色差に着目した塗膜の劣化評価に関する実験的研究

岐阜大学　正会員　○木下　幸治　　岐阜大学　正会員　村上　茂之
鍋谷バイテック会社　蘆田　雄太　　昭和コンクリート工業（株）　橘　修

1. はじめに

近年，構造物の長寿命化が課題である．鋼橋においては，塗装の長寿命化が橋梁の長寿命化に繋がることから，塗装の劣化を早期に検知することが必要である．

従来の塗装橋には有機系塗装が使用されており，紫外線により塗装が劣化することが知られている．しかし，紫外線による塗装の劣化を定量的に評価する手法はなく，紫外線によりどの程度塗装が劣化しているのか判断できていない．

そこで本研究では，有機系塗装の紫外線による劣化を色差により定量的に評価することを目指し，各種塗装を用いた試験体の促進耐候性試験，ならびに塩水噴霧試験を実施し，紫外線ならびに塩水による塗装劣化過程における色差の経時的な変化について観察した．その上で，より実際の腐食環境を再現した複合サイクル試験と促進耐候性試験を組み合わせた試験（以後，環境促進試験）を実施し，色差による塗装の劣化評価の適用性について検討した．

2. 試験体詳細

試験体の寸法は150mm×70mm×6mm，使用鋼材は普通鋼材 SS400 である．試験体の塗装仕様については，塗装系が異なることにより劣化の過程が異なると考えられる．そこで，フタル酸樹脂塗料を用いた A-5 塗装系と Ra-Ⅲ塗装系，ふっ素樹脂塗料を用いた Rc-Ⅰ塗装系と Rc-Ⅲ塗装系を使用した．さらに，紫外線による劣化が極めて少ないとされている無機系塗装（アルコキシシラン化合物）を施した試験体を作成し，有機系塗装の紫外線による塗装劣化を比較した．鋼板の素地調整は，ブラスト処理した素地調整 1 種，ならびに腐食損傷が発生した鋼板の補修塗装を想定し塩水噴霧試験により初期さびを発生させた後に素地調整3種を実施したものを準備した．

3. 促進試験概要

紫外線ならびに塩水による塗装劣化における色差の経時的な変化を把握するために促進耐候性試験，ならびに塩水噴霧試験をそれぞれ実施した．さらに，色差による塗装の劣化評価の実際への適用性について検証するために，環境促進試験を実施した．図-1 に示す環境促進試験の行程を実環境の2年分相当とした．

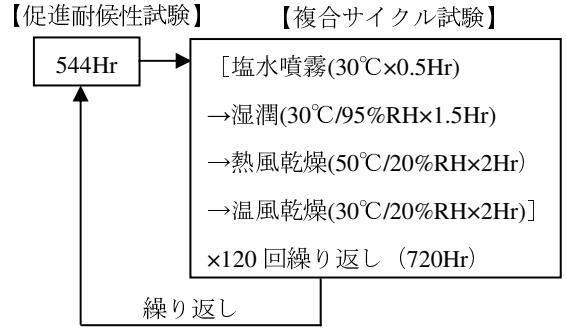

図-1　環境促進試験サイクル図

4. 色差の測定

色差の測定状況を写真-1 に示す．塗装の色差は，従来JISで採用されている $L^*a^*b^*$ 色表系で定義される色差 ΔE を用いられることが多い[1]．$L^*a^*b^*$ 色表系は，L^* は黒⇔白，a^* は赤⇔緑，b^* は黄⇔青の３成分を軸とした色空間で定義され，色差 ΔE はその空間内での相対距離として式（1）により算出される．

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \cdots (1)$$

色差 ΔE は色空間内の距離で色の変化を判断できるという利点があるが，どの色に変化が生じたのかについては検討できない．そのため，塗装劣化の要因が異なることにより色の変化も異なると考えられるが，色差 ΔE ではその把握は困難である．そこで，本研究では，$L^*a^*b^*$ それぞれの色差を観察することとした．

4．試験結果

1）促進耐候性試験

図-2 (a)，(b) より，L^*，a^* はいずれの塗装系，ならびに素地調整において同じような変化を示した．従って，L^*，a^* には紫外線による劣化の有機系塗装と無機系塗装との差異は

キーワード：塗膜劣化，無機系塗装，色差，促進試験，紫外線
連絡先　〒501-1193　岐阜県岐阜市柳戸 1-1　岐阜大学工学部　社会基盤工学科　058-293-2414

