

バイオマスフィラーを用いた環境配慮型塗料の開発

Development of Environment-conscious Type Paints with Biomass Fillers

塗料事業部門 建材塗料事業部テクニカルサポートグループ
Coating Business Div. Building Materials Coating Dept. Technical Support Group

平瀬 潤一郎
Junichiro HIRASE

菊地 彪流
Takeru KIKUCHI

1. はじめに

気候変動や異常気象などの環境問題が深刻化した昨今では、その対策のひとつとなるCO₂ 排出量の削減が急務となっている。建設業界においても、様々な取組みが進む中、仕上技術や仕上材料においてもその対策が望まれている。

筆者らは、塗料の製造に係るCO₂ 排出量の削減を目指して、海洋副産物のホタテ貝殻を粉碎して製造した粉末をバイオマスフィラーとして再利用する検討を進めている。ホタテは、成長の過程で海水に含まれるCO₂ を貝殻へ吸収・固定化している。そのため、これを添加した塗料には、ホタテ貝殻由来のCO₂ が固定化されていると考えることができる。また、廃棄物を再利用していることから、このような取組みは、SDGs(持続可能な開発目標)の目標12のターゲット12.5(廃棄物の削減・再生利用)へ貢献すると考えられる。

本報では、押出成形セメント板(以下、ECP)の工場塗装仕様(ふっ素樹脂塗装仕様)における下塗塗料へバイオマスフィラーを適用した結果を報告する。

2. 試験体

ECPの工場におけるふっ素樹脂塗装仕様を表1に示す。この仕様において、バイオマスフィラーを添加した際に、色や艶の仕上がり性への影響をより小さくするため、上塗塗料ではなく下塗塗料へバイオマスフィラーを添加することとした。実際の塗装工場では幅600 mm×長さ1800 mm×厚さ60 mmのECPへ表1に示す塗装仕様でスプレー塗装し、試験体を作製した。上塗りの色は、LN40(濃灰色;一般社団法人日本塗料工業会色票番号)とし、艶は鏡面光沢度 40とした。バイオマスフィラーを添加した下塗塗料の塗装状況を写真1に示す。バイオマスフィラーの添加率(塗料重量に対する割合)は、表2に示すとおり、体質顔料の一部を置換したNo.1は11%、体質顔料全てを置換したNo.2は28%、顔料成分(体質顔料+着色顔料)全てを置換したNo.3は44%とした。また、比較用に添加無し(0%)をBLK(ブランク)とした。なお、バイオマスフィラーは、ホタテ貝殻粉の市販品を使用した。試験体は、各試験項目毎に、塗装したECPから所定の大きさに切り出して試験に供した。

表1 ECPのふっ素樹脂塗装仕様(工場塗装)

	種類	塗布量(g/m ²)	乾燥条件
下塗塗料	エポキシ樹脂系塗料	120~140	110℃×20分
上塗塗料	ふっ素樹脂系塗料	120~140	110℃×30分



写真1 下塗塗料の塗装状況 (ECP 工場塗装)

表2 試験体の種類

試験体No.		BLK	No.1	No.2	No.3	
下塗塗料	エポキシ樹脂系塗料	着色顔料	16%	16%	16%	0%
		体質顔料	28%	17%	0%	0%
		バイオマスフィラー	0%	11%	28%	44%
上塗塗料	ふっ素樹脂系塗料					

3. 試験項目と試験方法

表3へ試験項目を示す。いずれの試験項目においても、各試験体においてn=2 で試験を実施した。

3.1 塗料性状・塗装性及び試験体の仕上がり性

バイオマスフィラーを添加した下塗塗料の塗料性状、塗装性、試験体の外観や仕上がり性について評価した。

3.2 引っかかり硬度・耐衝撃性

JIS K 5600:1999(塗料一般試験方法5-4)に準じて塗膜の引っかかり硬度を測定した。また、JIS K5658:2010(建築用耐候性上塗り塗料)に準じて球形おもりW2-500(Φ51 mm・質量533 g)を高さ30 cmから落下させて、塗膜の耐衝撃性を評価した。

3.3 初期塗膜付着性 (クロスカット法・プルオフ法)

JIS K 5600:1999(塗料一般試験方法5-6および5-7)に準じて、2 mm幅100 マスのクロスカット試験およびΦ20 mmの試験円筒(端子)を用いたプルオフ接着試験機による付着力試験を実施して、塗膜の初期付着性を評価した。

