

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。

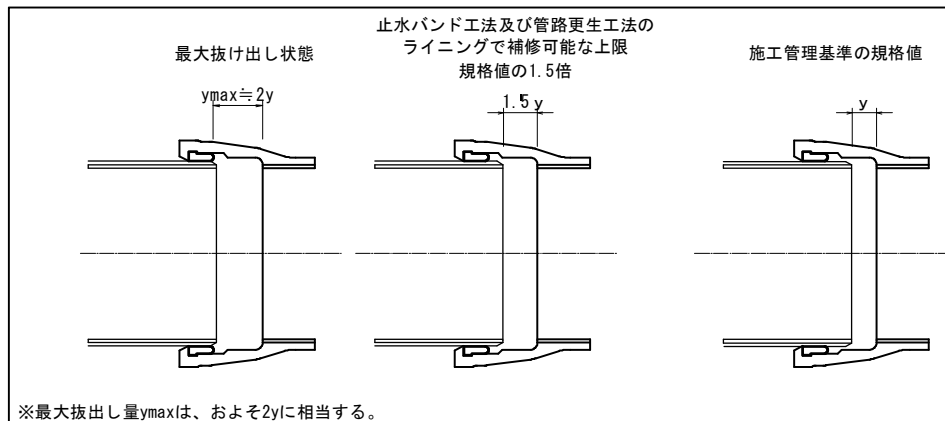
※7：内圧管における分岐管部や弁類の取付管部における更生管の穿孔について、穿孔方法や端部水密処理方法が確立されていないこと及び分岐管部や取付管部は異形鋼管が用いられていることが多く性能低下が穏やかであるこ

