

インフラ構造物の老朽化と DLC (Diamond-Like-Carbon) シートの開発

積水化学工業株式会社

1. はじめに¹⁾

昨今、高度経済成長期に整備された様々な社会インフラの老朽化が進んでいる。また、地震、豪雨などによる災害や事故が近年相次いでおり、インフラ施設を安心・安全に運用でき、長きにわたり供用できるようにする“質の高いメンテナンス（点検、補修）”が求められている。一方、土木分野、建設分野においては人手不足や財源の制約も課題となっており、“短時間で完結するメンテナンス”によるトータルコストの縮減も望まれている。

積水化学工業(株)はそのようなニーズに対応すべく、30年以上前より取り組んできた下水管路のリニューアル、管路更生工法「SPR」(図-1)で得た知見、ノウハウをベースにインフラの補修、補強に資する新材料・新工法の開発を、今後さらなる成長が予想されるコンクリート構造物、鋼構造物の改修市場に向け、全社横断的に進めてきた。それらは橋梁、トンネル、河川施設などのコンクリート構造物(図-2)、鋼構造物の予防保全、補修、補強それぞれの用途に対応でき、鉄道、道路などのインフラ施設の長寿命化を可能にすることに加え、施工現場における仕上がり品質と短時間施工を兼備するプラスチック材料およびプラスチック複合材料



図-1 SPR工法



図-2 朽ちたコンクリート床板下面例

の製品群である。

2. インフラガード™シリーズの開発

インフラの改修や長寿命化対策には、構造物の供用から劣化に至る段階ごとに、それぞれのライフサイクルに応じた対応が求められている。

積水化学工業(株)は、インフラ維持管理の現場であがる様々な課題を解決すべく、プラスチックおよび複合材料の特性を生かした製品開発を研究所発案で推進し、コンクリートや鋼構造物の予防保全、補修、補強に対応でき、鉄道・道路などのインフラ施設の長寿命化と短時間で仕上がり品質の優れた施工性を提供する新商品群を開発し、「インフラガード™」として順次販売を開始した。

そのひとつが「DLC (Diamond-Like-Carbon) シート」を用いた、表面保護シート工法である。

3. DLC (Diamond-Like-Carbon) シートの開発

RC構造における鉄筋コンクリートは、通常コンクリートがアルカリ性に保たれていることにより鉄筋を健全な状態で維持し耐久性を発揮できる。しかしながら、時間とともに二酸化炭素や水が侵入することにより表面から中性化していく「中性化」や内在塩分や飛来塩分、凍結防止材の塩化カルシウム等の塩素イオンが関与する「塩害」により、鉄筋が腐食すると、加速度的に劣化が進展する。

そこで、これらを防ぐ為、多くの対策法がとられ、表面保護にペンキを塗工するなどの方法が実用化されている。具体的には鉄道高架橋に使われている鉄筋コンクリート構造物の劣化対策工法として、有機塗料を塗布または鉄板を貼りめぐらすことが採用されてきた。有機塗料では、長期間の屋外紫外線暴露、列車通過による基材の変形により塗膜にひび割れき裂が生じ、保護材としての機能低下が生じる恐れがある。また有機塗料による表面保護工は、複数の塗膜層からなるため、おのおのの乾燥に時間を要し、施工作业が長時間化する²⁾。

我々は塗料に代わる外部からの劣化因子の侵入を抑制する新しいシート材料とそのシートを貼り付ける工法を開発してきた。プラズマ技術でダイヤモンド構造に似た薄層を表面に形成することによりプラスチックシートのバリア性能を飛躍的に高めることに外部と共同で成功した（図-3）。特に大学との基礎研究、先進ベンチャー企業との共同開発により、バッチ成膜加工でなく、ロール状に巻いたプラスチックシート表面に連続してDLC薄膜を形成することを先駆けて実現した。併せて施工面では、構造体の表面もしくはプラスチックシートの裏面に接着剤を塗布し、シートを躯体表面に貼付けるのみで施工を完了する工法を開発した。これまでの表面保護工が複数回の重ね塗りが必要であったのに対し、一回の貼付で完了することにより、施工期間を

