

下水道雨水管きょにおける点検・調査計画策定の一事例

(株)極東技工コンサルタント 金川侑司

本稿では、老朽化が進む雨水幹線約 779 km に対し、地域特性や施設特性を勘案した点検・調査計画策定に関する事例を紹介するものである。大断面管きょや矩形きょ、開きょや石積み構造水路等といった多様な構造特性を持つ雨水管きょについて、「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」(国土交通省)を参考にしながら、効率的な点検・調査計画を策定した。

Key Words : スtockマネジメント、雨水管きょ、点検・調査

1. はじめに

平成 27 年 5 月に改正された下水道法では、下水道の維持修繕基準が創設され、下水道管きょの点検の方法・頻度を事業計画に記載することが義務付けられたことで、ストックマネジメント手法の導入が加速度的に広がった。

道路陥没事故の一因である管きょ内面の腐食劣化は、嫌気化した汚水が落差部や圧送管吐出部で乱され、気相中に拡散した硫化水素が管表面の結露等と反応し、硫酸を生成することでコンクリートを侵食していく現象である。そのため、道路陥没事故を未然に防止する予防保全措置として、真っ先に着手するのが污水管きょの維持管理である。管内の点検や調査手法の技術は口径 800 mm 以下の小口径を対象としたものが多く、大口径管や水位が高い管きょにおける調査および修繕・改築には課題が多いのが現状である。

一方、雨水管きょの口径は污水管きょに比べ大きく、古くから農業用に活用していた水路を蓋掛けして雨水管に転用するなど、布設後の経過年数も大きいことが考えられ、事故が発生する確率や事故が発生した場合に生じる被害も相当規模に及ぶことが危ぶまれる。

本事例では、このような雨水幹線について効率的な点検・調査の実施方法を定め、財政状況を勘案した点検・調査計画を策定した。

2. A 市の概要

(1) 雨水幹線の布設状況および調査状況

A 市の雨水幹線施設整備は、昭和 20 年代からはじまり、平成 29 年度末時点で総延長が約 779 km に達する(図 1)。このうち、標準耐用年数 50 年を超過した施設の延長は約 77 km と、総延長の 10% (建設年度不明を除く)にとどまるが、建設後 30 年を経過した管きょは全体の 59% で、延長は約 461 km にも達する(図 2)。また、施設の現状を把握するための点検・調査を平成 18 年から势力的に実施しており、平成 29 年度末で約 532 km、全体の 68%

が既に調査済みである（図 3）。

(2) データベースの構築

布設された雨水幹線の諸元は位置情報と共に下水道台帳データベースに整理されており、本検討で使用する建設年度、管種、延長等の諸数値は下水道台帳に登録されたデータを基に整理している。

下水道台帳において、建設年度が不明な管きよの延長は、全体の 18% (140.15km) 存在した。原因はデータの欠落または、調査しても不明であったと推測されるため、管の構造分類や宅地造成等の施工時期から建設年度を次のように想定した。①不明路線の上下流の管きよ建設年度、②構造分類による仕分け（矩形きよでプレキャスト製品以外は基本 50 年超）、③陶管、卵形管は 50 年超、④工業団地は施設を引き継いだ平成 8 年、⑤埋立地は埋立完了年度、⑥その他レアケースは詳細に調査を行った。

(3) 管種・管径別延長の把握

雨水管きよは、污水管きよと比較すると、管種・管径が多種に富んでいることから、これらの数量を把握する。下水道台帳では、A 市の雨水幹線の管種は、円形管きよが全体の 37%（うち、84%が HP）、矩形きよの二次製品が 10%、矩形きよの現場打が 49%（うち、72%が鉄筋コンクリート、28%が無筋コンクリート）、その他が 4%を占める。

また、管径は、円形管きよで口径 800mm 未満が 36%、1,000～3,000 mmが 40%を占め、矩形きよでは上幅 1,000～3,000 mmの口径が 65%を占める。山地から海域にかけて適度な地表勾配を有する A 市の地形特性上、雨水管きよにおいても 5m 以上の大断面はほとんど存在しない。

