

UV カット型表面保護工の開発

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○長谷川 昌明
フェロー 関 雅樹 非会員 藤嶋 昭
非会員 志知 哲也 非会員 沼田 貴史

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化が社会問題となって以来、約 20 年が経過した。このうち、中性化防止対策としては表面保護工が普及しており、東海道新幹線では 2000 年より鉄道構造物として初めて樹脂系やセメント系材料の表面保護工を施工している。ところで、これらの表面保護工は紫外線による経年劣化は避けられず、東海道新幹線では保護工の材料規格として 3,000 時間の耐候性試験（20 年間の耐久性を想定）後のひび割れ追従性や鉄筋腐食因子の遮断性能の要求性能を標準¹⁾に規定している。しかし、上記保護工は経年劣化による 20 年ごとの塗り替えを前提としており、将来発生すると考えられる膨大な施工数量を勘案すると、さらに耐候性を高めた保護工塗膜の開発が望まれる。そこで筆者らは、保護工のトップコート（下・中・上塗りで構成される保護工の上塗り材）に無機系紫外線吸収材（酸化チタン）を用いて紫外線を遮蔽する半透明型塗膜を開発した。本研究では、半透明性を確保しつつ紫外線遮蔽性を高めた塗膜の透明性と紫外線遮蔽性の評価、および、キセノンウェザーメーターによる紫外線照射試験による塗膜の耐候性の評価を実施した。さらに、実物高架橋に塗布することにより、これまで使用されてきた材料との施工性の比較を行った。

2. 塗膜の透明性と紫外線遮蔽性の評価

保護工の施工後においても下地の劣化（ひび割れ等）の検知が可能となるように、無色透明に近い上塗り材の開発が望ましい。一般的に、酸化チタンを含有する塗膜は、その含有量の増大とともに紫外線遮蔽性が高くなるが、逆に塗膜の透明度は低下する。そこで、本研究における塗膜の開発においては、十分な量の酸化チタンの含有によって紫外線遮蔽性を確保しつつ、薄膜とすることによって半透明性の確保を可能にした。まず、開発した塗膜（以下「保護材 X」）の半透明性を比較した写真を図 - 1 に示す。比較対象は、ガラス板、および主材をエポキシ系樹脂とし、上塗り材をフッ素系材料とする、東海道新幹線高架橋の梁部材に標準的に使用されている 2 種類の表面保護工材料（以下「保護工 P」、「保護工 Q」）のうち、保護工 Q の上塗り材である。この結果から、開発した保護材 X は半透明性を有していることがわかる。さらに紫外線の遮蔽度および塗膜の透明度について定量的に評価するため、石英ガラス板（厚さ 3mm）に保護材 X（膜厚 2 ミクロン）および保護工 P、Q の上塗り材（各膜厚 30 ミクロン）を塗布したものをサンプルとして、照度計、およびヘイズ測定器を用いて紫外線遮蔽率・全透過率の比較を行った。波長による紫外線領域別に、各領域の代表値の 3 波長の光（それぞれの波長：254、310、365nm）に対して紫外線遮蔽率を測定した結果を図 - 2 に示す。また、全透過率については、保護材 X が 78.9%、保護工 P、Q の上塗り材は 0% であった。これらの結果から、保護工 P、Q については、紫外線遮蔽性能は、試験で用いた 3 波長の光に対して非常に良好（100%）であるものの、全透過率が 0% であることから、結果として塗膜の向こう側が全く見え、塗膜を施工した後は下地の状態が全く見えないことを示している。これに対して、本研究で開発した保護材 X については、254nm の波長の光に対しては、紫外線遮蔽率が劣るものの（約 60%）、他の波長の光に対しては非常に良好（100%）な