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。

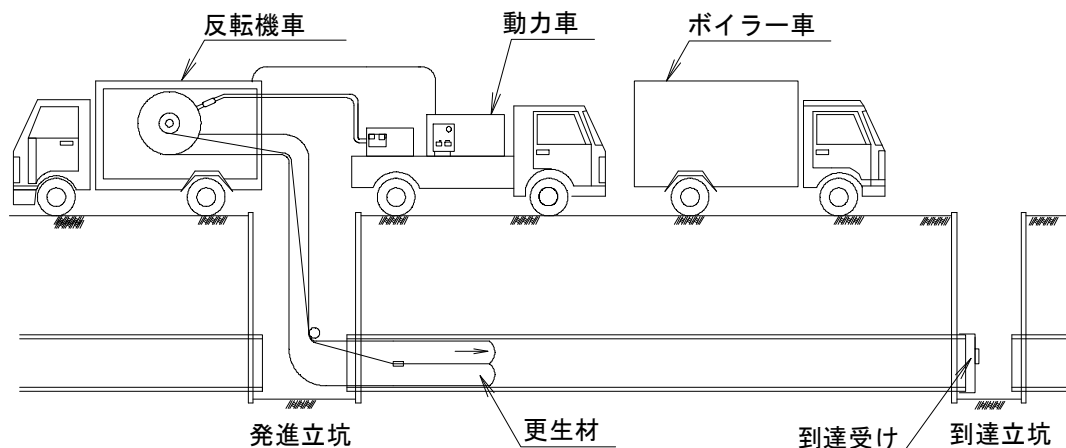


図 5.1-1 反転工法（熱硬化タイプ）の施工概要（例）

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。

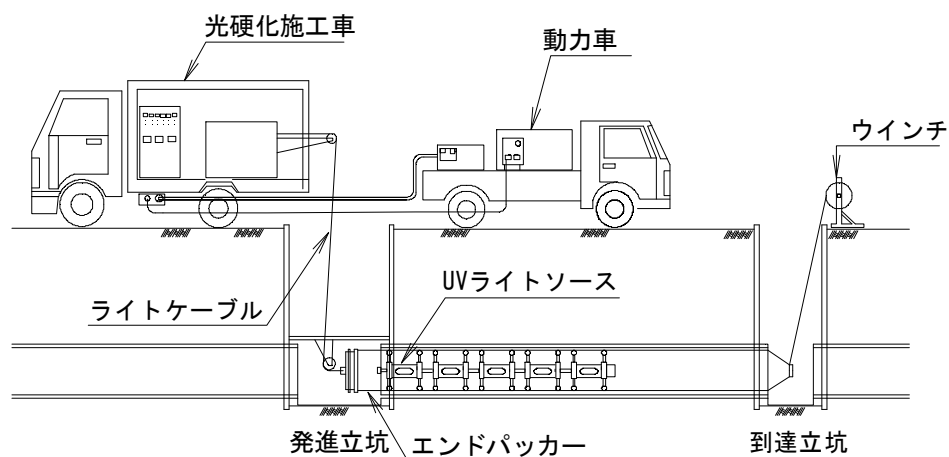


図 5.1-2 形成工法（光硬化タイプ）の施工概要（例）

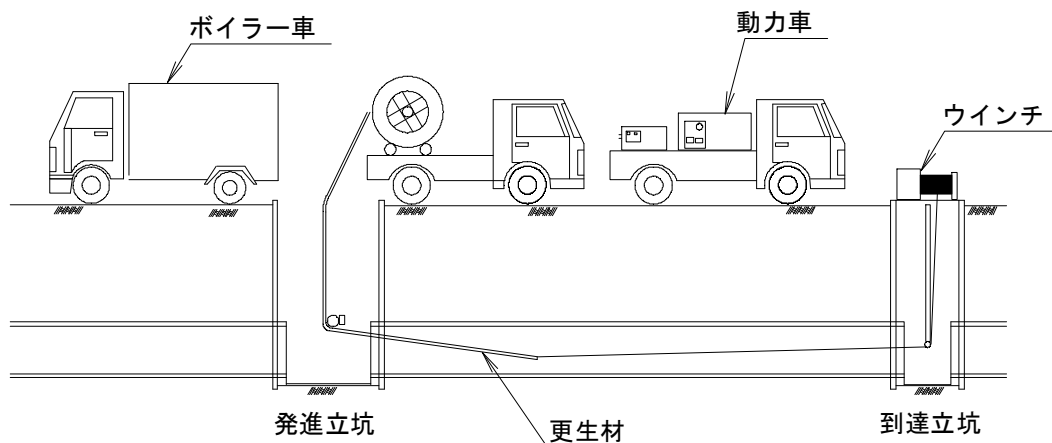


図 5.1-3 形成工法（熱形成タイプ）の施工概要（例）

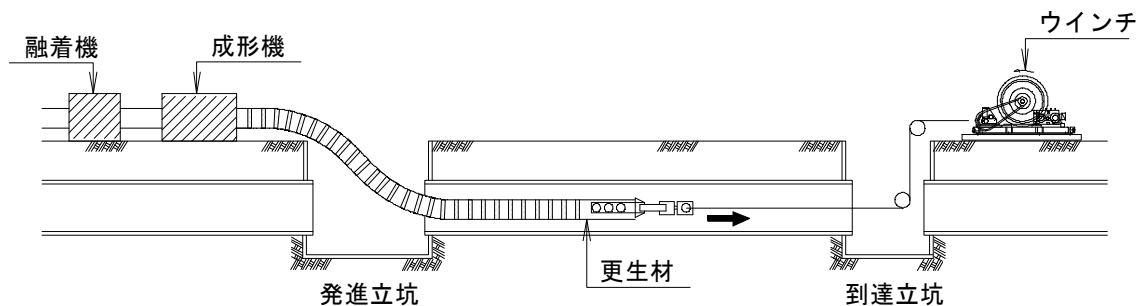


図 5.1-4 形成工法（連続管タイプ）の施工概要（例）

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	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	△	△	△	△	△
		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

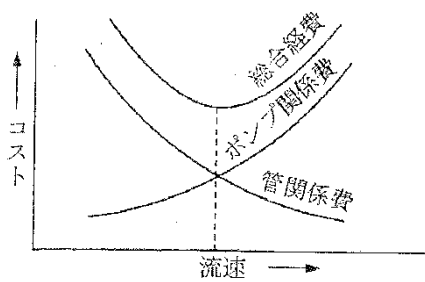


図 5.3.2-1 経済性の概念図

(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

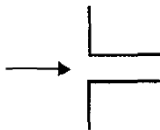
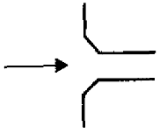
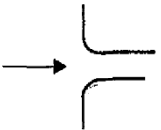
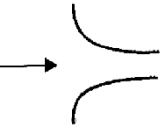
1) 流入による損失水頭

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

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

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

ここに、

- h_o : 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_o : 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、 $f_o=1$ とする。

3) 湾曲及び屈折による損失水頭

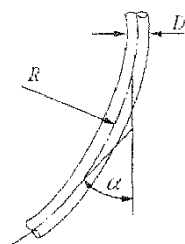
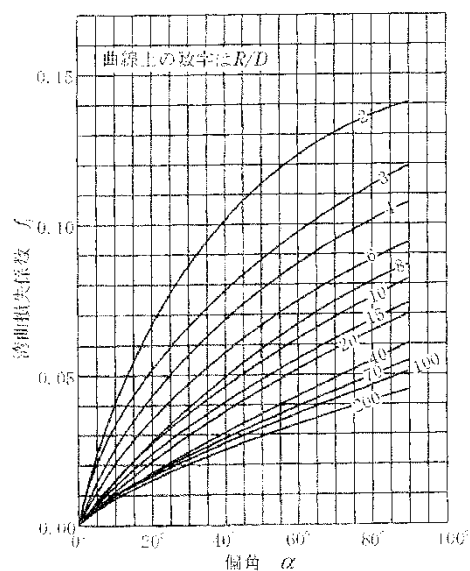
① 湾曲による損失水頭

