

## ストックマネジメント手法を活用した管路点検・調査計画の策定

(株) 日水コン 中川直樹○  
山本 整

### 1. はじめに

A市の下水道管路は、市全体の管路整備延長:約1,100kmのうち、既にその40%以上が施設の処分制限期間:20年を超過しており、30年を超過した施設も全体の20%を占める。一般に、下水道管路は供用年数の経過とともに

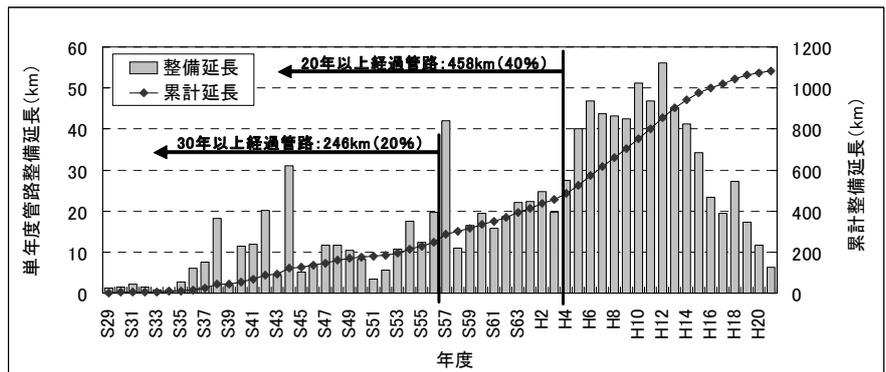


図1 A市の年度別管路整備延長

不明水量が増大するほか、布設から20~30年を経過すると道路陥没や浸入水の発生が増大すると報告されている<sup>1)</sup>。

今後、A市では益々老朽化する下水道管路の増加により、道路陥没や管路閉塞等の潜在的なリスクが増大するとともに、老朽施設の維持管理コストの増大や改築需要の増大が予想されている。そこで、今後の計画的かつ効率的な下水道管路の維持管理を進めるため、その検討の一つとして、ストックマネジメント手法を活用した管路点検・調査計画を策定した。点検・調査は、目的に応じてその手法が異なるものの、ここでいう点検・調査とは、改築・修繕の必要となる管路を効率的に探り当て、効果的な改築・修繕事業に結びつけることを意味する。

### 2. 策定フロー

点検・調査計画の策定フローを図2に示す。まず、管路の持つ特性や重要性等から管理上の施設分類を行い、分類毎の点検・調査における優先度の設定を行う。次に、予算制約を踏まえた管路の点検・調査頻度と年当り可能調査延長について検討を行う。これらの検討結果を踏まえ、A市点検・調査計画の策定を行う。

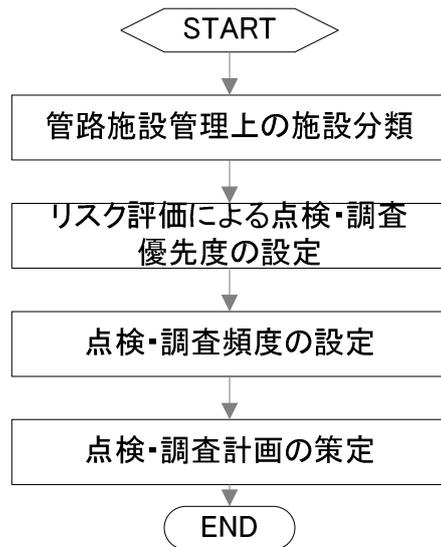


図2 点検・調査計画の策定フロー

### 3. 施設分類の設定

管路は地下に埋設されているため、施設内の状況は、テレビカメラ調査等の管路内点検・調査を実施しなければ容易に把握することはできない。しかしながら、広範囲に布設された全ての管路施設を一律に調査するのは必ずしも効率的とは言えず、相当の時間と費用が必要となる。このことを踏まえて、管路施設の特性や重要性、及び地域特性を踏まえて、既往研究成果<sup>2)</sup>等を参考に、管路施設の維持管理上の施設単位を、「点的」、「線的」、「面的」の3つに分類することとした。施設分類のイメージ及び定義を以下に示す。

