

下水道ストックマネジメントにおける耐荷力を用いた対策実施箇所スクリーニング方法の提案

日本工営（株） 正会員 ○市村直登，岡本萌，中野雅章，杉本泰亮，中村ゆかり

1. はじめに

下水道管路施設は将来、老朽化施設が急増し、コストや人手不足を加味すると点検調査結果に基づく対策実施箇所のスクリーニング手法が必要となる。老朽化診断は、一般的に目視調査やテレビカメラ調査を基に調査員が緊急度（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、劣化なし）を決めるが、区分が少ないため同判定の施設が多くなる、調査員によって判定結果が異なる等の課題もある。一方で、管路の強度を表す耐荷力は敷設状況や経年劣化によって決まり、力学的な意味が明瞭であるため説明性が高く、対策実施箇所の判断材料として有効となりえる。そこで本研究では、耐荷力を用いた対策実施箇所のスクリーニング手法を提案した。

2. 管路の耐荷性能に着目した条件の設定

2. 1 影響因子の整理

本概要ではヒューム管を例として記載する。常時の布設条件および経年劣化を考慮し、4因子（管形状、管口径、土被り、施工年度）と管のコンクリート強度、腐食深さの計6因子を考慮した。管形状は一般的な断面である円管のみ考慮する。管口径は、一般的な大口径、小中口径、取付管の口径3区分とした。土被りは交通荷重の影響が大きくなる土被り1~2m、2~3m、土圧の影響が大きくなると予想される3m以上に分類した。コンクリート強度は、表1に示す目視判定基準（案）¹⁾の腐食ランクB、Cで2区分とした（腐食ランクAは他条件に関わらず早急な措置が必要なため分類せず）。腐食ランクB、Cのコンクリート強度は、JIS規格で外圧強さが変わる施工年度（昭和46以前、昭和47年以降）で更に分類する。腐食深さは、中大口径の場合は表1の腐食ランク別腐食深さ、小口径は中大口径の最小呼び径Φ800mmの管厚（66mm）に対する各腐食深さの割合（例：腐食ランクBの場合は、0.38（腐食深さ25÷管厚66））を各規格の管厚に乗じて算出した。

2. 2 耐荷力評価に必要な因子の組合せ

上記の6因子を表2の区分で分類してクロス集計した結果、それぞれ同表にある組合せ割合になったと仮定した。また、各因子の条件は、表2に示した管口径と土かぶりの区分下で常時荷重に対して安全側な耐荷力評価を行うため、構造力学上厳しい条件となるよう、口径は対象範囲の最大値（最大口径）、土かぶりは対象範囲の最小値（最小土かぶり）を設定した。

表1 目視評価基準（案）¹⁾



管の腐食ランク	腐食深さ及び鉄筋の腐食の程度	表面状態	コンクリート強度 (一軸圧縮強度)	管の腐食深さ	鉄筋断面欠損率	記附条件
			HP	HP	HP	
C	腐食深さ 5mm 	コンクリート表面にやや凹凸が生じ、サラザラしている。	昭和47年以降 50	5	0	既設管の布設年度のメーカーヒーアリング値を採用
	調査判定項目の破損C、クラックCの何れかの損傷も同時に見られる場合 	鉄筋の腐食はないが軽微で外観上は変化がみられない。	昭和46年以前 40		20	
B	腐食深さ 25mm 	表面のコンクリートが欠損して粗骨材が露出している。	昭和47年以降 40	25	20	
	調査判定項目の破損B、クラックBの何れかの損傷も同時に見られる場合 	錆汁がみられる。	昭和46年以前 30		50	
A Aランク： チャート対象外	腐食深さ 30mm 	大きく欠損してコンクリート表面が脆弱化し、鉄筋が露出している。	21	30	50	
	調査判定項目の破損A(Aクラック)、クラックAの何れかの損傷も同時に見られる場合 	露出している鉄筋に彫れ・切断部がみられる。			100	

表2 影響因子の組合せの存在割合

		土被り(m)			
		1-2	2-3	3-4	
腐食ランクB	口径1-200mm	1971年以前	0.0%	0.0%	0.0%
		1972年以降	5.0%	5.0%	0.0%
	口径250-700mm	1971年以前	10.0%	0.0%	0.0%
		1972年以降	10.0%	0.0%	0.0%
口径800-1000mm	1971年以前	2.0%	0.0%	0.0%	
	1972年以降	2.0%	0.0%	0.0%	
腐食ランクC	口径1-200mm	1971年以前	4.0%	1.5%	1.0%
		1972年以降	4.0%	1.5%	1.0%
	口径250-700mm	1971年以前	15.0%	5.0%	2.0%
		1972年以降	15.0%	5.0%	2.0%
	口径800-1000mm	1971年以前	2.5%	1.5%	0.5%
		1972年以降	2.5%	1.5%	0.5%

