

下水道施設に用いる防食被覆材の耐硫酸性と抗菌性の評価に関する研究

愛媛大学 学生会員 徳田真輝

愛媛大学大学院 フェロー 氏家勲 正会員 正会員 河合慶有

株式会社スナミヤ 砂見明 コスモケミカルズ 閤田廣

1. まえがき

高度経済成長期に建設・整備された生活基盤を支える社会資本の1つに下水インフラが挙げられる。講演概要は、聴講者の便宜のため、かつ来聴できない会員に発表内容を速報するために作成します。一般的なコンクリート構造物では、中性化、塩害、アルカリ骨材反応等による耐久性の低下があるが、下水道コンクリート構造物では、硫黄酸化菌が施設内で発生する硫化水素ガスから硫酸を生成し、それによりコンクリート構造物を劣化させる。本研究は耐硫酸性だけでなく、硫酸生成の原因となる下水道施設内の細菌への抗菌性も有する防食被覆材に着目して、硫酸浸漬試験と活性汚泥を使用した抗菌試験を実施して、防食被覆材の耐硫酸性および抗菌性について検討・評価したものである。

2. 実験概要

実験には70×160×20mmのモルタル版に防食被覆材を塗布した供試体を用いた。なお、供試体には硫酸の作用を一面だけにするために、図1のように試験面以外に耐硫酸効果のあるエポキシ接着剤とパラフィンでコーティングした。表1は防食被覆材の配合割合を示す。割合は重量比で示している。防食被覆材は3層からなり、その組合せも表2に示す。なお、銅スラグ微粉末、銅錯体および無水硫酸銅微粉末は抗菌効果が期待させる材料として配合している。



図1 コーティング後の供試体

硫酸浸漬試験では、下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食マニュアルに規定された塗布型ライニング工法の品質規格を参考にして、pH3、pH1 および10%の硫酸水溶液のそれぞれに所定の日数浸漬した後、被覆材の外観を観察した。なお、10%の硫酸水溶液に浸漬させた場合には、最初の1ヶ月は1週間に1度、以降は1ヶ月に1度硫酸水溶液の交換をし、また、硫酸の浸透を確認するため、試験終了後に供試体を切断し、切断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧して、中性化深さを測定した。

抗菌性試験では実際の下水道施設から活性汚泥を採取し、採取した活性汚泥を別々の容器に分け、その容器に供試体を浸漬させ、10日後に活性汚泥中の細菌の量を標準寒天培地法で測定した。なお、試験中は好気性細菌である硫黄酸化菌が活性化するように曝気し続けた。

3. 実験結果および考察

pH3の硫酸水溶液での浸漬試験ではNo.1~No.6の全ての供試体で30日間浸漬しても図示はしていないが、供試体の浸透面にふくれ、割れ、軟化は見られず、溶出も観察されなかった。また、pH1の硫酸水溶液での浸漬試験でもNo.2~No.6の供試体で30日間浸漬しても、供試体の浸透面にふくれ、割れ、軟化、溶出の劣化が認められなかった。これらの結果から、No.2~No.6は下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食マニュアルに規定された塗布型ライニング工法の品質規格のB種を満足する耐硫酸性を有している。なおNo.1はpH1の硫酸水溶液に30日浸漬した後、表面に大きさが数mmの小さなふくれが約10箇所観察された。このふくらみは下塗りに含まれている高炉セメントが硫酸と反応して石膏を生成したためと考えられる。さらに、No.1の

表1 防食被覆材の配合割合と各層の組合せ

| | A | B | C | D | E | F | G |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| 鉄鋼スラグ微粉 | 22 | 39 | 49 | 72 | 49 | 29 | 47 |
| 銅スラグ微粉 | | | | | | 20 | |
| 高炉セメント | 25 | 30 | | | | | |
| 銅錯体 | 2 | | | 2 | | | |
| 無水硫酸銅微粉 | | | | | | | 2 |
| 混和材 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 水性フッ素クリヤー | 50 | | | 25 | 50 | 50 | 50 |
| 水性エポキシ樹脂 | | 30 | 50 | | | | |

(重量比)

| | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 上塗り | D | D | A | E | F | G |
| 中塗り | D | D | A | E | E | E |
| 下塗り | B | C | B | E | E | E |

