

湿式法による厚物中比重ファイバーボードの製造

西川 介 二 松 本 章
新 納 守*

1. はじめに

ハードボードの需要分野は、建築用、自動車内装下地用、家具・建具用、電気機器用、包装用、造船・車輛用など多岐にわたっているが、その生産量は大幅な輸出増に伴う自動車産業への需要が伸びているものの、相対的にはほぼ横ばいであり、ボード類の新たな用途開発が叫ばれている。

この様な情勢の中で最近、厚物中比重ボードが注目されており、これはボード本来の持つ、表面性、加工性、しゃ音、断熱性等における特長を生かした材料として、内装材、弱電キャビネット材、家具部材、あるいは枠組壁工法における壁、床、屋根の下地材にその用途が向けられている。

厚物ボードを製造する場合、乾式法によるのが一般的に有利とされているが、既存の湿式プロセスを利用して、これを製造することも、設備投資の軽減、製品ボードの表面性、寸法安定性の面から、それなりの利点があるように思われる。

そこで、ラワンのアスプルンドパルプを用いて、厚さ12mm、比重0.7前後のボードを実験室規模で製造し、その際の製造条件とボード材質の関係について検討を加えた。なお、この報告は第28回日本木材学会大会(1978年4月、名古屋)において発表した。

2. 実験方法

この実験は、二つの部分からなっており、まず、基準条件を把握するために製造要因のうち、フェノール樹脂の種類(P, PR, Exp, HD)、樹脂添加率(0, 0.5, 1, 2, 4, 8%)、熱圧成型温度(170, 190, 210, 250, 290)、成型圧力(15, 30kg/cm²)、成型時間(10, 15, 20, 30分)、ボードに対す

る後処理としての熱風処理(テンパー)条件(150, 170 : 1, 2, 3時間)のボード材質への影響について調べ、次いで前記実験結果を考慮して、パルプフリーネス(16, 27秒)、ボード比重(0.71, 0.73)、フェノール樹脂の製造ロットの違い(No.30, 50)、樹脂添加率(4, 8%)、ウェットマット水分(50, 65%)、テンパー(150 - 2時間;の有無)の要因と水準を設定してL16(215)の直交表に割付けて、各要因のボードの特性値に及ぼす寄与の割合を検討した。

ボードの製造方法は、ほぼ常法に従った。供試パルプはラワンのアスプルンドパルプ(11kg/cm² - 3.5分蒸煮)を用い、また、ボードの厚さを調整するために熱圧時ディスタンスバーを使用した。

ボード材質はJIS A 5908 - 1977パーティクルボード及び日本繊維板工業会 - 下地用パーティクルボード - 1978のそれぞれ新規格に準拠した。

3. 実験結果

3.1 基準条件の検討

3.1.1 フェノール樹脂種類の影響

供試フェノール樹脂の性状を第1表に示した。PIは通常の湿式ハードボード用樹脂、PRIはPよりも縮合度の高い樹脂、Expは試作した高モル比の樹脂、HD

第1表 フェノール樹脂の性状

項 目	P	PR	Exp	HD
比 重 (25°C)	1.164	1.166		1.15
pH	11.5	11.5	11.5	10.3
粘 度 (P/25°C)	1.65	1.6	1.25	0.25
ゲル化時間 (min/135°C)	11	12		
不揮発分 (%)	40	40	40	41
遊離フェノール (%)	1.3	0.6		
遊離ホルムアルデヒド (%)	0.47			
平均分子量 数平均	608	1008		
重量平均	1233	1813		
沈殿量 Al ₂ (SO ₄) ₃ (%)	71.2	93.7		
(pH4.5) H ₂ SO ₄ (%)	58.3	78.1		

第2表 フェノール樹脂種類とボード材質との関係

特性値	樹脂種類	比重	曲げ強さ	形質商	ヤング係数	はく離強さ	木ねじ保持力	吸水率	厚さ膨張率
			(kgf/cm ²)		(10 ⁸ kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)			
	P	0.719	242	338	24.0	8.8	46.5	14.4	7.8
	PR	0.726	296	408	26.6	10.5	52.9	13.2	6.3
	Exp	0.723	214	296	22.0	8.8	42.1	14.8	8.0
	HD	0.702	245	349	21.6	7.5	37.4	13.2	6.6

