

3. 維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発

本章では、3.1 で多種多様な修繕・改築工法について文献調査および民間協会・企業ヒアリングを通じ適用範囲等を整理した。また、地方公共団体へのアンケートにより地方公共団体における修繕・改築工法の実績や維持管理情報を活用して修繕・改築の工法選定等の判断を行った事例を調査した。

3.2 では、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するため、修繕・改築工法の詳細な選定フローを提示した上で、詳細検討すべき工法の種類の絞り込み（一次選定）、適用条件に対する検討（2次選定）および経済性比較手法を検討した。

3.1. 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理

3.1.1. 修繕・改築工法の適用範囲等の整理

(1) 修繕・改築工法の分類

修繕・改築工法の分類は、ストックマネジメントガイドライン¹⁾においてそれぞれ図 3-1 および図 3-2 のとおり示されている。しかしながら、これらの分類項目の中にも企業や協会毎に多様な工法が存在する。そこで、適用範囲等を整理するにあたり、まず、表 3-1 のガイドラインや技術資料を参考に、現在活用されている修繕・改築工法の詳細分類をそれぞれ表 3-2 および表 3-3 の通り整理した。

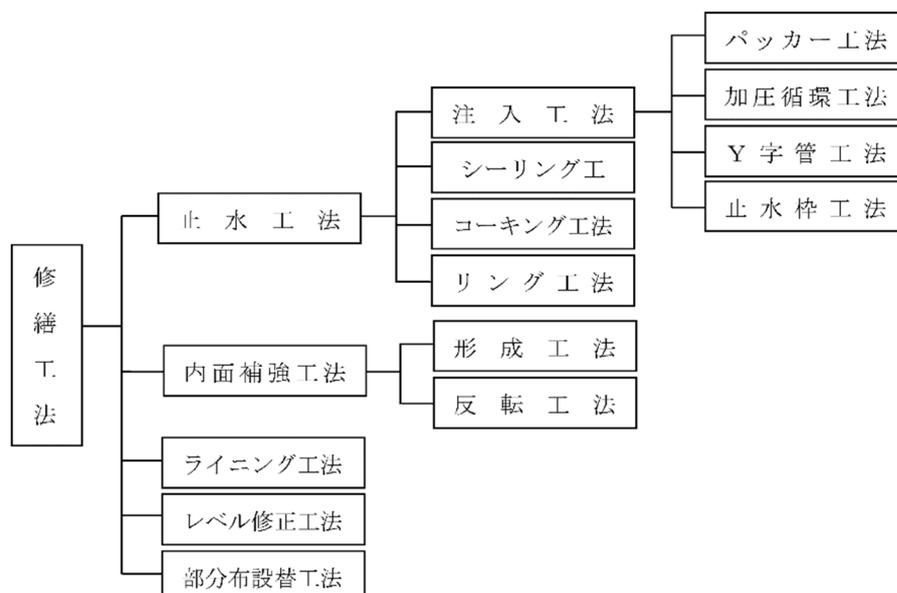


図 3-1 スtockマネジメントガイドラインにおける修繕工法の分類¹⁾

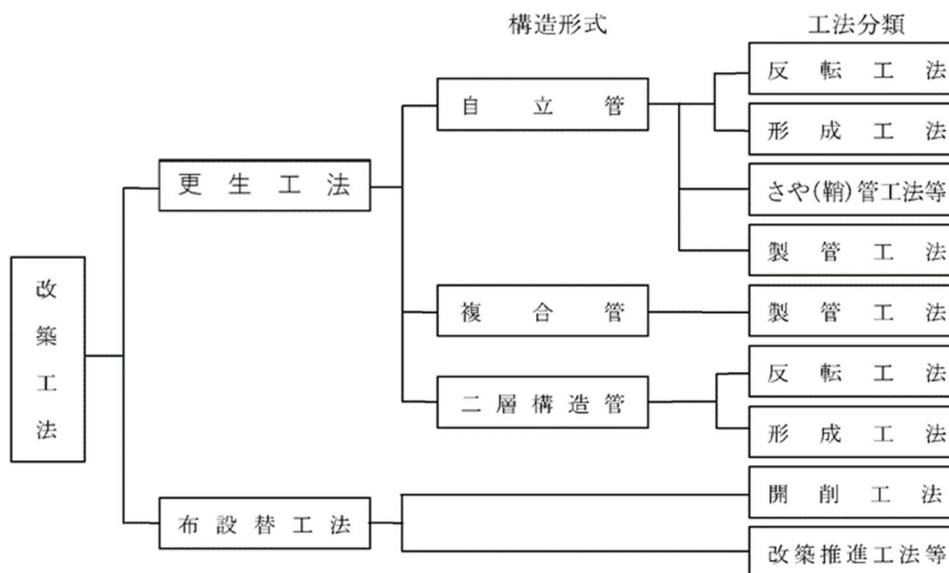


図 3-2 スtockマネジメントガイドラインにおける改築工法の分類

表 3-1 修繕・改築工法の分類に用いたガイドライン及び技術資料

番号	ガイドライン・技術資料名	発行者
1	下水道事業のStockマネジメント実施に関するガイドライン 2015年版	国土交通省
2	管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン 2017年版	日本下水道協会
3	下水道維持管理指針 実務編 2014年版	日本下水道協会
4	水道管きょ改築等の工法選定手引き(案)平成14年5月	日本下水道協会
5	下水道施設維持管理積算要領 管路施設編 2011年版	日本下水道協会
6	建設技術審査証明書	日本下水道新技術機構
7	管きょの長寿命化を目的とした部分改築工法の開発に関する技術資料 2014年7月	日本下水道新技術機構
8	下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティング・マニュアル(案)平成28年版	管路診断コンサルタント協会
9	推進工法用設計積算要領 改築推進工法編 2013年	日本推進技術協会
10	管きょの修繕に関する設計・施工の手引き(案)平成26年5月	公益社団法人日本下水道管路管理業協会
11	下水道管きょ更生工法の選定比較マニュアル	下水道技術研究会
12	各工法協会等の技術資料	各工法協会

表 3-2 修繕工法の詳細分類

工法分類		工法名	
修繕工法	止水工法	注入工法	パッカー方式
			加圧循環方式
			Y字管工法
			止水棒方式
		シーリング工法	シーリング工法
		コーキング工法	Vカット工法
		リング工法	スナップロック工法
	内面補強工法	形成工法	EPR工法
			ASS工法
			ASS-L・H工法
			パートライナー工法
			FRP内面補強工法（熱硬化）
			FRP内面補強工法（光硬化）
			LC工法
			CP工法
			ALPS工法
			ブラボ・KA-TE工法
			エバーフ工法
	ライニング工法	塗布方式	スプレーウォール工法
			パイロキープTS工法
			PSライニング工法
			セラミックライニング工法
			ダブルプロテクトライニング工法
		（塗布+貼付）方式	クリスタルライニング工法
			PSシート工法
			フラップス工法
	レベル修正工法		スコープ工法
		U. G. S工法	
部分布設替工法			

表 3-3 改築工法の詳細分類

工法分類			工法名		
改築工法 (更生工法)	自立管	反転工法	熱硬化	SGICP工法	標準・速硬化 ノンスチレン
				SGICP-G工法	基準達成型
				SDライナー工法	SDライナー
				インシチュフォーム工法	「基準達成型」スタンダードB スタンダードノンスチレン
				GROW (グロー) 工法	
				G-ONE工法	スタンダード 高強度タイプ
				スルーリング工法	
				エポフィット工法	PF CG 「基準達成型」EG
				ARISライナー	
				Tow-Wayライニング	TWS TWG1
				ホースライニング工法	
				形成工法	熱形成
		オメガライナー工法			
		ポリエチレン・コンパクトパイプ工法			
		バルテム・フレップ工法			
		熱硬化	FFT-S工法		「基準達成型」Gタイプ
			オールライナー工法		標準ライナー
			オールライナーZ工法		
			ノーディパイプ工法		
			バルテムSZ工法		「基準達成型」SZライナーSH SZライナーSR
			SDライナー工法		SDライナーII
			K-2工法		
		光硬化	インシチュフォーム工法		「基準達成型」高強度ガラス
			シームレスシステム工法		「基準達成型」Sタイプ 「基準達成型」SIIタイプ Lタイプ
			SLH工法		
			アルファライナー工法		
		熱硬化・光硬化	エコハイブリットライナー工法		
		さや管工法	強ブラ管鞘管工法		
			ボックス工法		
			RPC工法		
			CS工法		
			P-ファイン工法		
			ファイン工法		
	KanaSlip工法				
	製管工法		SPR-SE工法		
	複合管	製管工法	3Sセグメント工法		
			SPR工法	元押し式 (製管後注入) 自走式 (製管後注入) 自走式 (製管同時注入)	
			ダンピー工法		
			SWライナー工法		
			バルテム・フローリング工法		
			クリアフロー工法		
			ストリング工法		
			エスロヒート下水熱らせん更生型	1条プロファイル 2条プロファイル	
			PFL工法		
	改築工法 (布設替工法)	開削工法			
		改築推進工法 等			

(2) 修繕工法の概要

修繕工法の概要は以下のとおりである。

① 注入工法

マンホール内または管渠内に作業員が潜行もしくはパッカー等の治具を設置し止水材を注入する工法。施工実績は多い。

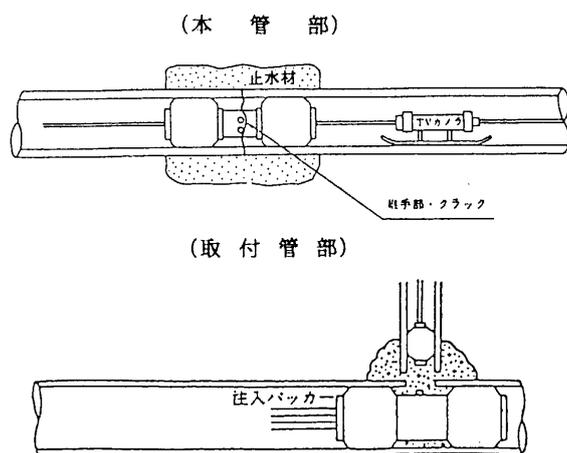


図 3-3 パッカー工法概要図
 (「維持管理積算要領」²⁾より引用)

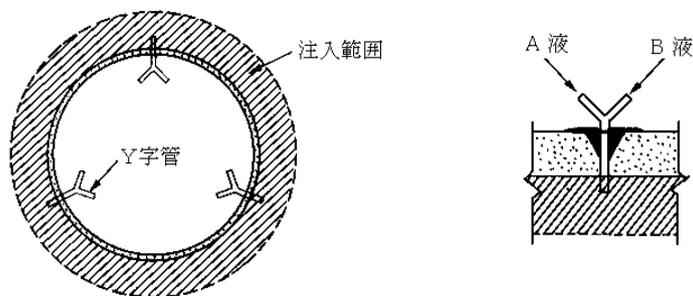


図 3-4 Y字管工法概要図
 (「維持管理積算要領」 p.130 より引用)

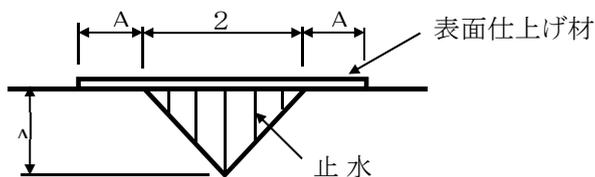


図 3-5 Vカット工法補修標準断面図
 (「維持管理積算要領」²⁾より引用)

② シーリング工法及びコーキング工法

注入工法と同様にシーリング材やコーキング材を充填する工法。施工実績は比較的多い。

①注入工法、②シーリング工法及びコーキング工法を集約して「注入・充填工法」とする。

③ リング工法

円筒状のスリーブ材を機械により管渠内に引き込み、拡径して管渠内面に圧着させる工法。施工実績は比較的多い。

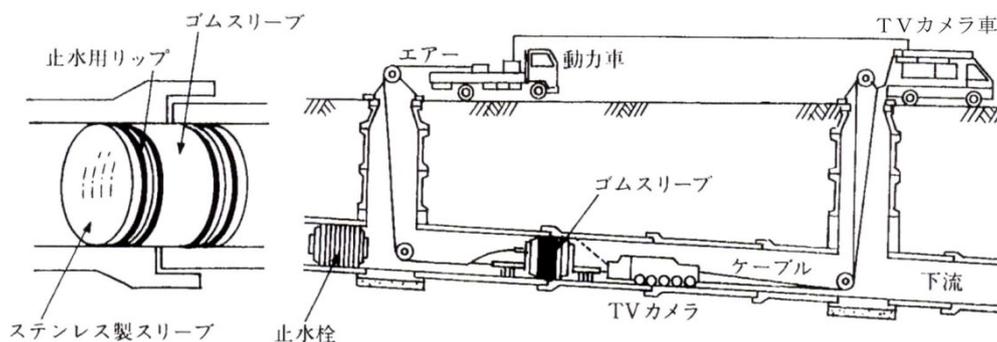


図 3-6 リング工法の例

(「維持管理指針」(実務編) 3) より引用)

