

エポキシ樹脂による下水道施設の防食

大西清春

1. はじめに

近年、コンクリート構造物について、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る。劣化の原因については、アルカリ骨材反応、塩害、凍害および化学作用等が考えられているが、使用環境の変化により原因はさまざまといえる。下水道施設においても劣化事例が報告されており、劣化原因についても研究報告が発表されている。^{1),2)}

今回、日本下水道事業団の“コンクリート防食指針(案)”³⁾が改訂されたので、エポキシ樹脂を使用する防食設計標準仕様の概要について述べてみたい。

また、下水道施設のコンクリートの防食工法についてはそれらの適用性や耐用年数に関する報告があまりなく今後の検討課題であろう。その課題について、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では、種々工法およびエポキシ樹脂の適用性と耐用年数について解明するために、全国の処理場の協力をいただき、立地条件、環境条件の違う実構造物での暴露調査を平成4年度より順次実施しているので、その概要についても述べてみたい。

2. 日本下水道事業団“コンクリート防食指針(案)”におけるエポキシ樹脂防食工法

2-1. 腐食環境条件と防食設計標準仕様

1) 対象施設と腐食環境条件

防食被覆設計は原則として覆蓋等の密閉された施設を対象としており、腐食環境条件はその程度に応じて表-1の様に4種に分類してある。

2) 防食被覆工法の設計標準仕様

防食設計標準仕様については、表-2の様に腐食環境条件に対応して決められており、1種、2種、3種は、経済性、耐久性、施工性を考慮して使い分けることになっている。

表-1 腐食環境条件

分類	腐食環境条件
A種	硫化水素は多いが腐食に至らない環境
B種	硫化水素の滞留が少なく腐食が緩やかな環境
C種	硫化水素の滞留が多く腐食が厳しい環境
D種	C種の環境条件で構造上の条件より事実上補修等のメンテナンスが困難と考えられる施設、部位

下水処理施設のコンクリート防食

表-2 防食設計標準仕様例

分類	防食材料	仕様	設計厚*** (mm)	対応する腐食 環境条件
A 種	エポキシ樹脂又は タールエポキシ樹脂	塗り回数2回以上の被覆	0.20以上	A
B	1種****	エポキシ樹脂	塗り回数3回以上の被覆	B
	2種****	ガラスフレーク入り ビニルエステル樹脂	塗り回数3回以上の被覆	
C	1種****	エポキシ樹脂	補強材(ガラスクロス*)を1ブ ライ積層の被覆	C
	2種****	不飽和ポリエステル樹脂 又はビニルエステル樹脂	補強材(ガラスマット**)を1ブ ライ積層の被覆	
	3種****	セラミックパウダー入り エポキシ樹脂	塗り回数1回以上の被覆	
D	1種****	エポキシ樹脂	補強材(ガラスクロス*)を2ブ ライ積層の被覆	D
	2種****	不飽和ポリエステル樹脂 又はビニルエステル樹脂	補強材(ガラスマット**)を2ブ ライ積層の被覆	
	3種****	セラミックパウダー入り エポキシ樹脂	塗り回数1回以上の被覆	

注* ガラスクロス JIS R 3416 (ガラスクロス) に規定する EPP21A とする。
 注** ガラスマットは JIS R 3411 (チョップストランドマット) に規定する EM450 とする。
 注*** 設計厚はプライマーは含まないものとする。
 注**** 1種, 2種, 3種は, 経済性, 耐久性, 施工性を考慮し使い分けること。

3) 防食被覆工法のフローチャート

防食被覆工法の作業手順は、図-1のフローチャートで示される。躯体欠陥部の処理は、防食被覆工法に先立って行なわれる。

2-2. エポキシ樹脂防食ライニング工法の概要

今回は、素地調整方法Ⅱ種(エポキシ樹脂パテ材使用)を用いた防食設計標準仕様A種, B1種, C1種, D1種についてと, C3種, D3種について, コンクリートの表面処理終了後の素地調整からの工程および工法の特徴を概説する。(表-3~表-8に設計仕様例を示す。)

