

単板含水率の合板品質に及ぼす影響

筒 本 卓 造⁽¹⁾
佐 藤 庄 一⁽²⁾
柳 下 正⁽³⁾

1. ま え が き

合板の製造工程において、単板を乾燥するさいの仕上り含水率は、乾燥時間、単板の収縮率、狂いなどと密接な関係にあり、生産能率や歩止りの点からきわめて重要な事項であるが、同時にこれが接着時の単板含水率を決定するものであるため、合板の品質に大きな影響を及ぼすものと考えられる。このような単板含水率の合板品質に及ぼす影響に関しては、従来接着性がおもにとりあげられ、単板含水率と接着力との関係についてはすでにいくつかの報告があるが^{1) 2)}、これも接着される材料や接着条件など、多くの因子に支配される非常に複雑な問題であり、現在の段階では生産工程で基準となる十分な資料が与えられているとはいえない。

一方、仕上り含水率を論ずる場合、接着性がとくに重視されることは、合板の使用にあたって接着に対する信頼性が不可欠の要件であることから当然であろうが、一般の合板ではさらに、できるだけ狂いが少なく、表面の耐久性がすぐれていることが要求されるはずである。

この研究は以上のことから、接着力だけでなく合板の狂い、表面割れの点も考慮したときの適正単板含水率を求め、単板乾燥における仕上り含水率の基準を定めようとしたもので、乾燥直後の単板がもっている含水率のパラッキの問題は一応きりはなして、均一な状態での単板含水率とそれぞれの品質との関係を実験的に検討している。

なお、この研究は木材部合板研究班の合板製造基準に関する研究の一環として行なったもので、試験の実施にあたり、終始、ご配慮とご指導を賜った木材部材質改良科長 中村 章氏、加工科長 寺沢 真氏に衷心より謝意を表するとともに、ご協力をいただいた接着研究室の方々、野田合板株式会社 鈴木正一郎氏に深く感謝する。

2. 試 験 方 法

この試験においては、各種の含水率の組合せについて、合板の接着力、狂いおよび表面割れを比較していったが、樹種としてラワン類のマヤビス (*Shorea squamata* DYER) とマコンバ (*Betula maximowicziana* REGEL) の2つをえらび、合板の構成は Table 1 のように一定とした。すなわち、表裏板にマヤビスまたはマコンバ1mm 単板を用い、これに組み合わせる心板は常にマヤビス2mm 単板とした。試験を行なった含水率の範囲は2~22%で、この間の5段階2%、7%、12%、17%、22%を目標とし、これらを Table 2 のように組み合わせた。ここでは表裏板が同一含水率になるようにしており、実際には含水率

(1) 木材部加工科乾燥研究室長・農学博士 (2) 木材部加工科乾燥研究室

(3) 木材部材質改良科応用研究室長

Table 1. 合板の構成
Construction of plywood.

記号 Mark	表板 Face veneer	心板 Core veneer	裏板 Back veneer
L	Mayapis (1.0mm)	Mayapis (2.0mm)	Mayapis (1.0mm)
K	マカンバ Birch (1.0mm)	Mayapis (2.0mm)	マカンバ Birch (1.0mm)

Table 2. 含水率の組合せ
Combination of moisture content of veneer.

記号 Mark	表板含水率 M.C. of face veneer (%)	心板含水率 M.C. of core veneer (%)	裏板含水率 M.C. of back veneer (%)
C ₂ —F ₂ —F ₇ —F ₁₂ —F ₁₇ —F ₂₂	2	2	2
	7	2	7
	12	2	12
	17	2	17
	22	2	22
C ₇ —F ₂ —F ₇ —F ₁₂ —F ₁₇ —F ₂₂	2	7	2
	7	7	7
	12	7	12
	17	7	17
	22	7	22
C ₁₂ —F ₂ —F ₇ —F ₁₂ —F ₁₇ —F ₂₂	2	12	2
	7	12	7
	12	12	12
	17	12	17
	22	12	22
C ₁₇ —F ₂ —F ₇ —F ₁₂ —F ₁₇ —F ₂₂	2	17	2
	7	17	7
	12	17	12
	17	17	17
	22	17	22
C ₂₂ —F ₂ —F ₇ —F ₁₂ —F ₁₇ —F ₂₂	2	22	2
	7	22	7
	12	22	12
	17	22	17
	22	22	22

22%の組をかいたものがある。

2.1 単板および合板の調整

各試験に共通した単板の調整，接着の方法などは次のとおりである。

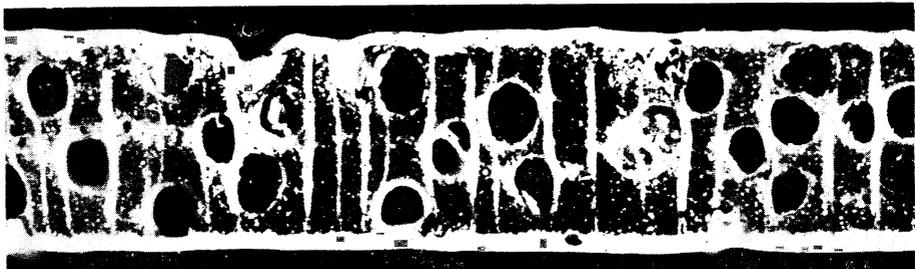
供試した原木の形状，材質などを Table 3 に示す。これらの材はまず長さ約 35cm に玉切りして温度 70~80°C で1昼夜煮沸し，実験用ベニヤレスにより厚さ 1mm あるいは 2mm に切削した。供試する単板は材質の変動をさけるため，常に原木心材部の辺材に近い部分からとり，とくに合板の狂いと表面割れの比較を行なう単板は，一定半径方向で隣接した位置からとった。単板の大きさは 33×33cm とし，単板の裏割れ，表面の状態の例を Fig.1 に示す。

これらの単板は熱風循環式の乾燥機により，温度 100~120°C で含水率 20~25% まで予備乾燥したのち，それぞれの目標含水率に応じた条件下で十分調湿した。調湿単板の含水率は外気条件の変動もあって

Table 3. 供試材の形状と材質
Related properties of test bolt.

樹種 Species	産地 Locality	原木の形状(末口) Size of bolt (Top)			全乾比重* Specific gravity, oven-dry	全収縮率* Shrinkage, green to oven-dry	
		長径 Max. diameter (cm)	短径 Min. diameter (cm)	辺材幅 Width of sapwood (cm)		接線方向 Tang. (%)	半径方向 Rad. (%)
Mayapis	Philippine	69	66	5.5~6.0	0.41	8.0	3.1
マカンバ Birch	Hokkaido	52	50	7.0~8.0	0.71	10.5	7.5

* Number of test pieces : 3



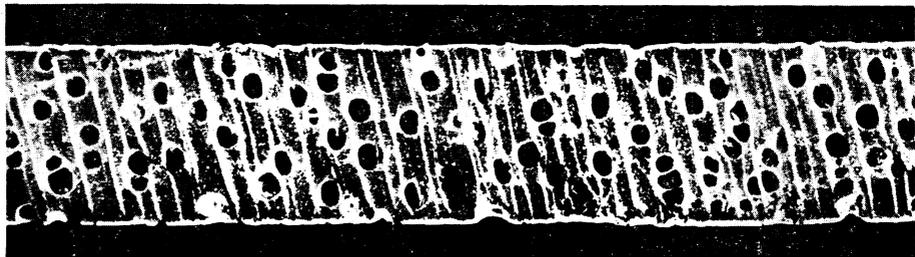
マヤピス ローターリー単板 1.0 mm, 裏割れ深さ 0~20%

Mayapis rotary veneer 1.0 mm, depth of lathe check 0~20%.