④ 内面補強工法（部分更生工法）

補修材を機械により管渠内に引き込み、加圧して管渠内面に圧着させ、常温または熱や光により硬化させる工法。施工実績は比較的多い。内面補強工法は、修繕に分類されているが、その施工方法から「部分更生工法」とも呼ばれている。部分更生工法の取り扱いや検討課題について参考資料 2 に詳述する。

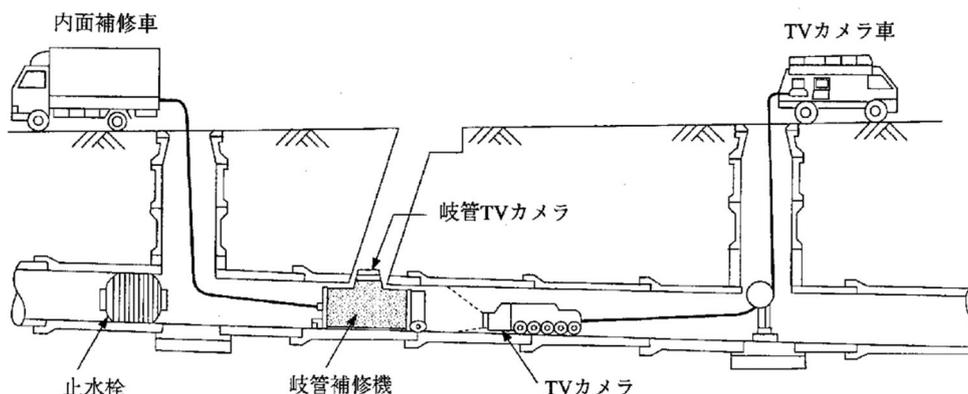


図 3-7 内面補強工法（部分更生工法）の例

(「維持管理指針」(実務編) 3) より引用)

⑤ ライニング工法

構造物の内面に被覆材を塗布もしくは設置する工法。防食を目的としており、主にマンホールを対象とした工法。

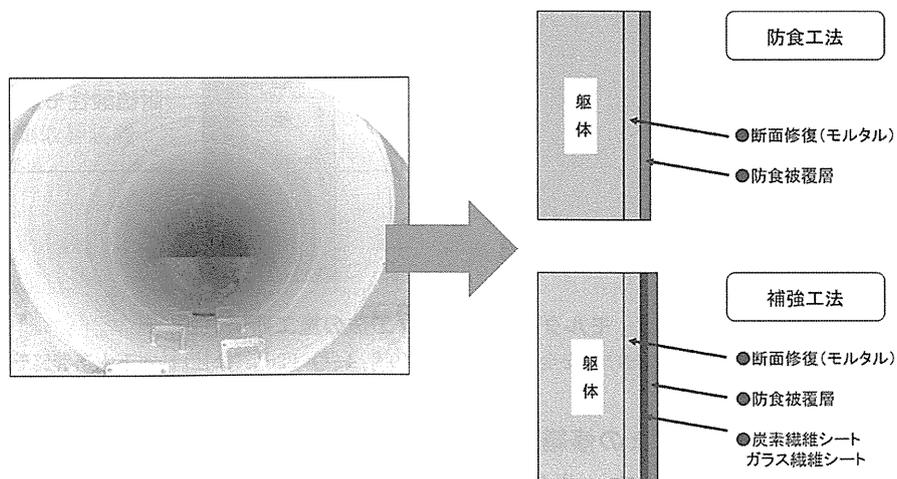


図 3-8 塗布型ライニング工法の例
(「管路管理マニュアル」⁴⁾より引用)

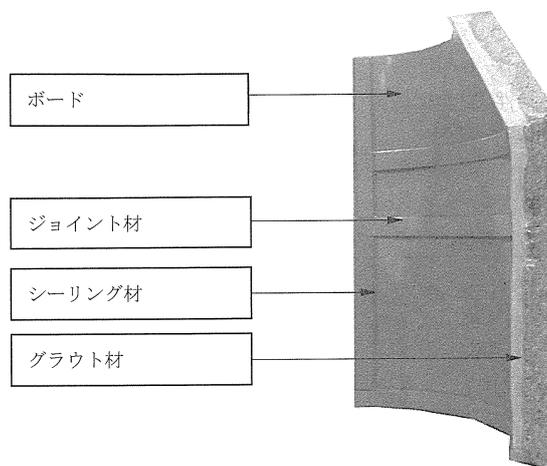


図 3-9 シートライニング工法の例
(「管路管理マニュアル」⁴⁾より引用)

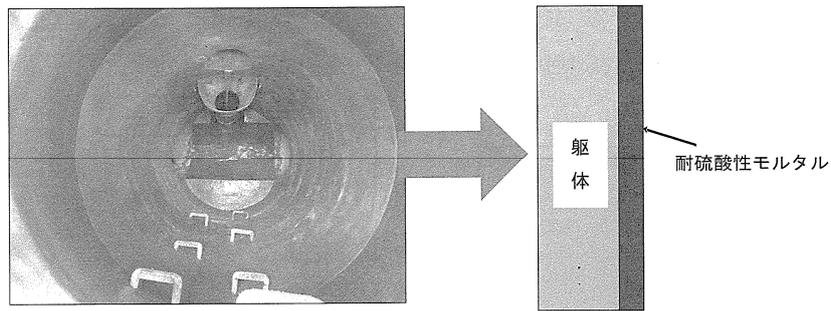


図 3-10 モルタルライニング工法の例
 (「管路管理マニュアル」⁴⁾より引用)

⑥ レベル修正工法

管渠のたるみに対し、薬液注入工法の原理を用いて管軸変位を修正する工法。施工実績は少ない。

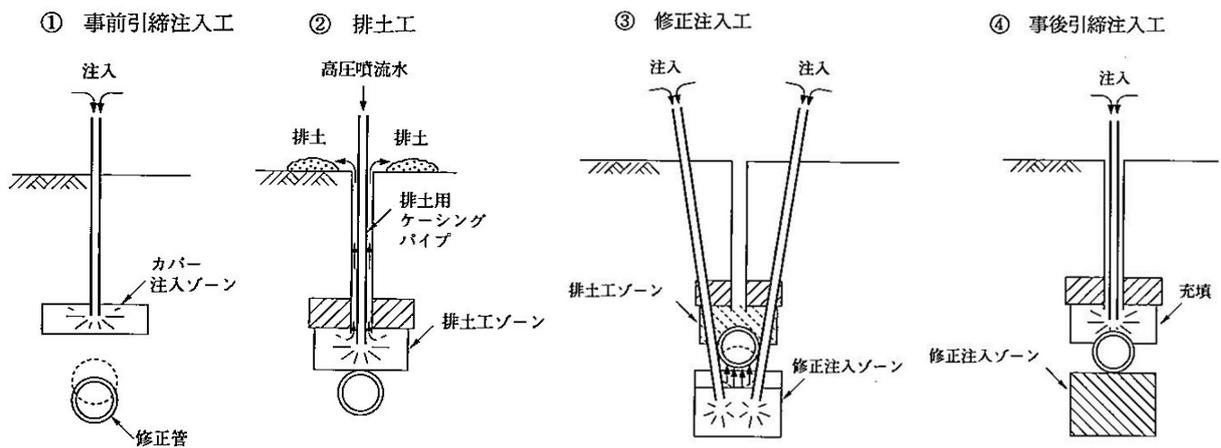


図 3-11 レベル修正工法の例
 (「維持管理指針」(実務編)³⁾より引用)

⑦ 部分布設替工法

地上から掘削し、部分的な管渠の布設替えを行う工法。施工実績は多い。

(3) 民間協会・企業ヒアリングを通じた適用範囲等の整理

3.2.4 に後述する「適用可能な管渠条件と施工条件に対する検討」に必要な情報として、修繕・改築工法の適用範囲を整理するために民間協会・企業ヒアリングを実施した。ヒアリングの対象とした工法は、各工法区分の代表的な工法を選定した。また、ヒアリング項目は、管渠条件や施工条件に応じた工法の選定が可能となるよう、主に以下の項目とした。

(適用可能な管渠条件)

- ① 管種
- ② 形状
- ③ 管径
- ④ 最大施工延長
- ⑤ 施工幅
- ⑥ 取付管施工の可否

(適用可能な施工条件)

- ① 供用中の施工
- ② 滞留水
- ③ 施工スペース
- ④ 施工時間の制約

表 3-4～表 3-7 に、ヒアリングを通じて整理した修繕・改築工法の適用範囲な管渠条件および施工条件を示す。

表 3-4 適用可能な管渠条件の整理（修繕工法）

工法分類		工法名	適用可能な管きよ条件							
			管種	形状	管径 (mm)		最大施工延長 (m)	施工幅 (m)	取付管施工の可否	
					最小	最大				
止水工法	注入工法	パッカー方式	コンクリート	円形	φ200	φ600	注入プラント車からの注入ホースが届く範囲(約30~60m程度)	-	可	
		加圧循環方式	コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄	円形 卵形	φ100	φ350	-	-	取付管同時施工	
		Y字管工法	コンクリート	不問	人孔: 1号(φ900) 管渠: φ800mm	不問	注入プラント車からの注入ホースが届く範囲(約30~60m程度)	-	不可	
		止水枠方式	コンクリート	円形 矩形 馬蹄形	φ800	不問	止水枠の寸法による	止水枠の寸法による	不可	
	シーリング工法	シーリング工法	コンクリート	不問	人孔: 1号(φ900) 管渠: φ800mm	不問	不問	-	不可	
	コーキング工法	Vカット工法	コンクリート	不問	人孔: 1号(φ900) 管渠: φ800mm	不問	不問	カット深さ: 3, 5, 7cm 仕上げ幅: 10, 15, 20cm	不可	
	リング工法	スナップロック工法	コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄, FRPM	円形	φ200	φ3,500	2,400	φ600 以下:0.3m, φ700 以上:0.40m	不可	
	修繕工法	内面補強工法	EPR工法	コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄	円形	φ100	φ2,000	3.0 (本管)、 10.0 (取付管)	0.4	可
			ASS工法	コンクリート, 塩ビ, 陶	円形 (卵形もサイズにより可)	φ150	φ700	マンホール間距離で100m	0.4	否
			ASS-LH工法	コンクリート, 塩化ビニル, 陶	円形	φ150	φ700	マンホール間距離で120m	0.4	可
FRP内面補強工法 (熱硬化)			コンクリート, 塩ビ, 陶, 更生, コンクリート製公共まます	円形 卵形	φ150	φ1,500	-	φ150-1,500: 0.3, 0.4, 0.5m φ700-1,500: 0.6m φ150-400: 1.0m 0.05mラップ継合せ可	不可	
FRP内面補強工法 (光硬化)			コンクリート, 塩ビ, 陶, 更生, コンクリート製公共まます	円形 卵形	φ150	φ700	-	φ150-700:0.3, 0.4, 0.5m φ200-300:1.0m 0.05mラップ継合せ可	不可	
LC工法			(本管部) コンクリート, 陶 (取付管部) コンクリート, 塩ビ, 陶	円形	φ150	φ750	60m(全管径)	0.4	接合部のみ可	
ALPS工法			コンクリート, 塩ビ, 陶, 鋼, 鋳鉄	円形 馬蹄形	φ150	φ1,500	-	1m	不可	
ブラボ・KA-TE工法			コンクリート, 陶	円形	φ250	φ700	-	200mm/回 (クラック補修 400mmの場合2回となる)	不可 (取付管口は可)	
エパーフ工法			コンクリート, 陶	円形	200	φ700	100	0.3	可	
ライニング工法		(塗布+貼付)方式 クリスタルライニング工法	コンクリート, 陶, 鋳鉄	問わず	φ800	不問	不問	不問	不可	

