

地域用途・地域特性に合わせた管路維持管理計画の策定

株式会社日水コン 下水道事業部 ○大幸 和佳奈
藤井 泰之
大塚 亮介

下水道管路施設を効率的に維持管理するためには、地域用途や地域特性を十分勘案した上で、適切な維持管理計画を策定することが求められる。本事例では、大阪市の舞洲地域を中心とした臨港埋立地において、臨港地域特有の管渠の特徴を踏まえ、地域用途・地域特性に適合した維持管理のあり方について検討を行った。

Key Words : 維持管理計画、劣化曲線、点検・調査計画、改築・修繕計画

1. はじめに

大阪市は、下水道事業の経営形態の見直しにより、平成 25 年より大阪市が所管する下水道管路施設の維持管理業務を民間事業者へ委託している。下水道管路施設の維持管理は、平成 29 年 2 月に大阪市建設局が策定した「下水道施設管理計画（個別施設計画）」に基づき、行われている。その中で、舞洲地域を中心とした臨港埋立地は、臨港地域特有の地盤沈下等による外的要因が、管渠に与える影響が懸念されている。このことから、臨港地域特有の管渠の特徴を加味した維持管理を行うことが求められる。

本事例では、臨港埋立地に敷設している管渠に対して、劣化等不具合状態の把握をはじめ、不等地盤沈下などが当該施設の健全度に与えている影響のデータ解析および同影響進行の将来予測を行い、地域用途・地域特性に適合した維持管理のあり方を提案した。

本稿では、各種不具合の不良発生率と想定要因との傾向分析、マルコフ推計を用いた劣化曲線の作成、地域特性を加味した点検調査頻度の設定、改築事業量の算出の一事例を報告する。検討フローを図-1 に示す。

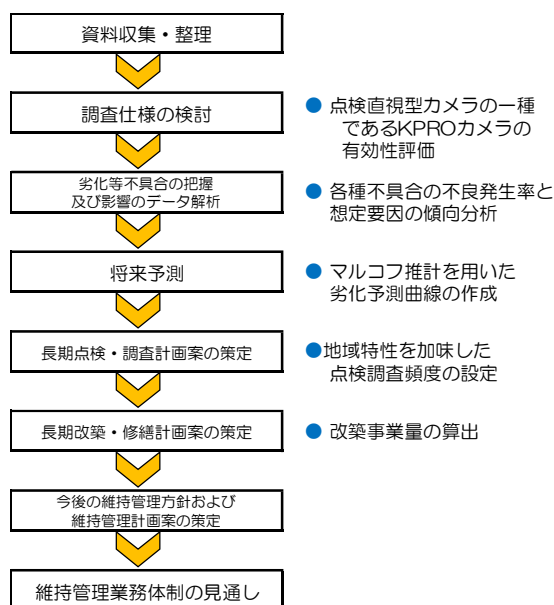


図-1 検討フロー

2. 対象地域公共下水道の概要

対象地域は、大阪市の臨港埋立地である舞洲地域、鶴浜地域、咲洲地域の一部である。地域別管渠属性の特徴を表-1 に示す。

舞洲地域および鶴浜地域の管渠は、塩ビ管及び FRP 管といった劣化しにくい樹脂管が大部分を占めており、かつ、経過年数 30 年未満と比較的新しいことから、著しい劣化の懸念が少ないと考えられる。

一方、咲洲地域の管渠はコンクリート管が大部分を占めており、かつ、経過年数 30 年以上の管渠が 64.1% であることから、劣化の進行が懸念される。ただし、咲洲地域の樹脂管は経過年数 30 年未満であることから、舞洲地域、鶴浜地域と同様に劣化の懸念は少ないと考えられる。

