

下水道管路マネジメントに関する現状

①-1 下水道法改正による維持修繕基準の創設(平成27年)

- ・下水道管理者による法定点検については、下水道法(第7条の3)において、維持・修繕に関する責務を規定
- ・維持・修繕に関する技術上の基準は、政令において規定

下水道の維持又は修繕に関する技術上の基準(下水道法施行令第5条の12)

○1項2号

- ・公共下水道及び流域下水道の点検は、その構造等(※1)を勘案して、適切な時期に、目視その他適切な方法により行うことを規定

※1 公共下水道等の構造又は維持若しくは修繕の状況、公共下水道等に流入する下水の量又は水質、公共下水道等の存する地域の気象の状況その他の状況

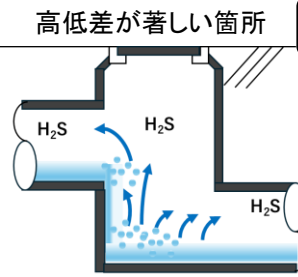
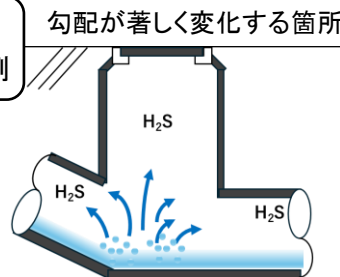
○1項3号

- ・2号のうち、下水の貯留その他の原因により腐食するおそれが大きいものとして、省令で定める排水施設(※2)は、5年に1回以上の適切な頻度で行うことを規定

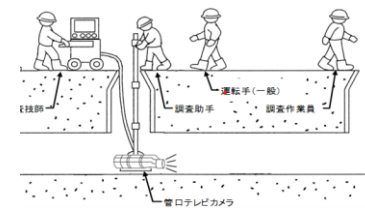
※2 暗渠部分を有する排水施設であって、コンクリート等腐食しやすい材料で造られている
下記の箇所が対象

