

屋外暴露耐候性試験における試験板の影響

財団法人 日本塗料検査協会
西支部 検査部 松本倫毅
岡本未佳

1. はじめに

塗料に関する JIS 製品規格の中では、建築用塗料を中心に JIS A 5430 繊維強化セメント板（以下「フレキシブル板」という）を試験板として用いることが多い。かつてはこのフレキシブル板にはアスベストが含有されていたが、人体に有害であることから使用禁止となった。2004 年 10 月の JIS 改正により、現在ではアスベストを含有しないノンアスベストフレキシブル板（以下「ノンアスベスト板」という）が使用されるようになった。

以前 (No. 121 号) に紹介したように、塗料種や試験項目によっては、この試験板の変更による試験結果への影響が確認されている。これを受け、今回は建築外部用塗料の性能を見極めるために必要不可欠であり、塗膜の長期耐久性を評価するのに重要な「屋外暴露耐候性試験」（以下「屋外暴露試験」という）について、試験板が及ぼす影響を検討した。

2. 試験の概要

合成樹脂エマルジョンペイント (JIS K 5660 及び JIS K 5663) 適合品についてノンアスベスト板 2 種類（「JIS マーク非表示品」「JIS マーク表示品」以下「I 社品」「II 社品」という）を用いて試験片を作製し、屋外暴露試験における試験板の影響について検討を行った。各製品規格における屋外暴露試験に、ノンアスベスト板が塗膜に及ぼす影響（塗膜の外観・白亜化の等級・色差・光沢保持率）について報告する。なお、今回塗膜に及ぼす影響を詳細に検討するため規格に定められていない色差・光沢保持率についても測定を行い、数値による検討を試みた。

3. 評価方法

3.1 塗膜の外観

屋外暴露試験を終了した試験片の外観評価は、膨れ、割れ、はがれ、穴 (K 5663 のみ適用) を目視にて観察し、それぞれの評価は JIS K 5600-8-1:1999 一般的な原則と等級、JIS K 5600-8-2:2008 膨れの等級、JIS K 5600-8-4:1999 割れの等級、JIS K 5600-8-5:1999 はがれの等級に従って評価した。

3.2 白亜化

塗膜の外観評価を行った後、JIS K 5600-8-6:1999 白亜化の等級に従って各試験片の白亜化を測定した。

3.3 色差

白亜化測定後、各試験片を水洗乾燥し、JIS K 5600-4-5:1999 測色 (測定) に従って測色し、JIS K 5600-4-6:1999 測色 (色差の計算) により色差を求めた。

3.4 光沢保持率

JIS K 5600-4-7:1999 鏡面光沢度にしたがって屋外暴露試験前後の光沢値を測定し、以下に示す計算式により光沢保持率を算出した。

$$\text{光沢保持率 (\%)} = \frac{\text{屋外暴露試験後 60 度鏡面光沢度}}{\text{屋外暴露試験前 60 度鏡面光沢度}} \times 100$$

4. 試験結果

4.1 塗膜の外観

(1) JIS K 5660:2008 つや有合成樹脂エマルジョンペイント

4 種類の塗料 (No. 1~4) について試験板の違いが屋外暴露試験後の塗膜の外観へ及ぼす影響を調べた。試験結果を表-1 に示す。

(2) JIS K 5663:2003 合成樹脂エマルジョンペイント

同様にして 29 種類の塗料 (No. 5~33) について試験板の違いが屋外暴露試験後の塗膜の外観へ及ぼす影響を調べた。試験結果を表-2-1、表-2-2 に示す。

4.2 白亜化

(1) JIS K 5660:2008 つや有合成樹脂エマルジョンペイント

4 種類の塗料 (No. 1~4) について屋外暴露試験後、白亜化試験を行った。試験結果を表-3 に示す。

表一 1 JIS K 5660 屋外暴露試験「塗膜の外観」試験結果（白色及び淡彩色）

塗料の種類	I 社品	II 社品
	試料・見本品	試料・見本品
1	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。
2	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。
3	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。
4	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。	割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。

I 社品、II 社品いずれの試験板を用いた場合も試料・見本品で差が認められず、ともに規格に定められた品質「割れ、はがれ、膨れ及び穴を認めない。」を満足した。試験板による塗膜への影響は認められなかった。