3.4 耐アルカリ性・耐酸性・耐水性・耐温水性・耐温水徐冷性

JIS K 5658:2010(建築用耐候性上塗り塗料)に準じて、23 °Cの飽和水酸化カルシウム水溶液および0.5 %硫酸水溶液へ168 時間浸漬して、耐アルカリ性および耐酸性を評価した。また、JIS K5600:1999(塗料一般試験方法6-2)に準じて、常温の水道水へ10 時間浸漬して耐水性を評価した。さらに、50 °Cの温水に20 日間浸漬して耐温水性を評価した。また、50 °Cの温水に8 時間浸漬後、水道水へ16 時間浸漬を1 サイクルとして20 サイクル繰り返し、耐温水徐冷性を評価した。これらの試験では、いずれも外観の目視観察にて劣化の有無を評価した。耐温水性、耐温水徐冷性試験後は、初期値と同様にプルオフ法による塗膜付着性を評価した。

3.5 耐湿性

JIS K 5600:1999(塗料一般試験方法7-2)に準じて、50 °C±1 °C、95 %RH 以上で7 日間静置後、塗膜の状態を目視観察して耐湿性を評価した。

3.6 耐湿潤冷熱繰返し性

JIS K 5658:2010(建築用耐候性上塗り塗料)に準じて、23°C±2°Cの水道水に18 時間浸漬後、-20 °C±2 °Cで3 時間、50 °C±3 °Cで3 時間の静置を1 サイクルとし、10 サイクル実施した。その後、初期値と同様にクロスカット試験を実施して塗膜付着性を確認した。

3.7 耐凍結融解性(気中凍結水中融解)

JIS A 1435:2013(建築用外装材料の凍結融解試験方法)に準じて、-20℃で2時間静置後、10℃の水浸漬1時間を1サイクルとして1,100サイクルまで実施し、耐凍結融解性を評価した。400サイクルおよび1,100サイクル実施後、初期値と同様にプルオフ法で塗膜付着性を確認した。

3.8 サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験

JIS K 5600:2008(塗料一般試験方法7-7)を参考に、サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験(以下、SWOM)を実施した。試験前および所定の試験時間毎に、試験体の上部、中部および下部について、測色計で表面のL*, a*, b*を測定し、それらの平均値を求め、初期値から色差 ΔE を算出した。また、光沢度計にて、測色と同様に鏡面光沢度を測定し、それらの平均値を求め、初期値から光沢保持率を算定し、促進耐候性を評価した。

3. 試験項目と試験方法

表3へ全ての試験結果をまとめる。

4.1 塗料性状・塗装性及び試験体の仕上がりに

エポキシ樹脂系下塗塗料へバイオマスフィラーを各割合で添加して塗料を作製したところ、塗料性状および塗料の安定性はBLKの塗料と比較して大差なかった。各塗料を工場塗装したところ、バイオマスフィラーの添加率が高くなるほど、下塗塗料の粘性が若干上昇した。これはバイオマスフィラーの吸油量(46mL/100g)が体質顔料(吸油量30~35mL/100g)、着色顔料(吸油量18mL/100g)よりも高いことが影響していると考えられる。ただし、スプレー塗装器の吐出圧、ノズル口径やプライマーの希釈率を調整することで、問題なく塗装することができた。

次に、試験体の外観を写真2に示す。No.3については、下塗塗料の色が若干異なるものの、上塗塗料塗装後の色や艶の仕上がりに影響は認められなかった。これより、下塗塗料へバイオマスフィラーを最大44%添加しても上塗への影響

表3 試験項目と試験結果一覧

試験項目		BLK	No.1	No.2	No.3
塗料性状・塗装性・仕上がりに		問題なし(BLKと同等)			
引っかかり硬度(鉛筆法)		H			
耐衝撃性		割れおよびはがれが生じない			
初期塗膜付着性(クロスカット法)		100/100 分類0			
初期塗膜付着力(プルオフ法MPa)		7.8	7.8	7.3	7.1
耐アルカリ性		異状なし			
耐酸性		異状なし			
耐水性		異状なし			
耐温水性	外観	異状なし			
	付着力(Mpa)	5.7	6.9	5.2	5.0
耐温水徐冷性	外観	異状なし			
	付着力(Mpa)	8.8	7.8	6.5	5.5
耐湿性		異状なし			
耐湿潤冷熱繰り返し性	外観	異状なし			
	付着性	100/100 分類0			
耐凍結融解性(気中凍結水中融解)	400サイクル外観	異状なし			
	付着力(Mpa)	6.1*	6.9*	6.2	6.1
	1100サイクル外観	異状なし			
	付着力(Mpa)	6.0	6.2	5.9	4.6
SWOM5000h	光沢保持率(%)	97	90	102	96
	色差 ΔE	0.38	0.45	0.38	0.27

