

- 研究 - 市販防火塗料処理による合板の防火性能

布 村 昭 夫
伊 東 英 武
駒 沢 克 己

1. まえがき

防火処理によって木質材料の燃焼性を減少させる方法は一般に2つの方法がとられている。その1つは木材質に防火薬剤を浸透または反応させ、それ自体を難燃性にする方法であり、他の1つは木材の表面を適当

な不燃性物質で被覆する方法である。このうち防火塗料は後者に含まれるが、このうちには油脂、レジン、ラテックスまたは最近開発された自己消炎性の合成樹脂等をベースに防火薬剤を添加して、塗膜自体の燃焼性をなくしたものと、塗膜厚だけの防火性効果

を期待する非発泡性防火塗料と塗膜が火災にあるとその熱により海綿状に発泡して木材質の表面に火災および空気との遮断層をつくり、熱が下地の木質材料に伝導することを防ぎ木質材料の燃焼性を阻止する効果を与える所謂発泡性防火塗料とがある。

この防火塗料の性能試験法としては、このものが建築材料として使用される場合、必ず下地材に塗布して使用されることから、塗料自体の防火性能についての規格(JIS K 5661 建築用防火塗料)も JIS A 1301 建築物の木造部分の防火試験法に準じて行われることになっている。従って建築基準法の定める内装材料の防火制限についての JIS A 1321 試験法(内装材料の難燃試験法)とは直接的な関係はないがただ建築基準法の規定する防火戸用合板だけは上記 JIS A 1301の3級に合格することが定められている。現在 JIS A 1321に定める内装材料としての難燃材料に防火塗料のみを塗布した材料が認められていないのは、例えばボード類に塗布した場合下地ボードが無処理の可燃材料でも後述の試験結果で示すように発泡性塗料で十分な難燃性が付与されるが、これらが建築材料として実際に使用されるまでに亀裂剥離等を生じた場合防火性能を消失することが考えられ、難燃材料として認めること

が危険であることから防火塗料を塗布した場合は下地材もある程度難燃処理をしてあることが必要とされている。¹⁾

防火塗料自体の不透明塗膜によって空目等の生地を生かせない欠点があるため、おのずから使用範囲の制限はあるが、防火剤処理単独ではなかなか効果の出にくいインシュレーション・ボード、ハードボード等²⁾については、防火塗料を併用することによって一層防火効果をあげ得ることが考えられたので、今回の試験では無処理合板に防火塗料を塗布し JIS A1321の試験法によってその効果を検討することにした。

2. 供試材料

今回の試験に用いた防火塗料は第1表の通りである。

一般に発泡性防火塗料は尿素、チオ尿素、メラミンアルキル系等の合成樹脂に燐安、硼砂等を加えて加熱により塗膜が発泡して断熱層をつくり、木材への熱の伝導を防ぎその目的を達するものである。非発泡性防火塗料は燐安系、硼酸系、マグネシア系の防火薬剤を主剤に塗料としたもので、多くは水溶性であるが耐候性を増すために油性にしたものもある。

