

景観に配慮した防護柵の塗り替え塗装仕様の開発*

三上 義徳**、穴沢 靖**、飯村 崇***

岩手県内に設置されている防護柵の塗り替え仕様を確立することを目的に、各種塗膜物性試験及び環境試験等から検討を行った。その結果、溶剤系上塗り塗料では、含まれる溶剤により既存塗膜の付着性能が低下する結果となり、利用できないことが明らかとなった。しかし、水系塗料では、安定した付着性が得られることが判明し、長期の促進耐候性試験、塩水噴霧試験及び寒熱サイクル試験を行った結果、水系ポリウレタン樹脂塗料が最も耐久性を発揮する結果が得られた。

キーワード：水系塗料、ガードレール、塗り替え仕様

Development of the Recoat Specifications of the Guardrail for Natural Scenery

MIKAMI Yoshinori, ANAZAWA Yasushi and IIMURA Takashi

To establish the recoat specifications of the guardrail set up in Iwate Prefecture, it was examined by the coated film physical properties examination and the environmental test. As a result, it became the adhesion property of a former coated film decreasing with the contained solvent, and it was not possible to use it in the solvent based coating. However, a steady adhesion was obtained in the water based coatings. Moreover, the result of the water based polyurethane resin coatings demonstrating durability most was obtained since a long-period the accelerated weathering test, the neutral salt spray test and the cool-heat cycling test were done.

Key words : water based coating, guardrail, recoat specifications

1 緒 言

これまで整備されてきた歩車道防護柵（以下、防護柵）の色彩は、運転者の視線誘導を促すため白色を標準とするよう定められ、景観に配慮しているとは言い難いものであった。

近年の景観意識の高まりから、国土交通省では、今後、美しい自然との調和を図りながら、国土整備を展開していくため、「美しい国づくり政策大綱」を平成15年7月に策定した。また、「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン」の作成や「防護柵の設置基準」を改正し、景観に配慮した色彩とするように原則化するなど、全国の防護柵整備における方針、基準を大きく転換した。

一方、岩手県でも、国土交通省の基準に基づき、平成19年度以降に整備、修繕する防護柵について景観配慮を実施することとしている。基本色彩としては、景観行政団体が基準を制定している地域についてはその

基準に準拠し、特に景観的な配慮が必要な地域及びその他の地域において、パイプ式歩行者用防護柵はダークブラウン（こげ茶色）、ガードレール式車両用防護柵はグレーベージュ（薄灰茶色）を標準色としている。特に、2008年平泉文化の世界遺産登録に向け、登録地域では、景観を損なう要因となっている白色の既存防護柵から景観配慮型防護柵への取り替えが行われている。しかし、今後、県内全域の防護柵の取り替えを進めることは、財政的にも困難であることが予想される。

そこで本研究では、既存防護柵の塗り替え仕様を確立することを目的に、各種塗膜物性試験及び環境試験等から検討を行ったので、以下に報告する。

2 実 験

2-1 供試材料

県南広域振興局土木部が、道路工事、事故等で撤去し、保管していた旧品防護柵（縦 35×横 433×厚さ

* 基盤的先導的研究推進事業
** 環境技術部
*** 電子機械技術部（現 材料技術部）

0.23cm) を用いた。図1に全体写真を示す。以下、旧品防護柵 (OG) については記号で記す。

2-2 供試塗料

3社の塗料メーカーより市販されている溶剤系上塗り塗料の中から、それぞれ高耐候性であるポリウレタン樹脂系、アクリルシリコン樹脂系、ふっ素樹脂系塗料の3種類ずつ、合計9種類を選定した。また、1社の塗料メーカーより溶剤系塗料と同様に3種類の水溶性塗料を選定し、合計12種類の塗料を用いた。表1にそれぞれ記号、塗料名及び配合比を示す。(以下、塗料については、記号で記す。

2-3 試験片の作成

OGをJIS塗料一般試験法に準じ縦15×横7cmに切断し試験片を作成した。使用した切断機は、メカニカルシャーリングマシン MGS-4512 (株ニコテック) である。また、切断したOGの塗膜表面を耐水研磨紙で研磨した後、12種類の供試塗料を刷毛で1回塗布し、室温で7日間乾燥を行い試験に供した。