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

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。

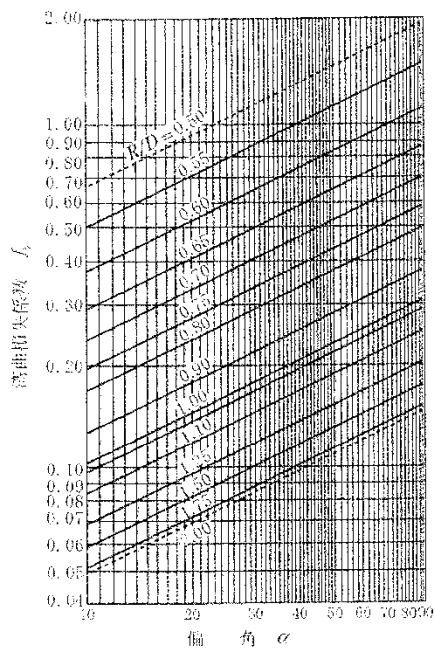


バジールスキ (Wasielowski) の簡略式

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

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、

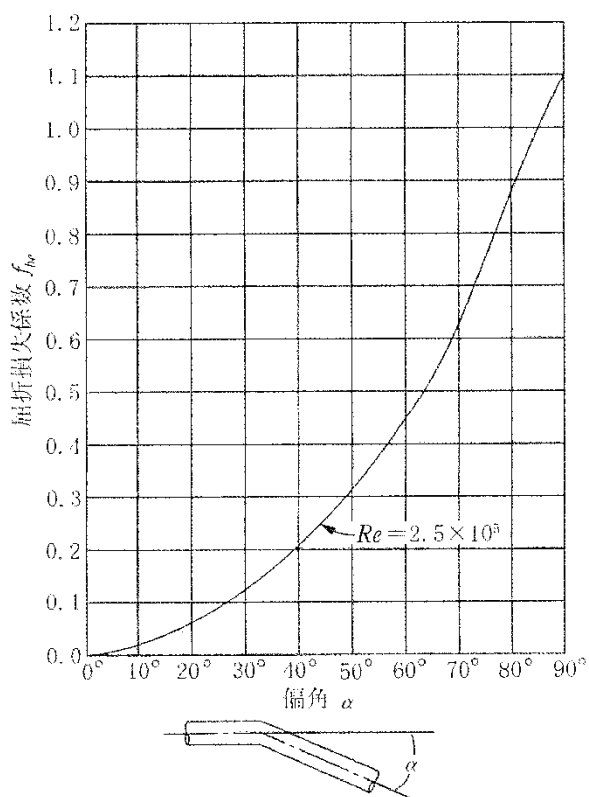
h_{be} : 屈折による損失水頭 (m)

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

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

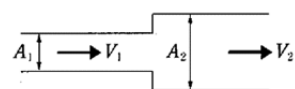


図 5.3.4-3 急拡大管

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

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

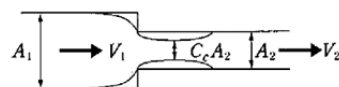


図 5.3.4-4 急縮管

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。

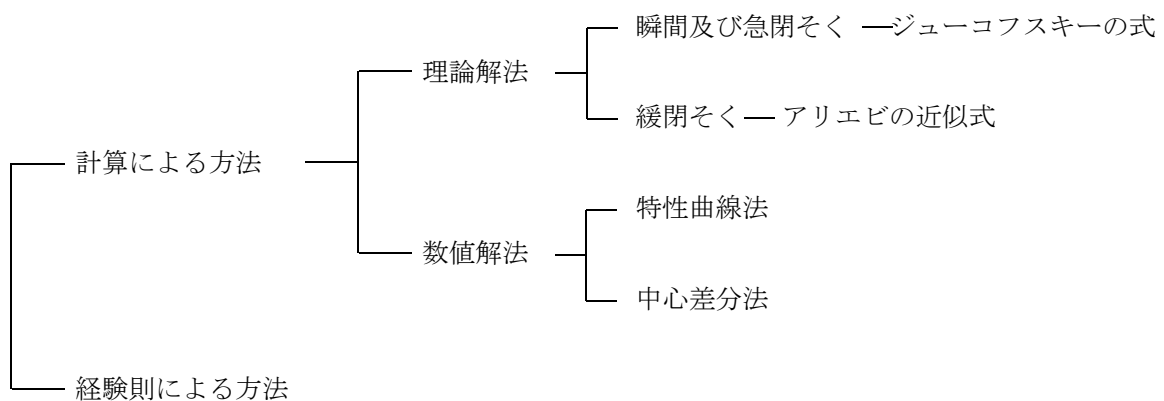


図 5.3.5-1 水撃圧の予測方法

(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必要がある。

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。

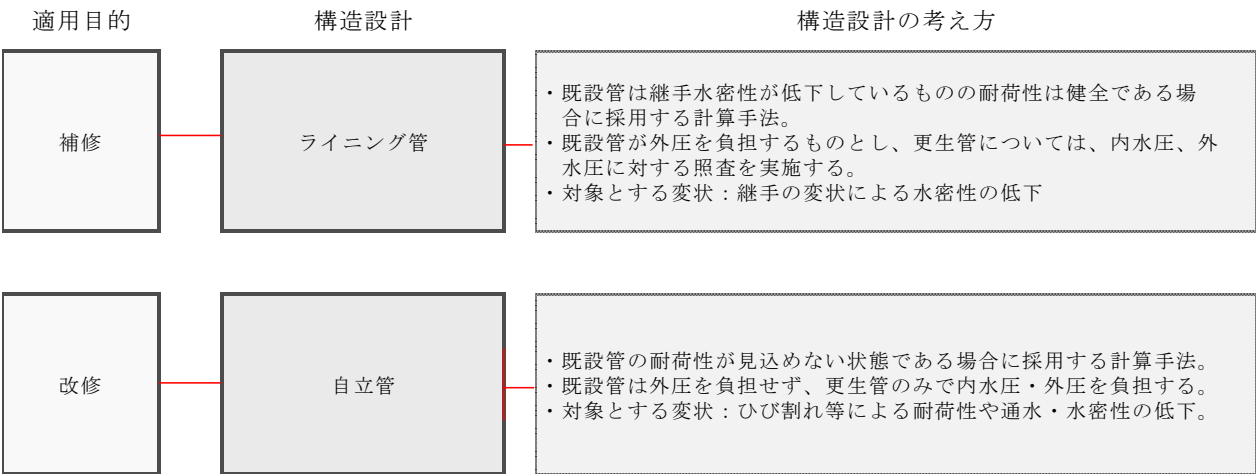


図 5.4.1-1 構造設計手法の考え方

(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	○	○	—
その他の荷重 ^{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 その他の上載荷重」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。

