# 鋼橋における塗膜の白亜化現象とその抑制技術に関する研究

名古屋工業大学大学院　学生会員　○牛田　成彦
名古屋工業大学大学院　学生会員　鞍馬　宏紀
名古屋工業大学大学院　正会員　永田　和寿

## 1. 研究の背景と目的

鋼橋の維持管理費用を抑えるために，長期的なLCCからみた効率的な維持管理は非常に重要である．塗膜の劣化には種々あるが，特に白亜化は，紫外線を受けることによって塗膜表面が分解し塗膜成分が粉として吹き出す現象であり，塗り替え塗装の重要な指標である．本研究では，塗膜の長寿命化，白亜化現象の抑制を実現する為の技術を提案することを目的とした．

## 2. 試験概要

アキレス株式会社が提供するウレタンシート（基材層がウレタン樹脂：以下シートA）と，PVCシート（基材層がポリ塩化ビニル）に横浜ゴム株式会社の耐候性に優れるコーティング材を塗布したシート（以下シートB）を塗装鋼板に貼付した試験体を作製し，紫外線連続照射による促進耐候性試験を実施した．また，シートの基本性能である紫外線吸収効果による，白亜化抑制効果に着目した．

### 2.1　試験体

試験体は縦43mm×横28mm×厚さ4.5mmの大きさの鋼板を用意し，上塗り塗料のみを施した．試験体のケースは計10種とし，表―1に示すように上塗り塗料には塩化ゴム系塗料またはポリウレタン樹脂塗料を用い，シートの有無を分類した．なお塗膜表面の評価を容易に行うために，case3, 6, 8, 10は塗膜にシートを直接貼付せず，4辺を両面テープで固定してシートを塗膜表面から浮かせた試験体を作製した．写真－1にcase1~3を示す．

(a)case1　(b)case2　(c)case3

写真－1　試験体の様子

### 2.2　試験機

試験機にはアイスーパーUVテスター（SUV-W161，岩崎電気株式会社）を用いた．促進倍率は，紫外線連続照射で試験を行った場合，試験時間57時間で屋外暴露1年に相当する量の紫外線量を放出する能力がある．

### 2.3　促進試験方法

白亜化は酸素や水分，温度変化にも影響を受けるが，本研究では紫外線による影響に焦点を絞ったため，試験機槽内の温度は50℃，湿度は63%でそれぞれ試験機の標準設定通り一定とし，紫外線連続照射による試験を行った．試験時間は屋外暴露10年分に相当する570時間とした．また，促進試験結果の経時変化を記録する為に570時間を5つのサイクルに分け，1サイクルを114時間として試験を行った．試験体はcase1~6については各ケースに6体ずつ，case7~10については，試験途中から追加投入した関係上3サイクル分の試験しか行わなかったため，各ケース3体ずつ用意し，サイクルが終わる毎に1体ずつ取り出し，取り出した試験体は再び試験機には戻さず，種々の評価を行った．またサイクル毎にすべての試験体の写真を撮影し，個体毎のばらつきがないか目視による確認を行った．

### 2.4　評価方法

促進試験結果の評価は，各サイクルを終えたシートを直接貼付していない試験体（case1,3,4,6,8,10）の塗膜表面について(1)光沢度測定，(2)白亜化度測定，(3)われの測定，(4)膜厚測定の4項目の測定を行った．

光沢度測定は，白亜化の発生に先行して塗膜表面の変状として数値に表れるために行った．測定方法は各試験体につき6か所の光沢度から平均値を算出し，初期の光沢度と比較して光沢保持率として算出した．白亜化度測定は，JIS K 5600-8-6に準拠し，白亜化測定用テープを用いて試験体の塗膜表面から白亜化を採取後，直ちに白亜化等級の標準画像と比較して等級付けを行った．割れの測定は，IS K 5600-8-4に準拠し，塗膜表面の割れの程度を割れ密度の等級画像と比較して等級

表―1　試験体の構成

| 試験体No. | case1 | case2 | case3 | case4 | case5 | case6 | case7 | case8 | case9 | case10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 上塗り塗料 | 塩化ゴム系 | 塩化ゴム系 | 塩化ゴム系 | ポリウレタン樹脂 | ポリウレタン樹脂 | ポリウレタン樹脂 | 塩化ゴム系 | 塩化ゴム系 | ポリウレタン樹脂 | ポリウレタン樹脂 |
| ウレタンシート（シートA） | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × |
| PVCシート＋コーティング材（シートB） | × | × | × | × | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 粘着層 | × | ○ | × | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × |

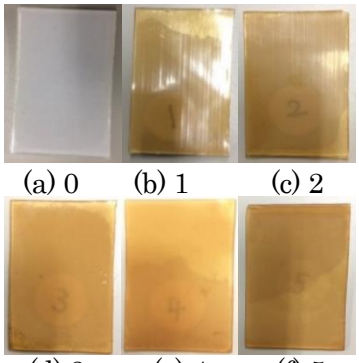
キーワード：白亜化，紫外線，高機能シート，促進試験
連絡先　〒466-8555　愛知県名古屋市昭和区御器所町　名古屋工業大学　TEL（052-735-5482）

