

# 下水道における コンクリート劣化と防食材料について

村上啓司\* 大西清春\*\*

## はじめに

構造物としてのコンクリートは半永久的と思われてきました。しかし近年このコンクリートの劣化や耐久性低下の事例が多く報告されています。劣化の要因として、アルカリ骨材反応および塩害、凍害、化学作用等が考えられるが、使用環境の変化により原因はさまざまである。これらの劣化環境にさらされるコンクリートの防食工法については種々工法が提案されているにもかかわらず、防食材料、工法等についての適用性や耐用年数の報告があまりなく今後の研究課題であろう。これに関し、下水道コンクリート防食委員会と全国上下水道エポキシ工事業協会において、種々工法およびエポキシ樹脂系の適用性と耐用年数について解明するために、全国の処理場のご協力をいただき、立地条件、環境条件、処理方法の違う処理場施設等において、環境調査およびコンクリート供試体暴露浸漬調査を行なう予定である。そこで本文では、下水道施設のコンクリート構造物の劣化原因、現在施工されている工法についての概論、エポキシ樹脂系ライニングの防食に関する考察、供試体暴露浸漬調査の概要について述べてみたい。

## 1. 下水道施設のコンクリート構造物の劣化原因

下水道施設のコンクリート構造物の劣化原因については最近数多くの研究報告が行なわれており、次の要因に分類出来る。

### a) 外的要素による劣化

屋外のオープン槽などでは、雨水、排気ガス等の影響による中性化、海塩粒子等による塩害等の外的環境が劣化の原因となる。また、海砂使用による塩害、アルカリ骨材反応等の使用材料が原因である劣化も外的要素のひとつである。

### b) 水中の二酸化炭素による腐食

微生物により、下水中の有機物を分解すると二酸化炭素と水等ができる。この二酸化炭素は水溶性で炭酸となり弱酸性である。炭酸の溶解量が少ないときは、コンクリート中の水酸化カルシウムと反応して不溶性の炭酸カルシウムとなり、炭酸の濃度が高くなると、この炭酸カルシウムが炭酸と反応して水溶性の重炭酸カルシウムとなりコンクリートから溶出し劣化の原因となる。酸素活性汚泥法の曝気槽ではこの腐食性炭酸の量が多くなり短期間の劣化の原因となる。

\*全国上下水道エポキシ工事業協会 業務委員長 \*\*同 技術委員長



写真1 下水道施設の腐食されたコンクリート表面

c) 気中の二酸化炭素による腐食

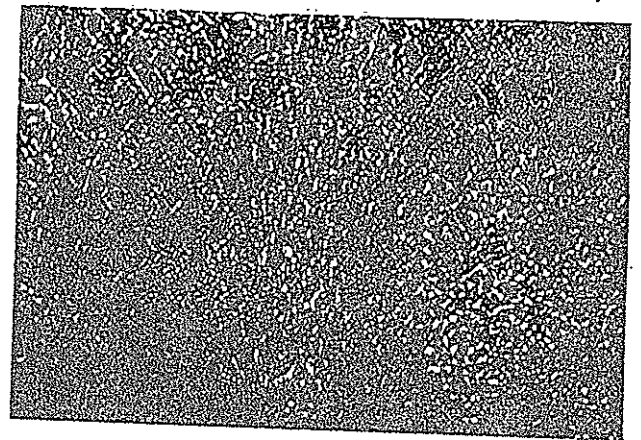
覆蓋された曝気槽等では、有機物の分解による二酸化炭素がコンクリートの水酸化カルシウムと反応し中性化による劣化の原因となる。

d) 硫化水素による腐食 (写真1)

下水中には硫黄を含む有機物が含まれている。この下水を嫌気性状態におくと硫酸塩還元細菌の働きにより硫化水素が生成される。硫化水素は水によくとけるがPH 7~8ではガス化しやすく容易に気相中に移行する。覆蓋された施設では換気が不十分であると硫化水素ガスはコンクリート壁面の結露中に再溶解する。ここで好気性の硫黄酸化細菌により酸化され硫酸になる。この硫酸によりコンクリート壁面のPHを低下させコンクリート中の水酸化カルシウムと反応し硫酸カルシウムを生成する。さらに硫酸カルシウムはセメント中のアルミン酸三カルシウムと反応してエトリンガイトを生成する。このエトリンガイトは生成するとき結合水を取り込み大きく膨張し、コンクリートにひびわれを生じさせる。

