

研 究 報 告

令和 8 年 4 月 1 0 日

公益財団法人 前田記念工学振興財団

理 事 長 岸 利 治 殿

研究代表者

所 属 : 金沢工業大学 バイオ・化学部

氏 名 : 大嶋俊一

研究課題名 : 抗菌剤を添加した表面含浸材の効果に関する基礎的検討

助成金額 : 1 0 0 万円

研究実施期間 : 自 令和 7 年 4 月 1 日 ~ 至 令和 8 年 3 月 3 1 日

抗菌剤を添加した表面含浸材の効果に関する基礎的検討

Study on the effect of surface penetrants containing antibacterial agents

金沢工業大学 教授 大嶋俊一

（研究計画ないし研究手法の概略）

1. 研究計画

下水道施設等における硫酸劣化は、嫌氣的条件下で微生物の働きにより汚泥等から発生した硫化水素が気中に拡散し、さらに好氣的条件下で硫黄酸化細菌により硫酸が生成されることで生じる。本研究の最終目的は、抗菌剤を添加した表面含浸材を塗布することで、その抗菌作用を利用し下水道施設等における硫酸劣化を防ぐ保全法を提案するものである。そこで、本研究では、抗菌剤を添加した表面含浸材について、その抗菌特性を評価するとともに、表面含浸材の塗布効果として、透水抑制効果に着目し、抗菌剤の添加が透水抑制効果に及ぼす影響について明らかにするために基礎的検討を行った。

2. 研究手法の概略

本研究を実施するにあたり、普通ポルトランドセメントを用いて、水セメント比 0.55、砂セメント比 3.0 でモルタル供試体を作製した。材料を練り混ぜ、型枠に打設し、温度 20 °C、相対湿度 80%の条件下で 24 時間静置後、脱型した。その後、水温 20 °C で 7 日間水中養生し、さらに温度 20 °C、相対湿度 60%で 28 日間気中養生を行った。抗菌特性の評価では 50 × 50 × 7 mm、改質効果の検討では 100 × 100 × 100 mm のモルタル供試体を用いた。

抗菌剤を添加した表面含浸材の抗菌特性を評価するために、打設時の底面を試験面とし、試験面を研磨後、微生物を滅菌するためにエタノールに浸漬し、十分に乾燥させた。試験面に表面含浸材を 0.5 g 塗布し、一定期間養生後、JIS Z 2801「抗菌加工製品-抗菌性試験法」のフィルム密着法に準拠し、試験菌として大腸菌（NBRC 3301）を用いて試験面における抗菌特性を評価した。フィルム密着法とは、試験面に試験菌懸濁液を滴下し、フィルムを被せ、24 時間培養した後、試験菌を回収し、回収した試験菌液中の生菌数より、抗菌活性値 R を求め、抗菌作用を評価する方法であり、抗菌活性値 R が 2.0 以上であれば、抗菌作用があるとする。本研究で行ったフィルム密着法の概要を図 1 に示す。また、抗菌剤として、天然のリグニンを化学処理したリグニンスルホン酸ナトリウム（NaLS）およびリグニン（アルカリ）（L(A)）を購入し、実験に用いた。

また、抗菌剤を添加した表面含浸材の改質効果を検討するために、型枠に接していた面を試験面として研磨後、表面含浸材を 2.0 g 塗布した。一定期間養生後、JSCE-K 572 2012 に準拠して透水量試験を行った。