- ・下水の流路の勾配が著しく変化する箇所又は下水の流路の高低差が著しい箇所
- ・伏越室の壁その他多量の硫化水素の発生により腐食のおそれ大きい箇所

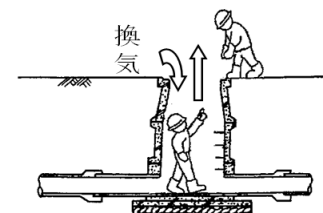
腐食の恐れ
の大きい箇所の例



点検手法例



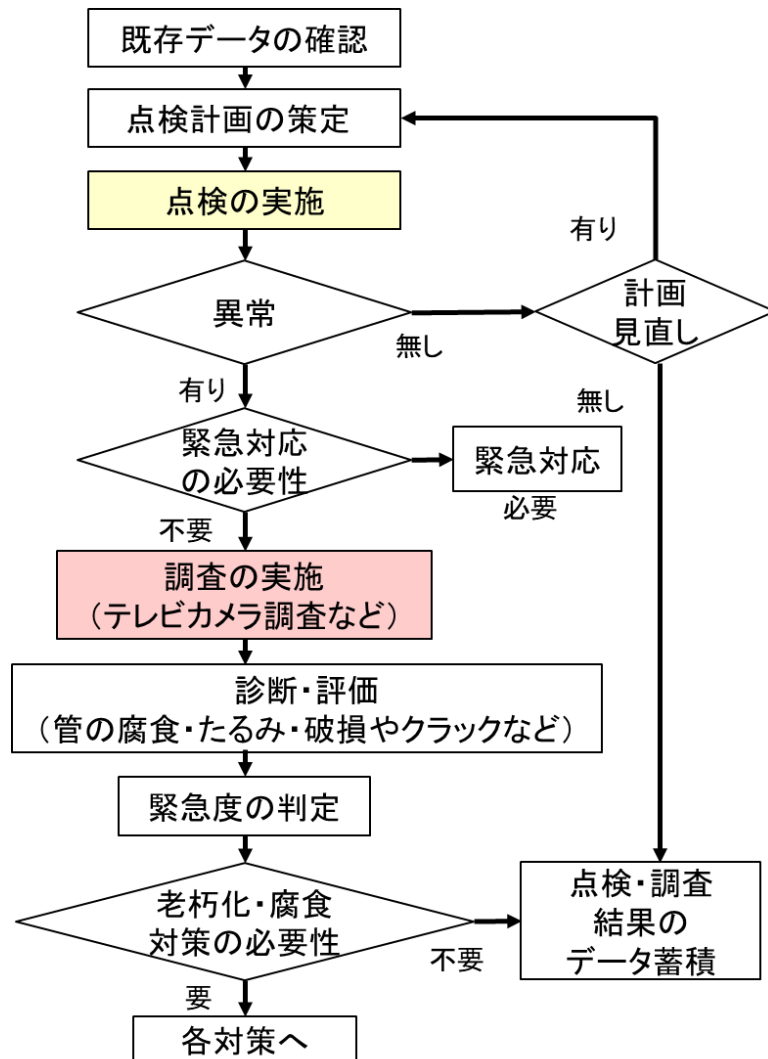
マンホール目視点検



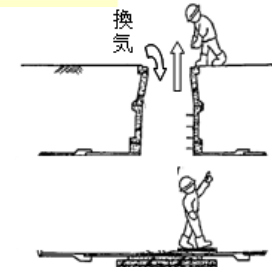
①-2 現行の点検・調査等のフロー

出典「下水道等起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

○点検・調査等のフロー

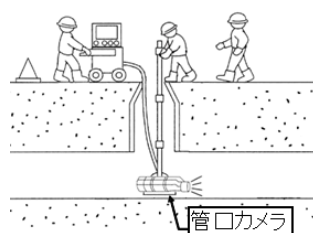


点検



マンホール目視点検

○マンホール蓋及びその周辺状況、マンホール内部を目視により異常の有無を確認する。

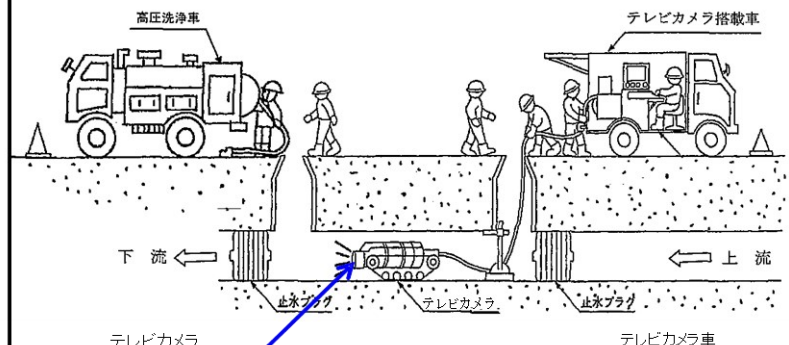


管口カメラによる点検

○マンホール内に直接入らず、地上等から管口カメラをマンホール内に挿入し、管渠内の異常の有無を確認する。

調査

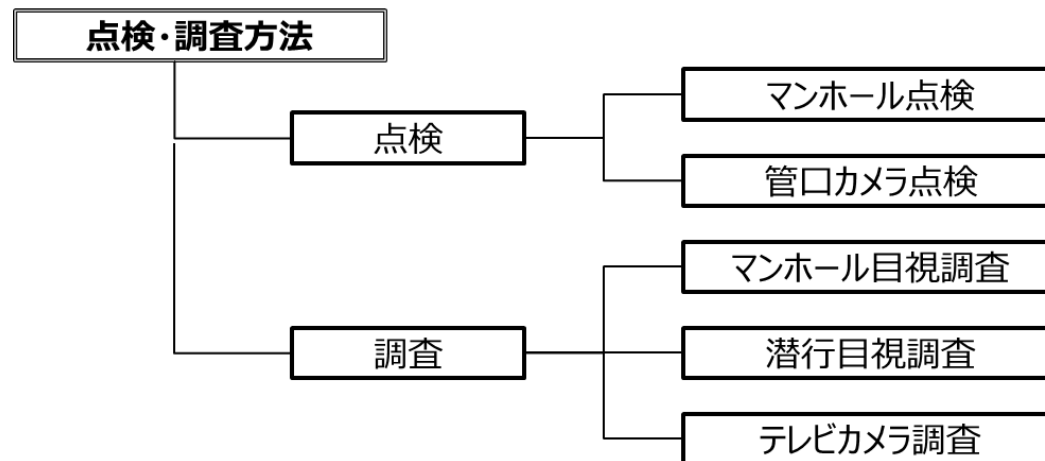
管路施設のテレビカメラ調査



○テレビカメラ調査は内径 150mm以上 800mm未満の管渠や、内径 800mm以上の管渠で流量が多い場合や危険性ガスが予測される場合等、調査員が管渠内に入ることが不可能な場合に実施する。

潜行目視調査

②-1 管路内の点検・調査の技術



出典 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2



大口径管路の潜行目視調査の様子
(自走式、飛行式、水上走行式、浮流式等)

○テレビカメラ調査機器(大口径管路)

	自走式	飛行式	水上走行式	浮流式	水中潜航式
外観					
対象管径	φ400～φ2,200 (オプション付き)	φ400以上	φ600以上	φ800～φ2,000	機器が入る管径 (幅478mm、 高さ374mm)
水位	管径50%以下	気相部が600×600mm 程度以上あれば可能	100mm以上、気相部が 400mm程度確保できる 水位	200mm以上で可能	600mm以上で可能
風速	—	3m/s以下で可能	影響あり	—	—
カメラ性能	44万画素	200万画素	任意のカメラを搭載可能	約92万画素	4K静止画 1500万画素以上
継続可能時間	16時間	11分間	約30分間	6時間 (バッテリー稼働時間)	約3～9時間

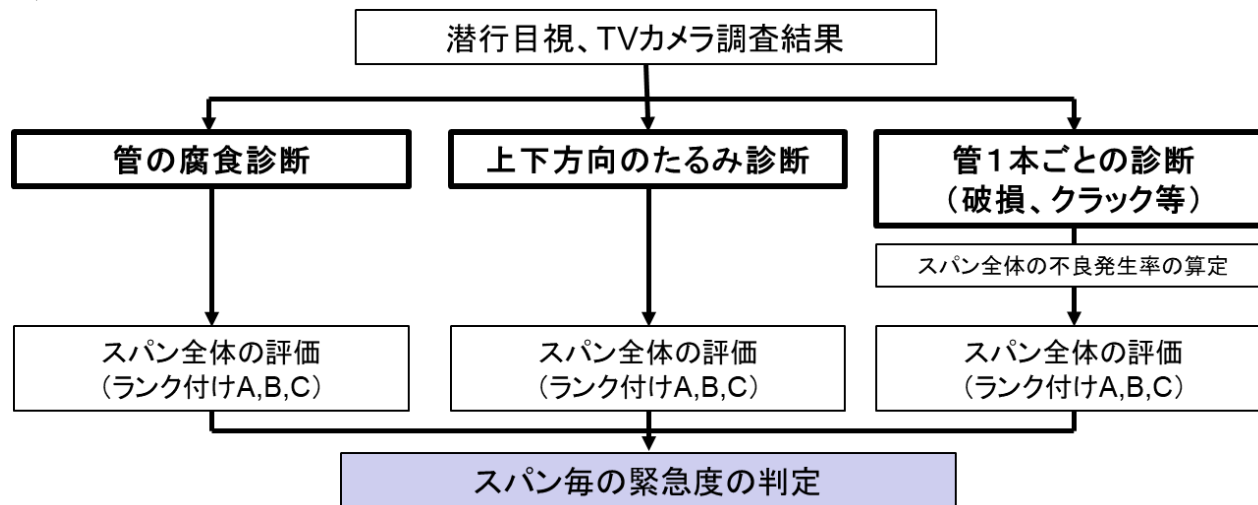
出典: 下水道管路調査機器カタログ(令和6年7月、国土交通省国土技術政策総合研究所)を基に作成

②-2 下水道管路の調査結果に基づく緊急度の判定フロー

出典「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

○調査結果に基づき、「腐食」、「たるみ」、「破損等」を診断し総合的に評価

○緊急度の判定フロー



○管路の緊急度の判定例

緊急度	区分	対応の基準	区分
I	重度	速やかに措置が必要	ランクAが2項目以上
II	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる	ランクAが1項目もしくは ランクBが2項目以上
III	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる	ランクBが1項目もしくは ランクCがある
劣化なし	—	-	ランクCもなし

出典：下水道維持管理指針 実務編（2014年版 公益社団法人 日本下水道協会）を基に作成

※腐食による不具合が確認された場合は、上記緊急度の判定と別に腐食対策の検討を行う。

出典：下水道管路施設ストックマネジメントの手引き（2016年版 公益社団法人 日本下水道協会）を基に作成

②-3 管路の調査結果に基づく診断の詳細

出典「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

○評価の基準(大口径)

