

## 炭素繊維巻立て工法の表面保護工としてのふっ素塗装の有効性に関する検証

西日本高速道路エンジニアリング九州(株) 正会員 ○副島 真一  
非会員 萩島 裕士

## 1. はじめに

耐震補強工事における橋梁下部工補強である炭素繊維巻立て工法では、紫外線などの外的要因による繊維シートの劣化・損傷を防ぐことを目的として、仕上げ材による表面保護工を施工する。大分自動車道(湯布院 IC～別府 IC 間)における同工法の先行工事では、保護工として、ポリマーセメントモルタルの 1mm 仕上げ(以下、「モルタル仕上げ」という)で施工していたが、写真-1 に示すとおり、保護工に浮きやはく離などの不具合が生じた。そこで、モルタル仕上げによる同様の事象を防ぐため、代替工法を検討し、後続工事では、保護工として「ふっ素塗装仕上げ」を採用している。

本稿では、NEXCO 西日本九州支社大分高速道路事務所管内の耐震補強工事での施工実績から、モルタル仕上げとふっ素塗装仕上げの現状を確認し、ふっ素塗装仕上げの有効性についての検証結果を報告する。



写真-1 モルタルの浮き・剥離状況

## 2. 採用の経緯

炭素繊維巻立て工法の表面保護工として、NEXCO 西日本の現行の設計要領では、「モルタルによる 1mm 仕上げ(一般部)もしくは 10mm 仕上げ(土中部)」となっている。しかし、前述したように、先行工事のモルタル 1mm 仕上げ箇所において、多くの浮きや剥離が確認され、施工の手直しが多数発生した。これは、当該区間における、「湿度が高い」、「平均気温が低い」、「寒暖差が大きい」、などの厳しい環境下での施工により、目視では観察しにくい結露等による影響であると考えられた。

そこで、後続工事においては、モルタル仕上げに代わる材料として、鋼部材における炭素繊維シート接着工法の仕上げ塗料である「ふっ素塗装」と「ポリウレタン塗装」に着目し、下部工補強における採用の可否について検討した(表-1)。品質については、どちらも多湿環境下での浮き等の変状事例はなく、施工はモルタルの左官仕上げに対し、ローラー塗布による作業であるため施工性も優れている。経済性については、ポリウレタン塗装が最も安価であったが、耐久性において他より劣るため、50年使用を想定した LCC を考慮すると、ふっ素塗装が最も経済的であり、コスト削減が期待できる。よって、品質(耐久性)・施工性・経済性で優位であった「ふっ素塗装」仕上げを採用した。なお、土中部については、浮き等の損傷が見られなかったため、現行要領に基づき「モルタル 10mm」仕上げで対応した。

表-1 仕上げ材の比較検討

	モルタル1mm	ふっ素塗装	ポリウレタン塗装
品質性	悪条件下で浮き・はく離 耐久性 良(概ね50年) △	浮き等が発生しにくい 耐久性 良(40~60年) ○	浮き等が発生しにくい 耐久性 劣(10~20年) △
施工性	左官仕上げ (施工量: 50m <sup>3</sup> /日) △	ローラー仕上げ (施工量: 98m <sup>3</sup> /日) ○	ローラー仕上げ (施工量: 98m <sup>3</sup> /日) ○
経済性	材料費・施工費 3,800円/m <sup>2</sup>	2,200円/m <sup>2</sup>	1,800円/m <sup>2</sup>
	10,000m <sup>2</sup> 当たり 50年間使用する 場合の金額 3,800万円 (耐用年数: 50年) △	2,200万円 (耐用年数: 50年) ○	7,500万円 (耐用年数: 15年) △

## 3. 対象橋梁及び施工状況

当初施工時の状況を表-2 に示す。対象の 6 橋梁のうち、モルタル仕上げの橋梁では、施工完了から数ヵ月後の調査において、すべての橋梁で部分的な損傷が確認

表-2 対象橋梁及び施工状況

橋梁	仕上げ材	施工時の 平均気温(℃)	施工時の 平均湿度(%)	損傷の有無	対応	備考
A橋	モルタル 1mm	6.2	51.6	有	工事で 補修済	先行工事
B橋		11.2	46.1			
C橋		3.4	58.8			
D橋		4.4	53.1			
E橋	ふっ素塗装	17.1	74.4	無	-	後続工事
F橋		13.5	61.6			