マカンバ ローターリー単板 1.0 mm, 裏割れ深さ 0~20%

Birch rotary veneer 1.0 mm, depth of lathe check 0~20%.



マヤピス ローターリー単板 2.0 mm, 裏割れ深さ 20~40%

Mayapis rotary veneer 2.0 mm, depth of lathe check 20~40%.

Fig. 1 供試単板の品質
Quality of test veneer.

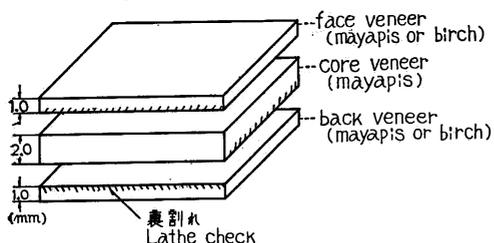


Fig. 2 単板の構成
Combination of veneers.

必ずしも目標含水率と一致していないが、接着時に毎回測定した含水率を各項目の試験結果とともに示している。

各種含水率に調湿した単板は Fig. 2 のように組み合わせ、小型スプレッターおよび電熱式ホットプレスにより接着した。使用したホットプレスの仕様は熱板寸法 40×40×6.5cm、3 段、総圧力 80 ton である。

Table 4. 接着剤の種類と接着条件
Type of adhesives and each gluing condition.

接着剤の種類		接 着 条 件
ユリア樹脂 (Type II)	接着剤液	配合：ユリア樹脂 ¹⁾ 100, 小麦粉 ²⁾ 27, 水 50, 塩化アンモン 1, 粘度：配合時 2000~4000 c. p., 使用後 4000~5500c. p. (20°C) pH：配合時 4.9~5.1
	塗付, 圧縮 (標準条件)	塗付量：20g/ (30cm) ² (両面) 堆積時間：5~10min 冷圧：10kg/cm ² , 1 hr 熱圧：8kg/cm ² , 110°C, 3 min
フェノール樹脂 (Type I)	接着剤液	配合：フェノール樹脂 ³⁾ 100, 増量剤 10 粘度：配合時 1300 c. p., 使用後 1400 c. p. (22°C) pH：配合時 11.5
	塗付, 圧縮	塗付量：20g/ (30cm) ² (両面) 堆積時間：5~10min 冷圧：10kg/cm ² , 1 hr 熱圧：8kg/cm ² , 135°C, 5.5min

- 1) ユリア樹脂：ユーロイド #120, 樹脂率 66%.
- 2) 小麦粉：千葉製粉 花象印 B, 含水率 16.6%
- 3) フェノール樹脂：豊年製油 P 200 (水溶性), 樹脂率 45%.

接着条件は標準的な条件を定め、接着試験の一部をのぞき、狂い、表面割れ試験用など大部分の合板はこれによって接着した。その詳細は次項 Table 4 のユリア樹脂接着剤の欄に示している。

2.2 合板の接着力

合板の厚さ構成、含水率の組合せを前項のようにし、下記のように樹種、接着剤の種類および塗付量をかえて、合板をつくり、接着力試験を行なった。

- 1) マヤピス、マカンバ単板をそれぞれユリア樹脂接着剤 (Type II)、フェノール樹脂接着剤 (Type I) により接着する。接着剤の配合、接着条件は Table 4 のとおりである。
- 2) マヤピス単板について、ユリア樹脂接着剤 (Type II) の塗付量を 10g/(30cm)², 30g/(30cm)² にかえる。冷圧および熱圧条件は上記標準条件と同一とする。

試料合板の枚数はいずれも 1 条件 3 枚とし、接着力試験は合板の日本農林規格に準じて、ユリア樹脂接

着剤の合板については温冷水浸漬試験を、フェノール樹脂接着剤の合板については煮沸りかえし試験を行なった。

なお、接着力試験片は合板1枚につき12個をとり、農林規格においては試験片の形状によって引張り剪断接着力の測定値を補正することが規定されているが、ここではすべて同一形状による試験であるため補正を行なっておらない。

2.3 合板の狂いおよび表面割れ

供試した合板の構成、含水率の組合せなどは最初にのべたとおりで、これらの合板の含水率状態を3段階にかえたときの狂い量および吸湿、乾燥をくりかえしたときの表面割れの発生を各含水率の組合せについて比較した。

1) 狂いの測定

製造した合板は恒温恒湿室(温度20°C, 平衡含水率11~12%)において十分調湿したのち、28×28cmに木取る。最初にこの状態で狂い量を測定したのち、恒温恒湿室(温度20°C, 平衡含水率20~22%)において約2週間吸湿させ、つづいて乾燥機で約2%にまで乾燥させて、それぞれの時期の狂い量の変化を求めた。

狂いの測定法は Fig. 3 に示す AA', BB', CC', DD' について中央部の矢高(弦長20cm一定)をはかり、それぞれ h_a , h_b , h_c , h_d とし、次のように狂い量を表示した。

- 彎曲(表板繊維と平行方向)..... h_a (mm)
- 彎曲(表板繊維と直角方向)..... h_b (mm)
- 振れ..... $h_c - h_d$ (mm)

2) 表面割れの測定

狂いの試験に用いた合板のうち、マカンパ合板についての、狂い測定時の吸湿、乾燥を4回くりかえし、それぞれの段階で表面割れの発生を観察した。その方法は表板について各時期の割れの本数と長さをはかっていったが、合板の木口につながった割れはのぞき、上側から肉眼的にみて明らかにすき間とみられるもののみを対象とした。

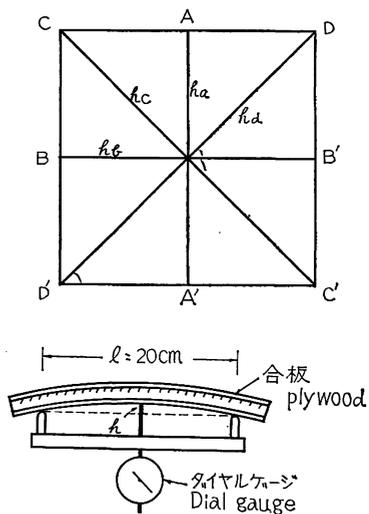


Fig. 3 狂いの測定法
Measuring method for warp of plywood.

3. 試験結果と考察

3.1 合板の接着力

1) 樹種、接着剤の種類に関連して

マヤビスおよびマカンパ合板の各接着剤による試験結果を Table 5, 6 に示す。Fig. 4 はこれらの結果から表裏板、心板の含水率が等しい場合のみをぬきだして総括したものである。

最初に Table 5 のマヤビス合板、ユリア樹脂接着剤(L-U₂₀)の結果について含水率と接着力、木破率との関係を検討してみよう。

Table 5 の数値から横軸に表裏板含水率をとり、一定心板含水率について接着力、または木破率をプロットすると Fig. 5 がえられる。図のなかでまず、表裏、心板含水率が等しい場合(各心板含水率の曲線

Table 5. 単板含水率と接着力との関係
Relationship between moisture content of veneer
(温冷水浸漬試験)

