

第 部門

下水道環境下に暴露した樹脂ライニングコンクリートの劣化過程

京都大学 学生員○高橋 文彦 正会員 山本 貴士 正会員 服部 篤史 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、種々の樹脂ライニング系表面処理を行ったコンクリートについて、硫酸環境となる下水道施設における劣化過程を検討するため暴露後に破壊試験を実施し、暴露中の非破壊試験結果と比較した。

2. 実験概要

供試体一覧を表1に示す。寸法は10×10×40cmとし、試験要因は以下に示す2種類とした。

- (1) 暴露場所…屋外密閉槽のうち比較的硫酸濃度の薄い沈砂池と、濃度の濃い汚泥濃縮槽の2箇所とした。
- (2) ライニング樹脂…粘度が比較的小さい主剤と一般的な硬化剤、充填剤の組合せを用い、加えて、下水道事業団の防食指針(案)に規定のC種対応の樹脂も用いた。

暴露中の非破壊試験として、外観および質量、共鳴振動法による動弾性係数（たわみ振動）、超音波パルス伝播速度の測定が7年間実施されている。本研究では、暴露終了後の破壊試験として、プルオフ試験および断面の中性化試験、SEM・EDSによる観察・分析を行った。またその後、10%硫酸に一ヶ月間追加浸漬し、同様に評価した。

3. 実験結果および考察

試験結果一覧を、暴露中の傾向とともに表1に示す。暴露中の非破壊試験では、汚泥濃縮槽に暴露した無処理供試体に浸食による明確な変化が見られたものの、処理供試体ではいずれも顕著な差異は見られなかった。また、追加浸漬した供試体についても特に変化は見られなかった。

3.1 プルオフ試験

プルオフ試験は一つの供試体につき三箇所で行った。破壊形式は、エポキシ1mm工法ではコンクリートと樹脂の界面近くでの破壊となったが、それ以外の供試体は全て基盤コンクリートの母材破壊となった。

沈砂池の供試体の付着強度は、界面近くで破壊したエポキシ1mm工法を除き、無処理では処理供試体より0.01～0.45(N/mm²)程度小さいものの同程度であり、付着強度低下は顕著ではないと判断される。汚泥濃縮槽の供試体については、沈砂池に暴露したものに比べほとんどの樹脂で若干小さい。また、変動係数が大きく、箇所によって浸食の程度が違うと考えられる。

表1 供試体および試験結果一覧(暴露終了時)

供試体一覧	番号	B-00-1	E-05-1	E-10-1	C-30-1	S-0C-1
	沈砂池	無処理	エポキシ500μ工法	エポキシ1mm工法	クリアーエポキシモルタル3mm工法	防食指針C種
供試体一覧	番号	B-00-2	E-05-2	E-10-2	C-30-2	C-50-2
	汚泥濃縮槽	無処理	エポキシ500μ工法	エポキシ1mm工法	クリアーエポキシモルタル3mm工法	クリアーエポキシモルタル5mm工法
試験	暴露場所	試験結果				
外観検査	沈砂池	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
	汚泥濃縮槽	激しい腐食 進行	ふくれ発生	ふくれ発生	異常なし	異常なし
重量変化	沈砂池	やや増加	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
	汚泥濃縮槽	急激な減少	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
相対動弾性係数	沈砂池	大幅な増加後に減少	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
	汚泥濃縮槽	急激な低下	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
超音波伝播時間	沈砂池	データなし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
	汚泥濃縮槽	増大	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
付着強度 (N/mm ²)	沈砂池	3.15	3.16	2.95	3.45	3.60
	汚泥濃縮槽	データなし	3.11	2.55	2.91	3.62
付着強度試験の変動係数(%)	沈砂池	18.7	4.4	16.7	7.3	2.6
	汚泥濃縮槽	データなし	12.5	10.7	18.4	13.6
中性化試験 (mm)	沈砂池	0	0	0	0	0
	汚泥濃縮槽	データなし	0	0	0	0
硫黄元素の浸透深さ (μm)	沈砂池	測定不可	微小	微小	微小	微小
	汚泥濃縮槽	データなし	244	228	269	181

