこまめに実施し、粉塵を発生させないように注意する。さらに、更生管の切断処置等で粉塵が発生するため、作業員は、防塵マスク、防塵メガネを着用し、集塵機等で対策する。

(2) 「臭気対策」について

1) 反転・形成工法の更生材に使われる溶媒による臭気対策

反転・形成工法において使用される更生材の主要材料は、不飽和ポリエステル樹脂である。この樹脂の組成は不飽和ポリエステルと溶媒等から成っており、特に更生材に含まれる溶媒が悪臭の原因となっている。このため、臭気については十分な対策・処置を行うものとする（表 5.6-2.4-1 参照）。

更生材に含まれる溶媒からのガス等が発生する作業は、安全基準値以内の濃度とし、必要に応じて防除施設を設置する。施工時においては、作業帯内部及びこれに近接する道路端、分土工を対象に濃度測定を行い、基準値以下であることを確認する。

- ① 作業前には必ず酸素濃度の測定を行い、換気設備の設置を検討する。
- ② 硬化作業中には溶媒から発生するガス濃度の測定を行い、脱臭設備の設置を検討する。
- ③ 硬化後本管管口及び端部を切断する際は、溶媒から発生するガス濃度を測定し、脱臭設備の設置を検討する。
- ④ 作業終了時には、溶媒から発生するガス濃度の測定を行い、基準値内であることを確認する。

2) 臭気対策

作業に当たっては、悪臭防止法及び労働安全衛生法に基づく規制等（条例等）を遵守し、作業環境を良好にするとともに、作業による悪臭の発生防止を行う。

作業において、住宅地内の附帯工のふた（蓋）を開放する時や管路内清掃作業で悪臭発生のおそれのある時は、事前に付近の居住者、店舗等に対して作業状況をよく説明し理解を得た上で、できるだけ影響のないよう窓閉め等の対策を依頼してから作業を開始する。

作業中も悪臭発生物をこぼしたり飛散させたりしないように注意しつつ作業し、作業終了後はよく清掃・片付けを行って悪臭漏れのないことを確認する。

臭気の実態を把握するため、濃度測定を附帯工内、作業帯内、道路両端で記録する。

表 5.6.2.4-1 更生材に使われる代表的な溶媒（スチレン）の性質及び留意事項

性状	液体、無色、芳香、水に難溶、エーテル・アルコールに可溶
主 な 用 途	ポリスチレン樹脂、合成ゴム、ABS 樹脂、イオン交換樹脂、ポリエステル樹脂、合成樹脂の製造原料、又は溶液
有 害 性	管理濃度 20ppm 以下 眼の粘膜を刺激し、催涙性がある。 高濃度の蒸気は麻酔作用があり、10,000ppm の濃度では 30～60 分で死亡することがある。
法規上の区分	消防法…………… 危険物第 4 類第 2 石油類 労働安全衛生法…………… 表示物質 有機溶剤中毒予防規則…………… 第 2 種有機溶剤 悪臭防止法…………… 悪臭物質

[参考] 臭気の発生原因と対策

i 更生材に使われる代表的な溶媒（スチレン）の性質

更生材に使われる代表的な溶媒であるスチレンは、発泡スチロールの原料として知られている。不飽和ポリエステル樹脂中にあるのは、樹脂が硬化する際に樹脂の一部となるほか、未硬化の状態で樹脂の粘度を下げる役割を有している。

ii 臭気の発生原因

樹脂層は不透性フィルム層に挟まれているので、施工前後で未硬化の樹脂が露出することはない。しかし、実際には施工現場で臭気が発生する。

ア 未硬化樹脂からの揮発

更生材はフィルム層でラップされているが、端部は特にシールされていない。樹脂を硬化させる前には、この部分から揮発したガスが更生材の外に出て臭気が発生させることがある。

イ 残存臭

樹脂が硬化すると溶媒も樹脂の一部となる。そのごく一部は樹脂の中に組み込まれず、遊離した状態になりこれを残存臭と呼ぶ。

残存臭は、硬化直後において約 1 % 程度と推測されるが、経時的に減少する。また、更生材が硬化後本管管口及び管口を切断する際、被覆されていない樹脂層の露出した部分から発生し大気中に放出される。この場合には、気化したガスは管路内に滞留し、拡散や管路内の空気の流動によって地上に流出する。

iii 臭気に対する住民への説明

管路内に滞留した溶媒から発生するガスは、各工法とも脱臭装置を設置し臭気対策を行う。

また、屋外に出たガスが窓や出入り口から家屋内に入って住民が臭気を感じることも考えられる。したがって、当該路線の住民には臭気が発生することについて十分に説明する。

(3) 「騒音・振動対策」について

作業に当たっては、騒音規制法、振動規制法、労働安全衛生法及びその他条例、基準を遵守する。なお、あらかじめ関係官公庁に所定の様式により届出を提出し、騒音・振動の発生を抑える機種

の採用や防音対策等の対策を実施する必要がある。

工事区域と民家及び公共施設の距離を測定し、必要に応じて作業時間の制限や騒音・振動を測定させる。特に、夜間作業の場合、車輛のエンジン音や作業指示の声等にも十分注意が必要である。

(4) 「防爆性」について

可燃物や有機溶剤等、危険物として貯蔵や取り扱いの基準が定められているものに対しては確実な対応を行うことが重要である。

火災及び爆発の原因となるような着火（引火）源の既設管及び立坑内への持ち込みは厳禁とし、施工現場内には消火器等を必ず設置する。

また、現場には、ゴミ箱や灰皿等を常設し環境美化に努める。特に喫煙場所については、更生材等に引火性（爆発性）の材料を使用していることから工事現場から十分な距離をとり、決められた場所で喫煙を行うことを徹底する。

(5) 「その他」について

1) 温水・排出熱対策

蒸気熱や温水で硬化する工法を使用する場合は、排水の確実な冷却と排出熱対策を行うものとする。

2) 逆流噴出等対策

管路施設の清掃作業時において、給水栓や分水管への洗浄圧力水の逆流等により田畑に噴出被害を起こす場合がある。そのような状況が考えられる場合は事前に対策案等を考えておくものとする。

3) 運搬のための冷水の排水処理

反転・形成工法の熱硬化タイプでは、更生材を低温の状態で搬入するため、冷水(氷水)等の入った容器に更生材を入れて運搬する。不要となった冷水(氷水)の排水処理において、排水先の現場条件に応じ、臭気、水温、水質に応じた対策を行うものとする。

5.6.3 反転・形成工法の施工管理

5.6.3.1 反転・形成工法の材料の承諾及び保管管理

反転・形成工法の材料承諾は、パイプラインの対策工法に求められる各要求性能について、所定の方法で品質を満足することを確認する。また、更生材の搬入検査は、適正な管理下で製造されたことを証明する資料に基づいて行う。

更生材の保管及び搬送・搬入時の環境条件は適正なものとする。また、更生材の取り扱いにも、十分に留意する必要がある。

【解説】

(1) 反転・形成工法の更生材の材料承諾

反転・形成工法の材料承諾では、「5.2 要求性能、性能照査」で定めた各要求性能について、所定の方法で品質を満足することを確認する。具体的には、表 5.2.1-1 で示した施工時の照査項目（水密性、通水性、耐荷性、成形収縮性、施工性、耐摩耗性、水質適合性）について確認する。

耐荷性は「5.4 構造設計」に示した構造計算により確認する。また、反転・形成工法は、工法により材料物性が異なることから、対象施設の設計に用いた設計強度等の諸元を確認する。また、設計強度は、試験値のバラツキや長期強度特性等の考慮が適切になされているか、根拠となる試験結果等の提出を求めなければならない。

通水性は「5.3 水理設計」に示した水理計算により確認する。反転・形成工法は、工法により材料構成や各層の厚みが様々である。また、施工時には出来形不足とならないように構造計算で求めた厚みより厚いものが選定される。そのため、施工後の仕上がり内径に留意し、通水性を確認しなければならない。

その他の要求性能は、所定の試験方法結果の提出を求めて、品質を確認する。

(2) 反転・形成工法の更生材の製造管理

更生材の材料承諾時の品質確認と製造管理の確認は、熱硬化及び光硬化タイプと、熱形成及び連続管タイプとでそれぞれに定められる。

- 1) 熱硬化及び光硬化タイプの、硬化前の更生材の構成要素と原材料受入検査を含む製造管理すべき項目は、次に示すとおりである（図 5.6.3.1-1、表 5.6.3.1-1 参照）。

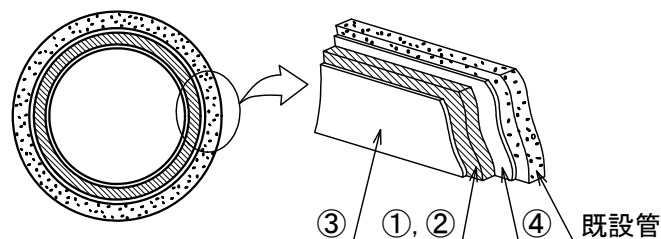


図 5.6.3.1-1 更生材の構成概念図

表 5.6.3.1-1 更生材の構成要素、原材料搬入検査項目

番号	構成要素	材 質	原材料受入検査項目*1
①	硬化性樹脂	不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹脂等	粘度、密度、樹脂の詳細品質*5等 (入荷単位ごとの品質確認)
②	樹脂含浸用基材 (有機繊維、ガラス繊維等)	有機繊維：ポリアミド繊維、ポリエステル繊維、ポリプロピレン繊維等を用いた不織布、織布、マット等 ガラス繊維：織布、マット等 上記繊維の組合せ*2	単位面積当たり重量等 (入荷単位ごとの品質確認)
③	内面コーティングフィルム*3	ポリアミド、ポリエチレン、ポリウレタン、ポリプロピレン等	膜厚、コーティング基材厚、折幅等 (入荷単位ごとの品質確認)
④	外面保護フィルム*4	ポリアミド、ポリエチレン、ポリウレタン、ポリプロピレン等	膜厚、折幅等 (入荷単位ごとの品質確認)

*1：製造工場において実施する項目。

*2：組合せた繊維を使用する場合、各繊維タイプの重量による割合を明らかにしなければならない。

*3：工法により硬化後除去する場合もある。

*4：工法や施工条件の違いにより使用しない場合もある。また、フェルトを使用するものもある。

*5：添加剤を使用する場合は詳細品質を記入しなければならない。

更生材の製造証明書（適正な管理下で製造されたことを証明する資料）には、表 5.6.3.1-2 を記載する必要がある。

表 5.6.3.1-2 製造証明書の管理項目と管理内容

項目	管理内容
品名	硬化前更生材の名称
製造番号	製造されたロット番号
製造年月日	製造された年月日
呼び径	適用される管径
寸法	製造時の外周、厚さの検査報告
呼び厚さ	硬化後の更生材厚さ
長さ	製造長さ
重量	出荷時の重量又は単位当たりの重量
外観検査報告	目視又はその他の方法で更生材の外観を検査した報告
材料構成	各材質の名称、構成比率（構成要素別の重量%等を記す）、硬化性樹脂特性（熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂等を記す）

2) 熱形成タイプ及び連続管タイプの材料は、硬質ポリ塩化ビニル（PVC-U）、高密度ポリエチレン（HDPE）等の熱可塑性樹脂を主体とし、物性・施工性・生産性等を向上させるために、必要に応じ添加剤を加えたものとする。

また、原材料受入検査を含む製造管理すべき項目は、表 5.6.3.1-3 のとおりである。

表 5.6.3.1-3 更生材の構成要素、原材料搬入検査項目

構成要素	材質	原材料受入検査項目 ^{*1}
熱可塑性樹脂	硬質ポリ塩化ビニル樹脂 高密度ポリエチレン樹脂	外観、重合度、樹脂の詳細品質 ^{*2} 等 (原材料の入荷ロットごとの品質チェック)

*1：製造工場において実施する項目。

*2：添加剤を使用する場合は詳細品質を記入しなければならない。

更生材の製造証明書（適正な管理下で製造されたことを証明する資料）に記載すべき項目は、表 5.6.3.1-4 のとおりである。材料あるいは施工要領等に変更がある場合には、改めて立会試験等による承諾を得る必要がある。

表 5.6.3.1-4 製造証明書の管理項目と管理内容

項目	管理内容
品名	更生材の名称
製造番号	製造されたロット番号
製造年月	製造された年月
呼び径	適用される管径
寸法	製造時の内径又は外径・厚さの検査報告
呼び厚さ	冷却固化後の更生材厚さ
重量	出荷時の重量又は単位当たりの重量
長さ	出荷長さ
外観検査報告	目視又はその他の方法で更生材の外観を検査した報告

(3) 反転工法・形成工法の保管管理及び搬送・搬入の留意点

1) 熱硬化タイプ及び光硬化タイプ

更生材は、光又は熱エネルギーにより化学反応を開始する。したがって、適正な遮光や各メーカーで定めた更生材の適正保冷温度を維持する措置を講じなければならない。製造場所（工場等）や搬送時の外気温、保管及び搬送・搬入時の更生材の温度や時間等を計測し、その管理記録を確認する必要がある。また、本材料は未硬化の比較的柔らかい素材であるため、搬送・搬入時には全体の重量を考慮し、損傷を与えないよう細心の注意を払わなければならない。なお、反応系樹脂には有機溶剤系の成分が含まれているため、火気には厳重に注意しなければならない。

2) 熱形成タイプ及び連続管タイプ

硬質ポリ塩化ビニル材料等による熱形成タイプ及び連続管タイプの更生材は、長期間の紫外線暴露で劣化するおそれがあるため、屋内で保管することを原則とする。ただし、やむを得ず屋外で保管する場合は、紫外線を遮断できるシートで全体を覆って保管することとする。また、更生材を極端な高温（60℃以上）や低温（-10℃以下）の状態でも長期間保管するようなことは厳禁とし、その取り扱いにおいても損傷を与えないよう細心の注意を払わなければならない。

5.6.3.2 反転・形成工法の施工時の管理

(1) 熱硬化タイプの施工管理手法

熱硬化タイプの施工管理においては、次の5項目について時刻歴で管理、確認を行う。

- 1) 材料挿入（反転・引き込み）速度
- 2) 反転時及び拡径時の圧力管理
- 3) 硬化時の圧力管理
- 4) 硬化温度管理及び硬化時間管理
- 5) 冷却養生時間管理

【解説】

硬化のための加温装置の熱源を、出入の熱媒体（温水、蒸気等）温度を連続モニターする装置と連結させる。上流又は下流の更生材と既設管の間にセンサーを設置して、更生材の温度を連続的に記録する。

測定すべき温度及び圧力の測定位置・箇所数は、次のとおりである。

- ・温度測定位置：熱媒体（温水、蒸気等）の温度が最も低くなる箇所（1か所）と上下流両側立坑内の更生材外面の温度を測定（2か所）
- ・圧力測定位置：更生管端部で管内圧力（空気圧、水圧）を測定（1か所）

管理項目は、次のとおりである。

1) 材料挿入（反転・引き込み）速度

反転工法の場合には、反転圧力、反転速度の管理を行いデータシート等に記録する。

形成工法の場合には、引き込み速度の管理を行いデータシート等に記録する。

2) 反転時及び拡径時の圧力管理

圧力計、水頭高さ等で計測し、データシート等に記録する。

3) 硬化時の圧力管理

空気圧を用いる工法については、施工中は圧力センサー等を用いて連続的に圧力と時間を計測し、チャート紙に記録する。水圧（水頭）を用いる工法については、圧力計の計測値や水頭高さを随時計測し、データシート等に記録する。

4) 硬化温度管理及び硬化時間管理

施工中は温度センサー等を用いて連続的に温度と時間を計測し、チャート紙に記録する。

熱硬化タイプは、既設管の口径・延長や地下水の有無などの現場条件により、更生材の硬化に適した温度や時間が均一に確保されず、未硬化が発生する可能性がある。そのため、適正な位置で管壁温度を計測することにより温度管理を徹底することが重要である。また、樹脂に異常な温度上昇が発生すると、スチレンガスの発生や内面変状（焦げ）が生じる可能性があることから、確実に温度管理できる加熱方法を選択することが重要である。

5) 冷却養生時間管理

施工中は温度センサー等を用いて連続的に温度と時間を計測し、チャート紙に記録する。

(2) 光硬化タイプの施工時の管理手法

光硬化タイプの施工管理においては、次の7項目について時刻歴で管理、確認を行う。

- 1) 材料挿入（引き込み）速度
- 2) 反転時及び拵径時の圧力管理
- 3) 硬化時の電源管理
- 4) 硬化時の圧力管理
- 5) 硬化温度管理
- 6) 硬化時間管理
- 7) 冷却養生時間管理

【解説】

硬化のための入力電圧と発光力及びUVライトが管路内を進む速度は、ライト制御盤に連結し連続モニターする。また、硬化時の圧力、温度についてもセンサーを設置し、連続的に記録する。

測定すべき温度及び圧力の測定位置・箇所数は、次のとおりである。

- ・温度測定位置：更生材内面を施工スパン全延長にわたって連続測定
- ・圧力測定位置：更生管端部又は同一圧力を測定できる箇所（1か所）

管理項目は、次のとおりである。

1) 材料挿入（引き込み）速度

形成工法は、引き込み速度の管理を行いデータシート等に記録する。

2) 反転時及び拵径時の圧力管理

圧力計等で計測し、データシート等に記録する。

3) 硬化時の電源管理

硬化中は、UVライト制御盤に入力される電力が適正な電圧及び発光力であることを確認し、データシート等に記録する。

4) 硬化時の圧力管理

施工中は圧力センサー等を用いて連続的に圧力と時間を計測し、チャート紙に記録する。

5) 硬化温度管理

施工中はUV照射装置に搭載した赤外線温度センサーを用いて連続的に温度を計測し、チャート紙に記録する。光硬化タイプは、既設管線形により更生材の表面に凹凸が発生した場合には照射が不均一となり、未硬化が発生する可能性があるため、シワの発生が起りやすい箇所の温度管理及び時間管理が重要である。

6) 硬化時間管理

施工中はUVライトの点灯から消灯までの時間を連続的に計測し、チャート紙に記録する。

7) 冷却養生時間管理

UVライト消灯後、所定の冷却養生時間を計測し、データシート等に記録する。

(3) 熱形成タイプの施工時の管理手法

熱形成タイプの施工管理においては、次の5項目について時刻歴で管理、確認を行う。

- 1) 材料挿入（引き込み）速度
- 2) 蒸気加熱時の温度管理
- 3) 蒸気加熱時の圧力管理
- 4) 拡張・冷却時の温度管理
- 5) 拡張・冷却時の圧力管理

【解説】

管理項目は、次のとおりである。

1) 材料挿入（引き込み）速度

所定の引き込み速度の管理を行い、データシート等に記録する。

2) 蒸気加熱時の温度管理

施工中は更生材外面の温度と時間を温度センサー等により連続的に計測し、チャート紙に記録する。

3) 蒸気加熱時の圧力管理

施工中は管内の圧力を圧力計等により随時計測し、チャート紙に記録する。

4) 拡張・冷却時の温度管理

測定すべき温度の測定位置・箇所数は、次のとおりである。

- ・温度測定位置：上下流両側立坑内の更生材外面の温度を測定（2か所）

施工中は更生材外面の温度と時間を温度センサー等により連続的に計測し、チャート紙に記録する。

5) 拡張・冷却時の圧力管理

測定すべき圧力の測定位置・箇所数は、次のとおりである。

- ・圧力測定位置：蒸気・エアの出口側ホース内の圧力を測定（1か所）

施工中は管内の圧力を圧力計等により連続的に計測し、チャート紙に記録する。

(4) 連続管タイプの施工時の管理手法

連続管タイプの施工管理においては、次の5項目について時刻歴で管理、確認を行う。

- 1) 融着接合面の清掃状態の確認
- 2) 融着接合時の温度管理
- 3) 融着接合時の圧力管理
- 4) 変形状態の確認
- 5) 加圧・復元時の圧力管理

【解説】

パイプの融着接合時は、専用融着機材を使用し、融着面及びヒーターの清掃・成型（付着物・油脂等の除去、融着面の平衡性確保）を確実にを行うことを原則とする。融着機材は、加温熱源の温度及び接合時の圧着圧力を連続モニターする装置と連結させ、連続的に記録する。また、復元時は、更生材内の圧力に留意し、センサーを設定し連続モニターする。

管理項目は、次のとおりである。

1) 融着接合面の清掃状態の確認

- ① 融着する端面は、面取り（切削）加工を行い、突き合わせ段差が規定値以内であることを確認する。
- ② 管端面は専用のウェスや溶剤で清掃を行い、油脂等が完全に拭き取られていることを確認する。

2) 融着接合時の温度管理

加圧溶融及び加熱保持は、ヒータープレートとの温度と時間を温度センサー等により連続的に計測し、チャート紙に記録する。

パイプの汚染防止、外気温の急激な変化を防止するため、融着作業箇所に防風・防塵テント等を設置することを標準とする。

また、加熱保持時間及び加圧融着時間の設定のため、融着接合時の外気温度を随時記録する。

3) 融着接合時の圧力管理

加圧溶融及び加圧融着は、圧着する圧力と時間を圧力計等により連続的に計測し、チャート紙に記録する。

4) 変形状態の確認

折りたたみ内挿時の管理事項にあらかじめ決められた形状規定値に従い、形状を計測するとともに、形状固定テープの締め付け度合い及び締め付け間隔を確認し記録する。

5) 加圧・復元時の圧力管理

施工中は管内の圧力と時間を圧力計等により連続的に計測し、チャート紙に記録する。

5.6.3.3 反転・形成工法の出来形管理及び品質管理

- (1) 出来形管理は、出来形を測定・観察し、結果を調査記録表に記録する。完成後は出来形を動画・写真等で記録、これを管理する。
- (2) 竣工時の品質管理は、施工した管路施設の両端部から採取した更生管の円管形状のサンプルを使用し、試験結果から確認を行う。

【解説】

(1) 出来形管理

出来形検査及び外観検査を行い、パイプラインの機能を損なうような欠陥、異常箇所がないことを確認する。

1) 出来形検査

更生管の出来形は、延長、更生管厚、仕上がり内径、更生管と既設管の隙間を計測する。

① 延長計測は実測による。

② 更生管厚、仕上がり内径、更生管と既設管の隙間の計測は、硬化時の収縮が収まった後に行う。

- ・仕上がり内径の計測は、1 スパンの上下流管口付近、中間は 20m に 1 か所の頻度で、施工前に実施した既設管の内径計測位置と同じ位置で行う。

人が入って計測できない場合には、内径計測に適した汎用型の機械が少ないこと及び計測精度に課題があることから、上下流管口部のみの計測とする。

- ・更生管厚、更生管と既設管の隙間の計測は上下流管口で計測する。
- ・上下流管口では、更生管厚や更生管と既設管の隙間を直接計測できるが、中間では直接計測できないため、内径計測結果に基づき算出する。

更生管厚 = (既設管内径 - 隙間の生じていない位置の更生管内径) ÷ 2

既設管と更生管の隙間 = (既設管内径 - 隙間が生じた位置の更生管内径) ÷ 2 - 設計更生管厚

- ・更生管厚の測定箇所は、円周上の 4 か所 [0°、90°、180°、270°]、内径の測定箇所は施工前の計測箇所と同じ位置で図 5.6.3.3-1 に示す 2 方向とする。

ただし、更生管の縫い目や重ね合わせ部を避けて行う。

- ・更生管と既設管の隙間は、円周上の 4 か所 [0°、90°、180°、270°] に加えて、最大値を計測する。

③ 計測位置はマーキングを行い、再計測ができるように管理する。

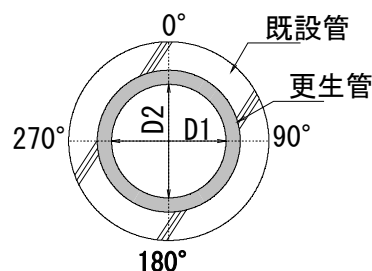


図 5.6.3.3-1 更生管厚又は仕上がり内径を測定する位置の例

2) 出来形管理

計測結果より、出来形管理は下記のとおり行う。

- ① 延長は、設計延長以上とする。
- ② 更生管厚の管理基準については、管端部において、4か所の平均管厚が呼び厚さ以上とし、測定値の最小値は設計更生管厚以上とする。
なお、出来形管理に用いる更生管厚は、内面コーティングや外面保護フィルムを除き、耐荷性を担う層の仕上がり厚さとする。
- ③ 更生管と既設管の隙間の管理基準は5mm以下とする。
- ④ 通水性については、仕上がり内径測定（平均内径）より、計画送配水量以上の水理性能を確保しているものを適合とする。

3) 内面仕上がり状況の管理

- ① 更生工完了時には、管路内を洗浄し、端部処理を行う前に全スパンについて目視あるいは自走式TVカメラにより外観検査を行う。
- ② 管路の耐荷性、耐久性、水理性能等を損なうようなシワ、たるみ、剥離、漏水、異常変色等の欠陥や異常箇所がないことを確認する。異常箇所は、写真撮影（遠景、近景）、計測、展開図への記録を行う。
- ③ シワの発生と、強度や長期耐久性に対する影響、またキャビテーションの発生状況との間の関係については不明確である。シワは、既設管に段差（継手部の抜け出し）や屈曲、内周長の局部的な減少等がある場合には、更生管に形成されることがある。一方で工法の特性上シワが発生しない施工は困難であり、本書では線形を問わずシワ高さの管理基準値を口径（既設管の呼び径）の2%以下とする。2%以下のシワの発生箇所については、モニタリングによる経過観察を行う。シワを削り取ると、シワ処理の際にガラス繊維（含浸材本体）等の強度部材を含んだ層を切削して、更生材が残留応力によって破断する可能性があることから、シワの削り取りは原則行わない。
- ④ 小口径でのTVカメラを用いた仕上がり状況の確認・記録では、管内面の変形や凹凸に着目し、管理基準値を上回るシワがないか、また変色等の硬化不良が疑われる箇所がないか確認する。
- ⑤ 更生管路両端部においては、浸入水、仕上げ材の剥離、ひび割れ等の異常のないことを確認する。特に、熱硬化及び熱形成により施工する工法では、冷却による更生管の養生不足により、管軸方向及び管円周方向に伸縮が発生することがあるため、十分に確認する。

4) 工事記録写真等の撮影及び提出

工事記録写真等の内容及び撮影頻度、表 5.6.3.3-1 に示す検査結果、写真データ等の記録を確認する。

表 5.6.3.3-1 工事写真撮影要領（反転工法・形成工法）

工 種	撮影箇所及び内容	撮影頻度
現場概要	・ 施工箇所の概況を同一箇所、同一方向（同一方向：起点より終点を望む方向）	・ 工事施工箇所の起点、主要中間点及び終点ごと
材料・品質等	・ 施工前の使用材料の保管状況 ・ 施工前の使用材料の確認状況 ・ 試験用材料の現場採取確認状況 ・ 試験実施状況	・ スパンごと ・ スパンごと ・ スパンごと ・ スパンごと
事前処理工	施工状況 ・ 管内洗浄状況（施工前・施工後） ・ 障害物の除去状況（施工前・施工後） ・ 止水状況（施工前・施工後）	・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと
更生工	施工状況 ・ 挿入状況（引込作業状況、圧力管理状況等） ・ 硬化状況（圧力管理状況、温度管理状況等） ・ 管口硬化収縮状況（内径測定状況） ・ 本管管口切断状況	・ スパンごと ・ スパンごと ・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと
	出来形管理状況 ・ 更生管延長 ・ 更生管仕上がり厚さ（ノギス測定） ・ 更生管と既設管の隙間 ・ 更生管仕上がり内径 ・ 更生管口仕上がり状況（施工前・施工後）	・ スパンごと ・ 計測箇所ごと ・ 計測箇所ごと ・ 箇所ごと （口径 800mm 以上ではスパン 中間も 20m に 1 か所の頻度） ・ 箇所ごと
管内検査工	内面仕上がり状況 ・ 目視又は TV カメラ調査による検査状況 ・ 管口端部処理 ・ 異常（シワ・たるみ、剥離漏水、変色等）	・ 適宜 ・ 箇所ごと ・ 箇所ごと（異常箇所は、写真撮影（遠景、近景）、計測、展開図への記録を行うこと）
水替え工	施工状況 ・ 水替え状況	・ 適宜
更生設備工	各種使用機材設置状況 ・ 使用機器	・ 適宜

（2）品質管理

更生管の品質管理は、施工した更生管を発進立坑及び到達立坑の 2 か所で採取することを基本とする。これら採取した更生管の円管形状の試験体を使用し、公的試験機関又は発注者の立会いのもとで試験を行うことを原則とする。

試験片の採取頻度は、原則として 1 スパンごととする。

試験項目は、次のとおりである。

1) 品質管理方法

更生管の品質管理は、更生材の強度特性を表す指標である曲げ強度、曲げ弾性係数、引張強度を

対象とする。評価は、更生後の短期試験値と設計時に確認した短期保証値との比較により行い、前者が後者を上回ることを確認する。

竣工時の品質管理における更生後の曲げ強度、曲げ弾性係数、引張強度の試験方法を表 5.6.3.3-2 に示す。試験方法は、材料、ガラス繊維による補強の有無に関わらず、円管の試験体により短期値を求める。なお、工法開発時の短期試験は、短冊による試験方法を採用しているが、竣工時の品質管理は円管での試験を採用し、短期保証値を満たすことを求める。そのため、各工法は短期保証値を設定する段階で短冊と円管の特性を踏まえて短期保証値を設定する必要がある。

表 5.6.3.3-2 更生後の曲げ強度、曲げ弾性係数及び引張強度の試験方法

項 目	測定項目	試験規格	試験方法	確認方法
曲げ試験	曲げ強度	JIS K 7038（プラスチック配管系-ガラス強化熱硬化性プラスチック（GRP）管-リングの初期変位に対する破壊強さの試験方法）	現場で採取した円管状の試験体を使用して曲げ強度及び曲げ弾性係数を測定する。	試験値が短期保証値を上回る。
	曲げ弾性係数	JIS K 7013（繊維強化プラスチック管）の扁平試験		
引張試験	引張強度	JIS K 7037（プラスチック配管系-ガラス強化熱硬化性プラスチック（GRP）管-見掛けの初期周方向引張強さの求め方）	現場で採取した円管状の試験体を使用して引張強度を測定する。	試験値が短期保証値を上回る。

2) 円管形状の試験体の採取方法

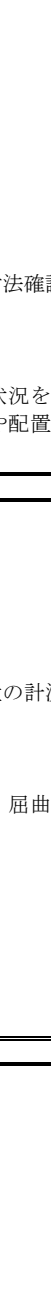
円管形状の試験体を発進立坑及び到達立坑の2か所で、あらかじめ採取用の仮設配管等を行って採取する。