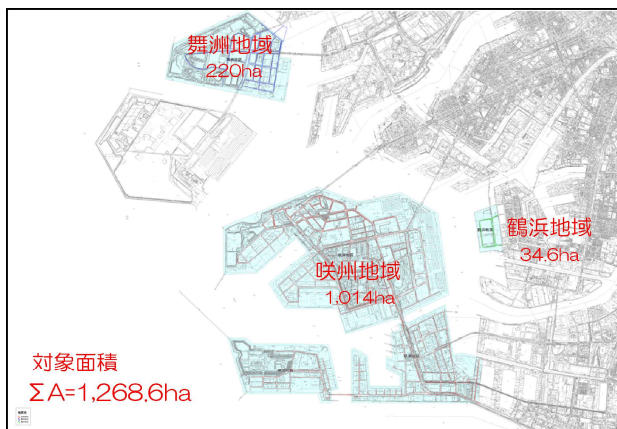


図-2 対象地域

表-1 地域別管渠属性の特徴

	舞洲地域	鶴浜地域	咲洲地域
管種	主要な管渠は塩ビ管とFRPM管で合わせて90%を占める。一部ダクタイル鉄管やシルド管がある。	一部コンクリート管があるが、主要な管渠は、塩ビ管とFRPM管で合わせて90%を占める。	80%以上がコンクリート管で一部は現場打ちコンクリート管も存在する。
排水区分	分流区域	分流区域	合流区域（一部分流区域）
施工年度 (基準年2018年)	1993年から2005年にかけて施工されており、最も古い施設でも経過年数は25年である。	2004年以降に施工されており、20年以上経過した管渠はない。	最も古い管渠は1967年であり、50年以上経過している。30年以上経過した施設が60%以上を占める。
対象管渠延長	FRPM管：9,762m VP管：13,084m 【計】：22,846m	コンクリート管：143m FRPM管：2,163m VP管：2,142m 【計】：4,448m	コンクリート管：49,298m FRPM管：456m VP管：7,773m 【計】：57,528m
総合評価	劣化しにくい管種が多く、施工年が比較的新しいことから、著しい劣化の懸念は少ない。	舞洲地域と同様に、劣化しにくい管種が多く、20年以上経過した管渠がないことから、劣化の懸念は少ない。	施工年が古いコンクリート管が多いため、劣化が懸念される。ただし、樹脂管においては、最も古い施設でも経過年数29年と比較的新しいことから、著しい劣化の懸念は少ない。

3. 各種不具合の不良発生率と想定要因との傾向分析

(1) 臨港地域における想定要因

対象地域は、臨港埋立地特有の地盤沈下が懸念されていること、またコンテナ港であり、大型車両の通行が多いことから、外的要因の影響が想定される。

臨港地域における年平均地盤沈下量は、鶴浜地域が 50mm 以下であるのに対し、舞洲地域および咲洲地域は 100mm 以上の地域があることから、地盤沈下による管渠への影響が懸念される。また、大型車両の通行が多い路線では、上部からの車両荷重の影響を受ける。この際、車両荷重を受ける管渠の土被りが小さい程、その影響が大きくなることが想定される (図-3)。このことから、臨港地域特有のリスク発生要因として「地盤沈下による影響」、「大型車両の通行による影響」、「大型車両の通行が多い路線における土被りの影響」を想定した (表-2)。

表-2 想定される劣化要因

想定要因	背景	臨港地域の特徴
地盤沈下による影響	一般的に、管渠周辺の地盤に不等沈下が生じた場合、埋設されている管渠は、上下方向のたむき等の不具合が生じると考えられる。	年平均地盤沈下量は、鶴浜地域が50mm以下であるのに対し、舞洲地域および咲洲地域においては最大100mm以上の地域があることから、地盤沈下による管渠への影響が懸念される。
大型車両の通行による影響	大型車両の通行が多い路線は、上部からの車両荷重の影響により、変形や破損、クラックなどの不具合が生じると考えられる。	コンテナ港であり、大型車両の通行が多い
大型車両の通行が多い路線における土被りの影響	大型車両の通行が多い路線において、荷重を受ける管渠の土被りが小さい程、その影響を大きくすることが想定される。	コンテナ港であり、大型車両の通行が多い
経年劣化による影響	年月が経つにつれて製品の品質・性能が低下する。管渠における標準耐用年数は50年である。	舞洲地域、鶴浜地域、咲洲地域の樹脂管は経過年数30年未満であるのに対し、咲洲地域のコンクリート管は30年以上の管渠が64.1%であるため、経年劣化による管渠への影響が懸念される。
応力腐食の影響	2000年以前のFRPM管が敷設されており、当該管路は応力腐食により、縦軸方向にクラックが生じる事例が確認されている	舞洲地域、鶴浜地域において2000年以前のFRPM管が存在する