試験条件 Test condition	表裏板含水率 (%) M. C. of f. b. veneer		2 *1 (2.5) *2	
	心板含水率 (%) M. C. of core veneer		接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
Mayapis Urea resin 20g/(30cm) ² (L-U ₂₀)	2 *1 (2.5) *2	Mean (min. ~ max.) S. V.	6.7 (2.5~12.9) 2.0	23.3 (0~40)
	7 (7.5)	Mean (min. ~ max.) S. V.	12.0 (8.6~16.0) 1.8	47.8 (20~80)
	12 (13.0)	Mean (min. ~ max.) S. V.	12.3 (9.5~15.1) 1.4	46.2 (20~100)
	17 (19.5)	Mean (min. ~ max.) S. V.	13.4 (9.2~16.6) 1.9	49.5 (20~100)
	22 (23.0)	Mean (min. ~ max.) S. V.	13.5 (9.9~15.4) 1.4	40.0 (0~100)

試験条件 Test condition	表裏板含水率 (%) M. C. of f. b. veneer		2 *1 (2.5) *2	
	心板含水率 (%) M. C. of core veneer		接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
マカンバ Birch Urea resin 20g/(30cm) ² (L-U ₂₀)	2 *1 (2.5) *2	Mean (min. ~ max.) S. V.	9.7 (0~19.7) 5.3	21.7 (0~60)
	7 (7.5)	Mean (min. ~ max.) S. V.	13.5 (9.9~18.2) 2.4	63.3 (20~100)
	12 (14.0)	Mean (min. ~ max.) S. V.	12.4 (9.2~16.0) 2.0	86.1 (40~100)
	17 (21.5)	Mean (min. ~ max.) S. V.	13.6 (9.9~17.2) 2.2	77.8 (40~100)
	22 (25.0)	Mean (min. ~ max.) S. V.	13.1 (9.2~16.3) 2.0	61.6 (20~100)

*1 目標含水率 Planing moisture content of veneer,
B. S. : bond strength, W. F. : wood failure,

— 樹種, 接着剤の種類 — (1)

and bond strength — species, type of adhesive — (1).

Hot and cold sorking test)

7 (7.5)		12 (13.0)		17 (19.5)		22 (23.0)	
接着力 B.S. (kg/cm ²)	木破率 W.F. (%)	接着力 B.S. (kg/cm ²)	木破率 W.F. (%)	接着力 B.S. (kg/cm ²)	木破率 W.F. (%)	接着力 B.S. (kg/cm ²)	木破率 W.S. (%)
7.6 (2.8~13.9) 2.6	25.6 (0~60)	9.4 (4.9~12.9) 1.9	44.4 (0~80)	11.4 (3.1~14.8) 1.7	56.1 (20~80)	9.6 (3.7~13.9) 2.3	34.5 (0~100)
12.0 (8.9~16.0) 1.8	57.2 (20~80)	12.9 (9.9~15.4) 1.4	57.8 (20~80)	12.4 (9.5~16.0) 1.4	43.9 (20~100)	11.5 (8.6~15.4) 1.4	34.5 (0~100)
12.3 (9.9~16.6) 1.7	48.8 (20~100)	11.3 (9.2~13.9) 1.5	35.6 (0~80)	11.9 (8.9~13.5) 1.1	30.0 (0~80)	9.3 (7.1~11.1) 1.1	6.1 (0~20)
13.9 (10.8~17.9) 1.5	48.8 (20~100)	12.3 (8.9~15.4) 1.5	28.3 (0~100)	10.3 (7.7~12.9) 1.0	9.4 (0~40)		
12.9 (9.9~15.1) 1.1	21.7 (0~80)	10.7 (8.6~14.2) 1.3	6.1 (0~40)			7.4 (5.5~9.9) 1.7	1.7 (0~20)

7 (7.5)		12 (14.0)		17 (21.5)	
接着力 B.S. (kg/cm ²)	木破率 W.F. (%)	接着力 B.S. (kg/cm ²)	木破率 W.F. (%)	接着力 B.S. (kg/cm ²)	木破率 W.F. (%)
12.9 (10.2~17.9) 2.3	65.6 (40~100)	13.9 (9.5~18.5) 2.7	65.6 (4.0~100)	13.7 (9.9~17.2) 1.8	47.8 (0~80)
13.9 (9.2~18.8) 2.4	79.1 (40~100)	13.1 (10.5~16.9) 1.7	74.4 (40~100)	11.7 (8.6~14.2) 1.3	45.0 (0~100)
13.9 (10.2~17.6) 2.1	78.3 (60~100)	13.3 (10.2~16.0) 1.4	60.0 (20~100)	11.1 (8.6~12.9) 0.3	42.2 (0~80)
13.3 (8.2~16.0) 1.8	68.9 (40~100)	12.6 (9.9~15.7) 1.4	41.7 (0~100)	10.2 (8.3~12.3) 0.3	11.7 (0~40)
12.5 (9.9~14.5) 1.3	45.6 (20~100)	11.7 (10.2~13.2) 0.3	35.6 (0~80)	7.7 (5.5~9.2) 0.3	7.2 (0~20)

*2 実際の含水率 Actual moisture content of veneer, Number of specimens : 36,
S. V. : standard variation.

Table 6. 単板含水率と接着力との関係—樹種、
Relationship between moisture content of veneer and
(煮沸くりかえし試験)

試験条件	表裏板含水率 (%) M. C. of f. b. veneer		2*1	
	心板含水率 (%) M. C. of core veneer		(2.0)*2	
Mayapis Phenol resin 20g/(30cm) ² (L-P ₂₀)			接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
	2*1 (2.0)*2	Mean (min.~max.) S. V	12.7 (9.2~16.3) 2.3	67.8 (20~100)
	7 (7.5)	Mean (min.~max.) S. V	12.2 (9.2~15.7) 2.1	79.4 (20~100)
	12 (12.0)	Mean (min.~max.) S. V	14.2 (11.1~17.6) 1.7	76.1 (40~100)
	17 (19.0)	Mean (min.~max.) S. V	12.9 (10.9~16.3) 1.3	82.2 (40~100)

試験条件	表裏板含水率 (%) M. C. of f; b. veneer		2*1	
	心板含水率 (%) M. C. of core veneer		(2.5)*2	
マカンバ Birch Phenol resin 20g/(30cm) ² (K-P ₂₀)			接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
	2*1 (2.5)	Mean (min.~max.) S. V	14.7 (11.4~18.2) 2.0	96.6 (80~100)
	7*2 (7.5)	Mean (min.~max.) S. V	14.7 (11.4~18.8) 1.7	97.8 (80~100)
	12 (10.5)	Mean (min.~max.) S. V	13.6 (10.5~16.3) 1.8	100.0 (100~100)
	17 (21.5)	Mean (min.~max.) S. V	14.3 (11.1~18.2) 1.8	98.9 (80~100)

*1 目標含水率 Planing moisture content of veneer,
B. S. : bond strength, W. F. : wood failure,

接着剤の種類—(2)

bond strength—species, type of adhesive—(2).