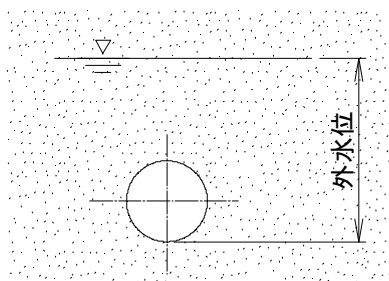


図 5.4.2-1 外水位の設定模式図

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。

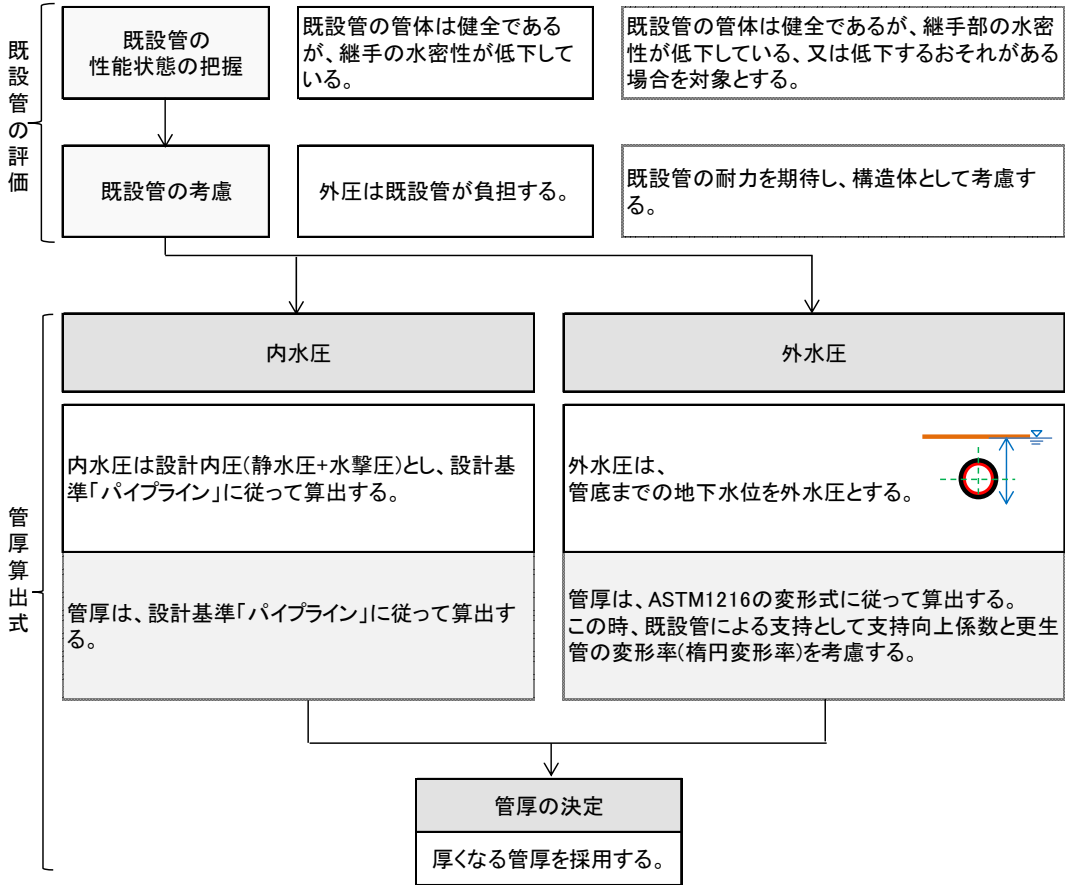


図 5.4.4-1 構造設計（ライニング管）の検討手順

(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（F R P 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。

