

下水処理施設におけるコンクリート防食材料への酢酸浸入深さの評価

(国研) 土木研究所 正会員 ○島袋智尋、宮本豊尚、富山禎仁、新田弘之

1. はじめに

下水処理施設のコンクリート構造物では硫酸対策として樹脂によるライニングが施されている。硫酸は下水処理施設における代表的な劣化因子であり、硫酸塩還元細菌や硫黄酸化細菌といった微生物のはたらきによって、下水中に含まれる硫酸イオンから生成される。この硫酸がコンクリートの成分と化学反応をすることで、表層から脱離、剥落が生じ断面欠損することになるため、これを防ぐ対策として樹脂によるライニングを施している。

一方、最近では有機酸によるものと思われる劣化が新たに報告されるようになってきているが、このような劣化については未だ知見が少ない。硫酸のライニング材への浸入挙動は、エネルギー分散型 X 線マイクロ分析装置 (EDS) 等による元素分析による解析事例があるが²⁾、有機酸はライニング樹脂と構成元素が似ているため、同様の分析手法を用いることが困難である。そこで、本研究では、下水処理施設のコンクリート防食に用いられるライニング材の有機酸浸入深さを評価するため、試料を深さ方向に削り出し、樹脂中に浸透した有機酸を溶出させることで浸透量を把握し評価したので報告する。

2. 方法

試験には、下水処理施設のコンクリート防食工法において一般的に用いられている耐硫酸性のエポキシ樹脂と、耐硫酸性に加え耐有機酸性の機能を持つエポキシ樹脂の2種類を用いた。それぞれの樹脂を、円筒状 ($\phi 30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$) の型枠に流し込み、約1週間室温で養生し硬化させ供試体とした。硬化後、温度23、40°C、浸せき期間3、6、9週間の条件で供試体を5 mass%の酢酸水溶液に浸せきさせた。浸せき条件を表-2に示す。

図-1にイオンクロマトグラフ (IC) 用試料の作製手順を示す。浸せき後、円柱の片側端部から5 mmを切落し、切り落した側からイオンクロマトグラフ用の試料を切削することとした。切り落した側において、精密旋盤を用いて供試体の外径から深さ0.5 mmずつ切削し、切り粉を回収した。回収した切り粉0.1 gに対して純水を10 mL加え、30分間超音波処理を行い24時間静置させ樹脂中の酢酸イオンを溶出させた。超音波処理および静置の時間は予備検討のうえ決定した。

溶出作業後、イオンクロマトグラフ分析装置を用いて深さ毎の酢酸濃度を測定した。測定時の装置の条件を表-3に示す。また、浸せき前後で供試体の質量測定を行い、質量変化率を求めた。浸せき後の質量は、酢酸水溶液から取出し直後に表面の水滴を拭った状態で質量を測定した。

表-1 コンクリート防食材料の諸元

材料	樹脂
耐硫酸性 (一般用)	エポキシ
耐硫酸性+耐有機酸性 (耐有機酸用)	エポキシ

表-2 浸せき条件

溶液	温度	浸せき期間
5 mass%酢酸水溶液	23°C	3、6、9週
	40°C	

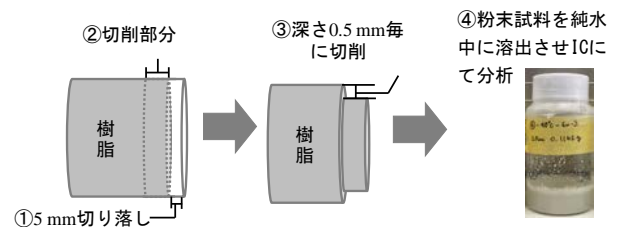


図-1 試料作製の流れ

表-3 イオンクロマトグラフ分析装置の条件

分析機器	Thermo Fisher SCIENTIFIC 社製 Dionex Integrion RFIC
カラム	Dionex IonPac AG1-HC-4 μm (4×50 mm)
ガードカラム	Dionex IonPac AG1-HC-4 μm (4×250 mm)
カラム温度	30°C
溶離液	1-60 mmol/L 水酸化カリウム溶液
溶離液流量	1.2 mL/min
サプレッサー	Dionex ADRS 600 4 mm
検出器	電気伝導度検出器
試料注入量	25 μL
測定時間	36 min

キーワード 下水処理施設、コンクリート防食、ライニング材、樹脂、劣化、酢酸

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 先端材料資源研究センター TEL 029-879-6763

3. 結果

3.1. 質量変化

浸せき試験前後の樹脂の質量変化を図-2 に示す。一般用および耐有機酸用の樹脂ともに、浸せき期間が長くまたは浸せき温度が高くなるにつれ質量変化率が大きくなった。また、同じ浸せき温度で比較すると一般用に比べ耐有機酸用の質量変化が小さいことがわかった。

3.2. 有機酸浸入深さ

イオンクロマトグラフにて検出された酢酸の濃度を図-3、4 に示す。横軸は円柱状樹脂の表層からの深さであり、縦軸は検出された酢酸の濃度である。グラフ上に記載の数値はそれぞれの検出値を示しており、酢酸が検出されなかった条件は検出値の表示を省略した。また、イオンクロマトグラフの検出限界値 1 mg/L を下回る値は参考値として赤字で示しており、酢酸が検出されたことを示すに留まる。