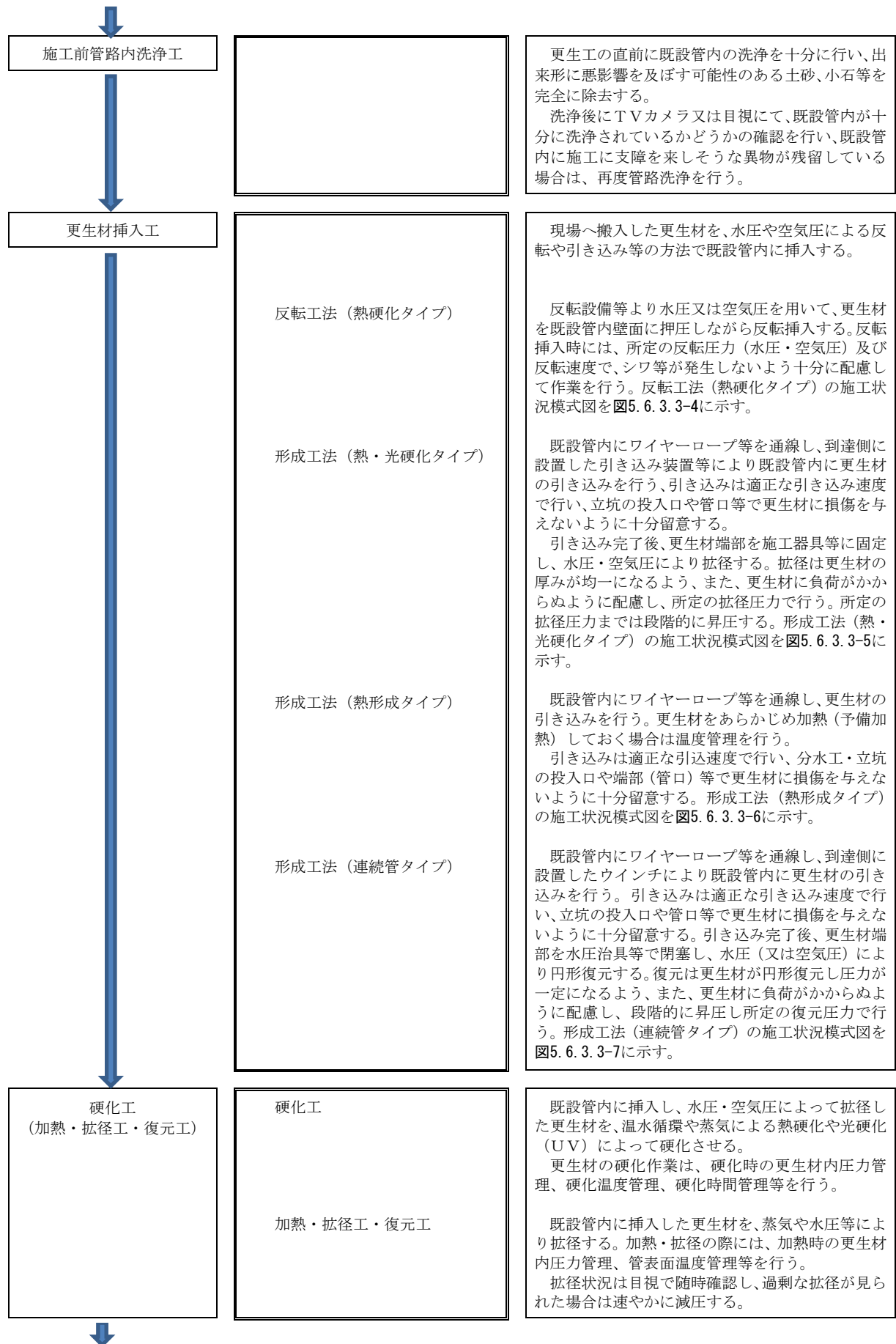
〔参考〕 更生管の品質管理に関する技術

更生管の品質管理に関する技術があるが、精度と適用性を検証して使用する必要がある。

調査技術	調査指標
衝撃弾性波検査法 ※口径 800mm 未満の場合	高周波成分比 （反転・形成工法の硬化状況）
超音波検査法 ※口径 800mm 未満の場合	未硬化指数 （反転・形成工法の硬化状況）

(参考) 反転・形成工法の概略施工手順図

施工工程	作業内容・留意点	施工管理の内容
施工前現場実測工 	既設管管径の実測 管路区間延長の実測 分土工・立坑の形状寸法確認 その他、現場周辺の状況を確認し、工事車両の進入路や配置等の検討を行う。	更生材発注の前に、当該現場の実態を把握すべく各種実測を行う。 更生材の誤発注を防ぐために、既設管管径、管路区間延長等を実測するとともに、現場施工時に問題となりそうな点について検討を行う。 分土工・立坑の形状寸法、深さ、分水管、その他施工時に支障となりそうな要因がないかどうか確認する。
施工前管路内調査工 	分岐・空気弁等の位置の計測 段差、隙間、管ズレ、屈曲等の確認 事前処理工の検討	施工に先立ち、既設管内のＴＶカメラ調査又は目視調査を行い、施工に支障のある障害物の有無を確認し、事前処理工の必要がある場合には処理方法の検討を行う。 管路端部（管口等）から到達立坑（分岐・空気弁）等までの距離を、ＴＶカメラの走行距離等により実測する。 施工適用範囲内であることを確認する。管路内調査等の結果、適用範囲外である場合は、施工方法を検討する。 事前処理を行う必要のある、土砂や錆こぶ等の堆積物、多量の浸入水等の有無を確認し、それらが認められた場合は、事前処理方法等の検討を行う。
事前処理工 	土砂等の除去 多量の浸入水の仮止水	施工前管路内調査の結果に基づき、必要に応じて事前処理工を行う。 施工に支障を来す要因の内容に基づいて処理方法を決定し作業を行う。 管路内の土砂等は、口径800mm未満の場合は高圧洗浄水や管内ロボットを用い、口径800mm以上の場合は人力により完全に除去する。 更生材に悪影響を及ぼすような多量の浸入水がある場合は、仮止水を行う。 仮止水の方法については、パッカー注入、部分補修等による止水の方法を検討し、当該現場に最も適した方法で行う。



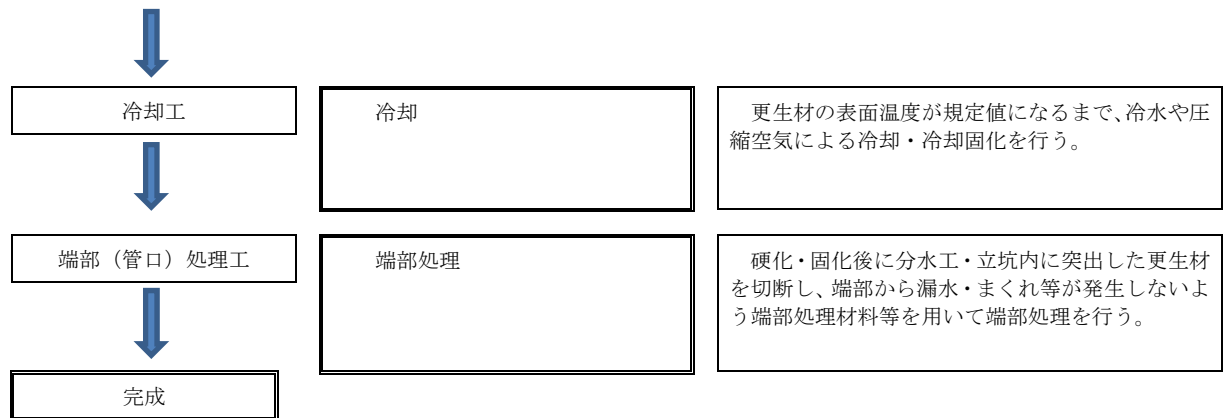


図 5.6.3.3-2 施工段階ごとの施工管理の例（反転・形成工法）

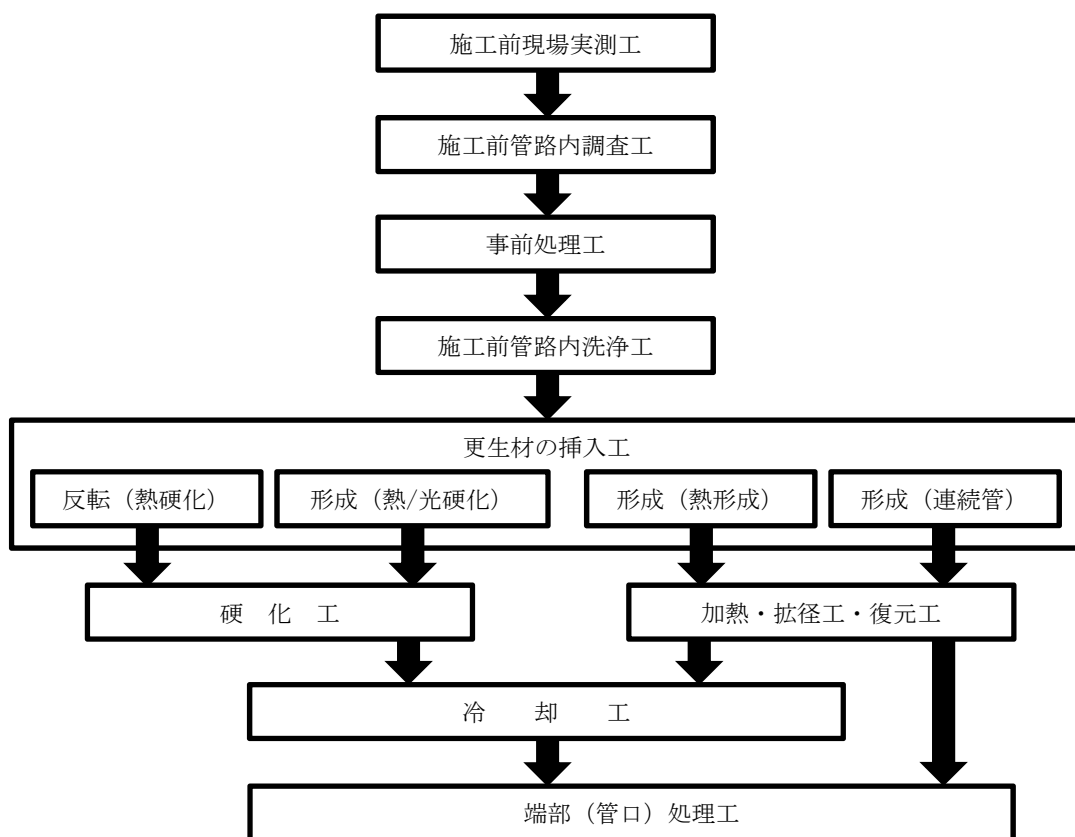


図 5.6.3.3-3 概略施工フロー図

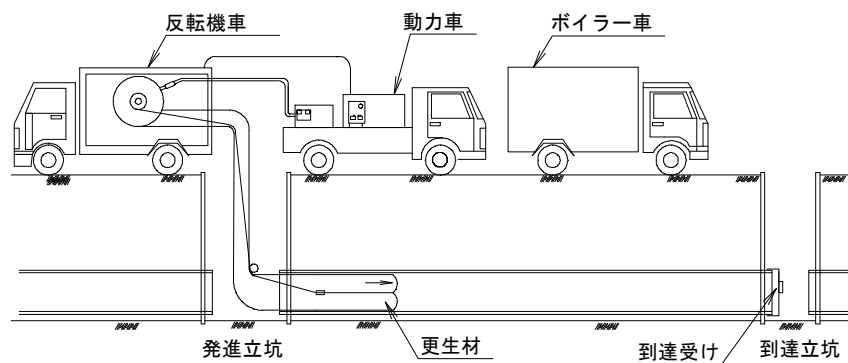


図 5.6.3.3-4 反転工法（熱硬化タイプ）模式図（空気反転）

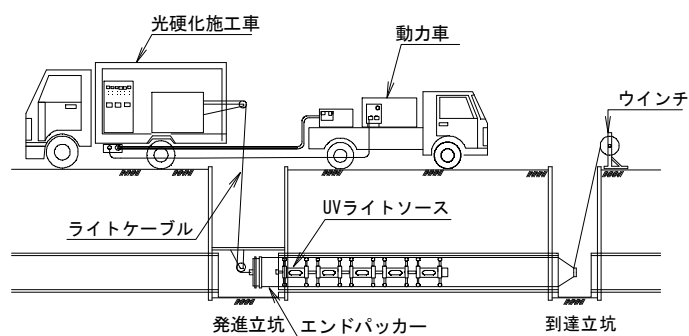


図 5.6.3.3-5 形成工法（熱・光硬化タイプ）模式図

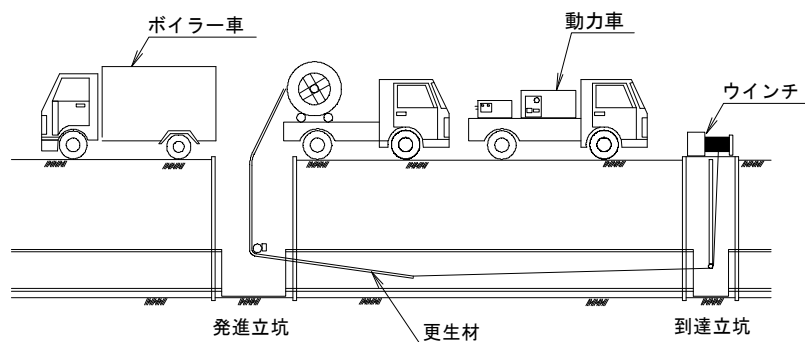


図 5.6.3.3-6 形成工法（熱形成タイプ）模式図

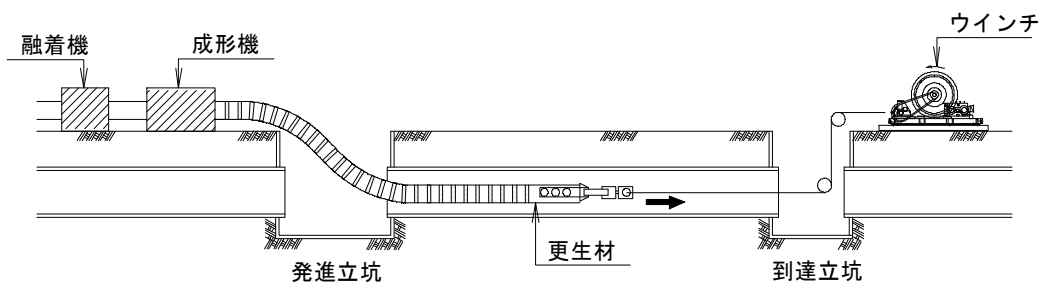


図 5.6.3.3-7 形成工法（連続管タイプ）模式図

5.6.4 完成検査

工事後、関係書類に基づき、工事の実施状況、出来形及び品質について検査を実施する。

【解説】

工事の出来形及び品質の検査は、位置、出来形寸法、品質及び出来ばえについて、仕様書、図面その他関係図書と対比して行うものとする。

第6章 長寿命化対策後の施設のモニタリング

6.1 モニタリングの目的

パイプラインの長寿命化対策工のモニタリングは、対策工法の効果が期待される期間中、備えるべき性能（要求性能）を確認することを目的として実施する。

【解説】

対策工法のモニタリングは、技術的かつ経済的に可能な範囲において調査項目を設定し、継続して行っていくことが重要である。今後、パイプラインの対策工法を実施した区間は、モニタリングのデータを蓄積し、補修・改修工法の要求性能の検証にフィードバックしていく必要がある。

6.2 モニタリングの実施

モニタリングは、供用開始後の状況変化、当初品質の維持状況を継続的に把握し、性能等を検証するものであり、施工後に行う。

【解説】

本書に示す長寿命化対策工法に求める要求性能は、対策工法の効果が期待される期間中に発揮すべき性能を施工時点で照査するために必要なものとして定めたものであり、対策工法が要求性能を備え、パイプラインの機能が維持されているかをモニタリングにより確認し、検証しなければならない。

検証は、施工時に行う施工管理記録と施工後のモニタリング結果とを比較し、工法の性能低下状況等を評価する。

モニタリングに当たっての留意点として以下のことが挙げられる。

- ・ 特殊な装置や技能によらず、点検技術者が広範囲の施設について実施できること
- ・ 対策工法の変状や機能低下の早期検出が可能であること
- ・ 安価で多大な労力を要さないこと
- ・ 極力定量的で、精度のバラツキが少ないこと
- ・ 小口径管路は管内目視等が行えないため、自走式TVカメラ等の採用も検討すること
- ・ 施工前に流量・水位観測を行い、長寿命化対策工の施工後と対比できるようにしておくこと
- ・ 樹脂系の材料を使用している管路更生工法の管内に金属製の機器（TVカメラや洗浄機械）を挿入する場合には、管体に損傷を与えないこと

6.3 モニタリングの手法

モニタリング手法は、対策工法の機能を損ねる異常箇所、すなわち隆起、断面積の減少等の有無を外観観察する。

また、モニタリングは対策後のパイプラインのウィークポイント（例えば、既設管の変状部、端部処理部や補修箇所、河川横断部のような変化点がある箇所など）を踏まえ実施する。

【解説】

(1) 実施方法

- 1) 観察の障害となる異物については極力管路内洗浄を行うことで除去し、対策区間全てにおいて目視あるいは自走式TVカメラによる外観観察を行う。異常箇所等は必ず入念な状況確認を行い記録する。

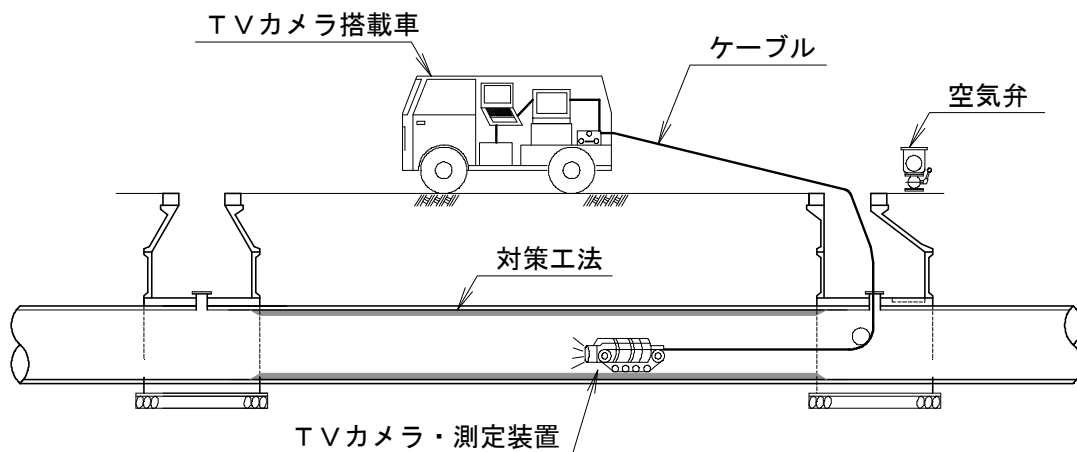


図 6.3-1 モニタリング状況（例）

- 2) 対策工法の設計強度、耐久性、水理特性等を損なう膨れ、断面積の減少、硬化不良、シワ、剥離、漏水、変色等の異常箇所がないことを確認する。既設管に段差、屈曲、隙間、破損、滞留水等が存在していた場合、更生管に通常部とは異なる変状が発生することがあるため、出来形管理の報告内容と比較を行い、経年による変化点を管理する。
- 3) 対策を行ったパイプラインにおいては、既設管の変状部（例えば、継手の段差や離れが大きかった箇所、調査時に浸入水や滞留水があった箇所）や、端部処理を行った箇所、通常の施工と異なった対応をした箇所（例えば、補修箇所、シワ等が生じた箇所）、河川横断部のような縦断変化がある箇所がウィークポイントとなる。これらの箇所に着目しモニタリングを実施する必要がある。
- 4) 施工完了時の検査において、管内を目視あるいはTVカメラで確認し、1)～3)の内容を踏まえてウィークポイントに重点を置きモニタリングの定点を設定する。なお、定点は、同じ点を継続して、計測する必要があるため、管内の天地左右にマーキング等をしておくことが望ましい。

(2) 実施頻度

- 1) 原則対策1年後及び5年後にモニタリングを実施する。
- 2) 対策2年後から4年後までは、1年後の変状を勘案して頻度や調査項目を決定する。
- 3) 対策6年後からは、原則5年に1回の頻度で実施するものとし、変状の進行状況を考慮して頻度の見直しを行う。

6.3.1 管路更生工法のモニタリング

管路更生工法のモニタリングは、目視又は管内カメラによる管路内調査（計測、打音調査を含む）が基本的な調査手法として挙げられる。

【解説】

モニタリングは、①目視又は管内カメラ調査による状態把握、②計測調査の手順で実施する。

管路更生工法のモニタリング項目及び手法を表 6.3.1-1 に示す。

表 6.3.1-1 管路更生工法のモニタリング項目及び手法（参考）

要求性能		想定される変状	モニタリング項目	モニタリング手法	対象工法
水理機能	水密性	ひび割れ 浸入水（漏水、漏水跡）	浸入水の有無 漏水の有無	目視 水張り試験	全工法対象
	通水性	通水量の減少	浸入水の有無 通水量の確認 表面粗度の確認（設計で用いた流速係数相当の値が確保されていること）	流量観測（流量や圧力計測による管路更生前後の比較評価等） 聞き取り調査（施設管理者へ通水状況を聞き取る）	全工法対象
構造機能	耐荷性 耐久性 地盤追従性	ひび割れ、変形、シワ、たるみ、浮き、剥離、継手の開き	・更生管仕上がり状況 ・更生管両端管口の隙間やずれ、剥離等の発生状況 ・シワの発生状況 ・浮き・剥離の状況 ・充填部の空洞化 ・継手の開き 等	目視 発生変状の簡易計測（ノギス等） シワ高さ、間隔、周長の計測（ノギス等） 打音調査	シワの確認は反転・形成工法のみ 充填部の空洞化・継手の開きは鞘管工法のみ
			更生管の厚さ（更生両端管口（2）×上下左右（4）の8点計測）	計測（ノギス等）	反転・形成工法
			更生管仕上がり内径（更生両端管口（2）と中央部（1）×上下左右（2）の6点計測）	計測（メジャーポール等） ※口径800mm未満の場合は更生両端管口のための計測	反転・形成工法
			たわみ率	計測（メジャーポール等）	全工法対象
			中心線のずれ	測量 ※口径800mm以上の場合	全工法対象
			【参考】電磁波レーダーによる更生管背面空洞調査（充填状況）	【参考】電磁波レーダー ※口径800mm以上の場合	鞘管工法
		【参考】	未硬化指数（反転・形成工法の硬化状況）	【参考】超音波検査法 ※口径800mm未満の場合	反転・形成工法
			高周波成分比（反転・形成工法の硬化状況）	【参考】衝撃弾性波検査法 ※口径800mm未満の場合	反転・形成工法

6.4 モニタリング記録・管理

モニタリングの結果は、直接測定及び撮影記録により結果を記録する。これらの調査結果は記録媒体で記録・管理する。

【解説】

モニタリングでは採用した対策工法、施設状況を踏まえ直接測定と撮影記録を行う。

(1) 直接測定

直接測定では、以下のことに配慮し記録・管理を行う。

- ・対策工法の変状箇所やウィークポイントを把握するため、測点、変状状況の寸法等を直接測定し記録をとる。
- ・管路更生工法では、管内目視により対策工法のシワや浮き、ひび割れ等について直接測定し記録する。なお、管内に人が入れない口径についてはTVカメラ等により撮影記録を行う。

(2) 撮影記録

撮影記録では、以下に配慮し記録・管理を行う。

- ・撮影箇所の確認、寸法等の判定ができるように工夫する。
- ・撮影箇所には、工事名、対策工法、ウィークポイント、測点、実測数量・寸法などを黒板等に用意し、説明資料となるように工夫する。
- ・写真はモニタリングの時期、地点が判定できるように整理し、アルバムや電子媒体で整理する。

(3) モニタリング様式

モニタリング様式は採用した対策工法、施設状況を踏まえ、モニタリングの目的に応じた様式を作成し実施することが重要である。主として目視調査に対するモニタリング様式の（例）を示す。

1) 管路更生工法のモニタリング様式（例）

表 6.4-1 モニタリング調査表（管路更生工法）

管内調査記録表				件名		整理番号																		
施設名称・対象構造物				管種	管径	施設延長(m)		調査方向		管本数	不良管本数	記入者		不良率	DVIDNo.									
						設計延長	実施延長	上流	下流			流入管数	天候											
展開図																								
下流																								
継手部	継手数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
	内面及び異常原因																							
	距離(m)	0.00																						
更生内面	写真番号																							
	管本数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	内面及び異常原因																							
考察	距離(m)																							
	写真番号																							

用語の定義

本書で使用している各用語を以下のように定義する。

機能保全	：	全施設又は施設系の機能が失われたり、性能が低下することを抑制又は回復すること。 ¹⁾
機能保全計画	：	性能指標や健全度指標について管理水準を定め、それを維持するための中長期的な手法をとりまとめたもの。 ¹⁾
機能保全対策	：	機能保全計画に基づく工事等のこと。 ¹⁾
長寿命化	：	施設の機能診断に基づく機能保全対策により残存の耐用年数を延伸する行為。 ¹⁾
長寿命化対策	：	施設の長寿命化のための機能保全対策。
施設の機能	：	施設の設置目的又は要求に応じて施設が果たすべき役割、働きのこと。 ¹⁾
施設の性能	：	施設が果たす役割（施設の機能）を遂行する能力のこと。 ¹⁾
性能低下	：	経時的に施設の性能が低下すること。 ¹⁾
要求性能	：	施設や工法が果たすべき機能や目的を達成するために必要とされる性能。 ¹⁾
変状	：	初期欠陥、損傷、劣化を合わせたもの。 ¹⁾
初期欠陥	：	施設の計画・設計・施工に起因する欠陥。 ¹⁾
劣化	：	立地や気象条件、使用状況（流水による浸食等）等に起因し、時間の経過とともに施設の性能低下をもたらす部材・構造等の変化。 ¹⁾
損傷	：	偶発的な外力に起因する欠陥。 ¹⁾
再劣化	：	長寿命化対策後の施設の劣化。
補修	：	主に施設の水密性、通水性、耐久性を回復又は向上させること。
補強	：	主に施設の構造的耐力を回復又は向上させること。 ¹⁾
改修	：	失われた機能を補い又は新たな機能を追加すること。 ¹⁾ 本書では、既存の施設の耐荷性を新しい施設に置き換える（既存施設を撤去しない）ことをいう。
更新	：	施設又は設備を撤去し、新しく置き換えること。なお、施設系全体を対象とした場合は、施設系を構成する全施設を更新する場合だけでなく、補修、補強等を包括して行うことも更新という。 ¹⁾
再対策	：	長寿命化対策後の施設に対して行う補修・補強・改修・更新の各行為。
施設監視	：	施設監視計画等に基づき行う施設の監視（施設管理者は通常、日常管理の一環として行う）。
維持管理	：	構造物の供用期間において、構造物の性能を所要の水準以上に保持するための全ての行為。 ²⁾

ライフサイクルコスト (L C C)	施設の建設に要する経費に、供用期間中の運転、補修等の維持管理に要する経費及び廃棄に要する経費を合計した金額。 ¹⁾
機能保全コスト	施設を供用し、機能を要求する性能水準以上に保全するために必要となる建設工事費、補修・補強費等の経費の総額。 ¹⁾
供 用 年 数	施設を供用する年数。 ¹⁾
予 定 供 用 期 間	構造物を供用する予定の期間。 ²⁾
残 存 予 定 供 用 期 間	点検時や検討時等から予定供用期間終了時までの期間。 ²⁾
設 計 耐 用 期 間 (設 計 耐 用 年 数)	設計時において、構造物又は部材が、その目的とする機能を十分果たさなければならないと規定した期間。 ²⁾
耐 用 年 数 (耐 用 期 間)	施設の水利用性能、水理性能、構造性能が低下することなどにより、必要とされる機能が果たせなくなり、当該施設が供用できなくなるまでの期間として期待できる年数。 ¹⁾
標 準 耐 用 年 数	「土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸係数について（昭和60年7月1日60構造C第690号）」で示されている施設区分、構造物区分ごとの設計時に規定した供用目標年数。 ¹⁾
水 利 シ ス テ ム	農業用排水取水、配水、排水するための一連の施設体系。 ¹⁾
水 理 ユ ニ ッ ト	境界条件によって一体化して取り扱わなければならない施設群。パイプラインでの水理ユニットは、その対象管路の上流端及び下流端に水位又は、流量の境界が存在し、この二つの境界条件を基に、水理計算をすることができる水理学的な単位である。 ¹⁾
管 路 更 生 工 法	既設管にひび割れや破損、腐食等が発生し、耐荷性、水密性、通水性、耐久性が低下している場合、又は継手部の水密性が全面的に低下している、若しくは低下するおそれがある場合に、既設管内面から新たな管を構築し、管路の耐荷性、水密性、通水性等を回復又は向上させる工法の総称。施工方法によって「反転工法」、「形成工法」、「製管工法」、「鞘管工法」に大別される。
止 水 工 法	部分的な既設管の腐食・欠損や継手部の劣化又は変状等によって管路の水密性や耐久性が低下した場合に、要求される対策水準に応じて水密性や耐久性を回復させる工法の総称。
鞘 管 工 法	既設管内にJIS等の公的規格や団体規格に準拠した強化プラスチック複合管、ダクタイル鋳鉄管又は鋼管等を立坑から運搬して接合又は溶接、あるいは立坑内で接合して推進した後、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。充填を行わない場合には、現場状況により個別に検討が必要。

反 転 工 法	： 熱又は光等で硬化する樹脂を含浸させた材料を、既設管内に反転加圧させながら挿入し、既設管内で加圧状態のまま樹脂を硬化させることで管を構築する工法。反転挿入には、水圧又は空気圧等によるものがあり、硬化方法も温水、蒸気、温水と蒸気の併用、光等がある。
形 成 工 法	： 熱又は光等で硬化する樹脂を含浸させた材料を既設管内に引き込み、空気圧又は水圧等で拡張・圧着させ、加圧拡張したまま温水、蒸気、光等で圧着硬化する工法、又は、熱可塑性樹脂のパイプを既設管内に引き込み、空気圧、蒸気圧等で拡張・圧着させ、加圧拡張したまま冷却固化する工法等がある。
製 管 工 法	： 既設管内に硬質ポリ塩化ビニル材等を嵌合させながら樹脂パイプを製管し、既設管との間隙にモルタル等を充填する工法。
止 水 バ ン ド 工 法	： 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を変状箇所が包含されるように、防食性に優れる鋼板材料（ステンレス鋼板）を用いて拡張装着し、部分的に水密性を回復させる工法。
自 立 管	： 更生材の管体のみで所定の外力や内水圧に耐える管構造。
複 合 管	： 既設管と更生管が充填材により一体的な挙動を示す管となり、所定の外力や内水圧に耐える管構造。
ラ イ ニ ン グ 管	： 既設管は耐荷力を保持しており、更生管は水密性等を確保する管構造。
充 填 材	： 製管工法及び鞘管工法で、既設管内面と製管されたパイプ外面若しくは挿入管との空隙部に充填する材料。
含 浸	： 多孔質に液状物質をしみこませること。更生材の場合は、硬化性樹脂を含浸用基材（ガラス繊維、有機繊維等）にしみこませる工程をいう。
熱 硬 化 性 樹 脂	： 加熱すると重合を起こし、高分子の網状構造を形成して硬化する合成樹脂をいう。更生材に使用される樹脂には、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂等がある。
光 硬 化 性 樹 脂	： 所定の波長の光照射を受けると重合し、硬化する合成樹脂をいう。更生材に使用される樹脂には、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂等がある。
熱 可 塑 性 樹 脂	： 加熱すると塑性変形を生じ、冷却すると可逆的に固化する性質を持つ合成樹脂。更生材に使用される樹脂には、ポリエチレン、硬質ポリ塩化ビニル等がある。
ク リ ー プ	： 金属、プラスチックの材料において、一定荷重の下で、時間経過に伴ってひずみが増大する現象。
材 料 強 度 の 特 性 値	： 定められた試験法による材料物性の試験値のバラツキを想定した上で、試験値がそれを下回る確率がある一定の値となることが保証される値。 3)
設 計 強 度	： 材料物性値に各種安全率を考慮した値。

長	期	値	:	材料物性値において、50 年後を推定した値（材料の強度低下を考慮した値）。
短	期	値	:	材料物性値において、将来的な材料の強度低下を考慮していない値。

用語の定義及び用語の解説 参考文献

- 1) 農業農村整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」、平成 28 年 8 月
- 2) 土木学会：2013 年制定 コンクリート標準示方書 【維持管理編】、平成 25 年 10 月
- 3) 土木学会：2012 年制定 コンクリート標準示方書 【設計編】、平成 25 年 3 月

参考資料①

止水バンド工法

止水バンド工法は、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技術であるが、連続して多数設置した場合の損失水頭への影響、長期耐久性の検証等が課題となっている。このため、本工法については、やむを得ず長期にわたり使用する場合にはモニタリングの際に管内に入って止水バンドの緩み等の状態確認を入念に行う必要があるものとし、参考資料として記述する。

参考① 止水バンド工法

1 工法概要

止水バンド工法は、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張装着し、部分的に水密性を回復又は向上させる工法である。

【解説】

(1) 止水バンド工法の概要

止水バンド工法は、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を変状箇所が包含されるように、防食性に優れる圧着用鋼材（ステンレス鋼板）を用いて拡張装着し、部分的に止水補修する工法である。適用については、継手部以外には既設管の性能低下がなく、耐荷性、水密性ともに健全であることが求められる。併せて、止水バンドは人力による管内作業であるため、作業員の安全性を考慮し適用口径を 800mm 以上とする。

また、止水バンド工法は、管路継手内面に装着するため局所的な管内径の縮小を伴うことから、連続して多数設置することにより損失水頭への影響が大きくなる場合もあるため水理的な検討が必要である。さらに、継手の凹み部を間詰めするバックアップ材が必要な場合には、現場状況に応じて個別に検討を行う。

なお、止水バンド工法については、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ている例が多いが長期の耐久性の検証が十分でないため、やむを得ず長期にわたり使用する場合にはモニタリングの際に管内に入って止水バンドの緩み等の状態確認を入念に行う必要がある。