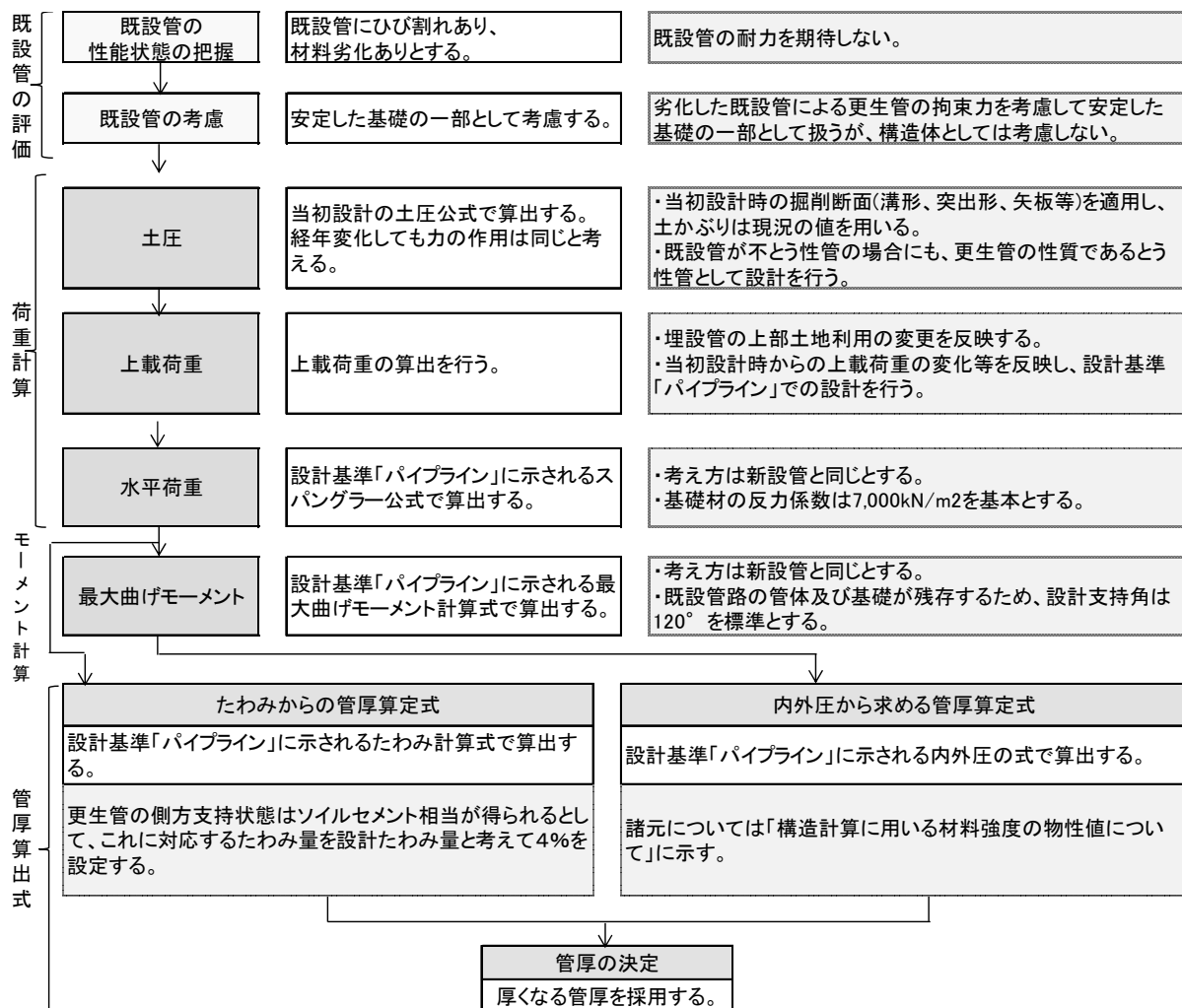


図 5.4.5-1 構造設計（自立管）の検討手順

(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 ($\text{N} \cdot \text{mm/mm}$)
 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）。

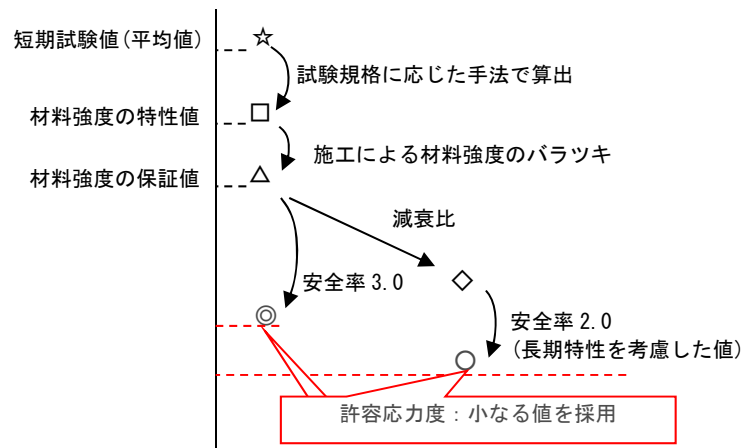


図 5.4.6-1 許容応力度の算出方法

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、比較的機動性が高く、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。