付けを行った．膜厚測定は，各試験体 6 か所の測定し平均値を算出した．また，初期の膜厚と比較して膜厚保持率として算出した．シートを全面貼付した試験体（case2,5,7,9）及びシート単体の評価については，シートと塗膜の密着性やシートの耐久性について確認を行なった．

## 3. 試験結果

### 3.1 シートの評価

写真－2 にシート A のサイクル毎の外観写真を示す．1 サイクル終了後から黄変がみられた．その後，徐々に透明度が低下しており，緩やかに黄変が進行したと考えられる．早期に黄変がみられた原因としては，ウレタン樹脂の耐候性があまり強くないこと，短時間で多量の紫外線を照射するため，試験環境が非常に厳しかったことなどが考えられる．耐久性向上を試みたシート B では試験開始から 2 サイクル終了後まで黄変はみられず，3 サイクル終了後から部分的に黄変が確認されたが，シート A の同時期と比較して黄変が抑制されていることが確認できた．

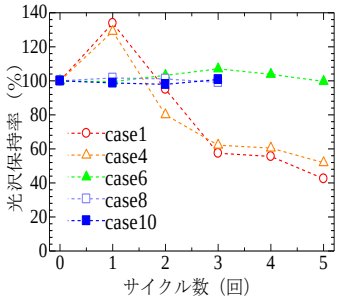


写真－2　シートAの状態
(数字はサイクル数を示す)

### 3.2 塗膜表面の試験結果

**(1) 光沢保持率**

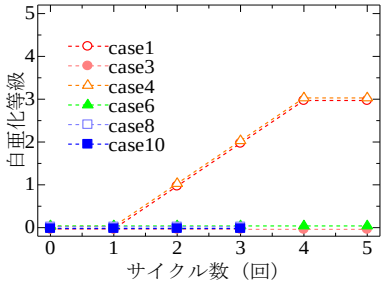
シートを直接貼付していない試験体について，図－1 に各ケースにおける塗膜表面の光沢保持率の推移を示す．シート無しの case1,4 の試験体についてはどちらも 1 サイクル後に光沢保持率が上昇したが，2 サイクル目以降から保持率が低下しており，5 サイクル後には case1 では 50%を下回り，case4 では 50%程度まで低下した．一方，シート A で覆われた case6 及びシート B で覆われた case8,10 の試験体では最終サイクル終了後も光沢保持率はほぼ一定であることが確認できた．これより，シートによって塗膜の光沢度低下が抑制されたと考えられる．



図－1　光沢保持率の推移

**(2) 白亜化等級**

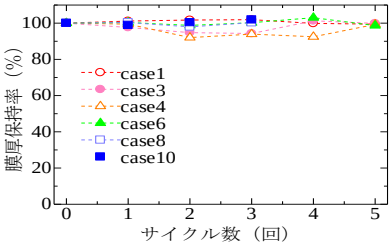
図－2 に各ケースにおける塗膜の白亜化等級の推移を示す．シートで覆われていない case1,4 においては 2 サイクル後からわずかに白亜化による粉の付着がみられ，3 サイクル後からはっきりとした白亜化が確認された．そしてサイクルを重ねるごとに白亜化の程度は大きくなり，試験終了時にはどちらも等級が 3 を示した．これより，光沢保持率の低下に追従して塗膜表面では白亜化が生じ始めたと考えられる．case3,6,8,10 の試験体では，白亜化は見られず，シートで覆うことにより白亜化の発生を遅らせる効果があると考えられる．



図－2　白亜化等級の推移

**(3) 膜厚保持率**

図－3 に各ケースにおける塗膜の膜厚保持率の推移を示す．シートで覆われていない case1 において 5 サイクル後まで膜厚保持率は約 100%を維持しており，塗膜の劣化による膜厚の減耗は確認できない．また case4 においては 2 サイクル後から 4 サイクル後まで一時的に膜厚保持率が低下することもあったが，5 サイクルの間では，全ての試験体において，90%以上の膜厚保持率を維持しており，塗膜の劣化による膜厚の減耗を今回の測定から確認することはできなかった．シートを用いた case3,6,8,10 の試験体においてもすべてのサイクルにおいて膜厚保持率が維持されており，これらの試験体は光沢度や白亜化，割れの項目においても劣化が確認できなかったことから，膜厚の減耗も生じていないと考えられる．このことから，塗膜表面が健全を保っている状態を示していることが確認できた．



図－3　膜厚保持率の推移

## 4. まとめ

本研究で得られた結論および今後の予定を以下に示す。

1)シート A では試験前半から黄変による劣化が確認されたが，シート B では改善されたことから，材料を変えるなどしてシートの耐久性を向上させることができると考えられる．

2)シートを用いていない試験体は，試験前半から光沢度保持率が低下し，白亜化や割れが発生する等の劣化が確認されたが，シートを用いた試験体ではいずれも劣化は確認されず，シートを用いることで塗膜表面を紫外線劣化から抑制することが確認できた．

3）今後は試験時間を伸ばし，耐久性についてさらなる検討を行う予定である．