表一 2-1 JIS K 5663 屋外暴露試験「塗膜の外観」試験結果（白色及び淡彩色）

塗料の種類	I 社品	II 社品
	試料・見本品	試料・見本品
5, 6	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
7, 8	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
9	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
10	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
11, 12	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
13	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
14	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
15	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。

表一 2-2 JIS K 5663 屋外暴露試験「塗膜の外観」試験結果（その他の色）

塗料の種類	I 社品	II 社品
	試料・見本品	試料・見本品
16～22	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
23～26	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。
27～33	膨れ、はがれ及び割れを認めない。	膨れ、はがれ及び割れを認めない。

I 社品、II 社品いずれの試験板を用いた場合も試料・見本品（白色及び淡彩色、その他の色）で差が認められず、規格に定められた品質「膨れ、はがれ、及び割れを認めない。」を満足した。JIS K 5660と同様に JIS K 5663 においても試験板の違いによる塗膜への影響は認められなかった。

(2) JIS K 5663：2003 合成樹脂エマルジョンペイント
同様に今回検討に用いた 29 種類の塗料 (No. 5～33) のうち、白色及び淡彩色 11 種類 (No. 5～15) について屋外暴露試験後の白亜化試験を行った。試験結果を表一 4 に示す。

4.3 色差

(1) JIS K 5660：2008 つや有合成樹脂エマルジョンペイント

次に、試験板による塗膜の色への影響を調査するため 4 種類の塗料 (No. 1～4) について屋外暴露試験の色差 (ΔE^*ab) 測定を行った。なお、本規格の品質基準項目に色差の測定は含まれないが、色の変化に及ぼす影響

表-3 JIS K 5660 屋外暴露試験後の
「白亜化」試験結果（白色及び淡彩色）

塗料の種類	I 社品		II 社品	
	試料	見本品	試料	見本品
1	等級 2	等級 2	等級 2	等級 2
2	等級 1	等級 1	等級 1	等級 1
3	等級 2	等級 2	等級 2	等級 2
4	等級 1	等級 1	等級 1	等級 1

I 社品、II 社品いずれの試験板を用いた場合も試料・見本品で差が認められず、試験板の違いによる塗膜の白亜化への影響は認められなかった。

表-4 JIS K 5663 屋外暴露試験後の
「白亜化」試験結果（白色及び淡彩色）

塗料の種類	I 社品		II 社品	
	試料	見本品	試料	見本品
5, 6	等級 3	等級 3	等級 3	等級 3
7, 8	等級 0	等級 0	等級 0	等級 0
9	等級 2	等級 2	等級 2	等級 2
10	等級 3	等級 3	等級 3	等級 3
11, 12	等級 2	等級 2	等級 2	等級 2
13	等級 3	等級 3	等級 3	等級 3
14	等級 3	等級 3	等級 3	等級 3
15	等級 3	等級 3	等級 3	等級 3

I 社品、II 社品いずれの試験板を用いた場合も試料・見本品で差が認められず、試験板の違いによる塗膜の白亜化への影響は認められなかった。

表-5 JIS K 5660 屋外暴露試験後の
「色差 (ΔE*ab)」試験結果（白色及び淡彩色）

塗料の種類	I 社品		II 社品	
	試料	見本品	試料	見本品
1	1.47	1.07	0.57	0.74
2	0.92	0.72	0.93	1.22
3	0.88	1.17	1.08	1.41
4	2.2	2.39	1.33	1.4

表-6 分散分析結果

要因	観測された分散比	F 境界値
試験板	10.07	10.128
試料・見本品	1.205	10.128
塗料の種類	24.40	9.277*
試験板×試・見	2.113	10.128
試験板×塗料	12.55	9.277*
試・見×塗料	1.103	9.277

*各要因の水準数は試験板：2（I 社品・II 社品）、試料・見本品：2、塗料の種類：4（No. 1～4）。

を詳細に検討するため色差測定を行った。これらの試験結果を表-5に示す。また、本結果について分散分析を行い、各要因の塗膜に及ぼす影響を表-6に示した。

表-6の分散分析結果より、主要因である「試験板」、「試料・見本品」のいずれにおいても試験結果への影響は認められなかった（有意水準5%）。有意差が認められた主要因は「塗料の種類」であるが、塗料が異なれば差が出るのは当然である。各要因の交互作用では、「試験板×塗料」において交互作用が認められ、要因が試験板のみでは影響を受けないが、「塗料の種類」との交互作用により影響を受けることがわかった。即ち、今回解析に供したデータの範囲内では、試験板の違いによる差は認められなかったが、塗料の種類によっては試験板の違いによって影響を受ける傾向が出た。但し、「試験板×試料・見本品」では影響は認められてはおらず、得られた色差の測定値で検討しても問題なかった。JIS K 5660の製品規格による判定基準は「色の変化の程度が見本品と比べて差がない」なので、判定には影響を及ぼさない。