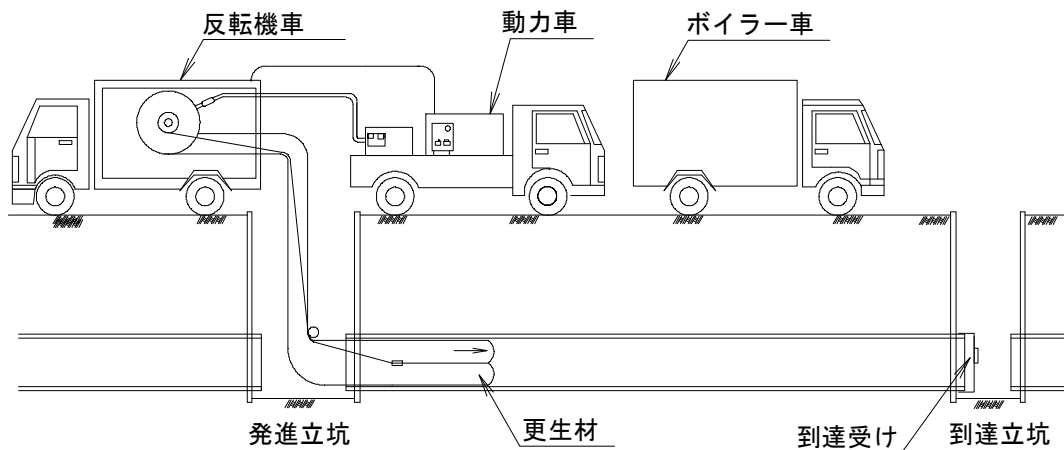


図 5.5.2-1 反転工法（空気反転）模式図（熱硬化）



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。

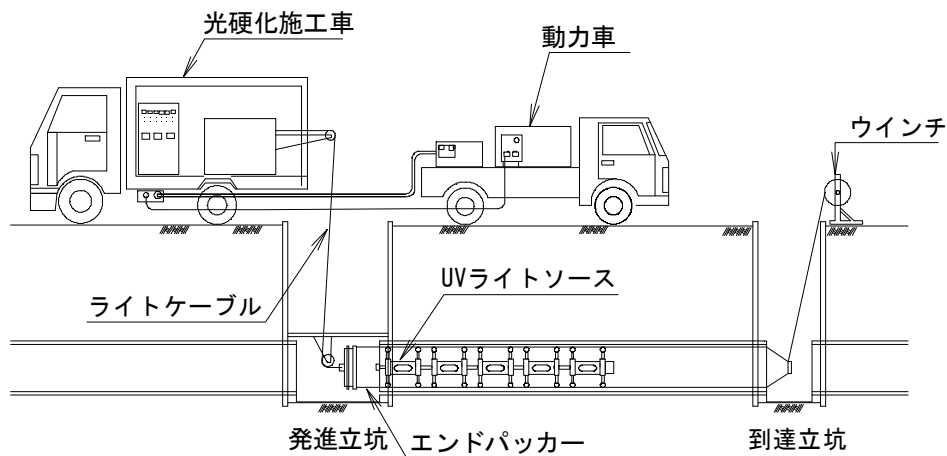


図 5.5.2-2 形成工法（熱・光硬化タイプ）模式図



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。

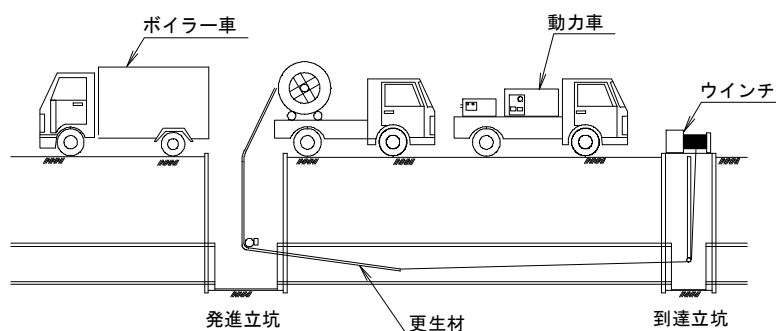


図 5.5.2-3 形成工法（熱形成タイプ）模式図



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。

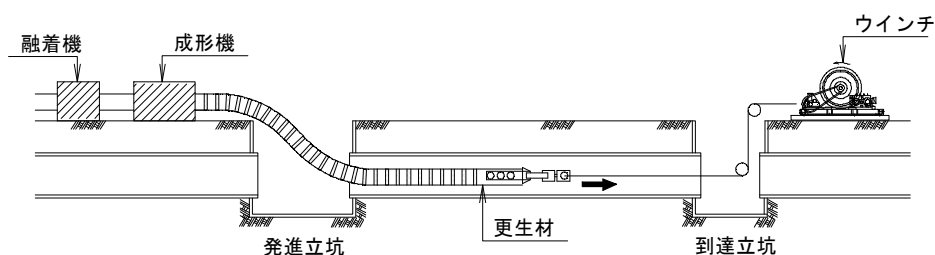


図 5.5.2-4 形成工法（連続管タイプ）模式図

(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。

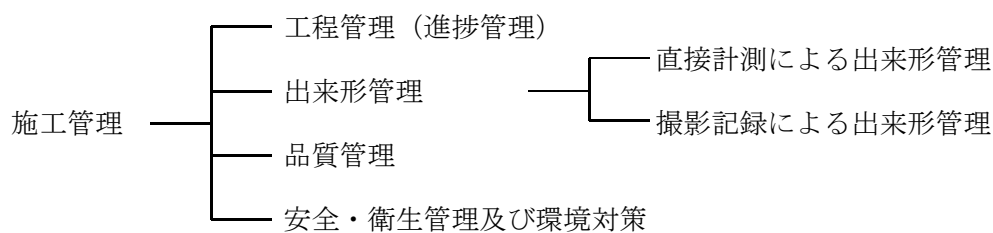


図 5.6.2-1 施工管理の基本構成

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）。

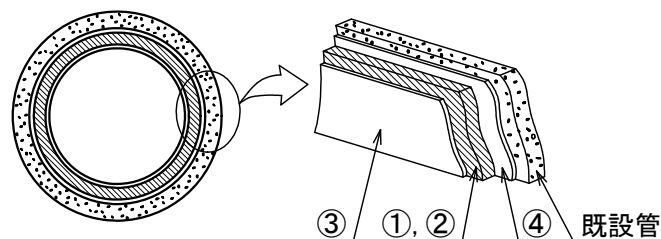


図 5.6.3.1-1 更生材の構成概念図

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、水压）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。水压（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。