表 3-5 適用可能な施工条件の整理（修繕工法）

工法分類			適用可能な施工条件								
			工法名	供用中の施工			滞留水 (mm)	施工スペース(地上占用)		施工時間 制約 (昼間開放 の可否)	
				可否	流速(m/s)	水深(m)		幅(m) ×長さ(m)	使用設備		
止水工法	注入工法	パッカー方式	可	0~1.8m/s	内径の1/3以下	内径の1/3以下	3m×20~30m トラック3,4台分程度	注入プラント車、洗浄車もしくは給水車、吸引車、トラック	可		
		加圧循環方式	流入を遮断し施工	-	-	-	3m×25m	注入プラント車、材料運搬車、汚泥吸引車	4~5時間		
		Y字管工法	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×20~30m トラック3,4台分程度	注入プラント車、洗浄車もしくは給水車、吸引車、トラック	可		
		止水枠方式	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×15~20m トラック2,3台分程度	発電機、電動ピック、安全設備一式	可		
	シーリング工法	シーリング工法	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×15~20m トラック2,3台分程度	トラック、発電機、安全設備	可		
	コーキング工法	Vカット工法	可	0~1.8m/s	0.3m以下 ※要水替検討	300mm以下 ※要水替検討	3m×15~20m トラック2,3台分程度	発電機、電動ピック、安全設備一式	可		
	リング工法	スナックロック工法	可	1.0	φ700以下: 1/3以下 φ800以上: 25%以下 (φ1650以上は40cm以下)	600	3m×15m (換気用・TVカメラ車用3m×7m)	作業車(2t平)、高圧洗浄車、TVカメラ車	可		
	修繕工法	内面補強工法	形成工法	EPR工法	可	管径・流量等による	管径・流量・流速による	現場状況による	2.5m×30m以内 (長さは現場状況・施工内容による)	TVカメラ車、高圧洗浄車、内面補修車等	可
				ASS工法	否	-	-	-	①2.5m×6m ②2.5m×10m	①内面補修施工車、②TVカメラ車および洗浄車他	可
				ASS-L-H工法	否	-	-	-	①2.5m×6m ②2.5m×10m	①内面補修施工車、②TVカメラ車および洗浄車他	可
FRP内面補強工法(熱硬化)				不可	-	-	不可	2.5m×15m、2.5m×10m、補修箇所両側の人孔部	作業帯	可	
FRP内面補強工法(光硬化)				不可	-	-	不可	2.5m×15m、2.5m×10m、補修箇所両側の人孔部	作業帯	可	
LC工法				止水栓使用により可	-	-	-	5m×30m	洗浄車、吸引車、規制車、内面補修車、TV車、施工機材	可	
ALPS工法				可	0.5	管径の10%	管径の20%	内面補修車と含浸作業範囲2×5m TVカメラ2×5m	小型発電機とコンプレッサー、含浸作業一式、洗浄・TVカメラ	可	
プラボ・KA-TE工法				可	現場状況による	現場状況による	現場状況による	約2.8m×15m	KA-TEシステム搭載車・機材運搬車	無	
エパーフ工法				-	-	-	内径の1/5まで	2.5m×15.0m	上流側: TVカメラ車 下流側: 管内修繕車、高圧洗浄車	-	
ライニング工法	(塗布+貼付)方式	クリスタルライニング工法	可	0.6	0.3m(仮締切りを行う)	0.3m(仮締切りを行う)	約2m×5m	発電機	可		

表 3-6 適用可能な管渠条件の整理 (改築工法)

工法分類			工法名	適用可能な管きよ条件								
				管種	形状	管径 (mm)		最大施工延長 (m)	施工幅 (m)	取付管施工の可否		
						最小	最大					
改築工法 (更生工法)	自立管	反転工法	熱硬化	SGICP工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ2,100	115m	-	可	
				SGICP-G工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ800	70m	-	可	
				GROW(グロー)工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ600	90m	-	可	
				ホースライニング工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ150	φ1,500	150m	-	可	
		形成工法	熱形成	EX工法	コンクリート、陶、鑄鉄、鋼	円形	φ150	φ400	φ150:40m φ200:65m φ250:100m φ300:85m φ350:65m φ400:50m	-	可	
				オメガライナー工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼	円形	φ150	φ450	φ200-250:120m φ300:100m φ350:80m φ380-400:60m	-	可	
			熱硬化	FFT-S工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ150	φ800	φ150-700:100m φ800:80m	-	可	
				パルテムSZ工法	コンクリート、陶、鋼、鑄鉄	円形、楕円形、矩形、卵形、馬蹄形	φ150	φ800	100m	-	可	
				光硬化	シームレスシステム工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ200	φ800 (自立管はφ600まで)	100m	-	不可
					アルファライナー工法	コンクリート、塩ビ、陶、鋼、鑄鉄	円形	φ150	φ1,000 (自立管はφ800まで)	100m以上	-	不可
	さや管工法	強プラ管鞘管工法	コンクリート、ボックスカルバート	円形、矩形、馬蹄形、水路など	円形:700 矩形:700×700	特に無し	制限なし	-	不可			
		RPC工法	矩形きよ、水路や河川を蓋掛けした暗きよ等	矩形断面	内幅1,500× 内高1,000	内幅3,000× 内高3,000	投入孔1箇所あたり300m	-	不可			
		製管工法	SPR-SE工法	コンクリート、鋼、FRPM、コルゲート	円形更生できる管きよ	φ450	φ1,650	100m	-	不可		
	複合管	製管工法	3Sセグメント工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形	円形:800 非円形:1,000	円形:3,000 非円形:6,200	制限なし	-	可		
			SPR工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形、台形、卵形	円形:250、 非円形:短辺900	円形:5,000、 非円形:長辺6,000	元押式60-100m 自走式200-500m	-	不可		
			ダンビー工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形、卵形	円形:800 非円形:短辺800	円形:3,000 非円形:長辺3,000	制限無し	-	不可		
			パルテム・フローリング工法	コンクリート	円形、矩形、馬蹄形、門形	円形:800、 非円形:短辺800	円形:3,000、 非円形:長辺5,000	制限なし	-	不可		
			ストリング工法	コンクリート	円形、矩形	円形:800、 矩形:1,500	円形:2,000、 矩形:3,000	300m	円形:2.0m 矩形:3.0m	不可		

表 3-7 適用可能な施工条件の整理 (改築工法)

工法分類			工法名	適用可能な施工条件							
				供用中の施工			滞留水 (mm)	施工スペース (地上占有)		施工時間制約 (昼間開放の可否)	
				可否	流速 (m/s)	水深 (m)		幅(m) ×長さ(m)	使用設備		
改築工法 (更生工法)	自立管	反転工法	熱硬化	SGICP工法	可 (水替え必要)	-	-	50mm	2.5m×20m	ボイラー車, ロボット車, 給水車, TVカメラ車	可
			SGICP-G工法	可 (水替え必要)	-	-	(反転工法) 50mm (形成工法) 70mm	2.5m×20m	ボイラー車, ロボット車, 給水車, TVカメラ車	可	
			GROW工法	可 (水替え必要)	-	-	50mm	2.5m×12m	ボイラー車, ロボット車, 給水車, TVカメラ車	可	
			ホースライニング工法	可 (水替え必要)	-	-	(φ150-250) 150mm以下 (φ250-1,500) 240mm以下	発進側2.5m×30m 到達側2.5m×10m	資材車, 反転機車, ボイラー車, TVカメラ車, 穿孔機車など	可	
		形成工法	熱形成	EX工法	不可	-	-	50mm以下	約2.5m×40m	パイプウォーマー, 引取機, TVカメラ, 穿孔機, 洗浄車	可
				オメガライナー工法	不可	-	-	50mm以下	管供給側:2.5m×15~25m ウィンチ側:2.5m×10~20m	ドラム, ボイラーユニット車, 2tトラック, ウィンチ	可
			熱硬化	FFT-S工法	不可	-	-	100mm以下	現場状況による。	施工車 (ボイラー, コンプレッサー, 発動発電機) TVカメラ車, 高圧洗浄車, 穿孔機	可
				パルテムSZ工法	可 (水替え必要)	-	-	50mm以下	発進側2.5m×20m、到達側2.5m×10m	資材車, ボイラー車, TVカメラ車, 穿孔機車など	可
				光硬化	シームレスシステム工法	不可	-	-	既設管内径の50%	上流側:3m×20m (最大)、下流側:2m×2m	施工車両1台, 4tトラック1台
	アルファライナー工法	不可	-		-	-	上流側:3.5m×26m (最大)、下流側:2m×2m	施工車両1台, 4tトラック1台	可 (ただし、管きよ延長による)		
	さや管工法	強ブラ管鞘管工法	不可	-	-	10cm程度	-	クレーン, 裏込注入設備	特に無し		
		RPC工法	可	1.0m/s以下	0.2m以下	-	5~7m×20~25m	ラフテレンクレーン, トラック, 注入車, 給水車, 発動発電機, 高圧洗浄車	可		
	製管工法	SPR-SE工法	可	1.0m/s以下	30%以下	-	注入時発進側:2.5m×37m程度、到達側2.5m×3~11m程度	保安車, 材料運搬車, 資機材車, 注入プラント車, 給水車	可		
	複合管	製管工法	3Sセグメント工法	可	水深300mm以内:1.0m/s、水深300超:0.2m/s	φ800~1,500mm:30%以下、φ1,650~3,000mm:50%以下	同左	2.5m×9~14m	コンプレッサー, 発電機, ミキサー, 注入ポンプ	出入り・搬入および換気のためMH部作業帯設置は必要	
			SPR工法	可	1.0m/s以下	30%以下 (上限60cm)	-	注入時発進側:2.5~3.5m×37m、到達側:2.5~3.5m×2.0~11m	注入車, 資機材車, 給水車, 保安車	可	
			ダンビー工法	可	1.0m/s以下	30%以下かつ0.4m以下	400mm以下	上流側:3m×20m、下流側:3m×12m	4tユニック, (充填時) 充填材注入プラント, 給水車	可	
			パルテム・フローリング工法	可 (水替え必要)	1.36 1.10	0.68 0.35	300	2.5m×25m	クレーン付トラック, 給水車, トラックミキサーなど	可	
			ストリング工法	可	0.6m/s以下	内空高の17%以下かつ、最大250mm	-	-	クレーン付きトラック, コンプレッサー, 発動発電機, 給水車, パネル嵌合機, ファスナー嵌合機, モルタルポンプ, モルタルミキサー	可	

3.1.2. 地方公共団体における修繕・改築工法の選定に関する実態

(1) 調査対象と調査項目

地方公共団体の修繕・改築工法選定に関する実態を把握し、工法選定手法の開発に資するデータ収集及び好事例の抽出を行うため、主に表 3-8 に示す項目についてアンケート調査を実施した。調査対象は下水道技術開発連絡会議参加 21 都市（東京都区部および政令指定都市）および下水道研究会議参加都市（一般都市）会員 75 都市（当時）、計 96 都市とし、86 都市から回答を得た。

表 3-8 修繕・改築工法の選定に関する実態把握のための主なアンケート調査項目

カテゴリ	番号	調査項目
ストックマネジ メント 計画	設問 1	ストックマネジメント計画の策定状況
	設問 2	管渠の目標耐用年数
	設問 3	修繕・改築対象となる緊急度・健全度
修繕・改築 計画	設問 4	修繕・改築計画の策定状況
	設問 5	修繕・改築工法の選定方法
	設問 6	修繕費の設定方法
	設問 7	修繕工法の効果継続期間の考え方
	設問 8	標準／目標耐用年数経過した管渠を修繕対象としているか
	設問 9	改築費の設定方法
実績・事例	設問 10	修繕・改築の工法別実績

(2) 調査結果

回答結果を以下にまとめる。なお、1 都市の複数部署（雨水担当部署、汚水担当部署）から回答を得た場合や未回答等があり、設問により回答数が異なる。

また、維持管理情報を活用して修繕・改築・構造変更等を行った事例を好事例（11 事例）として選定し、参考資料 3 に取りまとめた。

設問 1 スtockマネジメント計画の策定状況

全 87 回答のうち、73 回答（84%）でストックマネジメント計画が策定済みであった。

表 3-9 スtockマネジメント計画（実施方針）の策定状況

回答	回答数	割合
策定済み	73	84%
未策定または策定予定なし	14	16%
計	87	100%

設問 2 管渠の目標耐用年数

全管種一律で目標耐用年数を設定している団体は、標準耐用年数（50年）より長い年数を設定している。75年の設定理由は標準耐用年数の1.5倍であった。管種別に目標耐用年数を設定している団体では、塩化ビニル管は100年以上と設定している。

