

建築材料燃燒試驗機와 傾斜板 試驗器를 利用한*1 合板의 耐火度 測定比較

李弼宇*2, 權震憲*2

A Comparative Study on the Fire Retardancy*1 of Sealer Coated Plywood by BMCT and IPT

Phil Woo Lee · Jin Heon Kwon*2

Summary

This experiment was carried out to evaluate the results of fire retardancy of sealer coated plywood by Building material combustibility tester and Inclined panel tester. At this study, weight loss percentage, flame exhausted time, burning point and smoke yield coefficient were examined.

The findings of this study lead to conclusions as listed below.

1. It was obvious that weight loss percentage and flame exhausted time of Inclined panel tester had more remarkable tendency than those of Building material combustibility tester.
2. Burning point was determined by Inclined panel tester while smoke yield coefficient by Building material combustibility tester.
3. Weight loss percentage decreased remarkably with proportion to the increase of sealer coated amount during 5 minutes burning.
4. Flame exhausted time decreased with proportion to the increase of sealer coated amount during 3 minutes burning.
5. Burning point indicated increasing tendency with proportion to the increase of sealer coated amount.
6. Smoke yield coefficient of urea sealer showed definite inclination decreasing with the increase of sealer coated amount.

1. 緒 論

木質材料은 他材料에 비해 여러가지 優秀한 長點을 가지고 있으나 불에 依해 쉽게 燃燒하는 短點을 가지고 있다. 따라서 불의 위험이 隨伴되는 곳에 木質材料를 使用할 境遇에는 恒常 火災의 위험을 갖고 있으며 일단 불이 붙게 되면 莫大한 人命과 財産被害를 招來하게 되기 때문에 이에 對한 對策이 時急히 要請되고 있다.

近來에는 이러한 災難이 漸次 頻繁하게 일어나고 大型化함에 따라 이미 先進 各國에서는 建築物에 木質材料를 使用할 경우 耐火處理를 實施하여 使用하도록

義務化 傾向이 뚜렷하게 나타나고 있으며 특히 우리나라에서도 高層建築物의 可燃性 內裝材料에 對해서는 耐火處理를 義務의 으로 實施하도록 規定하게 되었다.

그동안 先進各國에서는 木質材料에 對한 耐火處理에 關하여 많은 研究가 進行되어 왔으며 이와같은 結果를 바탕으로 그 對備策을 마련하고 있다.

國內에서는 이 方面의 研究가 著者等에 依해서 短片的으로 遂行되어 왔으며 겨우 初步의 一段階를 벗어나지 못하고 있어 앞으로 많은 研究가 시도되어야 할 것이다.

本研究에서는 合板의 表面에 難燃樹脂 sealer를 塗

*1. Received for publication on July 28, 1982

*2. 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University

布한 다음 그 耐火性を 測定함에 있어서 Building material combustibility tester (BMCT)와 Inclined panel tester (IPT)를 利用하여 耐火度を 測定하고 그 結果를 比較檢討 하고져 實施하였다.

2. 研究史

合板의 耐火性에 關하여 研究되어온 몇 가지 研究를 紹介하면 다음과 같다.

Drubel 및 Rupprecht (1960)는 monoammonium phosphate, dicyandiamide 및 pentaerythritol 을 利用 合成樹脂를 만들어 木材表面에 處理한 것이 燃焼를 遲延시킴을 發表한바 있다. 其後 Juneja (1972)는 尿素, 메라민難燃樹脂로 處理한 木材 耐火效果를 報告한바 있으며 Dolenko와 Clarke (1973)는 尿素, 磷酸, 포르말린 및 dicyandiamide 를 使用하여 難燃 sealer 를 만들어 潤葉樹合板에 適用可能함을 報告하였다. 또 King과 Juneja (1974)는 메라민, 포르말린, dicyandiamide 磷酸을 利用한 耐火樹脂를 研究한바 있으며 Juneja와 Richardson (1974)은 各成分의 濃比率를 달리한 尿素難燃樹脂 sealer 의 安定性, 固形分量과 粘度와의 關係, 粘度에 對한 pot life 影響等을 調査한바 있다.