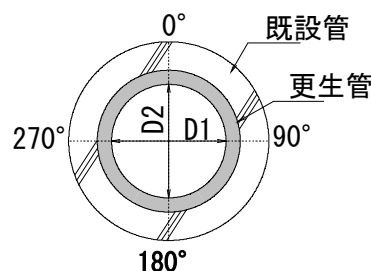


図 5.6.3.3-1 更生管厚又は仕上がり内径を測定する位置の例

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。

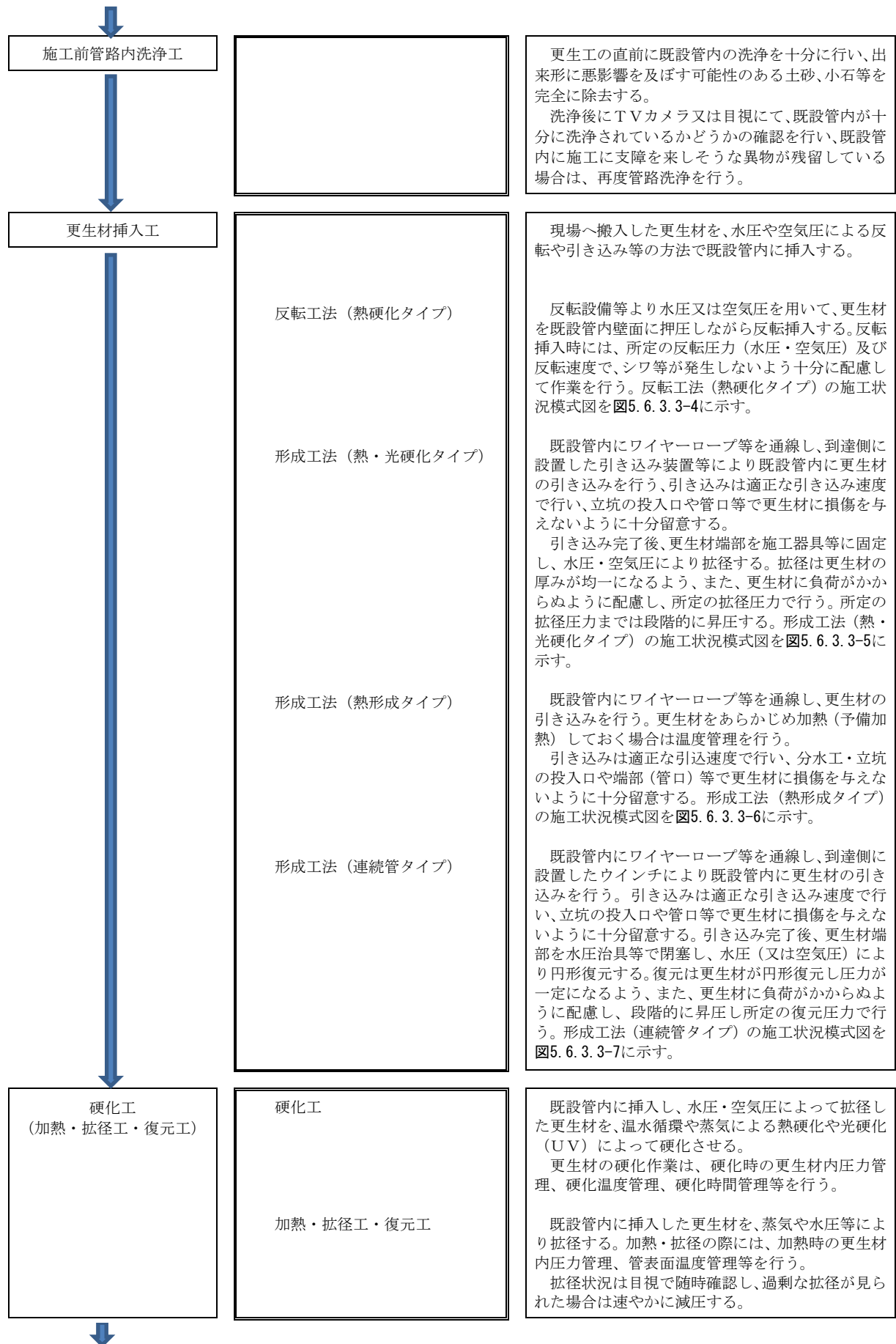
〔参考〕 更生管の品質管理に関する技術

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。



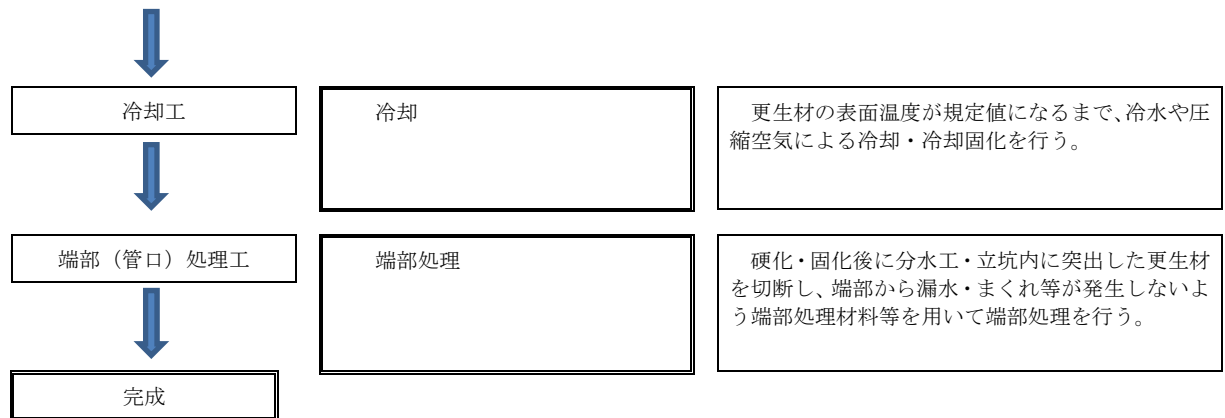


図 5.6.3.3-2 施工段階ごとの施工管理の例（反転・形成工法）

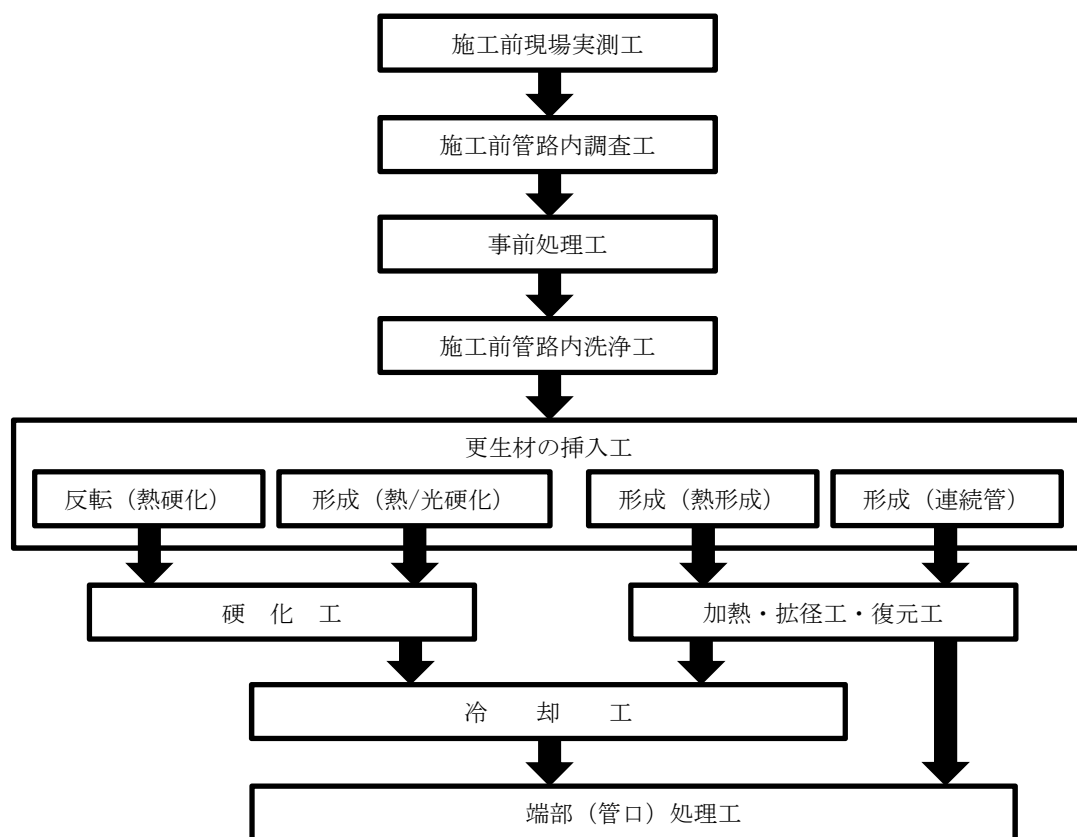