表 3-10 計画で設定している管渠の目標耐用年数

	回答	回答数	割合
全管種一律	50年	18	25%
	60年	1	1%
	72年	1	1%
	75年	17	23%
	78年	1	1%
	80年	5	7%
	96年	1	1%
管種別		11	15%
設定なし		19	26%
計		73	100%

表 3-11 管種毎に設定している場合の回答結果

番号	回答
1	コンクリート管 72年, ヒューム管(雨水)75年, ヒューム管(汚水合流)65年, 陶管 34年 (※昭和 60年以前に布設されたものが改築対象), 樹脂系管 (塩化ビニル管等) ∞, その他の管種 50年
2	鉄筋コンクリート管 : 90年 陶管 : 50年 その他管 : 100年以上
3	コンクリート管 65年、圧送管(DIP等)50年
4	圧送管のみ 75年
5	圧送管 : 50年 その他は設定なし
6	遠心力鉄筋コンクリート管 75年、硬質塩化ビニル管 150年
7	50年 (圧送管)
8	コンクリート系管渠 : 一般環境区域 : 80年、腐食環境区域 : 55年 塩ビ系管渠 : 100年
9	コンクリート管 : 50~75年、樹脂管 (塩化ビニル管等) 100年
10	コンクリート管 : 74年

表 3-12 目標耐用年数 50年、75年についての回答例

目標耐用年数	回答数	主な回答
50年	18	<ul style="list-style-type: none"> 標準耐用年数より SMガイドラインの事例より 他
75年	17	<ul style="list-style-type: none"> 標準耐用年数の1.5倍 SMガイドラインの事例、健全率予測式より 都道府県構想策定マニュアルより 巡視点検・調査の結果より 他

表 3-13 塩化ビニル管の目標耐用年数について言及があった回答

番号	目標耐用年数	回答
回答 1	コンクリート管 72 年, ヒューム管(雨水)75 年, ヒューム管(汚水合流)65 年, 陶管 34 年(※昭和 60 年以前に布設されたものが改築対象), <u>樹脂系管</u> , その他の管種 50 年	市内の管渠に対して行ったサンプリング調査(TV カメラ調査)の結果から, 市独自の劣化指標である不良率の経年的な推移を推定し, 不良率が 30%に達する年数を目標耐用年数として定めた。陶管については, 継ぎ手の規格が変更された昭和 60 年以前の管渠を改築の対象とした。
回答 2	鉄筋コンクリート管 : 90 年 陶管 : 50 年 <u>その他管 : 100 年以上</u>	最適なシナリオにかかる事業費より算出
回答 3	遠心力鉄筋コンクリート管 75 年, <u>硬質塩化ビニル管 150 年</u>	「下水道管きょ健全率予測式 2017」および「管渠劣化データベース」等による
回答 4	コンクリート系管渠 : 一般環境区域 : 80 年, 腐食環境区域 : 55 年 <u>塩ビ系管渠 : 100 年</u>	既往の管渠調査結果から得られた健全率と経過年数の関係から, コンクリート系管渠において, 一般環境区域と, 劣化の進行の早い腐食環境区域に分けて健全率曲線を設定し, 健全率が 50%となる年数をそれぞれの区域における目標耐用年数としている。
回答 5	コンクリート管 : 50~75 年, <u>樹脂管 100 年</u>	市実績の管渠耐用年数とシミュレーションによりコスト削減額の大きく最適な目標耐用年数を設定した。

設問 3 修繕・改築対象となる緊急度・健全度

全 73 回答のうち, 6 割以上が「緊急度Ⅱ以上」を修繕・改築の対象としていると回答された。「その他」については, 独自の健全度判定基準によるものや, 同じ緊急度の中でも施設の重要度等で対応を区分するもの等があった。

表 3-14 修繕・改築対象となる緊急度・健全度

回答	回答数	割合
緊急度Ⅰ	4	5%
緊急度Ⅱ以上	46	63%
緊急度Ⅲ以上	8	11%
その他	15	21%
計	73	100%

設問 4 修繕・改築計画の策定状況

全 86 回答のうち、約 6 割で修繕・改築計画を策定済みと回答された。

表 3-15 修繕・改築計画の策定状況

回答	回答数	割合
策定済み	51	59%
未策定または策定予定なし	35	41%
計	86	100%

設問 5 修繕・改築工法の選定方法

全 69 回答のうち、半数以上の自治体で全管種一律で「ストックマネジメントガイドライン」診断項目の考え方を参考として適用可能工法を選定していると回答された。

表 3-16 修繕・改築工法の選定方法

回答	回答数	割合
「ストックマネジメントガイドライン」診断項目の考え方の例に基づく適用可能工法の選定	37	54%
「下水管きょ改築等の工法選定手引き（案）」に基づく経済性比較	17	25%
自治体の独自マニュアル等に基づく判定	8	12%
その他	7	10%
計	69	100%

設問 6 修繕費の設定方法

修繕の工法として、内面補強工法を想定していると回答した団体が多い。費用については、見積によるもの、実績によるものが主であった。

表 3-17 修繕費の設定方法

番号	回答
回答 1	内面補強工法を想定し、代表工法の見積による単価を使用
回答 2	部分更生を想定しており、各メーカーにヒアリングを行って費用を算出している
回答 3	(財) 下水道新技術推進機構の審査証明を取得した工法の見積による単価を使用
回答 4	内面補強工法の見積単価を使用
回答 5	近隣市町村で実績があった”内面補強工法 - 形成工法 (EPR 工法)”の管径毎見積単価を使用した。
回答 6	実績及び見積もりによる単価を使用
回答 7	内面補強工法
回答 8	小口径は内面補強工法、中大口径は止水工法を採用し、過去の実績から採用単価 (mあたり) を決定。
回答 9	工法の見積による単価を使用
回答 10	内面補強工法を標準とし、安価な見積額を使用
回答 11	「不明水対策の手引き」平成 20 年 3 月
回答 12	F R P 内面補修工法
回答 13	代表工法の見積り単価を使用
回答 14	市内実績より算出した管径毎単価を使用
回答 15	本市実績による内面補強工法を見積にて設定。
回答 16	市内実績より算定した単価を使用
回答 17	見積

設問 7 修繕工法の効果継続期間の考え方

修繕工法の効果継続期間は、25年と設定している1市、設定していない3市以外は、すべて残存耐用年数、あるいは標準耐用年数までという考え方であった。

表 3-18 修繕工法の効果継続時間の考え方

番号	回答
回答 1	25年
回答 2	設定していない
回答 3	残存耐用年数まで
回答 4	残存耐用年数まで
回答 5	残存耐用年数の大小にかかわらず、修繕回数は1回として計上している。
回答 6	残存耐用年数まで/効果継続期間は設定していない
回答 7	残存耐用年数まで
回答 8	設定していない
回答 9	残存耐用年数まで
回答 10	残存耐用年数まで
回答 11	残存耐用年数まで
回答 12	残存耐用年数まで
回答 13	残存耐用年数まで
回答 14	残存耐用年数まで
回答 15	設定していない
回答 16	残存耐用年数まで
回答 17	標準耐用年数まで効果継続

設問 8 標準/目標耐用年数を経過した管渠を修繕対象としているか

65%以上の団体、標準/目標耐用年数を経過した管渠に対しては修繕は適用しないという回答であった。

表 3-19 標準/目標耐用年数を経過した管渠を修繕対象としているか

回答	回答数	割合
修繕は適用しない（改築のみ）	11	65%
修繕の適用対象	5	29%
耐用年数経過管の検討実績なし	1	6%
計	17	100%

設問 9 改築費の設定方法

改築費の設定方法については 41 の回答を得た。主には、見積、積算値、実績値に基づき改築費を設定しているという回答が主であった。また、「流域別下水道整備総合計画 指針と解説」の費用関数を補正して使用している団体も複数あった。

設問 10 修繕・改築工法の工法別実績

修繕工法は 105 件の実績の回答が得られた。そのうち、最も実績が多い修繕工法は内面補強工法（形成工法であった）で 34 件（32%）であった。その次に多い工法は、部分布設替え工法で 24 件（23%）であった。

改築工法は 346 件の実績の回答が得られた。更生工法と布設替え工法を比較すると、更生工法が 82%と大勢を占めた。更生工法のうち最も実績が多い工法は形成工法で、更生工法の実績の半数以上を占めている。

表 3-20 修繕工法の工法実績

工法分類		回答	割合	
修繕工法	止水工法	注入工法	14	13%
		シーリング工法, コーキング工法	14	13%
		リング工法	2	2%
	内面補強工法（形成工法）		34	32%
	ライニング工法	塗布方式	0	0%
		塗布+貼付方式	4	4%
	レベル修正工法		1	1%
	部分布設替え工法		24	23%
	部分更生工法	自立管	4	4%
		複合管	2	2%
		二層構造管	3	3%
	その他		3	3%
修繕工法合計		105	100%	

表 3-21 改築工法の工法別実績

工法分類					回答	割合
改築工法	更生工法	自立管	反転工法	熱硬化	45	13%
			形成工法	熱形成	51	15%
				熱硬化	62	18%
				光硬化	42	12%
		さや管工法		2	1%	
		製管工法		14	4%	
		複合管 - 製管工法			58	17%
		二層構造管 - 反転・形成工法			9	3%
	(更生工法小計)			(283)	(82%)	
	布設替え工法	開削工法	φ800 mm未満		47	14%
			φ800 mm以上		11	3%
		改築推進工法	φ800 mm未満		4	1%
			φ800 mm以上		1	0.3%
		(布設替え工法小計)			(63)	(18%)
						346

また、上述の修繕 105 件および改築 346 件の全ての実績を網羅したものではないが、調査時点での経過年数の情報が収集できた修繕 47 件、改築 129 件について、調査時点での経過年数別の修繕・改築の件数を表 3-22 にまとめた。改築を実施した管渠の調査時点での経過年数の多くは 40 年以上となっており、標準耐用年数 50 年を超過した管渠も多くあった。これは各地方公共団体において、調査結果を踏まえ、標準耐用年数にかかわらず既存管渠を極力長く使用していく方針としていると思料される。一方、修繕については、標準耐用年数 50 年未満の管渠に適用しているのがほとんどである。これは、修繕工法にはスパン全体の長寿命化効果が無いとされていることによるとと思われる。

表 3-22 修繕・改築を実施した管渠の経過年数別件数

調査時点 経過年数	修繕		改築		
	小口径	中大口径	小口径	中大口径 更生	中大口径 布設替え
10年未満	0	1	0	0	0
10年以上20年未満	1	0	3	0	0
20年以上30年未満	6	1	4	2	1
30年以上40年未満	4	1	10	14	0
40年以上50年未満	13	4	37	15	1
50年以上60年未満	4	3	12	8	1
60年以上70年未満	0	0	1	1	0
70年以上80年未満	0	0	0	4	1
80年以上	1	0	1	3	1
不明	7	1	3	4	2
計	36	11	71	51	7
	47		129		

3.2. 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討

3.2.1. 修繕・改築工法の選定フロー

ストックマネジメントガイドライン¹⁾に示されている管路施設の修繕・改築計画の策定と実施フローの例を図 3-12 に示す。修繕・改築工法選定は、「①：対策範囲」で修繕か改築かの選定を行い、「②：改築工法」で更新（布設替え）か長寿命化対策（更生）かの選定を行うという、2段階の選定手順になっている。しかし、実務上は、修繕、更生、布設替えの3者を同列に並べて比較し、LCC（ライフサイクルコスト）が最も安価となる工法を選定することが多い。このような実情を踏まえ、本研究で提案する修繕・改築工法選定のフローを図 3-13 に示す。以下に図 3-13 の①～④について解説する。

