



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|------------------|--|
| Title | 硫酸腐食環境下にある下水処理場の耐硫酸モルタルによる補修工法について |
| Author(s) | 須賀, 雄一; 稲毛, 克俊 |
| Description | 第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 1 上下水道管理 . 1-1 |
| Citation | 衛生工学シンポジウム論文集, 13, 35-38 |
| Issue Date | 2005-11-16 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/1325 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 1-1_p35-38.pdf |



1-1 硫酸腐食環境下にある下水処理場の耐硫酸モルタルによる補修工法について

日本下水道事業団 ○須賀雄一、稲毛克俊

1. はじめに

下水道施設では、下水由来の硫化水素から微生物が気相部のコンクリート表面で硫酸を生成するため、アルカリ性材料であるコンクリートの硫酸による腐食が問題となっている。現在、この問題の対策として、有機系樹脂によってコンクリートと硫酸の接触を防ぐ防食被覆工法が採用されているが、コンクリートや断面修復モルタル自体に耐硫酸性を持たせることができれば、コンクリート構造物の耐久性の向上や、場合によっては防食被覆の省略が可能になる。

日本下水道事業団では、樹脂による防食被覆を省略できる性能を持つ耐硫酸モルタルの開発を平成 12 年度から民間企業と共同で実施しており、開発した耐硫酸モルタルに高い耐硫酸性があることを実験により確認した。¹⁾ そこで、この耐硫酸モルタルをコンクリートの硫酸腐食環境下にある下水処理場の流入水路の改築工事に試験的に採用した。今回は施工概要とその後 1 年間の追跡調査の結果について報告する。

2. 調査概要

(1) 使用材料

今回の試験施工には、平成 15 年度までの共同研究により開発した 2 種類の耐硫酸モルタルを使用した。(表-1) これらはいずれも、5%硫酸浸漬試験により普通モルタルの約 5 倍の耐硫酸性があると確認された材料である。^{1) 2)} 施工方法については、どちらの材料も吹き付け、コテ塗りの両工法に対応可能であるが、今回は表-1 のとおりとした。

(2) 施工場所・施工時期

今回の試験施工は、A 処理場の水処理施設の改築工事にあわせて実施した。施工場所は同処理場内の流入ゲートから流量調整槽間の流入水路である。(図-1) 供用開始以降、この水路には常に下水が流れている状況であった。A 処理場は施工時点で供用開始後約 15 年経過しており、流入水路のコンクリートは硫酸腐食によりかなり劣化していた。改築時の腐食環境および劣化状況を表-2 および写真-1 に示す。

表-1 使用した耐硫酸モルタルと工法

| 種類 | 材質 | 施工方法 |
|-----|-----------|------|
| M-1 | 微粒子セメント系 | 吹き付け |
| M-2 | アルミナセメント系 | コテ塗り |

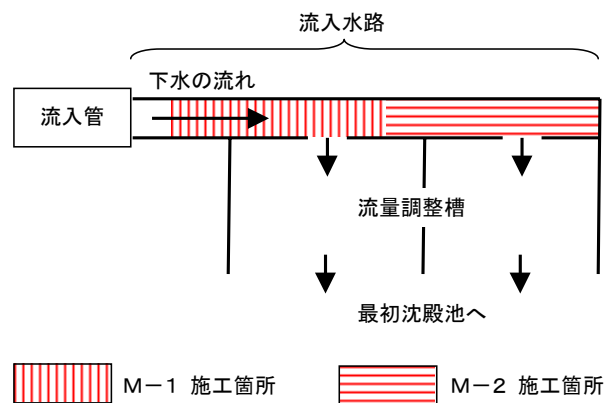


図-1 試験施工場所(流入水路)の概略図

表-2 A 処理場流入水路の腐食環境と劣化状況

| 場所 | 流入水路(コンクリートスラブあり) |
|-------|----------------------|
| 形状 | 600W × 1300H × 1200L |
| 腐食環境 | II-2 類※ |
| 経過年数 | 15年 |
| 中性化深さ | 40mm |
| 鉄筋腐食度 | I (黒被の状態) |

※ 年間平均硫化水素ガス濃度が 10~50ppm で、硫酸によるコンクリート腐食が顕著に見られる腐食環境で、点検補修/改築が困難な箇所。³⁾



写真-1 流入水路の劣化状況(施工前)



写真-2 耐硫酸モルタル施工後の流入水路
(写真-1と同じ場所)

(3) 施工内容

施工は日本下水道事業団の「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術および防食技術指針」に基づいて、平成15年9月から10月にかけて実施した。施工手順は図-2のとおりであり、通常の断面修復工と同じである。試験施工を実施した箇所には、写真-2のとおり樹脂による防食被覆は実施していない。なお、試験施工部以外の改築工事には、硬質塩化ビニル樹脂による防食被覆工法(シートライニング工法)が採用されている。