*:塗膜と接着剤との界面

は認められず、いずれも良好な仕上がり性を示すことが確認できた。

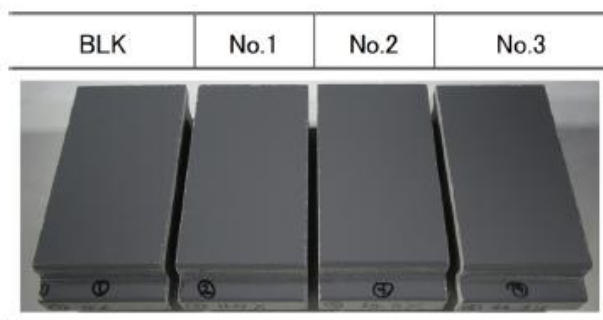


写真2 試験体の外観写真

4.2 引っかかり硬度・耐衝撃性

引っかかり硬度はいずれもHを示した。また、耐衝撃性はいずれの塗膜も割れやはがれは認められず良好で、試験体間で差は認められなかった。

4.3 初期塗膜付着性 (クロスカット法・プルオフ法)

クロスカット法による初期塗膜付着性は、いずれの試験体も良好で、100マス中100マスが付着し分類0であった。プルオフ法では、いずれもECP(基材)の凝集破壊100%となった。このことから、バイオマスフィラーを44%まで添加しても、下塗塗料のECPへの付着性や上塗りのふっ素樹脂塗料との付着性に影響は認められなかった。

4.4 耐アルカリ性・耐酸性・耐水性・耐温水性・耐温水徐冷性

耐アルカリ性、耐酸性、耐水性のいずれの試験においても、BLKとNo.1～No.3の試験体間で差は認められず、また、異常は認められなかった。

耐温水性試験後のプルオフ法による付着力は、No.1でBLKよりも高く、No.2およびNo.3でBLKとほぼ同等の値となった。また、いずれも基材の凝集破壊100%であった。

耐温水徐冷性後のプルオフ法による付着力は、BLKと比較してバイオマスフィラー添加量が増えるにつれて、若干、低下する傾向が認められた。しかし、試験体の破壊形状はいずれも基材の凝集破壊100%であり、基材/下塗塗膜/上塗塗膜の層間での剥離ではなかったため、塗膜付着性に問題はなく、良好であると考えられる。

4.5 耐湿性

耐湿性試験において、いずれの試験体も膨れの発生や変色などの異常は認められなかった。

4.6 耐湿潤冷熱繰返し性

耐湿潤冷熱繰返し性はいずれの試験体も試験後に外観の異常は認められなかった。また、クロスカット法による付着力は、いずれも100マス中100マスが付着し、いずれも分類0で、良好であった。

4.7 耐凍結融解性(気中凍結水中融解)

耐凍結融解性試験において、1,100サイクルまで実施した結果、塗膜の割れ、膨れ、はがれ、変色などの外観異常は認められなかった。また、400サイクル後に実施したプルオフ法による付着力は、いずれも6MPa以上を示し、初期塗膜付着性のBLKの値(7.8MPa)と比較すると約8割程度であったものの、破壊形状が全て基材の凝集破壊100%であった。同様に、1,100サイクル後に実施したプルオフ法による付着力試験の結果、いずれも破壊形状が基材の凝集破壊100%で、No.4を除いて6MPa程度と良好な値を示した。ただし、No.4については、初期塗膜付着性のBLKの値(7.8MPa)と比較すると、約6割程度に付着力(基材の凝集破壊強度)が低下していた。このことから、耐凍結融解性試験における1,100サイクルが非常に厳しい条件であるものの、バイオマスフィラーを44%と大量に添加し

たことによって、塗膜によるECPの保護機能が若干低下している可能性が示唆された。

4.8 サンシャインカーボンアーク灯式 耐候性試験

SWOM を5,000 時間まで実施した際の光沢保持率および色差 ΔE を表3に示すとともに、それらの変化を図1および図2に示す。これより、光沢保持率については、No.1がBLK より僅かに低い傾向にあったものの、いずれも90 %以上を示しており、実暴露10 年相当の促進期間において、いずれも良好な耐候性を示した。色差 ΔE についても、いずれの試験体も0.5 以下を示しており、その変化は小さいことがわかった。