#### 〈施設分類の定義〉

施設分類	定義(案)	具体的な施設
点的に捉える施設 (点的施設)	定期的に維持管理(点検・清掃)が必要な施設や、異常時に社会的な影響が大きい施設のこと。	・伏越し、マンホールポンプ、過去の管路閉塞箇所など、定期清掃が必要な施設 ・過去に道路陥没が発生した施設など
線的に捉える施設 (線的施設)	機能上重要な管路や、異常・劣化が線的に進行する可能性のある施設のこと。	・圧送管吐出先管路 ・下水道機能上重要な幹線管路 ・河川・軌道下並びに緊急輸送路を横断する管路 ・防災拠点施設からの排水を受ける管路 など
面的に捉える施設 (面的施設)	広範囲に布設されている管路施設を、面的に捉えて維持管理していくことが効率的と考えられる施設のこと。	・点的あるいは線の施設以外の施設。 ・維持管理単位としては、処理分単単位、町丁目単位、地区単位などがある。

#### 〈施設分類のイメージ〉

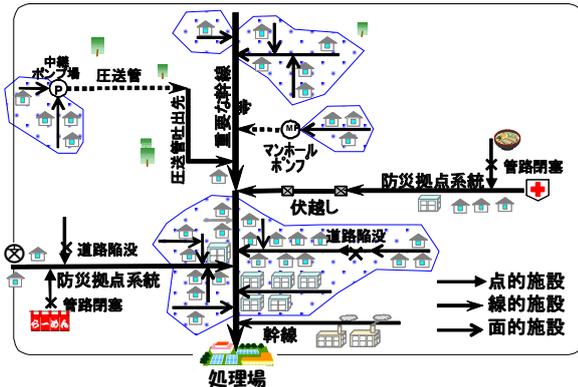


図3 施設分類(点的・線的・面的施設)の定義及びイメージ<sup>2)</sup>

### 4. リスク評価による点検・調査優先度の設定

点検・調査の優先度は、管路が保有するリスクの大きさを踏まえて評価する。リスクの大きさは、図4に示すとおり、「リスクの起こりやすさ」×「(リスク発生時の)被害の大きさ」で評価できる。

#### (1) リスクの起こりやすさ

「リスクの起こりやすさ」は、管路の構造的な不具合の可能性の程度(確率)であり、評価項目として考えられるものを、表1に挙げる。本検討では、A市の管路内調査データを用い、

劣化傾向分析(数量化Ⅱ類、判別分析)を実施した。分析の結果、施工年数や管種、取付け管本数等と劣化傾向に関連性が確認できたが、サンプル数が少ないため、その関連性を定量化するまでの精度が得ることはできなかった。そこで、今回は国総研H20～H21研究成果<sup>3)</sup>に基づいた不具合発生確率を用いるものとした。不具合発生確率は、管路属性(管種、布設経過年数、管径、土被り、取付け管本数等)と管路内調査による不具合結果(主に構造上あるいは供用上影響のある障害)との関係から、管種毎の不具合の発生確率を算出し定量化したものである。同式には、A市管路の劣化傾向と関連性を示す項目が変数として用いられている。

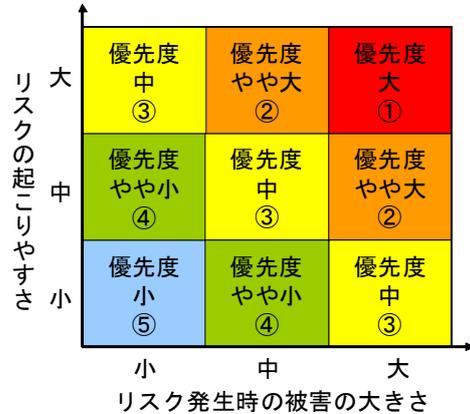


図4 リスク評価のイメージ

表1 リスクの起こりやすさの評価方法

評価方法	必要な条件	評価方法の決定
健全度	・全スパンの健全度	・健全度の把握は一部の管路に限られる。 ×
劣化傾向分析 (数値化Ⅱ類、判別分析等)	・管路諸元情報 ・管路内調査データ	・有意な精度が確認されない(今回検討)。 △
不具合発生確率	・管種、施工年度 ・スパン毎の取付管本数	・施設属性が評価可能。 ○適用
施工年度	・施工年度	・その他の施設属性が評価できない。 △

