

# 針葉樹合板の接着性能に及ぼす単板含水率の影響

(道総研林産試) ○古田 直之、平林 靖、宮崎 淳子

## 1. はじめに

近年、合板原料に占める国産針葉樹の割合が大幅に増加している。これらの針葉樹合板には通常フェノール樹脂接着剤が使用されている。フェノール樹脂接着剤は、高い接着耐久性を示す一方で、他の接着剤よりも高温での熱圧が必要であり、含水率が高い場合には接着不良（パンク）が生じるため、厳しい水分管理が要求される。国産針葉樹は、南洋材や外国産針葉樹よりも初期含水率のバラツキが大きく、含水率を均一に仕上げるのが難しい。したがって生産現場においては、単板を絶乾近くまで乾燥させているのが現状である。しかし、含水率の高い単板の接着が可能になれば、歩留まりや生産性の向上、さらにはエネルギーコスト削減にもつながり、経済性に優れた合板の製造が期待できる。

単板含水率と合板の接着性能の関係についての既往の報告<sup>1-3)</sup>は、南洋材やシナやカバなどの広葉樹を対象としたものであり、針葉樹に関する報告は見られない。本研究では、道産針葉樹および北洋カラマツについて、フェノール樹脂接着剤による単板含水率の許容性を把握するとともに、単板含水率が接着性能に及ぼす影響について検討した。さらに、フェノール樹脂接着剤に添加剤を加えることによる高含水率単板の接着の可能性についても検討した。

## 2. 試験方法

### 2. 1 針葉樹合板の製造

長さ1mの道産カラマツ、道産トドマツおよび北洋カラマツ原木から、厚さ2.1mmと3.15mmで単板切削し、960×360mmの寸法のロータリー単板を得た。単板は、原木の内周側から順に番号を付け、ベニヤドライヤを用いて温度145℃で絶乾近くまで乾燥させた。それぞれの単板の気乾密度の平均は、道産カラマツが0.58(g/cm<sup>3</sup>)、道産トドマツが0.43(g/cm<sup>3</sup>)、北洋カラマツが0.66(g/cm<sup>3</sup>)であった。乾燥単板は320×320mmに裁断し、恒温恒湿器により表1に示す調湿条件で十分に調湿させた。単板含水率の組み合わせは、添え心板のみ高含水率の場合と全層一定含水率の場合の2条件とした。この際、それぞれの調湿条件で単板の採取位置が偏らないように単板を振り分けた。接着剤配合と合板製造条件を表2に示す。主剤にはDIC(株)製のフェノール樹脂接着剤を用いた。配合Iは標準的な配合、配合IIはレゾルシノール樹脂を添加することによる高含水率単板の接着を期待した配合である。合板は各条件2枚ずつ製造した。また、2枚中1枚の合板には接着層に熱電対を挿入し、データロガー（キーエンス製NR-1000）を用いて熱圧時の接着層の温度変化を測定した。

### 2. 2 仮接着性評価

仮接着性は、冷圧解放後5分間合板を水平に放置した時の単板のはく離の程度を観察し、はく離が全

表1. 単板の組み合わせと調湿条件

製造条件 記号	2.1mm単板 (表板、裏板、心板)	3.15mm単板 (添え心板)
D-40	60℃20時間乾燥	20℃40%R.H
D-60		20℃60%R.H
D-70		20℃70%R.H
D-80		20℃80%R.H
D-90		20℃90%R.H
D-99		20℃99%R.H
40-40	20℃40%R.H	20℃40%R.H
60-60	20℃60%R.H	20℃60%R.H
70-70	20℃70%R.H	20℃70%R.H
80-80	20℃80%R.H	20℃80%R.H
90-90	20℃90%R.H	20℃90%R.H

表2. 合板製造条件

条件	項目	配合 I	配合 II
接着剤 配合	フェノール樹脂	100	100
	レゾルシノール樹脂	0	11.1
	粉末硬化剤	0	1.3
	小麦粉	10.4	5.6
	炭カル	12.5	22.2
	水	5	0
	重曹	3	0
単板構成	5PLY(2.1+3.15+2.1+3.15+2.1mm)		
塗布量	35g/900cm <sup>2</sup>		
冷圧	1MPa-30min		
熱圧	125℃-1MPa-30sec/mm		

く認められないもの、部分的にはく離が認められるもの、全体的にはく離が認められるものの3段階で評価した。

### 2. 3 接着性能試験

製造した合板から、常態接着力試験用、連続煮沸試験用それぞれ10片（順逆それぞれ5片）ずつ、合板のJASに準じた引張りせん断試験片を採取した。試験片の形状は、北洋カラマツのみJASのB型試験片（せん断面積13×25mm）とし、他はA型試験片（せん断面積25×25mm）とした。試験片を20℃65%R.Hの恒温恒湿室で十分に調湿した後、引張りせん断試験を行い、せん断強さと木部破断率を求めた。なお、引張りせん断試験は、表側（1、2層目）の接着層についてのみ行った。