第1表 供試防火塗料一覧

	商 品 名	主 成 分	塗 布 量		処 理 工 法
			下 塗	上 塗	
発 泡 性	Pyromors-S	不 明	—	300 g/m ²	粉剤と液剤(保存期間1年)を使用時に混合48時間以内に使用
	プロトロン	不 明	—	1 kg/3×6 尺	ペースト、液剤混合後30分～1時間放置、8時間以上で硬化
	プロテックス # 1000	不 明	シーラー # 1000 オーバーレイ	7.5 m ² /ℓ/回 2 m ² /ℓ/3回 7.5 m ² /ℓ/回	刷毛塗にはシンナー 10～20 % スプレー塗には 50～80 % 添加
	タイネン 1号	フタル酸樹脂	0.12～0.14 kg/m ²	0.12～0.14 kg/m ²	シンナー 5～10 % 添加して刷毛塗
非 発 泡 性	ボークタイト	フタル酸樹脂	不 明		刷毛塗 スプレー塗にはシンナー 20～30 % 添加
	フレノーン	不 明	—	700 g/坪	刷毛又はスプレー塗
	ネオエリフ	有機性樹脂		4.5～5.5 m ² /kg	刷毛又はスプレー塗
	ネオライト	ビニールエマルジョン樹脂	# 400 1kg/5.6～6.6 m ²	# 900 1kg/5.6～6.7 m ²	5～10 % の水添加可能
	ダイヤ α # 5000	ビニール系合成樹脂	—	1kg/4.5～6.5 m ²	刷毛、ローラー、スプレー塗 10～15 % の水を添加
	ファイト No. 1	アルキッド系合成樹脂	—	1 kg/2～3 坪	刷毛塗シンナー 10～15 % スプレー塗 25～35 % 添加
	ファイト No. 2	ビニール系合成樹脂	—	1 kg/3 坪	刷毛塗、シンナー 10～30 % スプレー塗 50～100 % 添加
	タイカリット # 5	フタル酸樹脂	0.4～0.7 kg/坪 1 回	0.5～0.7 kg/坪 1～2 回	刷毛塗、上塗シンナー 10～12 % 添加下塗 5～10 % 添加
	ネッタイト	シリコーン樹脂	不 明		耐熱塗料

3. 予備試験

この試験に先立ち、塗布量とその効果をあらかじめ知るために発泡性塗料から2種、非発泡性塗料から2種選定して塗布量を3段階（メーカー仕様を中心にその倍量および半量）にとり5mm厚のシナ2類合板に刷毛塗装して加熱試験を行った。第2表がその加熱試験結果である。

この表から非発泡性塗料ではその量の変化に対応する効果の変化はみられなかったが、発泡性塗料ではメ

ーカー仕様で略々その効果が認められた。

4. 試験方法

予備試験から発泡性塗料はメーカーの仕様による塗布量、非発泡性塗料は30%程度増加した塗布量を5mm厚のシナ2類合板に刷毛塗りして30日以上気乾状態に乾燥したのちJIS A 1321による加熱試験を行った。なお塗布量は第3表加熱試験結果の表に併記した。

5. 試験結果

第2表 塗布量の相違によるJIS加熱性能

記号	塗布量 (g/30cm角)	表 面			裏 面		重量減少率 (%)	JIS による 判定
		着 炎 (分'秒")	残 炎 (分'秒")	残じん (分'秒")	炭 化 (分'秒")	温 度 (°C)		
発 泡 性	A 13 20 27	5'55"~6'07"	1'45"~1'57"	—	—	125~135	28.5~30.3	否
		—	—	—	—	105~120	10.8~12.1	合
		—	—	—	—	105~110	9.4~10.8	合
	B 下 7×3 上 5 下 20×3 上 15	5'43"~5'53"	1'37"~1'57"	—	7'00"~7'35"	135~140	39.2~43.6	否
		6'03"~6'10"	2'17"~2'20"	—	7'40"~8'00"	120~130	27.8~30.8	否
		—	—	—	—	—	—	—
非 発 泡 性	C 10 15 30	5'27"~5'45"	1'21"~1'35"	0'~0'49"	6'20"~6'50"	130~140	41.6~43.4	否
		5'33"~5'53"	0'50"~1'09"	0'~1'55"	7'00"~7'30"	120~140	36.0~38.0	否
		5'25"~5'48"	0'40"~1'30"	0'~2'40"	6'25"~7'45"	150~180	34.9~41.8	否
	D 5 15 30	5'28"~5'30"	0'50"~0'59"	—	7'10"~7'25"	125~135	38.6~40.7	否
		5'35"~5'43"	0'40"~1'08"	—	6'40"~7'20"	120~140	40.9~42.4	否
		5'24"~5'53"	0'46"~1'01"	0'~2'40"	7'30"~7'31"	125~140	30.7~34.5	否