2-4 実験方法

2-4-1 外観観察

OGの塗膜表面の汚れ等について、カラーマイクロスコープ VH-611 (KEYENCE 製) で観察した。

2-4-2 塗膜厚測定

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、3.5(2) 電磁式膜厚計により行った。なお、測定値は、試験品の上面部、後面部、前面部においてそれぞれ5カ所の測定を行い、その平均値を用いた。また、測定に用いた膜厚計は、エグザクト FN タイプ (ニッペトレーディング株式会社製) である。

2-4-3 既存塗膜の前処理

OGの塗膜表面の汚れや錆を除去するため、耐水研磨紙#320を用いて研磨した。なお、汚れ及び錆の除去程度について、表面観察及び電磁膜厚計により評価した。

2-4-4 塗膜断面の観察

OGの塗装仕様を把握するため、塗膜断面の観察を行った。断面加工には回転式マイクロトーム RM2135 (LEICA 製) を用い、撮影はカラーマイクロスコープを用いた。



図1 旧品防護柵(OG)

2-4-5 耐溶剤試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.24 耐揮発油性に準じて行った。なお、溶剤はラッカーシンナーを用い、容器中に試験片を立て掛け、4時間浸漬した。

その後、試験片を取り出し、室内に2時間放置し、目視により塗膜状態を観察した。

2-4-6 付着力試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.5.2 ごぼん目テープ法により行い、評価は、8.5.1の表18 ごぼん目試験の評価点数により行った。

2-4-7 衝撃試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.3 耐衝撃性、8.3.2 デュポン式により行い、衝撃による変形で塗膜表面に割れ・剥がれができないかを評価した。なお、撃ち型と受け台の寸法は半径6.35mm、おもりの質量は500gを使用した。

2-4-8 鉛筆硬度試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、8.4 鉛筆引っかき値(手かき法)に準じて実施し、塗膜の硬さを評価した。

2-4-9 塩水噴霧試験

JIS-Z-2371 (1994) 塩水噴霧試験方法により行った。なお、試験時間は300時間で、試験片中央にカッターナイフでクロスカットを入れ、錆の発生状況及び塗膜の外観について目視により評価した。表2に試験条件を示す。なお、試験時間は500時間で、試験後にクロスカット部のテープ剥離試験を行い、片側最大剥がれ幅を測定した。

表1 塗料の種類

記号	種類	塗料名	配合比	
			主剤	硬化剤
K-PU	ポリウレタン樹脂系	低汚染型ポリウレタン樹脂塗料	6	1
D-PU		建築用ポリウレタン樹脂塗料	4	1
N-PU		ポリウレタン樹脂塗料	7	1
S-PU		水系アクリルウレタン系塗料	6	1
K-AS	アクリルシリコン樹脂系	シリコン変性エポキシ樹脂系下塗上塗兼用塗料	14	1
D-AS		シリコン変性アクリル樹脂上塗塗料	85	15
N-AS		シリコン変性アクリル樹脂上塗	4	1
S-AS		水系アクリルシリコン系塗料	18	1
K-F	ふっ素樹脂系	低汚染型弱溶剤可溶ふっ素樹脂系塗料	14	1
D-F		建築用ふっ素樹脂塗料	9	1
N-F		低汚染2液形ふっ素樹脂塗料	5	1
S-F		水系フッ素系塗料	9	1

表2 塩水噴霧試験条件

項目	試験条件
塩化ナトリウム溶液濃度	50g/L
pH	6.8
圧縮空気圧力	98kPa
噴霧量	1.5ml/80cm ² /h
空気飽和器温度	47±2℃
試験槽温度	35±2℃

2-4-9 促進耐候性試験及び色差の測定

JIS-K-5600 (1999) 塗料一般試験法、第7分塗膜の長期耐久性、第7節促進耐候性(キセノンランプ法)に準じて行った。試験機はスーパーキセノンウェザーメーターSX2D-75(スガ試験機株)を用いた。表3に促進耐候性試験条件を示す。なお、試験時間は500時間で、100時間ごとに分光測色計(カラーアナライザー、TC-1800MK II、株東京電色製)を用いて色差の測定を行った。

