

表面保護工法によるレジンコンクリートマンホールの劣化抑制

氏名：笠井倫
指導教員：下村匠

1. はじめに

1.1 研究背景

電気通信用設備として全国に約 12 万基設置されているマンホールには、高強度かつ高耐久なレジンコンクリート（以下、REC）が用いられている。REC はセメントと水を使用せず、不飽和ポリエステル樹脂を結合材とした材料である。しかし、近年の調査により、供用開始から約 40 年経過した段階で曲げ強度が初期値の約半分に低下する事例が報告されている¹⁾。既往の研究^{2) 3)}により、この劣化の主因は外部からの水分浸透であることが特定されており、小型供試体を用いた 60°C 環境下での加速試験に基づく劣化予測モデルが構築されている。

1.2 研究目的

本研究では、水分浸透を直接的に遮断するため、既存のセメントコンクリート用の表面保護材を REC に適用し、その劣化抑制効果を実験的に検証することを目的とする。また、実際のマンホールの壁厚に相当するサイズの供試体の力学挙動データを実験的に取得することを主眼とし、併せて既往の解析モデルを用いた再現性についても検討を行う。

2. 表面保護材による劣化抑制効果の検証

2.1 試験概要

保護材として、含浸系（シラン系）および塗膜系（有機系アクリル塗料、エポキシ樹脂）を選定した。試験環境は、40°C 温水浸漬、および 20°C 高湿度環境（相対湿度 90% 以上）の 2 条件とし、供試体（40×40×160mm）の質量増加量（吸水量）を測定した。

2.2 試験結果

図-1、図-2 にそれぞれの環境における質量増加量の結果を示す。質量増加量を吸水抑制の指標とした今回の試験においては、いずれの保護材も明確な劣化抑制効果を確認できなかった。シラン系保護材については、REC 表面に対する濡れ性が著しく低く、適切な撥水層が形成されなかったことが主因と考えられる。塗膜系については、特に有機系塗料において塗膜自体が吸水・膨潤し、無保護ケースを上回る質量増加を示した。

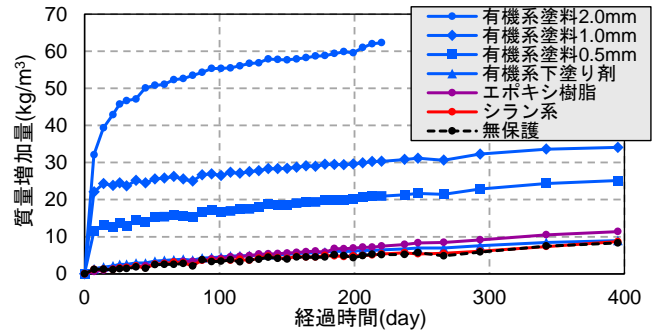


図-1 【40°C 温水浸漬環境】質量増加量推移

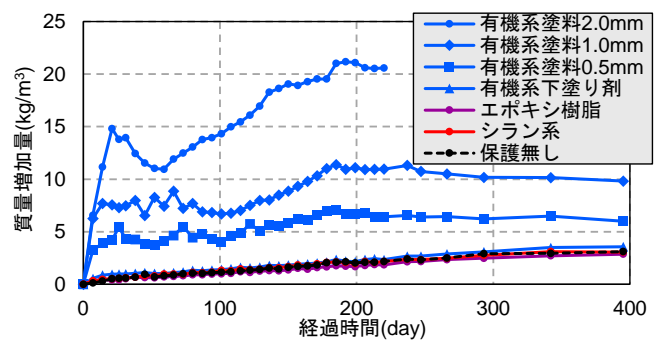


図-2 【20°C 高湿度環境】質量増加量推移

エポキシ樹脂では 20°C 環境下で僅かな抑制が見られたが、有意な差とは判断し難い。

以上の通り、吸水量のみを指標とした今回の検証では効果の判定が困難であり、真の保護効果を適正に評価するためには、供試体の純粋な吸水量を評価できる別途試験による検証が必要である。

3. 実壁厚サイズ供試体の力学挙動検証

3.1 実験方法

実壁厚サイズの供試体（100×100×400mm：T100 および 150×150×530mm：T150）を用い、60°C 温水浸漬による劣化促進試験を実施した。浸漬 1 ヶ月および 2 ヶ月経過時点で曲げ強度試験を実施し、吸水面数（1 面、2 面、4 面吸水）が劣化速度に与える影響を検討した。

3.2 質量増加量および曲げ強度の検討

質量増加量に関しては、図-3 に示す通り T100・T150 とともに比表面積に応じた吸水速度の差を確認した（以降、図中の凡例末尾数字は吸水面数を示す）。

曲げ強度は、T100 初期供試体の引張縁近傍に粗大空隙が確認され値が不安定であったため、低下挙動を適

表面保護工法によるレジンコンクリートマンホールの劣化抑制

氏名：笠井倫
指導教員：下村匠

切に採取できた T150 を主軸に展開した。図-5 の実験値 (Ex) に示す通り、T150 では緩やかではあるが、吸水に伴う強度低下が確認されたため、実構造物の壁厚に相当するスケールにおいても、水分浸透に起因する力学的な劣化が着実に進行していると考えられる。この現象を統一的に説明するため、次章では数値解析を用いた再現を試み、実験値との整合性を評価する。

