

環境配慮型粉体塗装の性能評価と実用化に関する研究

奥田 章子 古城 雄一
(大阪本店建築事業部)

三谷 一房

Study on Practical Use of Enamel Powder Coating and Its Fundamental Properties

Akiko Okuda Yuichi Kojo

Hitofusa Mitani

Abstract

Enamel powder coating has attracted attention as an environment-conscious type paint in which VOC is not emitted. There are several results overseas for enamel powder coating, but there are fewer results in Japan. To promote enamel powder coating, it is necessary to confirm its film performance and weather resistance. Recently, a new enamel powder coating combined polyester with fluororesin has been developed. Of the several types of enamel powder coatings including the one previously mentioned, we examined fundamental properties and conducted accelerated weathering test. As a result, the fluororesin enamel powder coating and a new type of enamel powder coating are confirmed as practically useable.

概 要

粉体塗料は、揮発性有機化合物(VOC)を一切排出しないため、環境に配慮した塗装仕様として注目されている。粉体塗装は、海外での実績が多いものの、日本国内での実績はまだ少なく、今後、日本国内で粉体塗装を適用推進していく上で、塗膜性能や耐候性を把握する必要がある。そこで、各種粉体塗装について塗膜物性を評価するとともに、促進耐候性試験を実施して耐候性を評価した。その結果、海外で適用実績の多い高耐候性グレードのポリエステル粉体塗装は、10年程度で改修塗装を考慮する場合には、外装にも適用できると判断された。熱硬化形ふっ素樹脂粉体塗装およびふっ素樹脂とポリエステル樹脂との複合粉体塗装は、溶剤系ふっ素樹脂塗装と同等の耐候性が認められたものもあり、これらについては、VOCを排出しない環境配慮型の高耐候性外装塗装として、実用性があると判断された。

1. はじめに

アルミニウム合金(以下、アルミ)製建築部材は、屋外に適用される外壁カーテンウォールなどに多用されている。それらのアルミ製部材は、素地調整を実施後、加熱硬化形の塗装を施されることが多い。従来、加熱硬化形塗装にはVOC(揮発性有機化合物)が多量に排出される溶剤系加熱硬化形塗料の採用が主流であった。しかし、近年、環境に配慮する目的で、樹脂を粉末化した、VOCが全く排出されない粉体塗料の適用が増加してきている。

粉体塗料は、環境保全のために塗料に含まれる溶剤の排出規制が厳しいヨーロッパや米国などで普及が進み、適用実績が多い。品質規格についても海外の方が整備が進んでおり、米国では、AAMA(American Architectural Manufacturers Association; アメリカ建材製造業者協会)が設立され、アルミ建材の塗膜性能について、自主規格が定められている。ヨーロッパでは、1986年にアルミの塗料品質基準を定めるため、前処理剤や塗料の品質、塗装工場(塗装技術)に対して、「QUALICOAT」という認証制度が設けられた。日本では、粉体塗料の適用は、家電製品や水道資材、電気機器などにはじまる。建設・建築

分野では、それらの業界よりも一歩遅れて適用が開始され、2014年4月に初めて国内某塗装工場が粉体塗装に関して一定以上の技術レベルを有する工場を認定する「QUALICOAT」のライセンス認証を取得した。

このような世界的背景のもと、国内建築分野で環境に配慮した粉体塗料を適用推進していくにあたって、塗膜物性や耐候性などの性能を把握するとともに、現場補修性や目地シーリング材の付着性など、実用性を評価する必要がある。そこで、各種粉体塗料について、基礎物性および促進耐候性試験による耐候性を評価したので、以下に結果を報告する。

2. 粉体塗料とは

粉体塗料とは、塗膜形成成分のみで構成された粉末状塗料であり、合成樹脂、顔料、添加剤を配合し、均一に加熱混練後、数十 μm 程度の粒度に微粉碎した常温で固体粉末状の塗料である¹⁾。白、グレー、黒の粉体塗料の外観をPhoto 1に示す。溶剤を全く含まないため、VOC排出量は完全にゼロとなる。溶剤系塗料のVOC量を100とした場合の粉体塗料および各種塗料のVOC量の目安をFig.

1に示す²⁾。粉体塗料は、溶剤系塗料と異なり、溶剤に溶解しにくい高分子量の樹脂や添加剤でも適用することが可能で、溶剤系と比較して塗膜厚を確保し易く、基材の隠蔽性も高い。また、溶剤系塗料のように、シンナーなどによる粘度調整も不要で塗装環境温度に左右されにくい。さらに、粉体であるため作業性が良く、塗装技術としては難易度が低く、自動塗装化し易く、塗装されなかった塗料を回収して再利用も可能となる。一方で、粉体塗装は現場での塗装が不可能、色替えが面倒、仕上がりの平滑性がやや劣るなどの短所がある。