注) パルプ仕込量及びデスタンスバーは一定、パラフィンエマルジョン 0.3%添加

は変性フェノール樹脂で通常フェノール樹脂と異なり、熱圧条件をユリア樹脂やメラミン樹脂に出来るだけ近づけるよう工夫した樹脂である。比重はいずれも1.15~1.17の範囲にある。PH及び粘度はHDが若干低い以外は同程度である。遊離フェノールと平均分子量及び沈殿量はPとPRについてのみであるが、PRは遊離フェノールが少なく、分子量が高く、また、沈殿量が多くなっている。なお、Exp、HDについては、サンプル量が少なく分子量の測定は行わなかった。

第2表に上記4種のフェノール樹脂を用いて、添加率8%として、190 - 15分、テンパー150 - 2時間の条件によって得られたボードの材質を示した。これによると比重はHDが若干低く0.70で、その他の3種は0.72を示した。曲げの強さはいずれも下地パーティクルボード業界規格及びJIS 200タイプパーティクルボードに合格する値(180kgf/cm²以上)を示し、特に縮合型のPRが高くなっている。曲げヤング係数は曲げ強さと同様にPRが最も高く両規格に合格する。しかしほかの3種では25 x 103kgf/cm²以下ではJISに

合格するが、200レベルには至っていない。はく離強さと木ねじ保持力についても、曲げ性能と類似した傾向を示し、両者とも、PRで最も高く、P、Exp、HDの順であった。なお、はく離強さはすべて7kgf/cm²以上を示してJIS 200に合格するが、木ねじ保持力の場合JIS 200に適合するのはPRのみである。吸水率はすべて15%以下を示し、JIS硬質繊維板のT450タイプに、また、吸水厚さ膨張率も8%以下で、JIS 200タイプ及び下地用パーティクルボード規格に合格する。

以上の結果から、PRがすべての材質で優れていることが分かったが、これはPRが通常のハードボード用樹脂より、若干縮合度が高く、樹脂の定着歩止まりも高いことに起因していると思われる。他の3種類については大差ないようである。

3.1.2 樹脂添加率の影響

先に成績の良かったPR樹脂を用いて、添加率0.5、1、2、4、8%について調べた結果を第3表に示す。この結果では各特性値は樹脂添加率0.5%で急激に向上し、以降添加率の増加に伴って漸増する傾向を

第3表 フェノール樹脂添加率と瀧水性及びボード材質との関係

特性値	樹脂添加率 (%)	フリーネス	比重	曲げ強さ	形質商	煮沸曲げ強さ	ヤング係数	はく離強さ
		(S)		(kgf/cm ²)		(kgf/cm ²)		(10 ⁸ kgf/cm ²)
	0	55.9	0.696	131	188	49	17.4	1.1
			(0.698)	(108)	(155)	(13)	(15.9)	(0.9)
	0.5	55.7	0.732	265	362	129	23.3	6.3
			(0.738)	(204)	(276)	(76)	(20.9)	(4.8)
	1.0	55.7	0.747	297	398	124	23.9	6.7
			(0.743)	(218)	(293)	(91)	(22.1)	(5.4)
	2.0	55.8	0.736	275	374	139	22.7	6.3
			(0.743)	(212)	(285)	(98)	(22.1)	(5.3)
	4.0	56.0	0.743	324	436	165	27.5	8.2
			(0.751)	(247)	(329)	(118)	(24.5)	(6.0)
	8.0	78.0	0.736	356	484	171	28.9	11.5
			(0.746)	(263)	(352)	(123)	(25.7)	(7.8)

注) ()はテンパーなし、フリーネスは絶乾パルプ 283g、パルプ濃度 2.7%のとき、樹脂添加率0%はパラフィンエマ

第4表 熱圧温度とボード材質との関係

特性値	熱圧温度 (°C)	含水率	比重	曲げ強さ	形質商	はく離強さ	木ねじ保持力	吸水率	厚さ膨張率
		(%)		(kgf/cm ²)		(kgf/cm ²)	(kgf)	(%)	(%)
	170	21.2	0.739	307	415	11.0	50.0	16.2	7.5
	190	18.5	0.738	322	436	11.0	50.2	14.2	6.7
	210	14.0	0.719	308	428	10.8	44.5	13.6	6.4
	250	7.1	0.725	284	392	10.8	41.1	14.0	6.5
	290	1.6	0.734	261	356	11.2	36.0	13.3	5.7

