

施工後 19 年経過した表面改修材料の紫外線劣化に関する評価

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○栗林 健一、秋山 保行

オバナヤセメンテックス株式会社 吉田 圭一

大日本塗料株式会社 関 智行

1. はじめに

JR 東日本では 2001 年頃よりコンクリート片の落下防止を目的とした表面改修工を施工してきた。表面改修工の劣化は、紫外線による上塗り材料の有機化合物の分解抽出（白亜化）や温度挙動（高架橋躯体、改修材料層間）による塗膜のワレがあげられる。これら劣化箇所等からの水の侵入により付着力が低下することで表面改修材の浮きや剥がれなどの重大な変状につながるとされる。本研究ではこれらのうち紫外線に着目した。新幹線コンクリート橋の施工後十数年経過した表面改修材料について室内試験等で評価し、表面改修材料の劣化に紫外線が与える影響について把握をおこなった。

2. 調査概要

東北新幹線、上越新幹線のコンクリート橋 12 か所の表面改修材料について調査を行った。表 1 に調査材料と経年数、採取地域等を示す。なお A 材料と B 材料の上塗り材料は水性アクリル樹脂、C 材料の上塗り材料はアクリルウレタン樹脂である。調査では、現地での外観観察や白亜化等級測定を行い、採取した試料を用いて室内試験で光沢度測定、塗膜表面の形状・形態観察等を行った。

表 1 調査材料と採取試料の経年

区分	上塗り	経年(地域)
A 材料系	水性アクリル樹脂	9 年(古河)、11 年(伊那) 13 年(古河)、18 年(久喜)
B 材料系	水性アクリル樹脂	8 年(久喜)、8 年(黒磯) 11 年(長岡)、13 年(宇都宮) 15 年(高崎)、19 年(小山)
C 材料系	アクリルウレタン樹脂	7 年(塩釜)、15 年(古川)

3. 外観観察

高所作業車による直近目視を行った。対象の 12 か所のうち 4 か所でひび割れが確認された。図 1 に示すように、外観観察では微細なひび割れ（0.2mm 未満）が確認されたものの、剥落防止の機能を阻害する重大な変状である浮きや剥がれは確認されなかった。



図 1. ひび割れ(左:地覆との境界部, 右:防音壁天端からのひび割れ)

4. 紫外線が与える上塗り材料の劣化に関する分析

4.1 白亜化等級測定

直射日光の影響を受ける防音壁側面と日陰となる張り出し床版下面で白亜化等級測定を行った(図 2)。なお白亜化等級測定は JIS K 5600-8-6 に準拠した。

調査結果を図 3 に示す。防音壁側面では施工後 13 年以降で白亜化等級が 3 または 4 となり、有機化合物の分解抽出が進んでいると考えられる。一方で直射日光の影響を受けにくい張り出し下面では白亜化が進行していないことが確認された。なお、設置方位（西面・東面）に差は確認されなかった。



図 2. 調査部位

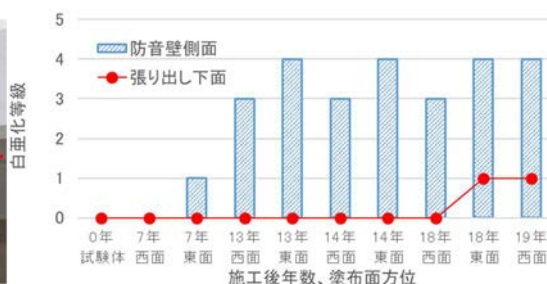


図 3. 白亜化等級(横軸:経年)

キーワード 剥落対策工, 経年劣化, 紫外線劣化, キセノン照射, 光沢保持率, SEM

連絡先 〒331-8513 さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センター テクニカルセンター TEL048-651-2552

4.2 光沢保持率

JIS 法に従い、光沢度を測定した。各採取試料につき 5 点測定して平均値を算出し、3 体の平均値で光沢度をまとめ、室内で製作された同じ材料と対比することで採取試料の光沢保持率を求めた。図 4-①に材料 AB の試験結果、図 4-②に材料 C の試験結果を示す。上塗り材料の違いに関わらず光沢保持率は経年により大きく低下していることが確認された。

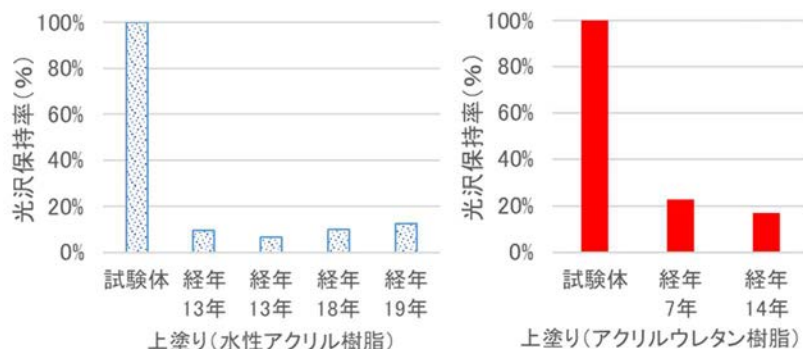


図 4-① 光沢保持率(材料 A・B)、図 4-② 光沢保持率(材料 C)