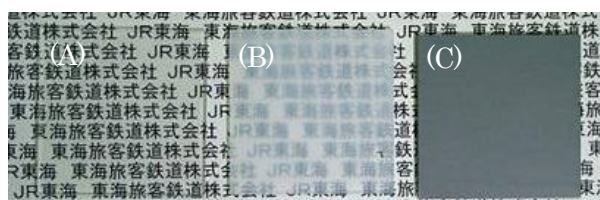


図 - 1 (半)透明性の比較

(A)ガラス、(B)保護材 X、(C)保護工 Q の上塗り

の半透明性を比較した写真を図 - 1 に示す。比較対象は、ガラス板、および主材をエポキシ系樹脂とし、上塗り材をフッ素系材料とする、東海道新幹線高架橋の梁部材に標準的に使用されている 2 種類の表面保護工材料（以下「保護工 P」、「保護工 Q」）のうち、保護工 Q の上塗り材である。この結果から、開発した保護材 X は半透明性を有していることがわかる。さらに紫外線の遮蔽度および塗膜の透明度について定量的に評価するため、石英ガラス板（厚さ 3mm）に保護材 X（膜厚 2 ミクロン）および保護工 P、Q の上塗り材（各膜厚 30 ミクロン）を塗布したものをサンプルとして、照度計、およびヘイズ測定器を用いて紫外線遮蔽率・全透過率の比較を行った。波長による紫外線領域別に、各領域の代表値の 3 波長の光（それぞれの波長：254、310、365nm）に対して紫外線遮蔽率を測定した結果を図 - 2 に示す。また、全透過率については、保護材 X が 78.9%、保護工 P、Q の上塗り材は 0% であった。これらの結果から、保護工 P、Q については、紫外線遮蔽性能は、試験で用いた 3 波長の光に対して非常に良好（100%）であるものの、全透過率が 0% であることから、結果として塗膜の向こう側が全く見え、塗膜を施工した後は下地の状態が全く見えないことを示している。これに対して、本研究で開発した保護材 X については、254nm の波長の光に対しては、紫外線遮蔽率が劣るものの（約 60%）、他の波長の光に対しては非常に良好（100%）な遮蔽率を有しており、80%程度全透過率を有するため、保護工の下地の視認性を確保しつつ、紫外線の遮蔽性を有していることがわかる。なお、254nm の波長の光に対する遮蔽率が低いものの、この波長領域ではそれより大きい波長領域と比較して光の強度自体が小さいので、塗膜を透過する紫外線による下地の劣化影響は少ない。

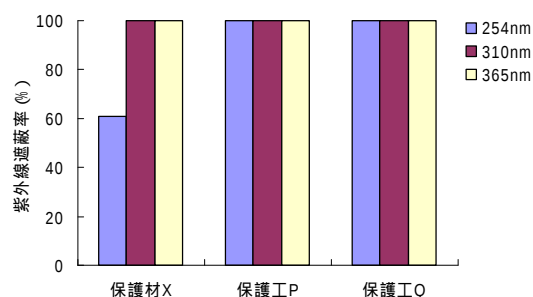


図 - 2 紫外線遮蔽率の比較

3. 塗膜の耐候性の評価

酸化チタンを通常の塗膜に活用した場合、その分解活性に起因するチョーキング（表面が白い粉を吹いたような状態）のキーワード 表面保護工、塗膜、酸化チタン、紫外線遮蔽性、耐候性

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道(株) 総合技術本部 技術開発部 TEL:0568-47-5374 FAX:0568-47-5364

発生による塗膜厚の減少により、中塗り塗膜の性能の低下を起こすおそれがある。本研究で開発した塗膜は、酸化チタンにより分解されないシリコン系の物質をバインダーとして使用することにより耐候性の向上を図った。開発した塗膜の耐候性の検証を、キセノンウェザーメーターによる紫外線照射試験により実施した。試験サンプルは繊維強化セメントボードを基板として、保護工 P、Q を対象に、それぞれの塗装システムのうち、下塗り（プライマー）、中塗り（主材）までボード全面に塗布したものに、保護材 X を上塗りとして塗布したもの（以下、「保護工 PX」、「保護工 QX」）および、「保護工 P」、「保護工 Q」をそれぞれの塗装システムの下塗りから上塗りまで塗布したものを試験片として各 3 体作成した。照射は計 2,000 時間実施し、最初の 1,000 時間は 180W/m²、残りの 1,000 時間は 60W/m² の照度による連続照射とし、経過を観察した。最初の 1,000 時間は標準で規定する 20 年の耐候性に相当する 60W/m²、3,000 時間の照射試験と、照度を 3 倍として 3 分の 1 の期間である 1,000 時間照射する試験をほぼ同等と考えて実施した。次の 1,000 時間の照射試験は、その後の経過観察を目的として実施した。紫外線により劣化した塗膜は、膜厚が薄くなるなどの理由により遮蔽性能が低下するとともに、色やつやの変化を引き起こすことから、照射による各保護工の劣化の評価は、色差計および光沢計により得られた色彩変化（E）および光沢度変化（つやの変化）の平均値により行った。2,000 時間照射後の保護工 P および PX の顕微鏡による拡大写真を図-3