表3 促進耐候性試験条件

項目	条件
試験サイクル	照射+水噴霧 (120分中18分間)
試料面放射照度	180W/m ² (300~400nm)
ブラックパネル温度	63±3℃
相対湿度	50±3%R.H.
積算放射照度	323.50MJ/m ²

2-4-10 寒熱サイクル試験

JIS-K-5400 (1990) 塗料一般試験法、9.3耐冷熱繰り返し性に準じ、低温及び高温のサイクル試験を50サイクル行った。なお、評価は目視による外観検査で行った。表4にサイクルの試験条件を示す。試験時間はそれぞれの試験条件への移行時間を含まないものとする。また、試験機は温度差劣化試験機BP-FM-1(スガ試験機株)を用いた。

表4 サイクルの試験条件

試験条件	温度	相対湿度	試験時間
低温	-20±2℃	—	3時間
高温	50±2℃	95%	3時間

3 結果及び考察

3-1 外観観察及び膜厚測定結果

塗膜表面の観察結果を図2に示す。塗膜表面の状態は大きく3形態に分けられ、汚れのみで錆の発生や、塗膜の剥がれ、膨れが発生していない部分、赤錆の発生により、塗膜の膨れが発生している部分、車両の接触等により塗膜が線状に剥がれている部分

が確認できる。長期にわたり道路に設置され、暴露されていたことで、裏面より道路側の表面の汚れがひどく、錆の発生よりも傷の発生が多いが、傷部より赤錆の発生はほとんど見られなかった。また、塗色は同じ白色でも黄変度合いが異なっており、設置されていた環境が異なることがわかる。また、膜厚を測定した結果、100μm程度の膜厚が得られ、「防護柵の設置基準」で規定されている最小塗膜厚(20μm)の5倍程度の膜厚となっている。



図2 OGの汚れ部、赤錆部、傷部

3-2 塗膜断面の観察

図3にOGの塗膜断面の観察写真を示す。塗装膜は一層膜となっており、その下に熔融亜鉛メッキの層が確認できる。熔融亜鉛メッキの膜厚は、30μm程度を示し、また、塗膜厚は100μmを示している。電磁膜厚計でも同一の値が得られており、一層膜で厚膜となっていることから、粉体塗膜であると思われる。

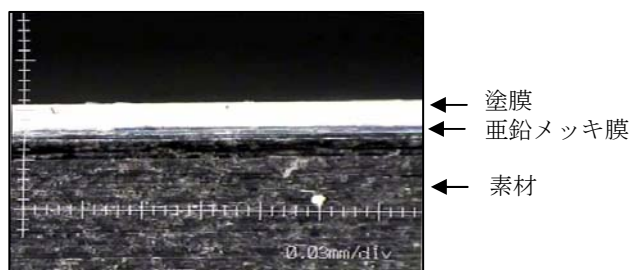


図3 OGの塗膜断面

3-3 既存塗膜の塗装前処理結果

図4に既存塗膜の研磨前と研磨後の写真を示す。研磨後に膜厚を測定した結果、塗膜表面の汚れの除去には全面つや消し状態となる10μm程度の研磨が必要であった。赤錆も汚れの除去と同じ10μm程度の研磨で除去可能であった。また、傷部のフェザーエッジ(段差部)には、50~60μm程度の研磨が必要であった。塗り替えを行う際、塗り替え塗膜の付着性や耐久性の向上を図るため、研磨作業は必要であり、その際の目安となると思われる。

3-4 耐溶剤試験

試験後の塗膜状態を観察した結果を図5に示す。浸漬部塗膜のつやの低下及び変色が見られたほか、塗膜が柔らかくなり、しわや膨れが発生し、耐溶剤性が劣る結果となった。長期の暴露による塗膜劣化の影響によるものと思われる。