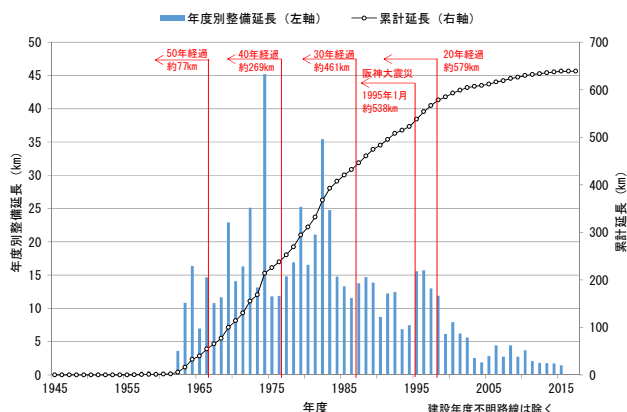


図 1 雨水幹線整備の状況

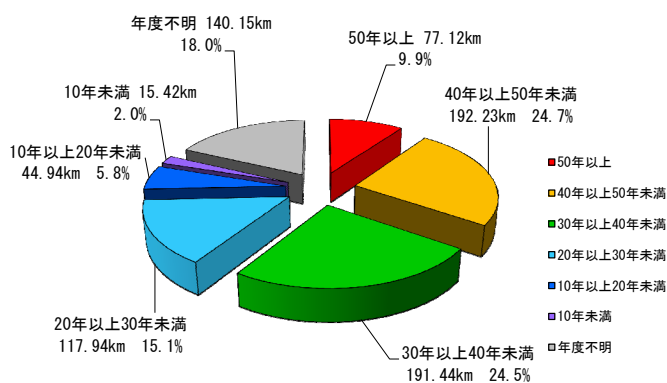


図 2 雨水幹線施工年度別延長割合

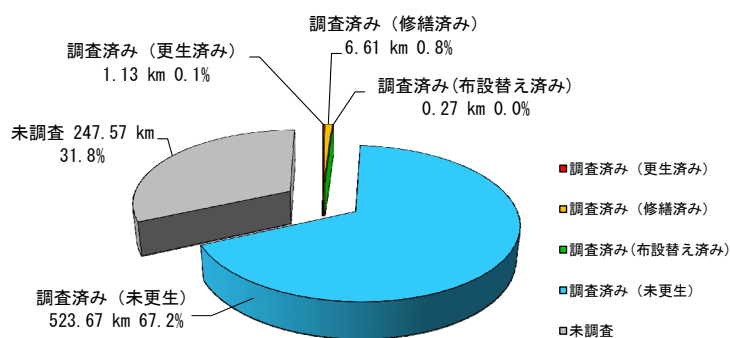


図 3 雨水幹線の維持管理の現状

3. リスク分析

(1) 雨水幹線に発生するリスク

本事例では、雨水幹線におけるリスクを管きょとしての機能が劣化することにより起こる破損、クラック、樹木根侵入等の物理的損耗と定義付けている。そのため、流下能力不足による浸水のリスクや地震等の自然災害による損傷は本検討の対象外としている。

1) 内部要因によるリスク

内部要因によるリスクとして、コンクリート中の塩化物含有量の増加による鉄筋腐食（塩害）、空気中の二酸化炭素によるコンクリートの中性化がある。特に海水中に浸漬されたコンクリートは塩化物含有量が大きくなり、塩害が進行しやすいと考えられる。また、A市で過去に実施した調査では、中性化と経過年数との相関は確認できていない。

2) 外部要因によるリスク

外部要因によるリスクとして、底版の洗掘による石積みのズレや背面土砂の流出、活荷重による床板の疲労などが考えられる。

(2) 雨水幹線の施設分類

雨水管路は污水と異なり、海域や河川に直接放流している区域が大半を占めている。このような幹線では、潮位の影響により常時管きょが水没し、点検や調査が極めて困難であること、海水中の塩分により塩害が進行すること等が予測される。本市では、海水面以下に管きょが存在する感潮滞流域において、53%（約 14 km）の視覚調査を行っている。その結果、調査延長のうち 27%（約 4 km）に異状が発生していることが判明した（図 4）。これに対し、自然流下流域の異状発生率は 39%（約 200 km）であった。現時点では、感潮滞流域の劣化割合は自然流下流域に比べ低く、塩害の影響が大きいとは判断し難い。これには、水中での調査精度が自然流下流域