また、一般的な管渠のリスク発生要因として「経年劣化による影響」を想定した。さらに、舞洲地域、鶴浜地域においては、2000 年以前の FRP 管が敷設されており、当該管渠は応力腐食により、縦軸方向にクラックが生じる事例が報告されていることから、「応力腐食の影響」についても評価した。

(2) 調査結果の整理

対象管渠約 85km の詳細調査が平成 28～30 年度に実施された。調査結果より各種不具合の不良発生率を算出すると、勾配不良の不良発生率が高い傾向を示した (図-4)。

また、健全度 1 は、咲洲地域のコンクリート管 1 スパンのみであり、健全度 1,2 に判定されたスパンは臨港地域全域で 1%未満であった。このことから、対象管渠は非常に劣化が少なく、健全な状態であることが確認された。(図-5)

(3) 調査結果の各種不具合と想定要因の関係性

管渠へ与える影響要因を把握するために、各種不具合の不良発生率と想定要因との関係性について傾向分析を行った。なお、特徴を把握するために、咲洲地域においては劣化の懸念されるコンクリート管と、劣化の懸念が少ない樹脂管とを区別して、評価を行うものとした。評価結果を表-3 に示す。

劣化要因として多くの不良項目と関係性が確認されたのは、「大型車両の通行による影響」であり、大型車両の通行が多い路線に敷設された管渠は、多くの不良項目で不良発生率が高くなる傾向が確認された。次に、「地盤沈下による影響」は、舞洲地域、咲洲地域 (樹脂管) において、勾配不良との関係性が確認された。最後に、「応力腐食

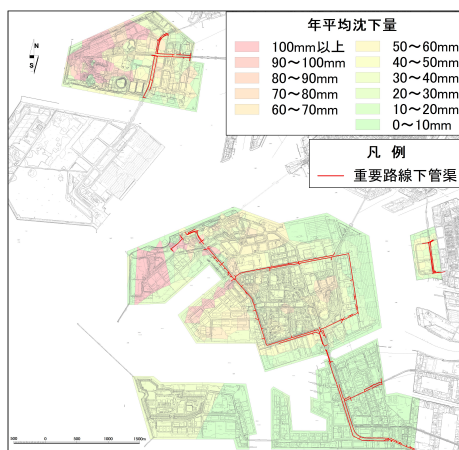


図-3 年平均沈下量および大型車両通行路線位置図

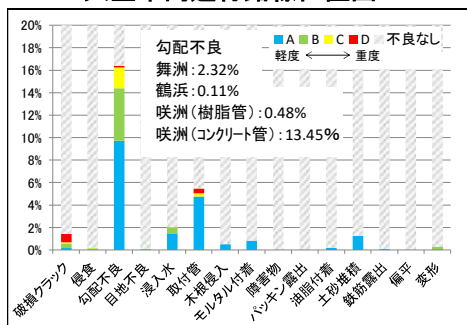


図-4 臨港地域における不良発生率

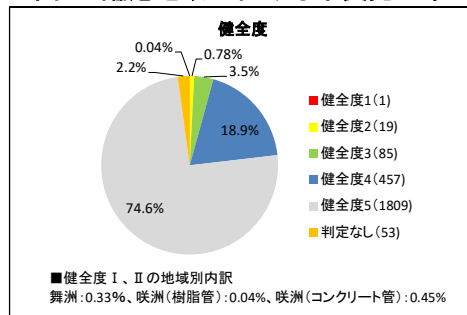
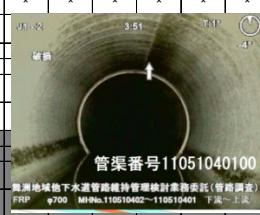


図-5 臨港地域における健全度

表-3 各種不具合と想定要因の関連マトリクス

不良項目	地区	破損クラック	侵食	勾配不良	目地不良	浸入水	取付管	木根侵入	モルタル付着	パッキン露出	油脂付着	土砂堆積	変形
地盤沈下による影響	舞洲	x	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	鶴浜	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	咲洲 (樹脂管)	x	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x
大型車両の通行による影響	舞洲	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	鶴浜	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	咲洲 (樹脂管)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
大型車両の通行が多い路線における土砂の堆積の影響	舞洲	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	鶴浜	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	咲洲 (樹脂管)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
経年劣化による影響	舞洲	x	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	鶴浜	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	咲洲 (樹脂管)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
応力腐食の影響	舞洲	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	鶴浜	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	咲洲 (樹脂管)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
咲洲 (コンクリート管)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	