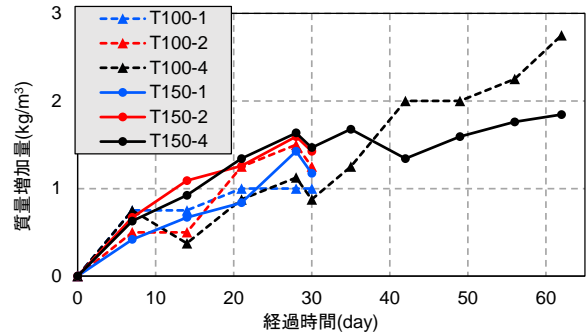


図-3 吸水面ごとの質量増加量推移

4. 数値解析手法の説明と再現性の検討

4.1 数値解析フロー

実験で得られた強度低下挙動を再現するため、既往の数値解析手法を用いて図-4 に示すフローで再現解析を試みた。

1. 水分拡散計算：Fick の拡散方程式に基づき、部材内部の含水率分布を算出する。
2. 構成則の決定：各要素の含水率に応じ、既往の研究で定義された応力-ひずみ関係を適用する。
3. 曲げ解析：非線形材料特性を考慮した断面解析により、曲げ応力を算出する。

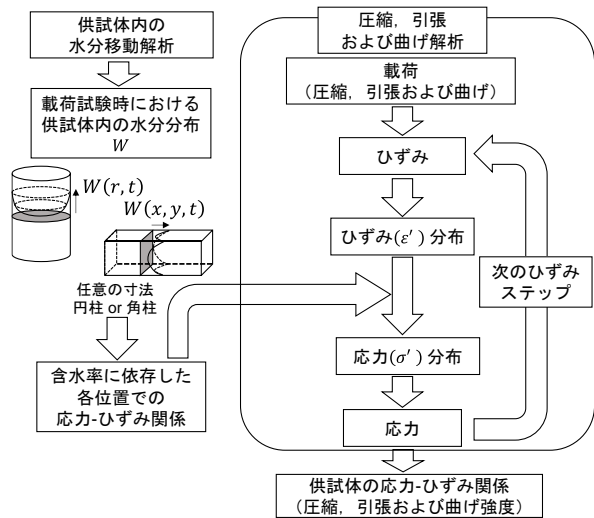


図-4 数値解析フロー

4.2 解析結果と実験値の比較

T150 における曲げ強度の数値解析結果を実験値と同時にプロットした結果、解析値は実験値が示す緩やかな強度低下傾向を概ね追従することを確認した。

(図-5 参照)。これは、円柱供試体 (φ50×100mm) を基準に設定された材料パラメータを用いることで、実構造物に近いスケールにおいても劣化挙動を一定の精度で再現できる可能性を示唆している。

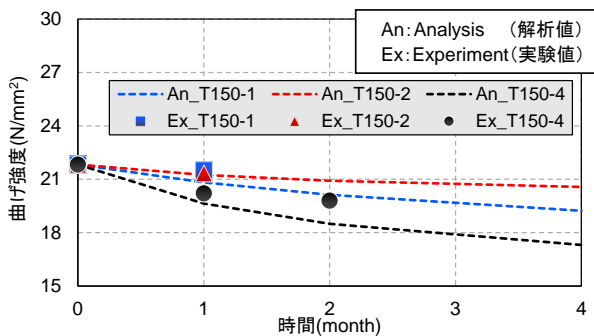


図-5 T150 の曲げ強度推移

5. 結論

本研究により得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 質量増加量を指標とした本試験条件下では、既存の表面保護材による明確な抑制効果は確認されず、純粋な吸水量を評価するための別途検証が必要である。
- (2) 実壁厚サイズ供試体を用いた試験により、実構造物の寸法における水分浸透に伴う経時的な強度低下の実データを取得した。
- (3) 既往の数値解析モデルにより、実壁厚サイズの REC 部材における強度低下挙動を概ね再現可能であることを確認した。

[参考文献]

- (1) 三輪貴志, 高橋和枝, 高橋宏行, 澤田孝, 地中埋設不飽和ポリエステルレジンコンクリートの強度低下機構と強度推定の検討, 材料と環境, Vol.69, No.6, pp.161-167, 2020.
- (2) 南海渡, 水分の浸透によるレジンコンクリートの力学特性の経時変化に関する検討, 長岡技術科学大学修士論文, 2023.
- (3) 笠原久稔, 下村匠, 南海渡, 玉松潤一郎, レジンコンクリートの強度および変形特性の湿潤環境下における経時変化に関する実験とその再現解析, 材料, Vol.74, No.3, pp.173-180, 2025.