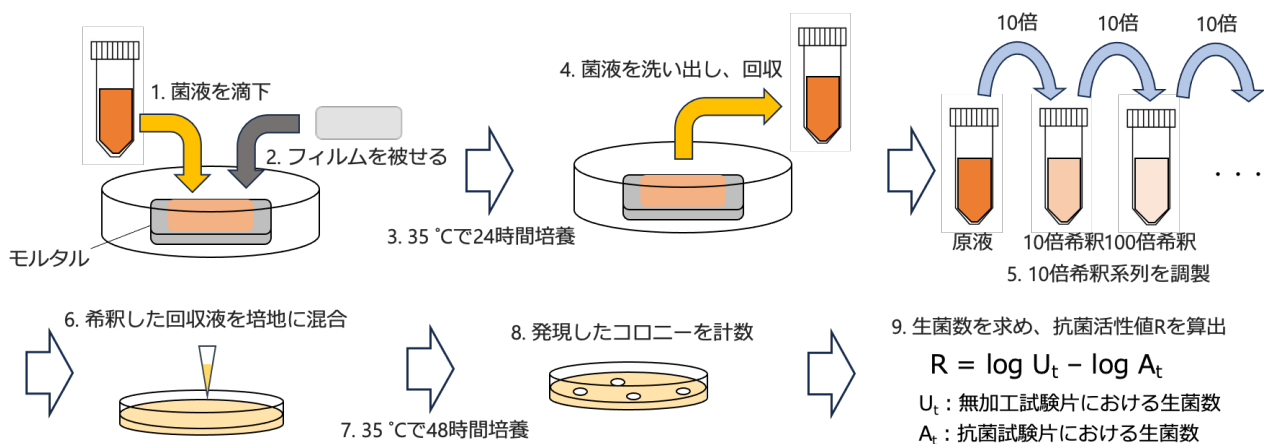


図 1 抗菌特性評価のためのフィルム密着法の流れ

（実験調査によって得られた新しい知見）

3. 抗菌剤を添加した表面含浸材の抗菌特性評価

JIS Z 2801 のフィルム密着法は、モルタルのような多孔質材料表面における抗菌試験を想定しておらず、実際にフィルム密着法を用いて試験を行ったところ、無加工試験片（表面含浸材を塗布していないモルタル供試体）におけるコロニーの発現がまばらであり、フィルム密着法をそのまま適用することが困難であることが示唆された。そこで、菌液の洗い出しの方法および洗い出しに用いる培地の体積を変更したところ、十分なコロニーの発現を確認でき、フィルム密着法を適用可能であることを確認した。

けい酸塩系表面含浸材にリグニンスルホン酸ナトリウム（NaLS）水溶液またはリグニン（アルカリ）（L(A)）を添加し、1.0 wt%または 5.0 wt%の NaLS を含む表面含浸材および 1.0 wt%の L(A)を含む表面含浸材を調製した。調製した表面含浸材をモルタル供試体に塗布し、改良したフィルム密着法を用いて、抗菌試験を行った。抗菌剤を含まないけい酸塩系表面含浸材を塗布した試験体を無加工試験片とした。調製した 10 倍希釈系列の回収液を標準寒天培地に混釈し、24 時間培養後に発現したコロニー数より生菌数を求め、抗菌活性値 R を算出したところ、いずれも 0.5 以下となり、抗菌作用が認められなかった。リグニンスルホン酸ナトリウムやリグニン（アルカリ）の抗菌作用はあまり強くないため、抗菌剤の濃度が不十分であった可能性が考えられる。

次に、シラン系表面含浸材に、NaLS 水溶液を添加し、抗菌剤を添加した表面含浸材を調製した。NaLS 水溶液の添加量を変化させ、NaLS を 20 wt%または 33 wt%含む表面含浸材を調製した。調製した表面含浸材をモルタル供試体に塗布し、改良したフィルム密着法を用いて、抗菌試験を行った。図 2 に表面含浸材塗布後のモルタル試験片の様子を示す。33 wt% NaLS を含むシラン系表面含浸材を塗布したモルタル試験体では、表面にリグニンスルホン酸ナトリウムと思われる結晶が析出していた。試験面に試験菌懸濁液を滴下したところ、試験面表面に広がり、モルタル内部への浸透はほとんど見られず、撥水層は維持されていることを確認できた。

調製した 10 倍希釈系列の回収液を標準寒天培地に混釈し、24 時間培養後に発現したコロニーの様子を図 3 に示す。左側の無加工試験片とした抗菌剤を含まないシラン系表面含浸材を塗布したモルタル試験体では、1000 倍希釈液においても多数のコロニーが発現したが、右の 33 wt% NaLS を含むシラン系表面含浸材を塗布した試験体では、原液（希釈なし）に

において発現したコロニー数は非常に少なかった。抗菌剤を含まないシラン系表面含浸材を塗布した試験体を無加工試験片とし、試験成立条件に基づき、30～300 個のコロニーが発生した希釈系列より、生菌数を求め、抗菌活性値 R を算出したところ、20 wt% NaLS を含むシラン系表面含浸材を塗布した試験体では R は負の値となり、抗菌作用が認められなかった。一方、33 wt% NaLS を含むシラン系表面含浸材を塗布した試験体では、 $R = 4.4$ となり、33 wt% NaLS を含むシラン系表面含浸材を塗布したモルタル試験体では抗菌作用が認められた。以上のことより、抗菌剤としてリグニンスルホン酸ナトリウムをシラン系表面含浸材に添加することで、表面含浸材に抗菌能を付与することが可能であることが示唆された。しかしながら、今回抗菌作用を発現した濃度のシラン系表面含浸材を調製するには、溶解度に近い濃度のリグニンスルホン酸ナトリウム水溶液を調製する必要があり、表面含浸材の調製や安定性に悪影響を及ぼす可能性があるため、リグニンスルホン酸ナトリウムよりも強い抗菌作用を持つ抗菌剤を選択する必要があると考える。今後、他の抗菌剤を添加した表面含浸材を調製し、その抗菌特性を検討する予定である。