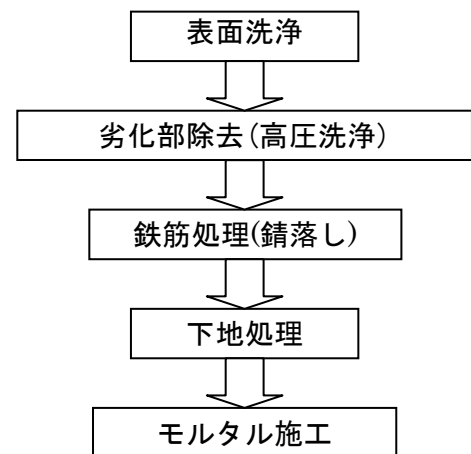


図-2 耐硫酸モルタルの施工手順

(4) 追跡調査

試験施工後の実施設を対象に、表-3の項目について追跡調査を実施した。また、表-4の項目については、試験施工箇所近くに設置し、施工箇所と同等の腐食環境に暴露したモルタル供試体により測定した。

3. 結果

(1) 外観検査

施工完了直後にはM-1、M-2の両方の施工箇所に微細なひび割れが確認されたが、1年後の追跡調査の時点では、この影響によると思われるモルタルの浮き(剥離)や欠損、ひび割れの進行はどちらも確認されなかった。また、モルタル表面には下水由来と思われる付着物が確認されたが、硫酸腐食によると思われるモルタル表面の変化は、どちらの材料

表-3 試験施工箇所に対する調査項目

| 調査項目 | | 調査内容 |
|------|-------------|--|
| 腐食環境 | 浮き(剥離)、ひび割れ | 目視、打診棒による外観検査および写真撮影 |
| | 欠損 | 目視による外観検査、水路幅の測定および写真撮影 |
| 腐食環境 | 水質 | 水温、水素イオン濃度(pH)、酸化還元電位(ORP)、硫酸イオン濃度(SO4 ²⁻)、溶存硫化物(S ²⁻) |
| | 気相 | 硫化水素ガス濃度(連続測定) |

表-4 モルタル供試体による試験内容

| 調査項目 | | 試験内容 |
|------------------------|------|--|
| 重量変化 中性化深さ 生物層調査 | 種類 | ① M-1 ② M-2 ③ 比較用普通モルタル |
| | 養生条件 | 20°C水中28日養生 |
| | 寸法 | φ10×10cm |
| | 材齢 | 暴露6ヶ月、1年および1年目以降は10年目まで毎年 |
| | 試験方法 | 中性化深さは円柱供試体を水平に切断し、フェノールフタレイン呈色反応により測定する。 所定材齢まで暴露後、現地で重量測定を行い、生物層調査用試料を採取する。 |

でも観察されなかった。施工後1年後の施工箇所を写真-3と写真-4に示す。



写真-3 施工後1年目の状況(M-1施工箇所)



写真-4 施工後1年目の状況(M-2施工箇所)

(2) 腐食環境

施工箇所の腐食環境調査の結果を表-5と図-2に示す。M-1施工部とM-2施工部は隣接しており、また、水路はボックスカルバート状であるため、腐食環境はほぼ同じである。硫化水素ガス濃度は9月の測定結果でも当初想定より低い値であったが、試験施工箇所以外でも同様の傾向であり、改築工事の際に水路底の堆積物を除去したためと思われる。なお、耐硫酸モルタル施工箇所に対する特別な維持管理は行われていない。

(3) 重量変化

設置当初を1とした場合のモルタル供試体の1年間の重量変化比を表-6に示す。比較用普通モルタルも含め、いずれの材料についても暴露開始1年後の時点では大きな変化は見られなかった。

(4) 中性化深さ

モルタル供試体の中性化深さを表-7に示す。比較用の普通モルタルについては中性化が若干進行していたが、耐硫酸モルタルについてはどちらの材料も目に見える程度の中性化の進行は見られなかった。

表-5 下水の水質(1年間測定)

| | 最大 | 最小 | 平均 |
|--|------|------|------|
| 水温(°C) | 30.3 | 19 | 23.8 |
| pH | 7 | 6 | 6.8 |
| ORP(mV) | -18 | -203 | -118 |
| SO ₄ ²⁻ (mgSO ₄ ²⁻ /L) | 164 | 7.9 | 23.8 |
| S ²⁻ (mgS ²⁻ /L) | 2.2 | 0.1 | 0.3 |

測定回数21回

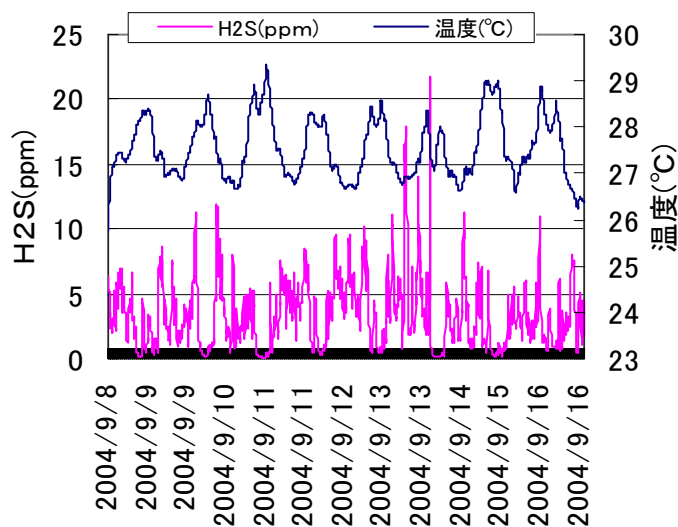


図-2 試験施工箇所の硫化水素ガス濃度と温度の経時変化(9月)