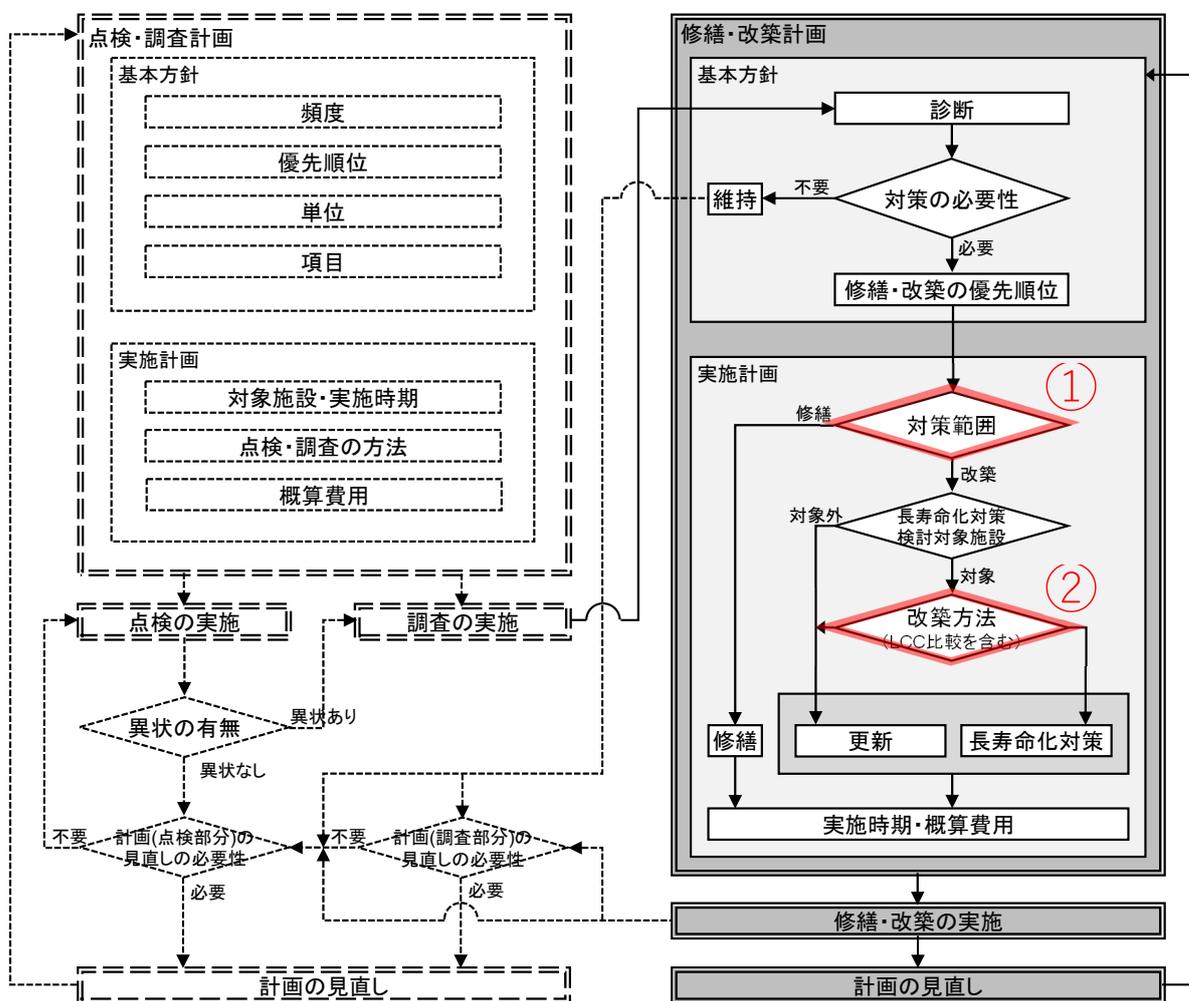


図 3-12 管路施設の修繕・改築計画の策定と実施フロー

(「ストックマネジメントガイドライン」¹⁾より引用・加筆)

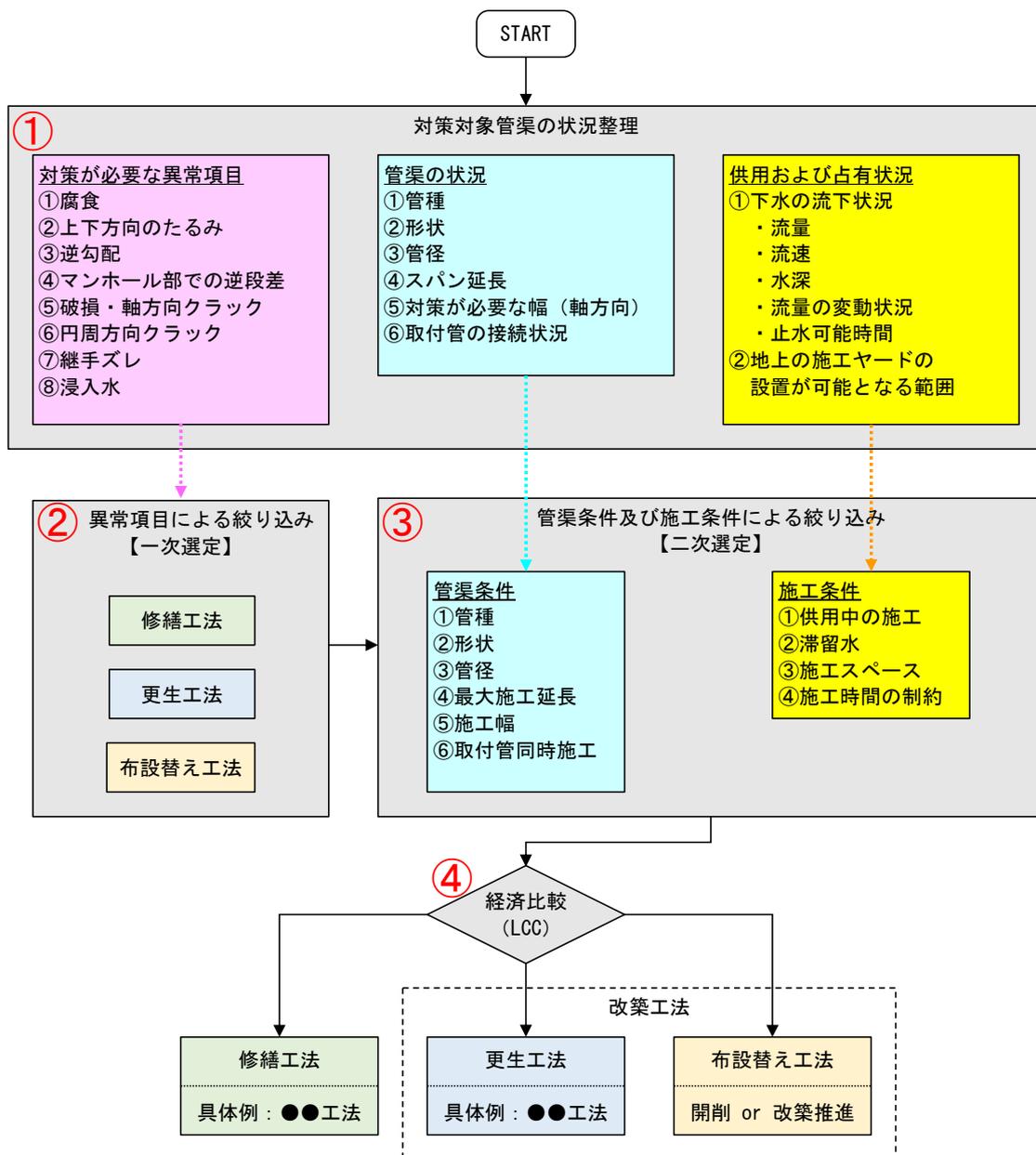


図 3-13 本研究で提案する修繕・改築工法の選定フロー

3.2.2. 維持管理情報に基づく対象管渠の状況整理

修繕・改築工法を選定するには、点検・調査等の維持管理から得られる情報に基づき、(1) 対策が必要な異常項目、(2) 管渠の状況、(3) 供用および占有状況、について把握する必要がある。

(1) 対策が必要な異常項目

点検・調査で発見された異常項目に応じて、修繕、更生、布設替え等の対策の必要性を検討する必要がある。以下に、ストックマネジメントガイドライン (P49-50) に示されている

異常項目に対する修繕・改築工法の適用の考え方の例を抜粋する。

(ストックマネジメントガイドライン P49-50 抜粋)

① 管渠の腐食

管渠の腐食は、鉄筋と主材の健全性が損なわれた状態（たとえば鉄筋が全面的に腐食している場合等）で管渠の耐荷能力が不足し、管渠が変形または破損し、その箇所から地下水や土砂の流入を招きかねない。このような場合は、改築とする。

② 上下方向のたるみ

上下方向のたるみは、不等沈下等の原因により管渠に不陸が生じている状態である。流下物の堆積や場合によっては下水の溢水等の原因となる。このような場合は、改築とする。

③ 逆勾配

逆勾配は、「維持管理指針（実務編）」² P. 113～114 に示されている調査項目に該当しないが、その他の異状項目として調査する場合がある。勾配が逆転しており、管渠の流下能力がない状態である。このような場合は改築とする。

④ マンホール部での逆段差

マンホール部での逆段差は、「維持管理指針（実務編）」² P. 113～114 に示されている調査項目に該当しないが、その他の異状項目として調査する場合がある。本異状は、下流側の管渠が上流側の管渠より高く、ズレ（段差）が生じている状態であり、流下物の堆積や場合によっては下水の溢水等の原因となる。このような場合は、改築とする。

なお、上下方向のたるみ、逆勾配及びマンホール部での逆段差が生じている場合は、当該スパンの前後数スパンを含めた動水勾配等を考慮し、管渠の流下能力が計画流量を上回るかどうか確認する。

⑤ 管渠の破損

管渠の破損は、地下水や土砂の流入要因となり、放置すると地山に空隙ができ、他の施設に悪影響を与えるおそれが生じ、また道路陥没のような社会的に影響が大きく人命にかかわる事故を招きかねない。

管渠の破損に対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

⑥ 管渠のクラック

管渠のクラックは、クラック幅と長さが大きくなれば管渠の耐荷能力が不足し、管渠が変形または破損し、その箇所から地下水や土砂の流入を招き、破損と同様な事故を招きかねない。

管渠のクラックに対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

⑦ 管渠の継手ズレ

管渠の継手ズレは、継手が脱却している等の場合にズレた箇所から地下水や土砂の流入を招き、破損と同様な事故を招きかねない。

管渠の継手ズレに対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

⑧ 浸入水

浸入水は、欠落箇所から土砂の流入を招き、地山を乱すこととなる。その結果、他の施設に悪影響を与えるおそれが生じ、また道路陥没のような社会的に影響が大きく人命にかかわる事故を招きかねない。近年に布設された管渠本体継手部からの浸入水に対しては、本体の劣化度がそれほど進んでいないと考えられるので、現況の浸入水箇所への止水が有効である。しかし、経年による劣化が進んでいる管渠の場合、現在浸入している箇所を止水すれば、地下水の流れが止められ水位が上昇し、水圧が増して他の箇所から浸入してくることが多く見られる。このことから、現在の浸入水箇所における対応のみでなく、スパン全体を反映させた止水対策を施さなければならないこともある。

浸入水に対しては、経済性の比較を行い、改築あるいは修繕を選択する。

(2) 管渠の状況

修繕や改築には多種多様な工法が存在し、それらは管渠の状況により対応の可否が異なる。したがって、下水道台帳や日常の点検・調査により、管種、形状、管径、スパン長、対策が必要な幅、取付管の接続状況などの管渠の状況を把握する必要がある。

(3) 供用及び占有状況

施工条件に応じて、適用可能な工法を選択する必要があるため、流量、流速、水深、流量変動、止水可能時間、施工ヤードの設置可能範囲などの供用及び占有状況について把握する。

3.2.3. 異常項目による絞り込み（一次選定）

修繕・改築には多種多様な工法が存在するため、全ての工法について経済性(LCC)比較等を行うことは非効率である。そこで、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するため、3.2.2.(1)に示した異常項目毎の修繕・改築工法の適用の考え方を参考に、詳細検討すべき工法の類型を絞り込むための一次選定のフローを図 3-14 に示す。