○: 関係性あり, ×: 関係性なし

の影響」として、舞洲地域における 2000 年以前の FRP 管のうち、污水管に限定すると破損クラックの不良発生率が約 62%と極めて高い数値が確認された。また、調査写真より、縦軸方向のクラックであることが概ね確認されたことから、応力腐食による影響が懸念された。なお、確認された破損クラックは全て重度な不良の判定 D であった。

上記 3 要因は不良発生率との因果関係が高いことから、各劣化要因に該当する路線を「重要路線」と位置付けた。

4. マルコフ推計を用いた劣化曲線の作成

大阪市では、これまで蓄積した約 2,000km 分の詳細調査結果データ（複数回調査分を含む）を統計的に分析し、経過年数とともに管渠の「健全度」が低下していく傾向を示す劣化曲線を作成している。（図-6）また、劣化曲線から健全度 2 に到達するまでの経過年数が算出されており、管径φ600mm 未満で 75 年、管径φ600mm 以上で 110 年となっている。

本業務では、臨港地域における劣化要因を踏まえた維持管理計画の見直しを図るために、劣化曲線は、重要路線と、それ以外の路線でそれぞれ作成した。なお、劣化曲線はマルコフ推移確率を用いて作成し、通常管理（50%）における健全度の経過年による推移を示した。劣化曲線の一例を図-7 に示す。

また、各地域、各劣化要因別に作成した劣化曲線より、健全度 2 に到達するまでの経過年数を算出した（表-4）。表-4 より臨港地域に敷設される管渠は大阪市の劣化曲線に比べ健全度 2 に到達するまでの経過年数が全体的に長くなる傾向が確認された。

ただし、劣化要因別で評価すると舞洲地域の「2000 年以前の FRP 管（污水）」は、健全度 2 に達するまでの経過年数が 24 年であり、大阪市の劣化曲線で想定される経年劣化のおよそ 1/5 の期間である。また、重要路線の管渠は重要路線以外の管渠より健全度 2 に到達するまでの期間が短い傾向を示した。

このことから、重要路線においてスクリーニングを行い、効率化を図った維持管理を実施することを提案した。

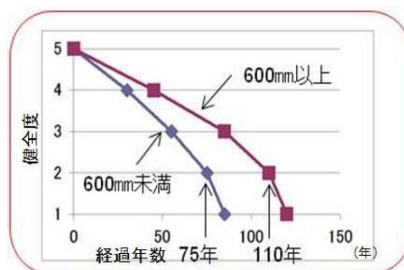


図-6 大阪市における管渠の劣化曲線（検討例）

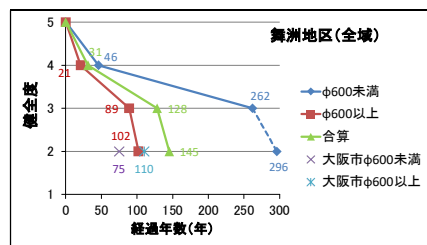
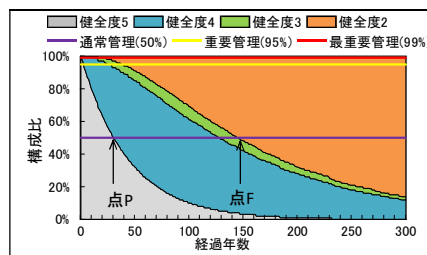