## 3. 試験結果

### 3. 1 単板含水率の許容性

それぞれの調湿条件における単板の平衡含水率を表3に示す。平衡含水率は、同じ調湿条件でも樹種によって若干異なり、すべての調湿条件において、北洋カラマツ>道産トドマツ>道産カラマツの順となった。それぞれの樹種、配合、製造条件における合板の接着の程度を表4に示す。まず、仮接着性について見ると、いずれの配合においても含水率が

表3. 調湿条件と単板含水率

調湿条件	単板含水率(%)		
	道産カラマツ	道産トドマツ	北洋カラマツ
60℃20時間乾燥	1.7	1.1	1.7
20℃40%R.H	6.2	6.9	7.2
20℃60%R.H	8.7	9.7	10.0
20℃70%R.H	10.1	11.0	11.9
20℃80%R.H	13.2	13.9	14.8
20℃90%R.H	16.0	16.7	18.9
20℃99%R.H	23.1	23.2	—

高くなるほど、はく離が多くなる傾向が認められた。本研究では含水率が低い場合でも仮接着性が良好ではないものが散見されたが、これは本研究で切削した単板は比較的反りや狂いが大きい傾向があり、仮接着には厳しい条件であったためと考えられる。また、配合Iよりも配合IIの方がやや仮接着性は良好であった。

熱圧時について見ると、配合Iでは、添え心板含水率のみ高含水率の場合は15~17%程度まで、全層一定含水率の場合は10~11%程度まで、パンクを生じることなく接着できた。樹種別では、北洋カラマツは、道産カラマツや道産トドマツよりもやや低い含水率でパンクが生じた。これは、北洋カラマツは密度が高く、熱圧時に水分が蒸発しにくいことが影響しているものと推察された。配合IIでは、添え心板のみ高含水率の場合は18~23%程度まで、全層一定含水率の場合は12~14%程度まで接着が可能であり、配合IIは通常よりも3%程度高い含水率の単板を接着できることが確認された。

表4. 各製造条件における合板の接着の程度

製造条件 記号	配合I						配合II						
	道産カラマツ		道産トドマツ		北洋カラマツ		道産カラマツ		道産トドマツ		北洋カラマツ		
	仮接着	熱圧	仮接着	熱圧	仮接着	熱圧	仮接着	熱圧	仮接着	熱圧	仮接着	熱圧	
D-40	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
D-60	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○
D-70	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
D-80	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○	○	○	○
D-90	△	○	△	○	△	×	△	○	○	○	△	△	△
D-99	×	×	△	×	—	—	△	○	△	△	—	—	—
40-40	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○
60-60	△	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○
70-70	△	○	△	○	△	×	△	○	○	○	○	○	○
80-80	△	×	×	×	△	×	△	○	×	○	△	×	×
90-90	—	—	—	—	—	—	△	×	×	×	—	—	—

注) 仮接着: ○: はく離が全く認められない、△: 部分的にはく離が認められる、×: 全体的にはく離が認められる  
熱圧: ○: 2枚とも接着、△: 2枚中1枚がパンク、×: 2枚ともパンク

### 3. 2 接着性能

連続煮沸後におけるせん断強さと木部破断率を表5に示す。また、配合Iにおける単板含水率とせん断強さ、木部破断率の関係を図1に示す。添え心板のみ高含水率の場合、全層一定含水率の場合とも、含水率の増加に伴い、概ねせん断強さの平均値は低くなる傾向を示した。また、その時の木部破断率についても、含水率の増加とともに低くなる傾向が認められ、木部破断率の低下はせん断強さの低下よりも顕著であった。配合Iよりも配合IIの方が、せん断強さ、木部破断率とも高い値を示した。いずれの配合においても、パンクを生じることなく接着できた合板については、合板のJASの特類の基準値である0.7MPaを上回る性能が得られた。含水率の増加とともに接着性能が低下する原因として、単板含水率が高い場合には冷圧時や熱圧時に接着剤が単板中に過度に浸透し、接着層の形成が不十分になることが指摘されている<sup>2)</sup>が、本研究においても同様の理由が考えられた。