粉体塗料には、熱硬化形と熱可塑性とがあり、内外装などの建築部材に適用されるものの代表としては、アクリル樹脂系、ポリエステル系、ふっ素樹脂系などの熱硬化形、ポリアミド系およびふっ素樹脂系などの熱可塑性がある。

3. 塗膜性能評価試験

3.1 試験体

各種塗膜性能を評価した試験体の一覧をTable 1に示す。熱硬化形ふっ素樹脂粉体塗料(FE)2種類、熱可塑性ふっ素樹脂粉体塗料(PV)1種類、熱硬化形ふっ素樹脂とポリエステル(以下、PE)とを複合した粉体塗料(FP)5種類、熱硬化形ポリエステル粉体塗料高耐候性グレード(PEH)1種類と、比較として溶剤系熱可塑性ふっ素樹脂塗料(PVDF)を加えた計10種類とした。

高耐候性が期待されるふっ素樹脂粉体塗料には、熱硬化形のポリエチレンビニルエーテルと熱可塑性のポリふっ化ビニリデンの2種類があるが、熱硬化形のポリエチレンビニルエーテルが一般的である。熱硬化形ポリエステル粉体塗料は、ヨーロッパや東南アジア等の海外で採用実績が既に多数あるもので、汎用グレードは主に内装材へ適用される。高耐候性グレードは、外装向けに汎用グレードよりも耐候性を向上した製品である。

熱硬化形ふっ素・ポリエステル複合粉体塗料(FP)は、高耐候性の熱硬化形のふっ素樹脂と低コストの熱硬化形PEとを複合化したもので、近年開発された粉体塗料である。その製造方法には粉末状の樹脂(粉体塗料)2種類を混合するタイプと、あらかじめ複合化した樹脂を粉砕するタイプの2種類の製造手法がある。通称『ハイブリッド』と呼ばれるこれらの複合粉体塗料は、表層がふっ素樹脂リッチとなるため、ふっ素樹脂と同等の耐候性を維持しながらコストダウンが図れるという塗料設計に基づいており、その性能と普及が期待されている。

試験体基材は、150mm×70mm×厚さ2mmのクロム酸塩系化成処理済みのアルミニウム合金材A6063とし、これにTable 1に示す各種塗装仕様で加熱塗装して試験体とした。

加熱硬化条件および塗布量は、各塗料の標準塗装仕様にした。色はN65(無彩色、明度65)、艶は60度鏡面光沢度30±5に調整した。ただし、FP2とPVDFは、艶の調

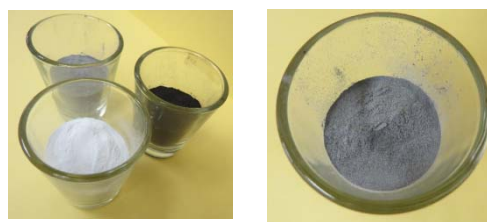


Photo 1 粉体塗料
Enamel Powder Coating

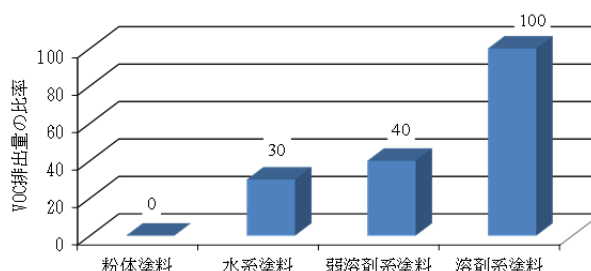


Fig. 1 各種塗料のVOC量の目安
Comparison the Amount of VOC

Table 1 粉体塗装試験体の一覧
List of Specimens of Enamel Powder Coating

記号	種類
FE1	熱硬化形ふっ素樹脂粉体塗料
FE2	
PV	熱可塑性ふっ素樹脂粉体塗料
FP1	熱硬化形ふっ素・ポリエステル複合粉体塗料
FP2	
FP3	
FP4	
FP5	
PEH	熱硬化形ポリエステル粉体塗料高耐候性グレード
PVDF	溶剤系熱可塑性ふっ素樹脂塗料

整ができないため、調色のみ実施した。

3.2 試験項目と方法

3.2.1 仕上がり性(外観) 表面平滑性、色むらや艶むらの有無など、仕上がり性について、目視観察により評価した。

3.2.2 初期塗膜性状 測色、60度鏡面光沢度および塗膜厚さを測定した。

3.2.3 初期塗膜付着性 JIS K 5600-5-6:1999(塗料一般試験方法-第5部:塗膜の機械的性質)に準じて、塗膜面へ互いに交差する縦横の筋を素地に達するまでカッターで1mm間隔で100マス、2mm間隔で25マスを切り込み、粘着テープを貼り付け後、剥がして付着性を確認した(クロスカット法)。

3.2.4 耐溶剤性 IPA(イソプロピルアルコール)、キシレン、MEK(メチルエチルケトン)をそれぞれ含ませ

Table 2 塗膜性能試験結果
Result of Test for Fundamental Properties of Enamel Powder Coating