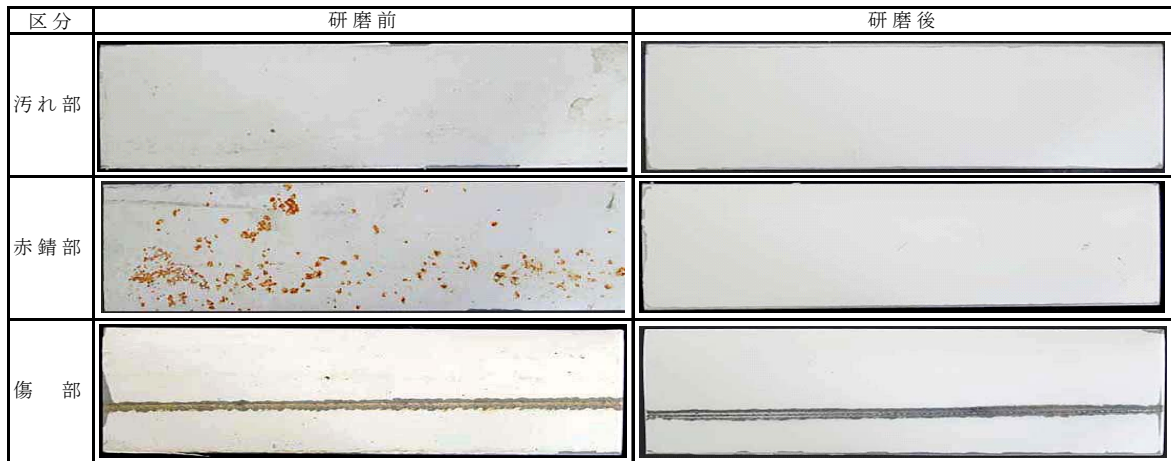


図4 塗装前処理結果

3-5 付着力試験結果

表5に12種類の試験片のごばん目テープ剥離試験した結果を示す。また、図6にテープ剥離後のマス目部の写真を示す。剥がれの程度に差はあるが、アクリルシリコン樹脂系のN-PUを除き全ての溶剤系塗料で剥がれが生じる結果となった。既存塗膜が上塗り塗膜の溶剤に侵され、付着力が低下したことが原因であると思われる。水系塗料では、溶剤系塗料に比べ含まれる溶剤量が少ないことから既存塗膜を侵すこと無く、安定した付着力が得られた。従って、既存塗膜を残し、溶剤系塗料で塗り替えを行っても、耐久性は期待できない結果となったことから、以後、水系塗料に限定し各種試験を行った。

3-6 塩水噴霧試験結果

図7に水系塗料の500時間経過後に観察した写真を示す。全ての試験片で、クロスカット部から白錆が発生しているが、赤錆の発生はなく、また、クロスカット周辺に錆及び塗膜の膨れも無く、良好な耐食性を示す結果となった。表6に試験後にクロスカット部のテープ剥離試験を行い、片側最大剥がれ幅を測定した結果を示す。S-PUが溶融亜鉛メッキ皮膜と旧塗膜の付着性を損ねず、安定した付着性能を示す結果となった。