キーワード； ライニング, 硫酸, 下水道, 浸食, EDS

連絡先； 〒606-5102 京都市左京区吉田本町 TEL075-753-5102 FAX075-752-1745

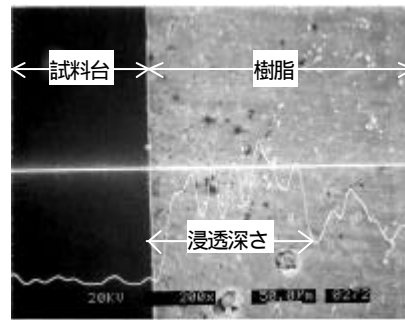
3.2 中性化試験

フェノールフタレイン溶液によりコンクリート部分の中性化深さを測定したところ、処理供試体全てにおいて0 mmであった。

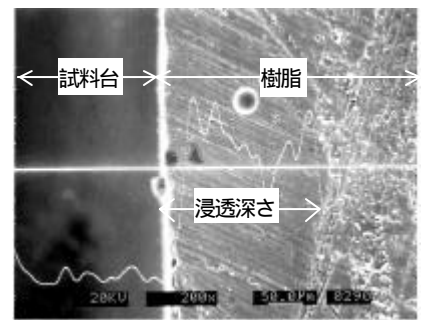
3.3 SEM・EDS による観察・分析

硫酸により劣化を受けたコンクリート部分では、石膏やエトリンガイトなどの劣化生成物が見られるといわれているが、樹脂層、コンクリート部分ともどの供試体においてもSEMにより明瞭には変化は見られず、また、各供試体における違いも見られなかった。

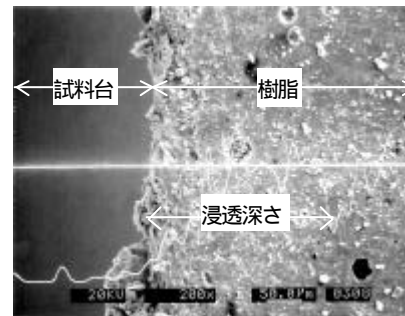
EDSに夜言おう元素の線分析では、沈砂池では供試体は浸透深さが明確に判断できず、浸透深さが微小であると考えられる。写真1に汚泥濃縮槽の分析写真とそこから判断した硫黄元素の浸透深さを示す。全ての供試体において浸透深さはライ



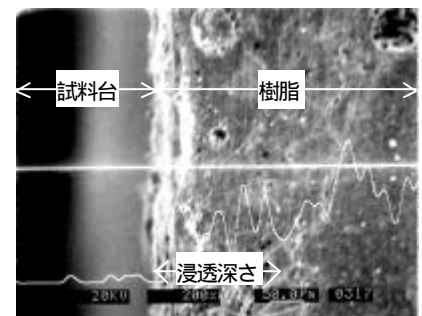
エポキシ 500 mm工法



エポキシ 1 mm工法



クリアーエポキシモルタル 3 mm工法



クリアーエポキシモルタル 5 mm工法

写真1 EDSによる線分析結果および硫黄元素の浸透深さ(暴露終了後)

ニング厚さ以下であり、現段階ではコンクリートの防食機能を果たしているといえる。しかし、ライニング樹脂には劣化が生じていると考えられる。また、厚さは違うものの同じ樹脂を用いている場合の結果に差がでたことから、場所によって浸透深さにばらつきがあると考えられる。

3.4 非破壊試験と破壊試験の関係

沈砂池に暴露した供試体の非破壊試験結果は、無処理の供試体を除き大きな変化が無い。一方、母材破壊となる場合の付着強度の低下は見られず、中性化試験では0 mm、硫黄元素の浸透深さ微小となっており、非破壊・破壊試験結果による評価の違いは論じられない。

汚泥濃縮槽に暴露した処理供試体の非破壊試験結果は、外観検査でふくれが見られたものもあるが、その他に顕著な変化は無い。しかし、破壊試験において付着強度が沈砂池よりも小さく、ライニング厚さ以下であるものの硫黄元素の浸透深さが影響したと思われる。ライニング樹脂以内の浸透段階では、非破壊試験で把握できない程度の劣化状態であるといえる。

汚泥濃縮槽に暴露した無処理供試体は、外観、重量共に変化が激しく、非破壊試験においても十分に劣化が確認できた。

4. 結論

本研究で実施した試験の結果得られた主な結論を以下に示す。

- (1) 汚泥濃縮槽に暴露した供試体の付着強度は沈砂池に暴露した供試体に比べ小さくなっており、より劣化が進んでいると考えられる。
- (2) 汚泥濃縮槽に暴露した無処理供試体を除き、全ての供試体において中性化深さは0 mmであった。
- (3) 硫黄元素の浸透深さは全ての供試体においてライニングの厚さ以下となっており、現段階ではコンクリートの防食機能を果たしている。しかし、ライニング樹脂自体は浸食により劣化しており付着強度に影響を与えたと考えられる。
- (4) ライニング樹脂以内の浸透段階では、非破壊試験で把握できない程度の劣化状態であるといえる。

なお、本研究を実施するにあたり協力いただいたサンユレック(株)嘉指成詞氏に謝意を表する。