記号	鏡面 光沢度	膜厚 μm	初期塗膜付着性*		耐溶剤性			耐おもり落下性		耐沸騰水性	
			1mmマス	2mmマス	IPA	キシレン	MEK	表打ち(50cm)	裏打ち(30cm)	塗膜状態	塗膜付着性
FE1	28	66	100/100	25/25	異常無し	異常無し	やや艶の上昇	異常無し	割れ有り	異常無し	100/100
FE2	32	73	100/100	25/25	艶の上昇	艶の上昇	艶の上昇	異常無し	割れ有り	異常無し	100/100
PV	26	55	100/100	25/25	異常無し	異常無し	艶の低下	異常無し	剥れ有り	異常無し	100/100
FP1	29	67	100/100	25/25	異常無し	やや艶の低下	やや艶の低下	異常無し	割れ有り	異常無し	100/100
FP2	15	65	100/100	25/25	異常無し	異常無し	艶の低下	異常無し	割れ有り	異常無し	100/100
FP3	31	82	100/100	25/25	艶の低下	艶の低下	艶の低下	異常無し	割れ有り	異常無し	100/100
FP4	25	61	100/100	25/25	異常無し	異常無し	艶の上昇	異常無し	割れ有り	異常無し	100/100
FP5	28	64	100/100	25/25	異常無し	やや艶の上昇	やや艶の上昇	異常無し	異常無し	異常無し	100/100
PEH	20	68	100/100	25/25	異常無し	艶の低下	艶の低下	異常無し	小さな割れ有り	異常無し	100/100
PVDF	29	45	100/100	25/25	異常無し	異常無し	やや艶の上昇	異常無し	異常無し	異常無し	100/100

*; 切り込みを入れた100マスあるいは25マスのうち、粘着テープを貼って剥がした後、付着性が良好で残存したマス目の数

た綿棒で塗膜面を30往復軽くこすり、塗膜の状態を目視観察した。

3.2.5 耐おもり落下性(デュボン式) JIS K 5600-5-3:1999(塗料一般試験方法-第5部:塗膜の機械的性質)に準じて、50cmあるいは30cmの高さから質量500±1gのおもりを落とし、表打ち、あるいは裏打ちの衝撃による変形や塗膜のはがれを目視観察により判定した。

3.2.6 耐沸騰水性 沸騰水に5時間浸し、塗膜状態を確認すると共に3.2.3項に示すクロスカット法で、塗膜付着性を評価した。

3.3 試験結果

塗膜性能試験結果一覧をTable 2に示す。

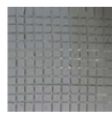
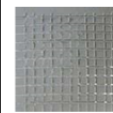
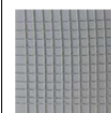

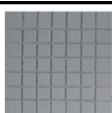
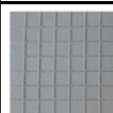

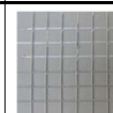
3.3.1 仕上がり性(外観) PEHおよびPVDFの仕上がり性は良好で平滑であった。これらと比較して、FE1およびFE2はやや平滑性が劣った。ふっ素樹脂とポリエステルとの複合粉体塗料のFP1~FP5については、ふっ素樹脂粉体塗料FE1およびFE2と比較して、仕上がり性が良好であった。これは、ポリエステルとの複合の効果であると考えられる。

3.3.2 初期塗膜性状 色については、いずれの試験体もおおむね見本どおりに調色ができた。艶については、PEHと艶の調整が出来ないFP2で60度鏡面光沢度が目標値30±5を外れた。それ以外の粉体塗料は指定どおりの艶に調整することができた。

3.3.3 初期塗膜付着性 いずれの試験体も切り込みを入れたマス目全てにおいて、粘着テープを貼り付けて剥がした後もはく離や破断は認められず、初期の塗膜付着性は良好であった。

3.3.4 耐溶剤性 シーリング材の施工前の清掃等に用いられるIPAについては、FE2で艶が上昇し、FP3で艶が低下した。それ以外の試験体は耐溶剤性に問題がなかった。キシレンについて耐溶剤性に問題がなかったのは、

Table 3 耐沸騰水性試験後の塗膜付着性試験結果
Result of Cross-cut Adhesion Test After Dipping in Boiling Water for 5 hours

	FE1	FP1	PEH	PVDF
1mm幅 100マス				
	100/100	100/100	100/100	100/100
2mm幅 25マス				
	25/25	25/25	25/25	25/25

FE1, PV, FP2, FP4およびPVDFで、それ以外の試験体は艶に変化が生じ、種類によって耐溶剤性に差が認められた。MEKについては、全ての試験体で艶に変化が生じた。このように、耐溶剤性は、粉体塗料の種類と溶剤の種類との組み合わせによって性能が異なるため、各々の組み合わせについて事前の確認が必要である。