図5 耐溶剤試験における塗膜のしわ・膨れ部

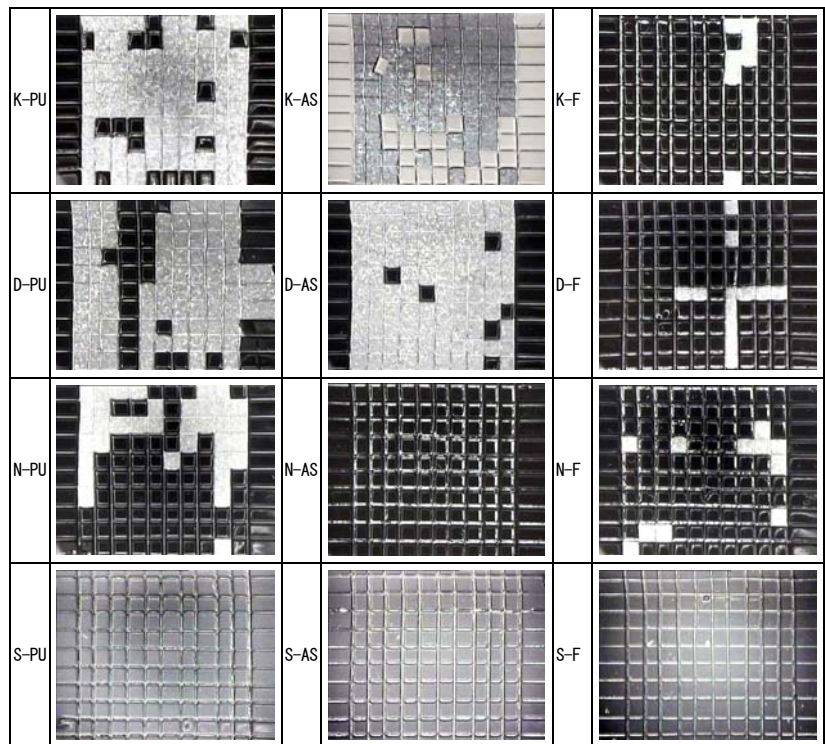


図6 ごばん目テープ剥離試験結果(×25)

3-7 促進耐候性試験における色差測定結果

図8に100時間ごとに色差の測定を行った結果を示す。いずれの塗膜も ΔE^* は1以内の変化であり、紫外線劣化による変色は非常に少なく、良好な耐候性を示す結果となった。また、目視による外観検査を行った結果、どの試験片でも光沢の低下、著しい変色及び塗膜の割れ、剥がれ、膨れの発生は認められなかった。

3-8 環境試験における付着力試験結果

図9に水系塗料の試験前と促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験後にごばん目テープ剥離試験を行った結果を示す。試験前の性能は全て10点であるが、S-ASはどちらの試験でも6点となり付着性能が低下する結果となった。促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験に共通する試験条件は高温条件であることから、S-ASは高温条件により他の塗料に比べ、劣化の進行が早いものと思われる。

3-9 環境試験における衝撃試験結果

図10に水系塗料の試験前と促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験後に衝撃試験を行った結果を示す。全ての塗料で、試験前、促進耐候性試験後は全て50cmの高さからの衝撃に対し、塗膜の割れ、剥がれは生じず、安定した付着力を示した。また、寒熱サイクル試験後では、50cmの高さからの衝撃に対し全て割れが発生し、付着力が低下する結果となった。しかし、金属粉体塗装製品の製品規格における衝撃試験には、40cmの高さからの衝撃に対する規格が多く用いられており、実用的には問題ないと思われる。

3-10 環境試験における鉛筆硬度試験結果

表7に水系塗料の試験前と促進耐候性試験及び寒熱サイクル試験後に鉛筆硬度試験を行った結果を示す。試験前の鉛筆硬さは、S-PU、S-ASは2Hで一般的に金属塗装に使用できる実用硬さとなっているのに対し、S-FはFとなっており、かなり軟らかく傷つきやすい塗膜となっている。試験後の鉛筆硬さの変化はなく、どちらの試験においても硬さへの影響は見られない結果となった。

4 結 言

岩手県内に設置されている防護柵の塗り替え仕様

表5 ごばん目テープ剥離試験結果

塗料	評価	塗料	評価	塗料	評価
K-PU	0	K-AS	0	K-F	8
D-PU	0	D-AS	0	D-F	6
N-PU	2	N-AS	10	N-F	6
S-PU	10	S-AS	10	S-F	10