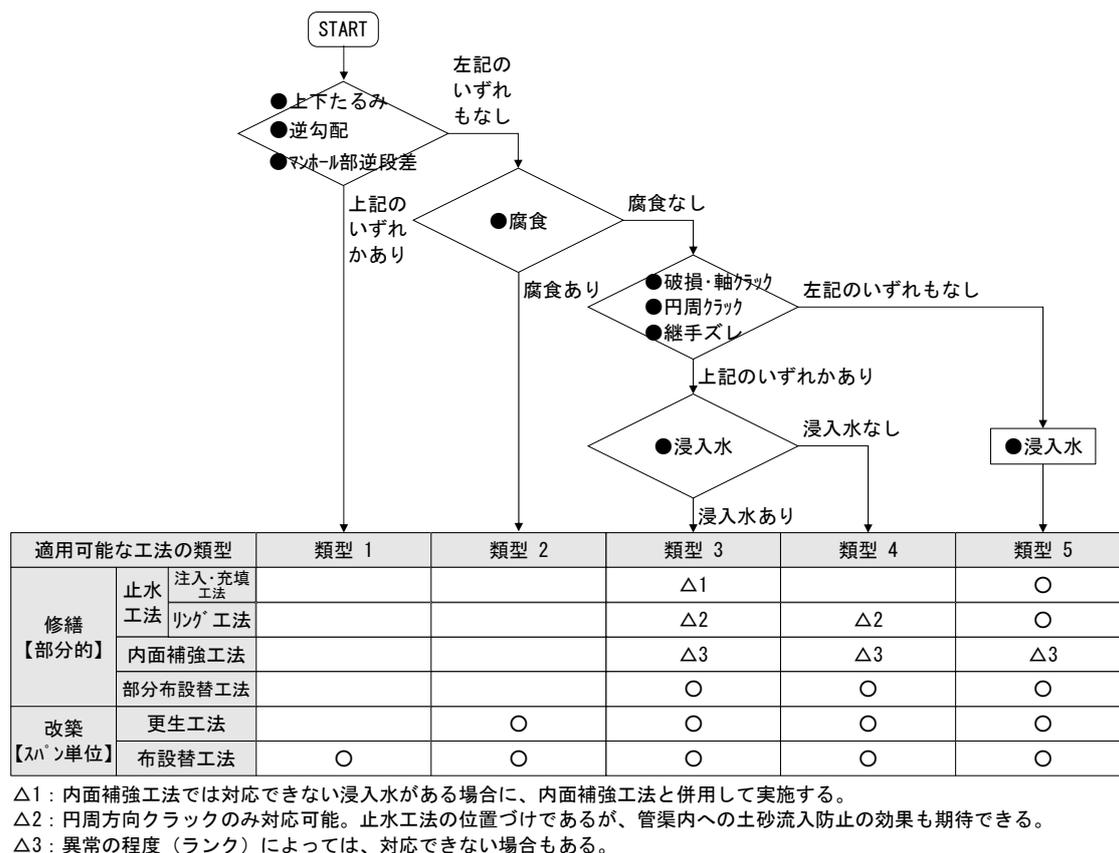


図 3-14 改築・修繕工法の一次選定のフロー

3.2.4. 管渠条件及び施工条件による絞り込み（二次選定）

3.2.3 で適用可能と判断した工法に対して、適用条件及び施工条件を踏まえて具体的な工法選定を行う。3.2.2.(2) 管渠の状況及び(3)共用及び占有状況に記載したとおり、修繕や更生には多岐にわたる工法が存在する。また、工法ごと適用可能な管渠条件や施工条件が異なる。そこで、表 3-4～表 3-7 に整理した工法毎の情報を参考に、修繕・改築の対象となる管渠条件と施工条件を踏まえて適用可能な具体的な工法を選定する。

(1) 適用条件

適用条件は 3.2.2.(2) 管渠の状況を踏まえて確認する。主に確認すべき事項は以下のとおりである。

- ① 管種
- ② 形状
- ③ 管径
- ④ 最大施工延長
- ⑤ 施工幅
- ⑥ 取付管同時施工

(2) 施工条件

施工条件は 3.2.2.(3) 共用及び占有状況を踏まえて確認する。主に確認すべき事項は以下のとおりである。

- ① 供用中の施工
- ② 滞留水
- ③ 施工スペース
- ④ 施工時間の制約

3.2.5. 経済性比較 (LCC 比較)

ここでは、3.2.4.で選定した工法に対し、経済性比較を行って最終的な工法選定を行う。

3.2.5.1. 経済性比較における着眼点

(1) 目標耐用年数の設定

管渠は標準耐用年数が 50 年であり、これ以上を経過していれば改築の国庫補助対象となりえることから、一般には 50 年を更新のサイクルとして費用算定される。しかし実際には、50 年以上経過した管渠でも改築を要さない健全なものも多く存在し、今後対策が必要となる管渠の多くは経過年数 50 年以上であるため、実情に即した適切な評価方法の確立が望まれる。そこで、本研究では、既往文献、アンケート結果等を踏まえて標準耐用年数 (50 年) 以上の目標耐用年数を設定し、これを踏まえた費用算定方法の検討を行う。

(2) 修繕工法の費用算定

修繕工法は、改築工法と異なりスパン全体の長寿命化効果はない。しかし、工費そのものは改築と比較して安価であり、ライフサイクルの観点でも耐用年数の延伸とあわせて修繕工法を適用することで、コストを抑えた劣化対策が期待できる。

一方、修繕実施時点から耐用年数までの期間 (余寿命) が一定以上ある場合は、修繕にはスパン全体の長寿命化効果が無いことを踏まえ、余寿命中に新たに発生する修繕必要箇所

数を考慮することが望ましい。本研究で提示する経済性評価手法では、余寿命中に新たに発生する修繕箇所等の設定方法について検討し、費用算定の精度向上を図る。なお、修繕工法以外の更生工法や布設替えを実施した時点でスパン全体の健全度が初期状態に戻ることから、更生等を実施した後の新たな修繕必要箇所は見込まないこととした。

3.2.5.2. 経済性比較に必要な基本条件の設定

経済性比較に必要な基本条件として、(1) 評価期間、(2) 目標耐用年数、(3) 修繕回数
の設定方法について示す。

(1) 評価期間の設定

経済性比較は、評価期間における修繕または改築（更生または布設替え）に係る費用と維持管理費の総額を評価期間で除した LCC (ライフサイクルコスト) 年価の比較により行う。修繕、更正および布設替えそれぞれの LCC 年価算定のイメージを図 3-15 に示す。修繕（上段）または更生（中段）の場合は、その後に実施する布設替えの寿命が尽きるまでを評価期間とし、布設替え（下段）の場合は、その寿命が尽きるまでを評価期間とする。

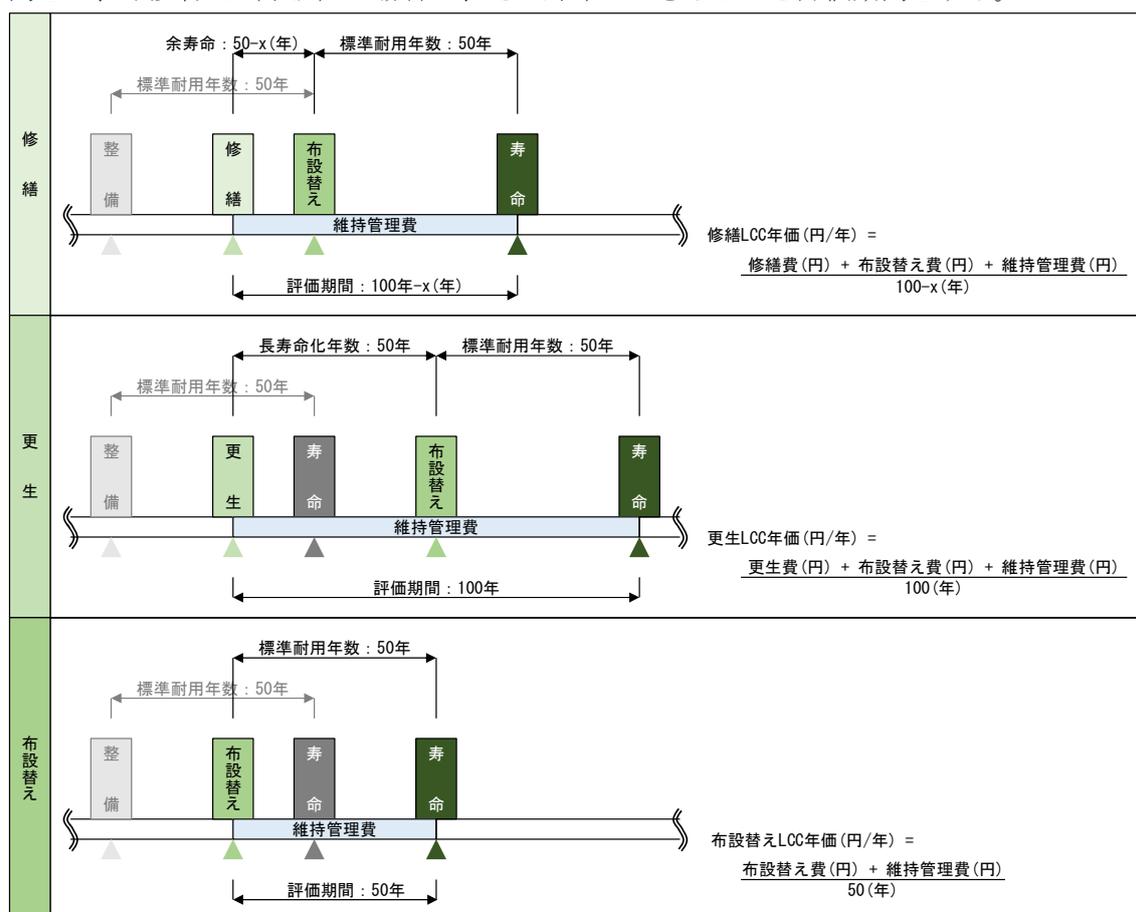


図 3-15 修繕・改築に係る LCC 年価算定のイメージ

(ストックマネジメントガイドライン¹⁾ とコンサルティング・マニュアル⁵⁾の内容を踏まえ要約)

ストックマネジメントガイドラインにおいて、修繕は「老朽化した施設または故障もしくは損傷した施設を対象として、当該施設の所定の耐用年数内において機能を維持させるために行われるもの。」と定義されている。したがって、原則として標準耐用年数を超過している場合には修繕を実施する場合のLCC年価計算が成立しない。これに対し目標耐用年数を設定し、評価時点における経過年数が目標耐用年数未満の場合には修繕を実施する場合のLCC年価計算が成立すると考えることが可能である（図 3-16）。

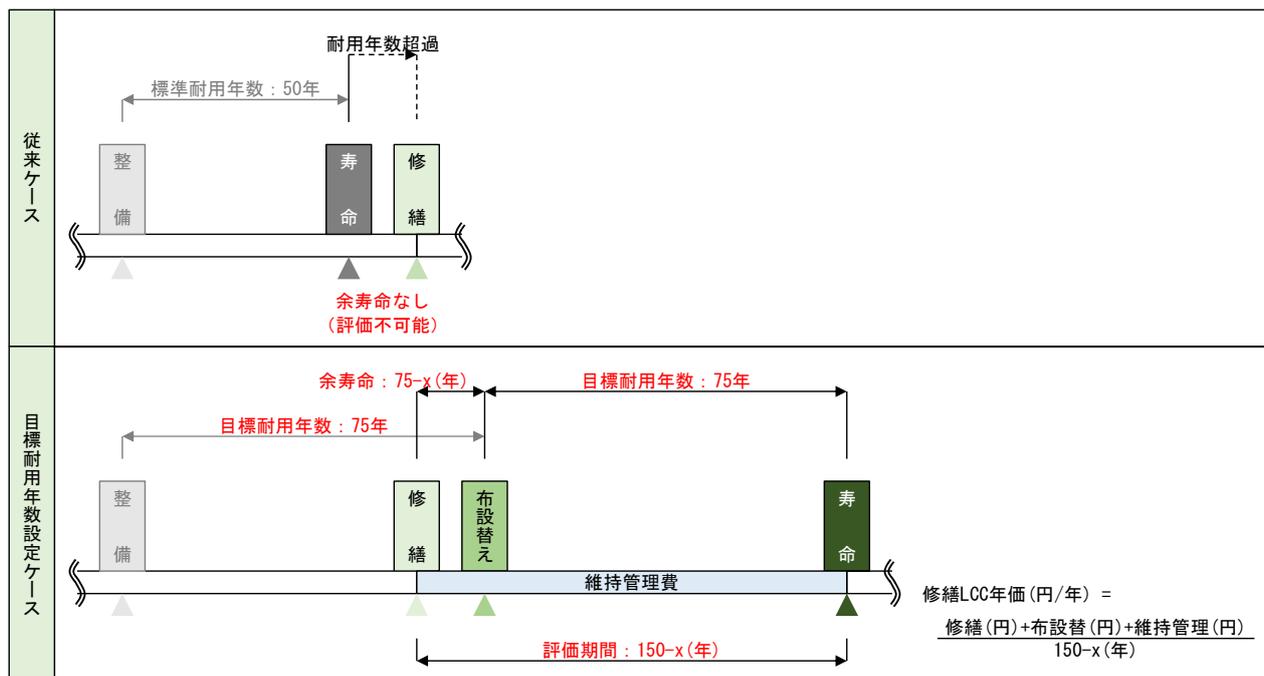


図 3-16 目標耐用年数を用いた LCC 年価計算のイメージ

(2) 目標耐用年数

目標耐用年数の設定例を次頁に示す。

① 既往文献による設定

既往文献による目標耐用年数の設定事例を表 3-23 に示す。

表 3-23 既往文献による目標耐用年数の設定事例

	出典	耐用年数
1	平成 23 年度下水道関係調査研究年次報告書集 下水道管きよのストックマネジメント導入促進に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート管：73.0 年 ・陶管：73.5 年 ・全管種：74.0 年 ※全管種はコンクリート管及び陶管、塩化ビニル管を含む。