其後 Shen과 Fung (1975)은 熱壓에 依하여 液狀 ammonium polyphosphate 를 合板表面에 處理하였을때 引火性이 顯著하게 減少함을 報告한바 있으며 Chen (1975)은 pyresote 處理單板의 表面에 接着하기 前에 sodium hydroxide alcohol 溶液을 處理함으로써 接着效果를 改善할 수 있음을 報告하였다.

國內에서는 襄映壽·李弼宇 (1978)가 암모늄염 및 磷酸耐火處理合板의 物理的 性質과 耐火度에 關하여 研究한바 있으며 金柱烈·李弼宇 (1979)가 表面塗布法에 依한 合板의 耐火度에 關하여 研究하였다.

3. 材料 및 方法

3.1. 材料

○ 單板 및 合板 : 두께 2.0 mm, 氣乾比重 0.477 인 red meranti 單板을 尿素樹脂接着劑로 合板을 製造하였다.

○ Top-coating 用 尿素-메라민共縮合樹脂 : 포르말린, 尿素, 메라민의 濃比率를 12:3:1로 合成한 樹脂를 利用하여 合成하였다.

○ 尿素 및 메라민難燃樹脂 sealer : Table 1의 藥劑構成比率에 따라서 李弼宇等 (1980)의 方式에 依해

製造하였다.

Table 1. Composition of fire-retardant sealers

Constituent	Molar ratio	
	Urea	Melamine
Formaldehyde	12	14
Dicyandiamide	1	2
Urea	3	—
Melamine	—	0.5
o-Phosphoric acid	4	4
Water	—	135 ml

3.2. 方法

○ 合板의 表面塗布處理 : 李弼宇等 (1980)의 方法에 依하여 難燃樹脂處理後 top-coating 을 실시하였는데 5, 10, 및 20 g씩 處理하였다.

○ 耐火試驗 : Inclined panel tester (IPT)를 利用하여 1, 3, 5分間 加熱하여 測定하였으며 調査項目은 着火時間, 殘炎時間, 重量減少率等이었는데 重量減少率은 다음 公式를 利用하여 計算하였다.

重量減少率

$$W_1(\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_2} \times 100$$

$W_1(\%)$: 重量減少率

W_2 : 燃焼前 重量

W_3 : 燃焼後 重量

그리고 Building material combustibility tester (BMCT)는 6分을 加熱하여 測定하였는데 調査項目은 重量減少率, 發煙係數等이었으며 다음式을 利用하여 計算하였다.

重量減少率

$$W(\%) = \frac{B_w - A_w}{A_w} \times 100$$

$W(\%)$: 重量減少率

B_w : 耐火度測定前重量

A_w : 耐火度測定後重量

發煙係數

$$C_A = 240 \log_{10} \frac{I_o}{I}$$

I : 加熱試驗開始때의 빛의 세기 (lux)

I_o : 加熱試驗中の 빛의 세기의 最低值 (lux)

4. 結果 및 考察

4.1. 重量減少率

IPT와 BMCT를 利用하여 測定한 重量減少率을 表示하면 Fig. 1 및 2와 같다. Fig. 1은 urea sealer의 重量減少率 測定值이며 Fig. 2는 melamine sealer의 重量減少率 測定值이다.