2. エポキシ樹脂防食  
ライニング工法の概要(表1.2参照)

a) エポキシ樹脂コーティング工法



玉砂利露出

溶剤型および無溶剤型タールエポキシ樹脂、溶剤型および無溶剤型カラーエポキシ樹脂等を用いて施工する比較的膜厚の薄い(350ミクロン以下)工法で、コンクリート構造物の中性化等の予防保全に適用されている。

b) エポキシ樹脂ライニング工法 (写真2)

無溶剤型タールエポキシ樹脂および無溶剤型カラーエポキシ樹脂等を用いて、350~700ミクロンの膜厚に施工する工法で現在一番多く施工されている工法である。

c) エポキシ樹脂ガラスクロス積層ライニング工法

無溶剤型タールエポキシ樹脂および無溶剤型カラーエポキシ樹脂等を用いてガラスクロスを積層する工法で、ガラスクロスによる厚みの確保と塗膜強度の向上による高耐久性仕様である。

d) エポキシ樹脂モルタル工法

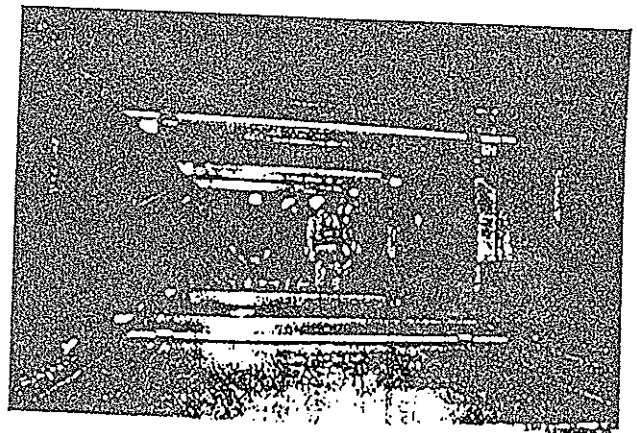
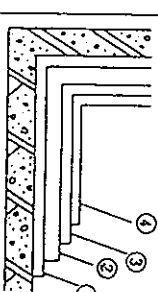
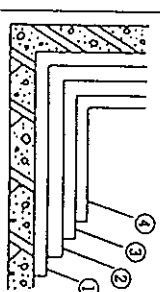
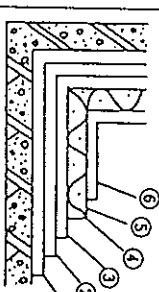
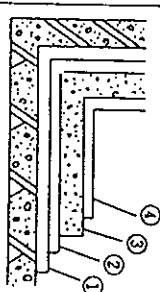
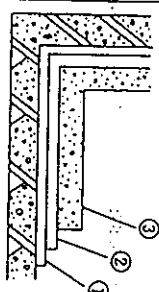
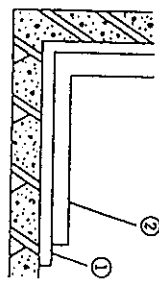


写真2 エポキシライニング工法により施工された処理場

下水道施設の防水・防食

表一 エポキシ樹脂系による各工法（コンクリート打ち放し面）

工法名	種別	特徴	膜厚	施工断面
コーティング工法	カラーエポキシ 無溶剤型 溶剤型 無溶剤型	薄層リライナーであり 低コスト	350ミクロン 以下	 <p>①上塗り ②下塗り ③パテ処理 ④プライマー処理</p> <p>無溶剤型エポキシ 溶剤型エポキシ 無溶剤型エポキシ/パテ 溶剤型エポキシ</p>
ライニング工法	カラーエポキシ 無溶剤型 無溶剤型 無溶剤型	現状最も多く使用されている代表的な工法である	350ミクロン 700ミクロン	 <p>①上塗り ②下塗り ③パテ処理 ④プライマー処理</p> <p>無溶剤型エポキシ 無溶剤型エポキシ 無溶剤型エポキシ/パテ 溶剤型または無溶剤型エポキシ</p>
ガラスクロス積層ライニング工法	エポキシ 無溶剤型 無溶剤型 無溶剤型	ガラスクロスとエポキシにて積層する（FRP）	700ミクロン 以上	 <p>①上塗り ②目止め ③クロス貼り ④下塗り ⑤パテ処理 ⑥プライマー処理</p> <p>無溶剤型エポキシ 無溶剤型エポキシ ガラスクロス貼り 無溶剤型エポキシ 無溶剤型エポキシ/パテ 溶剤型または無溶剤型エポキシ</p>
エポキシ樹脂モルタル工法	エポキシ 無溶剤型	シリカ（SiO <sub>2</sub> ）を主成分とする混合材料を混合 厚塗りライナー	3mm以上	 <p>①上塗り ②エポキシモルタル ③クワックコート ④プライマー処理</p> <p>無溶剤型エポキシ 無溶剤型エポキシ（珪砂入り） 無溶剤型エポキシ 溶剤型または無溶剤型エポキシ</p>
セラミックライニング工法	エポキシ 無溶剤型	セラミック粉を主成分とした特殊材料を混合 厚塗りライナー	3mm以上	 <p>①上塗り ②セラミックモルタル ③クワックコート ④プライマー処理</p> <p>無溶剤型エポキシ（セラミック入り） 無溶剤型エポキシ 溶剤型または無溶剤型エポキシ</p>
フレックライニング工法	カラーエポキシ 無溶剤型 溶剤型 無溶剤型	ガラスフレークを混合	350ミクロン 以上	 <p>①上塗り ②プライマー処理</p> <p>無溶剤型エポキシ （ガラスフレーク入り） 溶剤型または無溶剤型エポキシ</p>