表2 不具合発生確率<sup>3)</sup>

○陶管	$Pr1 = \frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.080 + \text{取付管本数} \times 0.175 - 1.683)]}$
○鉄筋コンクリート管	$Pr2 = \frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.041 + \text{取付管本数} \times 0.043 - 0.643)]}$
○塩ビ管	$Pr3 = \frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.080 + \text{取付管本数} \times 0.175 - 1.683)]} \times (0.079 / 0.239)$

(2) 被害の大きさ

「被害の大きさ」は、構造的な不具合の発生による事故の被害の大きさであり、施設の重要度で評価できる。重要度は、「機能上重要な施設」、「社会的な影響が大きな施設」、「不具合発生時に対応が難しい施設」などの施設特性の総合指標として表すことができる<sup>4)</sup>。

これらに対して本検討では、AHP法（階層化意志決定法）を用いた評価を行った。AHP法は、政策や計画等を決定する際の意思決定方法の1手法であり、人の意思（主観）を入れつつ、数学モデルも用いて複数ある項目の重み付けを行うものである。今回は、「被害の大きさ」に関する評価項目の階層図を作成し、同一階層内の項目をアンケート形式で対比較することにより、各階層の重み係数を算定した。アンケートの対象は、A市下水道事業に關与する職員全員（合計27人）である。階層図の作成例及びAHPによる評価結果を図5、表2に示す。例えば、線的施設の場合、評価1の項目に關

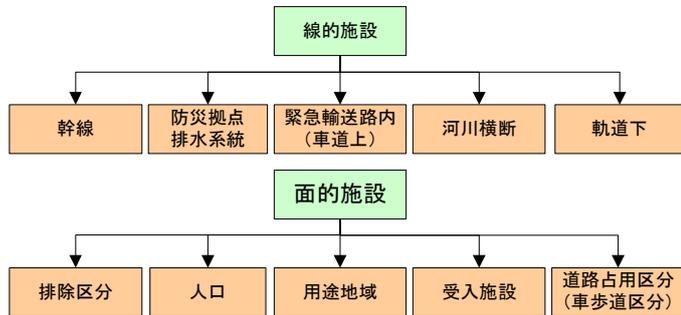


図5 評価項目階層図の例（第一階層）

表2 AHP法を用いた「被害の大きさ」の評価

施設分類	第一階層		第二階層		点数
	評価項目	重み係数	評価項目	重み係数	
点的施設	事故・問合せ箇所	0.38	⇒		0.38
	MP	0.36	⇒		0.36
	伏越し	0.26	⇒		0.26
	合計	1.00	⇒		1.00
線的施設	緊急輸送路内	0.29	⇒		0.29
	防災拠点排水系統	0.21	⇒		0.21
	幹線	0.20	⇒		0.20
	軌道下	0.18	⇒		0.18
	河川横断	0.12	⇒		0.12
	合計	1.00	⇒		1.00
面的施設	人口	0.32	DID地区	0.79	0.25
			DID地区以外	0.21	0.07
			合計	1.00	
	車歩道区分	0.20	車道	0.81	0.16
			歩道	0.19	0.04
			合計	1.00	
	排除区分	0.18	合流	0.52	0.10
			分流汚水	0.32	0.06
			分流雨水	0.16	0.03
			合計	1.00	
	受入施設	0.15	受入施設	0.58	0.09
			受入施設以外	0.42	0.06
合計			1.00		
用途地域	0.15	商業系	0.35	0.05	
		住居系	0.34	0.05	
		工業系	0.22	0.03	
		その他	0.09	0.01	
		合計	1.00	1.00	