スパン全体で評価	ランク		A	B	C
	項目				
	管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
上下方向のたるみ	管きょ内径	1650mm以上 3000mm以下	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満

管一本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
	管の破損及び軸方向クラック	鉄筋 コンクリート管等	欠落	軸方向のクラックで幅2mm以上	軸方向のクラックで幅2mm未満
			軸方向のクラックで幅5mm以上		
	管の円周方向クラック		円周方向のクラックで幅5mm以上	円周方向のクラックで幅2mm以上	円周方向のクラックで幅2mm未満
	管の継手ズレ		脱却	70mm以上	70mm未満
	浸入水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
	取付管の突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
	油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	－
	樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	－
モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満	

注1 段差は、mm単位で測定する。また、その他の異常(木片、他の埋設物等で上記にないもの)も調査する。

注2 取付管の突出し、油脂の付着、樹木根侵入、モルタル付着については、基本的に清掃等で除去できる項目とし、除去できない場合の調査判定基準とする。

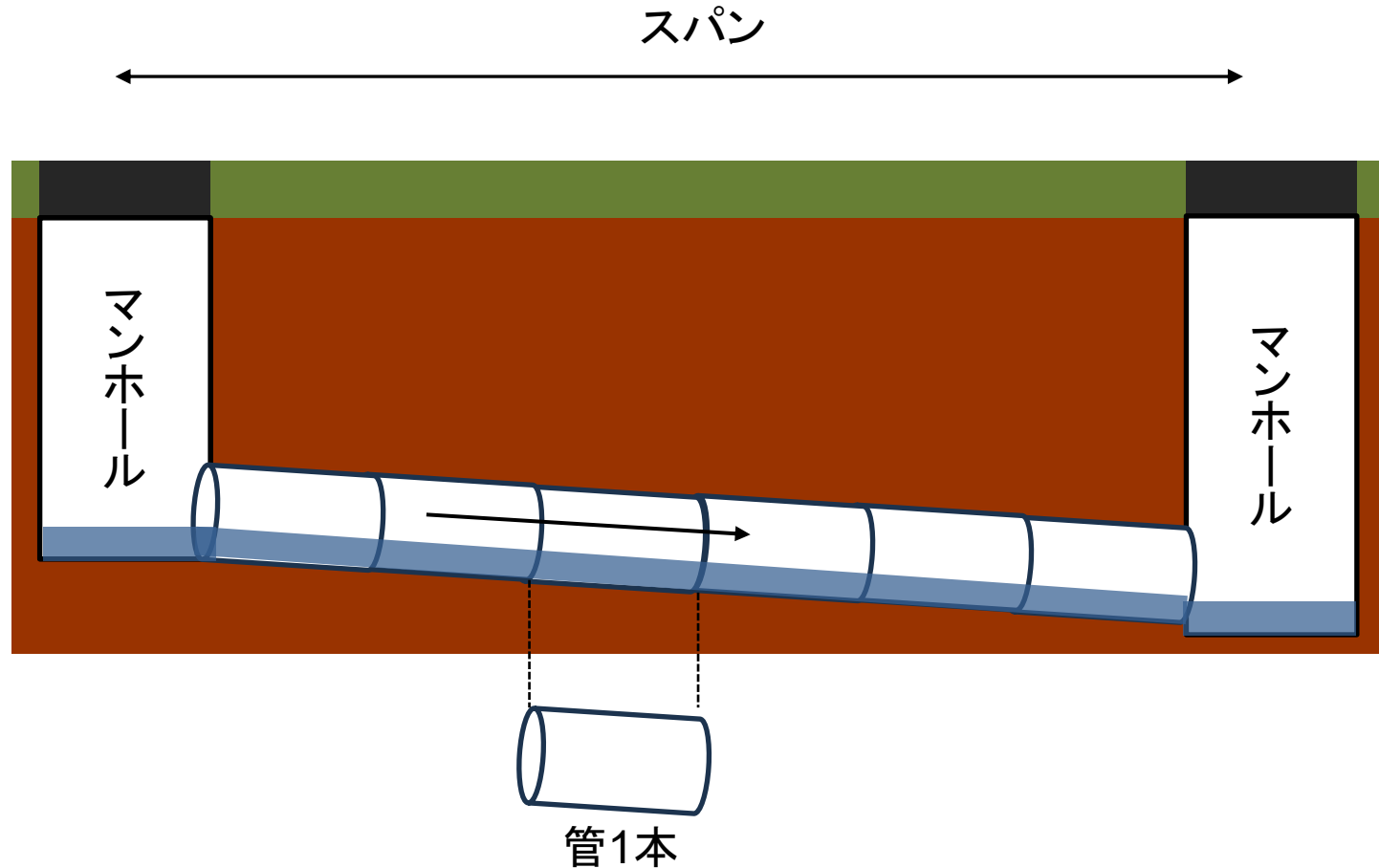
注3 判定項目は、各自治体の地域特性を踏まえて追加してもよい。

注4 ランクCの未満に異常なし(ゼロ)は含まない。

②-4 下水道管路のスパンと管

出典「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故
を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

- 「腐食」、「たるみ」: スパン全体(マンホール間)で評価
- 「破損、クラック等」: 管1本毎に診断しスパン全体で評価



※1スパンに複数の鉄筋コンクリート管を布設したものの例

③-1 非破壊調査の技術(打音調査含む)



非破壊試験を用いた
土木コンクリート構造物の
健全度診断マニュアル
(以下、「健全度診断マニュアル」という。)