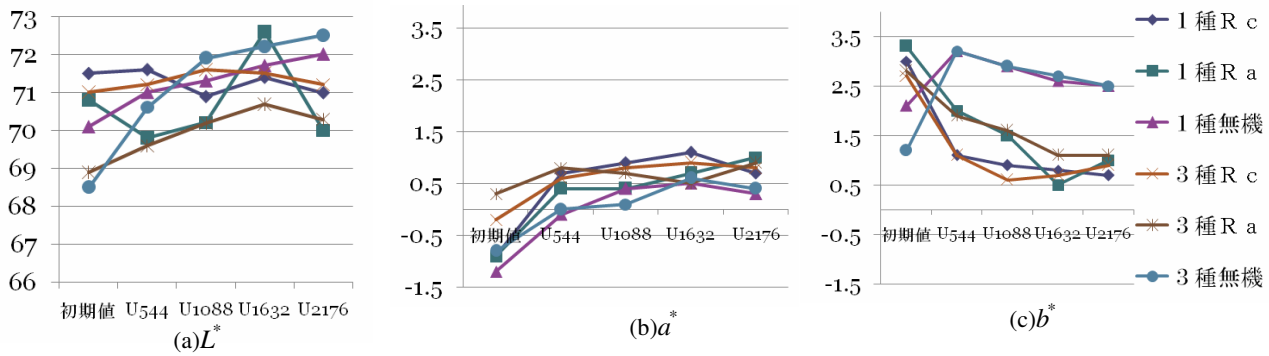

図-2 促進耐候性試験による色差の変化

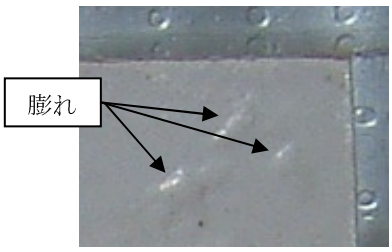

写真-1 試験体塗膜に発生した膨れ

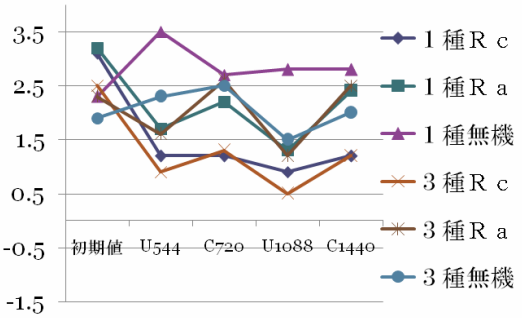

図-3 環境促進試験によるb^*の変化

現れにくいと考えられる．b^*については図-2(c)より，有機系塗装では試験時間の増加に伴い減少した．それらの減少は最大で2.5程度であった．一方，無機系塗装のb^*には減少する傾向は見られなかった．以上より，有機系塗装の紫外線による劣化はb^*の差として表れる．次に，b^*の変化と塗膜の膨れの程度を関連付けるために試験体の外観観測を実施した．促進耐候性試験が544時間の段階で，写真-1に示すような有機系塗装の素地調整3種の試験体に膨れが発生した．これより，b^*が1～2程度減少すると塗膜に膨れが生じ始める可能性がある．

2）塩水噴霧試験

L^*，a^*，b^*はいずれの塗装系，ならびに素地調整において同じような変化を示した．従って，塩水による塗装劣化における色差の変化傾向は，有機系，無機系とも同様である．外観観測では，Ra塗装系では1000時間の段階で端部に膨れが発生し，2000時間で全面に広がり，3000時間で剥がれが生じた．Rc塗装系は試験開始2000時間で供試体の端部に膨れが確認でき，3000時間では膨れがひと回り大きくなった．一方，無機系塗装に膨れは生じなかった．

3）環境促進試験

L^*，a^*はいずれの塗装系，ならびに素地調整において同じような変化を示した．b^*については図-3より，Rc塗装系では，試験時間の増加に伴いb^*が減少するという促進耐候性試験と同様の傾向が見られた．Ra塗装系では，b^*のばらつきが大きくなっている．また，無機系塗装においても促進耐候性試験と比べb^*のばらつきが大きくなっている．外観観測より544時間の段階で有機系塗装の素地調整3種の試験体に膨れが生じた．その後，試験体の膨れはRa塗装系では試験体全面に広がった．促進耐候性試験の膨れの状況と比較すると環境促進試験の方が膨れの量が多いことから，塩水の影響を受けたためと考えられる．一方，Rc塗装系では膨れは端部に留まった．以上のように，実環境下においても，有機系塗装の紫外線による劣化を色差により検知できる可能性がある．

5．まとめ

1. 紫外線による有機系塗装の劣化は，b^*の色差として検知できる可能性がある．b^*の変化と外観観測より得られる塗膜の膨れとの関係から，b^*が1～2程度減少すると，塗膜表面に膨れが生じる可能性が高い．
2. 塩水による塗装の劣化過程における色差の経時的な変化は，有機系塗装，無機系塗装とも同じである．
3. b^*の色差より有機系塗膜の紫外線による劣化評価の適用性について環境促進試験により検証した結果，実環境においても適用できる可能性がある．

参考文献

1)日本工業規格（JIS K 5600-4-6）塗料一般試験方法，2002.