

シートライニング工法（光硬化型）による
防食技術の技術評価に関する報告書

平成27年7月

日本下水道事業団 技術評価委員会

審議の経過

平成 26 年 10 月 17 日	第 68 回技術評価委員会
平成 26 年 10 月 20 日	第 1 回シートライニング工法（光硬化型） 防食技術専門委員会
平成 26 年 12 月 22 日	第 2 回シートライニング工法（光硬化型） 防食技術専門委員会
平成 27 年 1 月 28 日	第 3 回シートライニング工法（光硬化型） 防食技術専門委員会
平成 27 年 3 月 3 日	第 4 回シートライニング工法（光硬化型） 防食技術専門委員会
平成 27 年 3 月 27 日	第 70 回技術評価委員会

委員の構成

(平成 27 年 3 月 27 日現在)

技術評価委員会

会 長	大阪産業大学人間環境学部生活環境学科教授	津野 洋
委 員	北海道大学大学院工学研究院環境創生工学部門 水代謝システム分野教授	高橋 正宏
〃	東京大学大学院工学系研究科 附属水環境制御研究センター教授	古米 弘明
〃	東京都市大学工学部都市工学科教授	長岡 裕
〃	国土交通省水管理・国土保全局下水道部長	塩路 勝久
〃	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部長	高島 英二郎
〃	東京都下水道局技監	渡辺 志津男
〃	大阪市建設局長	福井 聡
〃	埼玉県下水道局長	大島 秀彦
〃	公益社団法人日本下水道協会常務理事	佐伯 謹吾

シートライニング工法（光硬化型）防食技術専門委員会

委員長	東京工業大学大学院理工学研究科化学工学専攻教授	久保内 昌敏
委員	日本大学理工学部土木工学科教授	齋藤 利晃
〃	国土交通省水管理・国土保全局下水道部 下水道事業課長補佐	藤井 良和
〃	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部 下水道研究室研究官	末久 正樹
〃	名古屋市上下水道局技術本部建設部主幹	佐野 勝実
〃	公益財団法人日本下水道新技術機構研究第二部長	小団扇 浩
〃	一般社団法人日本コンクリート防食協会特別顧問	三品 文雄

目 次

(技術評価の経緯)	1
(評価の対象技術と範囲)	2
(技術的な特徴)	3
(防食性能)	4
(設計手法)	4
(施工及び維持管理上の留意事項)	4
(今後の課題)	6

(技術評価の経緯)

日本下水道事業団（以下、「JS」という。）技術評価委員会では、JSが実施した下水道施設の硫酸によるコンクリート腐食に係る実態調査や試験研究の成果等に基づき、平成13年3月に「下水道構造物に対するコンクリート腐食抑制技術及び防食技術」、平成20年3月に「耐硫酸モルタル防食技術」について、技術評価の答申を行ってきた。これらの技術評価を受けて制定されたJSの「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」（以下、「JS防食技術マニュアル」という。）では、硫酸によるコンクリートの腐食・劣化の防止を目的とする防食被覆工法として、塗布型ライニング工法、シートライニング工法及び耐硫酸モルタル防食工法を規定している。これに対して、近年、新たな防食被覆工法の開発が進められている。

一方、わが国の下水道処理人口普及率は77.0%（福島県を除く。平成25年度末現在。）に達し、高度経済成長期に整備された下水道施設では老朽化が進行し、施設を運転稼働しながらの改築更新工事が増加するなど、下水道資産の維持管理の時代を迎えている。このため、ライフサイクルコスト削減の観点から、構造物の耐用年数の向上を図ることが求められている。

このような背景から、JSでは平成22年度から24年度にかけて民間企業2者とシートライニング工法（光硬化型）（以下、「光硬化型工法」という。）の共同研究を行い、防食被覆材料としての基本性能、下水道施設への適用性、施工性の確認等に関する研究を進めてきた。共同研究においては、防食被覆工法として求められる基本的な要求性能である「耐硫酸性」、「遮断性」、「接着安定性」等について室内試験により確認するとともに、過年度に施工した実施設における現地詳細調査、施工性を確認するための実施設における試験施工等を行った。その結果、光硬化型工法は、防食被覆材としての信頼性に加えて、現場施工性

の面からも、今後有望な防食被覆工法の一つとして期待できると考えられた。

本技術評価は、光硬化型工法の普及展開の促進を目的として、その適用範囲や仕様要求性能への適合性、現場施工の品質確保方法について明らかにするとともに、留意事項を整理し、最適な防食被覆工法選択のために必要な基本情報をとりまとめた。