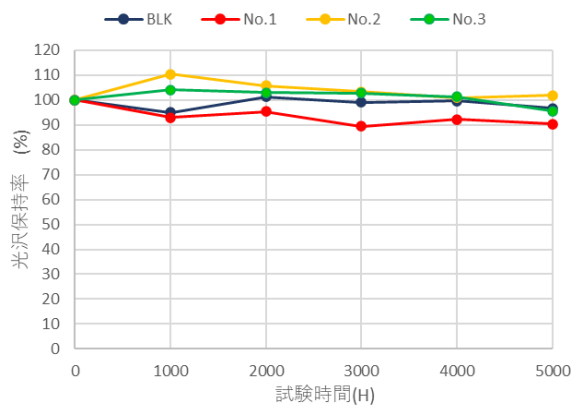


図1 SWOM試験における光沢保持率の変化

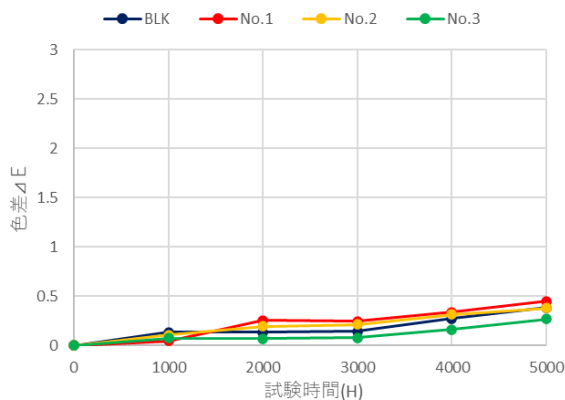


図2 SWOM試験における色差 ΔE の変化

4.9 試験結果のまとめと考察

以上の評価結果より、下塗塗料へバイオマスフィラーを添加しても、主に上塗りに由来する特性(仕上がり性、引っかかり硬度、耐アルカリ性、耐酸性、耐水性)へ影響を与えないことが確認できた。一方で、下塗塗料は、基材への付着性を確保する役割を果たすため、各種促進劣化試験後のプルオフ法による付着性試験結果を図3で比較した。これより、バイオマスフィラーの添加率が高いほど、付着力が僅かに低下する傾向が認められた。ただし、各種性能試験結果にて記載したとおり、いずれも基材の凝集破壊100 %であった。今後、ECP素地の耐凍結融解性を評価し、各塗装仕様の基材の保護効果についても検討を進める。

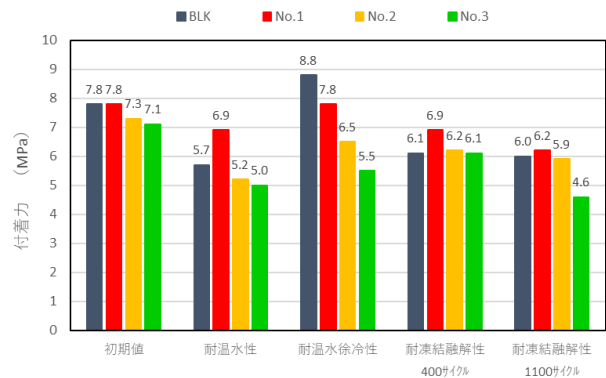


図3 各試験におけるプルオフ法による付着力

5. まとめ

塗料の製造に関わるCO₂ 排出量の削減と廃棄物の削減・再利用によるSDGs貢献を目的とし、押出成形セメント板(ECP)の工場塗装仕様における下塗塗料へホタテ貝殻由来のバイオマスフィラーを添加することにより、環境配慮型塗料の開発を検討した。バイオマスフィラー添加による影響を評価するため、各種性能試験を実施した。結果を以下にまとめる。

- 1) 下塗塗料へバイオマスフィラーを44 %添加（置換）した場合でも塗料性状および塗装性において、特に問題は認められなかった。
- 2) 仕上がり性や上塗りに起因する塗膜物性については、下塗塗料へバイオマスフィラーを添加しても変化は認められなかった。
- 3) バイオマスフィラーの添加により、促進劣化に対して、ECPの凝集破壊強度が若干低下する傾向が認められた。

実用化に向けて、促進耐候性試験や屋外暴露試験を実施し、長期耐候性への影響についても確認していく所存である。

6. 謝辞

本開発は株式会社大林組様、アイカテック建材株式会社様と当社の共同研究により得た成果です。関係各位のこれまでの精力的な活動に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 奥田章子, 小林利充:
バイオマスフィラーを適用した環境配慮型塗装の実験的研究,
AIJ-SDGs Day 2025 発表梗概集,
pp.1-4,2025.2
- 2) 奥田章子, 平瀬潤一郎, 出山剛之,
小林利充:
バイオマスフィラーを添加した環境配慮型塗装の研究 その2
工場における押出成形セメント板のふっ素樹脂塗装への応用