3.3.5 耐おもり落下性(デュボン式) 裏打ちにおいて試験体間の耐おもり落下性に僅かな差が認められたものの、いずれの試験体も表打ちにおける耐おもり落下性は良好な結果を示し、実用上、耐衝撃性に問題はないと判断される。

3.3.6 耐沸騰水性 いずれの試験体も、沸騰水に5時間浸漬後の塗膜に異常は認められず、塗膜付着性についても良好であった。結果例として、FE1, FP1, PEHおよびPVDFの塗膜付着性試験結果をTable 3に示す。

3.4 まとめ

各種粉体塗料の塗膜物性を評価した結果、いずれも溶剤系ふっ素樹脂塗料PVDFと同等の性能を示した。耐溶

剤性については、粉体塗料の種類と溶剤の種類との組み合わせによって、性能が異なることがわかった。

4. 促進耐候性試験による耐候性評価

4.1 試験体

塗膜物性試験を実施したTable 1 に示す10種類の試験体を用いた。

4.2 促進耐候性試験方法

耐候性を評価する目的で、試験体のサンシャインカーボンアーク灯式(以下, SWOM), キセノンランプ式(以下, XWOM)およびスーパーキセノンランプ式(以下, SXWOM)の3種類の促進耐候性試験を実施した。これらの促進耐候性試験においては、放射照度や照度光スペクトルが異なるため、各試験体について促進劣化条件の違いによる劣化傾向を比較した³⁾。各促進耐候性試験の試験条件をTable 4に示す。SXWOMは、自然光(太陽光)に最も近似すると言われているXWOMの3倍の放射照度に設定し、早期に耐候性の傾向を評価する可能性を検討した。なお、いずれの試験も紫外線放射・水噴霧の条件は同一とした。

所定の試験時間毎に試験体の上部、中部、下部の3箇所について測色および60度鏡面光沢度を測定し、3箇所の測定値の平均値から色差 ΔE および光沢保持率をそれぞれ算出して耐候性を評価した。

4.3 促進耐候性試験結果

4.3.1 SWOM試験結果 SWOM4000時間までの光沢保持率の変化をFig. 2, 色差 ΔE の変化をFig. 3に示す。これより、PEHは、2000時間試験後の光沢保持率が80%を下回り、3000時間試験後には光沢保持率が13%まで低下して塗膜の白亜化が認められた。4000時間試験後には8%まで低下したが、この時の色差 ΔE は1.5以下と小さい。

ふっ素樹脂とポリエステルとの複合粉体塗料については、FP3で早期に光沢保持率の低下が認められ、3000時間試験後にはPEHよりも下回った。ただし、色差 ΔE は1以下と小さい。一方で、4000時間試験後も光沢保持率90%を維持しているFP4は、色差 ΔE が早期に大きく変化し、2000時間試験後には色差 ΔE が2を超えて白濁し、4000時間終了後には色差 ΔE が6.4まで上昇した。これらを除く、FP1, FP2およびFP5, ふっ素樹脂系のFE1, FE2, PVについては、光沢保持率および色差 ΔE ともに、特に劣化の兆候は認められず、溶剤系のPVDFと同等の性能を示した。

4.3.2 XWOM試験結果 XWOM5000時間までの光沢保持率の変化をFig. 4, 色差 ΔE の変化をFig. 5に示す。これより、PEHと比較して、ふっ素樹脂粉体塗料のFE1, FE2およびPVはいずれも良好な耐候性を示した。

ふっ素樹脂とポリエステルとの複合粉体塗料については、FP3およびFP4の光沢保持率の低下が認められた。F

Table 4 各促進耐候性試験の試験条件
Test Parameter of All Kinds of Weather Meter

試験機の種類	サンシャインカーボンアーク灯式 (SWOM)	キセノンランプ式 (XWOM)	スーパーキセノンランプ式 (SXWOM)
試験条件			
ブラックパネル温度	63°C±3°C		
放射照度 (制御波長)	255W/m ² (300-400nm)	60W/m ² (300-400nm)	180W/m ² (300-400nm)
放射・水噴霧の条件	102分放射+18分放射・水噴霧		