(評価の対象技術と範囲)

1. 対象技術

本技術評価の対象技術は、工場で光硬化性樹脂の有機質材料を無機質材料のガラスマット等に含浸させ、半硬化状態にした光硬化型プリプレグシートを、シートと同質の樹脂によるシート専用パテを介して施工現場のコンクリートの表面に貼付けた後、光を照射することによりシートを硬化させて防食被覆層を形成させる光硬化型のコンクリート防食被覆工法とする。

光硬化型プリプレグシートとは、工場にて光硬化性樹脂を強化繊維等の基材に機械を用いて含浸し、半硬化状態にさせた（これを「プリプレグ」と呼ぶ。）シートである。一般に、使用する基材はガラス繊維（ガラスクロス、ガラスマット等）で、光硬化性樹脂はビニルエステル樹脂等である。また、光硬化に用いる光源の種類から、可視光型と紫外線型に区分される。

2. 評価の範囲

本技術評価の対象とする技術は、下水道施設のコンクリート構造物において、硫酸によるコンクリート腐食・劣化の防止を目的とする光硬化型工法で、プリプレグ状態及び硬化後のシートが透明なものを対象とし、技術的な特徴、防食性能、設計手法、施工及び維持管理上の留意事項について評価した。

(技術的な特徴)

光硬化型工法は、以下の特徴を有する。

1. 品質の安定性

- 製造工場において、光硬化性樹脂の配合管理、光硬化試験による硬化性管理が行われるため、光硬化性樹脂の品質が安定している。
- 製造工場において、専用設備で基材への樹脂含浸を行った後に、半硬化状態のシートに形成するため、ピンホール等の欠陥が少ない。
- 光硬化型プリプレグシート製造時にシート厚を製造工場管理するため、現場へ貼付けしたシートの防食膜厚が安定して発現できる。
- 強化繊維等の基材への樹脂含浸作業が製造工場管理されるため、現場へ貼付けしたシートの機械的性質（強度等）が安定している。

2. 現場施工性

- 光硬化型プリプレグシートは、一定の塑性を有するため、シート貼付施工時に曲面をもつ対象構造物への追従性が高いうえ、切断・貼付けが可能である。
- 天井面施工時などにおいては、樹脂抜け不良・不均一といった心配がない。
- 工場で作成された光硬化型プリプレグシートを使用するため、現場での層厚管理の必要がない。
- プリプレグ状態及び硬化後のシートは透明であるため、シート貼付時のシート専用パテとシート間の空気溜まり（気泡）が目視可能であり、確実な脱泡作業により接着安定性が確保できる。

3. その他の特徴

- シート表面・裏面はプラスチックフィルム等で被覆保護され、標準的な

保管条件（温度、湿度、遮光状態）のもとにあれば硬化しない。

- シート表面を硬化終了までの間プラスチックフィルム等で被覆保護した状態で施工するため、シート中に含まれるスチレン等の臭気の揮散が抑制され、施工環境への影響が少ない。

（防食性能）

本技術評価で確認した光硬化型工法の防食被覆層及びシート専用パテの硬化物は、JS 防食技術マニュアルにおける塗布型ライニング工法とシートライニング工法の防食被覆層の工法規格 D 種の品質規格を満足する性能を有する。

（設計手法）

光硬化型工法は、シートがプリプレグ状態であることから、比較的小さな搬入口しかない箇所でも施工が可能である。しかし、貼付け等の現場作業を伴うため、 $\phi 900\text{mm}$ 未満のマンホールや $800\text{mm} \times 800\text{mm}$ 未満の人が入れない構造物では施工が困難である。また、施工環境（気温、湿度）やコンクリート表面含水率がコンクリートとの接着強さに著しい影響を及ぼすので、設計段階で防食被覆工事の工期と施工時期を考慮し、仮設工や養生工について、適切に設計を行う必要がある。

（施工及び維持管理上の留意事項）

1. 施工上の留意事項

光硬化型工法では、現場作業における品質確保が重要である。現場での作業は、対象コンクリートの前処理や躯体処理、表面処理、下地プライマーの施工、シート専用パテの施工、光硬化型プリプレグシートの貼付け、硬化、養生等が