※各メーカーにより多少の違いがあります。

## 下水道施設の防水・防食

表-2 無溶剤型エポキシと溶剤型エポキシの違い

		無溶剤型エポキシ	溶剤型エポキシ樹脂
性状	塗料タイプ	100%不揮発分 (全て膜になる)	シンナーを含んだ塗料
	塗膜の肉やせ	肉やせしない塗布した塗料は全て膜になる。	シンナーを含んでいるため、シンナー飛散により肉やせする。
	1回の塗り膜	自由に出来る。	シンナーを含んでいるため、厚く塗るとシンナーが包含され特性劣化をおこす。出来るだけ薄く何回も塗り重ねが必要である。
安全管理	シンナー中毒	無溶剤型のため、シンナー中毒の心配はない。	シンナー中毒になるため、安全管理が必要である
	火 気	塗料そのものにシンナーを含まないため、特に心配ないが、洗浄シンナーも現場で使用するため、注意すること。	塗料にシンナーを含み、塗装されることにより、シンナー拡散、充満するため火気は厳禁である。引火は暴発となる。

無溶剤型エポキシ樹脂等に珪砂 (SiO<sub>2</sub>) を主成分とする特殊骨材を混合し、厚塗り (3ミリ以上) する工法である。塗膜の厚みが厚いため、腐食条件のきびしい環境での耐久性にすぐれている。

### e) エポキシセラミックライニング工法

エポキシ樹脂モルタル工法と同様に無溶剤型エポキシ樹脂系にセラミック粉を主成分にした特殊骨材を混合し、厚塗りする工法である。

### f) エポキシ樹脂フレックライニング工法

エポキシ樹脂等にガラスフレックを配合し、環境剤の浸透に対する抵抗性を向上させる工法である。施工を行なうときは塗膜面にフレックが立たないように注意する事が必要である。

## 3. エポキシ樹脂系ライニングの防食に関する考察

下水道施設のコンクリート構造物におけるエポキシ樹脂系ライニングについては、現状ではタールエポキシ樹脂ライニング工法が一般的であり良好な結果を得ているが、環境のきびしい槽において膨れ、はがれ等のクレームが発生している箇所も見受けられる。この原因としてコンクリートの下地の水分やレイタンス等による接着不良や高湿度下での結露等による層間剥離等が考へるが、工法選定による原因も大きいとおもわれる。この工法による差異を見る

ために、コンクリート腐食の激しい処理場にて浸漬試験 (コンクリート供試体による) をおこなった結果を表3に記すが、エポキシモルタル工法が良好な結果を示した。これは厚みによる影響 (膜厚が厚いほど良好)、塗り重ね回数 (少ないほど良好) によ

表-3 汚泥貯留タンク供試体浸漬試験結果 (6ヵ月経過後)

1. コンクリート供試体形状 10×10×40cm
2. 硫化水素ガス濃度 90~350 ppm.
3. 浸漬条件 気中浸漬、水中に没することあり

ライニング工法仕様	初期重量 (kg)	重量変化 (g)	外観の変化
未処理コンクリート	9.776	-1100	腐食が激しく、玉砂利が露出している。
ガラスクロス積層ライニング工法 (タールエポキシ樹脂) 膜厚1mm	10.247	+20	4面に5φ以下の膨れが多数発生した。
エポキシモルタル工法 (タールエポキシ樹脂) トップコートなし 膜厚5mm	11.116	+7	外観に異常は見られない。
エポキシモルタル工法 (タールエポキシ樹脂) トップコート有り 膜厚5mm	11.118	+5	外観に異常は見られない。