注) 含水率は熱圧後の仕上りボード含水率

示す。各特性値について、規格との関係を概括すると、まずフリーネスは4%添加までは差異はなく、8%で若干高い数値を示したが特に支障はなかった。次に曲げ強さ、煮沸曲げ強さ、はく離強さについてみると、0.5%添加することにより、いずれも下地用パーティクルボード及びJIS 200 タイプに合格する。しかし、曲げヤング係数の場合には JIS 200の参考値ないし下地用パーティクルボード業界規格に適合するためには、比重0.73程度では4%以上添加する必要がある。釘引き抜き抵抗、釘側面抵抗、吸水厚さ膨張率については曲げ強さ、はく離強さと同様にテンパーを行って0.5%添加すればよいが、木ねじ保持力の場合、比重0.74でJIS 200 に合格するためには8%の添加が必要である。

以上の結果からJIS 150 タイプに合格するためにはテンパーを行って0.5%添加すればよいことになるが、下地用パーティクルボード業界規格及びJIS 200 に合格するためには曲げヤング係数と木ねじ保持力の増加傾向が小さいことから4%（下地用）ないし8%

（JIS : 200）の添加が必要であろう。

3.1.3 熱圧成型温度の影響

熱圧温度170, 190, 210, 250, 290 について熱圧時間15分間として調べた結果を第4表に示した。曲げ強さについては、190 で最も高く、それ以上の温度では熱劣化の影響を受けて逆に低下する。はく離強さは温度の影響はあまり認められない。木ねじ保持力は高温になるに伴って低下する。吸水率、吸水厚さ膨張率については、高温ほど改善される傾向にある。

3.1.4 熱圧時間の影響

熱圧温度190 で10, 15, 20, 30分の範囲で調べた結果を第5表に示すように各特性値は熱圧時間の長いほど向上する傾向にあるが、10分でも木ねじ保持力以外はすべてJIS 200 タイプに合格する。ここで表に示した仕上がりボードの含水率についてみると、熱圧時間10~15分の時の含水率は29~19%程度であるが、ボードには何ら欠陥がみられないことから、ハードボード製造時のようにボード含水率を低くする必要がなく、したがって、熱圧時間が短縮され、生産効率も高くなり、製品コストにも好結果をもたらすと思われる。

なお、熱圧成型圧力については表示していないが、190, 210 で15, 30kg/cm²について検討した結果では、30kg/cm²でわずかながら高い値を示したものの、成型圧力の影響はほとんどみられなかった。

3.1.5 テンパー温度と時間の影響

テンパー温度150, 170 及び時間1, 2, 3 時間の条件についての結果を第6表に示した。曲げ強さはJIS 200 タイプにすべて合格するが、170 - 2時間以上になると熱劣化する傾向にあ

木ねじ保持力	釘引抜き抵抗	釘側面抵抗	吸水率	厚さ膨張率
(kgf)	(kgf/cm)	(kgf/cm)	(%)	(%)
24.5	29.4	97.0	87.5	19.6
(23.0)	(16.9)	(89.8)	(91.8)	(25.9)
41.2	34.1	142.4	43.8	9.8
(37.3)	(21.8)	(121.6)	(42.2)	(15.6)
46.7	34.0	146.6	42.3	9.6
(42.4)	(26.6)	(125.8)	(41.1)	(14.3)
46.0	36.4	143.8	36.6	9.1
(41.5)	(26.6)	(122.2)	(40.8)	(13.9)
48.1	41.0	151.2	19.7	6.9
(44.5)	(27.8)	(139.4)	(35.4)	(13.5)
51.3	40.0	158.4	14.7	5.6
(45.2)	(30.1)	(137.4)	(26.6)	(12.1)

ルジオンも無添加、その他は0.5%添加

第5表 熱圧時間とボード材質との関係

特性値		含水率 (%)	比重	曲げ強さ (kgf/cm ²)	形質商	ヤング係数 (10kgf/cm ²)	はく離強さ (kgf/cm ²)	木ねじ保持力 (kgf)	吸水率 (%)	厚さ膨張率 (%)
熱 圧 時 間 (min)	10	29.4 (20.2)	0.737 (0.726)	307 (318)	417 (438)	26.9 (28.6)	11.2 (11.0)	48.9 (47.8)	14.3 (13.9)	5.9 (5.3)
	15	18.5	0.736	325	442	28.2	11.0	50.6	13.9	5.7
	20	7.3	0.735	342	465	30.0	11.2	52.0	13.6	5.7
	30	1.2	0.715	339	474	29.2	11.5	53.6	13.6	5.6