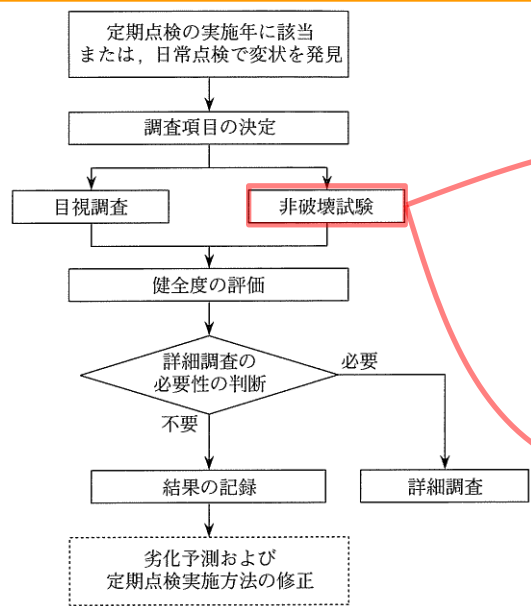


図 定期点検の実施フロー

出典:「健全度診断マニュアル」p.17 より引用

表 定期点検における点検項目

点検項目	点検方法	調査に伴う構造物への影響 (非破壊試験・破壊試験の区分)
① コンクリート表面の変状	目視調査(変状全般)	影響なし(A)
	打音調査(浮き・剥離箇所)	
	超音波法(ひび割れ深さ)	
	サーモグラフィー法 (浮き・剥離箇所)	
② 鉄筋の腐食状態	自然電位法	鉄筋の一部をはつり出し(C)
③ 塩化物イオン	実験室での化学分析	コア採取またはドリル削孔(C, D)
	簡易塩分測定器法	
④ 中性化深さ	フルオレセイン法	コア採取(C, D)
	フェノールフタレイン法	
⑤ 鉄筋位置・かぶり	電磁誘導法	影響なし(A)
	電磁波反射法	
⑥ コンクリートの品質	反発度法	影響なし(B)
	小径コアの圧縮強度試験	

出典:「健全度診断マニュアル」p.19 より引用(一部加工)

反発度法

【概要】リバウンドハンマーを用いてコンクリート表面の反発度を測定し、その結果から**コンクリートの圧縮強度**を推定。

【課題】他の測定方法と比較すると**測定精度が低い**。
コンクリートの**湿度や表面の粗さ**により、**測定結果がばらつく**。
部材厚が薄いコンクリートでは**正確な測定ができない**ことが多い。



一般社団法人 iTECS技術協会 HPより引用
(<https://www.itecs.or.jp/concrete-testing/non-destructive-testing.html>)

打音調査

【概要】テストハンマーでコンクリートをたたき、打撃音の違いから表面の浮きや剥離、内部や**背面の空洞**の有無を推測。
⇒健全:コンコン、キンキン、カンカン
異常:ポコポコ、ポコボコ、ゴンゴン

【課題】**空洞がコンクリートの内部、背面のどちらにあるのか正確にはわからない**。

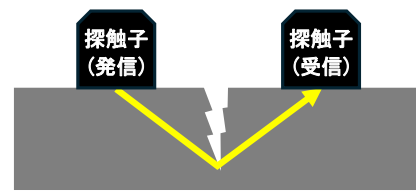


出典:「道路トンネル
定期点検要領」
p.12 より引用

超音波法

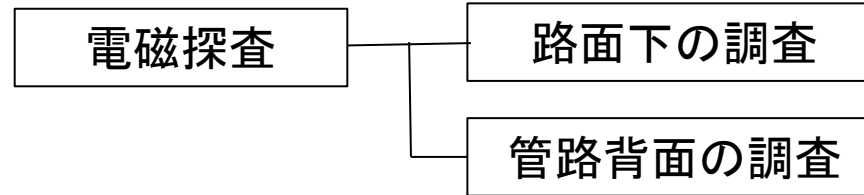
【概要】ひび割れを挟んで探触子を設置し、超音波を発信・受信してその伝播時間から**ひび割れ深さ**を測定。
⇒地中構造物背面の**空洞化の原因となる部材を貫通しているひび割れかどうかを確認**するのに利用。

【課題】正確な深さの測定には、探触子間距離の最適化等が必要であるが、**測定者の熟練度により測定精度が低下する**。



③-2 空洞調査の技術

出典 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故
を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2



路面下空洞調査の様子
(空洞探査車による調査)



管路内から管路背面の地盤
の空洞調査の様子※

※W社の場合の適用条件

- ・管径2～5m(台車等仮設材の搬入可否も影響)
- ・水深30～40cm

③-3 空洞調査の技術(参考)

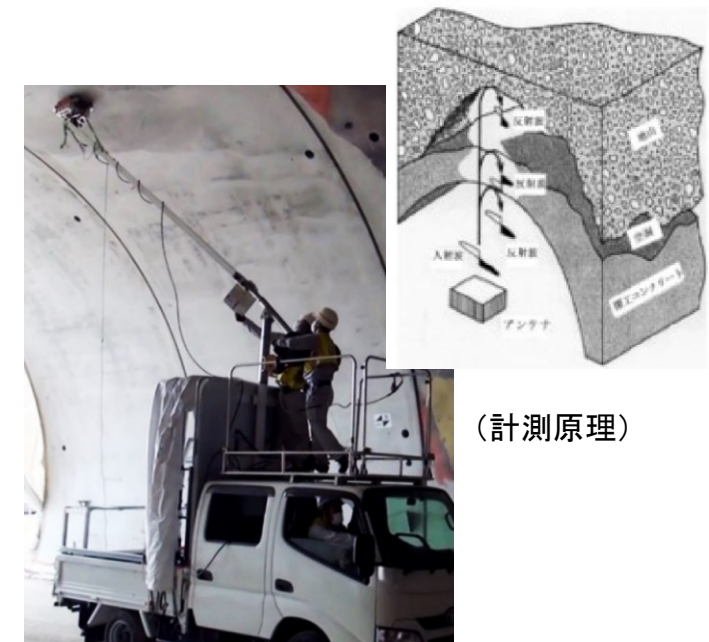
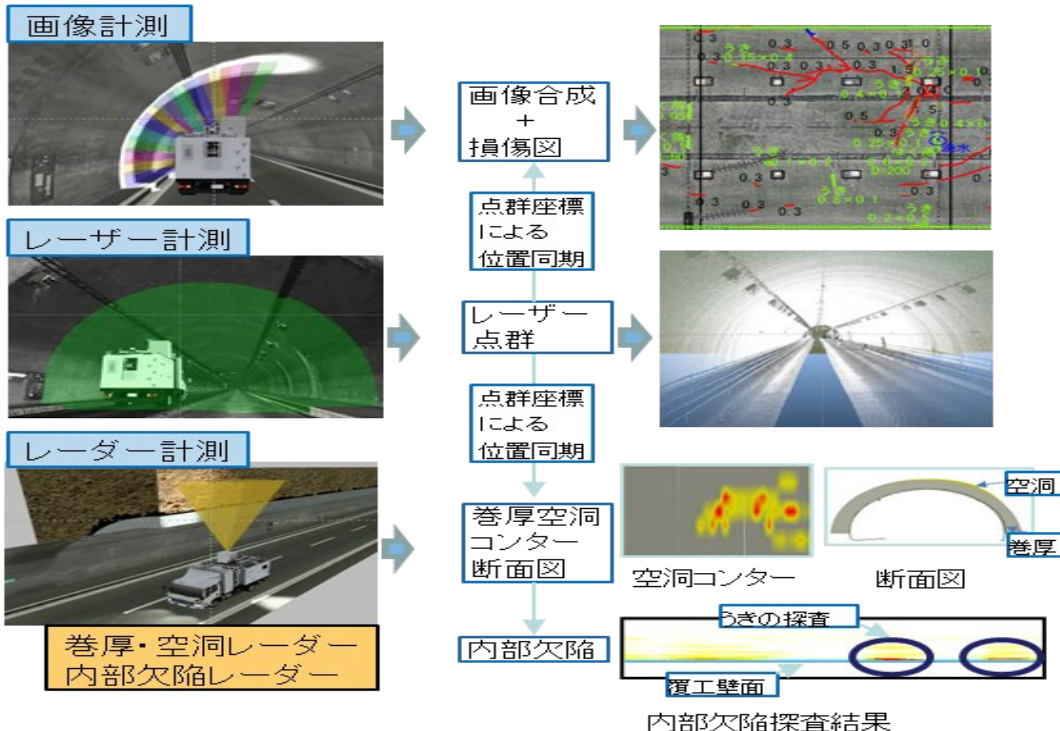
出典 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

