

Keywords | 下水道圧送管路、硫化水素、腐食調査、圧送管吐出し部、ダクタイル鋳鉄管

下水道圧送管路の腐食調査と対策方法の検討



前田 雄生
設計計画本部 水環境部 水工系グループ 主任
(技術士補 建設部門)



荒井 秀和
設計計画本部 水環境部 水工系グループ 係長
(技術士 建設部門一建設環境/RCCM-下水道)

1 はじめに

平成27年5月、金沢市の幹線道路において、下水道管路の破損に起因する道路陥没事故が発生した。道路交通に大きな支障が発生した他、流出した汚水により悪臭が発生し、周辺環境に多大な影響を与えた。原因となった管路は、内面塗装を施されたダクタイル鋳鉄管であり、供用開始から30年経過しているものの、耐用年数として55年¹⁾考慮されている管材であった。このため、早期の原因特定と対策の施工及び再発防止に向けた方針の策定が急務となった。

2 腐食要因の整理

2.1 腐食要因の整理

今回破損したダクタイル鋳鉄管の腐食要因として表-1が挙げられる。このうち、ダクタイル鋳鉄管の腐食要因として、腐食性土壌による『マイクロセル腐食』が一般的である。しかしながら、破損した管路の近傍における試掘・管厚調査及び破損し撤去された管路において外面確認を行ったが、いずれも管路外面は健全であった(写真-1)。また、近傍の土質資料等を確認し、腐食性の疑われる海成粘土層等の分布は認められなかった。

一方、撤去された管路の内面の確認において、内面被覆のモルタルライニングの欠損及び内面からの腐食(鏽)が確認された(写真-2)。このため、腐食の要因として内面モルタルライニングを腐食させる『硫化水素による腐食』が疑われた。

表-1 ダクタイル鋳鉄管の腐食要因

分類	要因		
外面の腐食	土壌による腐食(マイクロセル腐食)	工場等から浸透した酸性土壌 地下水(海水を含む) 硫黄分を含む盛土や埋立て地 泥炭地帯 腐植土、粘性土質の土壌 廃棄物による埋立て土壌 海成粘土等の酸性土壌	
	マクロセル腐食	コンクリート構造物の接合部付近 異種金属の接合部	
	電食	電鉄の迷走電流等	
	内面の腐食	モルタルライニング	硫化水素(硫酸)
		ダクタイル鋳鉄の腐食	溶存酸素
			温度(溶存酸素の腐食に影響)
流速(溶存酸素の腐食に影響)			
PH値			
	溶存塩類		
	電気伝導度		



写真-1 撤去された管の状況
(接合部等にも鏽は確認できない)



写真-2 破損管の状況

2.2 要因の検証

図-1に硫化水素による腐食のメカニズムを示す。硫化水素による腐食は気相部で発生するが、破損した管路は圧送管であり、通常、圧送管路は満水状態で流れるため、硫化水素による腐食は発生しにくい。このため、①圧送管路中の気相部有無の検証、②構造の検証を行った。

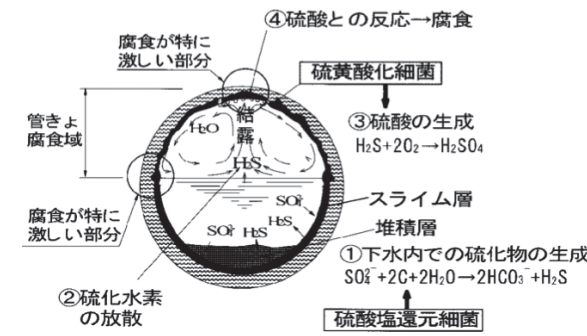


図-1 硫化水素による腐食の概要図²⁾

①気相部(自然流下区間)有無の検証

圧送管路において下記(i)～(iii)に該当する場合に自然流下となる。

- (i) 管路高さが動水勾配線(放流部基準)より上にある下り勾配区間
- (ii) 管路勾配が動水勾配(放流部基準)より大きい区間
- (iii) iかつiiで、下流側により高い高さの管路が存在していない区間