2	下水道事業のストックマネジメント実施に関する ガイドライン 2015年版 平成 27年 11月国土交通省水管理・国土保全局 下水道部／国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部 (表 3.2)	・ 75年
3	持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル 平成 26年 1月 国土交通省／農林水産省／環境省 (表 3.3)	・ 50～120年 (実績) ・ 72年 (算定例)

表 3-24 目標耐用年数の設定事例

点検・調査及び修繕・改築に関する目標 (最終アウトカム)			施設種類別事業量の目標 (アウトプット)				
項目	目標値	達成期間		項目	目標値	達成期間	
安全の確保	本管に起因する道路陥没の削減	道路陥没 0件/k m/年	20年	管路施設	管渠の改築	管渠調査延長 100 k m/年 改築延長 30 k m/年	10年
	マンホールふたに起因する事故削減	年間事故割合 0件/処理区/年	20年		マンホールふたの改築	点検数量5,000基/年 改築数量2,000基/年	10年
サービスレベルの確保	安定的な下水道サービスの提供	不明水量の減少 15%→10%以下 主要な施設の健全度を2以上 健全度2以下の施設割合50%→0%	20年	管路施設	管路施設改築	管渠調査延長 100 k m/年 改築延長 30 k m/年 ます・取付け管改築 100箇所/年	10年
				設備	主要設備の改築	改築設備数 3件/年	10年
ライフサイクルコストの低減	目標耐用年数の延長	<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;">管渠 65年→75年</div> 状態監視保全を行っている設備の目標耐用年数を現在の1.2倍とする。	20年	管路施設	定期的な点検・調査による劣化の早期発見・早期対応による延命化	点検・調査延長の見直し 80 k m/年→100 k m/年 不具合予防措置 (重症になる前の早期対応) の拡充 50 k m/年→70 k m/年	10年
				設備	点検・調査の重視及び劣化の早期発見による延命化	定期的な状態監視保全設備の調査を行うことにより部品単位の交換を行う。 5件/年→10件/年	10年

ストックマネジメントガイドライン¹⁾より引用し加筆

表 3-25 目標耐用年数の設定事例

表3-1(2) 経済比較における参考資料

経済比較の際に参考となる年数		
実績	処理場	土木建築物：50～70年 機械電気設備：15～35年
	管渠	50～120年
	浄化槽	躯体：30～50年 機器設備類：7～15年
	マンホールポンプ	機器設備類：15～35年
法律等	処理場	23年
	管渠	50年
	浄化槽	7年

(参考) 耐用年数の算定例

【管渠】

管渠の年数は、下水道供用開始後 30 年以上経過している市町村（組合含む）に対して、管渠の施工年度（10 年区切り）毎の総延長とそのうちの更新済延長及び使用している最古管渠について調査し、その平均経過年数である 72 年と設定する。

【処理場】

処理場全体の年数は、土木建築物 50 年、機械電気設備 25 年、土木建築物：機械電気設備の比率を 1：1 とし、以下の式に当てはめて 33 年と設定する。

$$\frac{1}{\left(\frac{0.5}{50} + \frac{0.5}{25}\right)} = 33\text{年}$$

【浄化槽】

浄化槽全体の年数は、躯体 40 年、機器設備類 11 年、躯体：機器設備類の比率を 9：1 とし、以下の式に当てはめて 32 年と設定する。

$$\frac{1}{\left(\frac{0.9}{40} + \frac{0.1}{11}\right)} = 32\text{年}$$

【マンホールポンプ】

マンホールポンプの年数は、管渠を敷設するときに設置するマンホールにポンプ設備等を導入するものと考え、機械電気設備のみとし 25 年と設定する。

持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル⁶⁾より引用し加筆

② 設定事例（アンケート調査結果）

自治体アンケート調査結果による目標耐用年数の設定事例を表 3-26 に示す。

表 3-26 アンケートによる目標耐用年数の設定事例

目標耐用年数	回答数	主な回答
50 年	18	・ 標準耐用年数より ・ SM ガイドラインの事例より 他
75 年	17	・ 標準耐用年数の 1.5 倍 ・ SM ガイドラインの事例、健全率予測式より ・ 都道府県構想策定マニュアルより ・ 巡視点検・調査の結果より 他

	目標耐用年数	回答
A 市	コンクリート管 72 年, ヒューム管(雨水)75 年, ヒューム管(汚水合流)65 年, 陶管 34 年(※昭和 60 年以前に布設されたものが改築対象), 樹脂系管 ^o , その他の管種 50 年	市内の管渠に対して行ったサンプリング調査(TV カメラ調査)の結果から, 市独自の劣化指標である不良率の経年的な推移を推定し, 不良率が 30%に達する年数を目標耐用年数として定めた。陶管については, 継ぎ手の規格が変更された昭和 60 年以前の管渠を改築の対象とした。
B 市	鉄筋コンクリート管 : 90 年 陶管 : 50 年 その他管 : 100 年以上	最適なシナリオにかかる事業費より算出
C 市	遠心力鉄筋コンクリート管 75 年、硬質塩化ビニル管 150 年	「下水道管きょ健全率予測式 2017」および「管きょ劣化データベース」等による
D 市	コンクリート系管渠 : 一般環境区域 : 80 年、腐食環境区域 : 55 年 塩ビ系管渠 : 100 年	既往の管渠調査結果から得られた健全率と経過年数の関係から、コンクリート系管渠において、一般環境区域と、劣化の進行の早い腐食環境区域に分けて健全率曲線を設定し、健全率が 50%となる年数をそれぞれの区域における目標耐用年数としている。
E 市	コンクリート管 : 50~75 年、樹脂管 100 年	市実績の管渠耐用年数とシミュレーションによりコスト縮減額の大きく最適な目標耐用年数を設定した。

(3) 修繕回数の設定

1) 調査頻度の設定

修繕の適用を検討する場合、修繕実施時点から標準耐用年数（もしくは目標耐用年数）までの期間（余寿命）において、評価時点で確認した異常とは別に、新たな異常が発生・確認されることを想定した修繕回数を計上することが望ましい。新たな異常の発生は調査により確認されるため、評価期間における調査頻度（サイクル）を設定する必要がある。

図 3-17 に示す通り施設の重要性の区分を最重要施設、重要施設、通常施設の 3 つに区分し、劣化保有率を最重要施設：5%、重要施設：20%、通常施設：40%に設定し、対策の判断基準を緊急度Ⅱ以上（劣化なし～緊急度Ⅲは対策不要）として調査着手時期を設定する。

2 回目以降のサイクルについては、1 回目の頻度（着手時期）のおおむね 1/2 以下としている（表 3-27）。調査により発見される新たな異常の発生箇所数は、評価時点の修繕箇所数から導かれる修繕箇所増加率を用いる等により設定する（図 3-18）。

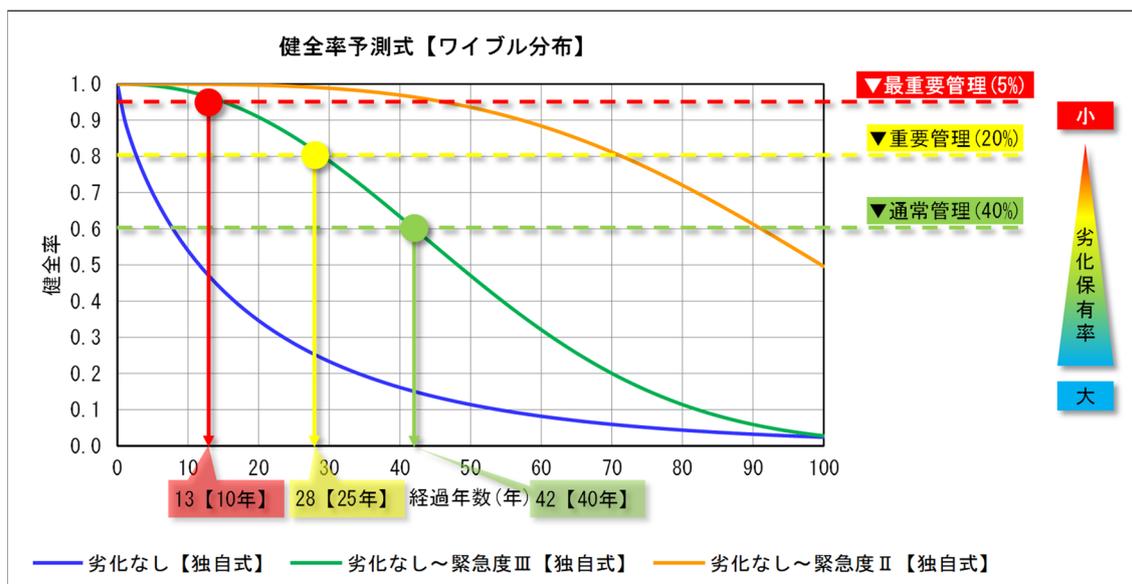


図 3-17 健全率予測式から調査の着手時期を導くイメージ

表 3-27 劣化保有率と緊急度遷移時期に基づいて設定した頻度の例

頻度区分	前回点検・調査結果		最重要管理 【線的管理】	重要管理 【線的管理】	通常管理 【面的管理】
	判定	対策区分			
1回目 (着手時期)	—	—	10年	25年	40年
2回目以降 (サイクル)	劣化なし	改築を実施 修繕を実施	5年※	10年※	20年※
	緊急度ⅠまたはⅡ				
	緊急度Ⅲ				

※ 予防保全の観点から1回目の頻度の概ね1/2以下に設定。

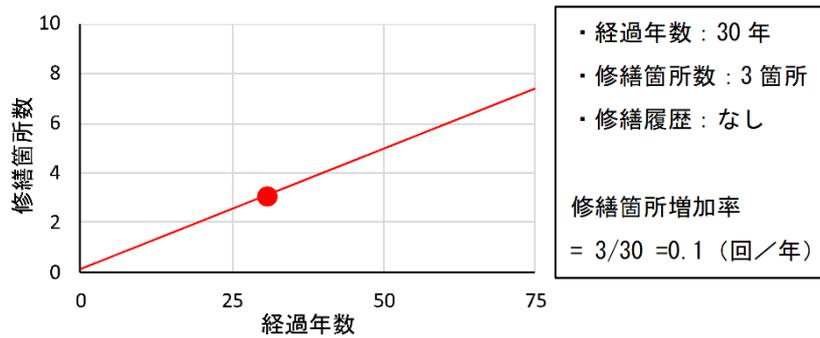


図 3-18 修繕箇所増加率の設定例

2) 修繕工法の効果継続期間

修繕工法は機能を維持させるための効果継続期間が異なるため、効果継続期間を踏まえた修繕回数を考慮することが望ましい。メーカーヒアリング等により整理した効果継続期間を表 3-28 に、効果継続期間を踏まえた修繕回数のイメージを図 3-19 に示す。