図-7 劣化曲線の一例（舞洲地域）

表-4 大阪市の劣化曲線との比較

対象地域	対象施設	健全度2に達するまでの経過年数	
		φ600mm未満	φ600mm以上
大阪市	-	75年	110年
舞洲地域	全項目	296年(3.95倍)	102年(0.93倍)
	大型車両の通行が多い路線	208年(2.77倍)	119年(1.08倍)
	地盤沈下量の大きい路線	208年(2.77倍)	141年(1.28倍)
	2000年以前のFRP管の路線(污水管のみ)	24年(0.21倍)	-
	重要路線以外	409年(5.45倍)	198年(1.80倍)
鶴浜地域	全項目	406年(5.41倍)	78年(0.71倍)
	大型車両の通行が多い路線	928年(12.4倍)	96年(0.87倍)
	重要路線以外	277年(3.69倍)	106年(0.96倍)
咲洲地域(樹根管)	全項目	274年(3.65倍)	118年(1.07倍)
	大型車両の通行が多い路線	136年(3.95倍)	274年(3.40倍)
	地盤沈下量の大きい路線	90年(1.20倍)	246年(2.24倍)
	重要路線以外	338年(4.51倍)	103年(0.94倍)
咲洲地域(コンクリート管)	全項目	213年(2.84倍)	334年(3.04倍)
	大型車両の通行が多い路線	105年(1.40倍)	223年(2.12倍)
	重要路線以外	305年(4.07倍)	469年(4.26倍)

※赤字は劣化曲線を補完した数値である。
※()は大阪市劣化曲線との比較倍率である。

5. 地域特性を加味した点検調査頻度の設定

点検・調査計画案において、劣化が認められた施設が限定的であるため、属性によるスクリーニングを実施し、重要路線とそれ以外の路線を区分した点検調査方法や頻度を設定した。

点検調査方法の設定において、現在、新たな簡易調査の手法として KPRO カメラが提示されている。KPRO カメラは、等速前進の自走車に小型カメラを搭載した装置であり、日進量は平均 1,000m と従来カメラの 3 倍である。また、点検前の管内事前洗浄は基本的に不要であることから、施工性や経済性に優れている。さらに、異常の発生確率が低い樹脂管（φ450mm 以下）に限定すれば詳細調査として適用可能である。このことから、臨港地域における適用可能管渠は KPRO カメラにより、点検・調査を一体的に実施するよう位置付けた。臨港地域における点検調査手法を表-5 に示す。

また、点検調査頻度の設定は、P-F 間隔を採用した。P-F 間隔とは、不具合が起り始めてから不良を発見できる時点である点 P と、劣化進行により最終的な機能不全が起る時点である点 F の時間的間隔である（図-7）。一般的に P-F 間隔の半分程度で必要な措置を講じることにより、機能的な不具合を回避できるといわれている。このことから点検頻度は P-F 間隔の 1/2 と設定した。なお、咲州地域にある「腐食環境下」の管渠については、下水道法に基づき、5 年に 1 度の点検とする。

これらを踏まえた点検調査計画案を表-6 に示す。その結果、臨港地域において必要な年あたりの点検調査は、3,003m/年であり、点検調査費用は 1,502 千円/年となった。大阪市における維持管理計画では、年あたり約 290km の点検を実施予定であり、大阪市の管渠総延長約 4,950km の 5.9%に値する。臨港地域においては、臨港地域全域の管渠総延長が約 123km に対して、2.4%であるため、臨港地域に敷設された管渠の点検調査延長は大阪市の計画と比べて半分以下となった。

6. 改築事業量の算出

各地域の管渠が、マルコフ推計で作成した劣化曲線に応じて劣化するとみなした場合の改築事業量を推計し、年間の改築延長を算出した（図-8）。年あたりに改築の必要な数

表-5 点検調査手法

管種	対象施設	点検調査手法
樹脂管 φ450以下	重要路線	点検・調査を一体的に実施する ⇒KPROカメラによる簡易調査によって、定量的な劣化の状態を把握することが可能である
	重要路線以外	
コンクリート管 ・ 樹脂管 φ450より 大きい	重要路線	調査を実施する ⇒施設の重要性が高く、不良発生率との因果関係が高いため
	重要路線以外	点検を実施し、異状が認められた場合は調査を実施する