第3表 JIS A 1321 による防火塗料塗布合板の加熱結果 (5.5mm厚)

記号	塗布量 g/30 cm 角	表 面				裏 面			重 量 減 少 率 (%)	JIS による 判 定
		フ ラ ッ シ ュ (分'秒")	着 炎 (分'秒")	残 炎 (分'秒")	残じん (分'秒")	炭 化 (分'秒")	着 炎 (分'秒")	温 度 (°C)		
発 泡 塗 料	A 27	—	—	—	—	—	—	105 110	9.6 9.4	合
	B 13.5×1 25×3 13.5×1	—	—	—	—	—	—	110 115	11.7 12.8	合
	C 55	—	—	—	—	—	—	105 100	12.1 11.6	合
	D 20×3 15×1	5'42" 5'46"	5'55" 5'48"	2'10" 1'53"	1'05" 0'17"	—	—	110 125	36.4 32.7	否
非 発 泡 性 塗 料	E 15×3	—	5'33" 5'15"	2'00" 1'40"	0'55" 1'55"	6'35" —	—	130 125	47.1 32.0	否
	F 15×3	5'50" 5'40"	5'53" 5'49"	1'15" 1'55"	—	—	—	110 125	32.9 34.7	否
	G 15×3 15×1	—	5'24" 5'13"	1'20" 1'00"	1'10" 2'30"	7'30" 6'45"	—	125 160	34.4 40.1	否
	H 15×3	—	5'25" 5'04"	0'58" 1'00"	2'32" 2'30"	7'20" 5'45"	—	140 125	36.2 41.9	否
	I 15×3 15×1	—	5'27" 6'27"	2'57" 1'35"	1'48" —	8'27" —	—	110 105	24.6 15.4	否
	J 20×1 10×2	—	5'40" 5'41"	1'00" 1'45"	—	7'30" 7'25"	—	140 135	37.4 38.9	否
	K 16.5×2	—	5'23" 5'19"	1'00" 1'30"	0'30" 2'00"	6'40" 6'30"	—	140 150	44.0 49.5	否
	L 15×1 20×1	—	5'17" 5'00"	— 0'49"	— 1'41"	6'30" 6'15"	— 6'35"	175 160	— 46.8	否
	M 15×2	—	6'23" 6'30"	1'18" 3'45"	—	—	—	105 105	26.9 23.8	否

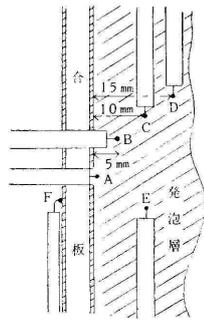
第3表は加熱試験結果である。

表から明らかなように、5 mm 厚の無処理合板に塗装して6分30秒の加熱に耐え得る防火性能を与えるものまたはその可能性のあるものは、発泡性の防火塗料だけであった。なおこれらの重量減少率は1.0%前後であり、非発泡性塗料に比較してかなり低い値を示した。

以上の如く発泡性塗料が極めて優れた防火性効果を示したので次の如く発泡体層内部の温度変化を測定してみた。

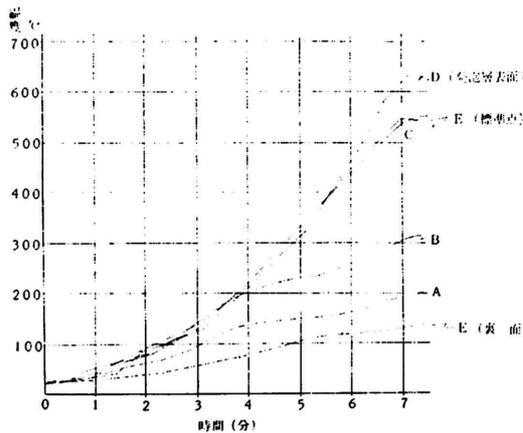
即ち第1図に示す如くあらかじめ発泡性塗料を塗

布した合板に熱電対を A ~ D 及び裏面温度測定用として F の5ヶ所に取付けて温度変化を記録させ、又これと別に合板表面より10mmの距離に(C点と同距離)E点を取付け温度指示計に接続しこの点を JIS A1321の加熱曲線に従わせて各点の温度変化を測定した。