一般用および耐有機酸用ともに、浸せき温度、期間にかかわらず、表面から深さ 0~0.5 mm において酢酸の浸入が認められた。また、全ての条件において浸せき 9 週間で酢酸が検出された。同じ浸せき条件において、一般用と比べて耐有機酸用の方が酢酸の浸入が少ないことが認められた。

4. まとめ

下水道コンクリート構造物に施工されるライニング材において、まずライニング材中への有機酸浸入の可能性を質量変化で評価した。続いて、耐硫酸性のライニング材（一般用）と耐硫酸性に加え耐有機酸性を併せ持つ（耐有機酸用）ライニング材への酢酸浸入深さを評価した。質量変化の結果、一般用に比べ耐有機酸用の質量変化率が小さいため、耐有機酸用は酢酸の浸入が抑制されると考えられた。

イオンクロマトグラフの結果、浸せき温度、期間にかかわらず表層から 0.5 mm の深さに酢酸が検出された。また、浸せき温度が高く、浸せき期間が長くなるほど、酢酸の浸入が促進されることがわかった。ライニング材は施工すると通常 2 mm 程度であり、下水道コンクリート構造物の外部環境によっては、有機酸がライニング材を通り抜け母材に達する可能性が示唆された。以上の結果より、樹脂を 5 mass% 酢酸水溶液へ浸せき後、樹脂の表面を切削し得られた切り粉をイオンクロマトグラフにて酢酸イオンを分析することで、ライニング材中の酢酸浸入深さを評価できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 宮本、高橋、重村、新田、下水処理場におけるコンクリート劣化と防食被覆の有機酸劣化、土木技術資料 Vol.63-4、p.8-11、2021
- 2) 久保内、三品、宇野、下水道用防食樹脂の硫酸環境腐食挙動、第 40 回下水道研究発表会、p.135-137、2003

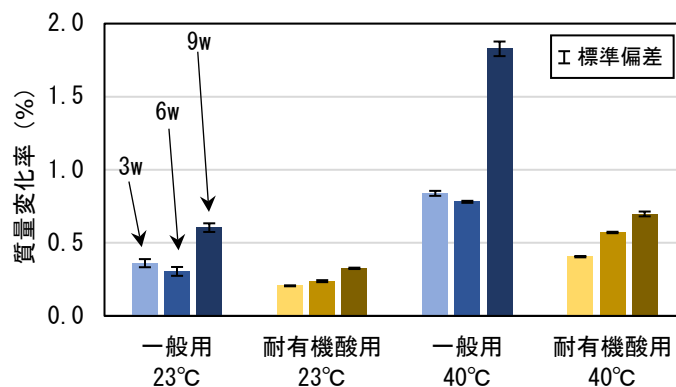


図-2 浸せき試験による質量変化

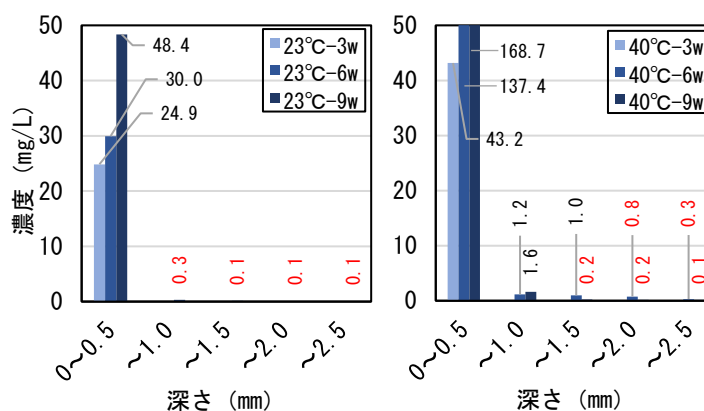


図-3 一般用の酢酸浸入深さ (23°C、40°C)

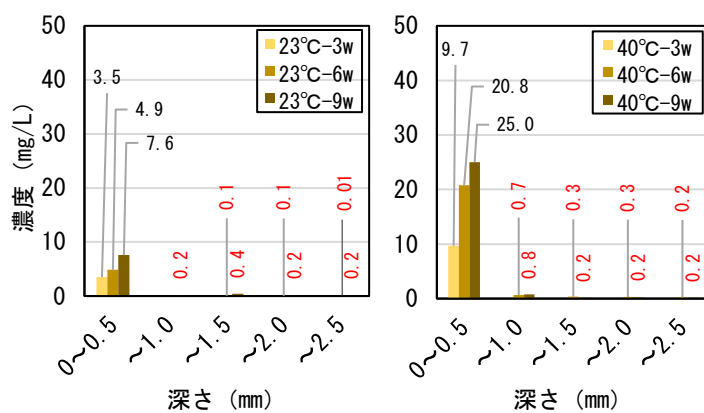


図-4 耐有機酸用の酢酸浸入深さ (23°C、40°C)