注) ()は250°C,含水率は第4表と同じ

第6表 テンパー温度及び時間とボード材質との関係

特性値		比重	曲げ強さ (kgf/cm ²)	形質商	ヤング係数 (10 ⁸ kgf/cm ²)	はく離強さ (kgf/cm ²)	木ねじ保持力 (kgf)	吸水率 (%)	厚さ膨張率 (%)
処 理 時 間 (h)	0	0.746	304	408	27.6	9.6	45.4	41.0	12.4
	1	0.734 (0.732)	310 (314)	422 (429)	29.3 (28.6)	10.6 (12.1)	49.3 (49.6)	28.9 (14.6)	11.1 (7.6)
	2	0.738 (0.731)	308 (294)	417 (402)	28.6 (28.8)	11.4 (12.1)	50.2 (52.3)	15.5 (13.8)	7.9 (6.7)
	3	0.730 (0.732)	306 (268)	419 (366)	28.6 (30.4)	11.8 (11.7)	52.2 (51.4)	14.2 (13.3)	7.1 (6.0)

注) ()は170°C。

る。曲げヤング係数, はく離強さはどの条件も十分 JIS 200 タイプに合格する。木ねじ保持力は JIS 200 での 50kgf を得るためには 150 - 2時間処理が必要である。吸水率, 吸水厚さ膨張率については 150 - 1時間でも十分である。

以上の基準条件を見いだす試験から, 厚物中比重ボードの製造条件として, フェノール樹脂は縮合度及び沈殿量の高いタイプ, 熱圧条件は 190 - 30kg/cm² - 15分間, テンパー条件は 150 - 2時間が標準的条件と判断された。

3.2 製造要因のボード材質への寄与

前項の結果をふまえ, パルプフリーネス, ボード比重, 樹脂ロット, 樹脂添加率, ウェットマット水分, 及びテンパーの有無の各要因について, L₁₆(2¹⁵) の直交表を用いて, より詳細な適性条件を検討した結果について記述する。各特性値における要因, 水準別の母平均推定値及び判定と寄与率を一括して第7表に掲げた。表中で, フリーネス16秒, 27秒とあるのはメーカーから提供を受けたパルプをそのまま使用した場合と, 更に実験用小型シングルリファイナーで再精織して調整した場合を意味する。ボードの比重の設定はパルプの仕込量のみを変えることにより行った。また,

樹脂ロットNo.30, 50は, 数字的に意味はなく, ただ, 製造期日と使用までの保存期間が異なる。30と50では一般的性状は大差ないが, 平均分子量については30の方がわずかに低い値が示されている。第7表の結果を概観すると, 曲げ強さ, 煮沸曲げ強さ, ねじり剪断及び曲げヤング係数は共にパルプフリーネスが最も大きく影響し, その寄与率はそれぞれ57, 42, 59, 46%であり, 次いでテンパーの有無が寄与率で22, 27, 26, 37%影響している。樹脂ロットの違いが煮沸曲げ強さに18%で寄与しているのが注目される。はく離強さと吸水厚さ膨張率については曲げ強さ, 曲げヤング係数の場合と異なり, テンパーの影響がフリーネスより大きく, ことに吸水厚さ膨張率では寄与率97%を示した。木ねじ保持力については, 曲げ強さ, 曲げヤング係数と同様にフリーネス, テンパーの影響が37, 21%と大きい, これらのほかに樹脂添加率, ウェットマット水分の影響も見逃せない(共に11%)。この様に, 要因の寄与では, パルプフリーネス, テンパー処理の影響が強く反映し, 他の要因については小さく示された。なお, 補足であるが, フリーネス21秒のパルプについても一部同様な実験を行ったが27秒と大きな違いは認められなかった。