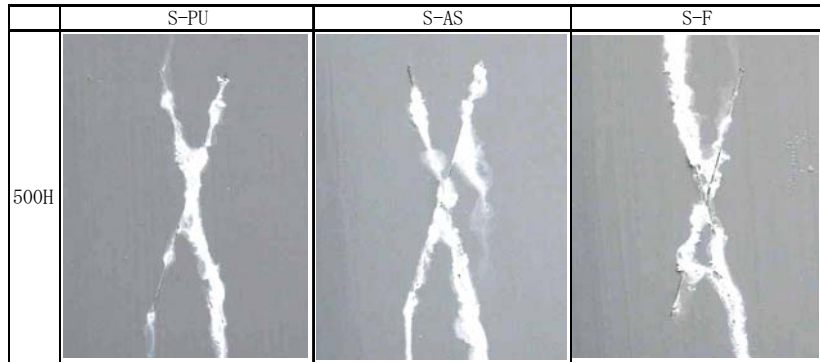


図7 塩水噴霧試験観察結果

表6 片側最大剥がれ幅測定結果

塗料名	片側最大剥がれ幅
S-PU	0 mm
S-AS	5 mm
S-F	7 mm

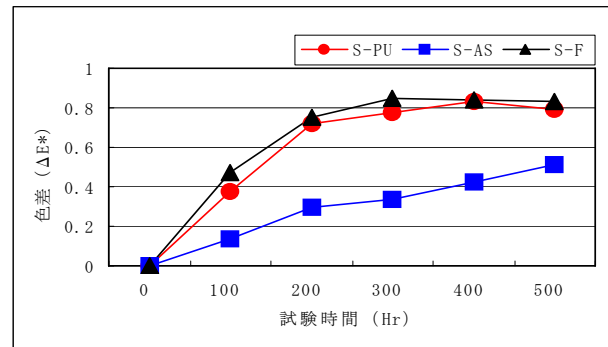


図8 促進耐候性試験における色差の測定結果

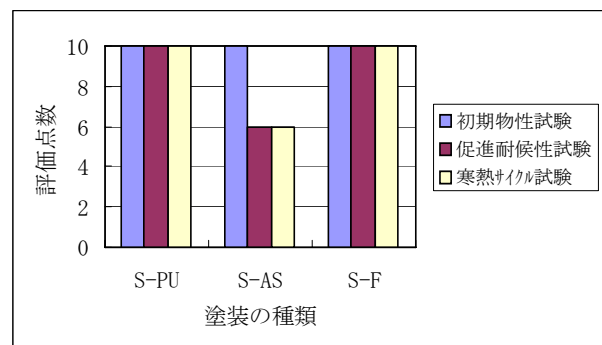


図9 各種環境試験におけるごばん目試験結果

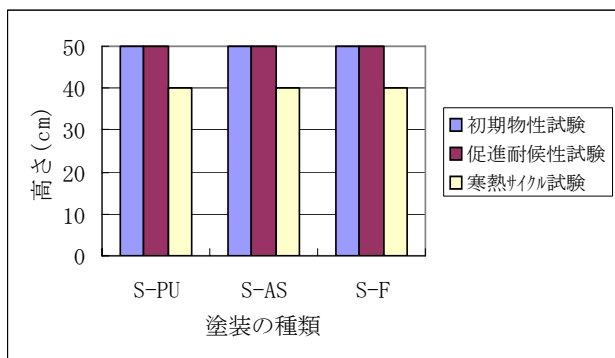


図 10 各種環境試験における衝撃試験結果

表 7 鉛筆硬度試験結果

塗料の種類	S-PU	S-AS	S-F
試験前	2H	2H	F
促進耐候性試験後	2H	2H	F
寒熱サイクル試験後	2H	2H	F

を確立することを目的に、各種塗膜物性試験及び環境試験等から検討を行った。

その結果、塗装前処理として、既存防護柵の塗膜表面を#320耐水研磨紙で、つや消し状態である10 μ m程度研磨することにより、汚れ、赤錆は除去できることがわかった。また、溶剤系上塗り塗料では、含まれる溶剤により既存塗膜の付着性能が低下する結果となり、利用できないことが明らかとなった。

しかし、水系塗料では、安定した付着性が得られることが判明し、長期の促進耐候性試験、塩水噴霧試験及び寒熱サイクル試験を行った結果、水系ポリウレタン樹脂塗料が最も耐久性を発揮する結果が得られた。

今後、防護柵の塗り替え作業を進める中で、手研磨による研磨作業は作業効率や作業コストに問題があることから、手研磨に替わる作業効率の良い方法が今後の課題になると思われる。

最後に、試験材料のご提供をいただいた県南広域振興局土木部に対し感謝申し上げます。

5 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説(平成16年3月)
- 2) 国土交通省：防護柵の設置基準の改定について(平成16年3月31日付け国道地環第93号)
- 3) 国土交通省：美しい国づくり政策大綱(平成15年7月)
- 4) 景観に配慮した防護柵推進検討委員会：景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン(平成16年3月)
- 5) 岩手県県土整備部道路建設課、道路環境課：道路設計上の今後の留意事項について(平成19年3月27日付け道建第387号、道環第306号)