1) A種について

防食指針(案)では、汚泥消化槽の液相部分しか想定していないが、予防的な腐食環境の場合にも設定される。

この工法は、素地調整材にエポキシ樹脂パテ材を用い、無溶剤型タールエポキシ樹脂または無溶剤型エポキシ樹脂を0.2mm以上の膜厚に施工するエポキシ樹脂ライニング工法で一般的に施工されている工法である。

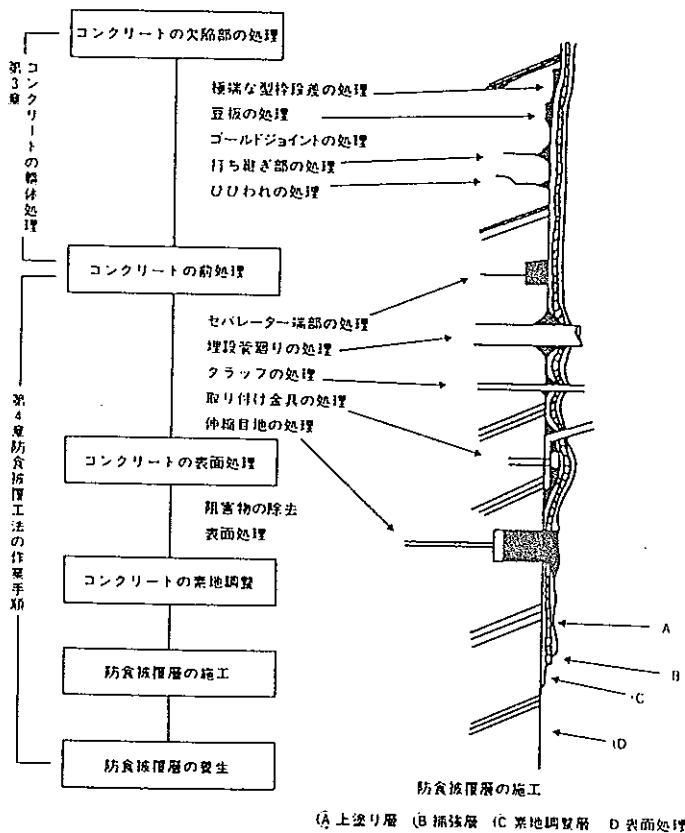


図-1 防食被覆工法の作業手順フローチャート

下水処理施設のコンクリート防食

表一 3 A種の設計仕様例(防食被覆材の塗付2回以上)

工 程	使 用 材 料	標準使用量 (kg / m ²)	施工方法
コンクリート面の確認	脆弱部その他異常がなく清浄であること		
素地調整材の塗布	エポキシ樹脂パテ材	0.5mm	金ゴテ等
防食被覆材上塗り①	エポキシ樹脂又はタールエポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材上塗り②	エポキシ樹脂又はタールエポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材の設計厚	0.2mm以上(硬化後厚さ)		

表一 4 B1種の設計仕様例(防食被覆材の塗付3回以上)

工 程	使 用 材 料	標準使用量 (kg / m ²)	施工方法
コンクリート面の確認	脆弱部その他異常がなく清浄であること		
素地調整材の塗布	エポキシ樹脂パテ材	0.5mm	金ゴテ等
防食被覆材上塗り①	エポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材上塗り②	エポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材上塗り③	エポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材の設計厚	0.35mm以上(硬化後厚さ)		

表一 5 C1種の設計仕様例(エポキシ樹脂+補強材1プライ植付)

工 程	使 用 材 料	標準使用量 (kg / m ²)	施工方法
コンクリート面の確認	脆弱部その他異常がなく清浄であること		
素地調整材の塗布	エポキシ樹脂パテ材	0.5mm	金ゴテ等
防食被覆材補強層	エポキシ樹脂+ガラスクロスEPP21A	0.70	ローラー等
防食被覆材上塗り①	エポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材上塗り②	エポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材の設計厚	0.7mm以上(硬化後厚さ)		