表-6 モルタル供試体の重量変化比

| 種類 | 設置当初 | 6ヵ月後 | 1年後 |
|--------|-------|-------|-------|
| M-1 | 1.000 | 1.006 | 1.008 |
| M-2 | 1.000 | 1.010 | 1.009 |
| 普通モルタル | 1.000 | 1.007 | 1.006 |

中性化に関して、試験施工箇所表面の結露水の硫酸イオン濃度とpHの経時変化を図-3 および図-4 に示す。硫酸イオン濃度はM-1、M-2、樹脂による防食被覆箇所とも1年目までは大きな差は無いが、防食被覆箇所では施工後（供用開始後）3ヶ月後あたりからpHが大きく低下している。硬質塩化ビニル樹脂は硫酸と反応性が無いため、このあたりから硫黄酸化細菌の活動が活発になったと思われる。これに対し、M-1、M-2施工箇所ではpHの大きな低下は見られない。これは硫酸がモルタル内部のアルカリ分で中和されているためであると考えられる。中和反応の際生成する2水石膏は腐食性物質であり、剥離するため、新たなアルカリ分が供給される。耐硫酸モルタル表面の反応サイクルは図-5 のようになると考えられる。

4. まとめと今後の課題

- ① 高い耐硫酸性を持つ修復モルタルを実処理場の腐食した流入水路の断面修復材兼防食材として使用し、樹脂による防食被覆を省略して1年間観察した結果、修復モルタルの表面に変化は見られなかった。
- ② 1年経過後のモルタルの重量変化率は、耐硫酸モルタルと普通モルタルでは違いが確認できなかった。また、中性化深さについては若干の違いが確認できたが、今後継続して観察する必要がある。
- ③ 今後、耐硫酸モルタルによる防食工法を新しい工法として確立するために、適用可能な環境条件や設計手法など、必要な条件の整理を行う必要がある。

参考文献：

- 1) 三品文雄他：「下水道施設のコンクリート劣化診断手法と耐久性向上技術の実用化に関する調査」, 日本下水道事業団技術開発部報, 2003-2005
- 2) 須賀雄一他：「下水処理施設におけるコンクリート腐食対策への取り組みについて」, 第12回衛生工学シンポジウム概要集, 2004
- 3) 日本下水道事業団：「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術および防食技術指針・同マニュアル」, 2002

表-7 モルタル供試体の中性化深さ(単位:mm)

| 種類 | 設置当初 | 6か月後 | 1年後 |
|--------|------|------|-----|
| M-1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| M-2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 普通モルタル | 0.0 | 0.0 | 0.2 |

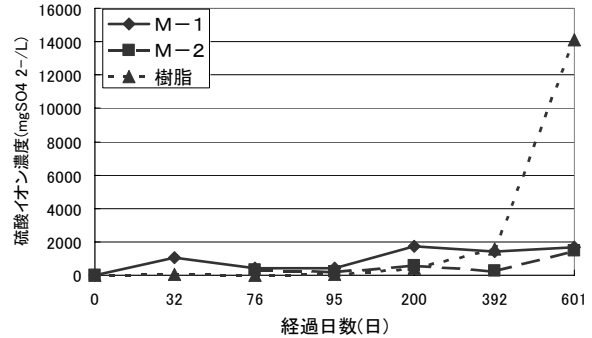


図-3 表面結露水の硫酸イオン濃度

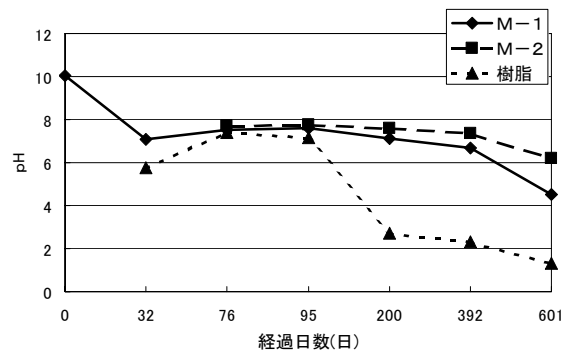


図-4 表面結露水のpH

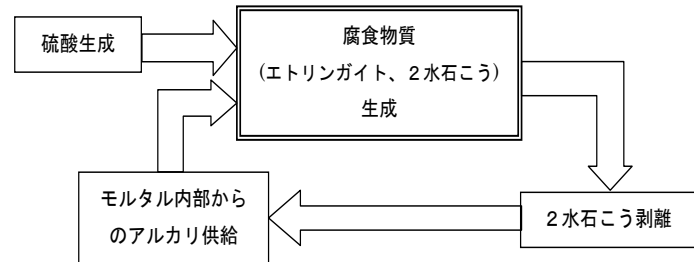


図-5 耐硫酸モルタルの腐食反応サイクル