- 道路トンネルでは、近接目視を基本とした定期点検を支援する技術として、2019年度より、「**点検支援技術**」を活用している。
- 道路管理者のニーズに基づき技術検証を行い、性能等をまとめた「**点検支援カタログ**」を作成、公表している。(現在、トンネル及び橋梁、舗装、土工含め、**321技術**掲載中)
- 走行しながらコンクリートのひび割れや漏水等を把握する画像計測技術、トンネル内部の変形を3次元計測するモニタリング技術、うきや背面空洞を把握する非破壊技術等を掲載

— 「トンネル点検支援技術」の例 —

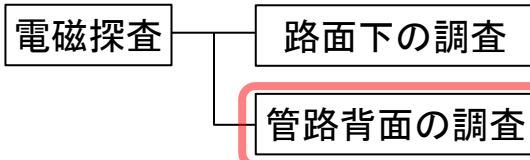
走行しながら「画像」、「レーザ」(3D形状)、「レーダ」(空洞)を計測

接触型電磁波覆工背面調査



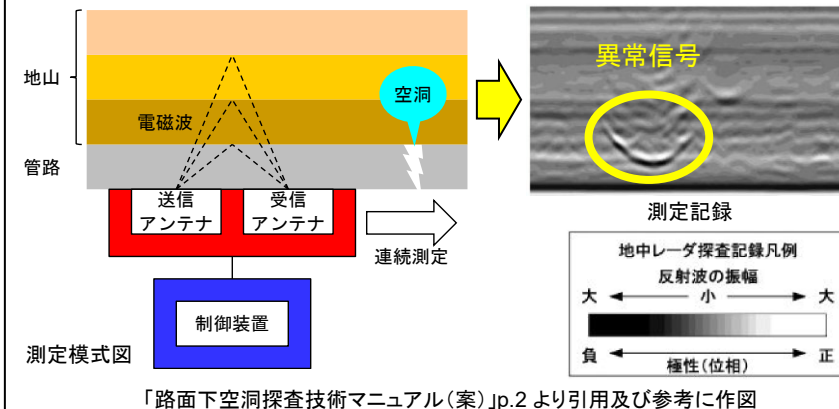
(計測原理)

③-4 管路背面の空洞調査



管路背面調査(空洞探査)の原理

管路内から地中に電磁波を放射し、電気特性の異なる境界で反射した電磁波を捉えて地中を探索する方法。空洞の可能性を有するものを異常信号と呼び、異常信号を抽出して判定することで空洞の有無を推測。



水路トンネル(大断面)

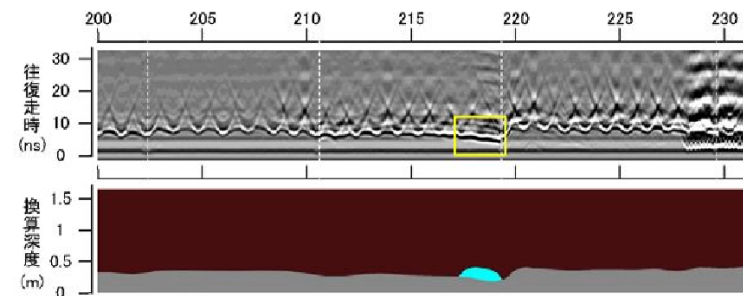


水路トンネル(狭小)

※ W社 HPより引用

電磁波レーダー探査		管路背面の調査
主な利用用途		トンネルや地中構造物の維持管理
課題	要素技術	●地下水位以深に空洞がある場合、空洞探査の精度が著しく低下する。(ただし、地下水位以深であっても空洞が管路背面に接している場合は、空洞探査は可能である。) ●管路を構成しているコンクリートの部材厚、鉄筋ピッチ、鉄筋配置(単鉄筋、複鉄筋)等の諸条件により、空洞探査が可能となる条件が極めて限定的となる。
	その他制約等	●以下の場合に空洞探査が困難となる。 (※主に下水道を対象に記載) ・硫化水素濃度が高い等、安全に調査ができない。 ・下水が高水位、高流速で安全に調査ができない。 ・断面が大きく作業員の手が届かない。 ・仮設足場が設置できない(搬入出できない)。

類似事例



スパン番号	19	20	21	22
覆工厚(cm)		28~37	19~31	19~41

解析断面図凡例			測定記録凡例		
	: 覆工		: 空洞		: 地山
 : 空洞の可能性がある反射像					
			反射強度 強 ← 0 → 弱 (-) 振幅値 (+)		

覆工巻厚・背面空洞レーダー探査のイメージ(国土交通省近畿地方整備局)

(https://www.kkr.mlit.go.jp/rd_mainte/documentation/blng420000003uw-att/TN062023.pdf)

④-1 老朽化対策(改築・修繕)の技術

出典 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故
を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