먼저 urea sealer의 重量減少率을 보면 IPT의 경

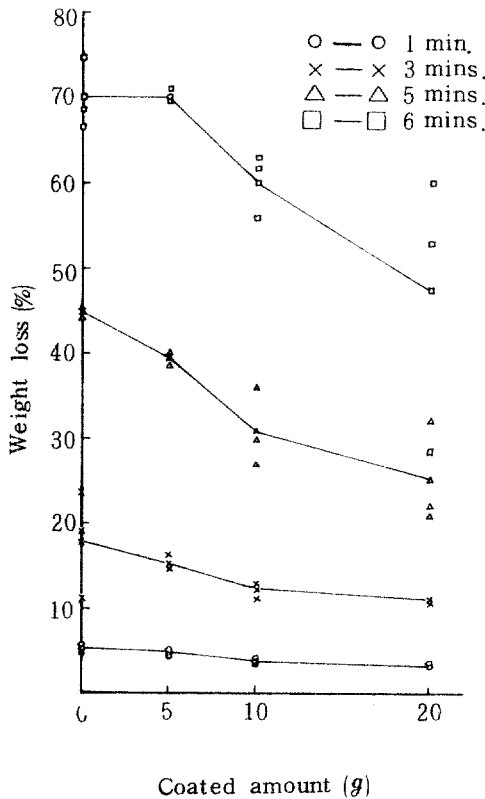


Fig. 1 Weight loss curves of urea sealer

우 1분을 加熱하였을때 Fig.1에서 보는바와 같이 塗布處理를 하지않은 control과 塗布處理를 各 5, 10, 20g씩한 合板間에는 큰 差異를 나타내고 있지 않다. 이러한 結果는 加熱時間이 充分하지 않기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 3분으로 加熱時間을 延長하였을때 Fig. 1에서와 같이 1分加熱보다 control, 5, 10g 塗布한 合板間에는 약간의 差異를 나타내고 있으나 10과 20g 塗布한 合板間에는 1分加熱하였을때와 비슷한 傾向을 나타내고 있다. 이와같이 1分加熱하였을때와 비슷한 傾向을 나타내고 있는 10과 20g 塗布한 合板의 重量減少率 結果도 充分한 加熱時間을 주지 않았기 때문에 나타난 것으로 생각된다. 또 5分간의 加熱에서는 control, 5, 10, 20g 處理間에 各 各 顯저한 差異를 나타내고 있음을 알수 있었다.

다음에 BMCT를 利用한 경우는 一律적으로 모두 6분을 加熱하였는데 그 結果는 Fig.1에 表示되어 있는바와 같다. Fig.1에서 보는 바와같이 5, 10, 20g 塗布處理間에는 顯저한 差異를 나타내고 있으나 control과 5g 塗布間에는 差異를 나타내지 않았다. 이러한 傾向은 加熱時間이 너무 길기 때문에 塗布處理를 많이한 경우는 差異를 나타내었으나 塗布處理를

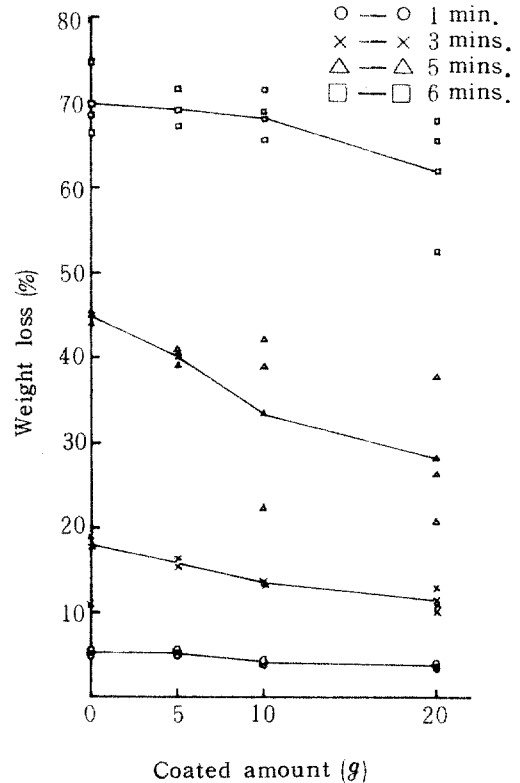


Fig. 2 Weight loss curves of melamine sealer.