表一 6 D1種の設計仕様例(エポキシ樹脂+補強材2プライ植付)

工 程	使 用 材 料	標準使用量 (kg / m ²)	施工方法
コンクリート面の確認	脆弱部その他異常がなく清浄であること		
素地調整材の塗布	エポキシ樹脂パテ材	0.5mm	金ゴテ等
防食被覆材補強層①	エポキシ樹脂+ガラスクロスEPP21A	0.70	ローラー等
防食被覆材補強層②	エポキシ樹脂+ガラスクロスEPP21A	0.70	ローラー等
防食被覆材上塗り①	エポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材上塗り②	エポキシ樹脂	0.20	ローラー等
防食被覆材の設計厚	1.3mm以上(硬化後厚さ)		

表一 7 C3種の設計仕様例(防食被覆材の塗付1回以上)

工 程	使 用 材 料	標準使用量 (kg / m ²)	施工方法
塗り付け	セラミックパウダー入りエポキシ樹脂	6.00	金ゴテ等
しごき塗り	エポキシ樹脂	0.30	金ゴテ等
防食被覆材の設計厚	3.0mm以上(硬化後厚さ)		

表一 8 D3種の設計仕様例(防食被覆材の塗付1回以上)

工 程	使 用 材 料	標準使用量 (kg / m ²)	施工方法
塗り付け	セラミックパウダー入りエポキシ樹脂	10.00	金ゴテ等
しごき塗り	エポキシ樹脂	0.30	金ゴテ等
防食被覆材の設計厚	5.0mm以上(硬化後厚さ)		

注1) しごき塗り工程は、必要に応じて施すこととする。

注1) しごき塗り工程は、必要に応じて施すこととする。

素地調整層には防食効果をあまり期待していないのであるが、素地調整方法Ⅱ種では素地調整材に無溶剤型エポキシ樹脂パテ材を0.5mmの膜厚で施工するので、素地調整層にかなり大きな防食効果が期待できる。

2) B 1種について

硫化水素による腐食が明らかに見られる場合を想定しており、硫化水素ガス濃度が10ppm以下の場合に適用される。

この工法は、素地調整材にエポキシ樹脂パテ材を用い、無溶剤型エポキシ樹脂を0.35mm以上の膜厚に施工するエポキシ樹脂ライニング工法で一般的な工法である。

この工法も、A種で記述したように素地調整層に防食効果を期待できる。

3) C 1種について

硫化水素による腐食が顕著にみられる場合を想定しており、硫化水素ガス濃度10ppm以上で本格的な対策が必要とされる場合に適用される。

この工法は、素地調整材にエポキシ樹脂パテ材を用い、無溶剤型エポキシ樹脂でガラスクロスを用い、1層積層し0.7mm以上の膜厚に施工するエポキシ樹脂ガラスクロス積層ライニング工法である。この工法は、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。

この工法も、A種で記述したように素地調整層に防食効果を期待できる。

4) D 1種について

C種と同様の腐食環境で、構造上の条件により事実上補修などのメンテナンスが困難と考えられる施設や部位に適用される。

この工法は、C 1種と同様なエポキシ樹脂ガラスクロス積層ライニング工法であるが、2層積層し、1.3mm以上の膜厚に施工するより耐久性の高い仕様である。

この工法も、A種で記述したように素地調整層に防食効果を期待できる。

5) C 3種について

C 1種で記述した腐食環境に適用される。

この工法は、無溶剤型エポキシ樹脂をバインダーとし骨材に耐食性にすぐれたセラミックパウダーを用いた樹脂モルタルを3mm以上の膜厚に施工するエポキシ樹脂モルタル工法である。この工法は塗膜の厚みが厚いため、素地調整工程を必要としない。また、膜厚工法のため腐食環境条件のきびしい場所での耐久性に優れている。