○ 点検・調査結果に基づき対策が必要な箇所については、既存の施設を新たに取替える等「改築」、または、部分的に補修する「修繕」によって対策を行う

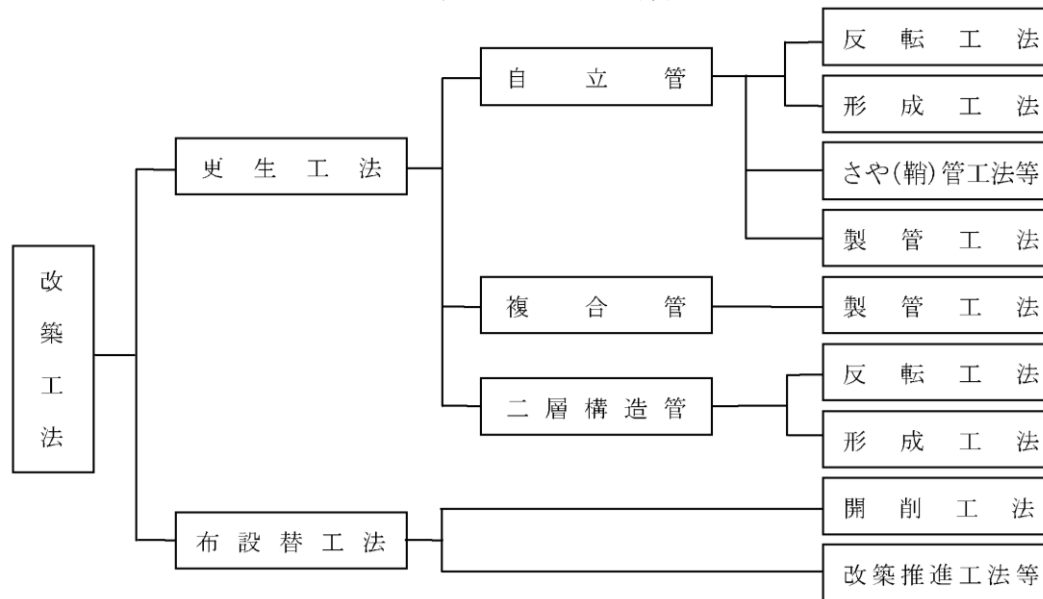
「改築」

- ・ 既存の施設を新しい施設に取り替えること※¹。

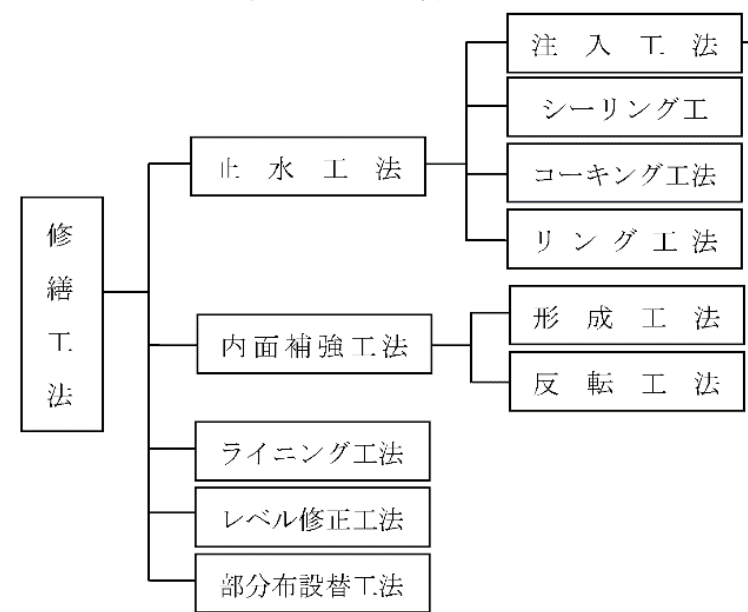
「修繕」

- ・ 老朽化した施設または故障もしくは毀損した施設を修理して下水道の機能を維持すること※¹。

改築工法の分類※²



修繕工法の分類※²



※¹ 出典:下水道法逐条解説 第5次改訂版 (下水道法令研究会 令和4年12月) を基に作成

※² 出典:下水道維持管理指針 実務編 (2014年版 公益社団法人 日本下水道協会) を基に作成

④-2 改築の技術

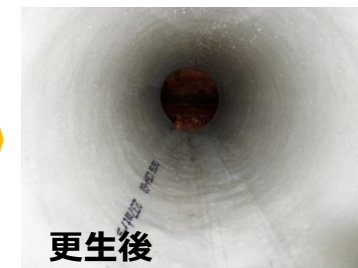
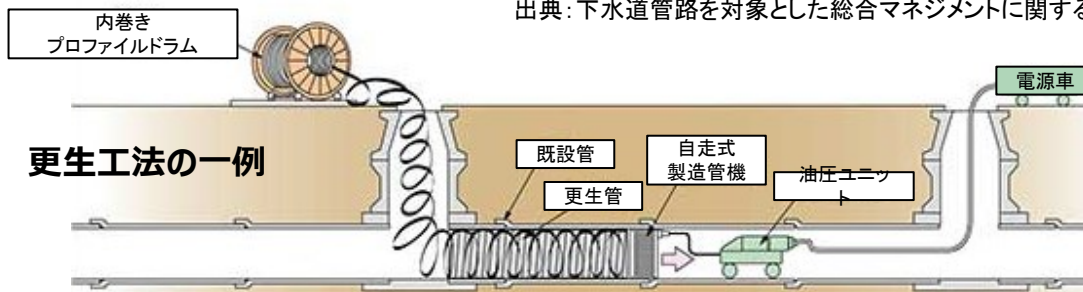
出典 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

- 下水道を供用しながら施工可能な更生工法の技術開発・導入を進めてきた。
- 一方で、大口径管路のうち、常に水位が高い箇所や流速の早い箇所等の施工条件が厳しい場合は、**大規模な下水の切り回し等、長期の準備期間が必要**となる。

更生工法

工法分類		反転・形成工法 (熱硬化タイプ)	反転・形成工法 (光硬化タイプ)	形成工法 (熱形成タイプ)	製管工法 (かん合製管タイプ)	さや(鞘)管工法
概要		更生材を反転又は引込方式で挿入し、空気圧や水圧等で既設管きよ内面に密着させ、温水や蒸気等で硬化させ更生管を構築する方式	更生材を反転又は引込方式で挿入し、空気圧で既設管きよ内面に密着させ、紫外線を照射して硬化させ更生管を構築する方式	蒸気で軟化させた更生材を引込方式で挿入し、加熱状態のまま空気圧で拡張させ、冷却養生することにより、硬化させ更生管を構築する方式	表面部材となる更生材をかん合させながら製管し、既設管きよとの間隙にモルタル充てんさせ、更生管を構築する方式	既設管きよより小さな管径で製作された管きよを牽引挿入し、間隙に充てん材を注入することで管を構築する方式
適用条件例	管種	コンクリート管、塩ビ管、陶管等	コンクリート管、塩ビ管、陶管等	コンクリート管、塩ビ管、陶管等	コンクリート管、陶管等	コンクリート管等
	形状	円形、楕円形、卵形、矩形、馬蹄形	円形	円形	円形、矩形、馬蹄形、台形、卵形、門形	円形、矩形、馬蹄形等
	管径	φ 150～φ 2100	φ 150～φ 1000	φ 150～φ 450	φ 450～φ 5000	円形 φ 700～(最大:特に無し)
	流速	—	—	—	～1.0m/s	～1.0m/s
	水深	—	—	—	～30%	～0.2m