この条件に対し、当該圧送管の縦断図は図-2のようになり、破損が発生した箇所と気相部と想定される区間が合致する。

②構造の検証

破損した箇所は圧送管の吐出し部に近く、構造図より以下の課題が見受けられた。図-3(次頁)に吐出し部の概要図を示す。

- (i) 吐出し部はBOXカルバート管頂付近に接続され、落差が2.0m程度である
- (ii) 動水勾配より急な勾配で接続されている(高流速で放流される)
- (iii) 近傍に凸部があり、ポンプ停止後吸い込みが発生する

(i)～(iii)の状況より、高流速、高落差で汚水が流れ込んで攪拌され、吐出し部で硫化水素が発生し、ポンプ停止後の負圧状態圧送管内に硫化水素が流れ込み、吐出し部近傍にて腐食が発生したものと考えられた。

①、②より、破損箇所は硫化水素による腐食環境にあったと想定される。

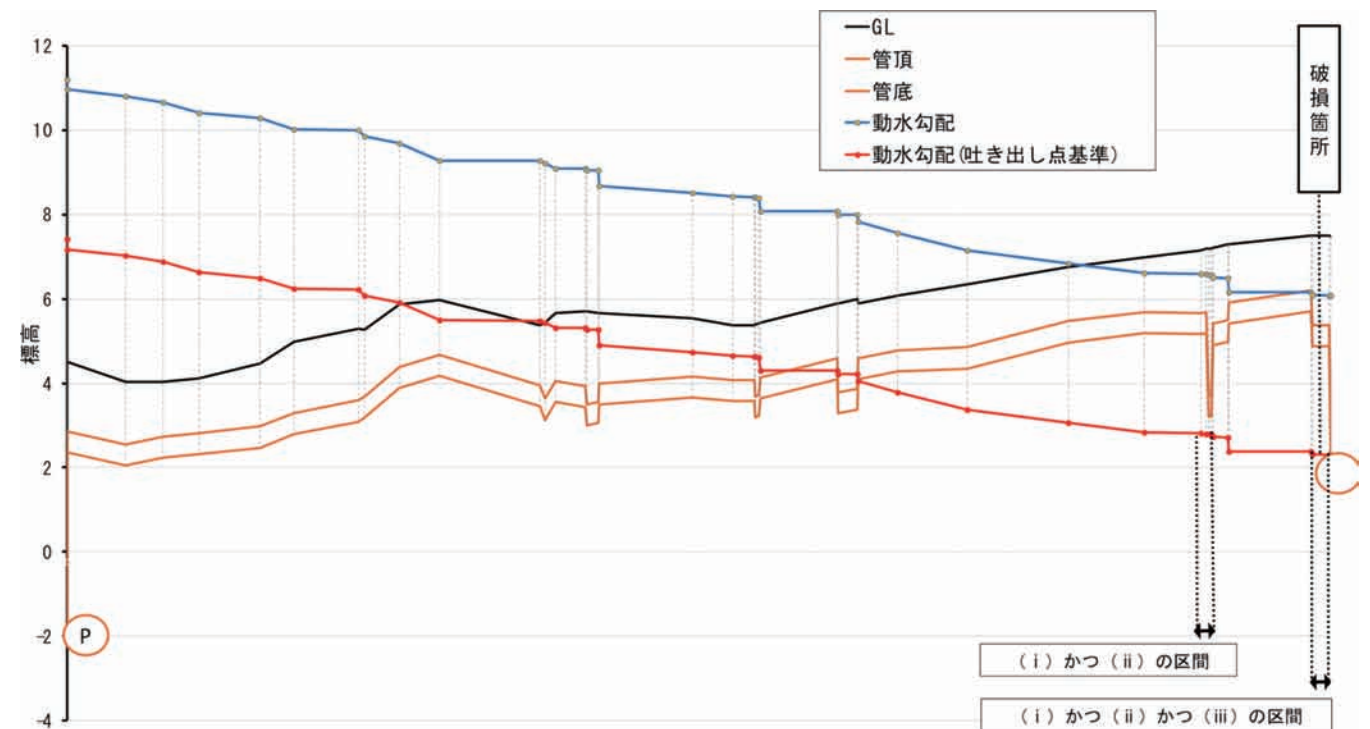


図-2 圧送管路・動水勾配線の縦断図

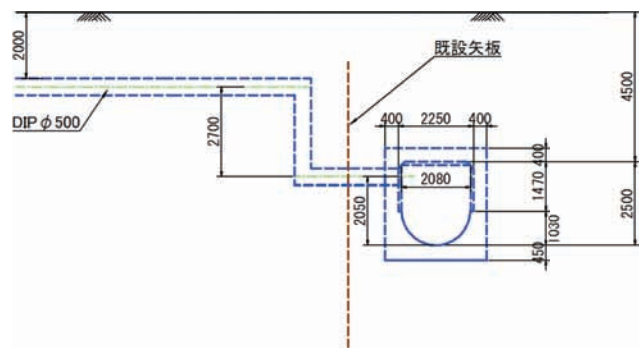


図-3 圧送管路吐出し部の概要図

3 対策の検討

3.1 対策方針の検討