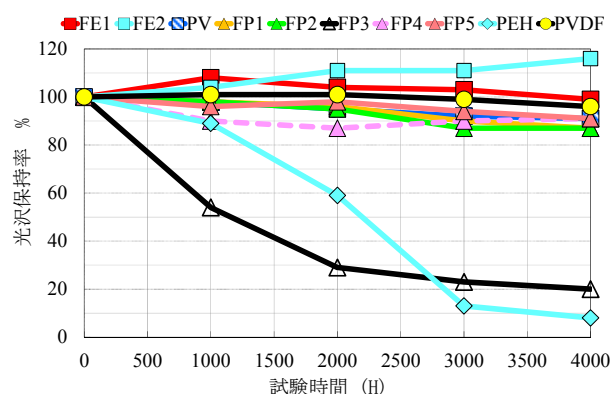


Fig. 2 SWOM試験における光沢保持率の変化
Result of Gloss Retention (%) at SWOM

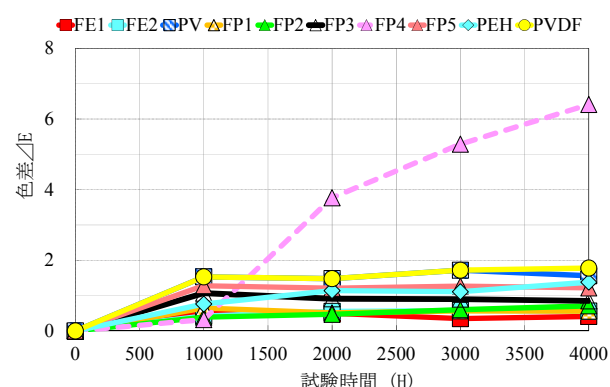


Fig. 3 SWOM試験における色差 ΔE の変化
Result of Colour Difference at SWOM

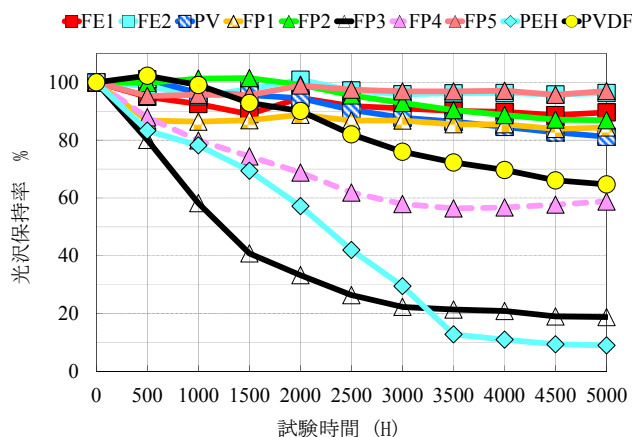


Fig. 4 XWOM試験における光沢保持率の変化
Result of Gloss Retention (%) at XWOM

P4は、試験時間3500時間の色差 ΔE が3を超え、試験4000時間でSWOMと同様に塗膜劣化が確認された。一方、光沢保持率の低下したFP3は、4000時間試験後においても色差 ΔE の値は1.3と変化が小さい。

4.3.3 SXWOM試験結果 SXWOM2500時間の光沢保持率の変化をFig. 6に示し、色差 ΔE の変化をFig. 7に示す。これより、SWOMおよびXWOMと同様に、PEHと比較してふっ素樹脂粉体塗料FE1、FE2およびPVはいずれも溶剤系のPVDFと同等以上の優れた耐候性を示した。

ふっ素樹脂とポリエステルとの複合粉体塗料のうち、SWOMおよびXWOMで光沢保持率の低下が認められたFP3およびFP4は、SXWOMにおいても類似の傾向が認められた。これらの試験体のうち、FP4は、XWOMと同様に、色差 ΔE の値についても1500時間で3を超え、2500時間試験後に5を超える大きな値を示した。FP4以外のふっ素樹脂とポリエステルとの複合粉体塗料はいずれも色差 ΔE が2以下と比較的小さかった。

SXWOMはSWOMやXWOMと比較して、早期に耐候性の傾向を評価できると考えられる。

4.4 まとめ

各種粉体塗料について、3種類の促進耐候性試験を実施した結果、次の点が明らかとなった。

- 1) 海外で実績の多いポリエステル粉体塗料の高耐候性グレード(PEH)は、溶剤系熱可塑性ふっ素樹脂塗料(PVDF)と比較すると耐候性に劣ることが確認された。
- 2) ふっ素樹脂粉体塗料(FE)は、溶剤系熱可塑性ふっ素樹脂塗料(PVDF)と同等以上の優れた耐候性が認められた。
- 3) ふっ素樹脂とポリエステルとを複合した粉体塗料(FP)は、ふっ素樹脂粉体塗料(FE)および溶剤系ふっ素樹脂塗料(PVDF)とほぼ同等の耐候性を示すものが認められた。一方で、早期に光沢保持率が低下したり、色差 ΔE が上昇するものがあり、種類によって耐候性に差があることが確認された。
- 4) 各種粉体塗料の促進耐候性試験による耐候性評価結果は、試験機の種類や試験条件が異なっても、劣化の傾向が類似した。本試験で実施した3種類の促進耐候性試験機の中で、促進倍率が最も大きいSXWOMによって、早期におおまかな耐候性や塗膜異状を評価できる。

5. 実用化に関する検討

5.1 はじめに

粉体塗装を実現現場へ適用するにあたっては、搬送時や建付け時などにおける損傷に対する対策として、常温乾燥形塗料による現場補修性や、シーリング材の付着性を検討する必要がある。そこで、これらの点について、実験的検討を行った。