図 5.6.3.3-3 概略施工フロー図

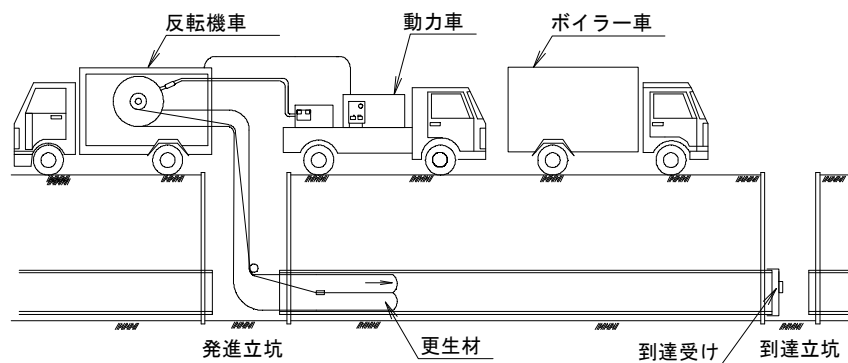


図 5.6.3.3-4 反転工法（熱硬化タイプ）模式図（空気反転）

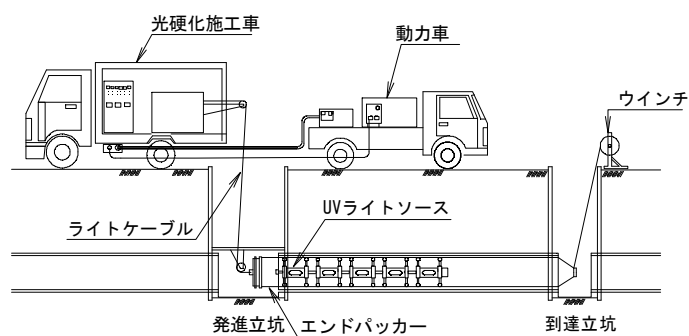


図 5.6.3.3-5 形成工法（熱・光硬化タイプ）模式図

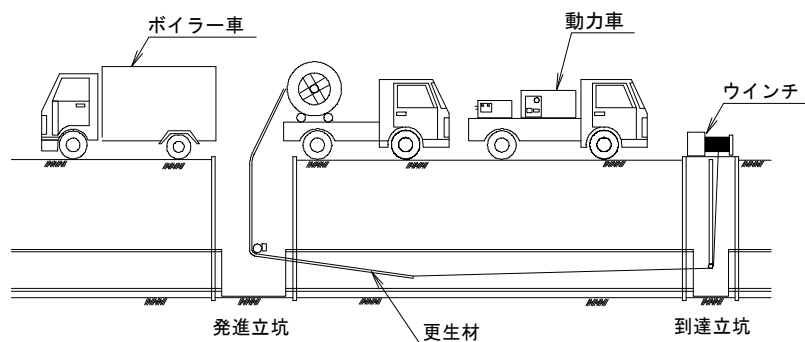


図 5.6.3.3-6 形成工法（熱形成タイプ）模式図

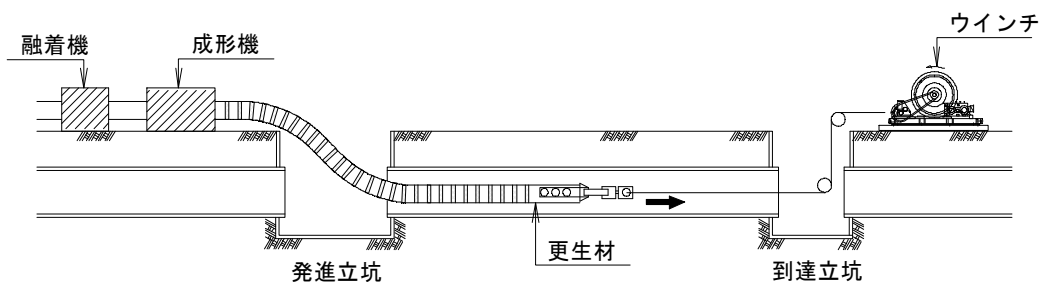


図 5.6.3.3-7 形成工法（連続管タイプ）模式図

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。