

水利施設補修材料の品質確認試験について

(第3回)

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 森 充 広
奥野 倫太郎 (講習生)

1. はじめに

これまで本連載では、現在実施されている農業水利施設の補修・補強工事の現場において、補修箇所再劣化が問題となっている現状を踏まえ、①農業水利施設に求められる性能や補修材料の性能を確認するための試験方法に関する現状、②農業水利施設の特徴的な変状である摩耗と補修材料の耐摩耗性を評価するための摩耗試験、について紹介した。連載3回目となる今回は、農業水利施設補修材料の耐候性を評価する試験について、その種類や原理を紹介するとともに、各機関で利用されている試験方法及び農村工学研究所で実施した補修材料の耐候性試験の一例について紹介する。

2. 耐候性とは

農業水利施設の補修には、様々な補修材料が利用されている。例えば、農業用水路では、摩耗した通水断面の粗度を改善したり、劣化因子の浸透を防止したりする目的で、断面修復材や表面被覆材による機能回復が図られている。また、目地部からの漏水を防止するための様々な目地材が開発されている。これらの補修材料には対象施設の立地環境や管理内容などによって様々な性能が要求される。特に、農業水利施設の補修材料には、直射日光による紫外線や温度変化、乾湿の繰返し、流水に晒されるといった環境下で長期間性能を保持する耐久性が要求される。なお、森ら¹⁾は、実際に補修が行われた農業用水路で発生している変状とその要因を考察することによって、農業用水路の補修材料として必要とされる性能の洗い出しを行っている。

JIS K 5500(塗料用語)によれば、耐候性とは「屋外で、日光、風雨、露霜、寒暖、乾燥などの自然の作用に抵抗して変化しにくい塗膜の性質」と定義されている。したがって、日光などの自然の作用に晒される屋外の農業水利施設の補修材料にとって、耐候性は、耐久性を保持するために有すべき性能のひとつであるといえる。耐候性に最も影響を及ぼすものは、太陽光であり、そのうち波長の短い紫外線は、エネルギーが大きいため補修材料の劣化外力となる。また、紫外線は、化学結合を解離させるエネルギーを持っているため²⁾、化学結合により構成される高分子系の材料である有機系補修材料の劣化に影響する。

3. 耐候性試験の概要

(1) 耐候性試験の種類

耐候性を評価する試験方法には、屋外環境下で行う屋外暴露試験と、室内の試験機により太陽光の分光分布に近似させた人工光源を用いて、温度、湿度及びぬれを試験条件に組み込んだ促進耐候性試験がある³⁾。屋外暴露試験は、実際の屋外環境下での性能を確認するため、対象とする試験体の耐候性を評価する手法としては、最も信頼できる試験方法であるが、非常に長期の試験期間が必要であり、同一の条件を再現することが難しいという問題もある。一方、促進耐候性試験は、短期間に耐候性を評価することができるが、負荷要因の条件(光、熱、水)が試験法により実際の屋外環境とは微妙に異なる場合があり、材料によっては、試験結果が実際の屋外暴露試験の結果と相反することもある⁴⁾。

(2) 促進耐候性試験の種類

促進耐候性試験は、人工光の照射を行いながら、温度、相対湿度及び照射エネルギーの変化を含む周期的実験条件での曝露試験を行うものである。使用される光源によって、サンシャインカーボンアークランプ式、キセノンランプ式、紫外線蛍光ランプ式、メタルハライドランプ式等がある。

サンシャインカーボンアークランプ式は、オープンな大気中で直接カーボンアークを発光させ、連続した強い紫外線を放射させる試験方法であり、1950年代の後半から実用化されている。日本では、工業用塗料や汎用塗料の促進耐候性試験に用いられており、膨大な量の試験データが蓄積されている。一方、キセノンランプ式は、希ガスであるキセノンガス中でアーク放電させ、励起されたガスが基底状態に戻るときに発光する光が太陽光に近似していることを利用した試験方法であり、1970年代から実用化されている。照射する光が太陽光に近似しているという特徴と、他の試験方法と比べ光源が安定しており再現性が確保しやすいという特徴から、現在では促進耐候性試験の主流になりつつある⁵⁾。近年では、日本で開発され、紫外線の放射強度が極めて高く、高い促進性があるメタルハライドランプ式も使用されている。

4. 促進耐候性試験を用いた補修材料の耐候性評価に関する現状

(1) 諸機関で利用されている促進耐候性試験の現状

補修材料を対象とした促進耐候性試験は、日本工業規格 (JIS)、土木学会 (JSCE)、高速道路 (JHS)、日本道路協会、阪神高速道路、東京湾埠頭公社、日本ウエザリングテストセンター (JWTCS) などで規定されている。上記の各機関では、サンシャインカーボンアークランプ式とキセノンランプ式の2種類の促進耐候性試験による評価が主として用いられている。両方法とも以下の点で統一されている。