※面的施設は第一階層×第二階層で重みを算定

する該当の有無により各施設の点数化を行う。なお、施設分類により評価項目（尺度）が異なるため、施設分類間の評価点の比較はできないことに留意が必要である。

(例)線の施設:スパンA =  
 緊急輸送路内 (該当する:①、該当しない:0) × 0.29  
 + 防災拠点排水系統 (該当する:1、該当しない:0) × 0.21  
 + 幹線 (該当する:①、該当しない:0) × 0.20  
 + 軌道下 (該当する:1、該当しない:0) × 0.18  
 + 河川横断 (該当する:1、該当しない:0) × 0.12  
 = 0.29 + 0.20  
 = 0.49 (『リスク被害の大きさ』の評価点)

(3) まとめ (リスクマトリクス作成)

「リスクの起こりやすさ」と「被害の大きさ」について、5×5のリスクマトリクスを設定し、大きく優先度1～優先度4のグループに分類した。リスクマトリクスの分布図を以下に示す。面的施設では、施設の取り得る最高得点(0.65点)を基準に点数の換算を行っている。

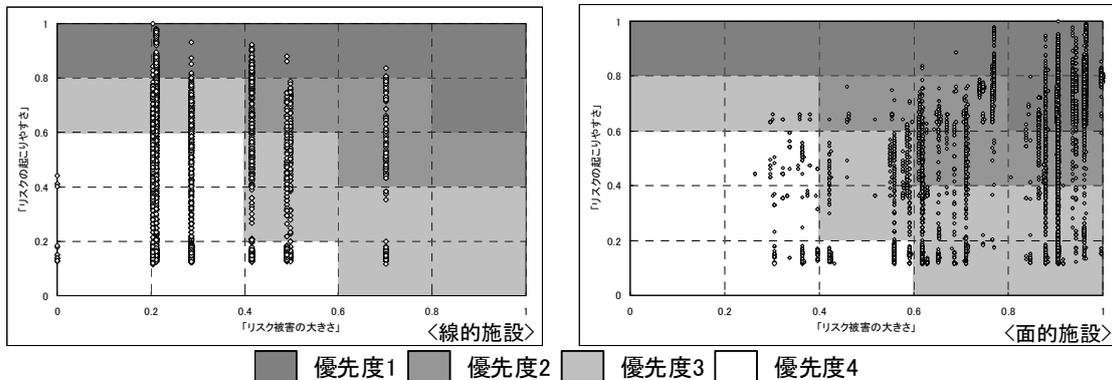


図6 線の施設、面的施設のリスクマトリクスの分布

優先度1と評価された路線は、線の施設では284kmのうち19km(6.6%)、面的施設は811kmのうち344km(42.4%)である。面的施設では優先度1の割合が多い結果となったが、これは、比較的取付管本数の多い合流地区で、かつ供用開始年度が古いエリアの管路が多いことが要因である。なお、施設分類のうち点的施設は、その対象延長は比較的短く、日常の維持管理で定期的な点検・調査が必要な施設として位置づけてるため、優先度評価の対象外とする。

表3 施設分類毎の優先度分類

優先度区分	線の施設		面的施設		点的施設 延長(m)
	延長(m)	割合(%)	延長(m)	割合(%)	
優先度1	18,777	6.6	344,440	42.4	33,179
優先度2	36,221	12.8	183,140	22.6	
優先度3	97,759	34.5	209,697	25.9	
優先度4	130,915	46.1	73,865	9.1	
合計	283,672	100.0	811,142	100.0	33,179

3. 点検・調査頻度の設定

点検・調査の頻度は、「下水道維持管理指針前編(2003年版)」(社)日本下水道協会における経過年数を考慮した点検・調査の頻度が一つの目安となる。しかし、これらの頻度で均一的な点検・調査を実施していくことは予算制約上困難な場合が多い。そこで、A市では上記で設定した施設分類及び優先度を考慮した点検・調査頻度を設定するものとした。