硫化水素による腐食の対策として、表-2に示す(1)発生源対策、(2)腐食抑制、(3)防食の3つの方針がある。対策方針は腐食環境条件表-3を考慮した検討を行った。圧送管吐出し部において金沢市企業局にて計測された硫化水素濃度図-4から、以下の状況がみられた。

- (i) 日によって大きい時もあるものの、ポンプの運転毎に発生する濃度は比較的一定である。
- (ii) 硫化水素はポンプ運転時に発生し、停止後消散する。(最大値概ね40ppm,最小値は0ppm)
- (iii) 平均硫化水素濃度は2.0~5.5ppmと比較的小さい。(腐食環境『I種』の環境例は平均50ppm)

上記の硫化水素濃度及び圧送距離約2000mという条件より、当該圧送管路については腐食環境『II種』と分類した。また、II種でも平均硫化水素濃度が低いことから、(1)発生源対策を必要とせず、(2)腐食抑制及び(3)防食による対策を検討した。

表-2 硫化水素による腐食への対策方針

腐食対策の分類	対策の主眼
(1) 発生源対策	下水中の硫酸イオン濃度の低下
	硫化物生成の抑制・固定
(2) 腐食抑制	硫化水素の放散防止
	微生物の活動抑制
(3) 防食	耐硫酸性材料の採用
	耐蝕コンクリート

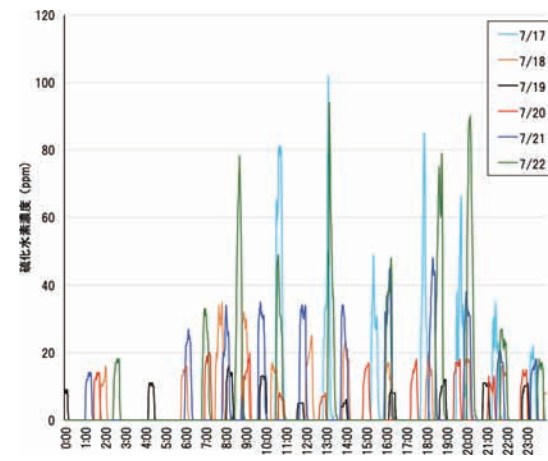


図-4 硫化水素濃度計測結果(一部)