Cyclic-boil test)

7 (7.5)		12 (12.0)		17 (19.0)	
接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)	接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)	接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
13.4 (8.3~17.9) 2.7	64.4 (20~100)	13.5 (8.9~16.9) 2.3	51.1 (20~100)	12.7 (9.5~16.3) 2.1	65.0 (20~100)
13.4 (8.6~16.6) 2.2	71.1 (40~100)	13.0 (8.9~16.9) 1.7	69.4 (20~100)	13.0 (10.8~16.0) 1.7	42.8 (20~100)
13.6 (9.9~19.4) 2.3	73.4 (20~100)	12.7 (9.9~15.4) 1.6	73.9 (40~100)	11.9 (9.5~15.8) 1.4	43.3 (0~100)
12.7 (11.4~15.7) 1.1	47.2 (20~100)	11.8 (8.3~14.5) 2.0	31.1 (0~80)	9.5 (4.3~13.2) 1.9	13.9 (0~80)

7 (7.5)		12 (10.5)		17 (21.5)	
接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)	接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)	接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
14.3 (11.4~17.6) 2.3	97.8 (80~100)	14.4 (11.1~18.5) 1.9	97.2 (60~100)	13.6 (11.1~16.9) 1.7	93.9 (40~100)
14.1 (11.7~16.9) 1.7	95.6 (80~100)	14.3 (10.8~18.5) 1.9	95.6 (60~100)	13.2 (6.8~16.6) 2.5	67.2 (0~100)
14.6 (11.4~17.6) 1.9	100 (100~100)	13.7 (10.5~17.6) 2.0	98.3 (80~100)	12.3 (6.5~17.2) 2.8	72.2 (0~100)
14.0 (11.1~17.2) 1.9	98.9 (60~100)	13.4 (9.2~18.2) 2.0	80.0 (20~100)	11.4 (5.5~16.6) 3.0	51.4 (0~100)

*2 実際の含水率 Actual moisture content of veneer, Number of specimens : 36,

S. V. : standard variation.

Table 7. 単板含水率と接着力との関係——接着剤の
Relationship between moisture content of veneer and
(温冷水浸漬試験 Hot and cold soaking)

試 験 条 件	表裏板含水率 (%) M. C. of f. b Veneer 心板含水率 (%) M. C. of core veneer		2*1 (3.0)*2	
			接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
Mayapis Urea resin 10g/(30cm) ² (L-U ₁₀)	2*1 (2.5)*2	Mean (min.~max.) S. V.	5.4 (1.9~10.2) 2.0	11.7 (0~60)
	7 (8.0)	Mean (min.~max.) S. V.	7.4 (3.1~11.1) 2.3	23.9 (0~80)
	12 (12.5)	Mean (min.~max.) S. V.	11.1 (7.4~15.7) 1.8	30.0 (20~80)
	17 (20.0)	Mean (min.~max.) S. V.	10.7 (7.4~14.5) 1.5	23.9 (0~40)

試 験 条 件	表裏板含水率 (%) M. C. of f. b. veneer 心板含水率 (%) M. C. of core veneer		2*1 (2.5)*2	
			接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
Mayapis Urea resin 30g/(30cm) ² (L-U ₃₀)	2*1 (2.5)*2	Mean (min.~max.) S. V.	13.3 (9.9~17.2) 2.1	40.6 (20~100)
	7 (8.0)	Mean (min.~max.) S. V.	15.0 (11.1~18.8) 2.0	47.4 (20~100)
	12 (12.5)	Mean (min.~max.) S. V.	14.3 (11.1~16.9) 1.4	55.6 (0~100)
	17 (20.0)	Mean (min.~max.) S. V.	14.3 (11.4~17.2) 1.4	40.0 (20~100)
	22 (22.0)	Mean (min.~mex.) S. V.	14.0 (11.1~15.7) 1.2	49.5 (20~100)

*1 目標含水率 Planing moisture content of veneer,
B. S. : bord strength, W. F. : wood failure,

塗分量—

bond strength—glue spread—
test)

7 (8.5)		12 (12.5)		17 (20.0)	
接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)	接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)	接着力 B. S. (kg/cm ²)	木破率 W. F. (%)
6.7 (1.5~10.5) 2.1	19.5 (0~60)	9.2 (6.8~11.7) 1.2	31.1 (0~80)	10.7 (5.2~13.5) 1.6	56.1 (20~100)
10.0 (7.4~13.2) 1.5	45.0 (20~100)	11.2 (7.1~16.0) 2.1	41.6 (20~100)	12.8 (11.1~14.2) 1.1	34.5 (0~80)
10.9 (8.3~13.9) 1.4	31.7 (20~60)	10.9 (8.1~13.9) 1.7	41.7 (20~80)	9.7 (8.3~11.7) 0.3	20.6 (0~40)
11.1 (8.0~13.2) 1.2	27.2 (0~60)	10.4 (8.0~12.3) 1.2	26.7 (0~80)	7.2 (5.8~8.9) 0.2	11.1 (0~20)

7 (8.0)		12 (12.5)		17 (20.0)		22 (22.0)	
接着力B.S. (kg/cm ²)	木破率W.F. (%)	接着力B.S. (kg/cm ²)	木破率W.F. (%)	接着力B.S. (kg/cm ²)	木破率W.F. (%)	接着力B.S. (kg/cm ²)	木破率W.F. (%)
14.2 (9.2~17.2) 1.7	63.3 (20~100)	5.5 (11.7~18.8) 1.8	53.4 (0~100)	14.0 (12.3~16.3) 1.1	23.3 (0~80)		
15.9 (12.3~19.1) 1.7	58.9 (20~100)	15.5 (12.6~18.2) 1.4	54.4 (0~100)	12.0 (10.8~13.2) 0.2	11.7 (0~100)		
12.7 (10.2~16.0) 1.6	50.0 (20~100)	13.2 (10.2~16.3) 1.4	43.3 (0~100)	10.3 (8.0~12.6) 1.0	7.1 (0~40)		
13.2 (10.8~15.4) 1.1	21.1 (0~100)	12.1 (9.9~13.9) 0.3	4.4 (0~40)	10.0 (8.6~11.1) 0.2	2.8 (0~20)		
13.3 (10.2~15.1) 1.1	32.8 (0~60)	10.8 (8.3~12.3) 0.3	3.3 (0~20)			6.7 (5.5~8.0) 0.2	0 (0~0)

*2 実際の含水率 Actual moisture content, Number of specimens : 36,

S. V. : standard variation.

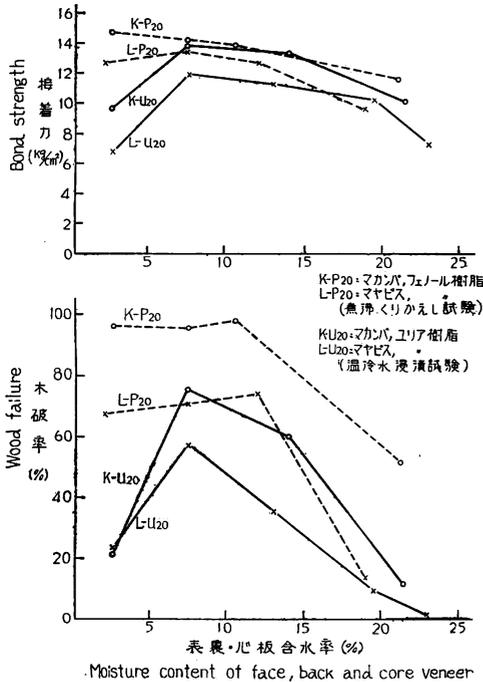


Fig. 4 単板含水率と接着力との関係
— 樹種, 接着剤の種類 —

Relationship between moisture content of veneer and bond strength—species and type of adhesive —

- Glue spread : 20g/(30cm)²,
- K—P₂₀ : birch, phenol resin,
- L—P₂₀ : mayapis, phenol resin,
(cyclic-boil test)
- K—U₂₀ : birch, urea resin,
- L—U₂₀ : mayapis, urea resin.
(hot and cold soaking test)

含水率が一定で、表裏板含水率が変化する場合の接着力は、心板含水率が2.5%のとき、表裏板含水率20%以上の組合せをのぞいてこれが高いほど接着力が大きくなり、また心板含水率が7.5%、13.0%および19.5%のときは、表裏板含水率2.5~19.5%の範囲ではほぼ同程度の接着力を示している。さらに心板含水率が23.0%のときは表裏板含水率がひくいほど、接着力は大きくなる傾向がみられる。一方、木破率と含水率との関係は、接着力の場合とほとんど一致しており、とくに高含水率の単板を組み合わせたものの低下が著しい。