第1図 熱電対測温点配置

発泡層内の各点における温度変化は第2図に示す通りである。

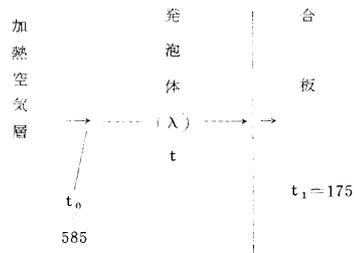


第2図 各点における発泡層内部温度変化

塗料が発泡し終る4分、200 までの各点の温度差は小さいが次第にその差を増し、加熱の終了する6分30秒 500 において(E点)D点(発泡層表面)では 585、B点(発泡層表面より10mm内部)では 290、さらに A 点(発泡層表面より15mm内部)では 175 を示すに過ぎなかった。

6. 考 察

発泡性防火塗料が非常に効果的であったのは、火災



に接することにより厚さ15mm程度の気泡層を生成して、これが断熱層となって木材の温度を着火点以下に抑制するためと考えることができる。これを固体の熱伝導率を求める際の Gray の式³⁾によって考察してみると

$$q = K \cdot \frac{t_0 - t_1}{l} A t$$

但し

q : 塗膜を透過する全熱量

t_0 : 加熱温度

t_1 : 木材の平均温度

A : 加熱される面積

t : 加熱時間

l : 塗膜厚

K : 塗膜の熱伝導率

ここで t, A, K, ($t_0 - t_1$) は、試験条件として一定とすることができるので、塗膜を通過する熱量 q は、塗膜厚 l を大にすれば小となることが明らかである。しかしながら通常 0.4 ~ 0.5mm の塗厚を塗布量の増加によって大にすることは限度がある。一方発泡した層の厚さは通常 10 ~ 15mm 程度であるので、非発泡性のものの約 20 ~ 30 倍の値となる。また一般に気体の K は固体のそれよりも極めて小であり、不燃性ガスを発生して生成した熱に安定な発泡層の K 値は固体の(非発泡性塗料の塗膜の) K よりかなり小である。プラスチックの熱伝導率 $K^{(4)(7)}$ は通常 0.4 ~ 0.7 kcal/mhr または 1.4 ~ 2.3 btu/ft²hr °F/in. であり、これらの発泡体では 0.03 ~ 0.04 kcal/mhr または 0.21 ~ 0.36 btu/ft²hr °F/in. であるので約 1/10 ~ 1/20 程度発泡体の K 値⁽⁶⁾⁽⁸⁾ は小さい、従って q の値としては、発泡性塗料の場合は非発泡性のものに比較して 200 ~ 600 分の 1 の熱量が、下地の木質材料へ透過するにすぎないため、これらの熱分解および着火現象を充分阻止することになる。熱の伝導する難易は熱伝導率によって定まるけれども、また一方温度の伝播する速さは熱伝導率の外にその物体の比熱 C 及び密度 に関係する⁹⁾。

今仮りに加熱によって発泡体が上昇する温度を求める。発泡体の熱伝導率を とすれば単位時間に発泡体に流入する熱量は t_0 であり、合板に伝達する熱量は t_1 となり、従って発泡体内に単位時間に残る

熱量は $(t_0 - t_1)$ となる。これから熱伝導率 λ 、密度 ρ 、比熱 C の 1m 立方体の発泡体が 1 時間に t_0 の加熱を受け上昇する平均温度 t は

$$C \cdot t = (t_0 - t_1)$$

$$t = \frac{(t_0 - t_1)}{C} \text{ となる。}$$

ここで $t_0 - t_1 = 400$, $\lambda = 0.03$, $C = 0.3$,
 $\rho = 20$ を代入すれば

$$t = 2$$

従って 1m 厚の発泡体の温度を 2℃ 上昇させるためには 1 時間を要することになり、これと比例的に考えると 10mm 厚の発泡体では 200℃ 上昇させるために 1 時間を要することになる。