(2) JIS K 5663：2003 合成樹脂エマルションペイント

同様に29種類の塗料（No. 5～33）の白色及び淡彩色11種類（No. 5～15）、その他の色18種類（No. 16～33）それぞれについて屋外暴露試験後の色差（ΔE*ab）測定を行った。試験結果を表-7-1、表-7-2に示す。

また、本結果について分散分析を行い、各要因の塗膜に及ぼす影響を表-8-1、表-8-2に示した。

分散分析結果によると、白色及び淡彩色では主要因である「試験板」で影響が認められたが、「試料・見本品」は試験結果への影響は認められなかった（有意水

表-7-1 JIS K 5663 屋外暴露試験後の「色差 (ΔE*ab)」試験結果 (白色及び淡彩色)

塗料の種類	I 社品		II 社品	
	試料	見本品	試料	見本品
5	3.0	3.1	1.8	1.8
6	2.9	2.9	2.2	2.4
7	0.9	0.9	0.8	0.9
8	7.3	7.2	7.6	7.9
9	1.3	1.3	1.0	1.0
10	2.7	2.7	2.7	2.6
11	0.5	0.4	0.3	0.3
12	7.7	7.9	8.7	9.6
13	6.3	6.9	6.2	6.3
14	6.6	6.4	5.2	5.9
15	1.4	1.4	1.2	1.3

表-7-2 JIS K 5663 屋外暴露試験後の「色差 (ΔE*ab)」試験結果 (その他の色)

塗料の種類	I 社品		II 社品	
	試料	見本品	試料	見本品
16	8.4	8.0	9.6	8.0
17	5.2	5.1	5.7	5.4
18	6.5	6.3	6.3	6.0
19	15.8	15.2	16.9	17.0
20	7.8	7.7	10.6	10.7
21	9.2	9.9	10.8	9.8
22	10.0	10.1	8.7	9.5
23	2.2	2.1	1.6	1.8
24	3.7	3.8	3.4	3.3
25	2.7	2.6	2.6	2.5
26	2.8	2.6	1.8	1.8
27	4.9	4.8	5.9	5.8
28	14.0	14.5	14.4	15.7
29	8.1	7.8	9.4	10.3
30	8.5	8.7	7.5	8.0
31	8.2	8.7	7.0	6.9
32	3.6	3.7	4.0	4.0
33	2.8	2.6	3.0	3.2

表-8-1 分散分析結果 (白色及び淡彩色)

要因	観測された分散比	F 境界値
試験板	9.662	4.965*
試料・見本品	4.734	4.965
塗料の種類	904.1	2.978*
試験板×試・見	1.957	4.965
試験板×塗料	12.74	2.978*
試・見×塗料	0.908	2.978

*各要因の水準数は試験板；2 (I 社品・II 社品)、試料・見本品；2、塗料の種類；11 (No. 5～15)

表-8-2 分散分析結果 (その他の色)

要因	観測された分散比	F 境界値
試験板	1.473	4.451
試料・見本品	0.001	4.451
塗料の種類	66.772	2.272*
試験板×試・見	0.007	4.451
試験板×塗料	1.222	2.272
試・見×塗料	0.146	2.272

*各要因の水準数は試験板；2 (I 社品・II 社品)、試料・見本品；2、塗料の種類；18 (No. 16～33)