全く同じ条件で、表裏板にマカンパ単板を用いた合板(K—U₂₀)についてみると、マヤピス合板に比べて全体的に接着力、木破率が大きな値を示し、含水率との関係ではマヤピス合板の場合とほとんど同じ傾向がみられる。

Table 6 はフェノール樹脂接着剤によりマヤピスおよびマカンパ単板を接着した合板(L—P₂₀, K—P₂₀)の接着力、木破率で、ここでは表裏、心板とも4段階の含水率について試験している。これらは前回のユリア樹脂接着剤の場合にくらべて試験条件が過酷であるにもかかわらず、全体的に接着力、木破率が大き

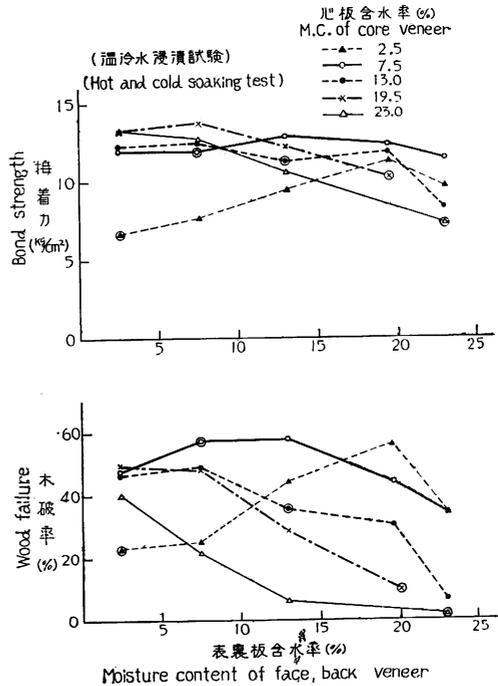


Fig. 5 単板含水率と接着力との関係 (L—U₂₀)
Relationship between moisture content of veneer and bond strength (L—U₂₀).
Species : mayapis, adhesive : urea resin, glue spread : 20g/(30cm)².

上、円でかこんでいる点)の接着力をみると、7.5%のとき接着力が最も大きく、13.0%、19.5%ですこしずつ低下し、2.5%、23.0%のとき接着力が著しく低下している。次に心板含水

く、含水率との関係はユリア樹脂接着剤の場合と低含水率の組合せをのぞいてほぼ類似した傾向を示す。ただ低含水率における接着力および木破率の低下は非常にすくなく、接着剤の差があらわれているように思われる。

2) 接着剤の塗付量に関連して

マヤピス単板をユリア樹脂接着剤の塗付量をかえて接着した合板 (L-U₁₀, L-U₃₀)の結果を Table 7 に、また、表裏板、心板の含水率が等しい場合の結果のみぬきだして、Fig. 6 に示す。ここでは塗付量以外の接着条件は Table 4 の標準条件と同じにし、Table 5 に示した塗付量 20g/(30cm)² の場合と対照させている。

Table 7 の塗付量 10g/(30cm)² の結果をみると、前回の塗付量 20g/(30cm)² の場合より全体的に接着力、木破率が小さく、とくに低含水率での接着力の低下が著しい。そして構成単板の含水率が等しい場合、接着力が最大値を示す含水率は塗付量 20g/(30cm)² のときより高含水率にずれ、12.5%の方が8.0%のときよりも大きくなっている。また心板含水率が一定で表裏板含水率が変化する場合も、心板含水率が10%以下のときは表裏板の含水率がたかいかほど接着力が大きくなる傾向がみられる。

次に塗付量 30g/(30cm)² のときは全体的に接着力が大きくなり、とくに低含水率の組合せでの接着力の低下はすくない。しかし高含水率の組合せでは 20g/(30cm)² の場合と同様、接着力の低下が大きい。

以上の結果から、上記の条件における単板含水率と接着力との関係を総括して次のようなことがいえる。

(1) ユリア樹脂接着剤により接着し、塗付量 20g/(30cm)² 程度のとき、最適含水率は7~10%と思われる。しかし構成する単板の含水率がいずれも5~20%の範囲内にあり、それらを平均した含水率が5~15%程度であれば十分良好な接着力がえられる。このさい一方の単板含水率が上記の適正含水率より低い場合、組み合わせる他の単板の含水率は適正含水率より高い方が接着力は大きく、その逆の場合も同様なことはいえる。

(2) フェノール樹脂接着剤で塗付量 20g/(30cm)² 程度の場合、適正含水率はユリア樹脂接着剤の7~10%よりやや低い値のように思われ、含水率の異なった組合せに対しては、構成する単板の含水率を平均した値が2~15%の範囲であれば一応十分な接着力がえられる。

(3) ユリア樹脂接着剤の場合、塗付量がすくなくなると接着力が全体的に小さくなり、適正含水率は高含水率にずれる。そして含水率の影響を敏感にうけ、一定の接着力の基準を設けたときの許容含水率範囲はせまくなる。

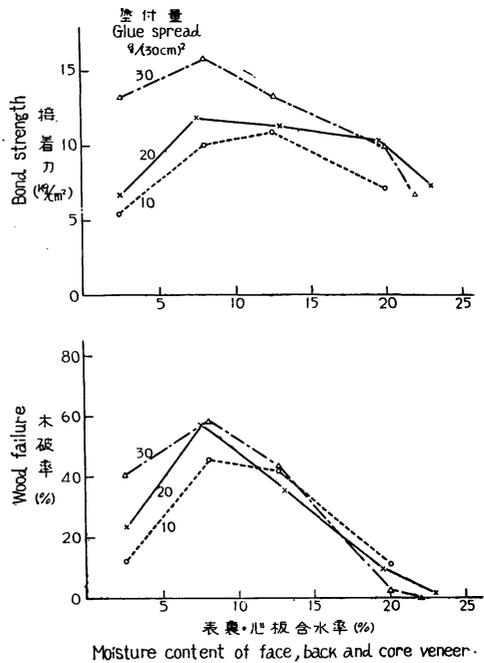


Fig. 6 単板含水率と接着力との関係
— 接着剤の塗付量 —
Relationship between moisture content of veneer and bond strength—glue spread—.
Species : mayapis, adhesive : urea resin.

Table 8. 単板含水率と合板の狂いとの関係 (マカンバ)
Relation ship between moisture content of veneer and warp of plywood (Birch).