表 3-28 修繕工法の効果継続期間（メーカーヒアリング等による）

修繕工法種別		効果継続期間	備考
止水工法	注入・充填工法	5年 または 10年	工法により異なる
	リング工法	50年	
内面補強工法		20年 または 50年	工法により異なる
部分布設替工法		50年	

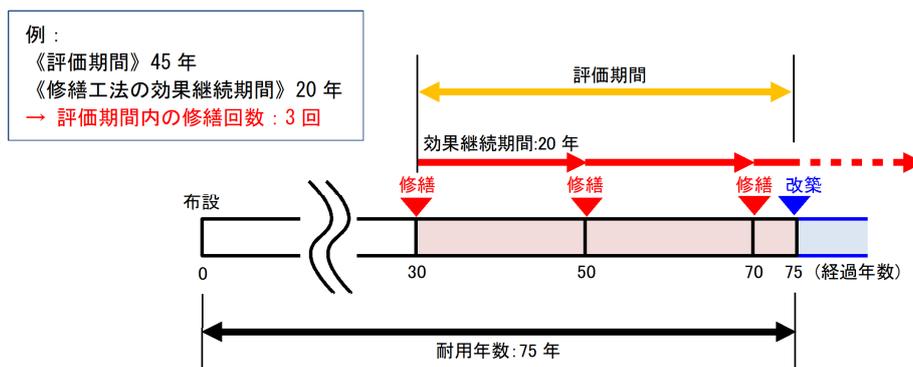


図 3-19 効果継続期間を踏まえた修繕回数のイメージ

3) 修繕回数の設定例

修繕回数は図 3-20 に示すとおり、評価時点で発見された修繕箇所への修繕回数 (①) と、修繕増加箇所（新規に発生する修繕箇所）への修繕回数 (②) の合計とする。

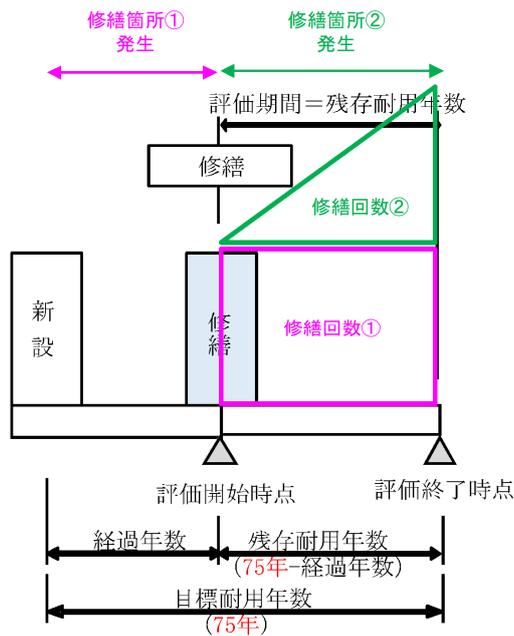
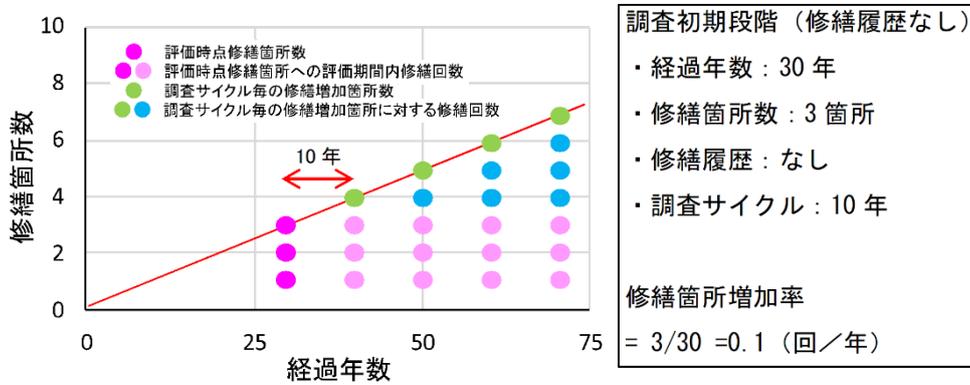


図 3-20 評価期間（余寿命）における修繕回数の考え方

上述の考え方に基づいた修繕回数の設定例を図 3-21 に示す。



調査サイクル毎の修繕増加箇所に対する修繕回数
= 調査サイクル毎の修繕増加箇所数 × (評価期間残数 / 適用修繕工法の効果継続期間)

図 3-21 修繕箇所数の設定方法例

3.2.5.3 経済性比較のケーススタディ

上述の経済性比較の手法を用いたケーススタディを行う。

(1) ケーススタディの基本条件

ケーススタディのために想定した基本条件を表 3-29 に示す。

表 3-29 経済性比較のケーススタディの基本条件

項目	設定した条件
管渠条件	管種：鉄筋コンクリート管 延長：50m 土被り：2.0m 管径：φ400mm 及び φ1,350mm（2種類）
評価時の経過年数	40年
調査頻度	初回着手時期 40年、着手後サイクル 20年 (管理区分は通常管理と想定)
適用工法	修繕工法：パッカー工法（効果継続期間：5年）φ400mm に適用 ：内面補強工法（効果継続期間：50年）φ400mm に適用 ：Vカット工法（効果継続期間：5年）φ1,350mm に適用 更正工法：製管工法（耐用年数：50年）φ400 と 1,350mm に適用 布設替工法：開削工法（耐用年数：75年）φ400mm に適用 ：推進工法（耐用年数：50年）φ1,350mm に適用
修繕・改築工法単価	メーカーヒアリング及び「下水道用設計標準歩掛表令和元年度 第1巻管路 日本下水道協会」により設定
調査単価	「下水道施設維持管理積算要領 管路施設編（2011年版）」より算定

(2) ケース設定

既設管の耐用年数に目標耐用年数を導入することの経済性比較への影響を評価するために、耐用年数を標準耐用年数 50年と目標耐用年数 75年とする2ケースを設定した。また、管径に応じて適用される修繕・改築の工法が異なることを想定して、管径 400mm と 1350mm の2種について検討することとし、計4ケースとした（表 3-30）。

表 3-30 経済性比較で設定したケース

		管径	
		400mm (小口径)	1350mm (大口径)
既設管の 耐用年数	標準耐用年数 50 年	ケース 1	ケース 2
	目標耐用年数 75 年	ケース 3	ケース 4

また、3.2.5.1 (1) の考え方に基づいて設定したケーススタディの評価期間を表 3-31 に示す。

表 3-31 ケーススタディの評価期間

工法	評価期間の考え方	既設管 耐用年数 (年)	経過年数X (年)	布設替えの耐用年数 (年)		評価期間 (年)
修繕	(既設管耐用年数-評価時点の経過年数X) + 布設替えの耐用年数	50	40	小口径管 (開削工法)	75	85
		50	40	中大口径管(推進工法)	50	60
		75	40	小口径管 (開削工法)	75	110
		75	40	中大口径管(推進工法)	50	85
工法	評価期間の考え方	更正工法耐用年数 (年)		布設替えの耐用年数 (年)		評価期間 (年)
更生 (製管工法)	更正工法耐用年数 + 布設替えの耐用年数	50		小口径管 (開削工法)	75	125
		50		中大口径管(推進工法)	50	100
工法	評価期間の考え方	布設替えの耐用年数 (年)			評価期間 (年)	
布設替え	布設替えの耐用年数	小口径管 (開削工法)			75	75
		中大口径管(推進工法)			50	50

(3) ケーススタディ計算結果と考察。

ケーススタディの計算結果を表 3-32 に示し、3.2.5.1 で述べた経済性比較における着眼点である「目標耐用年数(75年)の導入」の影響等に関し考察する。

1) 目標耐用年数(75年)の導入の影響

表 3-32 に示すとおり、耐用年数を標準耐用年数(50年)から目標耐用年数(75年)に延長して設定することで、修繕工法を導入した場合の年平均費用が変動した。具体的には、修繕①(パッカー工法)は年平均費用が増加し、一方、修繕②(内面補強工法)は年平均費用が減少した。

修繕①(パッカー工法)は効果継続期間の設定が5年と短いため、評価時経過年数40年から目標耐用年数(75年)迄の間、調査実施のたびに同一箇所を修繕しなければならず、長寿命化による費用低減効果を修繕費用が上回り、年平均費用が増加した。

一方、修繕②(内面補強工法)は効果継続期間の設定が50年と長いため、耐用年数が延長しても修繕回数は抑制され、長寿命化による費用低減効果が発揮され、年平均費用が減少

した。

このように、耐用年数を変化させると、修繕工法の効果継続期間の長短に応じて費用の増加および減少両面の影響を及ぼしうることがケーススタディにより明らかとなった。

2) 管径の影響

表 3-32 に示すとおり、管径 400mm（小口径）のケース 1 及びケース 3 は両者とも、更生工法が最も年平均費用が小さい結果となった。これは、小口径の修繕工法が高価であることが反映された結果である。一方で、管径 1,350mm（中大口径）の場合、耐用年数を 75 年とした場合、修繕工法が最も年平均費用が小さい結果となった。これは、管内作業が可能な中大口径は修繕工法が比較的安価であり、修繕による長寿命化の費用削減効果が表れたためである。この結果は、中大口径管渠には修繕工法を適用し目標耐用年数までの長寿命化を図り、小口径管渠には更正工法による改築が有効であることを示唆している。

表 3-32 ケーススタディ計算結果

ケース	既設管の耐用年数	管径	工法	修繕回数			評価期間 (年)	対策費用 (万円)	年平均費用 (万円/年)
				評価時 発見	増加分	合計			
ケース1	標準耐用年数 50年	400mm	修繕（バッカー工法）	7	0	7	85	883	10.4
			修繕（内面補強工法）	7	0	7	85	808	9.5
			更正（製管工法）	-	-	-	125	1,070	8.6
			布設替え（開削工法）	-	-	-	75	730	9.7
ケース2		1350mm	修繕（Vカット工法）	7	0	7	60	5,105	85.1
			更正（製管工法）	-	-	-	100	7,105	71.1
			布設替え（推進工法）	-	-	-	50	5,010	100.2
ケース3		目標耐用年数 75年	400mm	修繕（バッカー工法）	42	24	66	110	1,817
	修繕（内面補強工法）			7	24	31	110	995	9.0
	更正（製管工法）			-	-	-	125	1,070	8.6
	布設替え（開削工法）			-	-	-	75	730	9.7
ケース4	1350mm		修繕（Vカット工法）	42	24	66	85	5,685	66.9
			更正（製管工法）	-	-	-	100	7,105	71.1
			布設替え（推進工法）	-	-	-	50	5,010	100.2

各ケースで最も年平均費用が小さい工法

3.3. まとめ

本章では、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するための手法を提示することを目的に検討を行い、以下の成果を得た。

3.1. 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理

多種多様な修繕・改築工法について文献調査および民間協会・企業ヒアリングを通じ各修繕・改築工法が適用可能な管渠条件および施工条件等を一覧に整理した。

また、地方公共団体へのアンケートにより地方公共団体における修繕・改築工法の実績や維持管理情報を活用して修繕・改築の工法選定等を行った事例を調査した。これらの成果及び情報は、3.2の修繕・改築工法の選定手法の検討に活用された。

3.2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討

修繕・改築工法を選定する手法として、(1)異常項目による絞り込み【一次選定】、(2)管渠条件および施工条件による絞り込み【二次選定】、(3)経済性比較により、段階的に工法の絞り込み及び選定を行うことを提示した。この手法を適用することで、多種多様な修繕・改築工法の中から、維持管理から得た情報を活用しつつ、効率的に管渠条件や施工条件に適した工法を抽出することが可能となる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省下水道部; 国総研下水道研究部：下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン -2015年版-
- 2) 日本下水道協会：下水道施設維持管理積算要領 管路施設編 -2020年版-
- 3) 日本下水道協会：下水道維持管理指針 実務編 -2014年版-
- 4) 日本下水道管路管理業協会：下水道管路管理マニュアル -2019-
- 5) 管路診断コンサルタント協会：下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティング・マニュアル（案）-平成28年版-
- 6) 国土交通省下水道：持続的な汚水処理システム構築に向けた都道府県構想策定マニュアル. 2014.