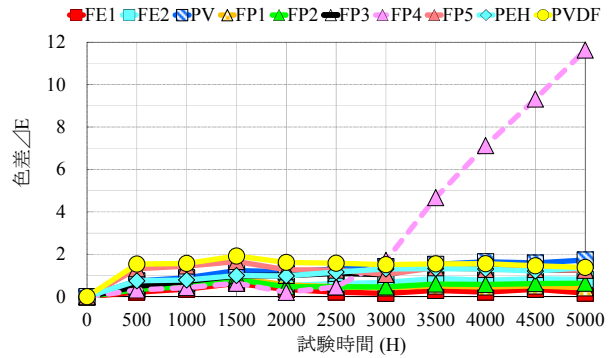


Fig. 5 XWOM試験における色差 ΔE の変化
Result of Colour Difference at XWOM

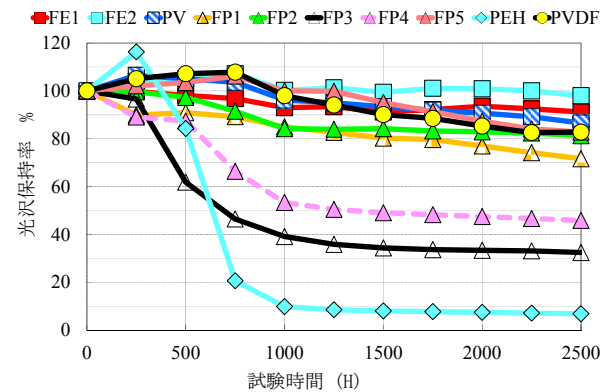


Fig. 6 SXWOM試験における光沢保持率の変化
Result of Gloss Retention (%) at SXWOM

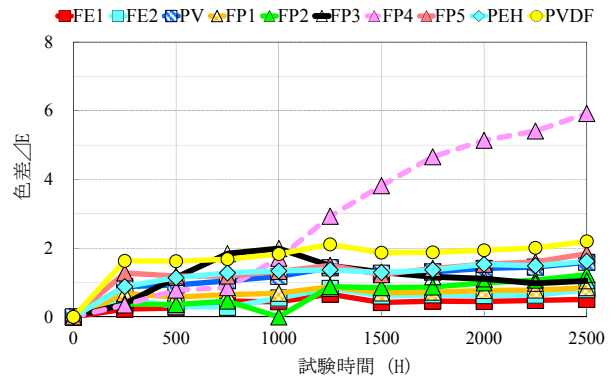


Fig. 7 SXWOM試験における色差 ΔE の変化
Result of Colour Difference at SXWOM

5.2 現場補修塗装仕様の検討

Table 1に示す試験体表面に、素地に達する傷をつけ、傷の上から補修塗装を施し、初期塗膜付着性試験と促進耐候性試験を実施して、補修塗装性(現場のタッチアップ性)を評価した。

5.2.1 補修塗装仕様 Table 1に示す試験体の半分の範囲に、あらかじめカッターで素地に達する×印状の傷を入れ、Table 5に示す各補修仕様で面補修を実施した。なお、大文字で記載したTable 1の試験体へ補修塗装を施

したTable 5の試験体は、小文字で表記している。

いずれの試験体についても、下地調整は、傷部分を研磨紙で軽く研磨し、エアブローヤーや布拭きあるいは溶剤拭きにより、清浄化した。次いで、FE1, FE2, FP1, FP3, PVDFには、ふっ素樹脂塗料用下塗り後、ふっ素樹脂塗料で(補修仕様fe1, fe2, fp1, fp3, pvdf), PVにはふっ素樹脂塗料用中塗り後ふっ素樹脂塗料で(補修仕様pv), FP2にはプライマー無しで弱溶剤系ふっ素樹脂塗料で(補修仕様fp2), FP4にはプライマーの効果を確認する目的で、プライマー無し(補修仕様fp4①)あるいは変性エポキシ樹脂下塗り塗装後(補修仕様fp4②)ふっ素樹脂塗料で、FP5には変性エポキシ樹脂下塗り後ふっ素樹脂塗料で(補修仕様fp5), それぞれ塗装した。PEHについては、ポリウレタン塗料下塗り後ポリウレタン塗料で補修した(補修仕様peh)。

5.2.2 試験項目と試験方法 補修塗装を施した試験体を14日間室内養生後、3.2.3項に示すクロスカット法にて、塗膜付着性を評価した。また、4.2項に示すSXWOM試験を実施して、耐候性を評価した。

5.2.3 試験結果 補修塗装を施した試験体のうち、プライマー無しでふっ素樹脂塗料を補修塗装したfp4①は、塗膜付着性が2/25でJIS K 5600に準じた試験結果の分類は分類5(35%以上の全面的な大はがれ)となり、既存塗膜との界面剥離が顕著に認められた。一方、粉体同士を混合するタイプの複合粉体塗料であるfp2については、fp4①と同様にプライマー無しであるものの、塗膜付着性に問題は認められなかった。これは、弱溶剤系のふっ素樹脂塗料を適用したこと起因すると推定される。これらの結果から、補修塗装の塗膜性能の信頼性を上げるためにも、適切なプライマーを選定し、塗装することが良いと考えられる。