要因	圧送管吐出し先の管路施設(マンホールポンプを含む)	ビルビット排水が排出される箇所の上下流部	高濃度硫化物を含む特殊排水が排出される箇所の上下流部	伏越し下流部
I種	圧送管延長が1,000m以上で、上流より硫酸塩等の硫酸成分を多量に含む特殊排水の流入がある場合。			
II種	圧送管延長が500m以上で、水量が比較的多い場合。	飲食店があるオフィスビルや、デパート等比較的大規模なオフィスのビルビットから排出される場合。	高濃度硫化物を含む特殊排水が、下水管に流入する可能性がある場合。特殊排水の水質調査を基に、II種、III種を設定する必要がある。	伏越し上流部に圧送管が布設されている場合や、硫酸塩等の硫酸成分を含む特殊排水の流入がある場合。
III種	圧送管延長が500m未満で、水量が比較的小さい。かつ、硫酸塩等の硫酸成分を含む特殊排水の流入がない場合。	比較的小規模なオフィスのビルビットから排出される場合。		伏越し管内での滞留時間が1時間以上に及ぶ可能性がある場合。

表-3 腐食環境の分類²⁾

3.2 対策工の検討

(1) 腐食抑制対策

硫化水素発生要因として、i)吐出し部付近の管路勾配、ii)吐出し部の落差があり、この2つの要因に対して腐食抑制となる『合流時の攪乱防止』『落差の解消』を目的として、ドロップシャフトと推進工法による接続案を採用した(図-5)。ドロップシャフトでは、小流量から設計流量まで整流効果が得られ、副管の適用範囲である2.0mを超える落差での接続が可能となる。また、ドロップシャフトにより落差処理された汚水を管底付近へ推進工法により接続し、硫化水素の抑制を図った。

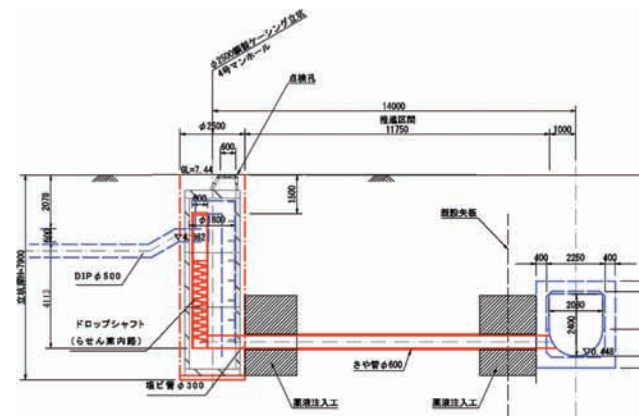


図-5 対策工法概要図

(2) 防食

防食として、耐硫酸性の管材の採用がある。耐硫酸性の管材には、硬質塩化ビニル管やポリエチレン管、FRPM管等の樹脂系管材がある。今回破損した管路の前後もダクトイル鋳鉄管であり、既設管との接続を考慮し、ダクトイル鋳鉄管の『内面エポキシ樹脂粉体塗装ライニング』管材を採用した。防食の適用範囲については、硫化水素の影響範囲を管路縦断面より抽出した(図-6)。※本区間については、金沢市が管厚調査を実施し、必要に応じて布設替を行っている。

また、(1)の腐食抑制にて検討したドロップシャフトを設置するマンホールへのライニング防食等、路線全体にわたって耐硫酸性材料による防食を検討した。

4 今後の課題

本件と同様に硫化水素による腐食のおそれが高い箇所として、本件のような①段差・落差の大きい箇所、②圧送管の吐出し部や、③伏越し下流側の人孔・管路、④その他腐食するおそれの大きい箇所(ビルビットの吐出し部及び硫化物の多く含まれる排水を受ける箇所等)が挙げられる。

このような箇所では、本件のような道路陥没等の事故に至る腐食のおそれがあるが、これまでの一般的な手法、すなわち下水道台帳等のデータから布設年度や管材といった指標だけでは抽出することができないことから、把握できていないと考えられる。