参①表 1-1 に本書における止水バンド工法の適用範囲、参①表 1-2 に施設変状や設計・施工条件に対する止水バンド工法の適用範囲を示す。

参①表 1-1 本書における止水バンド工法の適用範囲

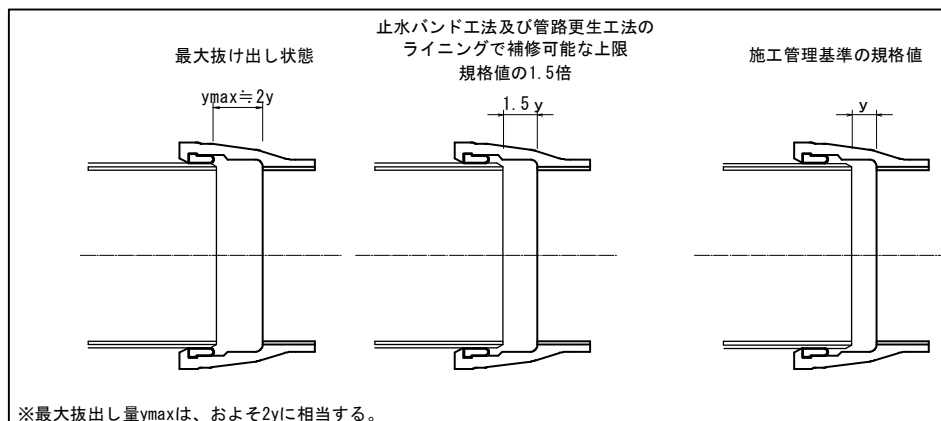
対象工法 適用範囲	止水工法
	止水バンド工法
適用目的	・補修（水密性の回復）
既設管種	・石綿セメント管以外の管種
対象変状	・継手部の間隙、曲げ角度、ゴム輪の劣化や脱落（※1）
口径・延長	・口径 800mm 未満は適用外とする（※2）
線形・施工条件	・止水バンド設置後の緩み等を確認する必要があり、継続的な点検が行えること
既設管の 性能低下状態	・既設管の耐荷力は健全であること（※3） ・止水バンド取付箇所のたわみ率は 5 % 以下とする ・ジョイント間隔は施工管理基準の規格値×1.5 を上限とする（※4）
地盤追従性	・長期の供用で地盤が安定し、上部の土地利用が改変される等の荷重条件が変更となる予定のない施設への適用を前提とする（※5）
耐震性	・耐震性を要する場合は個別に検討を行う（※6）

※1：変状に対する適用性は工法の個別性能による。

※2：入管せずに施工可能な場合（本管施工時に入管の必要がなく端部処理等の管内作業も立坑内から実施可能な場合等）はこの限りではない。

※3：補修後の耐用期間中においても既設管本体に要求される構造性能が確保されることが必要である。

※4：止水バンド工法で補修可能な範囲は、下図のとおり継手間隔が施工管理基準の規格値の1.5倍を上限とする。



※5：地盤追従性について、既製管は接合部である継手に伸縮・屈曲の可とう性を有する構造となっており、各管種により性能は異なるが曲げ等に対する水密性試験が実施されている。そのため、止水バンド工法は現時点では安定した地盤への適用を前提とする。特に漏水等による周辺地盤の緩みや構造物との接続部や盛土境界等、管路更生後に不同沈下が生じる可能性のある箇所への適用は、沈下量や継手の変形等について個別検討を要する。

※6：耐震性については、耐震設計手法に関する新たな技術的知見等を踏まえ、現場の条件等に応じた検討を行う必要がある。

参①表 1-2 施設変状や設計・施工条件に対する止水バンド工法の適用範囲

適用条件		補 修
		止水バンド工法
R C 管	継手の変位	適用可 (継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする)
	ひび割れ	適用不可
	鉄筋露出、腐食	適用不可
	管厚の減少	適用不可
P C 管	継手の変位	適用可 (継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする)
	ひび割れ	適用不可
	鉄筋露出、腐食	適用不可
	管厚の減少	適用不可
	カバーコート摩耗・中性化	適用不可
	P C 鋼線の腐食	適用不可
	土壌に腐食性物質が存在 (硫化物の含有等)	適用不可
	地下水に腐食性物質が存在 (浸食性遊離炭酸、各種イオン(塩酸、硝酸、硫酸)の含有)	適用不可
S P 管・ D C I 管	たわみ量	5 %以下
	内面塗装の損傷・腐食	適用可 (耐荷性に影響しない管厚の減少に限る)
	外面塗装(塗覆装)の損傷・腐食	適用不可 (塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く)
	発錆・孔食	適用不可 (発錆因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く) (孔食部は鋼板補強等の対策を別途行う場合を除く)
	管厚の減少	適用不可 (発生因子の遮断等の防食対策を別途講じる場合を除く)
	C/S マクロセル腐食の可能性 (メタルタッチ、塗覆装の不良)	適用不可 (塗覆装の修繕やメタルタッチの遮断等、防食対策を別途行う場合を除く)
	通気差マクロセル腐食の可能性 (塗覆装の不良、土壌性質の変化点等)	適用不可 (塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く)
	異種金属接触腐食の可能性 (塗覆装の不良、絶縁されていない鋼製管同士の接続)	適用不可 (塗覆装の修繕や絶縁対策等、防食対策を別途行う場合を除く)
	電食の可能性 (電鉄の迷走電流、塗覆装の不良)	適用不可 (塗覆装の修繕等、防食対策を別途行う場合を除く)
F R P M 管	継手の変位	適用可 (継手の間隔は施工管理基準の規格値×1.5を上限とする)
	ひび割れ	適用不可
	たわみ量	5 %以下

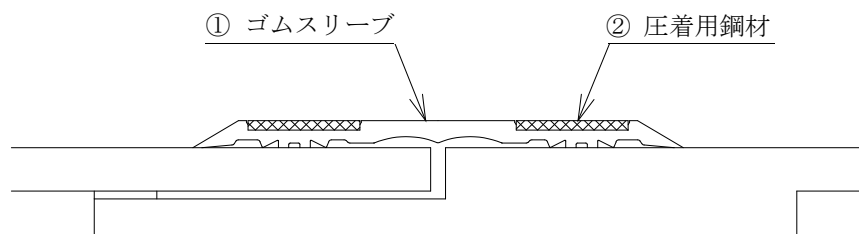
(2) 止水バンド工法の材料仕様と特徴

1) 使用材料

止水バンド工法に用いる主要な材料は、ゴムスリーブと圧着用鋼材である（参①表 1-3、参①図 1-1 参照）。

参①表 1-3 止水バンド工法の構成要素と材質

構成要素	材 質	形 状	備 考
ゴムスリーブ	SBR, EPDM 等	筒状体	両端にシール用溝付き
圧着用鋼材	SUS304, SUS316	リング状等	ヒンジ、差し込み等
		板状 等	波付き等



参①図 1-1 止水バンド断面図例

各々の詳細について以下に示す。

① ゴムスリーブ

ゴムスリーブの形状は、参①図 1-1 に示す例のとおり、加硫ゴムを筒状に成形加工した幅広のリング状である。管路内面側に連続した凹凸が溝状にあり、凸部が管路内面に圧着されることによってシール効果を発揮し、水密性を確保する構造である。

ゴム品質は、J I S K 6353 : 1997 水道用ゴム（J W W A K 156 : 2004 水道施設用ゴム材料）の種類のうち I 類 A^(注1) が多用されている。

注1：J I S K 6353 : 1997 水道用ゴム I 類 A の用途を「管類の継手部に用いるゴム輪 { 鋳鉄管、鋼管、硬質ポリ塩化ビニル管、プレストレストコンクリート管（圧力管） } バタフライ弁の弁座用ゴム」としている。

【参考】

J I S K 6353:1997 水道用ゴム

ゴムは、スチレンブタジエンゴム（SBR）、アクリロニトリルブタジエンゴム（NBR）、ブタジエンゴム（BR）、クロロプレンゴム（CR）、エチレンプロピレンジエン系ゴム（EPDM）等の合成ゴム又は天然ゴム（NR）を主原料とし、良質な原料ゴムを用いなければならない。なお、水質によっては、天然ゴム（NR）及びイソプレンゴム（IR）は微生物により侵食されることがあるため、合成ゴム（イソプロピレンゴムを除く）の使用が望ましい。

J WWA K 156 : 2004 水道施設用ゴム材料

ゴムの材料は、スチレンブタジエンゴム（SBR）、アクリロニトリルブタジエンゴム（NBR）、エチレンプロピレンジエン系ゴム（EPDM）、クロロプレンゴム（CR）又は天然ゴム（NR）とする。なお、SBRとNR、CRとNRをブレンドすることができる。

② 圧着用鋼材

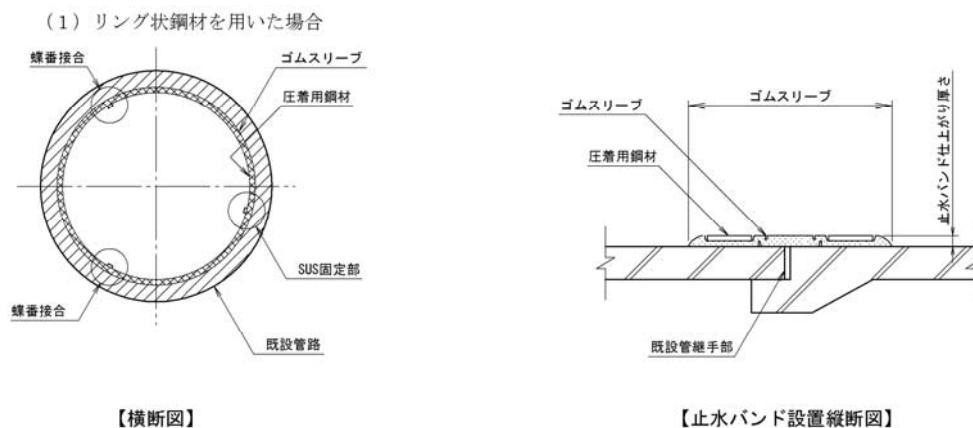
ゴムスリーブを管内面に圧着固定する鋼材（参①図 1-1 参照）の必要条件是、管内の流体が水であるため酸化による錆の発生を防止できることや、流体に含まれる化学成分等による腐食に対して耐久性を保有することである。このため、一般的には J I S に規定するオーステナイト系ステンレスの SUS 304（18Cr-8Ni）の使用が認められている。なお、SUS 304 よりも SUS 316の方が耐食性に優れる。

2) ゴムスリーブの圧着方法

① 複数のリング状鋼材を用いてゴムスリーブを圧着する方法

筒状のゴム体を使用する多くの工法がこの方式を採用している。施工方法は、ゴムスリーブを対象管路の継手位置を中心に跨ぐ形で設置し、ゴムスリーブの一方の端付近の上から円形を分割したリング状の鋼材をジャッキ等にて拡張し、鋼材の隙間に必要な寸法の鋼材を差し込む、あるいは拡張したリング状鋼材が重なり合った端部をボルト等により固定して、ゴムスリーブを管体の内面に圧着保持させる。その後、ゴムスリーブのもう一方の端を同様の方法で施工し、圧着保持させる。

この方法の特徴は、管路の軸方向変位や曲げ角度が大きい場合にも設置が可能なが挙げられる。施工に当たっては、材料に過度の変形応力を与えないために、設置時の適用範囲（既設管の間隙・段差及び角度）を明確にしておく必要がある。また、空水時の管路において外部からの水圧等によるゴムスリーブへの荷重は、内面側に支持材がないことによりクリープが働くことから、ゴムスリーブ内にカーカスベルト（ゴムを内包した繊維層）による補強、あるいはゴムスリーブ内側にリング状鋼材の設置等を施すなど、必要な対策を明確にしておく必要がある。（参①図 1-2 参照）

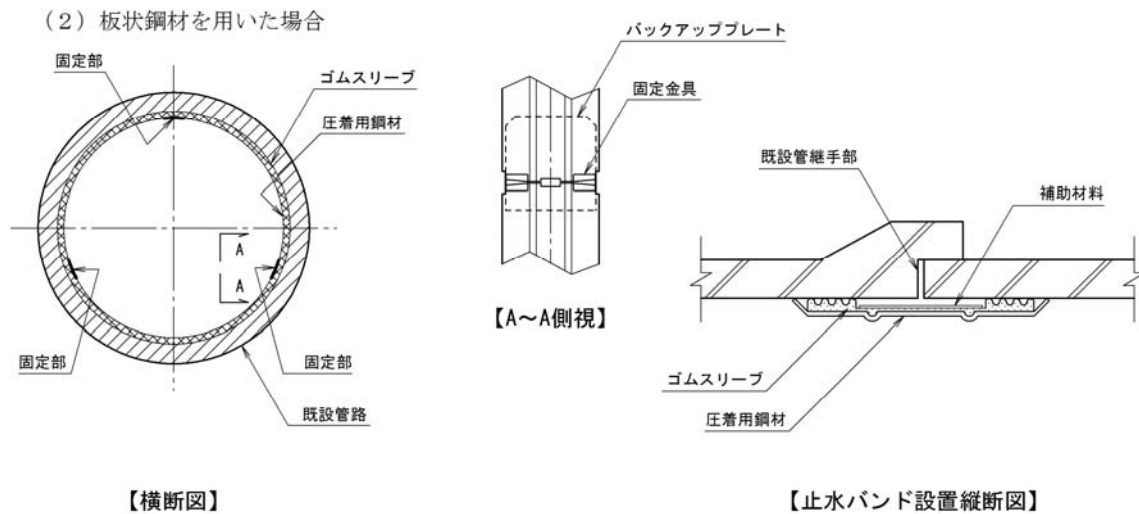


参①図 1-2 止水バンド工法の概念図（リング状鋼材を用いた場合）

② ゴムスリーブ全体を覆う板状鋼材を用いて圧着する方法

筒状のゴム体の内側に3分割あるいは4分割した圧着用鋼材を入れ、これを対象管路の継手部において継手を跨ぐ形で設置し、分割部はそれぞれジャッキを用いて拡張し、開いた隙間に合わせた大きさの拡張保持用鋼材を挿入設置して、ゴムスリーブを拡張圧着させる。

この方法は、外部からのゴムスリーブにかかる水圧に対して、ゴムスリーブ全体を覆う板状鋼材が背面から支えることで、外水圧による引張クリープによる劣化を防止できる。板状鋼材を用いる方法は、管路のせん断方向の変位（段差）と曲げ角度が大きくなるほど止水効果が失われるので注意を要する。また、内圧に対する継手隙間でのゴムの変形は、劣化を促進することとなるため、対策が求められる。（参①図 1-3 参照）



参①図 1-3 止水バンド工法の概念図（板状鋼材を用いた場合）

2 要求性能、性能照査

2.1 止水バンド工法の要求性能と性能照査

止水バンド工法の要求性能は、止水バンド工法を施したパイプライン施設の性能として設定する。

止水バンド工法の性能照査は、試験によって得られる材料及び施工の性能が、定められた基準値を満足することを適切な方法によって確認し、さらに、施工が適切に実施されることを施工計画の照査に基づいて確認する。

【解説】

(1) 性能照査の基本的な考え方

パイプラインに止水バンド工法を適用する主な目的は、施設の劣化対策であり、低下した水密性の回復である。しかし、止水バンド工法の性能照査は、水密性のみに限らず期待される効果の持続期間中に、止水バンド工法を施したパイプライン施設が所要の要求性能を満足することを確認しなければならない。

本書では、性能照査に当たっては、止水バンド工法に係る材料及び施工に要求される照査項目について、その照査項目の試験値が要求値を満足することを試験によって確認することに加え、施工後の水張り試験を行うことで性能照査とすることとした。ただし、止水バンド工法が所要の性能を有することを確認するためには、試験による確認に加えて、止水バンド工法が仕様どおりに確実に施工されるよう、施工計画が適切であることをあらかじめ確認しておかなければならない。

止水バンド工法の要求性能とその性能照査時期を参①表2.1-1に示す。

参①表 2.1-1 止水バンド工法の要求性能と照査時期

要求性能			要求項目	照査のタイミング				
				工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/ 材料承諾)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)
基本的性能	水理機能	水密性	想定される水圧（内水圧・外水圧）に対して水密を保持できる性能	○	○	○	○	○
		通水性	計画最大流量を安全に通水できる性能	—	○ 水理計算	—	○	○
	構造機能	耐久性	長期的耐久性を考慮している	○	—	○	—	○
基本的性能	構造機能	装着性	止水バンド工法として装着する材料が固定できる性能	—	—	—	○	○
		地盤追従性	今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能	—	—	—	—	△
個別的性能	構造機能	耐震性	地震動及び地盤変状に対して所定の安全性を満足する性能。地盤変状とは、地震動により生じた現地盤や埋戻しの土の液状化、地すべり、斜面崩壊、地盤沈下、地割れ等の永久的変位をいう	△	△	△	△	△
	社会的機能	水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能	○	○	○	—	—

【凡例】 “○”：照査の段階、“—”：照査の必要なし（又は実績等により省略可）、

“△”：今後の新たな技術的知見を踏まえた照査方法の検討が必要

(2) 照査方法と品質規格値の考え方

止水バンド工法を施したパイプライン施設が、所要の性能を確保するためには、使用する材料の特性及び施工方法等を考慮して要求する性能を決定し、それらを明確にしておく必要がある。

材料の照査項目の試験方法については、例えば、J I S等に規定されている試験方法を用いてその品質を確認することとし、基準値の適用に当たっては、変状や劣化要因に応じて要求される性能を考慮して設定する。

工法開発時止水バンド工法の要求性能項目に対する要求項目と照査方法及び要求値に関する基本的な考え方を参①表2.1-2に示す。J I S等に規定されている試験方法を用いて性能照査を行うことが困難な照査項目には本書で試験方法を規定する(以降、「本書に示す試験」とする)。表中で本書に示す試験と表記した水密性の照査(試験)方法の詳細は、巻末資料の「2. 各試験方法」を基本とするが、これら以外の試験方法を採用する際は、それぞれ適用するJ I S規格を参照されたい。また、以下に性能照査に関する特記事項を記す。

水密性：想定される水圧に対し所定の許容減水量以下であること。ただし、製品単体では漏水がないこと。

耐久性：止水バンドの主材料(ゴム、S U S)が、期待される長期耐久性を有すること。

装着性：止水バンド工法として装着固定した材料が脱落しないこと。

注) 不具合事例とし、止水バンドが脱落した事例がある。原因は、①施工不良(拡張不足)、②既設管の劣化により設置後に管内径が拡大して脱落、③管の偏平(ただし設置前後のたわみ量は不明)が推定される。

耐摩耗性：ゴムは柔軟であり既製管に比べ、高い耐摩耗性を有していることから性能照査は不要とする。

※バックアップ材(間詰材)を用いる場合には、バックアップ材の長期耐久性についても照査が必要である。

参①表2.1-2 止水バンド工法に求められる主な要求性能と性能照査方法

要求性能			要求項目	照査方法		要求値 (性能照査判定基準)
				試験方法	試験条件	
基本的性能	水理機能	水密性	想定される水圧（内水圧・外水圧）に対して水密を保持できる性能	内水圧試験	本書に示す試験 ・継手変位なし ・継手変位あり（ジョイント間隔・段差）	静水圧に安全率2.0を乗じた内水圧で漏水（水圧の低下）がないこと なお、長期にわたり使用する場合には静水圧に水撃圧を加えることを検討する
				外水圧試験	本書に示す試験 ・継手変位なし ・継手変位あり（たわみ）	外水圧で漏水（水圧の低下）がないこと
	構造機能	耐久性	・長期耐久性を考慮している ¹⁾	硬さ試験	JIS K 6253の5 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-硬さの求め方-第5部：硬さ試験機の校正及び検証	水道用ゴム（JIS K 6353）におけるI類Aの品質を満足すること
				引張試験	JIS K 6251 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-引張特性の求め方	水道用ゴム（JIS K 6353）におけるI類Aの品質を満足すること
				老化試験	JIS K 6257 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-熱老化特性の求め方	水道用ゴム（JIS K 6353）におけるI類Aの品質を満足すること
				圧縮永久ひずみ試験	JIS K 6262 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-常温、高温及び低温における圧縮永久ひずみの求め方	水道用ゴム（JIS K 6353）におけるI類Aの品質を満足すること
				使用鋼材の各品質試験（ミルシートによる確認）	JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯 JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯	JIS G 4304又はJIS G 4305に規定されるSUS304又はSUS316の品質を満足すること
	個別的性能	社会的機能	水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能	ゴムの浸出試験	JIS K 6353 水道用ゴム 試験方法付属書1

1) 使用する材料である SUS304 やゴム (JIS K 6353 に規定される I 類 A) は水道用の管材に用いられる材料であり、それらの材料を用いる場合には既製管と同等の長期耐久性があるとみなす。

1) 水密性：水密性（内水圧・外水圧）試験

止水バンド工法は補修工法であり、耐荷強度は既設管が受け持つことから止水バンド工法は内水圧と外水圧に対して水密性を有する必要がある。

【試験方法】

水密性の照査は、JIS等の規定がないことから巻末資料「2. 各試験方法 水密性（内水圧・外水圧）試験要領」を参考に現場条件等を踏まえつつ、行うものとする。

試験パイプに製品を設置し、内圧と外圧をそれぞれ加え、5分間保持し漏水等の異常がないことを確認する。

試験口径は、内水圧試験については任意の口径とする。外水圧試験については、口径が大きくなるにつれて外水圧の影響を受けやすいことから、承認を得ようとする適用可能最大口径とする。

内水圧試験の既設管の継手の変位については、承認を得ようとするジョイント間隔及び段差とするが、ジョイント間隔は既設管の規格値の1.5倍以下を適用範囲とする。外水圧試験の既設管の継手の変位については、承認を得ようとする扁平率とするが、既設管の規格値（とう性管において5%）以内を適用範囲とする。なお、止水バンド工法は既設管の変形が進行しない場合に適用する工法であるため、試験においても変形への追従性は要求しない。

試験ケースは、以下の4ケースとする。

- ① 内水圧試験 継手変位無し
- ② 内水圧試験 継手変位有り（ジョイント間隔・段差）
- ③ 外水圧試験 継手変位無し
- ④ 外水圧試験 継手変位有り（たわみ）

【要求値】

静水圧に安全率2.0を乗じた内水圧で漏水（水圧の低下）がないこと。

なお、長期にわたり使用する場合には静水圧に水撃圧を加えることを検討する。

外水圧で漏水（水圧の低下）がないこと。

2) 耐久性：ゴムの長期耐久性

止水バンドの製品に利用するゴムの長期耐久性を照査する。水道用ゴムと同等の性能を求める。

【試験方法】

照査の項目は、硬さ、引張試験、老化試験、圧縮ひずみ試験とする。

試験方法は、硬さ試験はJIS K 6253の5「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-硬さの求め方-第5部：硬さ試験機の校正及び検証」、引張試験はJIS K 6251「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-引張特性の求め方」、老化試験はJIS K 6257「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-熱老化特性の求め方」、圧縮ひずみ試験はJIS K 6262「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-常温、高温及び低温における圧縮永久ひずみの求め方」によるものとする。

【要求値】

水道用ゴム（J I S K 6353）におけるⅠ類Aと同等の品質を満たすこと。

3) 耐久性：鋼材の長期耐久性

止水バンドの製品に利用する鋼材について、ステンレスとしての長期耐久性を求める。

【試験方法】

使用する鋼材の各種品質を J I S G 4304「熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」又は J I S G 4305「冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」によって照査する。

【要求値】

鋼材の品質が J I S G 4304又は J I S G 4305に規定される S U S 304又は S U S 316の品質であることを満たすこと。

4) 水質適合性：ゴムの浸出試験

管路を流れる水を農業用水として利用するために、止水バンドの製品に利用するゴムからの有害物質の浸出がないことを求める。

【試験方法】

有害物質の浸出がないことを J I S K 6353「水道用ゴム」Ⅰ類Aの浸出性基準によって照査する。

【要求値】

使用するゴムが J I S K 6353「水道用ゴム」Ⅰ類Aの浸出性基準を満たすこと。

3 水理設計

第5章 反転・形成工法 5.3 水理設計を参照。

なお、止水バンドが設置されている場合の損失水頭は、第5章 反転・形成工法の5.3.4 水理計算 4)管路更生の端部処理による損失水頭の①急拡による損失と②急縮による損失を参考に算出することができる。ただし、連続して多数設置した場合の損失水頭への影響は明らかになっておらず、今後の課題である。

4 構造設計

4.1 止水バンド工法の構造設計

止水バンド工法については、計算による構造設計は行わないものとし、内水圧及び外水圧に対する性能照査試験を満足する製品を採用する。

【解説】

止水バンド工法は既設管が構造耐力を有する路線に適用することから、内水圧及び外水圧に対する性能照査試験を確認し、現場条件に適した製品を採用する。

5 施工方法

5.1 止水工法の施工

止水工法は、継目の漏水防止、単管のひび割れ補修が対象となるが、既設管本体が健全であり、管路ユニットが機能している場合に部分的に採用される工法である。施工に当たっては、管路内における人力作業であること、既設管に直接設置する工法であること、設置箇所ごとの性能検査が困難であること等に鑑み、施工安全性の確保、所定の耐用期間の性能維持のために施工現場の状況も考慮した計画の下で施工を行うことが求められる。

【解説】

本書で対象とする止水工法は、継目の漏水防止の止水バンド工法であり、管路内の特定箇所に人力で設置するものであることから、作業の安全性確保が優先される。管路内の排水による空水状態の維持、換気による管内空気に必要な酸素濃度維持、有害物質等の除去等人体に有害な状態の排除を確実に行うことが必須である。資機材の搬入に当たり、搬入口となる場所の確保及びその設置は、作業に要する空間の大きさと時間的な要素を加味して行う必要がある。また、管内作業中の非常時における連絡方法が確保され、作業者が安全に避難等を行える状態を施工期間中継続的に確保する必要がある。これらは、事前の施工計画において定め、安全を脅かす行為等の排除に努める必要がある。

さらに、施工計画と実際の管内状態に差異が見受けられた場合の対処の方法について施工計画に反映しておくことが求められる。

5.2 止水バンド工法の施工

止水バンド工法の施工は、次の5項目の順に行う。

- (1) 施工前現場実測
- (2) 施工前管路内調査
- (3) 事前処理工
- (4) 使用材料の搬入
- (5) 止水バンドの設置

【解説】

(1) 施工前現場実測

適切な使用材料を選定するために、既設管口径、継手の段差、隙間、部分的な管路の損傷や欠損の有無等について必要に応じて実測する。

(2) 施工前管路内調査

施工計画の策定に当たっては、当該現場の実態を把握すべく施工前に現地調査と搬入孔の位置、形状、寸法、作業安全性等の確認を行う。次に、管内の酸素濃度等を確認した後、管路内の調査を行い、施工に支障となる事象（滞留水、堆積物、浸入水等）の確認や必要な計測等を行う。

【実施内容及び留意点】

① 換気口となる分土工・立坑の形状寸法確認

図面等によってあらかじめ得た情報を確認・実測する。

搬入経路と材料・作業員の移動時間を予測する。

分土工・立坑の形状寸法、深さ、流入管路口径、そのほか施工時に支障となりそうな要因がないか確認する。

② 既設管口径の実測

既設管の口径を測定するとともに、段差、隙間、屈曲等を確認する。

施工適用範囲内であることを確認する。管路内調査等の結果、適用範囲外である場合は対策工法を検討する。

③ 事前処理工の検討

事前処理を行う必要のある、堆積物、鉄筋の突出、浸入水等の有無を確認し、それらが認められた場合は、事前処理方法等の検討を行う。

④ そのほか、現場周辺の状況を確認し、工事車両の進入路や配置等の検討を行う。

(3) 事前処理工

施工前管路内調査の結果に基づき、必要に応じて事前処理工を行う。施工に支障を来す要因の内容に基づいて処理方法を決定し、作業を行う。

【実施内容及び留意点】

① 継手部分の付着物等の除去

管路内の堆積物や付着物等は、止水バンド工法の品質確保に影響するため、必要に応じて高圧洗浄等を用い、完全に除去する。

② 多量の浸入水の仮止水

止水バンド工法の施工に悪影響をもたらすような多量の浸入水がある場合は、仮止水を行う。仮止水の方法については、急結セメントや止水剤の注入等による止水の方法を検討し、当該現場に最も適した方法で行う。

(4) 使用材料の搬入

所定の搬入経路を使用して材料を所定の取り付け箇所に搬入する。口径や寸法の間違いないよう表示を確認し、記録する。

なお、搬入等の移送時に使用材料の損傷を防止する処置を施して搬送する。

(5) 止水バンドの設置

出来形に悪影響を及ぼす可能性のある土砂、小石、管壁破損片等を完全に除去する。当該箇所に使用材料等を搬入し、位置のずれが発生しないようにマーキングするなどして、正確に設置する。

また、施設の供用による止水バンドのずれや脱落がないことをモニタリングで確認できるように、止水バンドの設置完了後には、止水バンドの上流側の既設管との境界に油性のペイントマーカーで標線を記入する。

6 施工管理と完成検査

6.1 施工計画

パイプラインの対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するため、施工過程の各段階において各々の品質を確認することが重要である。施工計画時には施工計画書、材料の承諾、保管管理、対策範囲の確認を行う。

【解説】

施工計画時に施工計画書、材料の承諾、保管管理、対策範囲について、良質な工事目的物を完成させるために必要な事項を確認する。対策工事の施工前に必要となる主な事項を参①図 6.1-1 に示す。

フロー	内容	根拠規定等
施工計画書	1) 工事概要 2) 計画工程表 3) 現場組織表 4) 主要機械 5) 主要資材 6) 施工方法 7) 施工管理計画 8) 緊急時の体制及び対応 9) 交通管理 10) 安全管理 11) 仮設備計画 12) 環境対策 13) 再生資源の利用の促進と建設副産物適正処理方法 14) その他	土木工事共通仕様書第1-1-5条に規定
材料の承諾	材料の見本又は資料の提出	土木工事共通仕様書第2-1-2条に規定 特別仕様書に規定
	材料の試験及び検査	土木工事共通仕様書第2-1-3条に規定 特別仕様書に規定
保管管理	工事に使用する材料を、受入検査確認後現地で貯蔵保管する際は、品質規格を満足する性能を維持できるように保管しなければならない。	土木工事共通仕様書第2-1-4条に規定
対策範囲の確認	対策範囲は設計図書により、対策工法等を行う位置及び範囲を確認する。 設計図書に記載のない、変状等の対象範囲が確認された場合は、図面・写真等に整理し、その対応について協議する。	土木工事共通仕様書第1-1-3条に規定

参①図 6.1-1 施工前に必要となる主な事項

6.1.1 施工計画書

工事着手前に、工事目的物を完成させるために必要な手順や工法等を記載した施工計画書の内容を確認する。また、施工中においては、記載内容の遵守を確認する。

【解説】

施工計画とは、図面・仕様書等に定められた工事目的物をどのような施工方法・段取りで所定の工期内に適正な費用で安全に施工するか、工事途中の管理をどうするか等を定めたものであり、工事の施工、及び施工管理の最も基本となるものである。

施工計画書には、次の事項が記載されていることを確認する。なお、施工現場の特殊性に基づく追記事項が必要な場合は、対象となる特殊事項についての記載を確認する。

(1) 施工計画書に定めるべき事項

- | | |
|-----------|----------------------------|
| 1) 工事概要 | 8) 緊急時の体制及び対応 |
| 2) 計画工程表 | 9) 交通管理 |
| 3) 現場組織表 | 10) 安全管理 |
| 4) 主要機械 | 11) 仮設備計画 |
| 5) 主要資材 | 12) 環境対策 |
| 6) 施工方法 | 13) 再生資源の利用の促進と建設副産物適正処理方法 |
| 7) 施工管理計画 | 14) その他 |

(2) 計画工程表

工程計画の確認では、設計図書（図面、特別仕様書、土木工事共通仕様書、現場説明書及び現場説明に対する質問回答書）の内容を勘案し、周辺住民の生活に支障を来さないように、施工可能な適切な工事の範囲をあらかじめ確認し、必要な作業時間、養生時間等に基づき工程計画が作成されていることを確認する。

施工時間の制約となる主な条件とは、① 交通管理者の道路使用許可時間、② 作業帯の設置・撤去時間、③ 管路の通水停止可能時間等である。農業用パイプラインの長寿命化対策においては、非かんがい期に実施する場合が多く、施工期間に制約がある場合が多いため、工事の全容を早期に把握することにより、工程管理に反映させる必要がある。

このため、各施工区間のサイクルタイムを示した工程表が作成され、作業責任者の管理の下で施工が行われているかを確認する。

(3) 現場組織表

職務分担及び緊急時の連絡体制では、次の事項を確認する。

1) 主任技術者及び監理技術者

主任技術者及び監理技術者は、建設業法に定める有資格者でなければならない。施工管理手法が従来の管工事と異なるため、工事を熟知した専門技術者を常駐させなければならない。