M. C. at warp measurement 狂いの種類 Type of warp 含水率の組合せ Combination of M. C. (actual M. C.) (%)	10.8%			17.1%			1.7%		
	(9.0~11.8)			(16.1~18.3)			(1.5~2.0)		
	h _a (mm)	h _b (mm)	h _c -h _a (mm)	h _a (mm)	h _b (mm)	h _c -h _a (mm)	h _a (mm)	h _b (mm)	h _c -h _a (mm)
C ₂ -F ₂ (2.5-2.5)	0.08	0.44	0.64	0.15	0.55	2.81	0.18	0.16	1.63
C ₂ -F ₇ (2.5-7.5)	0.11	0.16	0.64	0.25	0.54	1.37	0.32	0.42	2.22
C ₂ -F ₁₂ (2.5-14.0)	0.20	0.25	1.08	0.21	0.30	0.26	0.19	0.85	2.57
C ₂ -F ₁₇ (2.5-21.5)	0.53	0.28	1.33	0.36	0.21	0.08	0.84	0.53	2.90
C ₇ -F ₂ (7.5-2.5)	0.15	0.43	0.35	0.17	0.31	2.04	0.21	0.27	2.33
C ₇ -F ₇ (7.5-7.5)	0.15	0.25	0.64	0.22	0.23	0.99	0.47	0.70	2.67
C ₇ -F ₁₂ (7.5-14.0)	0.08	0.35	0.97	0.07	0.16	0.31	0.21	0.93	2.74
C ₇ -F ₁₇ (7.5-21.5)	0.65	0.29	1.16	0.27	0.19	0.42	1.05	0.46	2.72
C ₁₂ -F ₂ (14.5-2.5)	0.14	0.54	1.03	0.18	0.43	1.16	0.22	0.91	2.98
C ₁₂ -F ₇ (14.5-7.5)	0.14	0.45	1.79	0.08	0.40	0.51	0.43	1.09	3.42
C ₁₂ -F ₁₂ (14.5-14.0)	0.17	0.30	1.59	0.08	0.21	0.45	0.25	0.81	3.13
C ₁₂ -F ₁₇ (14.5-21.5)	0.20	0.54	1.65	0.30	0.35	0.37	0.42	1.50	3.31
C ₁₇ -F ₂ (20.5-2.5)	0.13	0.21	1.31	0.27	0.37	0.87	0.47	0.68	3.33
C ₁₇ -F ₇ (20.5-7.5)	0.07	0.48	1.35	0.07	0.29	0.23	0.17	1.01	2.92
C ₁₇ -F ₁₂ (20.5-14.0)	0.16	0.41	1.72	1.07	0.10	0.23	0.27	1.39	3.24
C ₁₇ -F ₁₇ (20.5-21.5)	0.93	0.30	1.69	1.44	1.15	0.52	1.63	1.36	3.26

Number of specimens : 5. Adhesive : urea resin, glue spread : 20g/(30cm)².

Table 9. 単板含水率と合板の狂いとの関係 (Mayapis)
Relationship between moisture content of veneer and warp of plywood.

M. C. at warp measurement 狂いの種類 Type of warp 含水率の組合せ Combination of M. C. (actual M. C.) (%)	11.5%			20.3%			2.0%		
	10.3~12.2			19.6~21.3			1.7~2.2		
	h _a (mm)	h _b (mm)	h _c -h _a (mm)	h _a (mm)	h _b (mm)	h _c -h _a (mm)	h _a (mm)	h _b (mm)	h _c -h _a (mm)
C ₂ -F ₂ (2.0-2.5)	0.17	0.32	0.53	0.52	0.11	0.93	0.15	0.22	0.57
C ₂ -F ₇ (2.3-8.0)	0.22	0.05	0.17	0.48	0.16	0.61	0.29	0.26	0.53
C ₂ -F ₁₂ (2.0-12.5)	0.06	0.17	0.30	1.32	0.06	0.62	0.06	0.11	0.51
C ₂ -F ₁₇ (2.0-18.5)	0.05	0.06	0.22	0.10	0.14	0.41	0.10	0.25	0.65
C ₇ -F ₂ (8.0-2.5)	0.16	0.22	0.42	0.39	0.13	1.02	0.16	0.13	1.04
C ₇ -F ₇ (8.0-8.0)	0.13	0.07	0.49	0.26	0.14	1.11	0.13	0.16	0.97
C ₇ -F ₁₂ (8.0-12.5)	0.07	0.15	0.40	0.18	0.13	0.21	0.09	0.18	0.76
C ₇ -F ₁₇ (8.0-18.5)	0.06	0.09	0.18	0.05	0.11	0.31	0.14	0.19	0.64
C ₁₂ -F ₂ (12.5-2.5)	0.23	0.12	0.40	0.47	0.29	0.54	0.35	0.38	0.81
C ₁₂ -F ₇ (12.5-8.0)	0.23	0.28	0.34	0.34	0.18	0.51	0.26	0.55	0.64
C ₁₂ -F ₁₂ (12.5-12.5)	0.20	0.30	0.38	0.26	0.18	0.49	0.22	0.54	0.88
C ₁₂ -F ₁₇ (12.5-18.5)	0.11	0.24	0.53	0.14	0.16	0.26	0.18	0.52	1.07
C ₁₇ -F ₂ (18.5-2.5)	0.23	0.32	0.40	0.37	0.30	0.41	0.35	0.66	1.30
C ₁₇ -F ₇ (18.5-8.0)	0.07	0.14	0.50	0.21	0.16	0.23	0.07	0.36	1.09
C ₁₇ -F ₁₂ (18.5-12.5)	0.06	0.21	0.41	0.10	0.16	0.15	0.08	0.41	1.02
C ₁₇ -F ₁₇ (18.5-18.5)	0.08	0.31	0.39	0.06	0.16	0.06	0.25	0.49	1.08

Number of specimens : 5. Adhesive : urea resin, glue spread : 20g/(30cm)²

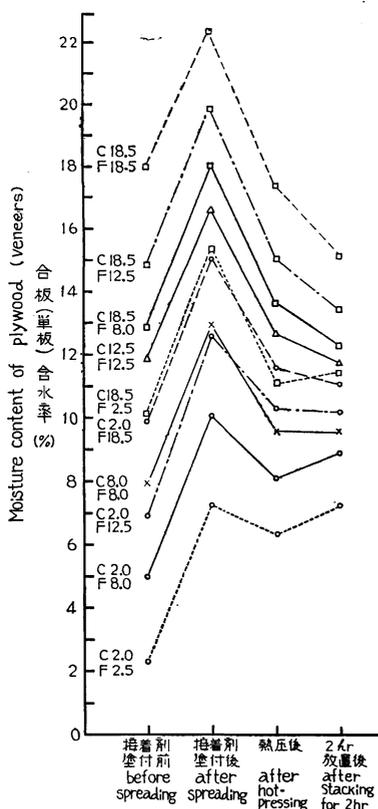


Fig. 7 接着時における合板含水率の経過
Progress of moisture content of plywood during gluing.
Adhesive : urea resin, glue spread : 20g/(30cm)².

このように接着剤の種類,あるいは塗付量がかわれば,付与される水分が異なり,各接着条件に対して適正含水率あるいは許容含水率の範囲を劃一的に示すことはできない。しかし生産工程で行なわれている接着条件に対しては,許容される含水率範囲を上記のようにユリア樹脂接着剤で5~15%,フェノール樹脂接着剤で5~15%程度と考えるとよからう。

3.2 合板の狂い

各種含水率の単板を組み合わせたマカンバおよびマヤビス合板の狂いを Table 8, 9 に示す。含水率の組合せは前述のとおり表裏板と心板をそれぞれ4段階に変化させた16種類で,熱圧直後の含水率は Fig. 7 のように含水率の組合せによって著しく異なるが,その後の調湿によってそれぞれ吸湿あるいは乾燥して外気の平衡含水率に近づき,測定時にはほぼ近似した含水率になっている。

測定結果のうち,最初に表裏,心板含水率の等しい組合せのみをぬきだして狂いを比較してみよう。

Fig. 8 はマカンバ合板の狂いで,表板繊維に平行方向の彎曲 (h_a) および表板繊維に直角方向の彎曲 (h_b) に比べて,捩れ (h_c-h_a) が著しく大きい。そして接着時の単板含水率とこれらの狂いとの関係を見ると,測定時の合板含水率が約11%のとき,彎曲 (h_a) および捩れは単板含水率10%以下の組が,それ