写真 1 雨水幹線に発生する異状の事例

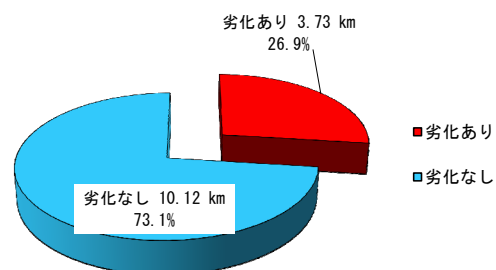


図 4 感潮滞流域の劣化割合

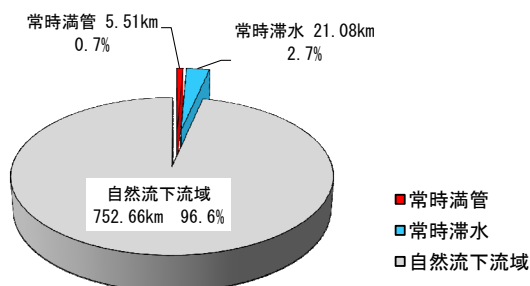


図 5 雨水幹線の流況別施設分類

に比べ劣ることも影響すると考えられる。本事例では今後も塩害の影響について継続的に観測するため、雨水幹線を①自然流下流域、②感潮滞流域の二つに分類し、それぞれの施設で点検・調査の頻度を定める方針とした。

なお、本市の雨水幹線において、自然流下流域が全体の 97%で約 753 km、感潮滞の流域が 3%で約 26 kmであることがわかっている。また、感潮滞流域のうち、管頂が平均潮位よりも低く、常時水没状態にある施設が 23%で約 6 kmある（図 5）。

(3) リスク評価項目

リスク評価では、①発生確率（不具合の起こりやすさ）と②被害規模（影響度）に分類し、それぞれの項目にポイントを付与することで、①と②の影響点数の積によるリスク値を算出する。

①発生確率のリスク評価項目では、管材料（管種）、建設年度は当然ながら、雨水幹線の特性を考慮し、埋設深を評価する。雨水幹線はポンプ排水を避けるため極力浅く埋設されており、活荷重の影響による劣化が懸念されることを考慮した。また、A市では全体の 7 割が調査済み路線であることから、前回調査からの経過年数も考慮した。

②被害規模のリスク評価項目では、管径や人口密度により被害発生時の影響度を考慮する他、開きよは人目に付きやすく、異状が放置されにくいこと、異状が発生した際の影響を直接受けにくいこと等を点検・調査の頻度に反映するため、開きよまたは暗きよの分類を考慮した。

(4) リスク評価結果

リスク評価は点検調査の優先順位を決定するために行った。また、リスク評価は、スパン単位で評価を実施しているが、実際の点検・調査はある程度の流域単位で実施することから、本計画では、従前より実施してきた調査ブロック単位で優先順位を設定した。ブロック単位のリスク値は、スパン単位のリス