点検・調査頻度は、健全率予測式に基づき設定する。健全率予測式とは、A市における過年度のTVカメラ調査結果により管路の劣化状況を予測したものであり、改築の必要性

を示す指標として健全度を定義し、健全度ランクの劣化割合を経過年数毎に表現したものである。A市の健全率予測式を図7に示す。これによると、例えば経過年数20年である管路を調査した場合、健全度の割合はそれぞれ健全度Ⅰ：19%、健全度Ⅱ：37%、健全度Ⅲ：19%、健全度Ⅳ：25%と予測される。

A市では今後健全度Ⅰに該当する路線の改築を実施する方針であり、効率的な改築・修繕事業を実施する上では、不健全管路の発見率も重要な要素である。そこで、健全率予測式より、健全度Ⅰの割合が50%を超える経過年数40年以上の管路を対象とした点検・調査頻度を設定した。管路の経過年数は様々であり、刻々と変化するため、ここでは点検・調査を実施する際の平均経過年数による評価を行うものとした。表5は、各設定頻度で調査を実施した場合の管路の調査時平均経過年数を算定したものである。ここで、調査対象とする管路は、施設の重要性や施設ボリュームを考慮して、線的施設は優先度1～3、面的施設は優先度1～2の管路としている。これより経過年数40年を目安とした場合の頻度は、線的施設で20年に1回（年間調査延長：7.6km）、面的施設で30年に1回（年間調査延長：17.6km）が理想と言える。ただし、A市では、最終的に過年度の年間調査実績や財政的な制約を勘案し、面的施設は40年に1回の頻度とした。これは、概ね標準耐用年数；50年を経過する管路の点検・調査を目標とするものである。A市における点検・調査頻度並びに年間調査延長を表6に示す。

表4 健全度の定義

健全度	状態	措置方法
健全度Ⅳ (劣化なし)	構造・機能上問題はない	特に措置は不要(維持)
健全度Ⅲ	劣化が進行しており、当面簡易な対応が必要な状況	当面は簡易な対応でよい(経過観察)
健全度Ⅱ	劣化が進行しており、対応が必要な状況	措置が必要
健全度Ⅰ	劣化が進行しており、早急な対応が必要な状況	早急に措置が必要

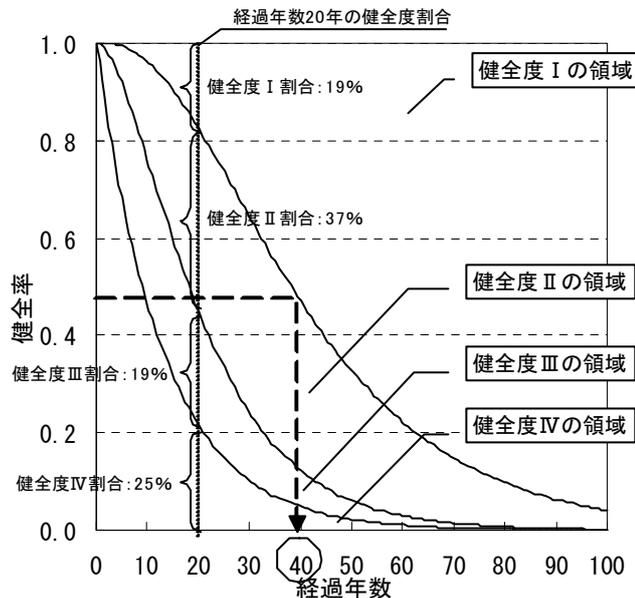


図7 健全率予測式の推移（A市）

表5 調査頻度別の調査時平均経過年数

施設分類	対象管路	頻度			
		10年に1回	20年に1回	30年に1回	40年に1回
線的施設	優先度1～3	33	38	44	49
面的施設	優先度1～2	32	37	42	47