적계한 경우에는 差異를 나타내지 않고 있다는 것을 보여주고 있다. 따라서 IPT의 경우는 加熱時間을 알맞게 適用하여 必要한 資料를 얻을수 있으나 BMCT는 규격에 加熱時間最下가 6분으로 되어있어 難燃處理를 적계한 경우는 測定할수 없는 단점이 있음을 알수가 있다. 그러므로 BMCT의 규격을 재조정하여 精確한 結果를 얻을수 있게 하는것이 바람직 하리라 사료된다.

한便 melamine sealer의 重量減少率을 보면 IPT의 경우 1分加熱에서 Fig.2와 같이 各 處理間에 큰 差異를 나타내고 있지 않은데 이러한 結果는 urea sealer의 結果와 같은 傾向을 보여주고 있다. 3分加熱에서는 control, 5, 10g 處理間에 약간의 差異를 나타내고 있으나 10과 20g 處理間에는 1分加熱과 비슷한 傾向을 나타내고 있다. 5分加熱에서는 urea sealer의 경우와 같이 各 處理間에 顯저한 差異를 나타내었다.

또 BMCT로 測定한 結果는 Fig.2와 같다. Fig.2에서 control 및 5, 10g 處理間에는 差異를 별로 나타내지 않았으나 10과 20g 處理間에는 다소의 差異를 나타내고 있다. 이러한 傾向은 역시 urea se-

aler 와 같이 加熱時間을 지나치게 준 結果라고 생각 된다.

前述한바와 같이 考察한 結果를 要約하면 urea sealer 나 melamine sealer 處理에 있어서 IPT의 경우 5分間 加熱하였을때 塗布量間에 모두 差異를 나타내었으며 塗布處理量이 增加함에 따라 重量減少率은 減少하는 경향이 뚜렷함을 알수 있었다.

Fig. 1 과 2에 있는 urea sealer 및 melamine sealer의 處理量에 對한 重量減少率結果를 가지고 regression을 求해 보았는데 1分加熱하였을때의 回歸 방정식은 $y = -0.093x + 5.3$, 3分加熱하였을때는 $y = -0.331x + 17.35$, 5分加熱하였을때는 $y = -0.918x + 44.12$, 그리고 6分加熱하였을때는 $y = -0.805x + 71.84$ 였다. 모든 回歸방정식은 1%以上の 高度의 有意性을 나타내고 있으며 IPT에서 5分加熱한 回歸방정식의 기울기가 제일 크게 나타나고 있으므로 그 差異가 큰 것임을 알수가 있다.

以上 討議內容을 統計的으로 分散分析한 結果는 Table 2와 같다. 分析에 依하면 urea sealer 와 melamine sealer 間에는 有意의인 差異가 없었다. 따라서 sealer의 種類는 重量減少率에 영향을 주지 않는 것으로 생각된다. 反面에 處理量間에는 모두 有意性을 나타내고 있다. 즉 塗布量은 0, 5, 10, 20 g 處理함에 따라서 重量減少率間에는 상당한 差異를 나타내고 있음을 알 수가 있다. 그러나 樹脂와 處理量 상호작용間에는 有意的인 差異가 없었다.

Table 2. Frattios among weight loss percentages by burning time

Factor	Burning time			
	1 min.	3 min.	5 min.	6 min.
Resin sealer (A)	6.290	7.016	1.486	7.911
Coated amount (B)	59.739**	4.434*	11.096**	8.411**
(A) × (B)	0.726	0.047	0.127	2.260

** Significance at 1% level

* Significance at 5% level

4. 2. 殘炎時間

塗布處理別 殘炎時間의 結果는 Table 3과 같다. 먼저 IPT에서 1分加熱의 경우 urea sealer는 塗布處理量이 增加함에 따라 殘炎時間은 적게 나타났다. 그러나 melamine sealer는 일관성 있는 경향을 나타내지 않았다. 3分을 加熱하였을때 비로소 두 se-

Table 3. Flame exhausted time of urea and melamine sealer.