※灰色は組合せ割合0%

キーワード 下水道、耐荷力、スクリーニング

連絡先 〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原 2304 TEL 029-871-2032

2. 3 構造計算条件

構造計算に用いる共通条件は、検討対象としたケースで同条件での耐荷力比較を行うため、考慮する荷重条件や支承角を統一した(表3)。また、コンクリートの圧縮強度はヒューム管の一般値と前述の目視判定基準(案)を参照して設定した。その他の物性値はコンクリート標準示方書【設計編】に基づき算出した(表4)。

3. 対策実施箇所スクリーニング手法

3. 1 耐荷力算出

ヒューム管の条件ごとの耐荷力をチャートにした結果を表5に示す。ヒューム管の耐荷力は、非線形FEM解析²⁾を用いて各管の破壊荷重の設計活荷重に対する余裕度(破壊荷重/設計活荷重)として算出した。耐荷力は、腐食ランクB内の組合せや施工年度が古いものが低い結果となった。また、本条件下では活荷重の影響が大きいため、土被りが薄く、口径が大きい方が耐荷力が低い傾向があった。本チャートは一例であるが、対象地域の条件に合わせて複数用意しておくことで、多様な条件下においても、同様な指標で評価が可能となる。

3. 2 対策実施箇所スクリーニング手法の適用例

管路3スパンをサンプルとして、耐荷力を用いたスクリーニング手法の適用例を表6に示す。点検調査の結果、これらの3スパンは全て緊急度Ⅱと判定されたとする。この場合、どの管路から対策を実施すべきか選定することは困難である。しかし、本手法(耐荷力を用いたスクリーニング手法)で布設条件および経年劣化を考慮した各スパンの耐荷力を算出することで、管の安全性に対する定量的評価が可能となり、優先的に対策を実施すべき根拠が明確となる。この様に、本手法は緊急度判定では判別し切れない、具体的な対策優先順位を決める際に有効となる。

4. まとめ

本研究では、耐荷力を用いた対策実施箇所のスクリーニング手法を提案した。当手法により、点検調査結果に基づく対策が必要なエリアの選定、及び対策費用の縮減等が可能となる。今後は、橋梁、トンネル、ガス管、水道管等への応用を図る。

参考文献

- 1) 酒匂 邦生他、管きょ内面被覆工法(製管工法)における耐震設計の効率化検討、土木学会論文集第75巻2号、2019
- 2) 中村ゆかり他、下水道管渠更生における複合管の設計と設計支援ソフトの開発、土木学会第66回年次学術講演会、2011.

表3 構造計算に用いる共通条件

(設計活荷重)	T-25 荷重
(土圧荷重)	鉛直荷重と水平荷重、土の単位体積重量は18(kN/m ³)
(支承角)	設計支承角：砂基礎120°(地盤反力を考慮する)

表4 ヒューム管の材料条件

管種	圧縮強度(N/mm ²)	ヤング係数(N/mm ²)	ポアソン比	単位体積重量(kN/m ³)	引張強度(N/mm ²)
ヒューム管	30.0	28,000	0.20	24.5	2.22
	40.0	31,000	0.20	24.5	2.69
	50.0	33,000	0.20	24.5	3.12

表5 耐荷力結果

土被り(m)		1-2	2-3	3-4	
腐食ランクB	口径1-200mm	1971年以前			
		1972年以降	1.72	2.95	
	口径250-700mm	1971年以前	1.19		
		1972年以降	1.41		
	口径800-1000mm	1971年以前	1.30		
		1972年以降	1.56		
腐食ランクC	口径1-200mm	1971年以前	3.20	6.20	8.60
		1972年以降	4.33	8.27	11.66
	口径250-700mm	1971年以前	1.56	2.27	2.33
		1972年以降	2.15	3.49	3.70
	口径800-1000mm	1971年以前	1.80	2.29	2.95
		1972年以降	2.11	2.75	3.78

表6 対策実施箇所スクリーニング手法の適用例

管路No	緊急度	本手法(スクリーニング手法)					
		腐食ランク	口径	施工年度	土被り	耐荷力	対策順位
1	Ⅱ	B	1-200mm	1972年以降	1-2m	1.72	1位
2	Ⅱ	C	250-700mm	1971年以前	3-4m	2.33	2位
3	Ⅱ	C	1-200mm	1972年以降	2-3m	8.27	3位