準5%)。白色及び淡彩色、その他の色とも有意差が認められた主要因は「塗料の種類」であるが、JIS K 5660と同様、差が出るのは当然である。各要因の交互作用では白色及び淡彩色において「試験板×塗料」の有意差が認められた。また、白色及び淡彩色では試験板による試験結果への影響が認められ、今回解析に供したデータの範囲内では試験板の違いが試験結果に影響を及ぼす傾向がある。一方、その他の色では「塗料の種類」以外の要因からは影響を受けず、白色及び淡彩色のような試験板の違いによる影響は認められなかったことから、塗料の色によって試験板の違いが試験結果に影響を及ぼすことがわかった。但し、白色及び淡彩色、その他の色とも「試験板×試料・見本品」では影響は認められてはならず、色差で検討しても問題なかった。従って JIS K 5663 の製品規格による判定基準は「色の変化の程度が見本品試験片と比べて大きくない」なので、判定には影響を及ぼさない。

4.4 光沢保持率

試験板による塗膜の光沢への影響を調査するため JIS K 5660：2008 つや有合成樹脂エマルジョンペイントの4種類の塗料（No. 1～4）の屋外暴露試験後の光沢保持率測定を行った。なお、本規格の品質基準項目に光沢保持率の測定は含まれないが、光沢保持率に及ぼす影響を詳細に検討するため試験前後の光沢測定を行い、光沢保持率で検討した。測定結果を表-9に示し、本結果についての分散分析の結果を表-10に示した。

表-9の試験前光沢値はI社品とII社品でほとんど差はないが、試験後の光沢値は光沢保持率でも明らかのようにI社品とII社品で大きく異なった。初期値がほぼ同じで試験後の値が異なることから、I社品とII社品で屋外暴露試験において塗膜の光沢へ及ぼす影響が異なると考えられる。分散分析結果である表-10によると主要因が「試験板」、「塗料の種類」の場合に試験結果への影

響が認められ、特に「試験板」の場合（寄与率：60%）大きな影響を受けることがわかった（有意水準5%）。主要因が「塗料の種類」の場合、有意差が認められたが、これまで述べてきたように、塗料の種類によって差が出るのは当然である。また、同データから「試験板×試料・見本品」及び「試験板×塗料」、「試料・見本品×塗料」の交互作用もそれぞれ認められた。すなわち、解析に供したデータの範囲では試験板の違いによる影響は無視できず、塗料の種類や各要因の交互作用によっても影響があることが分かった。但し、「試料・見本品」では影響は認められず、光沢保持率で検討しても差はないようであるが、試験板の種類や塗料の種類によっては差が出るという結果になった。JIS K 5660には光沢保持率の規格はなく、製品規格による判定基準「つやの変化の程度が見本品と比べて差がない」なので、判定には影響を及ぼさない。

表-9 JIS K 5660 屋外暴露試験後の「光沢保持率 (%)」試験結果

塗料の種類	I社品		II社品	
	試料	見本品	試料	見本品
1	98 (50-49)	104 (50-42)	59 (49-29)	80 (49-39)
2	118 (49-58)	104 (53-55)	48 (56-27)	46 (56-26)
3	62 (60-37)	51 (70-36)	39 (69-27)	32 (71-23)
4	109 (57-62)	105 (56-59)	40 (62-25)	44 (57-25)

*括弧内の数値は（試験前光沢値－試験後光沢値）を示す

5. まとめ

JIS K 5660、JIS K 5663ともにノンアスベスト板I社品・II社品のいずれを用いた場合も、屋外暴露試験後の試料と見本品でそれぞれ塗膜の外観及び白亜化の評価結果に差は認められなかった。また、本来品質規格ではないが今回解析したデータの範囲では屋外暴露試験後の色差（ ΔE^*ab ）および光沢保持率による表-6、表-8-1、表-8-2および表-10の分散分析結果においても、「試料・見本品」の試験結果への影響は認められなかった（有意水準5%）。また、色差（ ΔE^*ab ）、光沢保持率では、試験板の違いが結果に影響を及ぼす可能性が示唆されたが、JIS K 5660、5663いずれの規格も評価方法が試料と見本品の目視による直接比較であるため、現状の評価では影響はない。

今回の調査もふまえ、今後も試験板が屋外暴露試験後に及ぼす影響を考察・評価していく予定である。

表-10 分散分析結果

要因	観測された分散比	F境界値
試験板	1437.5	10.128*
試料・見本品	0.535	10.128
塗料の種類	210.4	9.277*
試験板×試・見	16.593	10.128*
試験板×塗料	88.360	9.277*
試・見×塗料	18.862	9.277*

*各要因の水準数は試験板；2（I社品・II社品）、試料・見本品；2、塗料の種類；4（No. 1～4）