次に、補修塗膜のSXWOM試験における光沢保持率の変化をFig. 8に、色差 ΔE の変化をFig. 9に示す。fp2およびpehについては、補修前のFP2およびPEHの結果と比較した。これより、ポリウレタン塗料を補修塗装したpehにおいては、PEHよりも多少低下速度が遅いものの、補修前塗膜と補修塗膜の光沢保持率の低下傾向が類似する。一方で、補修塗膜の色差 ΔE が経時的に著しく変化するため、補修塗膜のポリウレタン塗料の耐用年数に合わせて全面改修を実施しないと、補修塗膜の劣化による退色が目立ってしまう可能性がある。また、プライマーを塗装しなかったfp2では、色差 ΔE の変化が補修前塗膜FP2と類似するものの、経時的に艶の低下が認められた。そのため、補修前塗膜の期待耐用年数に達する前に、補修箇所艶の低下が目立ってしまう可能性がある。それ以外の補修仕様については、変色や艶の低下、ふくれや塗膜はく離の発生など、特に問題は認められていない。しかし、fp3およびfp4については、補修前塗膜の方が補修塗膜よりも先に光沢の低下が生じるため、補修部分の艶が目立ってしまう可能性がある。

5.2.4 まとめ 以上の試験結果より、ふっ素樹脂粉

Table 5 補修塗装仕様一覧
List of Repair Paint Systems for Enamel Powder Coating

記号	補修塗装仕様		
	下地調整	プライマー	補修塗料
fe1, fe2, fp1, fp3, pvdf	傷部分をサンドペーパーで軽く研磨する。エアブローヤーや溶剤拭きにより清浄にする。	ふっ素樹脂塗料用下塗り	ふっ素樹脂塗料
pv		ふっ素樹脂塗料用中塗り	ふっ素樹脂塗料
fp2		なし	弱溶剤系ふっ素樹脂塗料
fp4①		なし	ふっ素樹脂塗料
fp4②, fp5		変性エポキシ樹脂下塗り	ふっ素樹脂塗料
peh		ポリウレタン塗料下塗り	ポリウレタン塗料

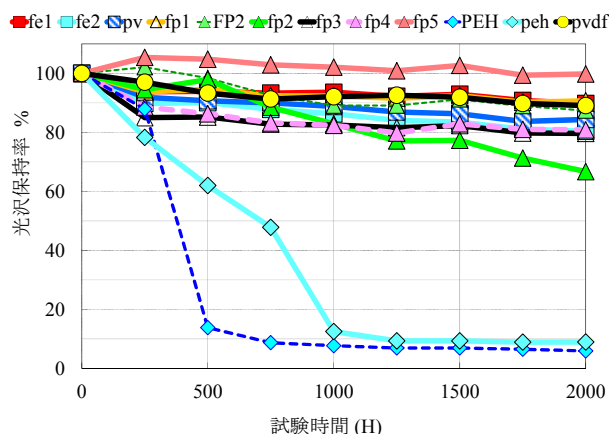


Fig. 8 補修塗装仕様の光沢保持率の変化
Result of Gloss Retention (%) at SXWOM

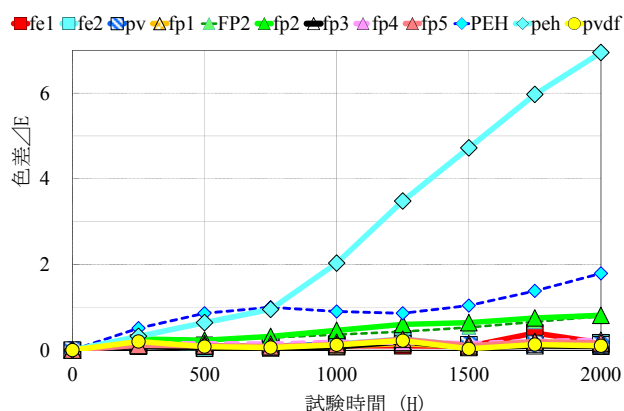


Fig. 9 補修塗装仕様の色差 ΔE の変化
Result of Colour Difference at SXWOM

体塗料の補修塗料として、常温乾燥形ふっ素樹脂塗料が適用できることを確認した。ふっ素・ポリエステル複合粉体塗料については、補修する前の塗膜の耐候性が溶剤系ふっ素樹脂塗料と同等の場合には適用できると言える。また、弱溶剤系ふっ素樹脂塗料を用いることでプライマー無しでも補修可能な粉体塗料もあるものの、現場で補