6) D 3種

D 1種で記述した腐食環境条件および施設、部位に適用される。

この工法は、C 3種と同様なエポキシ樹脂モルタル工法であるが5mm以上の膜厚に施工し、より耐久性を高めた仕様である。

2-3. エポキシ樹脂ライニング工法からみた指針(案)の改正点について

素地調整方法Ⅱ種(エポキシ樹脂パテ材使用)を用いた防食設計標準仕様A種、B 1種、C 1種、D 1種についてと、C 3種、D 3種について改正の要点を述べてみたい。

1) 素地調整方法Ⅱ種については、素地調整材に実績のある無溶剤型エポキシ樹脂パテ材を用いることとし、素地調整方法で異なっていた素地調整層の厚みを統一し、0.5~1mm程度塗布し平坦にすることと規定された。

2) プライマーについては、表-9で示された様に規定されている。

素地調整方法Ⅱ種では、素地調整材に防食被覆材と同じ無溶剤型エポキシ樹脂パテ材を使用するので素地調整層の施工の後にプライマーを必要としない。

コンクリート下地との湿潤接着性等の密着性の向上のために、素地調整材(エポキシ樹脂パテ材)やセラミックパウダー入りエポキシ樹脂の施工の前にプライマー等を塗布することも可能と規定された。

3) 旧指針(案)のセラミックライニング材については、セラミックパウダー入りエポキシ樹脂とし

下水処理施設のコンクリート防食

表-9 防食設計標準仕様の仕様材料と工程の組み合わせ

樹脂
EP = エポキシ樹脂 UP = 不飽和ポリエステル樹脂
VE = ビニルエステル樹脂

工 程	使 用 材 料			
	エポキシ樹脂系			不飽和ポリエステル樹脂 ビニルエステル樹脂系
コンクリートの前処理	要	要	要	要
コンクリートの表面処理	要	要	要	要
プライマー①	不要	要、不要*1	要、不要*1	要
素地調整方法	I種	II種	不要	III種
プライマー②	要、不要*2	不要	不要	不要
防食被覆層	EP (A種のみタールエポキシ樹脂可)		セラミックパウダー入りEP	ガラスフレーク入りVE
該当分類	A、B-1、C-1、D-1		C-3、D-3	B-2 C-2、D-2

*1. 表面処理したコンクリートが十分に乾燥している場合や、素地調整材II種およびセラミックパウダー入りエポキシ樹脂が湿潤型である場合にはプライマー①は使用しなくても良い。
*2. 表面処理したコンクリートが十分に乾燥しており、素地調整材I種施工後素地調整材表面がレイタンス等もなく十分に乾燥している場合はプライマー②は使用しなくても良い。

表-10 防食被覆工法の品質規格

	A 種	B 種	C 種	D 種
被覆の外観	被覆にしわ、むら、はがれ、われのないこと	同 左	同 左	同 左
コンクリートとの接着性	標準状態 15kg f/cm ² 以上 吸水状態 12kg f/cm ² 以上	同 左	同 左	同 左
耐酸性	PH3の硫酸水溶液に30日間浸漬しても被覆にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと	PH1の硫酸水溶液に30日間浸漬しても被覆にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと	10%の硫酸水溶液に45日間浸漬しても被覆にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと	10%の硫酸水溶液に60日間浸漬しても被覆にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと
耐アルカリ性	水酸化カルシウム飽和水溶液に30日間浸漬しても被覆にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと	同 左	水酸化カルシウム飽和水溶液に45日間浸漬しても被覆にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと	水酸化カルシウム飽和水溶液に60日間浸漬しても被覆にふくれ、われ、軟化、溶出がないこと
透水性	透水量が 0.30kg 以下	透水量が 0.25kg 以下	透水量が 0.20kg 以下	透水量が 0.15kg 以下