(4) 主要資材

耐荷性、水理機能等の仕様を満足することを性能照査試験結果で確認する。

(5) 施工方法

施工方法は、既設管の状況、交通事情等を現場の施工条件に照らし合わせ、当該現場で適用可能であるか、品質・要求性能を満足するかなどの確認を行う。

(6) 緊急時の体制及び対応

緊急事態が発生した場合は、直ちに応急処置を講じるとともに、緊急連絡体制に基づき、関係機関に連絡通報し、指示に従い対応できるよう徹底すること。

(7) 安全管理

管路内作業においては、有毒ガス・酸素欠乏、水流等に対して十分な安全確保が重要である。

特に、近年多発する豪雨による工事現場周辺部での内水氾濫には十分な対策を講じる必要がある。このため、急激な流入水に遭遇しないための体制と危険予防のための連絡システムを講じる。

(8) 仮設備計画

施工に先立ち現場の機器設置スペース及び附帯工の位置が確認され、適切に工事設備を設置する必要がある。

(9) 環境対策

材料自体の化管法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）の遵守、施工時の騒音、振動、悪臭等に対する周辺環境への対策を確実にする計画を記載する。

(10) その他

準備工、後片付け工、水替え工等についても、施工概要、使用する主要資機材等の内容を確認する。

工事の施工に先立ち、周辺住民に工事の内容を説明し、理解と協力を求め、工事を円滑に進行する。

6.1.2 材料の承諾

(1) 見本・資料の提出

使用する材料（工法）は、見本、カタログ、試験成績書等により、使用前に要求性能を満足していることを確認した後承諾する。また、原則として写真撮影等の自主検査を行うものとする。

(2) 材料（工法）の品質試験

使用する材料（工法）の要求性能は、適正に実施された試験の結果により確認しなければならない。

【解説】

(1) 見本・資料の提出

パイプラインの対策工事に使用する材料（工法）は、設計図書に示す品質規格を満足するものでなければならない。設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-2 材料の見本又は資料の提出」に基づき、使用前に、見本、カタログ、試験成績書等を提出し、監督職員の承諾を得るものとする。また、現場搬入時、受注者において検査を実施し、記録に残すものとする。

なお、設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-3 材料の試験及び検査」に基づき、使用前に監督職員立ち会いの下、検査又は試験を行い、その結果を記録、報告しなければならない。

(2) 材料の品質試験

適正な試験結果を得るためには、適切に管理された試験体制と試験機器により、日本工業規格（JIS）等の規格書や本書の巻末資料に示す「2. 各試験方法」に基づき、正しい手順で試験を行う必要がある。

対策工法に使用する材料（工法）の品質規格は、公的機関等の第三者機関において実施される試験、又は立会試験により照査された結果で確認する。

材料（工法）は適正な管理下で製造されたこと、性能照査試験の実施時と同じ材料であることを証明する必要があり、材料の製造証明書で確認を行う。なお、材料、構造及び施工要領等に変更があった場合には、改めて品質試験を実施しなければならない。

6.1.3 材料の保管及び搬送・搬入

受注者は、対策工法に使用する材料について、所定の品質が保持されるよう、受入検査後の現場内保管、及び搬送・搬入時・施工時のいずれにおいても適正に管理を行わなければならない。

【解説】

(1) 材料管理について

土木工事共通仕様書「2-1-4 材料の保管管理」に基づき、材料の特性に留意して保管しなければならない。

対策工法に使用する材料は、雨水や湿気による吸湿及び温度変化や直射日光の照射により品質が劣化するおそれがある。

また、搬送・搬入時の衝撃による損傷等にも留意する必要がある。

6.1.4 対策範囲の確認

受注者は、設計図書により、対策位置及び範囲を確認する。

【解説】

土木工事共通仕様書「1-1-3 設計図書の照査等」に基づき、設計図書と現地の照査を行うものとする。設計図書に記載のない、ひび割れ、漏水等の劣化が確認された場合には、図面・写真等に整理し、その対応について監督職員と協議する。

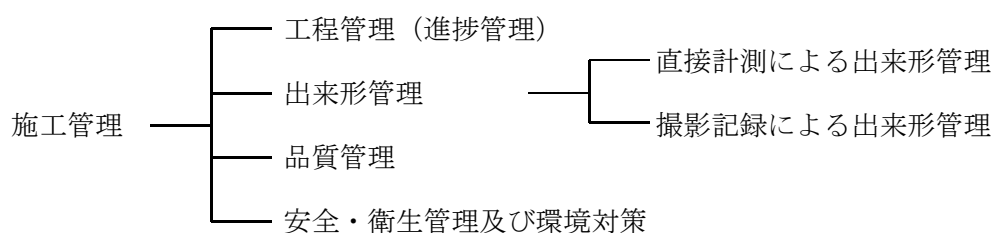
6.2 施工管理

- (1) 施工管理は、補修工事の対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するよう、各工法の特徴を踏まえ、適切に行わなければならない。そのため、施工過程の各段階において適切な管理を実施しなければならない。
- (2) 施工後の維持管理及び将来の保全のために、施工管理の記録を保持しなければならない。

【解説】

(1) について

施工管理の基本構成は、参①図 6.2-1 に示すとおりである。



参①図 6.2-1 施工管理の基本構成

パイプラインの対策工法には、各工法の特徴があり、要求性能を満足する施工品質及び出来形を確保するため、材料及び工法の特徴や施工における留意事項を理解し、適切に施工しなければならない。

その際、参①表 6.2-1 に示す基準等のほか、発注契約における特別仕様書等に基づき、適切な施工管理を行う必要がある。

参①表 6.2-1 対策工法の施工管理において準拠すべき基準等

基準等	備考
土木工事共通仕様書	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定
土木工事施工管理基準	農林水産省農村振興局整備部設計課 制定

(2) について

対策工事の施工の際、適宜、施工管理の記録を残すものとする。施工後の施設の維持管理のほか、モニタリングにより得られた情報と併せて蓄積し、将来の保全管理に役立てるため、適切に記録し、必要なタイミングで活用できるように保管しておくことが重要である。

6.2.1 出来形管理

(1) 直接測定による出来形管理

工事の出来形を確保するため、工作物の寸法、基準高等の測定項目を施工順序に従い直接測定し、その都度、結果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

(2) 撮影記録による出来形管理

出来形測定、品質管理を実施した場合、また施工段階（区切り）及び施工進行過程が確認できるよう撮影基準等に基づいて撮影記録を行い、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

(1) 直接測定による出来形管理

出来形管理は、工事で施工された目的物が、発注者の意図する契約条件に対して、どのように施工されているかを調べ、条件に不満足なものを早期に発見し、原因を追求して改善を図ることを目的とする。

パイプラインの対策工事における直接測定による出来形管理は、工作物の形状寸法等を施工の順序に従い直接測定して設計値と実測値を対比・記録し、測定の都度、管理図表、結果一覧表又は構造図に朱記、併記等を行う。管理基準値に対するバラツキの度合いを管理し、適切な是正措置を講じるものとする。

以上から、土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における測定基準、管理基準値及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。

1) 管理を行う測点の選定

施工計画書に定める管理測点は、現場条件を考慮した上で選定する。

2) 管理基準値

管理基準値は、測定値が規格値の範囲内に収まるよう受注者が施工管理の目標値とするものである。

3) 規格値

規格値は、設計値と出来形の差の限界値であり、測定値は全て規格値の範囲内になければならない。

4) 管理方式

出来形管理は、規格値に対する“ゆとり”と出来形数量確認の2つの目的で実施され、工事完成後において目的物を発注者に引き渡すためのデータとして不可欠のものである。管理方式は、以下のように分類される。

管理方式	{	管理図表によるもの……………	管理値が20点（測定数）以上の場合
		結果一覧表によるもの……………	管理値が20点（測定数）未満の場合
		構造図に朱記するもの……………	管理値が箇所単位の場合
		記録を要しないもの……………	管理基準の測定項目になっていない場合

(2) 撮影記録による出来形管理

補修工事の撮影記録による出来形管理は、施工完了後、確認できない箇所が出来形・出来高数量、施工の状態等、施工段階ごとの進行過程を写真により確認するために行う。

よって、撮影記録による出来形管理箇所は、原則として直接測定による出来形管理の場合と同一箇所を選定する。

土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における撮影基準、撮影箇所等を定め、これに従って管理しなければならない。「6.3.2 止水バンド工法の出来形管理及び品質管理」に撮影箇所、内容、撮影頻度について記載する。

そのほか、管理に当たって、以下の点に留意して行うものとし、工事写真の保管と管理を適切に行い、必要に応じて提示するとともに、検査時に提出する。

1) 撮影内容の表示

撮影に当たっては、形状・寸法及び位置が判明できるよう黒板と箱尺、ノギス等を目的物に添えるものとする。黒板には、撮影日、測点、設計寸法、実測寸法及び略図を記入する。

2) 拡大写真

ある箇所の一部分を拡大して撮影する必要がある場合は、その箇所の全景を撮影した後、拡大撮影する部分の位置が確認できるように撮影する。

6.2.2 品質管理

工事の品質を確保するため、材料の品質及び施工段階での品質について、試験を実施し、その都度、成果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

【解説】

品質管理は、施工管理の一環として、工程管理、出来形管理と併せて行い、統計的手法を応用して問題点や改善の方法を見出し、所期の目的である工事の品質、安定した工程及び適切な出来形を確保するものである。

パイプラインの対策工法では、使用する材料・工法の材料品質や現場における施工段階ごとの施工品質について、各々の試験（測定）の項目、方法、基準、規格値、測定値の管理手法等を定め、それに従って管理を行うことや、上記の基準等を守るために、施工における作業方法や手順、注意事項等に関する規定を定めることも含まれる。

上記から、土木工事施工管理基準、共通仕様書、特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、材料品質及び各施工段階における施工品質の管理基準及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。また、施工後のパイプラインの水密性、安全性を確認するため、通水試験（漏水試験）を行うとともに、試験的な送水を行ってパイプラインの機能性を確認することが望ましい。通水試験の方法は、土木工事施工管理基準の参考資料に準拠する。

なお、品質管理における試験及び測定値は全て、上記により定めた規格値の範囲内になければならない。

6.2.3 安全・衛生管理

労働災害はもとより、物件損害等の未然防止に努めるため、関連仕様書の定めるところに従い、その防止に必要な措置を行うものとする。

- (1) 止水バンド工法における安全管理
 - 1) 有資格者の適正配置
 - 2) 施工前の安全対策（情報収集）
 - 3) 施工時の安全対策
 - 4) 災害防止について
- (2) 酸素欠乏症、有毒ガス等の安全処置
 - 1) 酸素濃度及び有毒ガス濃度
 - 2) 測定方法と留意事項
 - 3) 測定箇所
 - 4) 酸素欠乏が発生しやすい場所
 - 5) 硫化水素が発生しやすい場所
 - 6) 換気
 - 7) 保護具
- (3) 安全に関する研修、訓練

【解説】

(1) 「止水バンド工法における安全管理」について

1) 有資格者の適正配置

- ① 酸素欠乏、硫化水素危険作業主任者

2) 施工前の安全対策（情報収集）

- ① 施工現場周辺の排水系統、排水施設、排水条件等を事前に確認する。
- ② 当日の気象情報を天気予報等より把握し、立坑等から降雨が入らないように対策を講じる。
- ③ 管路内で発生が予想される有毒ガス、酸欠空気、可燃性ガス等の有無を調査する。

3) 施工時の安全対策

- ① 管内作業員は、管内への浸入水等の異変を感じた場合には、直ちに作業を中断し、地上に避難する。
- ② 管内連絡体制は、立坑に各1名監視員を配置し緊急時に備える。
- ③ 地上監視員と管内作業員との連絡は重要であるため、現場状況に応じた連絡体制をとる。
- ④ 管内作業員を明確にするために、作業員名板を地上の搬入口箇所に設置する。個人ごとに退出を確認し、全作業員が退出したことを確認した後に、送風機、ガス検知器等を撤収する。
- ⑤ 燃焼、爆発の原因となる着火源を作業帯に置かせない。また、静電気によるスパークにも十分注意する。

4) 災害防止について

- ① 緊急時に備え救出用装備、救出方法等の訓練を実施する。
- ② 救出に備え、有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を現場に常設し、直ちに装備できる場所に

保管する。

- ③ 引火性物質を使用する場合は、必ず現場に消火器を常設する。

(2) 「酸素欠乏症、有毒ガス等の安全処置」について

既設管内での作業となるため、酸素欠乏や有毒ガス等に対する安全処置が必要である。作業前に酸素濃度や硫化水素濃度を測定し、安全を確認して管路内に入る。

なお、作業前に濃度が異常値を示している場合は、有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を着用して調査する。

1) 酸素濃度及び有毒ガス濃度

- ① 酸素濃度…………… 18%以上を確認
- ② 硫化水素濃度…………… 10ppm 以下を確認
- ③ 溶媒から発生するガス濃度 …… 20ppm 以下を確認（作業環境評価基準濃度 20ppm 以下）
- ④ 一酸化炭素濃度…………… 50ppm 以下を確認

2) 測定方法と留意事項

- ① マンホール鉄蓋を開けた直後は、酸欠空気、硫化水素等が吐き出されるおそれがあるので決してマンホール内部をのぞかない。
- ② 測定者（有資格者）は、測定方法について十分習熟する。
- ③ 測定者は、必ず1人以上の補助者の監視の下で測定を行うものとする。
- ④ 転落のおそれがあるところでは、監視人が測定者を監視するとともに命綱等を装備させ、安全を確認する。
- ⑤ 土砂の堆積や滞水のある場所での作業では、測定者は携帯用ガス測定器により、事前に安全を確認しながら作業を行うものとする。
- ⑥ 測定者は、メタンガス等の可燃性ガスが存在するおそれがある場所では、圧縮酸素放出式マスクを使用しない。
- ⑦ 管内作業中は、携帯用測定器で連続的に測定する。

3) 測定箇所

- ① 作業場所に硫化水素が発生、侵入又は停滞するおそれのある場所
- ② 作業場所に酸素欠乏が発生するおそれのある場所
- ③ 作業に伴って作業員が立ち入る箇所

4) 酸素欠乏が発生しやすい場所

- ① 上部に不透水層がある砂れき層のうち含水・湧水がない又は少ない部分、第1鉄塩類又は第1マンガン塩類を含有している地層、メタン・エタン又はブタンを含有している地層、炭酸水を湧出している又は湧出するおそれのある地層、腐泥層等の地層に接している又は通じる内部
- ② 附帯工、保護工ピットの内部
- ③ 雨水、河川の流水若しくは湧水が滞水している、又は滞留したことがある箇所

5) 硫化水素が発生しやすい場所

- ① 伏越した下流部、上流部
- ② 泥が堆積しやすい箇所

- ③ 管路施設内の硫化水素濃度は、1日の時間帯及び季節により大きく変動するため注意が必要である。

6) 換気

- ① 硫化水素や酸素欠乏の発生が予想される箇所では、作業前から換気を実施し、作業終了後、管路内に作業員がいないことを確認するまで換気を継続する。
- ② 換気方法は、外気の風向きを考慮してファン等を設置し、一方から送気、他方から外へ排気することにより、安全が確認できるまで管路内の換気を行うものとする。
- ③ 作業前の換気時間は、送風機の能力と管路内容積から、管路内の空気が入れ替わる時間の3～5倍の時間をもって換気時間の目安とする。その後、ガス濃度測定を行い、安全を確認した後、作業員を立ち入らせ、作業員が管路内にいる間は換気を続ける。

7) 保護具

異常時には直ちに有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具を用いられるように作業場所や立坑入口部に配置するとともに、作業員全員が確実に装着及び使用できるよう日常的訓練を励行する。また、転落のおそれのある場所では安全帯を使用する。

(3) 「安全に関する研修、訓練」について

労働安全関係法令に基づく安全活動の実施とともに、現場作業の安全を確保するため、「KYK」（危険予知活動）や「TBM」（ツールボックスミーティング）の励行を求める。

6.3 止水バンド工法の施工管理

6.3.1 止水バンド工法の材料の承諾及び保管管理

使用材料は、監督職員の承諾を得ることとする。材料種別ごとに、本書が示す規格を満足していることを確認する。また、適正な保管管理を行わなければならない。

【解説】

(1) 材料の承諾

1) 材料の品質確認

材料の品質確認は、材質と形状に分けて行う。事前に提出する材料承諾の書類において、参①表 6.3.1-1の項目を示すこととする。なお、使用するゴムの品質は J I S K 6353に規定する I 類 A 種とし参①表 6.3.1-2を確認する。また、鋼材の品質は、J I S G 4304、J I S G 4305に規定するステンレス鋼材とし参①表 6.3.1-3を確認する。

参①表 6.3.1-1 材料承諾の書類に添付すべき書類

	ゴムスリーブ	圧着用鋼材	副資材	備考
種類（種別）	○	○	○	
JIS 分類	○	○	○	
製品規格書	○	○	○	
製品図	○	○	○	
物性試験結果表	○	○	○	公的機関等
試験結果報告書	○	○	○	

物性試験結果表：公的機関又は J I S 認定工場とする。

試験結果報告書：製品製造時の単位ごととする。

必要に応じてバックアップ材についても確認する。

参①表 6.3.1-2 ゴム材料の試験報告項目

試験項目		試験方法等	規 格
品質	種類の明示	JIS K 6353	
デュロメータ硬さ		JIS K 6253 の 5	分類による許容差内
引張試験	7.0MPa (71.4kgf/cm ²) 荷重時の伸び	JIS K 6251	分類による値以下
	引張強さ	JIS K 6251	分類による値以上
	伸び (%)	JIS K 6251	分類による値以上
促進老化試験	引張強さ変化率 (%)	JIS K 6257	分類による値以内
	伸び変化率 (%)	JIS K 6257	分類による値以内
	デュロメータ硬さの変化 (H _A)	JIS K 6257	分類による規格値内
圧縮永久ひずみ (%)	70℃±1℃×22hr	JIS K 6252	分類による値以下

※JIS K 6353(1997)抜粋を参照

JIS K 6353 (1997) 抜粋

種類		デュロメータ硬さ	デュロメータ硬さの許容差	引張試験			老化試験			圧縮永久ひずみ% (以下)
				7.0MPa {71.4kgf/cm ² } 荷重時の伸び % (以下)	引張強さ MPa {kgf/cm ² } (以上)	伸び % (以上)	引張強さ 変化率% (以内)	伸び 変化率% (以内)	デュロメータ硬さの変化 H _A	
I 類 (°)	A	H _A (タイプA)								
		70	±5	200	18 (°) {184}	300	-20	+10 -20	+7 0	20
		65	±5	250	18 (°) {184}	400	-20	+10 -30	+7 0	20
		60	±5	300	18 (°) {184}	400	-20	+10 -30	+7 0	20
		55	±5	350	18 (°) {184}	400	-20	+10 -30	+7 0	20
		50	±5	400	18 (°) {184}	400	-20	+10 -30	+7 0	20
	B	65	±5	-	18 (°) {184}	450	-40 (°)	+10 (°) -40	+5 (°) 0	20
		50	±5	-	18 (°) {184}	450	-40 (°)	+10 (°) -40	+5 (°) 0	20

参①表 6.3.1-3 使用鋼材の試験報告項目

用途	項目	規格等
圧着用鋼材	種類の明示	JIS G4304、JIS G4305 に準拠
	耐力	
	引張強さ	
	伸び	
	硬さ等	
	質量	
	寸法	
ボルト等	種類の明示	JIS B1180 等に準拠
	鋼種	
	寸法	

2) 試験結果等の確認

施工に先立ち、使用する工法が製造メーカーの施工要領に従って施工した場合、十分に性能を発揮できることを証明する試験結果報告書等を示すこととする。

材料あるいは施工要領等に変更がある場合には、改めて立会試験等による承諾を得る必要がある。試験結果等の品質証明事項は、参①表6.3.1-4のとおりとする。

参①表 6.3.1-4 試験結果等の品質証明事項

工法内容の確認	製造メーカーの施工要領
工法試験結果報告書	内水圧性能試験結果報告書
	外水圧性能試験結果報告書
	曲げ変位内水圧性能試験結果報告書
使用材料	使用材料検査結果表
通水性能	施工後の通水性能計算書

(2) 保管管理

現場保管時のゴムスリーブの紫外線劣化に留意する。

6.3.2 止水バンド工法の出来形管理及び品質管理

止水バンド工法の施工管理においては、次の項目について確認を行う。

- (1) 出来形管理は、製造メーカーの施工要領に従い、仕上がり厚さや圧着用鋼材の寸法、あるいは固定ボルトの締め付け力等の管理を行う。
- (2) 品質管理は、水密性の確認のために水張り試験を行う。

【解説】

既設管に施工する止水バンド工法は、施工対象箇所の全てが同一状態にあるとはいえない。むしろ全ての箇所が異なった状態にあると考えて対処する必要がある。製造メーカーの施工要領に示された施工方法の限界を考慮・検討し、関係者間の連絡を緊密に行い、承諾の下で最適な方法で施工するために、施工管理を行う必要がある。

(1) 出来形管理

止水バンドの設置、拡張装着に際し、製造メーカーの施工要領に従い仕上がり厚さや圧着用鋼材の寸法、あるいは固定ボルトの締め付け力等、作業工程ごとに必要な事項・数値を記録するとともに、材料の適切な設置固定が行われていることを確認する。

記録は誤りのないように写真とともに保管する。工事記録写真等の内容及び撮影頻度、参①表 6.3.2-1 に示す検査結果、写真データ等の記録を確認する。

参①表 6.3.2-1 工事写真撮影要領（止水バンド工法）

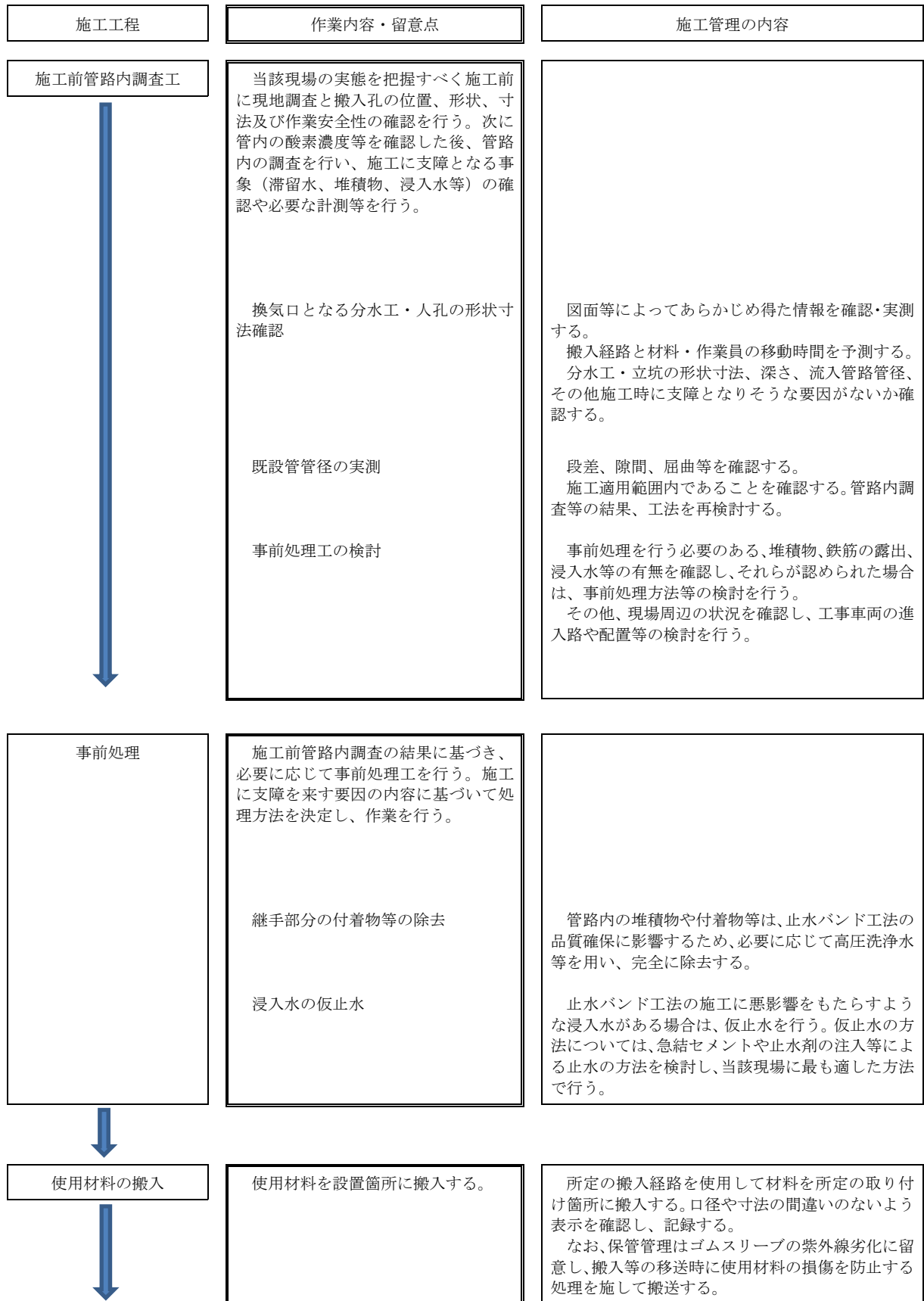
工 種	撮影箇所及び内容	撮影頻度
現場概要	・ 施工箇所の概況を同一箇所、同一方向 (同一方向：起点から終点を望む方向)	・ 工事施工箇所の起点、主要中間点及び終点ごと
材料・品質等	・ 施工前の使用材料の保管状況 ・ 施工前の使用材料の確認状況（ロット番号等）	・ 適宜 ・ 適宜
事前処理工	施工状況 ・ 管内洗浄状況（施工前・施工後） ・ 障害物の除去状況（施工前・施工後） ・ 止水状況（施工前・施工後）	・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと
止水バンド設置工	施工状況 ・ 止水バンド設置状況 ・ 施工中の状況	・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと
	出来形管理 ・ 仕上がり厚さや圧着用鋼材の寸法、あるいは固定ボルトの締め付け力、仕上がり状況等 注) 仕上がり状況は、モニタリングのために止水バンドの上流側の既設管との境界に油性のペイントマーカで標線を入れた状態で撮影する。	・ 施工箇所ごと
水替え工	施工状況 ・ 水替え状況	・ 適宜
更生設備工	各種使用機材設置状況 ・ 使用機器	・ 適宜

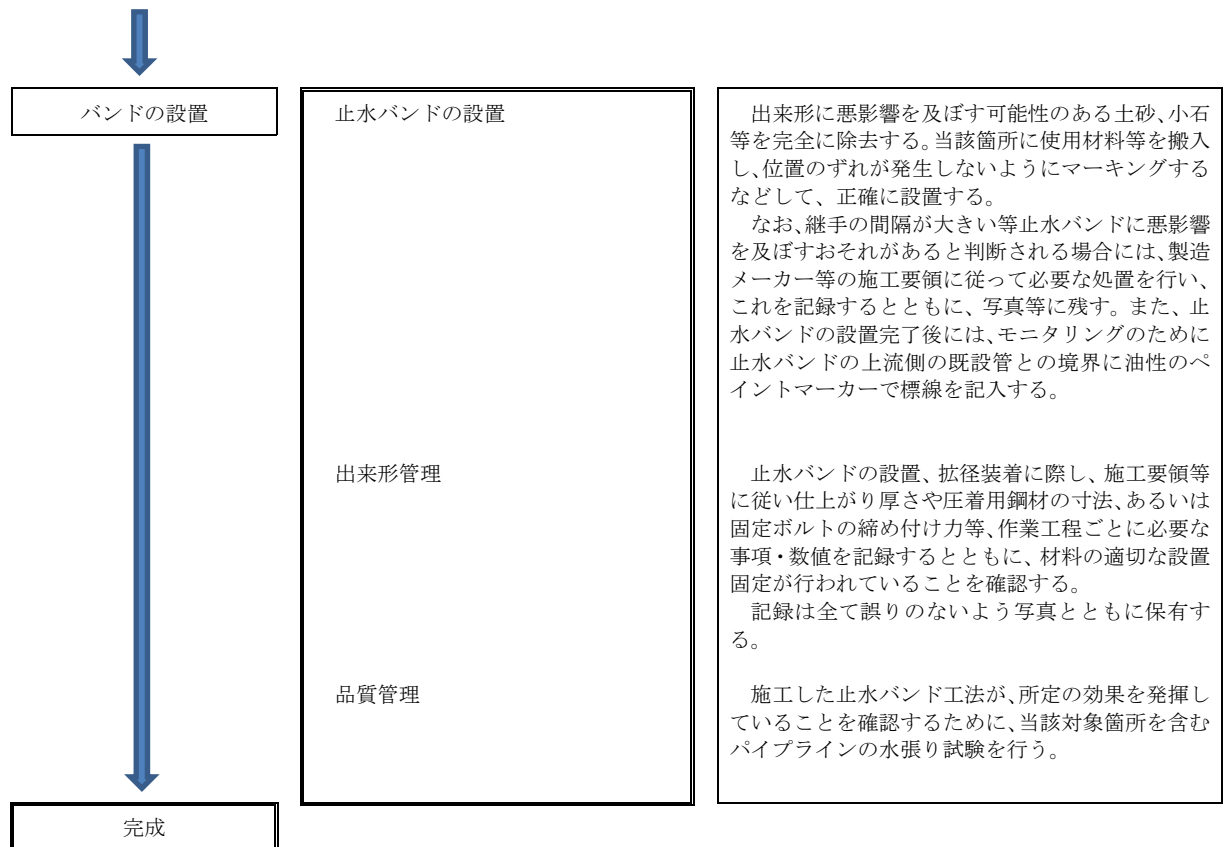
(2) 品質管理

所定の施工サイクルが適切に遂行されることに加え、目的である漏水防止が遂行されたか否かを確認するために通水試験を行う。

止水バンド工法施工後は、当該対象箇所を含むスパンを密閉し、水張り試験を行い、一定時間内における減水量が基準値以内であることを確認することを基本とする。

(参考) 止水バンド工法の概略施工手順





参①図 6. 3. 2-1 施工段階ごとの施工管理の例（止水バンド工法）

6.4 完成検査

工事後、関係書類に基づき、工事の実施状況、出来形及び品質について検査を実施する。

【解説】

工事の出来形及び品質の検査は、位置、出来形寸法、品質及び出来ばえについて、仕様書、図面その他関係図書と対比して行うものとする。

7 長寿命化対策後の施設のモニタリング

7.1 モニタリングの目的

第6章 長寿命化対策後の施設のモニタリング 6.1 モニタリングの目的を参照。

7.2 モニタリングの実施

第6章 長寿命化対策後の施設のモニタリング 6.2 モニタリングの実施を参照。

7.3 止水バンド工法のモニタリング

止水バンド工法のモニタリングは、目視調査（計測等）が基本的な調査手法として挙げられる。

【解説】

(1) 実施方法

止水バンド工法のモニタリングは、要求性能項目や施工に当たっての管理項目を参考に、現地（管内）で定量的に評価できる項目とする。特に長期にわたって使用する場合には、緩みやずれが懸念されるため、モニタリングによる状態確認を行うことが重要である。

止水バンド工法は、水密性を確保するためボルトで締め付け止水ゴムを圧縮している。このため、止水バンド設置時に計測される止水ゴム厚に対してはノギスによる厚さ変化量計測、ゴムの性能に対しては目視によるゴムの亀裂等の調査、固定金具の緩みが無いかの調査を行うこととする。既設管がとう性管の場合には、パイプの変形に応じて止水バンドも変形が生じるため、固定金具の緩みの調査は重要である。固定金具に緩み等が見受けられた場合、各金具を増し締めすることとなるが、とう性管では固定金具の増し締めで既設管に過剰な負荷をかけないように、トルクやレンチの回転数を確認し、各金具を均等に増し締めすることに留意する。

目視調査や計測調査の結果、異常が認められた場合には、水張り試験や流量観測等の調査を追加検討する必要がある（表参①表 7.3-1）。

参①表 7.3-1 止水バンド工法のモニタリング項目及び手法（参考）

要求性能		想定される変状	モニタリング項目	モニタリング手法
水理機能	水密性	浸入水（漏水、漏水跡）	漏水の有無	目視 水張り試験
	通水性	通水量の減少	通水量の確認	流量観測（流量や圧力計測による止水バンド設置前後の比較評価等） 聞き取り調査（施設管理者へ通水状況を聞き取る）
構造機能	耐荷性 耐久性	亀裂・ひび割れ、発錆等 既設管のひび割れ、漏水等	止水バンドの状態（左記変状の有無） 既設管の状況	目視
			止水バンドの厚さ（ゴムスリーブの仕上り高さ） （上下流×上下左右の8点）	計測（ディプスゲージ、ノギス等）
			止水バンド部内空断面（上下・左右の2点） 注）とう性管の場合、既設管の内空断面・たわみ	計測（メジャーポール等） 注）緩みやずれの原因の確認するために測定
	装着性 地盤追従性	固定金具の緩み、脱落 止水バンドのずれ、脱落等	固定金具の緩み、止水バンドのずれ、脱落	目視
			固定ボルト締付圧力	トルクレンチ測定 ※止水バンド設置時に固定金具の位置ずれ確認のための目印がある場合は目印のずれも確認
			止水バンド設置位置	止水バンド設置時に付けた標線より設置位置を測定