修塗装することから下地調整が十分に実施できない場合があること、補修前の塗膜よりも補修塗膜の艶の低下が早期に発生する場合もあること、また、補修塗膜の付着性の信頼性を上げるために、プライマーを塗装して、補修することが良いと考えられる。さらに、ポリエステル粉体塗料高耐候性グレードの補修塗料として、ポリウレタン塗料を適用する場合、ポリウレタン塗料が経年劣化に伴い退色するため、補修塗膜の耐用年数に合わせた全面改修の計画が必要である。

5.3 シーリング材の付着性の検討

実際に外装用アルミパネルに粉体塗装を採用する場合には、パネル間目地やサッシ枠取合い目地へシーリング材が後施工される。そこで、粉体塗装下地に対するシーリング材の付着性について簡易接着性試験を実施して評価した⁴⁾。

5.3.1 試験体 Table 1に示す試験体のうち、ふっ素樹脂粉体塗料FE1とふっ素・ポリエステル複合粉体塗料FP1について50mm角に切断し、試験体とした。シーリング材の種類は、アルミパネルとの目地に施工実績の多い2成分形変成シリコン系シーリング材とした。

5.3.2 簡易接着性試験方法 試験体面のバフがけ有り、無しとの2条件とし、建築用シーリング材ハンドブック(日本シーリング材工業会編)に記載される簡易接着性試験を実施した(n=2)。塗装試験体表面にシーリング材をひも状に施工し、標準養生(23℃50%RHで7日間)および温水養生(標準養生後、50℃の温水浸漬7日間)を行ったのち、あらかじめカッターではく離したつかみしろを上方へ手で引張り、シーリング材の付着性および破壊状況を判定した。

5.3.3 簡易接着性試験結果 試験結果をTable 6に示す。これより、FE1およびFP1ともに、養生条件によらずシーリング材の凝集破壊を示し、バフがけの有無によらず接着性に問題がないことが確認できた。

5.4 まとめ

実際に外壁アルミパネルなどに粉体塗装を採用した場合の傷補修性(タッチアップ性)について検討した結果、塗膜付着性の信頼性を挙げるために、プライマーの施工が重要であることがわかった。また、耐候性がふっ素樹脂粉体塗料と同等であるふっ素樹脂粉体塗料およびふっ素・ポリエステル粉体塗料については、常温乾燥形ふっ素樹脂塗料で補修可能なことを確認した。さらに、アルミパネルに粉体塗料を適用した場合に、パネル間目地やサッシ枠取合い目地へシーリング材が施工されることを想定し、一般的に適用される変成シリコン系シーリング材との接着性を確認した。その結果、バフがけの有無にかかわらず、接着性に問題ないことを確認した。

6. まとめ

Table 6 シーリング材の簡易接着性試験結果
Result of Sealant Adhesion Test

	試験条件	破壊状況* (%)	
		バフがけ無し	バフがけ有り
FE 1	標準養生	CF100	CF100
		CF100	CF100
	温水養生	CF100	CF100
		CF100	CF100
FP1	標準養生	CF100	CF100
		CF100	CF100
	温水養生	CF100	CF100
		CF100	CF100

*CF：シーリング材の凝集破壊

各種粉体塗料について、基礎物性を評価するとともに、促進耐候性試験で耐候性を評価し、補修塗装性やシーリング材の付着性など、実用性を判定した。結果を次にまとめる。

- 1) ふっ素樹脂粉体塗料は、溶剤系熱可塑性ふっ素樹脂塗料と同等の性能を示した。
- 2) 海外で実績の多いポリエステル粉体塗料の高耐候性グレードは、溶剤系熱可塑性ふっ素樹脂塗料と比較すると耐候性に劣る。
- 3) ふっ素樹脂とポリエステルとを複合した粉体塗料は、ふっ素樹脂粉体塗料と比較して仕上がり性が良好で、ふっ素樹脂粉体塗料と同等の良好な耐候性を示すものが認められ、実用性がある。一方で、早期に光沢保持率が低下したり、色差ΔEが上昇するものが認められ、種類によって耐候性に差があることが確認された。開発・実用化されたばかりであるため、採用の際は、性能の事前検証が重要である。
- 4) 以上の結果から、要求される塗膜性能や耐久性に見合った粉体塗料を選定・適用することで、環境配慮型塗装仕上げを実現できると考えられる。

謝辞

本研究の実施に対して多大なご協力とご指導を頂きました森ビル株式会社設計監理部伊東氏ならびに村上氏に深謝致します。

参考文献

- 1) 日本パウダーコーティング協同組合監修：粉体塗装技術要覧第4版，塗料報知新聞社，p.11，2013.11
- 2) 高柳敬志：機能性塗料用フッ素樹脂開発の動向と今後の展開，塗装技術，第55巻・6号，p.64，2016.5
- 3) 後藤善光，堀長生，奥田章子，斎藤俊：粉体塗料の実用化に関する研究その2 促進耐候性試験による耐候性評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.889-890，2015.9
- 4) 奥田章子，堀長生：金属下地塗装に関する研究 その3 ふっ素樹脂粉体塗装の性能評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1093-1094，2014.9