このため、施設の経過年数の大小に関わらず、机上でのスクリーニングや、硫化水素の計測、管厚調査等により、早急に把握する必要がある。

この他、平成27年度より施行されている改正下水道法において、「腐食のおそれが高い箇所については

5年に1度以上の目視その他適切な方法により点検を実施する」ことが義務付けられており、ストックマネジメントの実施により、箇所の選定や維持管理方法の策定が必要となってきている。

このような情勢の中、本件において、このような検証、対策方法の検討などを実施できたことは有意義であった。本件における経験を活かし、様々なケースで技術を深めつつ展開していく所存である。

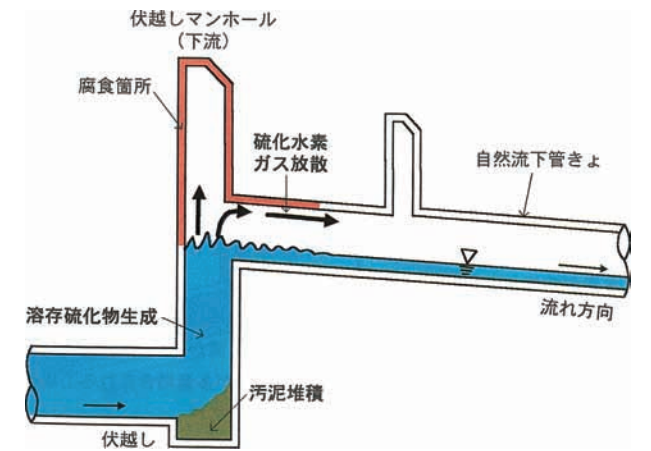


図-7 腐食環境の例(伏越し下流部)⁴⁾

謝辞: 本業務の遂行にあたり、金沢市企業局の関係者様には適切なご助言、ご指導、ご支援を賜り、心より感謝申し上げます。

- 1): 国土交通省、下水道事業における法定耐用年数
- 2): 「圧送管路の調査・診断の手引」(下水道圧送管路研究会)
- 3): 「下水道管路施設腐食対策の手引き(案)」(日本下水道協会)
- 4): 「下水道管路施設腐食対策の手引き(案)」(日本下水道協会)

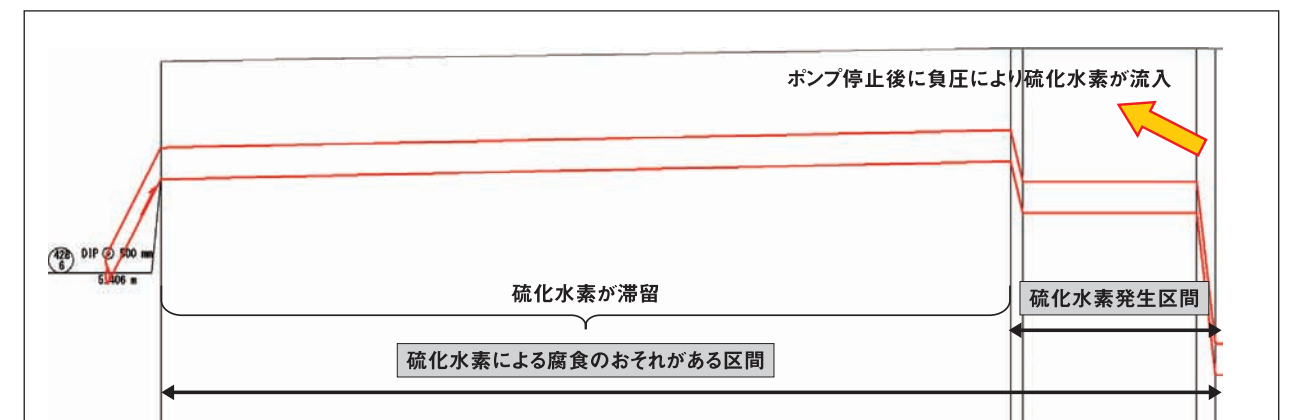


図-6 防食範囲検討図(管路縦断面図)