(2) 実施頻度

- 1) 原則対策1年後及び5年後にモニタリングを実施する。
- 2) 対策2年後から4年後までは、1年後の変状を勘案して頻度や調査項目を決定する。
- 3) 対策6年後からは、原則5年に1回の頻度で実施するものとし、変状の進行状況を考慮して頻度の見直しを行う。

7.4 モニタリング記録・管理

モニタリングの結果は、直接測定及び撮影記録により結果を記録する。これらの調査結果は記録媒体で記録・管理する。

【解説】

モニタリングでは採用した対策工法、施設状況を踏まえ直接測定と撮影記録を行う。

(1) 直接測定

直接測定では、以下のことに配慮し記録・管理を行う。

- ・ 対策工法の変状箇所やウィークポイントを把握するため、測点、変状状況の寸法等を直接測定し記録をとる。
- ・ 止水バンド工法では、ゴム厚の寸法測定、亀裂の有無、ボルトの緩み、バンドの発錆状況を確認し、その結果の寸法や大きさを記録しておく。

(2) 撮影記録

撮影記録では、以下に配慮し記録・管理を行う。

- ・ 撮影箇所の確認、寸法等の判定ができるように工夫する。
- ・ 撮影箇所には、工事名、対策工法、ウィークポイント、測点、実測数量・寸法などを黒板等に用意し、説明資料となるように工夫する。
- ・ 写真はモニタリングの時期、地点が判定できるように整理し、アルバムや電子媒体で整理する。

(3) モニタリング様式

モニタリング様式は採用した対策工法、施設状況を踏まえ、モニタリングの目的に応じた様式を作成し実施することが重要である。主として目視調査に対するモニタリング様式の（例）を示す。

参①表 7.4-1 モニタリング表（止水バンド工法）（例）

整理番号			調査年月日		
地区名			記入者		
施設名			天候		
定點調査番号			調査地点 (スパン番号等)		
止水バンド工法					
止水 ゴム リング	漏水	☐ なし ☐ あり			
	設置幅	右(mm)、上(mm)、左(mm)、下(mm)			
	仕上り高さ	上流	右(mm)、上(mm)、左(mm)、下(mm)		
		下流	右(mm)、上(mm)、左(mm)、下(mm)		
	ゆがみ	☐ なし ☐ あり			
	変状	☐ なし ☐ ひび割れ ☐ たるみ ☐ 破損 ☐ 変色 ☐ その他()			
固定 バンド	さび	☐ なし ☐ あり			
	変状	☐ なし ☐ たるみ ☐ 破損 ☐ 変形 ☐ その他()			
	固定ボルトの締付け状態	☐ 緩み有 ☐ 緩み無			
調査部位	スケッチ				
変状項目			変状の状態・程度		
止水 バンド 工法 周辺 の 管 の 状 態	ひび割れ		☐ なし ☐ 0.2mm 未満		
			☐ あり ☐ 0.2mm 以上～0.6mm 未満		
			☐ 0.6mm 以上 (mm)		
	腐食 状況	腐食・錆の有無	☐ なし ☐ あり		
		内面塗装腐食率(SP, DCIP)	☐ 10%未満 ☐ 10%以上		
		発錆状況(SP, DCIP)	☐ 0.3%未満 ☐ 0.3%以上～5%未満 ☐ 5%以上		
	欠損・劣化		☐ なし ☐ あり 規模・状況()		
	たるみ・蛇行・沈下		☐ なし ☐ あり 規模・状況()		
	たわみ量		☐ なし ☐ 5%未満 ☐ 5%以上		
	使用圧力		☐ 1.0MPa 未満 ☐ 1.0MPa 以上 (MPa)		
土壌・地盤		☐ 強酸性土壌(泥炭) ☐ 軟弱地盤			
調査部位	写真		調査施設概要図		

参考資料②

製管工法

製管工法は、既設管内に新たに表面部材となる硬質ポリ塩化ビニル樹脂材やポリエチレン樹脂材等を嵌合して更生管を形成する技術であるが、内水圧のかかる農業用パイプラインへの適用に当たっては、既設管との一体化、品質の均一確保、地盤沈下や内外水圧に対する安全性、照査方法や構造設計手法の考え方等が課題となっている。このため、本工法については、鉄筋コンクリート管を適用の対象として、応急的に対処する場合や内水圧のかからない場合の適用を検討する等、十分注意して検討するものとし、参考資料として記述する。

参考② 製管工法

1 工法概要

製管工法は、既設管内に現場製管し既設管の間隙に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。

【解説】

(1) 製管工法の概要

既設管内に表面部材となる硬質ポリ塩化ビニル樹脂材やポリエチレン樹脂材等を嵌合又は接合させながら製管し、製管された樹脂パイプと既設管の間隙にモルタル等を充填することで、更生管を構築する方式である。

本工法は、平成 22～24 年度に官民連携新技術研究開発事業で実施された「管路更生工法の性能規定化における照査技術の開発」（以下「照査技術の開発」という。）において、農業用パイプラインに対する一連の性能照査における試験方法及び基準値、設計手法の検討が行われている。また、下水道分野の建設技術審査証明において、継手部に引き抜きや曲げの変位を与えた状態で内水圧（0.2MPa 程度）を負荷する試験を実施し、水密性を確認している工法もある。

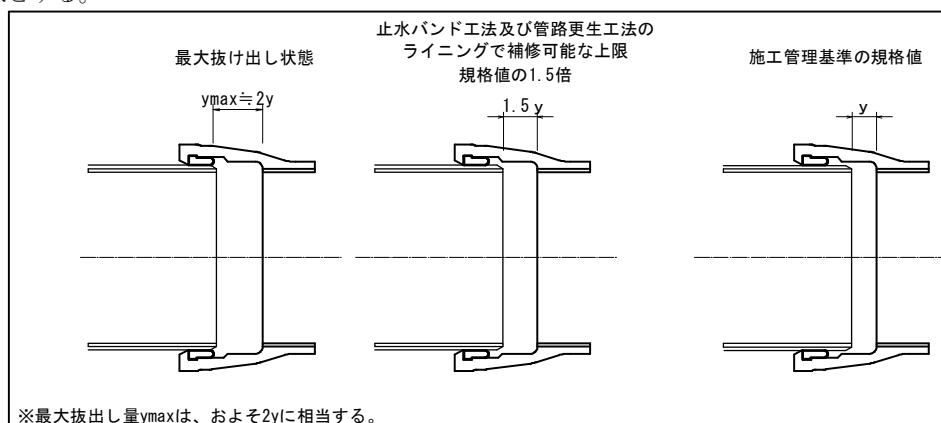
しかしながら、内水圧がかかる農業用パイプラインに対する安全性の検証は十分になされているとは言えない状況にある。このため、現時点においては、鉄筋コンクリート管を適用の対象として、応急的に対処する場合や内水圧がかからない場合の適用を検討する等、十分注意して検討するものとする。また、適用に当たっては、円管での水密性が確保されていること、一体性の照査において既設管が本来有する強度と同等以上の強度を有すること、構造設計において地下水面（現場条件によっては地表面）までの水圧に対して安全であることなどを十分確認することとする。

なお、参②表 1-1 に本書における製管工法の適用範囲を示す。

参②表 1-1 本書における製管工法の適用範囲

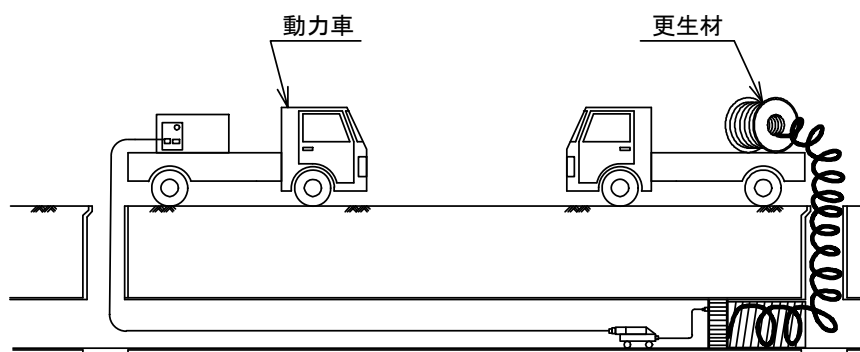
対象工法 適用範囲	管路更生工法
	製管工法
適用目的（※1）	・補修（水密性、通水性の回復又は向上）【ライニング管】（※2） ・補強（耐荷性の向上・予防保全）【複合管】
既設管種	・鉄筋コンクリート管
対象変状	・補強（複合管）：管体内面の摩耗・腐食（構造機能の低下）（※3）
口径・延長	・口径 800mm 未満は適用外とする（※4） ・単位施工延長は充填材の材料性状に変化を生じさせずに、それを圧送できる距離とする
線形・施工条件	・原則、滞水状態での施工は行わない（施工前に管内の滞留水の排水や浸入水の止水処理、管内面の清掃を行う） ・原則、分岐部や屈曲部への適用性は工法の個別性能による（※5） ・勾配（水平・鉛直方向）に対する適用性は工法の個別性能による
既設管の性能低下状態	・既設管が初期ひび割れや亀裂等が発生しておらず既設管の耐荷力は健全であること ・継手間隔は施工管理基準の規格値×1.5 を上限とする（※6）
地盤追従性	・長期の供用で地盤が安定し、上部の土地利用が改変される等の荷重条件が変更となる予定のない施設への適用を前提とする（※7）
耐震性	・耐震性を要する場合は個別に検討を行う（※8）

- ※1：応急対応や内水圧がかからない場合で適用する等十分注意して検討する。
- ※2：水密試験による性能照査は今後の課題である。
- ※3：変状に対する適用性は工法の個別性能による。
- ※4：入管せずに施工可能な場合（本管施工時に入管の必要がなく端部処理等の管内作業も立坑内から実施可能な場合等）はこの限りではない。また、口径の適用範囲は、工法の個別性能による。
- ※5：分岐部や屈曲部への適用について、端部の水密性や更生管の耐久性・耐荷性が確保される場合は適用可能であるが、既設管の曲管部や分岐管部に異形鋼管が用いられ、その性能が健全である場合は、原則、管更生を行わない。
- ※6：管路更生工法のライニングで補修・補強の可能な範囲は、下図のとおり継手間隔が施工管理基準の規格値の1.5倍を上限とする。

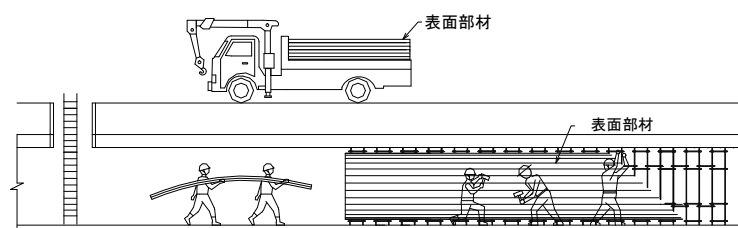


- ※7：地盤追従性について、既製管は接合部である継手に伸縮・屈曲の可とう性を有する構造となっており、各管種により性能は異なるが曲げ等に対する水密性試験が実施されている。しかし、鞘管工法を除く管路更生工法は、現時点では安定した地盤への適用を前提とする。特に漏水等による周辺地盤の緩みや構造物との接続部や盛土境界等、管路更生後に不同沈下が生じる可能性のある箇所への適用は、沈下量や継手の変形等について個別検討を要する。
- ※8：耐震性については、耐震設計手法に関する新たな技術的知見等を踏まえ、現場の条件等に応じた検討を行う必要がある。

機械製管と人力製管の施工概要（例）を参②図 1-1 及び参②図 1-2 に示す。



参②図 1-1 機械製管の施工概要（例）



参②図 1-2 人力製管の施工概要（例）

(2) 更生材の構成要素と特徴

製管工法に用いられる更生材の構成要素及び材質を参②表 1-2 に示す。

1) 表面部材

表面部材は、硬質ポリ塩化ビニル樹脂及び高密度ポリエチレン樹脂を用いた工場成形部材であるため、仕上内面の平滑性や外的要因による耐久性・耐衝撃性に優れる。表面部材の嵌合・接合方法、嵌合・接合の継手部分については、水密性が要求される。

2) 充填材

充填材は、既設管と更生管との狭小な空隙部への充填と、外力を負担する構造部材となるためのスラリー性状と硬化性状が要求される。充填材には、断面修復等に用いられるセメントモルタル、ポリマーセメントモルタル等が使用される。

3) 補強材

補強材は、表面部材に装着又は既設管に固定させ、更生管の形状保持と補強を目的に使用される。補強目的には、構造部材として適切な部材配置と仕様が要求される。

参②表 1-2 更生材の構成要素と材質【製管工法】

工法	表面部材	充填材	補強材
製管工法	帯状部材： 硬質ポリ塩化ビニル樹脂	レジン系無収縮モルタル	溶融亜鉛メッキ鋼板 (JIS G3302)
	表面部材・嵌合部材： 高密度ポリエチレン樹脂	無収縮モルタル	SS400 (JIS G3101)
	帯状部材： 硬質ポリ塩化ビニル樹脂	二液混合型セメント系モ ルタル	SS400(JIS G3101)他
	セグメント部材： 硬質ポリ塩化ビニル樹脂	セメント系モルタル	SWM-B (JIS G3532)
	表面部材： 高密度ポリエチレン樹脂	セメント系モルタル	高張力炭素繊維

2 要求性能、性能照査

2.1 製管工法の要求性能と性能照査

製管工法の要求性能は、水利用機能、水理機能、構造機能、社会的機能について、現場条件ごとに検討を行う。

【解説】

既往の「照査技術の開発」で基に検討した要求性能項目の案を参考に参②表 2.1-1 に示す。
これらの内容のうち、水密性、耐荷性、一体性の性能照査試験について、以下の点に留意して検討する必要がある。

水密性：平板状の嵌合部材のみで実施する試験規格が性能照査試験案とされているが、農業用パイプラインに適用する場合の性能照査試験としては、円管での試験の実施が望ましい。

なお、下水道分野の建設技術審査証明において、継手部に引き抜きや曲げの変位を与えた状態で内水圧（0.2MPa 程度）を負荷する試験を実施している工法もある。

耐荷性：構造設計手法の検討と合わせて、必要な性能照査項目、照査試験方法について検討を行う必要がある。

表面部材の嵌合又は接合部について、農業用パイプラインに適用する場合は、長期耐久性の試験を実施することが望ましい。

一体性：既設管と対策工法の両者の耐力で構造安全性を確保するために照査が必要な項目である。

構造設計手法の検討に当たっては、製管工法が現場製作管であるために生じると想定される、品質や施工のバラツキによる裏込め材の充填の不確実性や、既設管の内面の摩擦や汚れなどを考慮する必要がある。

また、一体性の照査方法として、ひずみの計測方法や更生管からサンプリングしたコアを用いた強度試験方法などを検討、検証することが望まれる。サンプリングしたコアは、既設管が本来有する強度と同等以上の強度を有する必要がある。

なお、下水道分野では建設技術審査証明においては、ひずみ計測により既設管と更生材の一体化が審査されているが、農業用パイプラインについては、その特性を踏まえた検証を行う必要がある。

参②表 2.1-1 製管工法に求められる要求性能と性能照査手法(参考)

要求性能	性能項目	照査項目	性能照査試験	
			試験方法	照査内容
水理性	通水性	流速係数(c) 粗度係数(n)	流下能力試験	・申告値の確認 ・初期値から勘案される特性値の標準値による水理計算
構造性	水密性	材料の水密性	内水圧に対する水密性試験	・工法の適正を確認 ・所定の水圧で漏水がない
	耐荷性	耐荷強度	複合管断面の（内/外圧）試験	・申告値の確認 ・構造計算による確認
		鋼材の引張強度	引張強度試験	・申告値の確認 ・構造計算による確認
		充填材の圧縮強度	圧縮試験	・申告値の確認 ・構造計算による確認
	耐摩耗性		水流摩耗試験	・所定の期間相当における所定時間の平均摩耗深さを考慮
	付着一体性	付着一体性	付着一体化に関する試験確認 建設技術審査証明	・使用限界まで界面が剥離しない
		耐疲労性	〔長期〕 繰り返し載荷試験	・繰り返し載荷後、既設管強度規格値を確保できる
社会・環境性	水質適合性	有害物質の溶出	浸出（溶出）試験	・有害物質の検出有無
施工性	管内構造 適用性	段差・ズレ・継手 隙間の施工性	模擬管路施工性試験	・許容限度状態に対する施工安定性の確認
	管内状態 適用性	滞水状態の施工性	模擬管路施工性試験	・許容限度状態に対する施工安定性の確認
	線形 適用性	曲がり・勾配線 形における施工 性	試験確認 建設技術審査証明	・許容限度状態に対する施工安定性の確認
	環境 適用性	粉塵/騒音/振動 等の配慮	試験、建設技術審査証明や関 連法等を遵守できることの確 認	・遵守できることなど使用方法の確認 ・施工計画書の妥当性

※網掛けの項目は「照査技術の開発」の中での検証は実施していない。

3 水理設計

第5章 反転・形成工法 5.3 水理設計を参照。

4 構造設計

4.1 製管工法の構造設計

製管工法による「補強」を目的とした場合の構造設計については、農業用パイプラインの特性を踏まえ、現場条件に応じた検討を行う必要がある。

【解説】

農業用パイプラインは内水圧がかかる構造物であるため、製管工法を適用する際には水密性に対しての検討が必要となる。

製管工法（複合管）の構造計算例として「管きょ更生工法における設計・施工管理 ガイドライン（案）平成 23 年 12 月 社団法人 日本下水道協会」があるが、農業用パイプラインについては、内水圧を考慮することに留意する必要がある。

構造設計手法の検討時には、必要となる性能照査試験方法についても合わせて検討を行う必要がある。既往の「照査技術の開発」を基に、複合管についての課題を以下に示す。採用に当たってはこれらについて適切な検討を行う必要がある。

1) 基礎反力

構造計算の検討においては、製管工法では更生後の管体自重が既設管だけの場合よりも重くなる（既設管と更生管の合計となる）ため、現地盤の沈下が生じる可能性があること及びそれによる更生管への影響を踏まえた構造設計手法とする必要がある。

2) 既設管の強度把握と劣化予測

製管工法の適用条件として、既設管は初期ひび割れや亀裂等が発生しておらず既設管の耐荷力が健全であることとしている。したがって、機能診断調査・評価の結果から既設管の材料諸元（材料物性：コンクリート強度、配筋状況、変状の状態）等を把握することが重要である。

また、複合管は、変状の状況から将来の劣化予測を行うことは、技術的に困難な場合が多い。そのため、既設管の劣化予測に関する技術の発展と合わせて、別途検討が必要となる。

3) 外水圧に対する検討

既設管の継手部からの浸入水がある場合、更生管の外面から外水圧が作用する。充填材にひび割れが発生した場合には、表面部材に直接外水圧が作用することもあると考えられる。そのため、外水圧に関する性能照査試験も円管で実施し、既設管の継手部からの浸入水に対して照査することが望ましい。また、構造計算において、地下水面（現場状況によっては地表面）までの水位に相当する外水圧に対する座屈の照査を行う必要がある。

4) 製管工法の材料に関する事項

- ① 充填材の強度：複合管で使用する充填材は、現場で硬化させるため工場製作した二次製品と比較して品質が安定しにくい傾向がある。充填材の圧縮強度、引張強度、ヤング係数等

については、各工法が特性に応じ使用材料ごとに定めているが、設計値は各工法の試験値に品質のばらつきを考慮した値を用いることとする。

- ②金属部材：金属部材を複合管の構造計算に見込む場合、金属部材の強度やヤング係数は工法固有のものであり、ミルシートにより確認した上、設計値は品質のばらつきを考慮した値を用いることとする。

5 施工方法

5.1 管路更生工法の施工

管路更生工法の施工は、各工法に共通する部分と特異な部分があり、現場条件によっても施工方法が異なる。そのため、各工法の施工方法や特徴、現場条件を十分に踏まえた計画の下で施工を行うことが求められる。

【解説】

(1) 製管工法（複合管）の施工の特徴

製管工法（複合管）は、既設管内に硬質ポリ塩化ビニル材等を嵌合させながら製管し、既設管との間にモルタル等を充填することで更生管を構築する。適用範囲は工法や施工条件によるが、標準的に口径 800～6,000mm、施工延長 500m 程度であるが、仮設計画等による検討が必要である。製管工法（複合管）の施工方式の区分を参②表 5.1-1 に示す。

参②表 5.1-1 施工方式の区分【製管工法（複合管）】

工法	製管方法	裏込め注入方法
製管工法	機械製管 人力製管 機械/人力	製管後注入 製管同時注入

5.2 製管工法（複合管）の施工

製管工法の施工は、次の 7 項目の順に行う。

- (1) 施工前現場実測工
- (2) 施工前管路内調査工
- (3) 事前処理工
- (4) 施工前管路内洗浄工
- (5) 製管工
- (6) 充填材注入工
- (7) 端部（管口）処理工

【解説】

(1) 施工前現場実測工

更生材発注の前に、当該現場の実態を把握すべく各種実測を行う。

更生材の誤発注を防ぐために、既設管口径、管路区間延長等を実測するとともに、現場施工時に問題となりそうな点について検討を行う。

【施工前現場実測・実施内容及び留意点】

1) 既設管管径の実測

既設管に人が入って測定できるのは、原則として口径 800mm 以上とする。

2) 管路区間延長の実測

地上で該当区間を実測し、屈曲箇所等を考慮した上で延長を確認する。

管路内に人が入れる場合には、実延長を実測する。

3) 分土工・立坑の形状寸法等の確認

分土工・立坑の形状寸法、深さ、流入管路口径、その他施工時に支障となりそうな要因がないかどうか確認する。

4) 供用中施工の場合、水深と流速を測定する。

5) その他、現場周辺の状況を確認し、工事車両の進入路や配置等の検討を行う。

(2) 施工前管路内調査工

施工に先立ち既設管内のTVカメラ調査又は目視調査を行い、施工に支障のある障害物の有無を確認し、事前処理工の必要がある場合には処理方法の検討を行う。

【施工前管路内調査・実施内容及び留意点】

1) 分岐・空気弁等の位置の計測

管路端部(管口等)から分岐・空気弁等までの距離を実測し、既設管への接続角度を記録する。

2) 段差、隙間、管ズレ、屈曲等の確認

施工適用範囲内であることを確認する。適用範囲外である場合は、施工方法を検討する。

3) 事前処理工の検討

事前処理を行う必要のある、モルタルや錆こぶ等の堆積物、鉄筋の突出、浸入水等の有無を確認し、それらが認められた場合は、事前処理方法等の検討を行う。

(3) 事前処理工

施工前管路内調査の結果に基づき、必要に応じて事前処理工を行う。

施工に支障を来す要因の内容に基づいて処理方法を決定し、作業を行う。

【事前処理・実施内容及び留意点】

1) モルタル等の除去（口径 800mm 未満の場合）

管路内のモルタル等は、高圧洗浄水や管内ロボットを用い完全に異物を除去する。

2) 管路内に人が入っての事前処理作業（口径 800mm 以上の場合）

管路内に人が入ってモルタル除去等の作業が可能な場合は、流水の水量、流速等に十分注意して作業を行う。また、使用する機器は感電のおそれのない圧縮空気や高圧水を用いたものを使用するようにする。

3) 浸入水の仮止水

充填材が流出するような破損、欠損、継手抜け部から更生材に悪影響をもたらすような浸入水がある場合は、仮止水を行う。

仮止水の方法については、パッカー注入、部分補修等による止水の方法を検討し、当該現場に最も適した方法で行う。

(4) 施工前管路内洗浄工

更生工の直前に既設管内の洗浄を十分に行い、出来形に悪影響を及ぼす可能性のある土砂、小石、管壁破損片等を完全に除去する。

洗浄後にTVカメラ又は目視にて、既設管内が十分に洗浄されているかどうかの確認を行い、既設管内に施工に支障を来しそうな異物が残留している場合は、再度管路内洗浄を行う。

管路内に人が入って作業をする場合は、流水の水量、流速等や酸欠空気、硫化水素濃度等、安全面に十分注意して作業を行う。

(5) 製管工

製管工においては、製管内径を管理するとともに嵌合・接合状態に注意しながら行う。

【製管工・実施内容及び留意点】

1) 製管工の管理方法

既設管内面が設計どおりに清掃できていることを内径等の測定により確認した上で、製管を開始する。

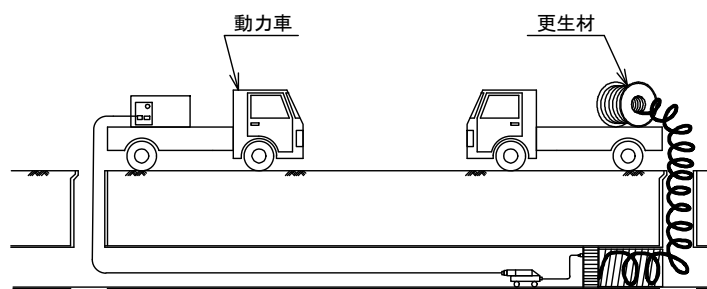
更生材の嵌合部や接合部に不純物がないか、絶えず確認しながら製管を行う。

2) 製管・組立

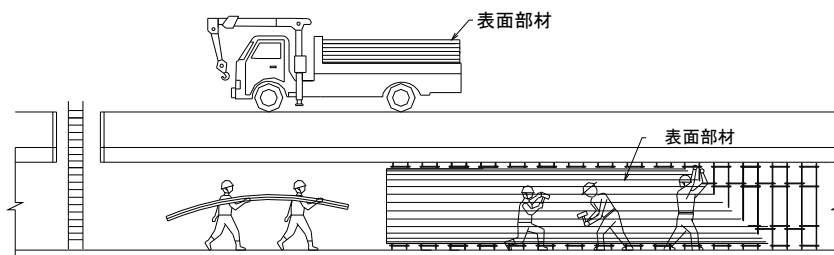
製管機又は人力により更生材の製管・組立作業を行い、既設管内に更生管を製管する（参②図 5.2-1、参②図 5.2-2 参照）。製管終了後、嵌合・接合状態を再度確認する。

3) 更生材の傷付け防止

更生材の取り扱い時には、傷付けないよう十分に注意し、必要に応じて当て板等で保護する。



参②図 5.2-1 製管工模式図（機械製管）



参②図 5.2-2 製管工模式図（人力製管）

(6) 充填材注入工

充填材注入工については、充填材の性状確認、注入圧力、注入量等について管理を行う。必要な場合は支保工を行う。

【充填材注入工・実施内容及び留意点】

1) 充填材注入施工条件

外気温等が規定の範囲内であることを確認する。

2) 充填材性状の管理方法

充填材の配合比、フロー値や圧縮強度試験等が規定内であることを確認する。

3) 圧力の管理方法

注入圧力は圧力計を用いて随時測定し、記録する。

4) 注入量の管理方法

注入量が計画注入量と対比し、大きな差異がないことを確認する。

充填材が管口のエア抜き口等から溢流することを確認する。

注入終了後、打音検査等により完全充填を確認する。

(7) 端部(管口)処理工

裏込め注入完了後に立坑（分土工・人孔）内に突出した更生材を切断し、端部から漏水・剥離等が発生しないよう端部処理材料等を用いて端部処理を行う。

6 施工管理と完成検査

6.1 施工計画

第5章 反転・形成工法 5.6.1 施工計画を参照。

6.2 施工管理

第5章 反転・形成工法 5.6.2 施工管理を参照。

6.3 製管工法の施工管理

6.3.1 製管工法の材料の承諾及び保管管理

更生材の搬入検査は、適正な管理下で製造されたことを証明する資料に基づいて行う。更生材の保管及び搬送・搬入時の環境条件は適正なものとする。また、更生材の取り扱いにも、十分に留意する必要がある。

【解説】

(1) 製管工法（複合管）の更生材の製造管理と品質確認

一体管構造の更生材は、参②表 6.3.1-1 の構成要素からなっており、受入検査項目は、それぞれ次のとおりである。

参②表 6.3.1-1 更生材の構成要素、原材料搬入検査項目

構成要素	材 質	原材料受入検査項目
表面部材	硬質ポリ塩化ビニル樹脂、 ポリエチレン樹脂	外観、平均重合度等 (原材料の入荷ロットごとの品質チェック)
充填材	セメント、モルタル等	圧縮強度、フロー値等 (原材料の入荷ロットごとの品質チェック)
金属部材	鋼製材等	寸法、めっき量等 (入荷ロットごとの品質チェック)

更生材の製造証明書（適正な管理下で製造されたことを証明する資料）に記載すべき項目は、参②表 6.3.1-2～6.3.1-5 のとおりである。

参②表 6.3.1-2 表面部材の製造証明書の管理項目と管理内容

項 目	管理内容
品名	表面部材の名称
製造番号	製造されたロット番号
製造年月	製造された年月
寸法	製品各部分の寸法の検査報告
長さ	出荷長さ
重量	出荷時の重量又は単位当たりの重量
外観検査報告	目視又はその他の方法で更生材の外観を検査した報告

参②表 6.3.1-3 充填材の製造証明書の管理項目と管理内容

項 目	管理内容
品名	充填材の名称
製造年月	製造された年月
材質	原材料のミルシート（品質証明書等）
材料構成(プレミックス材のみ)	構成比率（構成要素別の重量%等を記す）

参②表 6.3.1-4 金属部材の製造証明書の管理項目と管理内容

項 目	管理内容
品 名	金属部材の名称
材 質	原材料のミルシート（品質証明書等）

なお、製造された更生材（表面部材）の引張強度の測定は、公的機関において実施し、比較基準を満足していることを確認する。

また、報告書を必要に応じて提出しなければならない。

参②表 6.3.1-5 物性検査項目

検査項目	試験方法	比較基準
引張強度	JIS K 6741、JIS K 7113	短期保証値

(2) 製管工法（複合管）に要求される保管及び搬送・搬入

1) 表面部材

表面部材は、長期にわたり屋外で紫外線暴露すると、表面の劣化により、部材の物性が低下するおそれがある。このため、保管場所は屋内を原則とし、搬送・搬入時には適切な遮光措置を講じる必要がある。また、部材は熱可塑性樹脂であるため、極度の高温状態（硬質ポリ塩化ビニル樹脂では 60℃以上、ポリエチレン樹脂では 45℃以上）での保管は、材料変形をもたらす、極度の低温状態（-10℃以下）での保管は材料の脆化を招くため避けなければならない。さらに、その取り扱いにおいても、損傷を与えないよう細心の注意を払わなければならない。

2) 充填材

充填材は水和性を有するため、その保管及び搬送・搬入時には、水濡れや結露がないよう十分に留意し、適切な措置をとらなければならない。

3) 金属部材

金属部材には、長期にわたる屋外暴露等による著しい発錆がないように、適切な対策を講じなければならない。

なお、取り扱いは慎重に行い、大きな変形や傷を与えてはならない。

6.3.2 製管工法の施工時の管理

製管工法（複合管）の施工管理においては、次の項目について時刻歴で管理、確認を行う。

- (1) 嵌合状態の確認
- (2) 充填材性状確認
- (3) 充填材注入圧力管理
- (4) 充填材注入量管理
- (5) 完全充填の確認

【解説】

製管に関しては、嵌合状態に注意を払いながら施工を実施し、充填材注入に関しては、充填材の性状と空洞が残らないように細心の注意を払いながら注入を行わなければならない。

管理項目は、次のとおりである。

(1) 嵌合状態の確認

製管時、嵌合部にゴミ等の不純物が挟まっていないかを確認する。挟まっている場合は、嵌合部をハケ、ブラシ等で清掃し、異物を取り除いた後、製管を行う。

更生完了後、全スパンにわたり、嵌合状態を含め管内面を目視又はTVカメラにより確認する。

(2) 充填材性状確認

現場配合を行う場合は、配合比を管理し、データシート等に記録する。

注入日ごとに、フロー試験及びコンシステンシー試験等を行い、充填材の性状の確認を行い、記録する。工法によりゲルタイム測定が必要な場合には、その測定を行い、記録する。