表6 点検・調査頻度の設定

施設分類	対象路線	調査頻度	調査延長
線的施設	優先度1～3	20年に1回	7.6km/年
面的施設	優先度1～2	40年に1回	13.2km/年
点的施設	日常の維持管理(定期点検)により対応		

#### 4. 点検・調査計画の策定

上記の結果に基づき、A市における管路施設の点検・調査計画を策定した。点検・調査の進捗状況管理の容易性や周辺住民への影響を勘案すれば、ある程度のブロック毎に優先順位を設定した上で点検・調査を実施することが望ましい。ここではブロック単位として、処理分区を設定した。優先順位は、線的施設は優先度1～3、面的施設は優先度1～2の延長が多い地区を上位に位置づけ、これに基づく点検・調査計画表並びに点検・調査計画図を作成した。作成例を以下に示す。

表7 点検・調査年次計画表（10年間のみ表示）

線的施設						面的施設					
優先順位	地区	調査対象延長(m) (優先度1～3)	調査年数 (年)	調査費用 (百万円)	改築費用 (百万円)	優先順位	地区	調査対象延長(m) (優先度1～2)	調査年数 (年)	調査費用 (百万円)	改築費用 (百万円)
1	A地区	25,492	3.5	51	1,147	1	A地区	71,138	5.5	142	3,201
2	B地区	20,873	3.0	42	939	2	B地区	55,358	4.5	111	2,491
3	C地区	8,896	1.5	18	400	合計		126,496	10.0	253	5,692
4	D地区	8,359	1.0	17	376	※ 調査延長は、線的施設7.6km/年、面的施設13.2km/年として算定					
5	E地区	8,131	1.0	16	366	※ 調査費用は、2,000円/mとして算定					
合計		71,751	10.0	144	3,228	※ 改築費用は、過年度実績より改築割合30%として算定					

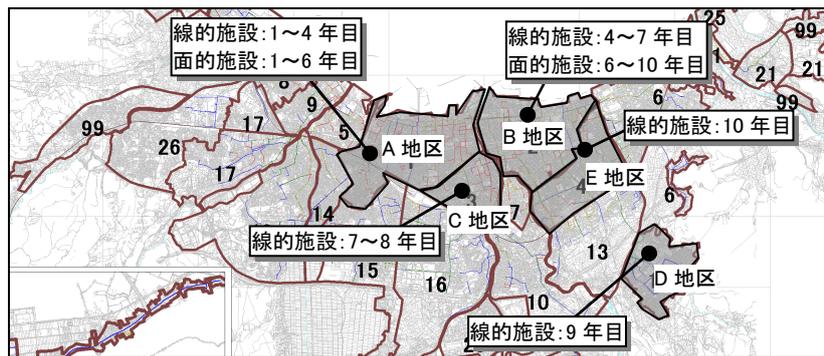


図8 点検・調査計画図の作成例

#### 2. おわりに

- 本稿では、効率的な改築・修繕事業を実施するための点検・調査計画について、リスク評価に基づいた一考察を示した。
- A市では現状の維持管理状況や事業予算を勘案し、上記で設定した点検・調査頻度を中・長期的な目標値として設定した。また別途、短期的な管理基準としては、施設の経過年数や排除区分等から更なる点検・調査対象の絞り込み検討を実施している。
- 今後は点検・調査および改築・修繕のデータを蓄積し、リスク評価の精度と高めるとともに、定期的な目標値の見直しが必要である。

#### 【参考文献】

- 1) 建設省都市局下水道部: 管路施設の計画的維持管理と財政的評価に関する調査報告書(平成7年3月)
- 2) 浜松市・日水コン「管路施設の維持管理重点施設及び重点区域の検討方法について」、第47回下水道研究発表会講演集
- 3) 下水管に起因する道路陥没の予防保全に向けた調査、国土技術政策総合研究所(H20-21年度研究成果)
- 4) 下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き(案)、平成23年2月、国土交通省都市地域整備局下水道部