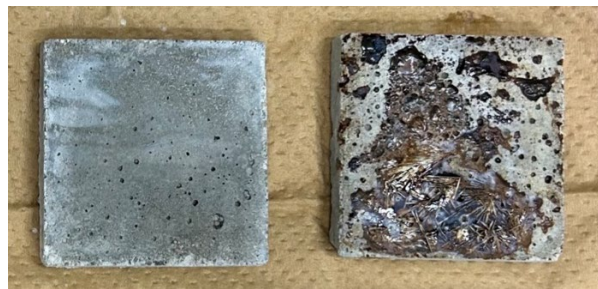


図 2 表面含浸材を塗布したモルタルの写真（右：33 wt% NaLS を含むシラン系表面含浸材を塗布したモルタル試験体）



図 3 コロニー発現の様子（左：表面含浸材のみを塗布したモルタル試験体から回収した菌液の 1000 倍希釈系列でのコロニー、右：33 wt% NaLS を含むシラン系表面含浸材を塗布したモルタル試験体から回収した菌液の原液でのコロニー）

4. 抗菌剤を添加した表面含浸材による透水抑制効果の検討

けい酸塩系表面含浸材にリグニンスルホン酸ナトリウム水溶液またはリグニン（アルカリ）を添加し、0.5 wt%, 1.0 wt%, 5.0 wt% の NaLS を含む表面含浸材および 1.0 wt% L(A) を含む表面含浸材を調製した。調製した表面含浸材をモルタル供試体に塗布し、塗布面における透水量試験を行った結果を図 4 に示す。なお、表面含浸材を塗布していないモルタル供試体をブランクとした。

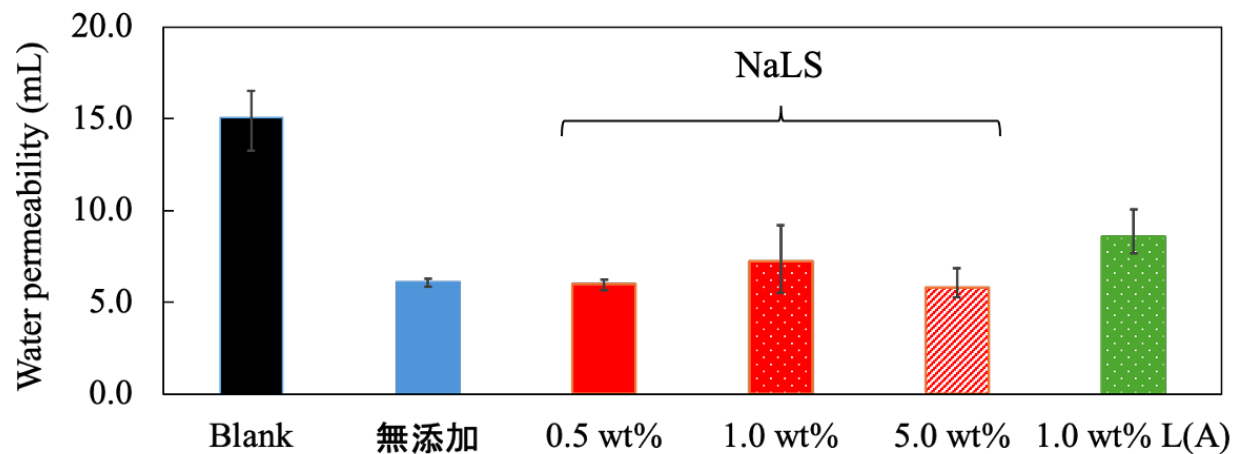


図 4 抗菌剤含有けい酸塩系表面含浸材を塗布したモルタル試験体における透水量

図 4 より、NaLS の濃度によらず、抗菌剤を添加しても、ブランクに比べて透水量は少なく、抗菌剤を添加していないけい酸塩系表面含浸材の透水抑制効果とほぼ同程度の効果が確認できた。一方、L(A)を添加したけい酸塩系表面含浸材での透水量は、抗菌剤を添加していないけい酸塩系表面含浸材に比べて、多少増加傾向にあったが、ブランクの透水量の半分程度であり、十分な透水抑制効果が得られたと考えられる。これらの結果から、今回用いた抗菌剤の添加は、けい酸塩系表面含浸材の透水抑制効果に大きな影響を及ぼさないことが示唆された。しかしながら、今回透水量試験を行った試験体の抗菌剤濃度では十分な抗菌作用が得られないため、今後、より高濃度の抗菌剤の添加が透水抑制効果などの表面含浸材の塗布効果に及ぼす影響について検討する必要がある。

(発 表 論 文)

本研究内容は未発表であり、現在、成果発表・論文投稿に向けた準備・検討を行っている。