出典:下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究(令和4年3月、国土交通省国土技術政策総合研究所)を基に作成



出典: 日本SPR工法協会

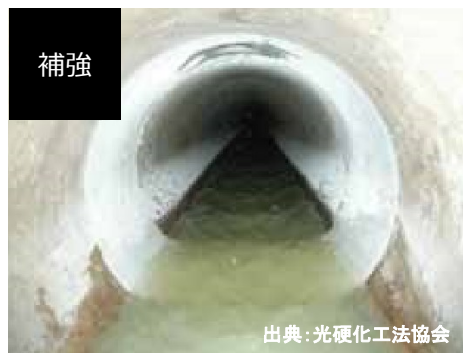
④-2 修繕の技術

出典 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故
を踏まえた対策検討委員会」第1回資料2-2

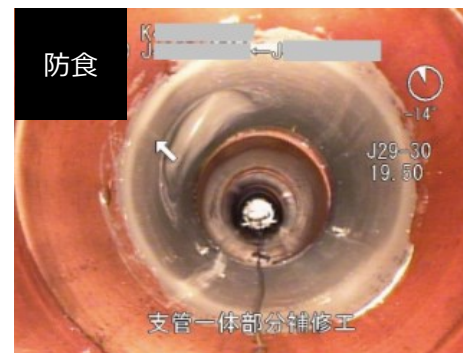
修繕工法(大口徑管路)

工法分類		内面補強工法	ライニング工法	止水工法
概要		補修剤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、常温又は熱や光により硬化させる工法	構造物の内面に被覆材を塗布又は設置する工法	止水材の注入シーリング材やコーキング材の充填等により止水する工法
適用条件例	管種	コンクリート管、塩ビ管、陶管等	コンクリート管、陶管、鋳鉄管	コンクリート管、塩ビ管、陶管等
	形状	円形、卵形、馬蹄形	不問	不問
	管径	φ100～φ2,000	φ800～(最大:不問)	φ100～(最大:不問)
	流速	～0.5m/s	0.6m/s	～1.8m/s
	水深	管径の10%	～0.3m	～0.3m

出典: 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究(令和4年3月、国土交通省国土技術政策総合研究所)を基に作成



内面補強工法



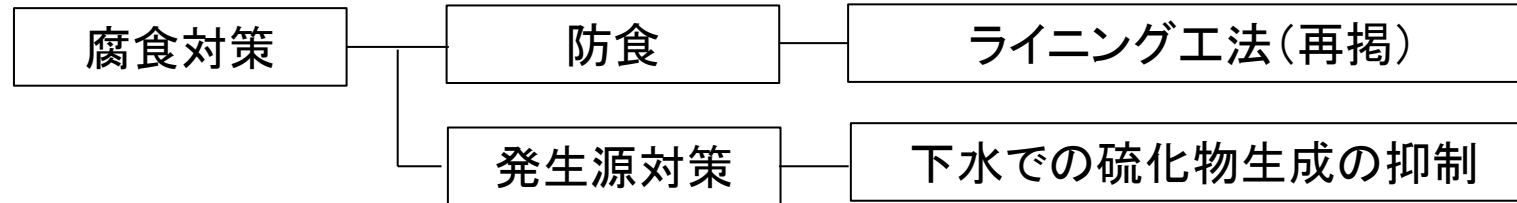
ライニング工法



止水工法

○ 点検・調査結果に基づき腐食による不具合がある場合は、腐食対策を行う。

腐食対策(大口径管路)の概要



分類		防食 ライニング工法
概要		構造物の内面に被覆材を塗布又は設置する工法
適用条件例	管種	コンクリート管、 鋳鉄管
	形状	不問
	管径	φ 800～(最大:不問)
	流速	0.6m/s
	水深	～0.3m

分類	発生源対策 下水での硫化物生成の抑制
概要	当該管路の上流にあるポンプ場等から硝酸塩を注入し、硫化物の生成を防止する。 空気や酸素を注入し、好気性条件とすることにより、硫化水素の生成を防止する。

⑤ー2 硫酸劣化を防止するコンクリート

種類	概要	特徴
耐硫酸性コンクリート (LLクリート、ハレーサル ルト等)	硫酸による劣化を防ぐために、特殊な材料や配合によって製造されたコンクリート。	● 硫酸による腐食に対する抵抗力が非常に高く、通常のコンクリートの10倍程度の耐性を持つものも開発されています ● 硫酸による劣化だけでなく、他の劣化要因(塩害、凍害など)に対しても高い耐久性を示すものもあります。
防菌・抗菌コンクリート (ビックリート)	下水道施設などで使用されるコンクリート製品の腐食を防ぐために、硫黄酸化細菌の活動を抑制する防菌剤を混入したコンクリート。	● 年間平均硫化水素ガス濃度 10 ppm 以下でコンクリートの標準的な耐用年数を確保できる。 ● 年間平均硫化水素ガス濃度 50 ppm 以下で従来のコンクリートに対し腐食の進行が4分の1程度になる。
合成樹脂製品 (レジンコンクリート)	セメントや水を一切使用せず、熱硬化性樹脂(液状レジン)に骨材や充填材を混ぜて作られたレジンコンクリート。	● 従来のコンクリート製に比べて、耐食性、耐摩耗性、強度、施工性、経済性、維持管理性などに優れており、特に下水道施設における腐食対策として有効