※損傷の有無とは、施工後数ヵ月における損傷

キーワード：耐震補強、炭素繊維巻立て工法、表面保護、ふっ素塗装

連絡先：〒870-0879 大分県大分市大字金谷迫字塚田 1438 番地 西日本高速道路エンジニアリング九州(株) 大分支店  
TEL097-546-8083

された。原因は、前項で記載した施工時の環境条件が大きな要因と考えられる。一方、ふっ素塗装の2橋梁には損傷が見られなかった。

なお、損傷箇所は、全て対象工事内で再施工を行い、補修(ケレン→プライマー塗布→モルタル仕上げ)を行ったが、4年後の詳細点検において、広い範囲で再損傷しているのが確認された。

#### 4. 保護工の健全性検証

先行工事での補修完了後、D橋を除く5橋梁(D橋は、野焼きによる延焼防止のためモルタル10mm仕上げで対応)について、改めて以下の手法を用いて保護工の健全性の検証を行った。検証の方法は、NEXCO西日本の「保全点検実施要領 構造物編(令和3年4月)」に基づき、遠望目視、近接目視、可能な範囲で触診、ハンマー等による打音により実施した。結果の判定は、同要領の「表1-2 判定の標準(下部構造及びはく落対策施設)」より、炭素繊維シートの浮き・亀裂・はく離、及び仕上げ材のひび割れ・浮き・はく離・変色等により判定を行った。

#### 5. 検証結果

モルタル仕上げの現状は、全般的には良好な状況であったが、保護工の一部に損傷が確認された。

A橋は、施工環境が非常に悪く、当初施工時の損傷箇所と同じく、橋脚背面(山側)の日当たり及び風通しの悪い箇所に浮き及びはく離が発見された。(写真-2)。また、B橋でも、ごく一部に小規模の浮き(濁音)が確認された(写真-3)。損傷要因としては、微細な水分による結露が発生し、シートとモルタル界面の付着が阻害されたためと考えられる。さらに、寒暖差による温度変化に伴い、滞留した水分の膨張力に対する抵抗性が小さいため、モルタルに膨れが生じたものと思われる。これは、当初の10mm仕上げ箇所は、健全な状態であったことから裏付けられる。

また、C橋は、表面の剥がれはあったものの、浮き等は確認できなかった(写真-4)。この剥がれについては、施工が左官仕上げであるため、作業員の技能による影響であると考えられる。

なお、今回の検証における打音検査は、近接して検査できる範囲のみであったため、損傷箇所は、さらに多いと予想される。また、今回は、炭素繊維シートの損傷は

見られなかったが、今後、保護工の損傷が進行することで、紫外線によるシートの劣化に伴う、耐震性能の低下も考えられる。したがって、損傷箇所については、既存モルタルを撤去し、現地の状況に合わせた仕上げ材による部分的な補修を行うことを検討している。

次に、ふっ素塗装仕上げの2橋梁について、施工後4年程度経過しているが、モルタル仕上げで当初施工時に見られたような浮き等はなく、現状として、変状は全く見られず良好な状況であった(写真-5)。また、水分が浸透しているような状態も見られず、耐候性を維持していると考えられる。



写真-2 膨れ及びはく離の状況



写真-3 一部に浮き(濁音)



写真-4 表面の剥がれ



写真-5 ふっ素塗装(変状なし)

#### 6. まとめ

最後に、表面保護工として現行要領の標準である「モルタル1mm」仕上げは、施工環境の厳しい場合には不具合が発生しやすい。加えて、施工は非常に繊細な作業を必要とし、作業員の技能にも大きく左右されるため、現地の施工環境に合わせた材料の使い分けが好ましいと考える。

代替工法として、モルタル仕上げと比較すると、施工(環境・技能)に左右されず品質を確保でき、単価で6割程度と安価である「ふっ素塗装」による施工が有望であると考えられる。また、万一損傷した場合においても、塗布作業により容易に部分的な補修をすることが可能であるため、維持管理においても優れている。

現状では「ふっ素塗装」は、表面保護機能を満足していると判断できるが、施工完了から検証までの期間が短く、対象橋梁も少ないため、今後も引き続き検証を行い、本工法の有効性を確認したい。