- ・連続照射を行うこと。
- ・ブラックパネル温度を 63℃ とすること。

- ・120 分間の照射中に 18 分間の水噴射を行うこと。

ただし、補修材料を評価するための総試験時間については、サンシャインカーボンアークランプ式で 250 時間 (JIS A 6021) から 700 時間 (JHS 417)、キセノンランプ式で 300 時間 (JIS A 6909) から 3000 時間 (阪神高速道路) と規定されており、各機関により独自に設定されている。

(2) 促進耐候性試験に用いられる試験体

促進耐候性試験に用いる試験体は、何らかの基板材料に試験する補修材料を塗布したものとされている。例えば、JSCE-K 511 及び JHS 417 で、70 × 70 × t20mm のモルタル板に補修材料を塗布したものを規定している。また、JIS A 6909 では、150 × 50 × t4mm のフレキシブル板を、JHS 406 及び JHS 429 では 150 × 70 × t0.8mm の鋼板を、阪神高速道路では、50 × 50 × t4mm のスレート板をそれぞれ基板としている。なお、JIS A 6021 (建築用塗膜防水材料) のみ、材料単体を試験体としている。

(3) 促進耐候性試験結果の評価方法

評価方法は主として目視による観察であり、外観のわれ、はがれ、白亜化 (塗膜の表面が白い粉状になる状態) の有無などについて確認することとしている。JIS A 6909、JSCE-K 511、JHS 406、JWTCS 4003 では、測定器を用いて「光沢」と「色差」を計測することになっている。また、モルタル板を基板としている JSCE-K 511、JHS 417 では、耐候性試験後に付着試験とひび割れ追従性試験を行うことを規定しており、促進耐候性試験後の補修材料の性能低下について確認することになっている。材料単体での試験を規定している JIS A 6021 においては、促進耐候性試験前後の引張試験による伸び率の相違を確認したり、試験片を伸ばした状態で耐候性試験を実施したりすることを規定している。ただし、必要とされる性能値については、各機関で独自に定められている。

5. 促進耐候性試験による補修材料の評価

(1) 補修材料の耐候性試験結果の一例

農村工学研究所では、耐候性試験機を使用し、主に有機系表面被覆材を対象として促進耐候性試験を実施している⁶⁾。ここでは、実際にキセノンランプ式耐候性試験装置を使用して行った試験の結果について紹介する。

試験の対象とした試験体は、一般に紫外線の影響を受けやすいとされる有機系表面被覆材 6 種類 (記号 A ~ F) である。試験体は、農業水利施設で施工された状態を模擬し、JIS R 5201 に準拠したモルタル板 (W/C=50%, S/C=3) に表面被覆材を塗布・接着した複合材料とした。試験条件は、JIS-K-5600-7-7 (塗料一般試験方法 - 塗膜の長期耐久性 - キセノンランプ法), JSCE-K-511 (表面被覆材の耐候性試験方法 (案)) に準拠し、表

- 1 に示す条件とした。試験中は、一定の時間間隔で、主に目視により表面の変色、ふくれ等を観察するとともに、顕微鏡を使用した表面の拡大観察を行った。

試験の結果、A,B,D,F 工法で変色が確認された。中には、試験開始からわずか 10 時間で変色するものも見られた。

また、顕微鏡による表面の変状を拡大観察した結果、変色が見られた A, B, D, F 工法では、表面に微細なひび割れが発生し、時間の経過とともに幅、本数とも増加することが確認された。初期状態、ひび割れが確認された状態、1,000 時間経過後、2,000 時間経過後の顕微鏡による観察結果を図 - 1 に示す。特に B 工法では、試験開始後 70 時間でひび割れが発生した。さらに、いずれの工法においても、ひび割れは、初期状態に既に存在している孔周辺から発

表 - 1 キセノンランプ式耐候性試験の試験条件

照射条件	放射照度	ブラックパネル温度	水噴射時間	乾燥時間	乾燥中の相対湿度	所要時間 / 1 サイクル
連続照射	300 ~ 400nm 60W/m ²	63 ± 2℃	18 分	102 分	40 ~ 60%	2 時間

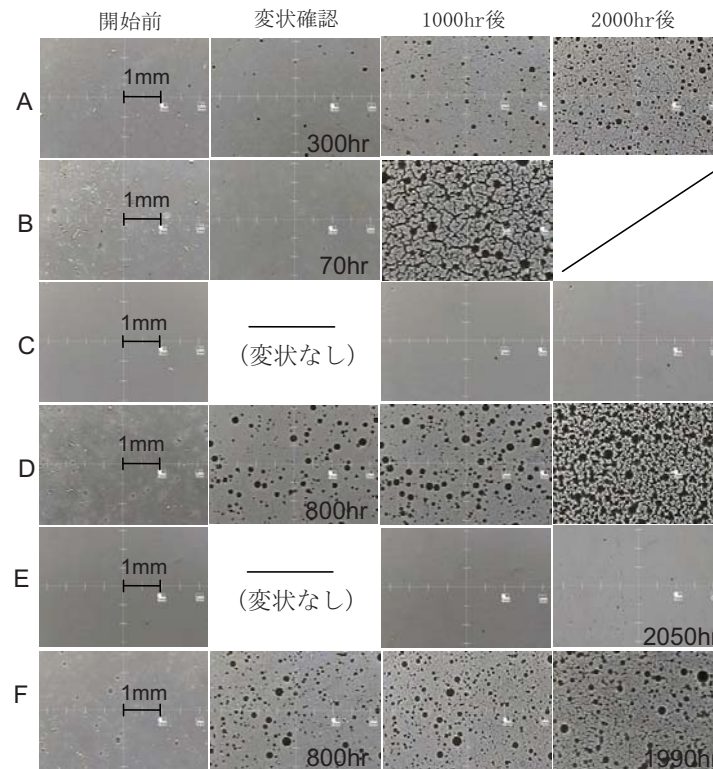


図 - 1 促進耐候性試験結果 (顕微鏡画像)