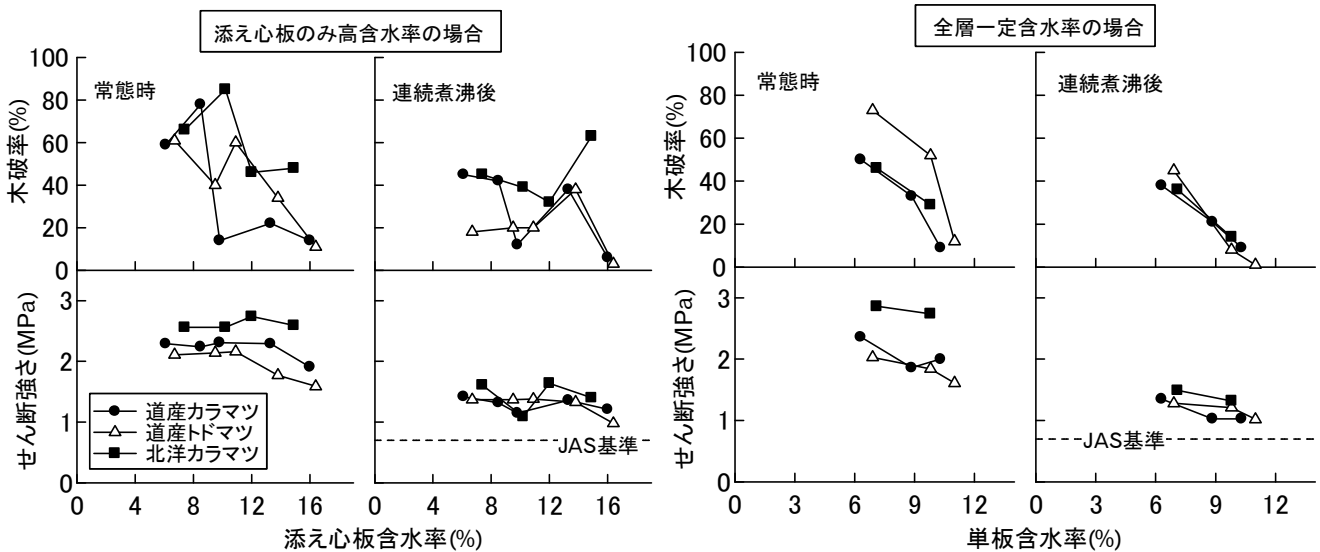


図1. 配合Iにおける単板含水率とせん断強さおよび木部破断率の関係

表5. 連続煮沸後のせん断強さと木部破断率

製造条件 記号	配合I						配合II					
	道産カラマツ		道産トドマツ		北洋カラマツ		道産カラマツ		道産トドマツ		北洋カラマツ	
	せん断強さ (MPa)	木破率 (%)	せん断強さ (MPa)	木破率 (%)	せん断強さ (MPa)	木破率 (%)	せん断強さ (MPa)	木破率 (%)	せん断強さ (MPa)	木破率 (%)	せん断強さ (MPa)	木破率 (%)
D-40	1.42(0.09)	45.0	1.37(0.18)	18.0	1.61(0.40)	45.0	1.60(0.18)	75.6	1.55(0.11)	68.0	1.88(0.21)	86.0
D-60	1.32(0.18)	42.0	1.37(0.14)	20.0	1.09(0.25)	39.0	1.71(0.14)	32.0	1.44(0.14)	33.0	1.23(0.32)	91.0
D-70	1.15(0.13)	12.0	1.38(0.20)	20.0	1.64(0.42)	32.0	1.63(0.24)	55.0	1.49(0.33)	40.0	1.94(0.32)	98.0
D-80	1.36(0.16)	38.0	1.33(0.21)	38.0	1.40(0.24)	63.0	1.48(0.15)	31.0	1.47(0.13)	68.0	1.41(0.18)	76.0
D-90	1.21(0.07)	6.0	0.98(0.12)	3.0	-	-	1.40(0.14)	30.0	1.42(0.10)	40.0	-	-
D-99	-	-	-	-	-	-	1.21(0.19)	11.0	1.14(0.07)	15.0	-	-
40-40	1.35(0.09)	38.0	1.28(0.15)	45.0	1.49(0.34)	36.0	1.67(0.25)	84.0	1.35(0.17)	76.0	1.75(0.41)	92.0
60-60	1.03(0.12)	21.0	1.21(0.34)	8.0	1.32(0.21)	14.0	1.65(0.24)	25.6	1.53(0.15)	61.0	1.50(0.36)	28.0
70-70	1.03(0.11)	9.0	1.02(0.14)	1.0	-	-	1.61(0.12)	25.6	1.57(0.20)	50.0	1.34(0.35)	11.0
80-80	-	-	-	-	-	-	1.55(0.19)	4.0	1.14(0.15)	23.0	-	-