あるが、光硬化型工法独特の作業は、シート専用パテの施工と光硬化型プリプレグシートの貼付け、硬化である。

(1) コンクリート表面状態の確認

下地プライマー施工前に、防食被覆層を施すコンクリート表面が前処理により所要の表面状態に仕上げられているかを確認する必要がある。防食被覆層の性能に影響を与える不良箇所等がある場合、塗布型ライニング工法と同様な表面処理が必要である。

(2) 光硬化型プリプレグシートの貼付け

光硬化型プリプレグシートの貼付けでは、防食被覆材料製造者が規定する重ね合せ長さを確保できるように貼付け、光硬化型プリプレグシートとシート専用パテの間に残った気泡をしごくなどして十分に脱泡する必要がある。脱泡作業で光硬化型プリプレグシート端部からはみ出たシート専用パテの余分なものは除去して、端部処理を行う。

光硬化型プリプレグシートの重ね合せ長さは、防食被覆材料製造者が行うせん断接着強さ試験に基づいた推奨値を用いる。

(3) 光硬化型プリプレグシートの硬化

光硬化型プリプレグシートの硬化は短時間で進行するため養生期間が短い、防食被覆材料製造者の推奨する照度と照射時間を光硬化型プリプレグシートのすべての箇所で確保することが重要であるため、光源から光硬化型プリプレグシートの最も離れた位置における照度を照度計で測定するとともに、所要の照射時間を確保していることをタイマー等で確認しなければならない。また、光硬化型プリプレグシート同士の重ね合わせ部において、両方のシートを一度に硬化させる場合は、通常の間接照度と照射時間では不足するため、防食被覆材料製造者の推奨値を確認する必要がある。このような推奨値がない場合、硬化前の

シートを重ねて一度に硬化させようとしてはならない。

照射後の硬化確認には、サンプルシートを用いて行う。光源から光硬化型プリプレグシートの最も離れた位置以上の距離をとって、未硬化のシートをサンプルシートとして両面テープ等で仮止めし、光を照射した後、このサンプルシートの表裏面において鉛筆引っかき試験等を行い、シートの硬化を確認する。なお、光を照射することにより硬化するシート専用パテを用いる場合には、サンプルシートはパテを含めて構成し、照射後にはシート表面とパテ裏面の硬化を確認するものとする。

(4) 端部等の処理

端部、入隅、出隅、蓋類受枠、埋設管やタラップ周り等の箇所は、防食被覆層の弱点となりやすいので、適切な処理方法で前処理及び端部処理を行う必要がある。

2. 維持管理上の留意事項

光硬化型工法は、他の防食被覆工法同様に定期的な点検が求められる。光硬化型工法は比較的新しい防食被覆工法であるため、特に下水道施設への適用実績は他の防食被覆工法に比べて少なく、特別な維持管理手法は確立されていない。そのため、施設の腐食環境状態が設計腐食環境の環境条件を上回らないことを確認するとともに、定期点検を適切に行い、劣化部を発見した場合は、構造物に致命的な欠陥を招く前に、速やかに補修工事に対応することが必要である。

(今後の課題)

光硬化型工法は、適切な設計、施工及び維持管理を行うことで、長期間の使用が可能であると考えられるが、下水道施設での実績が限られるため、長期の

耐久性に関する知見が十分には得られていない。このため、今後も引き続き健全度等の情報収集をする必要がある。

また、光硬化型工法を適用するに当たっては、以下の課題が残されている。

1. 施工技術レベルの確保

光硬化型工法には、他の防食被覆工法に無い特有の施工管理項目がある。今後需要が拡大すれば技能を有する専門技術者の不足が予想されるため、光硬化型工法に関して、専門技術者を育成する研修や資格者制度等の環境を整備していく必要がある。

2. 適用範囲拡大への対応

本技術評価では、光硬化型工法の防食被覆層の性能が、JS 防食技術マニュアルにおける塗布型ライニング工法とシートライニング工法の工法規格 D 種の品質規格を満足することを確認した。今後、光硬化型工法の適用範囲を拡大するうえでは、工法規格 C 種等への対応について検討する必要がある。

3. 他の防食被覆工法と光硬化型工法の組み合わせ

光硬化型工法と他の防食被覆工法とで取り合いを行う場合や、他の防食被覆工法で施工した箇所を光硬化型工法で補修する場合など、異種の防食被覆層の組み合わせが生じる場合の接着力等に関する知見が十分に得られていないため、これらを明らかにしていく必要がある。