(3) 充填材注入圧力管理

充填材を圧力注入する場合は、注入中は注入圧力を圧力計等により随時計測し、記録する。

圧力注入しない場合は、ポンプ吐出圧の監視を行い、異常圧力に注意する。

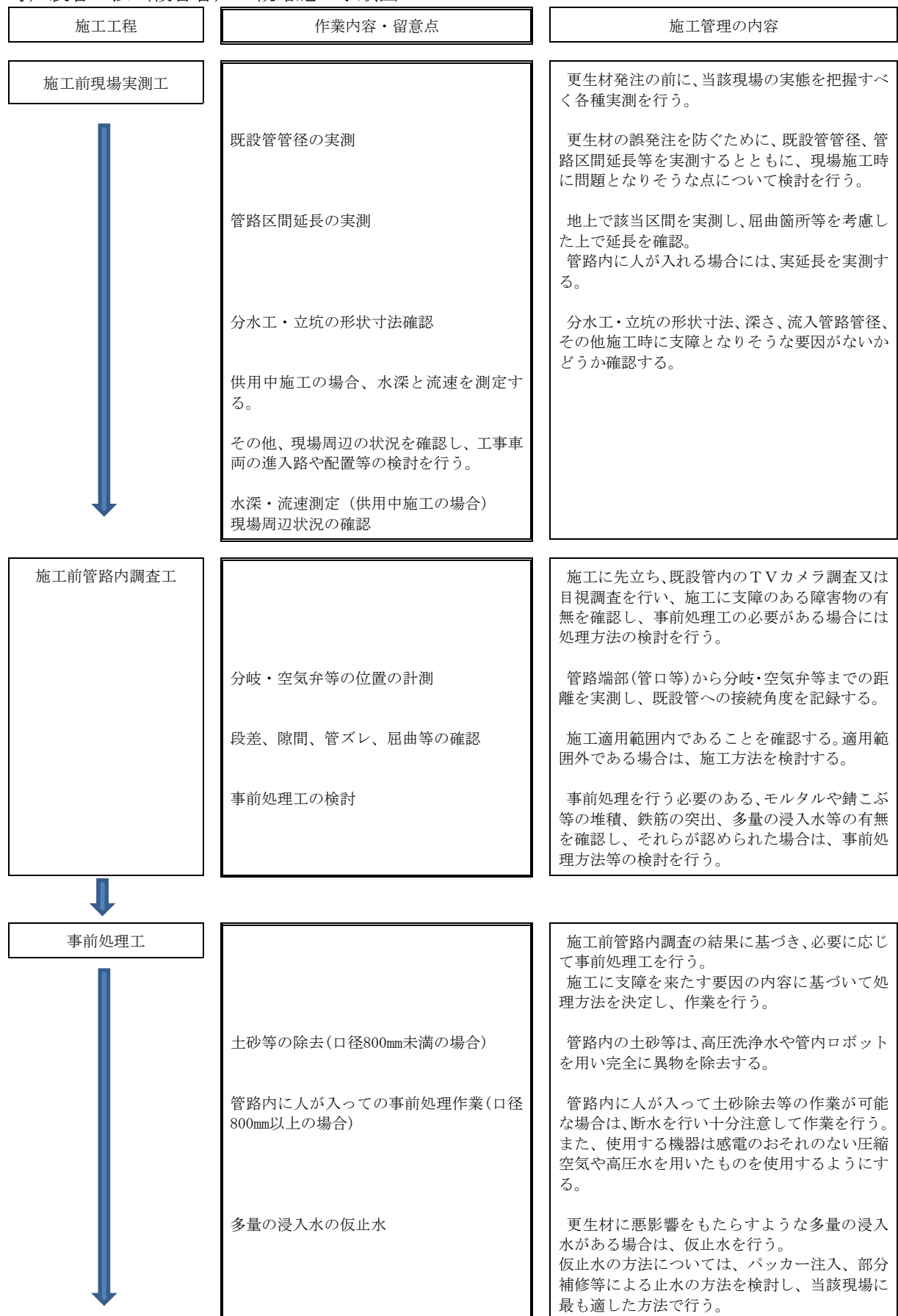
(4) 充填材注入量管理

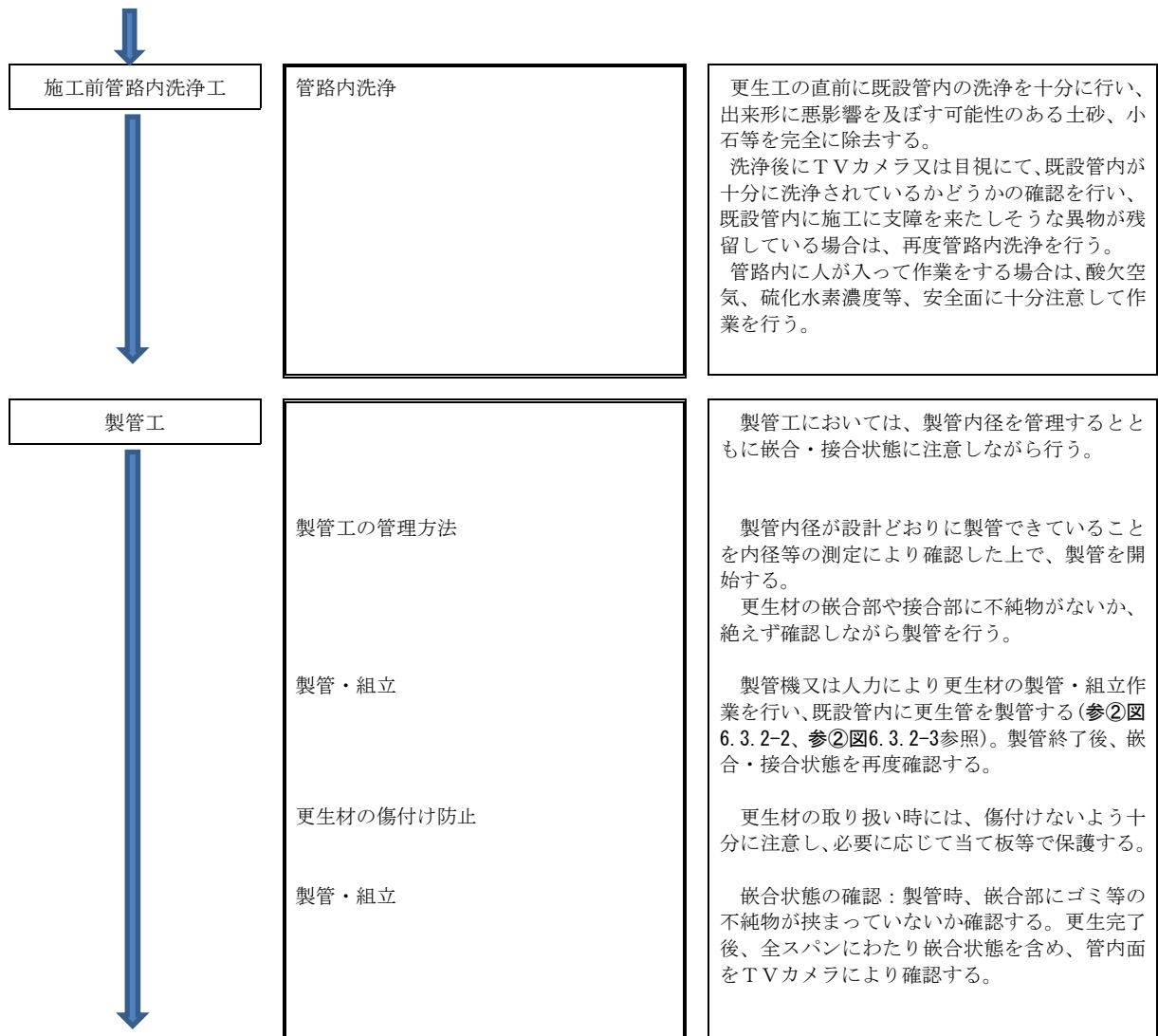
施工中の充填材注入量については、流量計等を用いて連続的に注入量と時間を計測し、チャート紙に記録する。

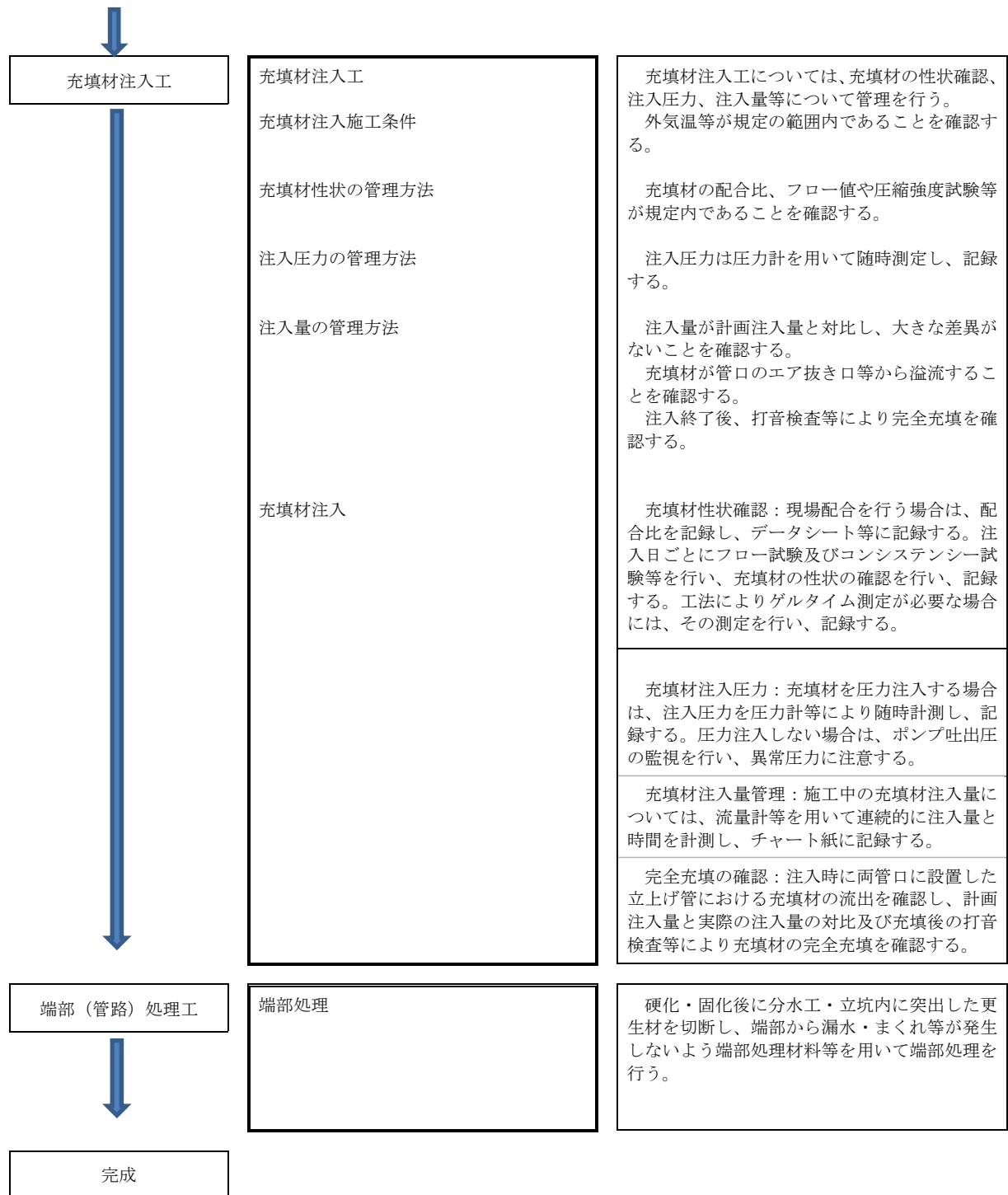
(5) 完全充填の確認

注入時に両管口に設置した立上げ管における充填材の流出を確認し、計画注入量と実際の注入量の対比及び充填後の打音検査等により充填材の完全充填を確認する。

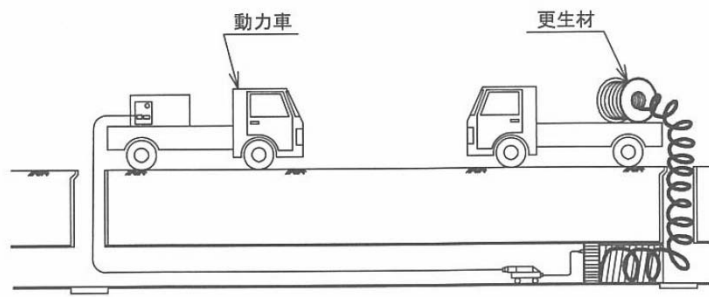
(参考) 製管工法（複合管）の概略施工手順図



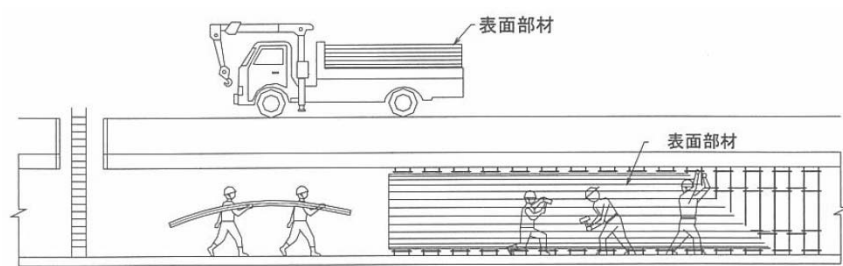




参②図 6.3.2-1 施工段階ごとの施工管理の例（製管工法（複合管））



参②図 6.3.2-2 製管工模式図（機械製管）



参②図 6.3.2-3 製管工模式図（人力製管）

6.3.3 製管工法の出来形管理及び品質管理

更生管の品質管理は、施工した管路施設から採取したテストピース等を使用し、試験結果から確認を行う。

出来形管理は、施工順序に従い出来形を測定・観察し、その都度、結果を調査記録表に記録する。完成後は、関連仕様書に準じて出来形をビデオ、写真等で記録し、これを管理する。

【解説】

(1) 品質管理

1) 品質管理方法

更生後に行う充填材の圧縮強度試験は、更生時の材料で成型した供試体を使用し、その試験は「円柱供試体を用いたモルタル又はセメントペーストの圧縮強度試験（JSCE G 505）」等の圧縮試験に準じて行う。その結果が規格値を上回ることを公的試験機関又は発注者の立会いのもとで確認する。また、充填材の充填状況確認のため打音検査等を実施する。

2) 供試体採取方法

供試体の採取方法は、施工時のアジテータトラック又はアジテータ及び充填材注入ホース先端から採取を行い、作成方法は「モルタル又はセメントペーストの圧縮強度試験用円柱供試体の作り方（JSCE F 506）」に準拠する。

3) 採取頻度

供試体の採取頻度は、大口径（既設管口径 800mm 以上）の場合は注入日ごとに、小口径（既設管口径 800mm 未満）の場合は施工延長 100m ごとに 1 回とする。

(2) 出来形管理

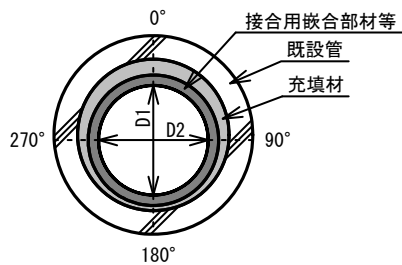
1) 寸法管理

更生管路の出来形を把握するため、更生管路内径（高さ・幅）、延長を参②図 6.3.3-1 に示す同じ測定位置で計測し、記録する。

2) 更生管路の仕上がり内径の管理

出来形管理では、仕上がり内径を次の手順で確認する。

- ① 更生管路の測定は、1 スパンの上下流管口付近で行う。人が入ることができる場合は、仕上がり内径について 1 スパンの中間部付近でも行う。
- ② 測定方法は、上下左右の充填材を含めた更生材厚さが異なることから、更生管路の内側中央高さと幅の 2 か所の仕上がり内径を測定する。
- ③ 仕上がり内径の検査基準については、平均内径が設計更生管口径を下回らないこととする。なお、通水性については、計画送配水量以上の水理性能を確保しているものを適合とする。



参②図 6. 3. 3-1 更生管厚又は仕上がり内径を測定する位置の例（複合管）

3) 内面仕上がり状況の管理

- ① 更生工完了時には、管路内を洗浄し附帯工等の分岐管せん孔片を除去した後、全スパンについて目視あるいは自走式TVカメラにより外観検査を行う。なお、自走式TVカメラの場合、枝管口においては必ず側視を行い、状況を入念に確認する。
- ② 更生管路の変形、更生管路浮上による縦断勾配の不陸等の欠陥や異常箇所がないことを確認する。
- ③ 更生管路両端部及び分岐管口の仕上げ部においては、浸入水、仕上げ材の剥離、ひび割れ等の異常がないことを確認する。

4) 工事記録写真等の撮影及び提出

工事記録写真等の内容及び撮影頻度については、参②表 6. 3. 3-1 に示す検査結果、フィルム等の記録が報告書に添付されていることを確認する。

参②表 6. 3. 3-1 工事写真撮影要領（製管工法（複合管））

工 種	撮影箇所及び内容	撮影頻度
現場概要	・ 施工箇所の概況を同一箇所、同一方向 （同一方向：起点より終点を望む方向）	・ 工事施工箇所の起点、主要 中間点及び終点ごと
材料・品質等	・ 施工前の使用材料の保管状況 ・ 施工前の使用材料の確認状況 ・ 試験用材料の現場採取確認状況 ・ 試験実施状況	・ 適宜 ・ ロット番号ごと ・ 注入日ごと ・ 注入日ごと
事前処理工	施工状況 ・ 障害物の除去状況 ・ 止水状況 ・ 事前処理状況	・ 施工箇所ごと ・ 施工箇所ごと ・ 適宜
更生工	施工状況 ・ 管内洗浄状況 ・ 製管作業状況 ・ 充填材注入作業状況 ・ 本管管口切断状況 ・ 管口状況（仕上がり内径測定状況）	・ 管径ごと ・ 管径ごと ・ 管径ごと ・ 適宜 ・ スパンごと（上下流）
	出来形管理状況 ・ 更生管口仕上がり状況（施工前・施工後） ・ 更生管仕上がり内径寸法測定	・ スパンごと（上下流） ・ スパンごと（上下流） （口径 800mm 以上ではスパン 中央部付近も実施）

6.4 完成検査

工事後、関係書類に基づき、工事の実施状況、出来形及び品質について検査を実施する。

【解説】

工事の出来形及び品質の検査は、位置、出来形寸法、品質及び出来ばえについて、仕様書、図面その他関係図書と対比して行うものとする。

7 長寿命化対策後の施設のモニタリング

第6章 長寿命化対策後の施設のモニタリングを参照。

卷末資料

1. 要求性能と要求性能照査試験一覧表…………… 卷末-1
 鞘管工法の要求性能と性能照査方法
 反転・形成工法の要求性能と性能照査方法
 止水バンド工法の要求性能と性能照査方法
2. 各試験方法…………… 卷末-10

[反転・形成工法]

水密性試験要領
端部水密性試験要領
線膨張性試験要領
屈曲部検証試験要領

[止水バンド工法]

水密性（内水圧・外水圧）試験要領

3. 施工管理項目等参考例…………… 卷末-25

鞘管工法
反転・形成工法
止水バンド工法

4. 対策工法の効果が期待される期間（参考）…………… 卷末-38

1. 要求性能と要求性能照査試験一覧表

鞘管工法の要求性能と性能照査方法

反転・形成工法の要求性能と性能照査方法

止水バンド工法の要求性能と性能照査方法

鋼管工法の要求性能と性能照査方法

凡例：◎：照査方法に基づく試験等の実施
 ●：試験結果の提示による照査
 ○：現場での試験・計測による照査

要求性能		要求項目	要求値 (性能照査評価基準)	照査方法		照査のタイミング				
				試験方法 (及び確認方法)	工法開発時の試験条件 (及び設計時の確認条件)	工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/材料承認)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)
水理機能	水密性	想定される水压(内水压・外水压)に対して水密を保持できる性能	想定される内水压に対して、所定の許容漏水量以下であること(管体・端部)	継手の水密性及び管体の耐水压強度試験	・FRPM管：JIS A 5350 ・DGP：JIS G 5526、JDP A G 1042、JDP A G 1046 ・SP：JIS G 3443-1、WSP A-101 ・PE：JIS K 6761、JIS K 6762、JWWA K 144-145、PTC K 03	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ ・継手部のジョイント間漏計測(DGP、全量)、溶接部の超音波探傷試験(SP：10口に1口) ・漏水や欠損の有無の確認(目視や水張り試験等)	○ ・漏水や欠損の有無の確認(目視や水張り試験等)
	通水性	計画最大流量を安全に通水できる性能	管更生後の断面及び流速係数の値による計画最大流量の確保	水理計算	設計基準に準拠した水理計算	—	◎ 水理計算時	—	○ ・更生管の内径測定 ・水張り試験や流量観測(施工前・後)	○ ・更生管の内径測定 ・水張り試験や流量観測 ・施設管理者への聞き取り調査
構造機能	耐荷性	土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水压に対し構造的に安定した耐荷性能	所定の内圧・外圧に対する耐荷性の確保され、長期に渡って耐久性があること	構造計算	・FRPM管：JIS A 5350 ・DGP：JIS G 5526、JDP A G 1042、JDP A G 1046 ・SP：JIS G 3443-1、WSP A-101 ・PE：JIS K 6761、JIS K 6762、JWWA K 144-145、PTC K 03 ・設計基準に準拠した構造計算	◎ 試験実施	◎ 構造計算時	● 材料承認時	○ ・目視等による変状確認 ・たわみ率の測定	○ ・目視等による変状確認 ・たわみ率の測定
										—
	耐荷性	充填材の強度(圧縮強度)	圧縮強度値(材齢28日)が1.0N/mm ² 程度	土の一軸圧縮強度試験	JIS A 1216 (土の一軸圧縮試験方法)	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ ・圧縮強度試験 ・ $n=5$ 、2回/日・確認缶から流出した試料で実施	—
構造機能	耐荷性	土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水压に対する安定した耐荷性能	生比重	生比重試験	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法)	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ ・生比重試験 ・ $n=3$ 、2回/日・注入孔で採取した試料で実施 申告値±0.10g/ml	—
										—
	耐荷性	フロ一値	—	フロ一試験	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法)のシリンドー法	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ ・フロ一試験 ・ $n=3$ 、2回/日・注入孔で採取した試料で実施 申告値±20mm	—
構造機能	耐荷性	土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水压に対する安定した耐荷性能	空気量	空気量試験	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法)	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ ・空気量試験 ・ $n=3$ 、2回/日・注入孔で採取した試料で実施 申告値±5.0%	—
										—

鞘管工法の要求性能と性能照査方法

凡例：◎：照査方法に基づく試験等の実施
 ●：試験結果の提示による照査
 ○：現場での試験・計測による照査

要求性能	要求項目	要求値 (性能照査評価基準)	照査方法		照査のタイミング				
			試験方法 (及び確認方法)	工法開発時の試験条件 (及び設計時の確認条件)	工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/材料承認)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)
基本的性能	地盤追従性	地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能を有していること	モニタリング・日常管理・機能診断	目視による変状発生状況の確認/鞘管工法の継手部の開きや変位/施設の使用環境条件	施工後の鞘管工法の地盤追従性をモニタリング等で確認する	—	—	—	○ ・目視による変状確認 ・継手部の開隙・変位の測定
	構造機能	今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能							
個別的性能	耐震性	所定の変形量に対する耐荷重性及び水密性が確保されていること	耐震計算等	設計基準に準拠した検討	・設計基準(ハイドライン)の前震設計に基づいた照査 ・製造業者又は製造業者より委任された試験機関の材料検査成績書や管材の品質証明書等を確認する	—	◎ 構造計算等	● 材料承認時	—
	社会的功能	耐震性能を有しているかの確認							
水質適合性	水質適合性	有害物質が検出されない	浸出試験	JWWA Z 108 (水道用資機材浸出試験方法)	必要な試験内容と評価基準は関係機関との協議による	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	—
	水質適合性	有害物質の排出の確認							

反転・形成工法の要求性能と性能照査方法

凡例： ◎：照査方法に基づく試験等の実施
●：試験結果の提示による照査
○：現場での試験・計測による照査
〔 〕：内に表記した試験・JIS規格の試験等の公的試験機関で実施が困難な試験

要求性能			要求項目	要求値 (性能照査判定基準)	試験方法 (及び確認方法)	照査方法 工法開発時の試験条件(及び設計時の確認条件) ※ 施工時の品質管理の場合、【施工時の品質管理】と記載する		照査のタイミング 工法開発時 設計時 施工時 (施工計画/材料承認) 施工・竣工時 (施工管理) 供用時 (モニタリング)			
水密性	水密性	想定される水圧(内水圧・外水圧)に対して水密を保持できる性能	想定される水圧に対して、更生管端部から漏水しないこと	設計水圧に安全率2.0を乗じた内水圧で漏水(水圧の低下)がない	[水密性試験]	本書に示す試験	・口径：代表口径 ・水圧：承認を得ようとする適用可能最大設計内水圧(静水圧＋水撃圧、安全率2) ・更生管延長：更生管露出部と端部固定に必要な長さの総和以上 ・更生管露出部：外径≦250mm：外径×3+250mm ・内水圧作用時間：5分×3回 ※JIS K 7013(繊維強化プラスチック管)の短期間静水圧試験の試験片寸法を参考 ※端部処理を施すことで端部水密性試験と兼ねることができる	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ 漏水や欠損の有無の確認(目視や水張り試験等)
					[端部水密性試験]	本書に示す試験	・口径：代表口径 ・水圧：承認を得ようとする適用可能最大設計内水圧(静水圧＋水撃圧、安全率2) ・更生管の厚さ：試験要領に示す設計条件で求めた厚さ ・内水圧作用時間：5分×3回	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ 漏水や欠損の有無の確認(目視や水張り試験等)
通水性	通水性	計画最大流量を安全に通水できる性能	管更生後の断面及び流速係数C値による計画最大流量の確保	計画最大流量以上の流下能力	水理計算	設計基準に準拠した水理計算	塩ビ管相当として流速係数C値150を用いた水理計算書による照査	－	◎ 水理計算	◎ 水理計算	○ 更生管の内径測定 φ800mm以上：管端部＋中間部1箇所/20m φ800mm未満：管端部満・管張り試験や流量観測(施工前・後) 仕上がり内径の水理計算
構造性能	構造性能	土圧、水圧、活荷重などの載荷重及び設計水圧に対し構造的に安定した性能	短期曲げ強度	－	短期曲げ強度試験	JIS K 7171(プラスチックの求め方)に準拠	・試験片：短冊状、5個以上(周方向と軸方向それぞれ) ・推奨試験片寸法：長さ80mm、幅10mm、厚さ4mm(製品の使用条件と試験片の形状を考慮して試験片を選定) ・試験速度：1%/minに近いひずみ速度。試験片の厚さにより異なる(h×0.4～0.5mm/min) ※供試体形状は、JIS K 7171(プラスチック曲げ特性の求め方)〔短冊を前提〕の試験片寸法を参考	◎ 試験実施	● 内外圧から求める管厚計算	● 材料承認時 (設計値の根拠の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	－
基本的性能				構造計算で用いた保証値以上	【施工時の品質管理】 円管での短期曲げ強度試験	JIS K 7038(プラスチック配管系ーガラス強化熱硬化性プラスチック(GRP)管ーリングの初期変位に対する破壊強さの試験方法)	【施工時の品質管理】 現場で採取した円管を使用して曲げ強度を測定する。 ・口径：施工する実口径 ・供試体：発進立坑・到達立坑の2箇所を採取した円管の試験方法)	－	－	－	○ 現場で更生管から直接採取した円管で実施

反転・形成工法の要求性能と性能照査方法

要求性能		要求項目	要求値 (性能照査判定基準)	照査方法		照査のタイミング					
				試験方法 (及び確認方法)	※ 施工時の品質管理の場合、【施工時の品質管理】と記載する	工法開発時の試験条件(及び設計時の確認条件)	工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/材料承認)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)
基本的性能	構造機能	短期曲げ弾性係数	—	短期曲げ弾性試験	JIS K 7171(プラスチック曲げ特性の求め方)に準拠	・試験片：短冊状、5個以上(周方向と軸方向それぞれ) ・推奨試験片寸法：長さ80mm、幅10mm、厚さ4mm(製品の使用条件と試験片の形状を考慮して試験片を選定) ・試験速度：1%/minに近いきずみ速度。試験片の厚さにより異なる(h×0.4～0.5mm/min) ※供試体形状は、JIS K 7171(プラスチック曲げ特性の求め方)【短冊を前提】の試験片寸法を参考	◎ 試験実施	● たわみ率から求める管厚計算	● 材料承認時 (設計値の根拠及び硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	—	—
				【施工時の品質管理】 円管での短期曲げ弾性試験	JIS K 7013(繊維強化プラスチック管)の扁平試験に準拠	・試験片の形状や作成方法はJIS K 7162or7164の材料に適合する規格を準用 ・試験速度：熱可塑性材料10mm±2.0mm/min、熱硬化性材料5mm±1.0mm/min ※供試体形状は、JIS K 7162(プラスチック引張特性の試験方法(第2部))【ダンベル形】または7164(プラスチック引張特性の試験方法(第4部))の試験片寸法を参考	◎ 試験実施	● 内外圧から求める管厚計算 ◎ 温度変化による応力の照査	● 材料承認時 (設計値の根拠及び施工計画の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	○ 現場で更生管から直接採取した円管で実施	—
	耐荷性	短期引張強度	—	短期引張強度試験	JIS K 7161-1(プラスチック引張特性の試験方法)に準拠	・試験片：ダンベル状、5個以上(周方向・軸方向それぞれ) ・試験片の形状や作成方法はJIS K 7162or7164の材料に適合する規格を準用 ・試験速度(引張強度)：熱可塑性材料10mm±2.0mm/min、熱硬化性材料5mm±1.0mm/min ※供試体形状は、JIS K 7162(プラスチック引張特性の試験方法(第2部))【ダンベル形】または7164(プラスチック引張特性の試験方法(第4部))の試験片寸法を参考	◎ 試験実施	● 内外圧から求める管厚計算 ◎ 温度変化による応力の照査	● 材料承認時 (設計値の根拠及び施工計画の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	○ 現場で更生管から直接採取した円管で実施	—
構造機能	短期引張弾性係数	—	短期引張弾性係数	JIS K 7161-1(プラスチック引張特性の試験方法)に準拠	・試験片：ダンベル状、5個以上(軸方向) ・試験片の形状や作成方法はJIS K 7162or7164の材料に適合する規格を準用 ・試験速度(引張弾性係数)：1mm±0.2mm/min ※供試体形状は、JIS K 7162(プラスチック引張特性の試験方法(第2部))【ダンベル形】または7164(プラスチック引張特性の試験方法(第4部))の試験片寸法を参考	◎ 試験実施	◎ 温度変化による応力の照査	● 材料承認時 (設計値の根拠及び施工計画の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	—	—	

凡例： ◎：照査方法に基づく試験等の実施
●：試験結果の提示による照査
○：現場での試験・計測による照査
〔 〕内：表記した試験・JIS規格の試験等の公的試験機関で実施が困難な試験