注) 数字は平均値、( )内は標準偏差

### 3. 3 熱圧時の接着層の温度変化

添え心板のみ高含水率の場合における熱圧時の接着層の温度変化を図2に示す。図はそれぞれの製造条件における表層側から2層目の接着層の温度を示している。また、熱圧を開始してから2層目の接着層の温度が100℃に到達するまでの時間を表6に示す。北洋カラマツでは添え心板含水率が高くなるにつれて、接着層の温度上昇が遅れ、解圧時の温度も明らかに低くなった。道産カラマツや道産トドマツでは、含水率の違いによる解圧時の温度に大きな差はないものの、温度上昇は含水率が高いほど遅くなる傾向が認められた。接着層温度が100℃に

到達する時間は、D-90はD-40よりも道産カラマツや道産トドマツで20秒程、北洋カラマツで50秒程遅くなった。したがって、含水率の増加とともに接着性能が低下する原因は、前述した接着剤の過浸透以外に、含水率の増加に伴い接着層の温度上昇が遅れることで接着層に与えられる熱量が少なくなり、接着剤の硬化が十分に進まないことが影響していると考えられた。

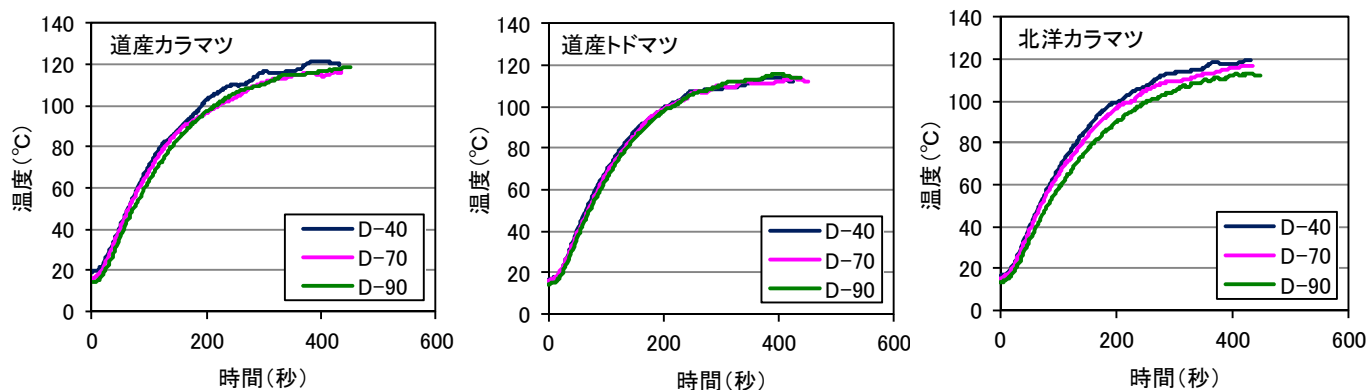


図2. 熱圧時の接着層（2層目）の温度変化

表6. 接着層（2層目）が100°Cに到達する時間（秒）

条件	道産カラマツ	道産トドマツ	北洋カラマツ
D-40	194	204	206
D-70	220	210	228
D-90	216	216	254

#### 4. まとめ

フェノール樹脂接着剤を用いて針葉樹合板を製造する際の単板含水率が接着性能に及ぼす影響について検討した。また、既存のフェノール樹脂接着剤にレゾルシノール樹脂を添加することによる高含水率単板の接着の可能性について検討した。その結果、以下の結論が得られた。

- (1) 単板含水率が高くなるほど、合板の仮接着性は低下した。
- (2) 標準配合においては、添え心板のみ高含水率の場合で15~17%程度まで、全層一定含水率の場合で10~11%程度まで、パンクを生じることなく接着できた。
- (3) 標準配合にレゾルシノール樹脂を加えることで、通常よりも3%程度高い含水率の単板の接着が可能であった。
- (4) 単板含水率の増加に伴い、せん断強さ、木部破断率とも低くなる傾向を示し、木部破断率の低下はせん断強さの低下よりも顕著であった。
- (5) パンクを生じることなく接着できた合板は、すべて合板のJASの特類の基準を満たす性能が得られた。
- (6) 単板含水率の増加に伴い接着層の温度上昇が遅れる傾向が認められた。

#### 謝辞

本研究は、北日本ディック(株) (現DIC北日本ポリマ(株))からの受託研究「フェノール樹脂を用いた針葉樹合板製造時の単板含水率の許容性向上に関する研究」の一部として行った。ここに記して謝意を表します。

#### 文献

- 1) 筒本卓造, 佐藤庄一, 柳下正: 林業試験場研究報告, 176, 151-171(1965).
- 2) 佐久間正至, 山川廣之介: 木材工業, 24, 568-571(1969).
- 3) 野崎兼司, 吉田弥明, 田口崇: 林産試験場月報, 216, 10-14(1970).