

## 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、対策の要否を判定する。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、対策の要否を判断する。

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態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な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、活荷重等の載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。	(○) <sup>1)</sup> ※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。	(○) <sup>1)</sup> ※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を評価するのではなく、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土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）、使用水圧（設計水圧、静水圧、動水圧、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。

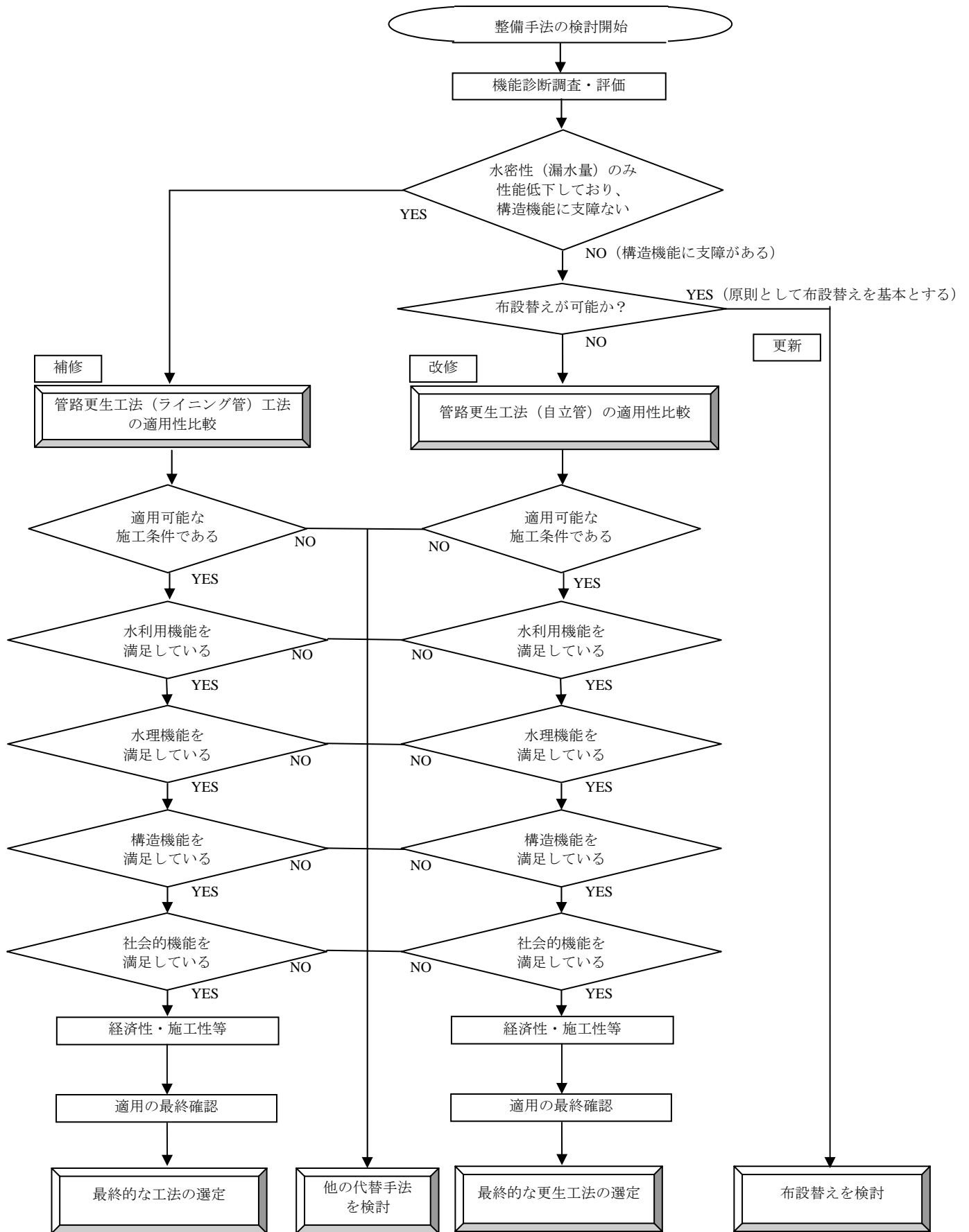
具体的には、水密性、通水性の回復の観点から「管路更生工法による流速係数の改善」、耐久性、耐荷性の回復又は向上の観点から「管路更生工法による腐食した鋼管の改修」、「管路更生工法による耐荷力の回復」等がある。

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 :  $\phi$  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  $\phi$  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) 経済性に優れた対策工法選定

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。