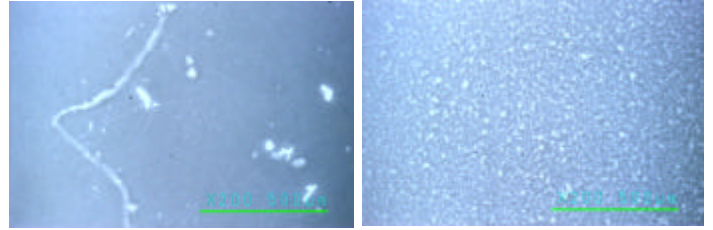


図-3 耐候性試験後の表面（200 倍に拡大）（左：P，右：PX）

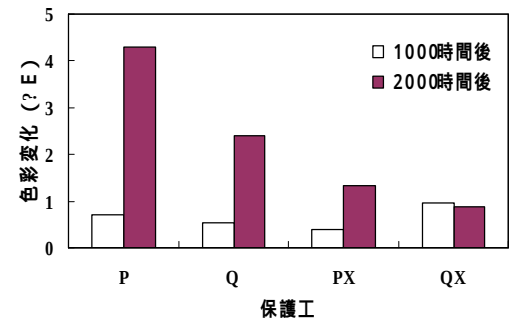


図-4 耐候性試験後の色彩変化

に示す。これにより、保護工 P の表面に膨れ・しわが確認できた。色差計による色彩変化（E）の結果を図-4 に表す。1,000 時間後の試験結果では、保護工 P、Q と保護工 PX、QX の色彩変化は概ね 0.5～1.0 程度であり、有意な差は見られない。「条件等色指数 - 照明光条件等色度の評価方法」（JIS Z-8719）によれば、E が 0.5 以下では、ほぼ同色とみなしており、最初の 1,000 時間（20 年相当）程度ではいずれもほとんど色彩が変化していないと言える。しかし、2,000 時間後では保護工 P、Q が保護工 PX、QX よりも大きな色彩変化を示した。このことから、今回開発した保護材 X が紫外線を吸収することにより塗膜の劣化を防止していることがわかる。光沢度変化については、従来使用されてきた保護工 P、Q は著しい光沢度変化を示し、1,000 時間後のデータでは、開発した保護材 X を上塗りに用いた保護工 PX、QX との光沢度の差が 10～15 程度見られた。一般的に、光沢度に 5 程度の違いがあれば、目視によってもその光沢の違いが感じられるとされている。目視による観察では試験サンプルの照射部分に「つや」の消失が認められており、光沢度変化の測定結果の傾向と一致していた。この結果から、今回開発した無機系紫外線吸収材（酸化チタン）を用いた表面保護工は、一般的に使用されている表面保護工と比較して、下地の色彩や光沢度に変化を及ぼす紫外線を遮蔽でき、優れた耐候性を有することが確認された。

5. 結論・おわりに

一般的に使用されている表面保護工の上塗り材と、今回開発した保護材を用いて、紫外線遮蔽率の測定を行った結果、開発した保護材は、既存の材料の上塗り材と同程度の紫外線遮蔽率を有するのみならず、半透明性を有することが確認され、保護工の下地の変化（たとえばひび割れ）の視認性を確保することができるため維持管理の観点からも有用であると考えられる。さらに、スーパーキセノンウェザーメーターによる 2,000 時間の耐候性試験により、表面状態、あるいは色彩や光沢度の変化を調査したところ、本研究で開発した塗膜は、優れた耐候性を有することが確認された。なお、本塗膜は薄膜のため、塗装後に下地の収縮などの影響を受けにくく、中塗りの施工終了後に大きな時間をあけずに本上塗り塗膜の施工を行っても付着力に影響を及ぼさないことが期待された。この検証のため、本塗膜を実物高架橋にスプレー塗布し施工性の確認を行った（図-5）。この結果、中塗りの塗布後 3 時間程度の間隔をもって、上塗り塗膜の施工が可能であることを実証した。これにより、表面保護工の施工に際して本塗膜の使用が工期の短縮に寄与するものと期待される。現在保護工 P、保護工 P の中塗りまでのものと同時に自然環境に暴露し、施工後の経過の観察を行っており、耐久性について調査している。

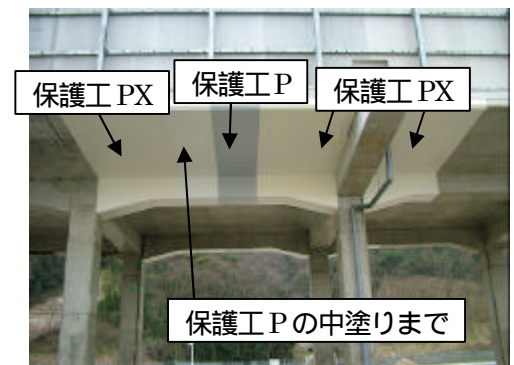


図-5 開発した塗膜を施工した高架橋

[参考文献]

- 1) 日本鉄道施設協会編：東海道新幹線鉄筋コンクリート構造物維持管理標準，p. 33，1999. 8.
- 2) 藤嶋 昭ほか編：酸化チタン光触媒の研究動向 1991-1997，シーエムシー出版，pp. 69-93，1998. 7.