表 1 リスク評価項目の設定

①発生確率に係る影響項目およびリスク値		②被害規模に係る影響項目およびリスク値	
要因	要因細目	要因	要因細目
A 管材料	① 擁壁構造	G 管断面	⑧ 管径φ3,000mm以上
	② 無筋コンクリート管		⑤ 管径φ2,000mm以上3,000未満
	③ 不明		⑥ 管径φ1,000mm以上2,000未満
	④ 陶管		④ 管径φ800mm以上1,000未満
	⑤ 鉄筋コンクリート管		③ 管径φ600mm以上800未満
	⑥ 鋼管		① 管径φ600mm未満
	⑦ シールド工用標準セグメント		② 不明
	⑧ 樹脂製管	H 陥没影響損失	⑨ 軌道を横断する管路
B 建設年度（管年齢）	① 50年以上		⑤ 推進工法・シールド工法等地上からの復旧が困難な管路
	② 40年以上50年未満		⑥ 伏越し管路
	③ 30年以上40年未満		④ 緊急輸送路（車道）に埋設された管路
	④ 20年以上30年未満		⑦ ②～④以外の管路
	⑤ 10年以上20年未満	I 代替機能損失	⑧ ターミナル駅および大規模地下利用がある排水区
	⑥ 10年未満		⑤ ②以外の排水区
C 緊急度判定	① 緊急度Ⅰ	J 水路構造	⑧ 暗きよ
	② 緊急度Ⅱ		⑤ 開水路
	③ 緊急度Ⅲ	K 人口密度	⑤ 300人/ha以上
D 荷重	① 交通機能確保等を図る上で重要な管きよ		⑤ 200人/ha以上300人/ha未満
	② 一般車道に埋設された管路		⑥ 100人/ha以上200人/ha未満
E 浅層埋設	① 土被り0.60m未満に埋設された管路		④ 50人/ha以上100人/ha未満
	② 土被り0.60m以上に埋設された管路		⑥ 10人/ha以上50人/ha未満
F 調査年度（経過年数）	① 未調査		⑦ 10人/ha未満
	② 20年以上30年未満	: 雨水幹線であることを考慮して、汚水管用の評価項目に追加した項目	
	③ 10年以上20年未満		
	④ 10年未満		
	⑤ 調査年度不明		

表 2 リスク評価結果

リスク値	優先度	自然流下流域		感潮滞流域	
		延長 (km)	割合 (%)	延長 (km)	割合 (%)
11～13	I	38.5	5%	0.05	0%
9～11	I	222.71	30%	0.17	1%
8～9	II	219.66	29%	9.29	35%
4～8	III	210.82	28%	9.72	37%
1～3	III	61.23	8%	7.11	27%
計		752.92		26.34	

ク値をブロック単位で加重平均して求めた。点検・調査の優先順位はリスク値の上位順に設定し、優先度Ⅰの延長は点検・調査対象延長で約 261.2km（35％）となった。

5. 点検・調査計画

(1) 点検・調査における課題

雨水幹線の点検・調査における課題は、大きく以下の 2 点である。

- 1) 感潮滞流域における点検・調査手法：感潮滞流域では、潮位の影響により管内水位が高い、または満管状態にあるため、点検・調査手法について検討する必要がある。
- 2) 調査判定基準の確立：雨水幹線の構造形式や断面形状は多岐にわたることから、異状の内容や位置、原因も様々である。そのため、雨水幹線独自の調査判定基準を作成し、定量的な異状内容の調査を実施する必要がある。

(2) 雨水幹線の点検・調査手法

A 市では、感潮滞流域の点検・調査として試験的に ROV（水中カメラ）および潜水目視調査を行っている。この結果、いずれの手法も水中の濁度が調査精度に大きく影響し、スクリーやフィンによって管底の堆積物が巻き上げられ、軽微な劣化は評価できないことが確認できる（表 3）。そこで、感潮滞の路線につ

表 3 潜水調査の精度と実用性

	潜水土 (目視調査)	ROV (水中カメラ調査)	潜行目視調査	自走式 TVカメラ調査
調査可能断面	φ1000mm以上	φ650mm以上	φ800mm以上	φ800mm未満
調査可能水位	-	500mm以上	300mm未満	100mm未満
調査可能ランク	Bランク以上	Aランク以上	Cランク以上	Cランク以上
異状サイズ計測	○	×	○	○
日進量	150m/日	150m/日	500m/日	240m/日
調査に影響を 及ぼすもの	流速・濁度	流速・水位・濁度	水位	水位

：水中調査の試験施工結果

いては土のうなどで一時的に潮位の影響を遮断し、TVカメラ調査または潜行目視調査を実施する方針とした。なお、特に常時満管状態にある路線は、極力干潮時に調査を実施することが望ましい。