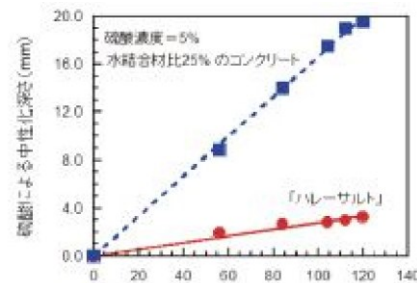
type-A



普通コンクリート

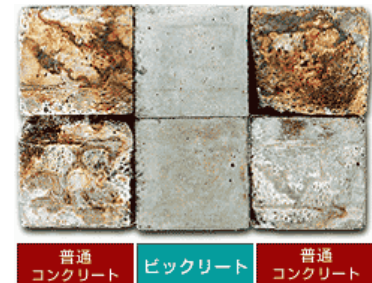
LLクリート

LLクリート type-Aと普通コンクリートの実験供試体を5%の硫酸水溶液に56日間浸漬させた実験結果(カタログより)



ハレーサル

濃度5%の硫酸による浸せき試験結果(HPより)



ビックリート

曝気槽にて2年間暴露試験を行ったテストピースの腐食状況比較(HPより)

⑤－3 管路施設の防食環境条件の分類(参考)

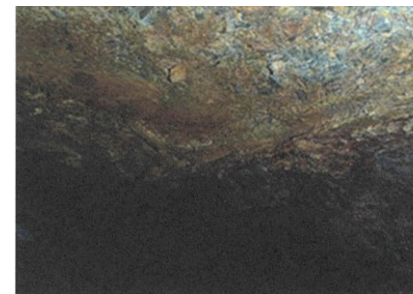
「下水道管路施設ストックマネジメントの手引き(旧下水道管路施設腐食対策の手引き(案))－2016年版－」公益社団法人 日本下水道協会には、下記の通り示されている。

分類	防食環境条件	摘 要	主な防食対策
I 種	硫化水素の発生要因近傍で、硫化水素ガスの滞留が多く、腐食が著しい環境(維持管理上、発生源対策を必要とする)。	放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Aランクに達する腐食環境を想定。 平均硫化水素ガス濃度50ppm以上	● 耐硫酸性管材の使用 ● 耐硫酸性を有する防食 ● 空気注入や酸素注入などの発生源対策
II 種	硫化水素の発生要因に近傍し、硫化水素ガスの滞留があり、腐食速度が緩やかな環境(発生源対策を必要とする場合としない場合がある)	放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Bランクに達する腐食環境を想定。 平均硫化水素ガス濃度10～50ppm	● 耐硫酸性管材の使用 ● 耐硫酸性を有する防食 ● 必要に応じ、空気注入や酸素注入などの発生源対策
III 種	硫化水素の発生要因に近傍しているが、硫化水素ガス濃度の滞留は少なく、腐食速度が小さい環境。	放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Cランクに達する腐食環境を想定。 平均硫化水素ガス濃度10ppm未満	● 耐硫酸性管材の使用 ● 防菌・抗菌コンクリート等の防食材料の使用

劣化度	腐食状況の程度
Aランク	鉄筋が露出している状態
Bランク	骨材が露出している状態
Cランク	コンクリート表面が剥けた状態



劣化度Aの状況



劣化度Bの状況



劣化度Cの状況

⑤ー4 腐食対策の分類と具体的な対策(参考)

「下水道管路施設ストックマネジメントの手引き(旧下水道管路施設腐食対策の手引き(案))-2016年版-」公益社団法人 日本下水道協会には、下記の通り示されている。

防食対策の分類	目 的	対 策
1 防食	耐硫酸性材料の使用	● FRPM製品、塩化ビニル製品、内面樹脂ライニング製品等の使用 ● 耐硫酸性コンクリートの使用
	コンクリート表面の保護	● 更生工法 ● コンクリート表面の被覆
2 発生源対策	下水中の硫化イオン濃度の低下	● 工場排水、温泉排水等の抑制 ● 海水浸入の防止
	下水、汚泥中での硫化物生成の抑制、固定	● 嫌気性化の防止(圧送管への空気等の注入、伏越し管の構造変更、ビルピットの適正な維持管理、管きょ内堆積物の清掃、コンクリート表面の洗浄) ● 液相中の硫化物の酸化、固定化(塩化第二鉄、ポリ硫酸第二鉄の注入)
3 腐食抑制対策	硫化水素の気相中への放散防止	● 構造の改善(合流部の拡散防止、段差・落差の解消)
	硫酸を生成する硫黄酸化細菌の活動抑制	● 気相中の硫化水素の希釈・除去(換気・脱臭) ● コンクリートの表面の乾燥(換気) ● 硫黄酸化細菌の代謝抑制(防菌抗菌剤の混入、防菌抗菌製管材)
4 布設替・更生工法	耐硫酸材料の使用	● FRPM、塩ビ、内面樹脂ライニング製品等の使用 ● 耐硫酸性コンクリートの使用
	コンクリート表面の保護	● 更生工法

⑥ 管理方法の考え方

- 地方公共団体の特性や実情を勘案し、「状態監視保全」、「時間計画保全」、「事後保全」を選定。
- 今後は限られた予算や人員の中で、効果的に予防保全型の施設管理を行って行くためには、リスク評価を踏まえ、リスクの大小による点検・調査及び対策の優先順位付けを行う必要がある。
- 下水道施設全体を俯瞰し、全体の最適化を行うことで、施設全体を対象とした中長期的な維持管理方針を決め、事業費の削減・平準化を図る。

管理区分の選定(例)

	予防保全（寿命を予測し、異状や故障に至る前に対策を実施する管理方法）		事後保全 （機能低下等の異状の兆候や故障の発生後に対策を行う管理方法）
	状態監視保全	時間計画保全	
適用の考え方	【重要度が高い設備】 ・ 処理機能への影響が大きいもの（応急措置が困難）に適用 ・ 予算への影響が大きいものに適用	【重要度が低い設備】 ・ 処理機能への影響が小さいもの（応急措置可能）に適用 ・ 予算への影響が小さいものに適用	【重要度が低い設備】 ・ 処理機能への影響が小さいもの（応急措置可能）に適用 ・ 予算への影響が小さいものに適用
留意点	設備の劣化の予兆を把握するために調査を実施し、情報の蓄積を行う必要がある	設備の劣化の予兆が測れないため、対策周期（目標耐用年数）を設定する必要がある	異状等の発生後に対策を行うため、点検作業が少なくすむ

状態監視保全

- 施設の劣化状況や動作状況の確認を行い、その状態に応じて対策を行う管理方法。

（例1）管路施設



（例2）沈殿施設



時間計画保全

- 施設の特性に応じて予め定めた周期により対策を行う管理方法。

（例1）監視制御設備（例2）受変電設備



事後保全

- 施設の機能低下もしくは故障の発生後に対策を行う管理方法。

（例1）計測設備



（例2）ゲート設備