Resin sealer	Burning time (min.)	Coated quantity (g)	Replication			
			1	2	3	Mean
Urea sealer	1	0	60	60	60	60
	1	5	0	60	0	20
	1	10	60	0	0	20
	1	20	0	0	0	0
Melamine sealer	1	0	60	60	60	60
	1	5	180	60	180	140
	1	10	0	0	0	0
	1	20	60	0	0	20
Urea sealer	3	0	24	145	169	79
	3	5	35	43	46	41
	3	10	39	1	41	27
	3	20	0	41	41	27
Melamine sealer	3	0	24	145	169	79
	3	5	37	60	41	46
	3	10	61	40	38	46
	3	20	48	0	0	16
Urea sealer	5	0	148	165	185	166
	5	5	118	133	88	113
	5	10	188	160	249	199
	5	20	195	97	96	129
Melamine sealer	5	0	148	165	185	166
	5	5	90	90	295	158
	5	10	290	20	100	137
	5	20	40	190	225	152
Urea sealer	6	0	130	135	125	130
	6	5	180	175	170	175
	6	10	190	300	300	263
	6	20	123	285	241	216
Melamine sealer	6	0	130	135	125	130
	6	5	214	200	178	197
	6	10	186	308	275	256
	6	20	210	221	254	228

aler가 모두 一定한 경향을 나타내고 있다. 즉 塗布處理를 적게한 것은 殘炎時間이 적은 結果를 보여 주었다. 5分을 加熱하였을때는 3分加熱과는 달리 urea sealer 및 melamine sealer 모두 一定한 경향이 없었다.

다음에는 BMCT를 利用하여 6分을 加熱한 結果를 보면 IPT에서 5分 加熱때와 마찬가지로 一定

한 경향을 나타내고 있지 않다.

以上的 結果를 종합하여 보면 IPT에서 3분의 短時間 加熱에서만 一定한 경향을 나타내었으며 그 以外는 모두 일관성이 없음을 보여 주고 있다. 따라서 殘炭時間에 의한 耐火性의 判斷은 3分間을 燃燒시킨 IPT가 매우 效果의 임을 알 수 있었다.

4. 3. 着炎時間

塗布處理量에 따른 着炎時間의 結果는 Table 4 와 같다. 着炎時間은 BMCT로는 測定할 수가 없었고 IPT로만 測定할 수가 있었다. 1分加熱한 경우 Table 4에서 보는 바와같이 urea 및 melamine sealer 모두 一定한 경향을 나타내고 있다. 즉 處理量이 增加함에 따라서 着炎時間은 지연됨을 알 수가 있

Table 4. Burning point of urea and melamine sealer

Resin sealer	Burning time (min.)	Coated quantity(g)	Replication			
			1	2	3	Mean
Urea sealer	1	0	21	6	13	13
	1	5	27	28	27	27
	1	10	50	60	60	56
	1	20	60	60	60	60
Melamine sealer	1	0	21	6	13	13
	1	5	30	35	27	30
	1	10	58	60	56	58
	1	20	60	60	60	60
Urea sealer	3	0	21	6	13	13
	3	5	68	65	72	68
	3	10	83	100	90	91
	3	20	134	141	133	136
Melamine sealer	3	0	21	6	13	13
	3	5	67	68	77	70
	3	10	114	86	86	95
	3	20	120	165	165	150
Urea sealer	5	0	21	6	13	13
	5	5	35	38	33	35
	5	10	62	135	120	105
	5	20	116	152	118	129
Melamine sealer	5	0	21	6	13	13
	5	5	23	15	53	17
	5	10	95	113	95	101
	5	20	120	130	150	133

다. 그러나 20 g 處理에서는 urea 및 melamine sealer 모두 着炎時間이 60 초로 나타나 加熱時間이 부족함을 알 수가 있다. 3, 5分加熱의 경우도 一定한 경향을 나타내고 있다. 즉 處理量이 增加함에 따라서 着炎時間은 지연됨을 알 수가 있다. 그러나 1分加熱과는 달리 測定加熱時間은 충분함을 알 수가 있다.