表 4 雨水幹線の点検項目と判定基準

調査項目		有・無の確認
鉄筋露出		鉄筋露出がある
たるみ		滞水がある
ひび割れ	円周方向	5mm以上のクラックがある
	軸方向	5mm以上のクラックがある
破損		破損・欠落がある
目地不良	矩形きよ	30mm以上開いている
	ヒューム管	70mm以上開いている
底版の不良		破損している
延石頂版		縦断・斜め方向のひび割れがある
石積み・レンガ積み		欠落・はらみだしがある
取付不良		取付管周りの破損がある
浸入水		多量に噴出している
モルタル堆積		堆積により流れが阻害されている
木根侵入		流れを阻害している

(3) 点検・調査判定基準と実施計画

雨水幹線独自の点検・調査判定基準を設定し、点検により「道路陥没の危険性が高い異状」の有無を把握することで、調査対象を絞り込む。表 4 に示す項目は、道路陥没の危険性が高い異状を抽出するための点検項目と判定基準である。

なお、本市の既往調査結果では、陥没の危険性が高い劣化が確認できる路線割合が約 30％

であったことから、この割合を点検延長に乗じることで調査延長を算出した。

従来のまま全ての管きょに対して一律調査を実施すると、今後30年間で約1,550百万円を要するが、今回策定した点検・調査計画に基づく、約900百万円（60%低減）で実施可能である。

表5 点検・調査サイクルのイメージ

分類	潮位の影響	項目	頻度	年度								延長 (km)
				5	10	15	20	25	30	40		
通常区域	感潮滞	点検	1/10年	→	→	→	→	→	→	→	22.0	
		調査	—	→	→	→	→	→	→	6.6		
	自然流下	点検	1/20年	→	→	→	→	→	→	673.8		
		調査	—	→	→	→	→	→	→	202.1		
緊急輸送路下 軌道下	感潮滞	点検	1/10年	→	→	→	→	→	→	4.3		
		調査	1/15年	→	→	→	→	→	→	4.3		
	自然流下	点検	1/20年	→	→	→	→	→	→	79.2		
		調査	1/15年	→	→	→	→	→	→	79.2		

7. 今後の展開

本事例で策定した点検・調査計画に基づき、点検・調査を実施するとともに、既往調査結果を用いて修繕・改築計画を策定する必要がある。

また、今後ストックマネジメント計画として全下水道施設に対する維持管理プロセスを取り纏めるとともに、関連計画との整合を図る必要がある。

(1) 修繕・改築計画の策定

雨水幹線の劣化傾向として、全断面・スパン全体にわたる劣化は少なく、部分的な異状が大半を占めることから、これらを考慮した事業種別の判定を行う。

石積みや蓋掛け水路などには改築が適さない場合が多く、石積み部のコンクリートへの置き換え、床版の新設などの修繕工法が有力である。（図6）

また、感潮滞では潮位の影響を遮断し、管内の水を排水しなければ施工ができないことから、修繕・改築に先行して、津波の遡上防止対策も踏まえたゲート整備が必要である。

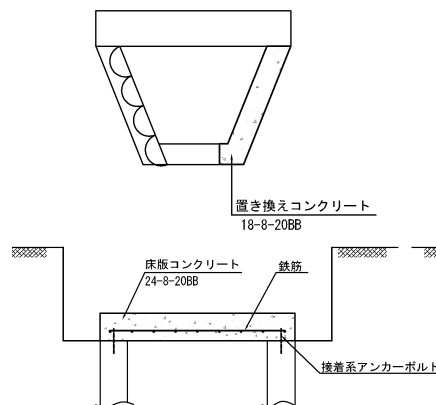


図6 雨水幹線修繕方法の一例

(2) 関連計画との整合

本計画は、雨水幹線の老朽化対策に特化したストックマネジメント計画であるが、今後とも①污水管きょストックマネジメント計画、②総合地震対策計画、③雨水管理総合計画等との整合を図っていく必要がある。