て一般化され、膜厚3mm以上をC3種、5mm以上をD3種として規定された。

4) 防食被覆工法の品質規格については、旧指針(案)ではC種とD種が同じ品質特性であったが、今回の改正では、表-10で示されているように耐酸性、耐アルカリ性試験の浸漬時間および透水性

について差別化されている。

3. 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)概要

種々防食工法の適用性と耐用年数を解明するため、全国の立地条件、環境条件の異なる処理槽において

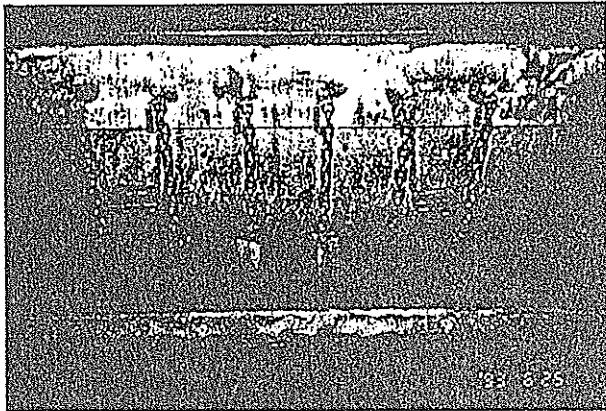


写真-1 浸漬暴露試験状況

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。

1) コンクリート供試体形状

10×10×40cm (約10kg)

2) 調査項目

- 暴露処理槽の環境調査
- 供試体の外観調査
- 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)

3) 現在の実施状況

1カ月1処理場を目標に供試体設置作業を実施し、現在10処理場にて浸漬調査を開始することが出来た。また、2処理場では1年後の非破壊調査を実施した。調査結果の詳細については、別

の機会に発表したいと考えている。

2処理場の1年後の調査では、最初沈澱池、汚泥濃縮層においてブランク供試体 (ライニングされていない供試体) で腐食が観察された。非破壊検査では、ライニング工法による差は今のところ観察されていないが、ブランク供試体より変化率は小さかった。このことから、腐食環境下のコンクリートに何らかの防食を施すことの有用性が確認できた。

4. 今後のエポキシ樹脂ライニングの考え方

今後の供試体暴露調査の結果を見ながら、処理槽の環境条件に合った経済的な工法による施工を行なうとともに、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って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膜厚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.4, No. 2
- 3) 日本下水道事業団 コンクリート防食指針 (案) 1993, 6

上下水道防食用エポキシ樹脂——湿潤面でも施工可能です。

アルゴロン

日米レジン株式会社

用途

- 下水道処理施設の防食に耐酸防食ライニング材" Lタイプ"
- コンクリート構造物の腐食防止にセラミックパウダー入り防食被覆材" Mタイプ"
- 上水道配水池、貯水池、受水槽等の防水、防食に飲料水試験合格の"ニューアルブライナー, EXP-C1"
- 土木工事に於ける接着充填材には水中接着剤" Wタイプ"
- 組立式防火水槽、ボックスカルバートの目地に弾性接着剤" Sタイプ"

本社・工場 ☎596 大阪府岸和田市臨海町15番地
TEL (0724) 38-0 3 2 1(代)
事業本部 ☎104 東京都中央区銀座1丁目13-13(中央大和ビル)
TEL (03) 3561-5 4 2 4 - 5
TEL (03) 3563-2 4 0 5

札幌 札幌市西区西野3条2-1-29 TEL(011)665-4309(代)
仙台 仙台市青葉区上杉6丁目2-7 TEL(022)273-5571(代)
大阪 大阪府中央区淡路町4-7-5(本町ハイエストビル6F) TEL(06) 232-0 8 6 1
福岡 福岡市南区清水1-16-8(第2明永ビル) TEL(092)551-6871(代)
鹿児島 鹿児島市宇宿2-1-8 TEL(0992)51-8304(代)