る影響が大きいと考えられる。

#### 4. 下水道施設のコンクリート防食に関する調査(供試体暴露浸漬調査)の概要

種々防食工法の適用性と耐用年数を解明するために、全国の立地条件、環境条件、処理方法等の違う処理槽において、コンクリート供試体を暴露浸漬し、5ヶ年の期間にわたり経時的に劣化調査を実施する。

- a) コンクリート供試体形状  
100×100×400mm (約10kg)
- b) 調査項目
  - 暴露処理槽の環境調査 (硫化水素ガス濃度、炭酸ガス濃度等)
  - 供試体の外観調査 (膨れ等)
  - 供試体の重量測定
  - 供試体の動弾性係数の測定 (非破壊検査)
  - 供試体の超音波伝播速度の測定 (非破壊検査)
  - 接着強さの測定 (破壊検査)

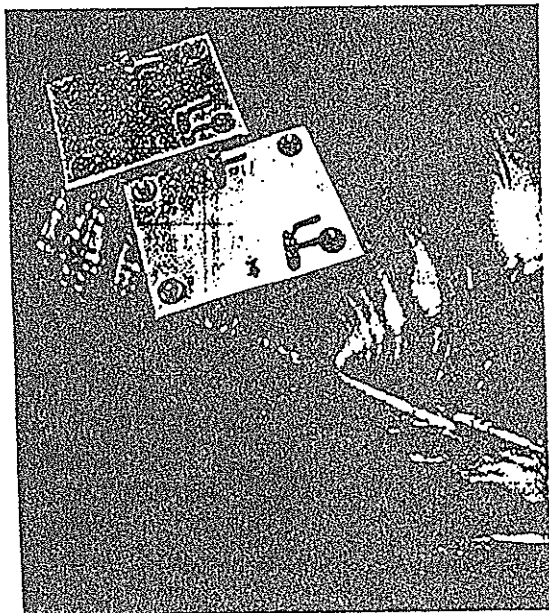
#### 5. 今後のエポキシ樹脂ライニングの考え方

今後の供試体暴露浸漬調査の結果を見ながら、処理槽の環境条件にあった経済的な工法による施工を行うとともに、全国上下水道エポキシ工事業協会会員会社の専門技術者(協会プライベートライセンス)の育成による施工技術の向上と責任ある施工により下水道施設の健全な維持管理が可能となると考えている。また、できるだけ安価で厚い塗膜を施工でき耐久性を向上できる新しい材料、工法の開発に注力していく方針である。

#### 参考文献

- 1) 三品文雄 下水道施設における硫化水素の生成と制御に関する研究 1990, 7
- 2) 大迫健一、谷戸善彦 月刊下水道 Vol.14 No.2
- 3) 奥田 聡 プラスチックによる防食技術 日刊工業新聞社

# 隧道に新風が吹き抜ける!! SN・JKBOX止水工法



## 施工代理店

- |                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| ●西日本特殊防水止水工事(株)<br>福岡 (092) 503-3800 | ●(株)新日本樹脂化工<br>福岡 (092) 503-5070  |
| ●太平ドライビット(株)<br>長崎 (0958) 27-4015    | ●九州ケント(株)<br>長崎 (0958) 61-6074    |
| ●(株)特殊防水止水センター<br>大分 (0975) 51-3863  | ●(株)大分ファスニング<br>大分 (0975) 68-3251 |
| ●双葉工業(株)<br>宮崎 (0985) 24-2917        | ●(株)三植<br>宮崎 (0985) 26-4128       |
| ●(株)南九州樹脂化工<br>鹿児島 (0992) 48-3144    | ●(株)ソイル技研<br>島根 (0852) 22-7281    |
| ●博多工業(株)<br>東京 (03) 3320-7681        | ●(株)協和タクト<br>宮城 (022) 246-1501    |

九州地区  
販売代理店

井上喜株式会社  
福岡 (09) 271-5632

SNJK BOX止水工法協議会  
株式会社 エスエヌ・ジェーケイ

〒816 福岡県大野城市中20番4 TEL.092(503)3721(代) FAX.092(503)3776