ここで発泡体の熱伝導率は温度によって上昇し、実際に測定された尿素樹脂発泡体の値から実験式を導けば大略 $\lambda = 0.03 + 0.0002 t$ となる。

この式から 500℃ では常温のほぼ 6 倍となる。従って 10mm 厚の発泡体自体が 200℃ 上昇するためには 10 分を要すると計算される。

以上理論的には極めて粗雑な計算であるが、第 2 図に見られる如く発泡が完了したと思われる 4 分以降から急激に A 点の温度上昇が緩慢になった事実を裏付けてみた。

この場合、気泡が緻密であることはもちろん必要であるが、これら起泡能力、起泡比容積の他に、例えば泡の熱安定性、さらには燐酸系発泡塗料の如く加熱によってメタ燐酸に分解する際に発生するアンモニアガス、水蒸気が起泡と同時に燃焼阻止作用を示すから、起泡性能と防火性能は必ずしも比例しない¹⁰⁾。しかしながら非発泡性防火塗料といえどもその効果は全くないものではなく、単独では 6 分 30 秒までの着炎を阻止することはできないが、相当抑制する効果は認められるし、また火炎を取り去った後の残炎および残じんを抑制する効果も示すので、冒頭に述べた下地材の防火薬剤処理と併用するならば、非発泡性防火塗料でも木質材料の難燃化処理工法としては、その主たる目的を達することができると思われる。

防火塗料の長所として挙げるのできる点としては、防火剤に比べ比較的廉価（発泡性 400~450 円/kg、非発泡性 200~400 円/kg¹¹⁾）である程度防火効果をあげ得ること、特殊な処理装置が不要で高度

の処理技術を要しないこと、製品に処理できること、木材の強度を低下させないこと、吸湿等の欠点を補えること、必要に応じて使用量を容易に加減できることなどがあるが、反面材料の表面を着色被覆してしまい柵目等を失う欠点があり、また防火塗料のみによる難燃化処理方法は脱落亀裂が起きた場合または接目からの着炎等に問題を残す点から本質的な方法ではなく、むしろ難燃化処理した下地材料のさらに表面を強化する補助的手段として、例えば不十分な含浸防火処理をした場合に見られる残炎、残じんの抑制のために用いるなどがその使用法と考えられる。

7. 総括

発泡性および非発泡性の防火塗料 13 種についてその防火性能を確かめるため、合板に処理して JIS A 1321 によって試験したが発泡性防火塗料は極めて効果が高く下地材の着炎は見られなかった。非発泡性塗料は 500℃ の加熱に耐える防火性を下地材に与えることはできなかったが、内装材料としての防火処理工法としては、防火処理と併用することによって効果を現わすことが期待される。

今回の試験結果から、木質材料の難燃化に対する防火塗料の使用法として下地材料の処理との関連もあり早急にその方向を決めるわけには行かないが、塗料の難燃化性能からみて、今後は必要とする難燃材料の性能を補助する意味でその用途が生まれて来るものと思う。

今回の試験に際し、試供品を提供下さいましたメーカー各位に感謝致します。

文 献

- 1) 森本；日刊建設産業新聞（昭 37. 7）
- 2) 布村他；本誌 124 号（昭 27. 5）
- 3) 真島他 = 応用物理学実験 P. 117
- 4) 日本建築学会編；建設設計資料集（ ）P. 77
- 5) 帝人 K. K. 他；プラスチック技術資料
- 6) 日本建築学会編；建築学便覧 P. 52
- 9) 若松；保温材 P. 6
- 10) 桜井，泉 = 火災の研究（ ）P. 130
- 11) 建設物価調査会編；建設物価（昭 37）