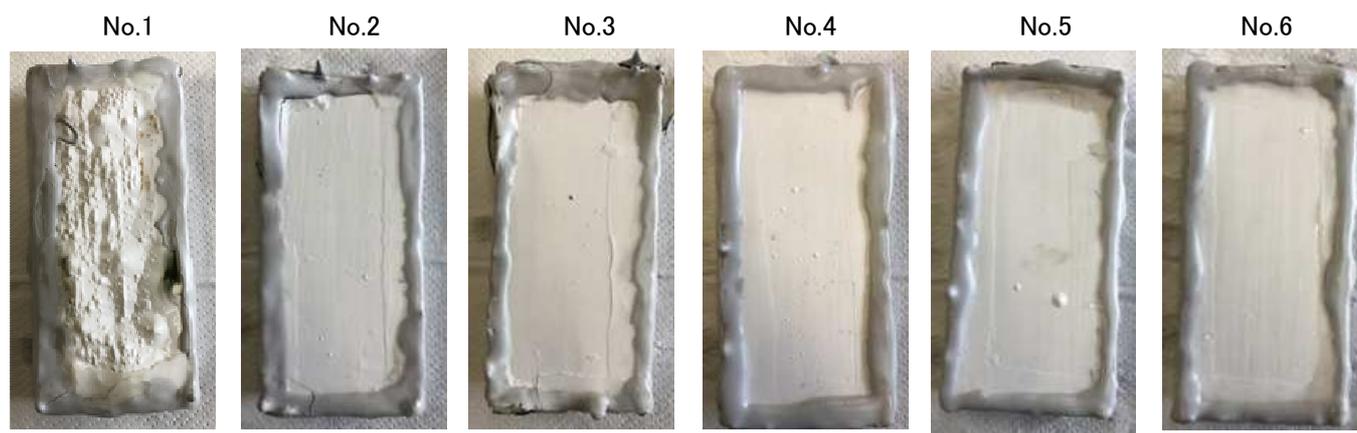


図2 10%硫酸水溶液浸漬試験結果(120日経過後)

上塗りと中塗りにはD配合が用いられているが、ふくれが生じなかった高炉セメントを含んでいる No.3 に比べて水性フッ素クリアーの割合が半分となっており、そのことも硫酸の浸透に影響したものと思われる。10%硫酸水溶液への浸漬試験は2度行った。最初の試験では No.2~No.6 において供試体中央部では劣化が観察されなかったが、角の部分のコーティング不良によりひび割れが生じたため、pH3の浸漬試験で使用した供試体を用いて再度10%硫酸水溶液への浸漬試験を行った。図2は10%硫酸水溶液に120日間浸漬した供試体の表面を示す。No.1はpH1の浸漬試験でも劣化が確認されたが、10%の浸漬試験でも大きく劣化して

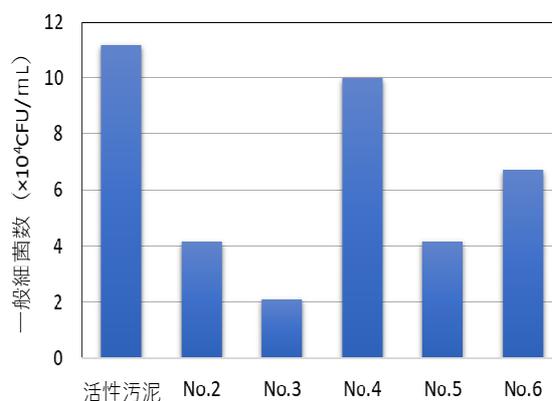


図3 活性汚泥中の一般細菌数

いる。No.1の膨らみはモルタル版が硫酸と反応して石こうができたものである。No.2~No.6に関しては2度行った10%硫酸水溶液浸漬結果から下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食マニュアルに規定された塗布型ライニング工法の品質規格のD種を満足する耐硫酸性を有しているといえる。なお、図2のNo.4とNo.5にふくれが見られるが、これはpH1の浸漬試験を行ったためであり、1回目の10%の浸漬試験ではふくれなどの劣化は観察されなかった。また、破断面での中性化試験においても、No.2~No.6のモルタル版は中性化しておらず、D種を満足する硫酸侵入に対する遮断性を有していることを示唆していると思われる。図3は抗菌性試験の結果を示す。なお、No.1は耐硫酸性がなかったことから、抗菌性に供していない。鉄鋼スラグ粉末のみを含んだNo.4は供試体を入れなかった活性汚泥単味とほぼ同じ細菌数であるが、銅錯体を含む被覆材では活性汚泥単味より約18%~37%に低下している。また銅スラグを含む被覆材も銅錯体と同程度の細菌数の減少となっており、防食被覆材に抗菌効果を付与できたと言える。硫酸水溶液の浸漬試験においてNo.1が劣化したことから、水性フッ素クリアーおよび水性エポキシ樹脂には完全な遮断性はないと考えられ、被覆材から銅イオンが出て抗菌性が作用したものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、水性フッ素クリアーを所定の量用いることで日本下水道事業団の塗布型ライニング工法の品質規格のD種を満足する耐硫酸性を有する防食被覆材を作製することができ、さらに銅錯体あるいは銅スラグを配合することによって、防食被覆材に抗菌性を付与することができた。今後は耐硫酸性を満足する水性フッ素クリアーの最適量を明確にし、硫酸発生の原因である硫酸化菌に対する抗菌性を検討する必要がある。

参考文献

1)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及び防食技術マニュアル, 2017年