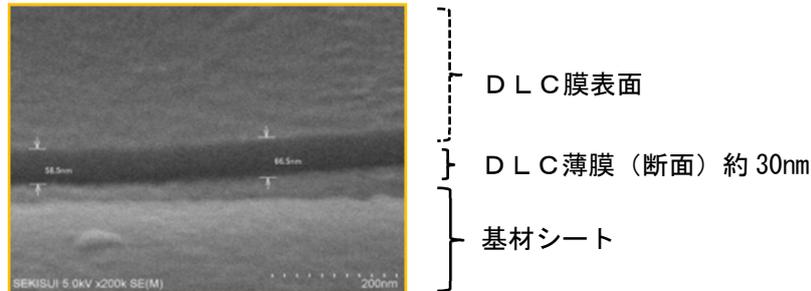


図-3 電子顕微鏡写真 (20万倍)

著しく短縮できると考える。

またこの工法は、シートを貼り付ける構造により、塗料では垂れて均一に塗布できない構造体の天井部や、塗布後の塗膜厚さが保持しにくい微少な部凸部にも均一に保護することができる。

製品 高いガスバリア性能を有するDLC膜を表面に配したプラスチックシート及び
コンクリートとシートを接合する接着剤

用途 ・コンクリート構造物の表面保護工，剥落防止工。

・構造物に弾性接着剤で貼り付け，コンクリートの中性化や水・酸素の侵入による鉄筋の腐食を予防

特長 ・一般的な塗装膜と比べ，5倍以上の酸素遮断性能を持ち鉄筋コンクリート構造物を保護する

・紫外線，水に強く，長期にわたり保護性能を維持できる

・塗装工に比べ，塗り重ね，養生が少なく済み，短工期で施工が可能

性能 主な物性を表-1に示す。

フィールド評価として、軌道周辺での施工を3カ所実施してきた（図-4）。いずれも表面保護、剥落防止を目的とした施工である。

それらの現場施工を通して、従来工法における塗料などの多層化工程が不要で、硬化養生時間を必要とし

表-1 DLC主要性能表 (2019年時点)

試験項目		試験方法	試験結果
中性化抑止性		JHS 417	0.0mm
促進 耐候 3000h 後	外観	JIS K 5600	変化なし
	水蒸気遮断性	JIS Z 0208	0.3mg/cm ² ・日
	酸素遮断性	ASTM D 1434	0cc/m ² ・日 (検出限界以下)
	ひび割れ追従性	JSCE K532	1.6mm
接着性 (アルカリ半浸漬 30日後)		JSCE K531	0.9N/mm ²
押し抜き性能		JHS424	3.6kN(メッシュ有) 4.2kN(メッシュ無)



図-4 ボックスカルバート天面へのDLC施工例



図-5 DLCシートと貼付例

ないこと、シートを貼付けるだけの簡単な工法の為、熟練作業者が必要でなく施工に伴う品質のバラツキが発生しないこと等、簡単・均一に施工できる事を確認した(図-5)。

また、下地調整から貼付け、端部シールまでの各工程における施工時の具体的課題を把握するとともに、施工後に定期的な現場観察を実施し、各環境における使用時の改善点を抽出することができた。

現在、当時得られた課題、知見を吸収し、更なる施工改善、材料改善を実施している。

最後に、本委員会にて様々なご知見のご教授、アイディアのご提供、開発のご支援にご協力頂きました皆様に心から御礼申し上げますと共に、今後とも引き続きかわらぬご支援ご鞭撻を御願いたします。

参考文献

- 1) 刈茅孝一：コンクリート構造物，鋼構造物改修用の新材料，土木施工，pp.104-107，Vol.59，No.1(2018)。
- 2) 鈴木哲也：DLC 薄膜のガスバリア特性を利用した実用化現状，NEW DIAMOND，pp.35-39，Vol. 29，No.1(2013)。