反転・形成工法 の要求性能と性能照査方法

凡例: ©:照査方法に基づく試験等の実施

● 試験結果の提示による照査

○：現場での試験・計測による照査

〔内〕に表記した試験：JIS規格の試験等の試験機関で実施が困難な試験

要求性能	要求項目	要求値 (性能照査判定基準)	照査方法		照査のタイミング						
			試験方法 (及び確認方法)	工法開発時の試験条件（及び設計時の確認条件） ※ 施工時の品質管理の場合、【施工時の品質管理】と記載する	工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/材料承諾)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)		
基本的性能	耐荷性	長期曲げ強度 (50年後の曲げ強度)	長期曲げ強度試験	JIS K 7039(プラスチック強化熱硬化性プラスチック(GRP)管・温潤状態下における管の長期間隔におけるみすみ及び長期間隔極限相対変位の求め方)に準拠	・試験方向：周方向 ・試験片：円管、規定された破壊時間の分布を得るために少なくとも18個 ・試験時間：10,000時間(JISでは規定がないため、下水道協会のガイドラインを準用) ・試験雰囲気：水中 ・試験温度：23±5℃※ ・試験結果を踏まえて50年後の長期引張強度を推定する ※JIS K 7039では66℃±2℃であるが、他の試験と同様に更生管の使用環境に近い試験温度とする。	◎ 試験実施	内外圧から求める管厚計算	● 材料承諾時 (設計値の根拠及び施工計画の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	—	—	
				長期曲げ弾性係数 (50年後の曲げ弾性係数)	・複合材料で縫い目や重ね合わせがある材料の場合：JIS K 7035(ガラス強化熱硬化性プラスチック強化スチック(GRP)管・温潤条件下での長期扁平クリーブ剛性の求め方及び湿潤クリープアラクタの計算法)に準拠 ・硬質ポリ塩化ビニル樹脂、ポリエチレン樹脂等の単一材料で縫い目や重ね合わせのない材料の場合：JIS K 7116(プラスチックークリーブ特性の試験方法-第2部：3点負荷による曲げクリーブ)に準拠	・試験方向：周方向 ・試験片：正円であること、L=0.3m、2個以上。 ・試験時間：10,000時間 【ガラス繊維なし】 ・試験片：短冊状とし、JIS K 7171に準拠、3個又は5個以上(材料特性による)。 ・試験時間：10,000時間	◎ 試験実施	内外圧から求める管厚計算	● 材料承諾時 (設計値の根拠及び施工計画の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	—	—
	成型収縮性	更生材の硬化時の収縮	最大瞬間量が5mm以下であること	[硬化収縮試験]	試験方法は統一は現時点では困難	各工法個別に検討を行い、要求値を満足することの証明を求める。	◎ 試験実施	工法選定时 水理計算時	● 材料承諾時 (設計値の根拠及び施工計画の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	○ ・硬化冷却時の温度、圧力、時間等の管理 ・外観検査 管端部の直接計測 ・更生管の内径・厚さ測定	○ ・外観検査
		更生材の硬化後の収縮	長さ変化率が小さく安定している性能	[線膨張性試験]	本書に示す試験	・更生材の硬化後の温度変化による膨張・収縮量を測定し、更生材の線膨張係数を算出する ・硬化収縮試験の試験体の一部を切断し使用する ・口径・延長：φ250mm以上、管長250mm以上 ・試験器：線膨張試験装置 ・測定温度：20℃～80℃ 間での熱膨張量を測定	◎ 試験実施	◎ 構造計算時 (温度変化による伸縮量の計算・応力の照査)	● 材料承諾時 (設計値の根拠及び施工計画の硬化冷却時の温度、圧力、時間等)	—	—

反転・形成工法の要求性能と性能照査方法

凡例： ◎：照査方法に基づく試験等の実施
●：試験結果の提示による照査
○：現場での試験・計測による照査
〔 〕：内に表記した試験・JIS規格の試験等の公的試験機関で実施が困難な試験

要求性能			要求項目	要求値 (性能照査判定基準)	照査方法		照査のタイミング					
					試験方法 (及び確認方法)	工法開発時の試験条件(及び設計時の確認条件) ※ 施工時の品質管理の場合、【施工時の品質管理】と記載する	工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/材料承認)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)	
基本的性能	施工性	屈曲部にシワや背面空洞が生じない性能	－	屈曲部において2%より大きいシワや工法背面に空洞が発生しないこと	[屈曲部検証試験]	本書に示す試験	・模擬管路の口径: φ250mm以上 ・模擬管路の管種: 鋼製半割管 ・模擬管路の形状: 屈曲角は各工法が申告する角度 ・更生管厚さ: 試験要領に示す設計条件で求めた厚さ	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	○ 出来形	－
	構造性能	耐摩耗性	流水等による摩耗に対する抵抗性と通水性及び耐荷性の低下が生じないこと	硬質ポリ塩化ビニル管と同等程度の摩耗量(±50%以内)である	耐摩耗性試験	・JIS K 7204(プラスチック摩耗輪による摩耗試験方法) ・JIS A 1452(建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法 落砂法)	摩擦熱などによりJIS K 7204のプラスチック摩耗輪による摩耗試験が適切に実施できない場合は、JIS A 1452の建築材料及び建築構成部分の摩耗試験(落砂法)を採用する	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	－	－
地盤追従性		今後発生すると予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能	地盤変位や既設管の継手の変位に追従すること	モニタリング・日常管理・機能診断	目視による変状発生状況の確認/施設の使用環境条件	施工後の反転・形成工法の地盤追従性をモニタリング等で確認する	－	－	－	● 目視による変状確認 (既設管継手 部周辺における変状の発生 状況等)	○	
個別的性能	耐震性	地震動及び地盤変位に対する安全性を有すること	耐震性能を有しているかの確認	今後の検討課題								
	水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能	有害物質の溶出の確認	有害物質が検出されない	浸出試験	JWWA Z 108(水道用資機材浸出試験方法)	必要な試験内容と評価基準は関係機関との協議による	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承認時	－	－

止水バンド工法の要求性能と性能照査方法

凡例：◎：照査方法に基づく試験等の実施
●：試験結果の提示による照査
○：現場での試験・計測による照査
[]内に表記した試験・JIS規格の試験機関で実施が困難な試験

要求性能	要求項目	要求値 (性能照査判定基準)	照査方法		照査のタイミング				
			試験方法 (及び確認方法)	工法開発時の試験条件 (及び設計時の確認条件)	工法開発時	設計時	施工時 (施工計画・材料 承諾)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)
水密性	想定される内水圧に対して漏水がないこと	静水圧に安全率2.0を乗じた内水圧で漏水(水圧の低下)がない なお、長期にわたり使用する場合に は静水圧に水撃圧を加えることを検討する	[内水圧試験] ※本書に示す試験	継手変位なし	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承諾時	○ 漏水の有無の 確認(目視や 水張り試験等)	○ 漏水の有無の 確認(目視や 水張り試験等)
				継手変位あり (ジョイント間隔・段差)					
水理機能	想定される外水圧に対して漏水がないこと	外水圧で漏水(水圧の低下)がない	[外水圧試験] ※本書に示す試験	継手変位なし	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承諾時	○ 漏水の有無の 確認(目視や 水張り試験等)	○ 漏水の有無の 確認(目視や 水張り試験等)
				継手変位あり (たわみ)					
通水性	計画最大流量を完全に通水できる性能	止水バンド工法を複数設置した場合の計画最大流量の確保	水理計算	止水バンド工法を連続的に 複数個設置した場合の損失 を摩擦損失水頭として算定	-	◎ 水理計算	-	○ ゴムの仕上がり厚さ 1箇所4点(上下左右) ・流量観測(施工前・後)	○ ゴムの仕上がり厚さ ・施設管理者へ通水性等について聞き取り調査
				JIS K 6253の5 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム 一種の求め方・第5部・硬 さ試験機の校正及び検証					
耐久性	ゴムの長期耐久性 水道用ゴムの規格(JIS K 6353)における1類Aの品質※1	硬さ	硬さ試験	JIS K 6253の5 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム 一種の求め方・第5部・硬 さ試験機の校正及び検証	-	◎ 水理計算	-	○ ゴムの仕上がり厚さ 1箇所4点(上下左右) ・流量観測(施工前・後)	○ ゴムの仕上がり厚さ ・施設管理者へ通水性等について聞き取り調査
			引張試験	JIS K 6251 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム 引張特性の求め方					
			老化試験	JIS K 6257 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム 一般老化特性の求め方					
			圧縮永久ひずみ	JIS K 6262 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム 一般温・高温及び低温における圧縮永久ひずみの求め方					
			鋼材の長期耐久性 SUS304又はSUS316の使用※1	JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯 JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯					
構造機能	鋼材の長期耐久性 SUS304又はSUS316の使用※1	鋼材の耐久性※2	使用鋼材の各品質試験 (ミルシートによる確認)	(製造業者又は製造業者より委託された試験機関の材料検査成績書等を確認する)	◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承諾時	-	○ 長期耐久性の確認 (目視や水張り試験等)

止水バンド工法の要求性能と性能照査方法

凡例：◎：照査方法に基づく試験等の実施
●：試験結果の提示による照査
○：現場での試験・計測による照査
[]内に表記した試験・JIS規格の試験等の公的試験機関で実施が困難な試験

要求性能	要求項目	要求値 (性能照査判定基準)	照査方法				照査のタイミング			
			試験方法 (及び確認方法)	目視/ボルトの締め/ゴム厚計測/施設の使用環境条件	工法開発時の試験条件 (及び設計時の確認条件)	工法開発時	設計時	施工時 (施工計画/材料 承認)	施工・竣工時 (施工管理)	供用時 (モニタリング)
基本的性能	接着性	接着面定した材料が脱落しない性能	モニタリング・日常管理・機能診断	目視/ボルトの締め/ゴム厚計測/施設の使用環境条件	施工後の止水バンドの接着性や脱落要因の評価をモニタリング等で確認する	—	—	—	○ ゴムの圧縮厚み 1箇所4点(上下左右)測定 ・ボルト締付力の確認(油圧ジャッキ、トルクリン チ等)	○ 目視による装着状況の確認、ゴムの圧縮厚み・ボルト締付力(油圧ジャッキ、トルクリンチ等)
	地盤追従性	今後発生する予想される地盤変位や既設管の継手の変位に追従する性能	モニタリング・日常管理・機能診断	目視/ボルトの締め/ゴム厚計測/施設の使用環境条件	施工後の止水バンドの地盤追従性をモニタリング等で確認する	—	—	—	—	○ 目視による装着状況の確認、ゴムの圧縮厚み・ボルト締付力(油圧ジャッキ、トルクリンチ等)
個別的性能	耐震性	地震動及び地盤変状に対する安全性を有すること 耐震性能を有しているかの確認	今後の検討課題							
	水質適合性	使用者の必要とする水質に適合する性能 社会的機能	ゴムの浸出試験	JIS K 6353 水道用ゴム 試験方法付属書1		◎ 試験実施	● 工法選定時	● 材料承諾時	—	—

※1ゴムやSUSは耐摩耗性が高いことから耐摩耗試験による照査は行わない。
※2ハックアップ材を工法の一部として用いている場合は、ハックアップ材の長期耐久性を要求する。

2. 各試験方法

(注意点)

各要求性能に対して、J I S規格等の公的な規格によらず、本書で定めた試験の試験方法について記載する。

[反転・形成工法] 水密性試験要領

1. 適用範囲

自立管構造の更生管の内水圧に対する水密性の確認を行う試験方法について規定する。なお、本試験では端部処理を施すことで、「端部の水密性を確認する端部水密性試験」として兼ねることができる。

2. 試験体

- ①口径：代表口径とする。
- ②更生管長さ：更生管露出部の長さ、と端面の固定に必要な長さとの和以上とする。
- ③更生管露出部：下記、表 1 の試験片寸法を参考とする。

表 1 J I S K 7013 繊維強化プラスチック管の短期静水圧試験の試験片寸法

単位：mm

外径 D	露出部（端面処理間の正味長さ）
$D \leq 250$	$3D + 250$ 以上
$D > 250$	$D + 1000$ 以上

- ④更生管厚み：下記、表 2 の設計条件から算出された更生管厚みとする。計算諸元及び計算方法は本書に準拠して算出する。また、算出された設計更生管厚み及び計算書は記録・保管しておく。

表 2 更生管厚みの設計条件

土かぶり	2.0m
土の単位体積重量	18kN/m ³
鉛直土圧算出式	垂直土圧公式
活荷重の設定	T-25
道路の状態	舗装道路
その他上載荷重	0kN/m ²
基礎材の反力係数（e'）	7000kN/m ²
支承条件	自由支承
基礎の設計支持角	120deg
基礎材の締め固め程度	締固め I
締固め度による補正係数	1.0
基礎材の締め固め度	90%
変形遅れ係数	1.0
変形遅れ係数（活荷重）	1.0
設計たわみ率	4%
設計水圧（静水圧＋水撃圧）	承認を得ようとする設計水圧

3. 試験圧力

申告しようとする設計水压（静水压＋水撃圧）に安全率 2.0（※）を乗じた値を設定値とする。

※土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」付録 技術書 9.1.4「水密性から見た許容内水压に対する検討」内の安全率 2（一般に、2.0 以上とする）より

4. 試験方法

- ①更生管の試験体を作成し、両端に試験治具（フランジ付き短管）を装着する。
- ②両端部に端部処理を施す。
- ③試験体の両端を板フランジで閉塞し、水を注水する。充水作業は、更生管内のエアを抜きながらゆっくりと充水していく。
- ④更生管内のエアを抜き充水後、試験水压を作用させる。
- ⑤試験水压を 5 分間（※）保持し漏水や浸出が発生しないことを確認する。
- ⑥水压を一旦開放し、再度試験水压を再び作用させて 5 分間保持し漏水や浸出が発生しないことを確認する。この工程を 2 回繰り返す。
- ⑦合計 3 回、試験水压を 5 分間保持し、漏水や浸出がないことを確認する。

※土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」付録 技術書 13.3.2「漏水試験（1）継目試験」の試験時間 5 分間より

下記、図 1 に内水压水密性試験体概要図（外径 300mm の例）を示す。

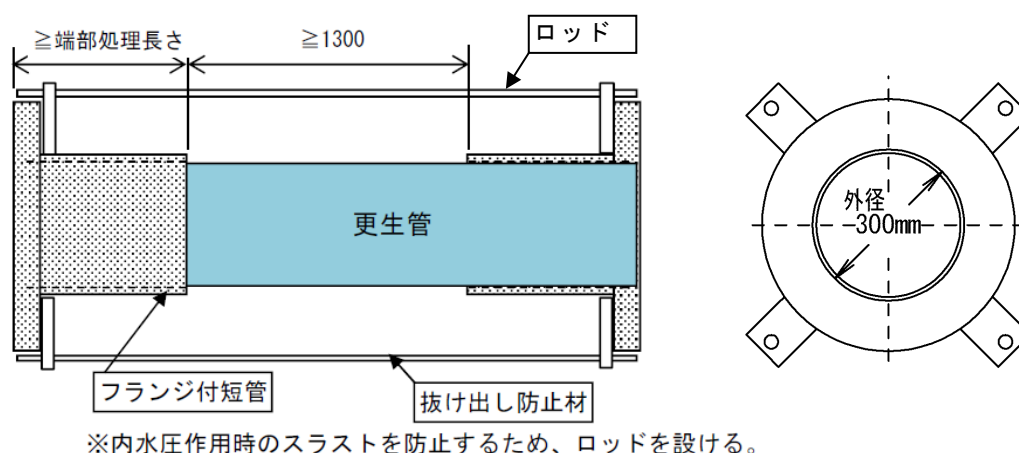


図 1 内水压水密性試験体概要図（外径 300mm の例）

5. 試験結果確認事項

- ①更生管本体及び端部から漏水や浸出が発生しないことを目視にて確認する。
- ②作用させた内水圧が保たれていることを圧力測定機器等にて確認する。

6. 報告事項

- ①試験年月日
- ②試験機関名（又は立会者）
- ③試験体
 - ・ 工法名
 - ・ 材料名
 - ・ 全長
 - ・ 更生管口径
 - ・ 更生管長さ
 - ・ 更生管露出部長さ
 - ・ 更生管厚み
- ④試験条件
 - ・ 内水圧
 - ・ 時間
- ⑤試験測定結果
 - ・ 内水圧
 - ・ 時間
 - ・ 漏水や浸出の有無

〔反転・形成工法〕 端部水密性試験要領

1. 適用範囲

更生管の端部に施す端部処理の水密性の確認を行う試験方法について規定する。

2. 試験体

- ① 口径：代表口径とする。
- ② 長さ：端部処理を施す延長以上の長さとする。
- ③ 更生管厚み：水密性（内水圧・外水圧）試験要領と同様に求める。

3. 試験圧力

申告しようとする設計水圧（静水圧＋水撃圧）に安全率 2.0 を乗じた値を設定値とする。

4. 試験方法

- ①両端フランジの試験治具の中に更生管を作成する。
- ②両端部に端部処理を施す。
- ③試験治具の両端を板フランジで閉塞し、水を注水する。
- ④充水作業は、更生管内のエアを抜きながらゆっくりと充水していく。
- ⑤試験水圧を 5 分間（※）保持し漏水や浸出が発生しないことを確認する。
- ⑥水圧を一旦開放し、再度試験水圧を再び作用させて 5 分間保持し漏水や浸出が発生しないことを確認する。この工程を 2 回繰り返す。
- ⑦合計 3 回、試験水圧を 5 分間保持し、漏水や浸出がないことを確認する。

※ 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
付録 技術書 13.3.2「漏水試験（1）継目試験」の試験時間 5 分間より

下記、図 1 に水密性試験概要図（例）を示す。

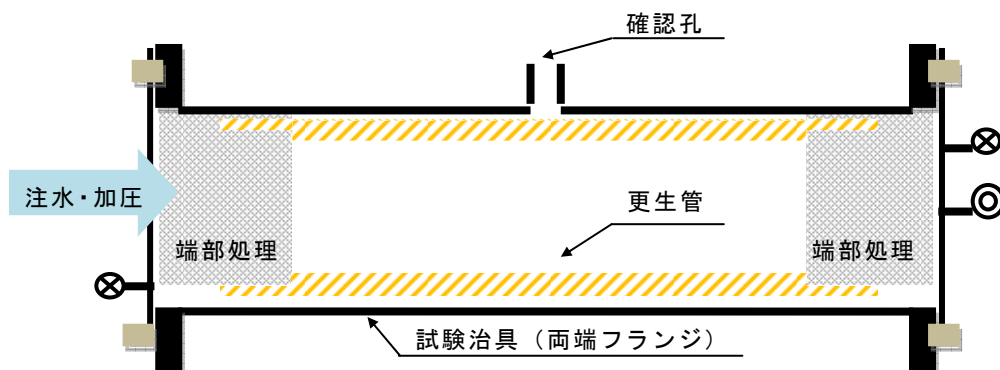


図 水密性試験概要図（例）

5. 試験結果確認事項

- ①端部及び確認孔より漏水が発生しないことを目視にて確認する。
- ②作用させた内水圧が保たれていることを圧力計測機器等にて確認する。

6. 報告事項

- ①試験年月日
- ②試験機関名（又は立会者）
- ③試験体
 - ・ 工法名
 - ・ 材料名
 - ・ 全長
 - ・ 更生管口径
 - ・ 更生管長さ
 - ・ 更生管厚み
- ④試験条件
 - ・ 内水圧
 - ・ 時間
- ⑤試験測定結果
 - ・ 内水圧
 - ・ 時間
 - ・ 漏水の有無

1. 適用範囲

更生材の硬化後の温度変化による膨張・収縮量を測定し、更生材の線膨張係数を算出する試験方法について規定する。

2. 試験体

試験口径：250mm 以上、管長は 250mm 以上とする。

更生管厚み：水密性（内水圧・外水圧）試験要領と同様に求める。

3. 試験方法

- ① 更生材を恒温槽内で計測装置に接続したひずみゲージとデータロガーを用いて線膨張性試験を行う。恒温槽に試験体を設置する。
- ② 試験体を一定速度で昇温させ周方向、軸方向の 20～60℃間での熱膨張量を測定する。
- ③ 熱膨張量の測定結果より線膨張係数($1/^\circ\text{C}$)を算出する。

測定温度範囲 ($T_1 \sim T_2$) における試験片の平均線膨張率は、次の式によって算出する。

$$\alpha_{sp} = \frac{\Delta L_{spm} - \Delta L_{refm}}{L_0 \times (T_2 - T_1)} + \alpha_{ref}$$

ここに、 α_{sp} ：平均線膨張率 ($^\circ\text{C}^{-1}$)

L_0 ：室温での試験片の長さ (μm)

T_1 ：平均線膨張率を求める低温側温度 ($^\circ\text{C}$)

T_2 ：平均線膨張率を求める高温側温度 ($^\circ\text{C}$)

ΔL_{spm} ：試験片についての T_1 のときの長さ L_1 と T_2 のときの長さ L_2 の差 [(T_2 のときの長さ) - (T_1 のときの長さ)] の測定値 (μm)

ΔL_{refm} ：長さ校正用の標準試験片についての T_1 のときの長さ L_{1r} と T_2 のときの長さ L_{2r} の差 [(T_2 のときの長さ) - (T_1 のときの長さ)] の測定値 (μm)

α_{ref} ：長さ校正用の標準試験片の $T_1 - T_2$ 間での平均線膨張率の計算値 ($^\circ\text{C}^{-1}$)

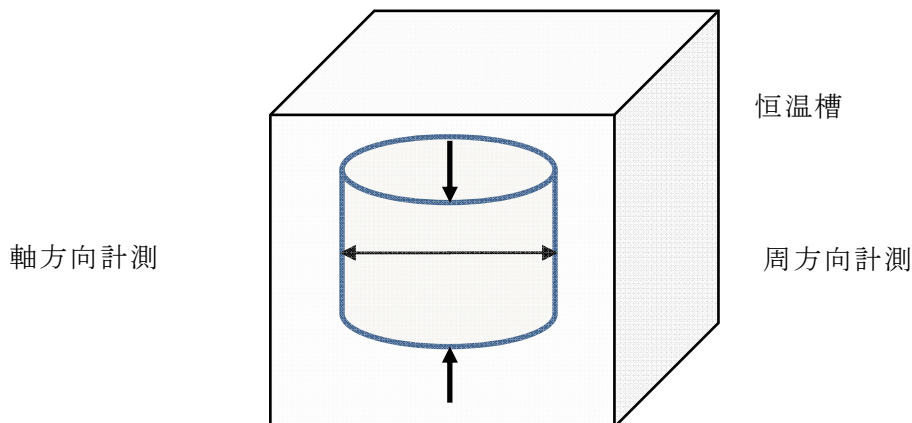


図 1 試験体の配置

4. 報告事項

- ①試験年月日
- ②試験機関名（又は立会者）
- ③試験体
 - ・ 工法名
 - ・ 材料名
 - ・ 全長
 - ・ 更生管口径
 - ・ 更生管長さ
 - ・ 更生管厚み
- ④試験条件
 - ・ 温度
 - ・ 時間
- ⑤試験測定結果
 - ・ 寸法（周方向、軸方向）
 - ・ 温度

1. 適用範囲

農業用水パイプラインの線形には、多くの場合、曲管部が存在する。このような線形のパイプラインに反転・形成工法による管路更生を施工すると、その曲管部で更生管にシワや更生材の背面に空洞が発生する可能性が大きい。

シワの高さが許容範囲以下、かつ管厚が設計寸法に収まるための実験的検証を実施するための試験方法について規定する。

2. 模擬管路

①管径

模擬管路の管径は 250mm 以上とする。

②管種

模擬管路に使用する管種は鋼管（半割）とする。

③管長

図 1 に示すとおり直線部が 2000mm 以上とする。

④管路形状

模擬管路形状は、図 1 に示すとおりとし、模擬管路の屈曲角は各工法が申告する口径の 2 % 以上のシワ及び背面空洞が発生しない角度とする。

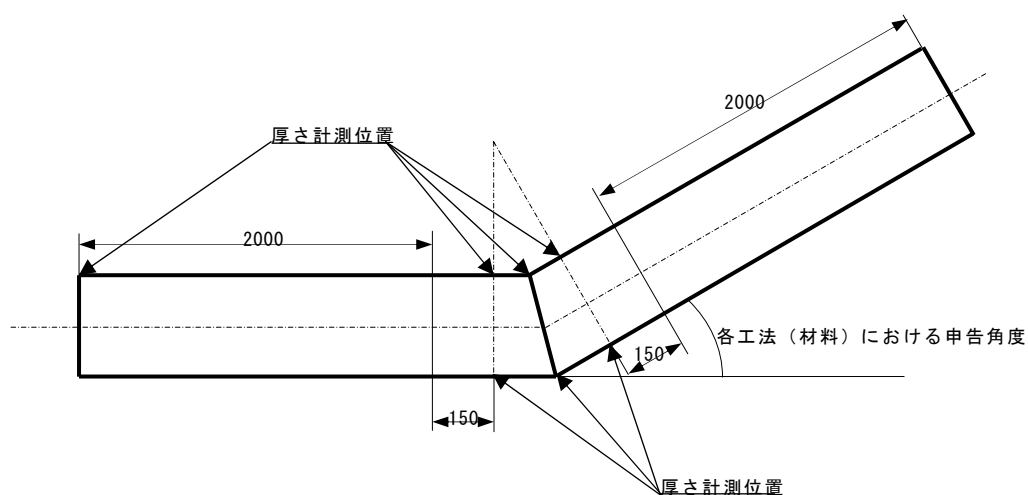


図 1 屈曲部検証試験模擬管路概要図

3. 更生管厚み

更生管の厚みは、本書に準拠して水密性（内水圧・外水圧）試験に示した設計条件から算出する。また、算出された設計更生管厚み及び計算書は記録・保管しておく。

4. 更生管施工

模擬管路を準備した後、各工法の施工マニュアルに従い更生管を施工する。拡張圧力、温度及び養生時間等の施工管理項目は、現場と同じように記録し管理する。

5. 出来形測定

出来形測定は、模擬管路から更生管を取り出して上下半分切断した状態で行う。更生管厚みをノギスにより計測する。計測厚さと設計更生厚さとを比較し、計測厚さが設計更生厚さを下回らないことを確認する。

また、発生したシワ及び空洞についてもノギスによる高さ・大きさの計測を行い、シワ発生箇所数と一緒に写真記録する。シワ発生状況については、スケッチ及び写真撮影により記録を残すものとする。

6. 報告事項

①試験年月日

②試験機関名（又は立会者）

③試験体

- ・ 工法名
- ・ 材料名
- ・ 全長
- ・ 更生管口径
- ・ 更生管長さ
- ・ 更生管厚み

④試験条件

- ・ 模擬管形状・寸法・角度
- ・ 更生管厚み
- ・ 各工法の施工マニュアルの拡張圧力、温度及び養生時間等の施工管理項目

⑤試験測定結果

- ・ 出来形測定結果
- ・ 拡張圧力、温度及び養生時間等の記録

[止水バンド工法] 水密性（内水圧・外水圧）試験要領

1. 適用範囲

継手部の変状により漏水等が発生した箇所に、弾力性のあるゴムスリーブ等を圧着用鋼材を用いて拡張装着し、部分的に水密性を回復させる止水バンドの水密性試験方法について規定する。

2. 試験体

- ① ゴムスリーブは、J I S K 6353:1997 水道用ゴム及びJ W W A K 156 水道施設用ゴム規格のⅠ類Aに分類されるS B R及びE P D Mにて製作する。
- ② 圧着用鋼材は、J I S G 4304 及び J I S G 4305 の S U S 304 及び S U S 316 にて製作する。
- ③ 試験体は製品と同じ材質、形状のもので行うものとし、内水圧試験は任意の口径で実施するものとするが、外水圧試験については使用する口径以上とする。

3. 試験項目

内水圧試験 継手変位なし
内水圧試験 継手変位あり（ジョイント間隔・段差）
外水圧試験 継手変位なし
外水圧試験 継手変位あり（たわみ）

4. 試験圧力

- ① 内水圧試験の圧力は、静水圧に安全率2を乗じた値を設定値とする。
なお、長期にわたり使用する場合には静水圧に水撃圧を加えることを検討する。
- ② 外水圧試験の圧力は、外水圧を設定値とする。

5. 試験方法

- ① 内水圧試験 継手変位なし

図1のように試験装置に空気が残らないよう内部を充水し、試験圧力を加えた状態で5分間保持する。

この時、漏水等の異常がないことを確認する。

試験条件：

- ・ 口径：任意の口径
- ・ 水圧：承認を得ようとする適用可能最大水圧（静水圧に安全率 2 を乗じた値）
なお、長期にわたり使用する場合には静水圧に水撃圧を加えることを検討する。
- ・ 水圧保持時間：5 分

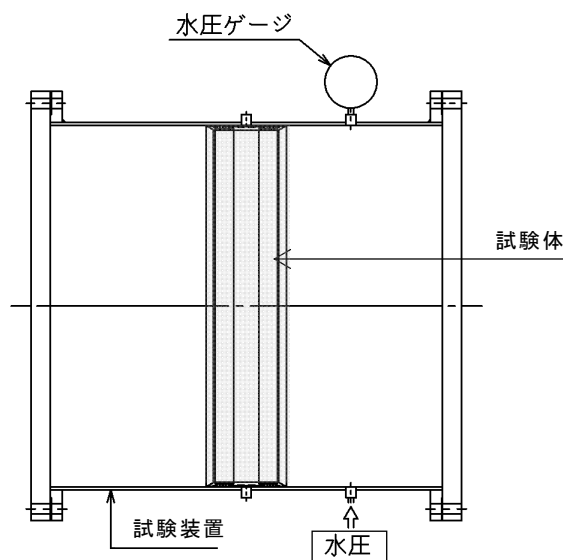


図 1 直管内水圧試験

② 内水圧試験 継手変位あり（ジョイント間隔・段差）

図 2 ～ 3 のようにジョイント間隔及び段差のそれぞれについて、継手の変位を設定した試験装置を準備し、空気が残らないよう内部を充水し、試験圧力を加えた状態で 5 分間保持する。試験体には、必要に応じてバックアップ補強を行うことができる。

この時、漏水等の異常がないことを確認する。

試験条件：

- ・ 口径：任意の口径
- ・ 継手変位量：承認を得ようとするジョイント間隔及び段差
ただし、ジョイント間隔は既設管の規格値の 1.5 倍以下が適用範囲である。
- ・ 水圧：承認を得ようとする適用可能最大水圧（静水圧に安全率 2 を乗じた値）
なお、長期にわたり使用する場合には静水圧に水撃圧を加えることを検討する。
- ・ 水圧保持時間：5 分

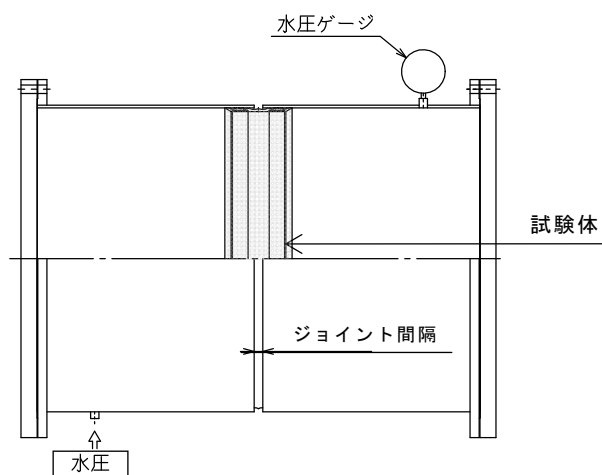


図 2 ジョイント間隔試験

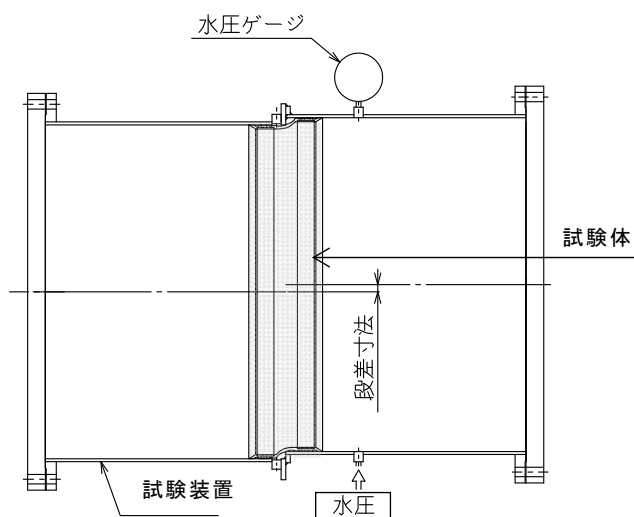


図 3 段差変位試験

③ 外水圧試験 継手変位なし

図 4 のように試験装置に試験体を設置し、試験圧力を試験体に加えた状態で 5 分間保持する。試験体は、外水圧条件により補強バンドを設置することができる。
この時、漏水等の異常がないことを確認する。

試験条件：

- ・ 口径：承認を得ようとする適用可能最大口径
- ・ 水圧：承認を得ようとする適用可能最大外水圧
- ・ 水圧保持時間：5 分

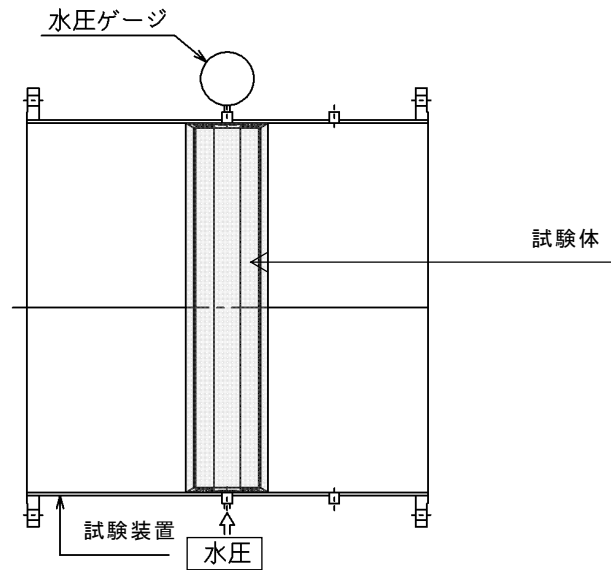


図 4 直管外水圧試験

④ 外水圧試験 継手変位あり（たわみ）

図 5 のようにたわみ設定した試験装置に試験体を設置し、試験圧力を試験体に加えた状態で 5 分間保持する。試験体は、外水圧条件により補強バンドを設置することができる。