第7表 特性値ごとの要因別推定値と寄与率(%)及び判定

特性値	要因		比重		樹脂ロット		樹脂添加率		マット水分		テンパー		平均
	標準				No.		(%)		(%)		無 有		
	16	27	0.71	0.73	30	50	4	8	50	65			
含水率 (%)	10.1 (0)	10.1	10.1 (0.1)	10.1 **	10.1 (0)	10.1	10.2 (0.1)	10.1 **	10.1 (0)	10.1	11.6 (99.6)	8.6 **	10.1
比重	0.707 (54.5)	0.735 **	0.710 (37.2)	0.732 **	0.721 (0)	0.722	0.724 (2.3)	0.718 **	0.719 (0.7)	0.723 *	0.725 (4.3)	0.717 **	0.721
曲げ強さ (kgf/cm ²)	212 (56.6)	261 **	226 (8.9)	246 **	232 (0.9)	240	231 (2.3)	242	233 (0.7)	240	221 (21.6)	252 **	236
形質商	300	355	318	336	322	332	319	337	324	332	305	352	327
煮沸曲げ強さ (kgf/cm ²)	107 (41.7)	134 **	116 (3.6)	125 *	111 (18.2)	130 **	116 (3.4)	125 *	121 (0)	120	110 (26.6)	132 **	121
煮沸残存率 (%)	50.5	51.3	51.3	50.8	47.8	54.2	50.2	51.7	51.9	50.0	49.8	52.4	51.3
曲げヤング係数 (10 ⁸ kgf/cm ²)	20.1 (45.8)	23.2 **	20.8 (14.3)	22.5 **	21.7 (0)	21.6	21.4 (0.8)	21.9	21.5 (0.1)	21.8	20.3 (36.6)	23.0 **	21.6
剪断ヤング係数 (10 ⁸ kgf/cm ²)	8.1 (59.0)	9.6 **	8.6 (4.2)	9.0 *	8.7 (0.3)	8.9	8.8 (0)	8.9	8.8 (0)	8.8	8.3 (26.4)	9.3 **	8.8
はく離強さ (kgf/cm ²)	5.5 (30.6)	8.5 **	6.5 (2.9)	7.5	6.6 (1.8)	7.4	6.4 (3.1)	7.5	6.5 (2.8)	7.5	5.1 (48.4)	8.8 **	7.6
木ねじ保持力 (kgf)	38.4 (36.9)	44.0 **	40.2 (4.6)	42.2 *	40.3 (2.8)	42.1	39.6 (11.4)	42.8 **	39.6 (11.2)	42.8 **	39.1 (21.2)	43.3 **	41.2
釘引抜抵抗 (kgf/cm)	23.5 (19.1)	27.6 **	24.7 (1.5)	26.4	23.9 (11.6)	27.2 **	23.4 (22.3)	27.7 **	25.1 (0)	26.0	23.5 (20.1)	27.6 **	25.6
釘側面抵抗 (kgf/cm)	135 (40.3)	163 **	143 (4.6)	154	145 (1.8)	153	145 (1.8)	153	146 (0.3)	152	137 (30.0)	161 **	149
吸水率 (%)	36.0 (1.6)	30.8	35.4 (0.6)	31.4	34.4 (0)	32.4	34.0 (0)	32.8	31.4 (0.5)	35.3	49.4 (87.7)	17.3 **	33.4
吸水厚さ膨張率 (%)	10.0 (0)	9.8	10.3 (0.9)	9.5	10.1 (0.2)	9.7	10.2 (0.6)	9.6 *	9.8 (0)	10.0	13.5 (96.5)	6.3 **	9.9
スプリングバック (%)	7.0 (3.7)	4.9 *	6.4 (0.1)	5.6	6.1 (0)	5.9	6.5 (0.4)	5.5	6.5 (0.5)	5.4	10.8 (87.1)	1.2 **	6.0

注) 1. ()内は寄与率(%), **は高度に有意, *は有意
2. 含水率の推定値は調湿後ボード含水率

4. おわりに

以上、湿式法による厚物中比重ファイバーボードの実験室規模における製造条件を検討した結果を次のように要約する。

1) 縮合度、反応様式等の異なるフェノール樹脂4種を用いて、ボード材質を比較検討した結果、従来のハードボード用樹脂よりも、比較的縮合度の高い樹脂で良好な結果が得られた。

2) 樹脂添加率は従来のハードボード程度(0.5~2%)の低位の水準でも、テンパーを行うことにより、JIS 150 タイプパーティクルボードに合格した。

3) 更に曲げヤング係数、木ねじ保持力、はく離強さに対してより強い性質が要求される場合、例えば

JIS 200 レベルの性能を得るには、いずれも高位の水準、特にパルプフリーネスと樹脂添加率を高位の水準にして製造する必要がある。

4) 各製造要因のボード特性値に対する寄与は総合的にみて曲げ強さ、はく離強さに対してはパルプフリーネス及びテンパー処理が大部分を占め、一方、木ねじ保持力に対してはこれらのほかに樹脂添加率及びウエットマット水分も大きかった。

- 林産化学部 繊維化学科 -
- * 特別研究員 -
(原稿受理 昭54.3.6)