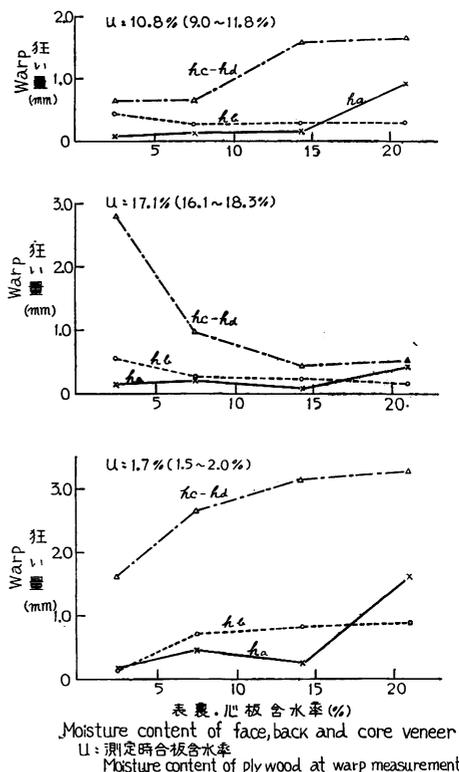


Fig. 8 単板含水率と合板の狂いとの関係 (マカンバ)

Relationship between moisture content of veneer and warp of plywood (Birch).
Adhesive : urea resin, glue spread : 20g/(30 cm)².
 h_a : bow of plywood parallel to fiber direction of face veneer, h_b : bow of plywood perpendicular to fiber direction of face veneer, h_c-h_a : twist of plywood.

以上の組より小さく、彎曲 (h_b) は含水率によってほとんど差がない。しかし、全体としては 7.5% の組の狂いが最もすくないように思われる。また、この合板を吸湿させて約 17% になったとき、彎曲 (h_a, h_b) は接着時の単板含水率による差がすくなく傾向が明らかでないが、捩れは接着時の含水率のひくいものが大きくなり、2.5% の組では著しく大きな値を示す。そして彎曲、捩れを総合して 14.5% の組の狂いが比較的小ないように思われる。次にこの合板が乾燥して約 2.0% になったとき、全体的に狂いは増大し、彎曲 (h_a) をのぞいて接着時の単板含水率のたかいものほど狂いの大きい傾向がみられる。

Fig. 9 は同様にマヤビス合板について構成単板の含水率の等しい組合せをぬきだしたもので、マカンバ合板に比べて狂い量が著しく小さく、測定時の合板含水率約 11% の場合は傾向が明らかでないが、これらが吸湿あるいは乾燥したときマカンバ合板と同様なことがいえるように思われる。すなわち、測定時合板含水率が約 20% のときは接着時の単板含水率の高いものほど全体的に狂いがすくなく、また、測定時合板含水率が約 2% のときは低含水率の単板を接着したもの狂いがすくない。

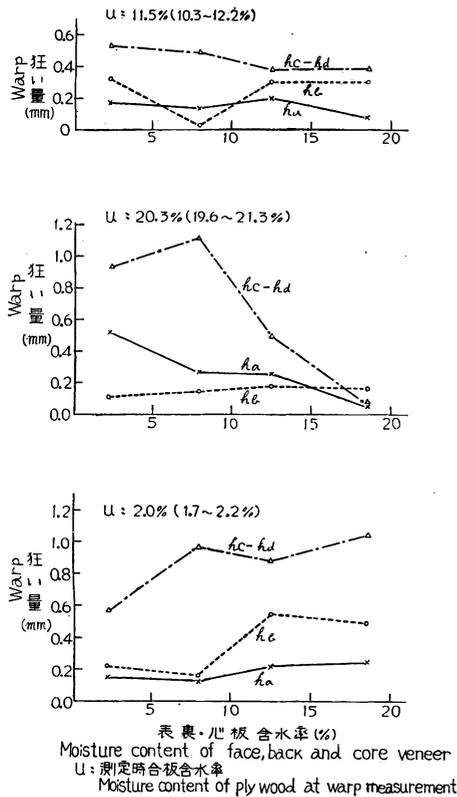


Fig. 9 単板含水率と合板の狂いとの関係 (Mayapis)

Relationship between moisture content and warp of plywood.

Adhesive: urea resin, glue spread 20g/(30cm)².

h_a : bow of plywood parallel to fiber direction of face veneer, h_b : how of plywood perpendicular to fiber direction of face veneer, h_c-h_d : twist of plywood.

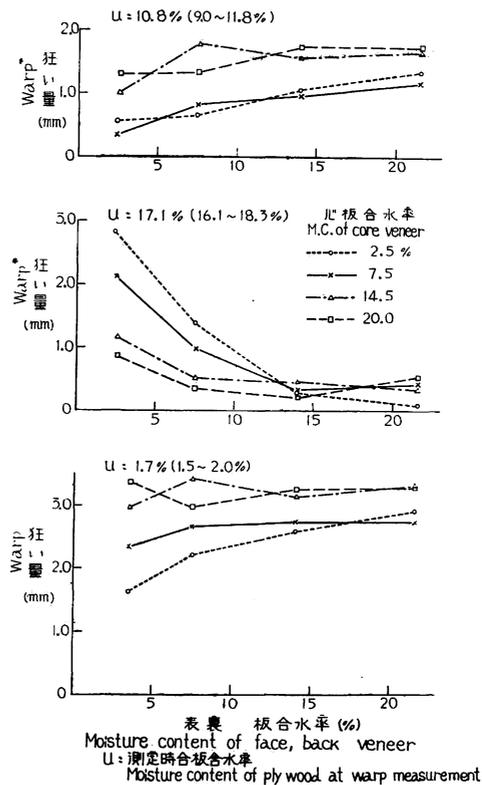


Fig. 10 単板含水率と合板の狂い (捩れ) との関係 (マカンバ)

Relationship between moisture content of veneer and warp (twist) of plywood (Birch).

Adhesive: urea resin, glue spread: 20g/(30cm)².

*Twist of plywood.

Table 8, 9 に示した狂いのうち、表裏板と心板の接着時含水率が異なる組合せについては、測定結果が非常にばらつき傾向を見いだすがたいが、狂いの絶対値の大きいマカンバ合板の振れについて、各一定心板含水率ごとに表裏板含水率が変化したときの値をプロットすると Fig. 10 がえられる。

ここでは測定時合板含水率約 11% のとき、心板含水率 14.5% の組をのぞいて、表裏板含水率が 10% 以下のものが 10% 以上のものよりやや小さいように思われ、また心板含水率に対しても 10% 以下の組が 10% 以上の組より小さい。測定時合板含水率約 17% のときは、同一心板含水率に対して表裏板含水率のひくいものの方が振れは大きく、心板含水率のひくい組ほどこの傾向が著しい。さらにこれらの合板を約 2% に乾燥したとき、心板含水率 2.5% の組では表裏板含水率がひくいものほど振れは小さくなり、心板含水率の高い組では全体に振れが大きい。

以上の結果のなかで、共通した傾向として次のようなことがいえる。狂いを測定するときの合板含水率が 10~12% 程度のときは、接着時単板含水率が 10% 以下のものの狂いがすくなく、合板含水率がさらに高い 17~20% になるときは、単板含水率が 15% あるいはそれよりやや高い含水率のものの狂いがすくない。また合板が極端に低含水率になるときは、できるだけ含水率のひくい単板を用いることがのぞましい。このように合板の狂いのすくない単板含水率は、測定時の合板含水率によって異なり、このときの合板含水率（実際の場合合板使用時の外周空気の平衡含水率）に近い値、ないしはそれよりやや低い値のように思われる。

一方、合板の狂いの原因を考えてみると、ここでの試験条件のように 3 ply で表裏板の厚さが等しく、これらの含水率が同一に変化する場合、材料的に均質なものの組合せであれば狂いは生じないはずである。しかし、実際には単板の木取りや材質に必ずある程度の差があり、吸湿あるいは乾燥によって両面での応力の不釣合を生じ狂いがおこる。そのときの変形の機構は非常に複雑なものであろうが、すくなくとも接着後の合板が外周条件に平衡することによって生ずる収縮、あるいは膨張応力の絶対値が小さいほど、これらのアンバランスが小さく、狂いもすくないものと考えられる。

そのためには接着によって寸法を固定する瞬間の単板含水率が、接着後合板がおかれる外周条件の平衡含水率に近似していることが必要となる。具体的には、接着剤によって付加される水分量や単板内での含

Table 10. 直交 2 ply 合板の彎曲
Bow of plywood constructed with two veneers in cross direction.