この時、漏水等の異常がないことを確認する。

試験条件：

- ・ 口径：承認を得ようとする適用可能最大口径
- ・ 扁平量：承認を得ようとする扁平率

ただし、扁平率 5 % 以内が適用範囲である。

- ・ 水圧：承認を得ようとする適用可能最大外水圧
- ・ 水圧保持時間：5 分

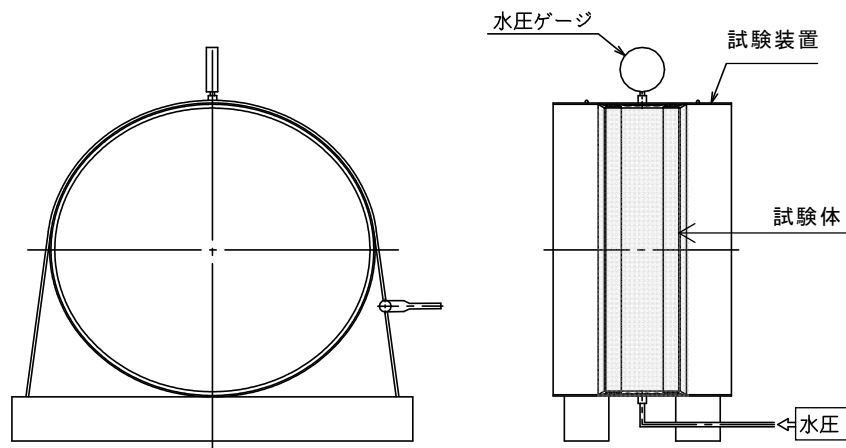


図 5 扁平試験

6. 報告

本試験による結果の報告は、次の事項を必須とする。

- ① 試験体の材料規格・寸法
- ② 試験条件及び結果
- ③ 試験後の漏水状況
- ④ 試験開始前後の圧力数値
- ⑤ 試験時の温度、湿度
- ⑥ 試験年月日
- ⑦ 試験機関名（又は立会者）

3. 施工管理項目等参考例

鞘管工法

反転・形成工法

止水バンド工法

鞘管工法

① 直接測定による出来形管理

鞘管工法の直接測定による出来形管理は「土木工事施工管理基準」に準拠することとし省略する。
なお、測定可能な項目のうち撮影可能な箇所については、充填完了時についても行うものとする。

鞘管工法

② 撮影記録による出来形管理

管の布設に関する項目は「土木工事施工管理基準」に準じるものとし、充填材に関わる内容を以下に示す。

工種		撮影基準	撮影箇所	撮影方法	管理方法
管 路 更 生 工 法 鞘 管 工 法	1.一般	省略	※「土木工事施工管理基準」第2表 撮影記録による出来形管理 1. 共通工事を参照。		
	2.材料の品質等 充填材の品質等	施工前の使用材料の保管状況	スパンごと	1.撮影箇所の確認、寸法の判定ができるよう工夫する。 2.撮影箇所には次の事項を記入した黒板を用意し、整理説明の便となるよう工夫する。(1)工事名、(2)工種及び種別、(3)作業内容、(4)測点、(5)設計数量・寸法、(6)実測数量・寸法、(7)略図 3.写真はカラー撮影とする。なお、写真ファイルの記録形式はJPEGとし、有効画素数は、黒板の文字が確認できることを指標(100万画素程度)とする。	
		施工前の使用材料の確認状況	スパンごと		
		試験用材料の現場採取確認状況	スパンごと		
		試験実施状況	スパンごと		
	3.事前処理工	管内洗浄状況	施工箇所ごと		施工前・施工後
		障害物の除去状況	施工箇所ごと		施工前・施工後
		止水状況	施工箇所ごと		施工前・施工後
	4.充填工	間仕切り壁設置状況	施工箇所ごと		施工前・施工後
		充填材注入作業状況	施工箇所ごと		施工中適宜
		注入状況(圧力管理状況)	施工箇所ごと		施工中適宜
		確認孔による充填確認状況	スパンごと		施工中適宜

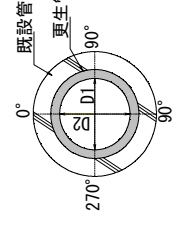
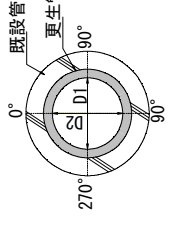
鞘管工法

③ 品質管理項目

管の品質管理に関する項目は「土木工事施工管理基準」に準じるものとし、充填材に関わる内容を以下に示す。

工種	区分	試験(測定)項目	試験方法	試験(測定)基準	(参考)規格値	管理方式	処置
管 路 更 生 工 法	材 料	配合	-	-	-	-	(1)公的機関の報告書の内容をチェックし、必要に応じて立会検査する。 (2)規格値の範囲に取まらない材料は使用してはならない。
		一軸圧縮強度	JIS A 1216 (土の一軸圧縮試験方法)	-	28日圧縮強度値が1.0N/mm程度		
		生比重	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法)	-	申告値±0.1(g/ml)		
		フロー値	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法) シンダー法	-	申告値±20mm		
		空気量	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法)	-	申告値±5%		
	施 工	一軸圧縮強度	JIS A 1216 (土の一軸圧縮試験方法)	2回/日	28日圧縮強度値が1.0N/mm程度	-	-
		生比重	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法)	2回/日	申告値±0.1(g/ml)		
		フロー値	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法) シンダー法	2回/日	申告値±20mm		
		空気量	JHS A 313 (エアモルタル及びエアミルクの試験方法)	2回/日	申告値±5%		
		裏込め注入量	-	充填スパンごと	確認孔から吹き出した時点を充填完了とし、設計値以上を注入したことを確認する。		
		裏込め材注入圧力管理	-	施工中の記録の提出	設定値以下		

反転・形成工法
①直接測定による出来形管理

工種	項目	管理基準値	規格値(参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表によるもの	測定結果一覧表によるもの	構造図に朱記、併記するもの		
反転・形成工法 管路更生工法	外観	管路の設計強度、耐久性、水理性能等を損なうようなシワ、たるみ、剥離、漏水、異常変色等の欠陥や異常箇所がないこと	キズ、亀裂、断裂の不良箇所が認められず、更生管の性能を損なうフィルムはがれ、浮き、変色、硬化不良箇所等が認められないこと	全施工延長について目視により外観検査を行う。	—	—	○		※φ800mm未満はTVカメラによる。 ※異常箇所は、写真撮影(遠景、近景)、計測、展開図への記録を行う。
	更生管内径	最低確保内径以上	同左	更生管の内径は、管端部の2箇所及び中間1箇所/20mについて、同一点で施工前、硬化後24時間以降に、2方向(天地・左右)測定する。 段差、屈曲部ではその段差・屈曲範囲の上下流でも測定する。	—	○	—		※φ800mm未満は管端部2箇所の計測とし、中間部は省略できる。 ※縫い目を避けて計測すること。
	更生管厚さ	設計厚さ以上であること (ただし、最低確保内径以上を満足すること)	・4箇所の平均管厚が呼び厚さ以上 ・測定値の最小値は設計更生管厚以上	1スパンの更生管管端部について、更生管厚を4点以上測定する。	—	○	—		※耐荷性を担う層の仕上り厚さを計測する。 ※縫い目を避けて計測すること。
	施工延長	設計延長以上	施工延長≧設計延長	実測による。	—	○	—		
	更生管のシワ	シワの高さが呼び径の2%以内に収まっていること	同左	シワ発生箇所について、断面位置・規模、縦断長さ、縦・横シワの区分を計測する。	—	—	○		
	既設管と管更生の隙間	最大隙間量が5mm以下であること	同左	発進部及び到達部の管口にて既設管と管更生の隙間が5mm以下であることを確認する。	—	○	—		
	管口端部処理	端部処理に異常がないこと	同左	全箇所について、所定の施工管理で設置されていること、外観に異常がないことを確認する。	—	○	—		

反転・形成工法
②撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準	撮影箇所	撮影方法	備考
反転・形成工法	1.一般	省略	※「土木工事施工管理基準」第2表 撮影記録による出来形管理 1. 共通工事を参照。	
	2.材料、品質等	施工前の使用材料の保管状況 施工前の使用材料の確認状況 試験用材料の現場採取確認状況 試験実施状況	スパンごと スパンごと スパンごと スパンごと	
管 路 更 生 工 法	3.事前処理工	管内洗浄状況 障害物の除去状況 止水状況	施工箇所ごと 施工箇所ごと 施工箇所ごと	施工前・施工後 施工前・施工後 施工前・施工後
	4.施工状況	挿入状況(引込作業状況、圧力管理状況等) 硬化状況(圧力管理状況、温度管理状況等) 管口硬化収縮状況(内径測定状況) 本管管口切断状況 更生管延長 更生管仕上がり厚さ(ノギス測定) 更生管と既設管の隙間 更生管仕上がり内径 更生管口仕上がり状況	スパンごと スパンごと 施工箇所ごと 施工箇所ごと スパンごと 箇所ごと 箇所ごと 箇所ごと 箇所ごと 箇所ごと	施工中 施工中 施工中 施工中 施工後 施工後 施工後 施工後 施工前・施工後
管 路 更 生 工 法	5.出来形管理	目視又はテレビカメラ調査による検査状況	適宜	施工後
	6.管内検査工	管口端部処理 異常(シワ・たるみ、剥離漏水、変色等)	箇所ごと 箇所ごと 箇所ごと(異常箇所は、写真撮影(遠景、近景)、計測、展開図への記録を行うこと)	施工後 施工後 施工後 施工後 ※異常箇所は、写真撮影(遠景、近景)、計測、展開図への記録を行う。

反転・形成工法
③品質管理項目

工種	区分	試験(測定)項目	試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式 ※	処置
管 路 更 生 工 法	材 料	水密性試験	本書に示す試験	- 口径：代表口径 - 水圧：承認を得ようとする適用可能最大設計内水圧（静水圧＋水撃圧、安全率2） - 更生管延長：更生管露出部に端部固定に必要な長さの総和以上 - 更生管露出部：外径$\leq 250\text{mm}$：外径$\times 3 + 250\text{mm}$ - 外径$> 250\text{mm}$：外径$+1000\text{mm}$(JIS K 7013) - 内水圧作用時間：5分$\times 3$回	所定の内水圧で漏水（水圧の低下）がない。	—	(1) 試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査する。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
		端部水密性試験	本書に示す試験	- 口径：代表口径 - 水圧：承認を得ようとする適用可能最大設計内水圧（静水圧＋水撃圧、安全率2） - 更生管の長さ：試験要領に示す設計条件で求めた長さ - 内水圧作用時間：5分$\times 3$回	所定の内水圧で漏水（水圧の低下）がない。	—	
		端部処理の追従量の確認	工法／材料毎に線膨張係数を測定して計算	- 線膨張係数：線膨張性試験による - 温度差：供用中の温度差 - 既設管との摩擦：原則、見込まないが、摩擦の影響を考慮できることが、実験等により示されれば考慮することができる。	供用中の温度変化で想定される端部移動量に対し端部処理が追従できること	—	
		短期曲げ強度試験	JIS K 7171（プラスチック-曲げ特性の求め方）に準拠 （周方向・軸方向）	- 試験片：短冊状、5個以上（周方向と軸方向それぞれ） - 推奨試験片寸法：長さ80mm、幅10mm、厚さ4mm（製品の使用条件と試験片の形状を考慮して試験片を選定） - 試験速度：1%/minに近いつみ速度。試験片の厚さにより異なる（$h \times 0.4 \sim 0.5\text{mm/min}$）	構造計算で用いた保証値以上 ※試験値のバラツキや長期強度特性等の考慮が適切になされていること	—	
		短期曲げ弾性試験	JIS K 7171（プラスチック-曲げ特性の求め方）に準拠 （周方向・軸方向）	- 試験片：短冊状、5個以上（周方向と軸方向それぞれ） - 推奨試験片寸法：長さ80mm、幅10mm、厚さ4mm（製品の使用条件と試験片の形状を考慮して試験片を選定） - 試験速度：1%/minに近いつみ速度。試験片の厚さにより異なる（$h \times 0.4 \sim 0.5\text{mm/min}$）	構造計算で用いた保証値以上 ※試験値のバラツキや長期強度特性等の考慮が適切になされていること	—	
		短期引張強度試験	JIS K 7161-1（プラスチック-引張特性の試験方法-第1部：通則）に準拠 （周方向・軸方向）	- 試験片：ダンベル状、5個以上（周方向、軸方向それぞれ） - 試験片の形状や作成方法はJIS K 7162or7164の材料に適合する規格を準用 - 試験速度（引張強度）：熱可塑性材料10mm$\pm 2.0\text{mm/min}$、熱硬化性材料5mm$\pm 1.0\text{mm/min}$	構造計算で用いた保証値以上 ※試験値のバラツキや長期強度特性等の考慮が適切になされていること	—	
		短期引張弾性試験	JIS K 7161-1（プラスチック-引張特性の試験方法-第1部：通則）に準拠	- 試験片：ダンベル状、5個以上（軸方向） - 試験片の形状や作成方法はJIS K 7162or7164の材料に適合する規格を準用 - 試験速度（引張弾性係数）：1mm$\pm 0.2\text{mm/min}$	構造計算で用いた保証値以上 ※試験値のバラツキや長期強度特性等の考慮が適切になされていること	—	
		長期曲げ強度試験（50年後の曲げ強度）	JIS K 7039（プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック（GRP）管—湿潤状態下における管の長期間極限曲げひずみ及び長期間極限相対変位の求め方）に準拠	- 試験方向：周方向 - 試験片：円管、規定された破壊時間の分布を得るために少なくとも18個 - 試験時間：10、000時間（JISでは規定がないため、下水道協会のガイドラインを準用） - 試験雰囲気：水中 - 試験温度：23$\pm 5^{\circ}\text{C}$ - 試験結果を踏まえて50年後の長期引張強度を推定する	構造計算で用いた保証値以上 ※試験値のバラツキや長期強度特性等の考慮が適切になされていること	—	

反転・形成工法
③品質管理項目

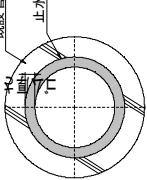
工種	区分	試験(測定)項目	試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式 ※	処置
反転・形成工法	管 路 更 生 工 法	長期曲げ弾性試験(50年後の曲げ弾性係数)	• 複合材料で縫い目や重ね合わせがある材料の場合: JIS K 7035(ガラス強化熱硬化性プラスチック(GRP)管-運搬条件下での長期偏平クランプ剛性の求め方及び運搬クランプアクタの計算法)に準拠 • 硬質ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管の単一材料で縫い目や重ね合わせがない材料の場合: JIS K 7116(プラスチック-クランプ特性の試験方法-第2部:3点負荷による曲げクランプ)に準拠	• 試験方向: 周方向 【ガラス繊維あり】 • 試験片: 正円であること、L=0.3m、2個以上。 • 試験時間: 10,000時間 【ガラス繊維なし】 • 試験片: 短冊状とし、JIS K 7171に準拠、3個又は5個以上(材料特性による)。 • 試験時間: 10,000時間	構造計算で用いた保証値以上 ※試験値のパラッキや長期強度特性等の考慮が適切になされていること	—	
		長期引張強度試験(50年後の引張強度)	JIS K 7013(強化繊維プラスチック管)に準拠(周方向) 長期静水圧試験	• 試験方向: 周方向 • 試験片: 円管、規定された破壊時間の分布を得るために少なくとも18個 • 試験片長さ: 外径$\leq$250mm: 外径$\times$3+0.25、 外径$>$250mm: 外径+1.0m • 試験時間: 10,000時間(JISでは規定がないため、下水道協会のガイドラインを準用) • 試験雰囲気: 水中 • 試験温度: 23$\pm$5℃	構造計算で用いた保証値以上 ※試験値のパラッキや長期強度特性等の考慮が適切になされていること	—	
管 路 更 生 工 法	材 料	硬化収縮試験(更生材の硬化時の収縮)	試験方法の統一は現時点では困難	各工法個別に検討を行い、要求値を満足することの証明を求める。	最大隙間量が5mm以下であること 水理計算により所定の通水能力を確保できること	—	(1) 試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査する。
		線膨張性試験(温度変化による更生材の硬化後の収縮)	本書に示す試験	• 更生材の硬化後の温度変化による膨張・収縮量を測定し、更生材の線膨張係数を算出する • 硬化収縮試験の試験体の一部を切断し使用する • 口径・延長: ϕ250mm以上、管長250mm以上 • 試験器: 線膨張試験試験器 • 測定温度: 20℃$\sim$60℃ 間での熱膨張量を測定	温度変化による伸縮量の計算・応力の照査により安全であること	—	(2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
		屈曲部検証試験	本書に示す試験	• 模擬管路の口径: ϕ250mm以上 • 模擬管路の管種: 鋼製半割管 • 模擬管路の形状: 屈曲角は各工法が申告する角度 • 更生管厚さ: 試験要領に示す設計条件で求めた厚さ	屈曲部において2%より大きいシワや工法背面に空洞が発生しないこと	—	
		耐摩耗性試験	JIS K7204(プラスチック-摩耗輪による摩耗試験方法) JIS A1452(建築材料及び建築構成部分の摩耗試験方法(落砂法))	摩耗輪などによりJIS K 7204のプラスチック摩耗輪による摩耗試験が適切に実施できない場合は、JIS A 1452の建築材料及び建築構成部分の摩耗試験(落砂法)を採用する	硬質ポリ塩化ビニル管と同等の摩耗量である	—	
		浸出試験	JWWA Z108(水道用資機材-浸出試験方法)	必要な試験内容と評価基準は関係機関との協議による。	有害物質が検出されないこと	—	

反転・形成工法
③品質管理項目

工種	区分	試験(測定)項目	試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式 ※	処置
反転・形成工法 管渠更生工法	施工	円管での短期曲げ強度試験	JIS K 7038(プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック(GRP)管—リンダの初期変位に対する破壊強さの試験方法)	【施工時の品質管理】 現場で採取した円管を使用して曲げ強度を測定する。 ・口径:施工する実口径 ・供試体:発達立坑・到達立坑の2箇所から採取した円管	構造計算で用いた保証値以上	—	—
		円管での短期曲げ弾性試験	JIS K 7013(繊維強化プラスチック管)の扁平試験に準拠	【施工時の品質管理】 ・口径:施工する実口径 ・供試体:発達立坑・到達立坑の2箇所から採取した円管	構造計算で用いた保証値以上	—	—
		円管での短期引張強度試験	JIS K 7037(プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック(GRP)管—見掛けの初期周方向引張強さの求め方)	【施工時の品質管理】 ・口径:施工する実口径 ・供試体:発達立坑・到達立坑の2箇所から採取した円管	構造計算で用いた保証値以上	—	—
		反転圧力、反転速度、加熱温度、加熱時間、光照射量、照射時間、保持圧力等、各工法の管理項目 各作業の時刻管理記録	材料承諾、施工計画書に基づく管理	施工エスplanごとに管理する	材料承諾、施工計画書に基づき管理が実施されていること	—	—
		水密性	水張り試験	原則、施工エスplanごとに実施する	減水量が標準許容減水量範囲内であること	—	—
		通水能力	水理計算	仕上がり内径による水理計算書	計画最大通水量以上の流下能力があること	—	—

止水バンド工法

①直接測定による出来形管理

工種	項目	管理基準値	規格値(参考)	測定基準	管理方式			測定箇所標準図	摘要
					管理図表によるもの	測定結果一覧表によるもの	構造図に矢記、併記するもの		
止水工法	外観	・欠陥等の異常箇所がないこと ・所定の位置に設置されていること	-	全施工箇所について目視により外観検査を行う。	-	-	○		
	ゴムの仕上がり厚さ	各施工箇所、1箇所4点(上下左右)の全てが所定の高さ以下であること	-	各施工箇所、1箇所4点(上下左右)測定する。	-	○	-		※計測高さは各メーカーのマニュアルに準じる。
	固定時締め付け力	所定の締め付け力の範囲であること	-	全施工箇所について締め付け治具による締め付け金具の締め付け力を測定する。	-	○	-		

止水バンド工法

②撮影記録による出来形管理

工種	撮影基準		撮影箇所	撮影方法	備考
	省略	※「土木工事施工管理基準」第2表 撮影記録による出来形管理 1. 共通工事を参照。			
1.一般		施工前の使用材料の保管状況	適宜	1.撮影箇所の確認、寸法が判定できるように工夫する。	
2.材料、品質等		施工前の使用材料の確認状況（ロット番号等）	適宜	2.撮影箇所には次の事項を記入した黒板を用意し、整理説明の便となるよう工夫する。 ①工事名、②工種及び種別、 ③作業内容、④測点、 ⑤設計数量・寸法、 ⑥実測数量・寸法、⑦略図	
3.事前処理工		管内洗浄状況	施工箇所ごと	3.写真はカラー撮影とする。なお、写真ファイルの記録形式はJPEG形式とし、有効画素数は、黒板の文字が確認できることを指標(100万画素程度)とする。	施工前・施工後
		障害物の除去状況	施工箇所ごと		施工前・施工後
		止水状況	施工箇所ごと		施工前・施工後
4.止水バンド設置工		止水バンド設置状況	施工箇所ごと ・着手前の表面の状況 ・段差、隙間、管ズレ、屈曲等 ・ゴム圧縮厚さ、仕上がり状況等	上記と同一 対象箇所の状況が判読可能な方法 (例：スケール目盛等で対比する)	施工前・施工後
		施工中の状況	施工箇所ごと ・据付状況、使用機械、拡張時のジャッキ圧力、固定ボルトの締め付け力等		施工中

止水バンド工法
③品質管理項目

工種	区分	試験(測定)項目	試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
止水工法	止水バンド工法	材料 ゴム	品質	JIS K 6353(水道用ゴム)	-	-	(1) 公的機関の報告書の内容をチェックし、必要に応じて立会検査する。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
			デュロメーター硬さ	JIS K 6253の5(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－硬さの求め方－第5部: 硬さ試験機の校正及び検証)	分類による許容差内		
			7.0MPa(71.4kgf/cm ²) 荷重時の伸び	JIS K 6251(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－引張特性の求め方)	分類による値以下		
			引張試験	JIS K 6251(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－引張特性の求め方)	分類による値以上		
			伸び(%)	JIS K 6251(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－引張特性の求め方)	分類による値以上		
			引張強さ変化率(%)	JIS K 6257(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－熱老化特性の求め方)	分類による値以内		
			促進老化試験	JIS K 6257(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－熱老化特性の求め方)	分類による値以内		
			デュロメーター硬さの変化(H _A)	JIS K 6257(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－熱老化特性の求め方)	分類による規格値内		
			圧縮永久ひずみ(%)	JIS K 6262(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－常温、高温及び低温における圧縮永久ひずみの求め方)	分類による値以下		
			品質	JIS G 4304(熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯)及びJIS G 4305(冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯)に準拠	-		
			種類及び物性値・質量・寸法の明示	JIS B 1180(六角ボルト)等に準拠	-		
			品質				
			種類及び鋼種・寸法の明示				

③品質管理項目

工種	区分	試験(測定)項目	試験方法	試験基準	(参考)規格値	管理方式	処置
止水工法	止水バント工法	水密性 本体 材料	内水圧試験 継手変位なし	・口径：仕様の口径 ・水圧：承認を得ようとする適用可能最大水圧（静水圧×安全率2） - なお、長期にわたり使用する場合には静水圧に水撃圧を加えることを検討する ・水圧保持時間：5分	所定の水圧で漏水がないこと	-	(1) 公的機関の報告書の内容をチェックし、必要に応じて立会検査する。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
			内水圧試験 継手変位あり (ジョイント間隔・段差)	・口径：仕様の口径 ・継手変位量：承認を得ようとするジョイント間隔及び段差ただし、ジョイント間隔は既設管の規格値の1.5倍以下が適用範囲 ・水圧：承認を得ようとする適用可能最大水圧（静水圧×安全率2） - なお、長期にわたり使用する場合には静水圧に水撃圧を加えることを検討する ・水圧保持時間：5分			
			外水圧試験 継手変位なし	・口径：適用可能最大口径 ・水圧：承認を得ようとする適用可能最大外水圧 ・水圧保持時間：5分			
			外水圧試験 継手変位あり (たわみ)	・口径：適用可能最大口径 ・継手変位量：承認を得ようとする扁平率ただし、扁平率5%以内が適用範囲 ・水圧：承認を得ようとする適用可能最大外水圧 ・水圧保持時間：5分			
	施工	水密性	水張り試験	—	減水量が標準許容減水量範囲内であること	-	-

4. 対策工法の効果が期待される期間（参考）

対策工法の効果が期待される期間（参考）

パイプラインの長寿命化対策を行う主な目的は、将来管路に生じる可能性がある、若しくは現に生じている性能低下要因の抑制又は遮断、水密性や耐荷力等の回復又は向上と多様である。

パイプラインの長寿命化対策を行う際は、対策前の施設の性能低下状態や使用環境等を踏まえて、対策の目的や対策後の施設の要求性能、施設の予定供用期間（又は機能保全コスト算定期間）を設定した上で、対策後の施設が対策工法の効果が期待される期間中、対象となる変状や性能低下要因に対して所要の性能が発揮される工法・材料を選定する必要がある。

ここでいう「対策工法の効果が期待される期間」については、「対策後の施設又は部位の耐用年数」として、工法・材料自体の耐久性に対象施設の状態等を考慮して定める必要がある。具体的には、個々の施設の機能診断調査や施設監視結果等により施設の性能低下の特性が明らかである場合や、営農形態の変化等に伴い今後、水利システム全体の見直し（二期事業）を行う等により現施設の予定供用期間が明確である場合等、個々の施設の事情を踏まえて検討する。

「対策後の施設又は部位の耐用年数」については、工法・材料自体の耐久性に対策後の既設管の性能低下や既設管と対策工法の相互作用等の不確かさを加味して、対策工法別に参考値として**参表-1**を示す。

なお、対策後の施設又は部位の耐用年数については、継続的な機能診断調査や施設監視の結果より実際の施設の劣化進行状況を見極めて、適宜、見直す必要がある。

参表-1 対策後の施設又は部位の耐用年数（参考値）

工法名		適用目的	工法材料の耐久性	期待される耐用期間
管路更生工法	鞘管工法 (DCI管/SP管/FRPM管/PE管)	補修 (主に水密性、通水性の回復又は向上)	50 年 ※工場製品であり既製管と同品質。パイプラインの性能低下実態を踏まえ 50 年は耐久すると判断	35 年
		改修		40 年
	反転工法 形成工法	補修 (主に水密性、通水性の回復又は向上)	50 年 ※長期クリープ試験により照査	30 年
		改修		35 年
	製管工法	補修 (主に水密性、通水性の回復又は向上)	50 年 ※繰り返し載荷試験により照査	30 年
		補強 (主に耐荷性の回復・向上)		
止水工法	止水バンド工法	補修 (水密性の回復)	50 年 ※50 年以上耐久する材料(ゴム:JIS K 6353 の I 類 A 種/鋼材:SUS304、SUS316)の使用を規定	— 既設管の水密性以外の性能の低下予測を踏まえて個別検討

※対策後の施設（又は部位）の耐用年数については、継続的な施設の機能診断調査や施設監視の結果より実際の施設の性能低下の進行状況を見極めて、適宜、見直していくものである。

【コラム】 対策後の施設又は部位の耐用年数について

1) 本書に示す耐用年数

構造物の耐用年数には、以下の3種類の考え方があるが、本書では、対策後の施設又は部位の耐用年数は、『**機能的耐用年数**』として整理する。

- i) 経済的耐用年数：物理的、機能的視点のみならず、市場性の視点を含め、経済的に市場性を有するであろうと考えられる期間。期間は比較的短い。
- ii) 機能的耐用年数：構造物の部位・部材又はシステムの性能低下に伴う安全性の低下、修繕費・運用費の増加、交換部品の不足、修繕不能等の問題を生じることなく、通常範囲内の維持管理により支障なくその機能を発揮すると期待できる、部材やシステムの耐用年数。期間は経済的耐用期間と物理的耐用期間の中間。
- iii) 物理的耐用年数：コンポーネントの物理的劣化に伴う耐用年数であり、工学的判断に基づいて決定される。部分的な修繕や部品の交換を繰り返して動く限り使う。部材そのものの物理的耐久性で、期間は比較的長い。

農業水利施設の機能保全の手引きにおける定義は以下のとおり。

『**耐用年数**』は、“施設の水利用性能、水理性能、構造性能が低下すること等により、必要とされる機能が果たせなくなり、当該施設が供用できなくなるまでの期間として期待できる年数”と定義されており、“**施設管理者が通常行う標準的な施設管理や軽微な補修等を行うことによって実現される平均的な年数。標準耐用年数とは直接関係しない**”と解説されている。この定義上の耐用年数は、上記の耐用年数の区分のうち、『**機能的耐用年数**』といえる。

『**標準耐用年数**』は、“土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸係数に示された施設区分、構造物区分ごとの設計に規定した供用目標年数”と定義されており、“**税法上の減価償却期間を規定するものであることから、耐用年数の検討の目安として活用できる**。本来であれば、施設の重要度等に応じて、要求性能と設計耐用年数を設定して設計を実施すべきであるが、設計耐用年数を設定するためには、劣化メカニズムの解析や劣化予測を行い、施設の劣化期間を把握する必要がある。しかし、現時点では施設の劣化期間を把握することが困難であるため、当面、設計耐用年数は標準耐用年数を準用して設定する。ただし、個別に設定できる場合はこの限りではない”と解説されている。この定義上の耐用年数は、上記の耐用年数の区分のうち、『**経済的耐用年数**』といえる。

2) 対策後の施設又は部位の耐用年数の設定について

対策後の施設（又は部位）の耐用年数を『機能的耐用年数』として、工法・材料自身の耐久性に対策後の施設の耐久性評価に係る不確かさを踏まえて、
『工法・材料自身の長期耐久期間×（1－リスク係数の累計）』の式により算定することとする。

i) 工法材料の長期耐久性

工法・材料自身の耐用年数は50年とし、その耐久性を室内試験により照査する。

ii) 対策後の施設の耐久性評価において配慮すべき不確かさ（リスク）

対策後の施設又は部位の機能的耐用年数を検討する上で考慮すべきリスク（不確実性）とその係数を以下のとおり設定する。

- ・地中埋設のため対策後の施設状態の日常点検や再劣化対策が困難【 $\alpha 1 : 0.1$ 】
- ・対策後の施設の性能低下予測と低下時の施設状態の想定が困難【 $\alpha 2 : 0.1$ 】
※対策時点の施設の供用年数によりリスク係数 $\alpha 2$ の割り増しを検討する。
- ・既設管と対策工法の相互作用が不明確【 $\alpha 3 : 0.1$ 】
- ・事前に照査しきれない施工時の気温や施工延長、口径等の現場施工条件上による工法・材料の品質のばらつきの発生や施設性能への影響が不明確【 $\alpha 4 : 0.1$ 】

参表-2 対策後の施設又は部位の耐用年数（参考値）で考慮した耐久性評価のリスク

工法名	適用目的	対策後の施設の耐久性評価のリスク
鞘管工法 (DCI管/SP管/FRPM管/PE管)	補修 (主に水密性、通水性の回復・向上)	・日常点検が困難($\alpha 1$) ・既設管の性能低下予測が困難($\alpha 2$) ・既設管と更生管の相互作用が不明確($\alpha 3$)
	改修	・日常点検が困難($\alpha 1$) ・既設管と更生管の相互作用が不明確($\alpha 3$)
・反転工法 ・形成工法	補修 (主に水密性、通水性の回復・向上)	・日常点検が困難($\alpha 1$) ・既設管の性能低下予測が困難($\alpha 2$) ・既設管と更生管の相互作用が不明確($\alpha 3$) ・施工条件上による現場硬化のばらつき($\alpha 4$)
	改修	・日常点検が困難($\alpha 1$) ・既設管と更生管の相互作用が不明確($\alpha 3$) ・施工条件上による現場硬化のばらつき($\alpha 4$)
製管工法	補修 (主に水密性、通水性の回復・向上) 補強 (主に耐荷性の回復・向上)	・日常点検が困難($\alpha 1$) ・既設管の性能低下予測が困難($\alpha 2$) ・既設管と更生管の相互作用が不明確($\alpha 3$) ・施工条件上による重鎮性の確保($\alpha 4$)