生することが分かった。この孔は、施工時において気泡を巻き込んだ気泡痕と考えられる。

一方、C、E工法については、試験開始後2,000時間を経過してもひび割れが発生しなかった。これは、C、E工法の表面に紫外線に強いトップコートが施されており、これが機能しているためであると考えられる。

(2) 実施工された補修材料の耐候性調査結果との比較

促進耐候性試験では、異なる補修材料の耐候性の相対比較はできるものの、絶対値である耐用年数を明らかにすることは困難である。しかし、実施工された補修材料の変状と、促進耐候性試験で見られる変状との相関を明らかにすることができれば、「促進耐候性試験のA時間が、実施工のB年に相当する」という関係式が導かれ、補修工法の耐候性の評価に必要な促進耐候性試験時間をおおむね決定することができると思われる。そこで、促進耐候性試験を実施した表面被覆材について、実際に現地で施工された表面被覆材の表面状態と促進耐候性試験結果を比較するための現地調査を実施した。図-2は、実際の農業用開水路の補修に使用され、施工後4ヶ月を経過したD、E工法のマイクロスコープによる拡大画像である。今回実施した室内での促進耐候性試験の結果と比較すると、D工法では、孔の大きさ、表面の状態などから促進耐候性試験を200～300時間実施した表面状態に最も類似していた。ただし、この結果は、環境条件（日射の向き、気温など）により、結果が異なる可能性がある。そこで、現在、環境条件が異なる全国様々な地区の農業用開水路で施工された補修材料の表面の状態を調査し、マイクロスコープによる拡大画像を収集している。これらのデータが収集できれば、より正確な促進試験時間の設定が可能になると考えている。

なお、光沢度と色差に関して、キセノンランプによる促進耐候性試験時間2000時間のデータが2年間の屋外曝露試験と相関があるとの報告⁷⁾がある。

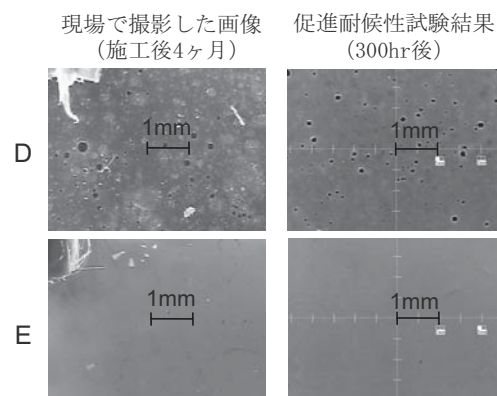


図-2 現場状況と促進耐候性試験結果の比較

6. おわりに

今回、「耐候性」に着目した補修材料の品質確認試験について紹介した。今回紹介した補修材料の耐候性試験結果については、まだ「見た目」の評価にとどまっており、実際どの程度性能が低下しているのかを定量的に明らかにしていく必要がある。このためには、促進耐候性試験を実施したあとに、付着強度、引張強度、コンクリート保護性能等の品質確認試験を行うことも検討しなければならないと考えている。今後、耐候性試験の確立に向け、補修箇所のモニタリングデータの収集を行い、促進耐候性試験との相関について検討していきたい。

参考文献

- 1) 森充広, 奥野倫太郎, 森丈久, 渡嘉敷勝, 中矢哲郎: 水路補修工法の性能評価に関する考察, 農工研技報, 210, 2010 (印刷中)
- 2) 石塚末豊, 中道敏彦: 塗装ハンドブック, (株)朝倉書店, p.232, 1996
- 3) (財)日本ウエザリングテストセンター: 促進暴露試験ハンドブック, 2009
- 4) 矢部政実, 田桐澤根, 岡本好広: 各種耐候性試験による塗膜の劣化メカニズムの解析, 関西ペイント(株)塗料の研究 No.146, pp.8 - 15, 2006
- 5) 飯田真司, 高柳弘道, 矢部正実: 促進耐候性試験法, 関西ペイント(株)塗料の研究 No.125, pp.22 - 31, 2006
- 6) 奥野倫太郎, 森充広, 森丈久, 渡嘉敷勝, 中矢哲郎: 促進耐候性試験による有機系表面被覆工法の耐久性照査に関する検討, 第64回農業農村工学会中四国支部講演会要旨集, pp.70 - 72, 2009
- 7) (財)日本ウエザリングテストセンター: JWTCS 4003 構造物用塗膜の耐候性評価方法, 2007