以上的 結果를 要約하면 測定加熱時間은 1分以上이 적당하며 處理量이 增加함에 따라 着炎時間은 지연됨을 알 수가 있다.

4. 4. 發煙係數

塗布處理量에 따른 發煙係數의 結果는 Table 5 와 같다. 發煙係數는 IPT로는 測定할 수가 없었고 BMCT로만 測定할 수가 있었다. Table 5에서와 같이 urea sealer의 경우 無處理의 發煙係數는 82였으며 處理量이 增加함에 따라서 發煙係數는 점점 減少하는 경향을 나타내었다. melamine sealer의 경우는 5 g 處理의 發煙係數가 99로 無處理 82 보다 높은 값을 나타내었으며, 10, 20 g 處理에서도 urea sealer와는 다른 경향을 나타내었다.

以上的 結果를 要約하면 urea sealer의 경우에 發煙係數는 處理量이 增加함에 따라서 減少하는 경향을 나타내고 있다.

Table 5. Smoke yield coefficient of urea and melamine sealer

Resin sealer	Coated quantity (g)	Replication			
		1	2	3	Mean
Urea sealer	0	78	99	70	82
	5	30	51	61	47
	10	36	45	42	41
	20	12	48	30	30
Melamine sealer	0	78	99	70	82
	5	108	117	72	99
	10	57	48	30	45
	20	30	54	57	47

5. 結 論

以上과 같이 BMCT와 IPT를 利用하여 測定한 重量減少率, 殘炭時間, 着炎時間, 發煙係數를 比較檢討하여 結論을 지으면 다음과 같다.

1. 重量減少率과 殘炭時間은 BMCT 보다는 IPT

의 結果에서 더 뚜렷한 경향을 알 수가 있었다.

2. 着炎時間은 IPT로 測定할 수 있으며 發煙係數는 BMCT로 測定할 수가 있었다.

3. 重量減少率은 塗布處理量의 增加함에 따라서 減少하는 경향을 나타내고 있으며 5分加熱에서 그 경향이 가장 현저 하였다.

4. 殘炎時間은 3分加熱時만 塗布處理量이 增加함에 따라 減少하는 경향을 나타내고 있다.

5. 着炎時間은 塗布處理量이 增加함에 따라 增加하는 경향을 나타내었다.

6. 發煙係數는 urea sealer에서 塗布量이 增加함에 따라 減少하는 一定한 경향을 나타내었다.

參 考 文 獻

1. Chen, C.M. (1975): Gluing study of pyresote-treated fire-retardant plywood. Part I, Fore. Prod. J. 25 (2): 33-37.
2. Dolenko, A.J. and M.R. Clarke (1973): Fire retardant prefinished plywood, Fore. Prod. J. 23 (10): 22-27.
3. Drubel, R.B. and Rupprecht, W.E.F. (1960): Latex fire retardant intumescent coatings. Fore. Prod. J. 10 (3): 152-155.
4. Juneja, S.C. (1972): Stable and leach-resistant fire retardants for wood, Fore. Prod. J. 22 (6): 17-23.
5. Juneja, S.C. and L.R. Richardson (1974): Versatile fire retardants from amino-resins. fore. Prod. J. 24 (5): 19-23.
6. King, F.W. and S.C. Juneja (1974): A new fire-retardant treatment for western red cedar shingles. Fore. Prod. J. 24 (2): 18-23.
7. Shen, K.C. and D.P.C. Fung (1975): New method for improving fire retardancy of plywood. Fore. Prod. J. 25 (4): 36-38.
8. 裴映壽·李弼宇(1978): 암모늄鹽 및 磷酸耐火處理 合板의 物理的 性質과 耐火度에 關한 研究. 서울大 農學研究 3(2): 76-89
9. 金柱烈·李弼宇(1979): 表面塗布法에 依한 合板의 耐火處理에 關한 研究. 林産加工(3): 20-26
10. 李弼宇·鄭希錫(1980): 木材와 合板의 耐火處理에 關한 研究. 서울大 演習林報告(16): 17-46