表-6 点検調査計画案

舞洲地区						
環境区分	対象施設	点検頻度 (年)	数量 (m)	年あたり数量 (m/年)	年あたり費用 (千円/年)	
一般 環境下	地盤沈下の 影響路線	70	1,851	26	13	
	大型車両の 通行路線	55	1,179	21	11	
	2000年以前の FRP管(汚水)	8	9,454	1,182	591	
	重要路線以外	152	13,124	86	43	
合計			25,608	1,316	658	
鶴浜地区						
環境区分	対象施設	点検頻度 (年)	数量 (m)	年あたり数量 (m/年)	年あたり費用 (千円/年)	
一般 環境下	大型車両の 通行路線	42	2,354	56	28	
	重要路線以外	42	2,227	53	27	
合計			4,580	109	55	
咲州地区						
管種別	環境区分	対象施設	点検頻度 (年)	数量 (m)	年あたり数量 (m/年)	年あたり費用 (千円/年)
樹脂管	一般 環境下	地盤沈下の 影響路線	30	1,083	36	18
		大型車両の 通行路線	30	1,075	36	18
		重要路線以外	45	7,676	171	85
コンクリート管	一般 環境下	大型車両の 通行路線	45	16,743	372	186
		重要路線以外	75	66,272	884	442
	腐食環境下	圧送管 吐出先	5	401	80	40
合計				93,250	1,578	789

量は 20 年後、50 年後、100 年後の時点における単年度当たりの増加量の平均値とした。その結果、対象地域における年あたりの改築数量は 97m/年であり、年あたりの改築費用は 16,592 千円/年となった（表-7）。

大阪市における維持管理計画では、年あたり約 40km の改築を実施する予定であり、これは大阪市の管渠総延長の 0.81% である。臨港地域においては、臨港地域全域の管渠総延長に対して、年あたりの改築事業量が 0.08% であるため、大阪市計画の 1/10 程度となった。

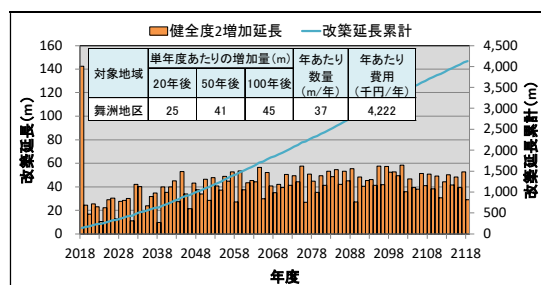


図-8 改築事業量の推計結果（舞洲地域）

表-7 改築計画案

対象地域	年あたり数量 (m/年)	年あたり費用 (千円/年)
舞洲地域	37	4,222
鶴浜地域	7	841
咲洲地域(樹脂管)	8	941
咲洲地域(コンクリート管)	45	10,589
合計	97	16,589

7. まとめ

本事例では、大阪市舞洲地域を中心とした臨港埋立地に敷設している管渠において、地域用途・地域特性に応じた効率的な維持管理のあり方を策定することを目的として、劣化等不具合状態の把握をはじめ、先行的に行っている維持管理計画に関する資料収集、各事象のマッピング化集約などの情報整備を行った。また、不等地盤沈下などが当該施設の健全度に与えている影響のデータ分析および同影響進行の予測を基に維持管理計画案の提案を行った。

対象管渠は、劣化しにくい管種である樹脂管が大部分を占めており、敷設年度も比較的新しいことから、著しい劣化は確認されず、当初想定されていたよりも健全な状態であった。しかし、咲洲地域は、未調査路線が残ることや、健全な管渠についても今後、老朽化が進むことから、潜在的なリスクが残されている状況である。

また、各種不具合の不良発生率と想定要因との傾向分析においては、臨港地域特有の劣化要因と不良発生率に一定の傾向が確認された。そのため、劣化要因別に作成した劣化曲線を基に、臨港地域に見合った点検頻度の設定や改築事業量を算出し、その結果を踏まえて、臨港地域の特色を考慮した維持管理計画を提案した。

今後は、計画的に管渠の状態把握を行い、その結果を劣化予測に反映させることにより、PDCA サイクルを実践し、管渠の劣化予測精度をあげることが望まれる。これにより、維持管理計画のブラッシュアップを図っていくことが重要である。

〈参考文献〉

- 1) 大阪市舞洲地区の下水道管路における官民連携導入可能性に関する検討調査報告書／平成 25 年／一般社団法人都市技術センター
- 2) 維持管理計画ガイドライン／平成 22 年 3 月／大阪市建設局下水道河川部
- 3) 下水道施設管理計画（個別施設計画）／平成 29 年 2 月／大阪市建設局
- 4) 下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）／平成 25 年／日本下水道協会