4.3 塗膜表面の形状・形態観察

SEM 画像(100 倍)により塗膜表面の形状・形態観察を行った。室内で製作された試験体①、施工後 19 年経過した採取試料の画像を図 5 の上段に示す。採取試料②は①と比較すると孔が確認される。

さらに採取試料②にフッ素系樹脂の上塗り材を塗布した試験体と室内試験体①に対してキセノン照射(JIS K 5600-7-7 促進耐候性及び促進耐光性を参考)を行った。暴露サイクルは照射 102 分後 18 分照射および水噴霧とし 600 時間を照射した。図 5 の下段に照射後の画像を示す。③の室内試験体はキセノン照射によって生じたと推定される割れが確認された。一方でフッ素系樹脂の上塗り材を塗布した試験体④には割れなどは確認されなかった。図 6 に照射前の各材料の光沢度と対比した試験体③④の光沢保持率を示す。フッ素樹脂の光沢度はほとんど低下しないことが確認された。

一般的なアクリル樹脂に比べフッ素樹脂の結合エネルギーが高い¹⁾ため、フッ素樹脂はキセノン照射による劣化が小さいと考えられる。

4.4 塗膜の化学変化の解析

エネルギー分散型 X 線分析法(SEM/EDX)によって採取試料(A, B, C 材料)の上塗り材の樹脂等の変化について解析を行った。表面の元素組成は室内製作試験体に比べ、チタン Ti の検出量が増加していた。上塗りには顔料としてチタンを配合しており、白亜化(有機化合物の分解抽出)が生じていると示唆された。

5. おわりに

施工後十数年経過した表面改修材は、上塗り材料の劣化(白亜化)は進行しているものの、付着界面の浮きや剥がれは確認されないことから、当初の目的である剥落防止の機能は有していると考えられる。また、耐候性の高いフッ素系樹脂を上塗り材として重ね塗りすることで、今後も剥落防止機能を保持できる可能性を確認することができた。2031 年より東北・上越新幹線の約 800km を対象とした新幹線大規模改修工事が計画されているが、既に施工されている表面改修材料の活用(上塗り材追加)も候補として検討していく。

参考文献：コンクリート構造物に用いられる表面被覆工法の耐久性評価手法に関する研究 山田卓司

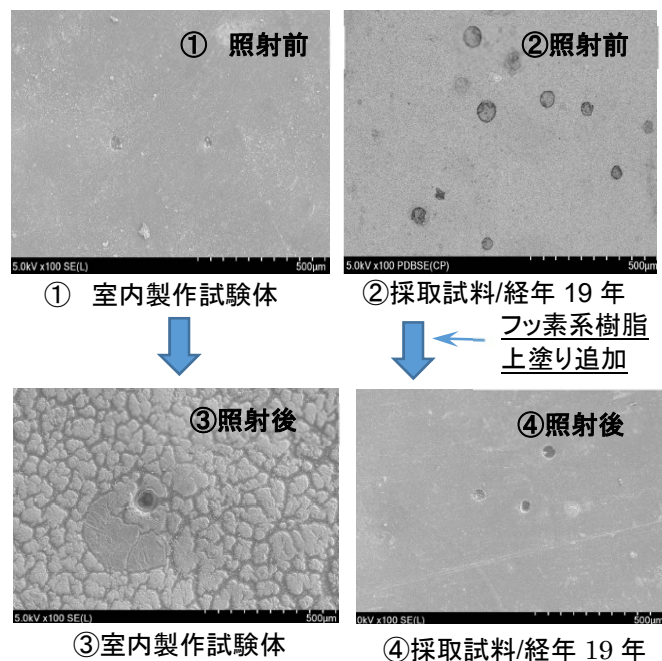


図 5 塗膜表面の形状・形態観察(SEM 画像)

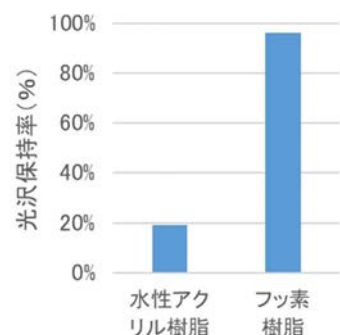


図 6 照射後の光沢保持率