樹種 Species	接着時単板含水率 M. C. of veneer at bonding	彎曲最小の合板含水率 M. C. of plywood obtaining min. degree of bow	含水率差* Difference between two M. C.
Mayapis	3.5	11.7	8.2
〃	10.9	15.1	4.2
〃	22.2	25.2	3.0
マカンバ Birch	10.5	14.8	4.3

* 接着時単板含水率と彎曲最小の合板含水率との差

Difference between M. C. of veneer at bonding and M. C. of plywood obtaining min. degree of bow.

Size of specimens : 3×28cm, adhesive : urea resin, glue spread : 20g/(30cm)².

水率分布が塗付後の時間の経過に支配され、これによる単板の膨潤も含水率増加と直線関係にあるとはいえないので、上記の寸法を固定する瞬間の単板含水率を正確に知ることは困難であろうが、次のような実験によって概略の値は推定できた。

今まで狂いを測定した合板（1：2：1 mm）を中心面で切断した場合を考え、1 mm 2 ply 直交合板を前記の標準的接着条件によってつくる。これを一方の繊維方向と直角方向に短冊型（幅 3 cm）に切断し、吸湿により彎曲が最小になる含水率を求める。その結果は Table 10 のとおりで、接着剤塗付前の単板含水率が 10～11% 程度のとき、彎曲が最小となる合板含水率は約 15% で両者の差は約 4% である。一方、ここで使用した単板、接着剤条件について、接着剤液中の水分が全部単板に吸収されたとして計算すると、ラワンの場合含水率増加は約 6% と推定され、上記の含水率差はこの値の 2/3 にあたる。このような接着前の単板含水率と彎曲が最小となる合板含水率との差は、測定結果においてみられるように単板含水率によって異なり、接着条件によっても変化するものと思われるが、一般に生産工程で行なわれている条件では、この含水率差を 3～5% 程度と考えるとよからう。

したがって、狂いの比較的すくない合板をつくるための単板含水率は、合板が使用される空気条件の平衡含水率よりこの含水率差だけひくい値ということになり、今までの測定結果も上記の考え方と矛盾しておらないように思われる。そして合板が使用時におかれる空気条件の平衡含水率は室内、室外で異なるが、一応 10～13% とされており、合板の狂いの面からみた単板の適正含水率は、この平衡含水率から上記の含水率差をひいた含水率、すなわち 5～10% 程度と考えることができよう。

Table 11. 単板含水率と合板の表面割れとの関係

Relationship between moisture content of veneer and surface checking of plywood.

くりかえし回数 Cycle	2		3		4		4	
	測定時合板含水率 M. C. at checking measurement		1.2～1.6%		1.4～1.6%		7.3～8.4%	
含水率の組合せ Combination of M. C. (actual M. C.)%	本数 Number	総長さ Total length (mm)	本数* Number	総長さ Total length (mm)	本数 Number	総長さ Total length (mm)	本数 Number	総長さ Total length (mm)
C ₂ -F ₂ (2.5-2.5)	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₂ -F ₇ (2.5-7.5)	0	0	0.3	1.7	0.3	1.7	0.3	1.7
C ₂ -F ₁₂ (2.5-14.0)	0	0	0.6	6.0	5.0	36.7	4.0	25.3
C ₂ -F ₁₇ (2.5-21.5)	0.3	5.0	19.3	183.0	43.7	386.0	31.7	277.7
C ₇ -F ₂ (7.5-2.5)	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₇ -F ₇ (7.5-7.5)	0	0	0	0	0.3	4.0	0.3	3.3
C ₇ -F ₁₂ (7.5-14.0)	0	0	0.5	6.8	11.0	77.3	5.3	44.8
C ₇ -F ₁₇ (7.5-21.5)	1.0	9.3	19.0	160.6	90.7	629.7	42.7	392.7
C ₁₂ -F ₂ (14.5-2.5)	0	0	0.3	1.0	0.7	4.3	0.3	1.7
C ₁₂ -F ₇ (14.5-7.5)	0	0	0.3	1.3	0.3	1.3	0.3	1.3
C ₁₂ -F ₁₂ (14.5-14.0)	0	0	2.0	17.5	6.8	51.0	2.3	19.8
C ₁₂ -F ₁₇ (14.5-21.5)	1.0	10.8	15.3	136.8	39.8	377.5	18.8	195.5
C ₁₇ -F ₂ (20.5-2.5)	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₁₇ -F ₇ (20.5-7.5)	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₁₇ -F ₁₂ (20.5-14.0)	0.5	5.8	1.0	10.5	3.0	27.3	1.8	17.5
C ₁₇ -F ₁₇ (20.5-21.5)	0.3	1.7	10.0	80.6	29.7	209.0	13.3	123.0

* Number of face checking are shown by average value, Number of specimens : 4,
Species : birch, Adhesive : urea resin, Glue spread : 20g/(30cm).

3.3 合板の表面割れ

各種の含水率を組み合わせたマカンバ合板について、吸湿と乾燥をくりかえしたときの表面割れの発生経過を Table 11 に示す。ここでは合板4枚について各回のくりかえしの終了時、すなわち乾燥時に表板に発生した割れの本数と長さを測定し、1枚あたりの平均値を求めている。

Table 11 によれば、各組とも2回目のくりかえしまでは割れはほとんど現われず、わずかに表板の含水率のたかい組に平均値で1本ないしはそれ以下の割れがみとめられるにすぎない。しかし、3回目以降、割れははだいに増加し、各心板含水率とも表裏板含水率の高いものほど割れが著しい。また、心板の含水率との関係は、同一な表裏板含水率に対して心板含水率 20.5% (C_{17}) の組が最も小さくなっているが、全体としては表板の場合のような明確な傾向はみとめられない。なお、ここではできるだけ表面の状態が観察しやすいように、合板含水率の非常にひくい状態で測定しているが、4回目の結果でみられるように実際には割れていても含水率が高くなると肉眼的にみとめられる割れは非常にすくなくなる。

合板の表面割れについては従来からいろいろな報告があるが^{3) 4) 5) 6)}、現象的には表面単板が外気の状態変化により収縮、膨張応力をくりかえしてうけ、単板が部分的に切断するもので、単板の裏割れや接着力の低下ないし接着層の破壊がこれを助長しているように思われる。したがって、表裏板が含水率の高い状態で接着されておれば、表裏板は終始して引張り応力をうけることになり、単板の品質が同じであればここでの応力の大きいものの方が表面割れを生じやすく、表面含水率のたかいものほど表面割れが多いのは当然の結果といえよう。逆に表板が含水率のひくい状態で接着されたものは、終始して圧縮応力をうけており、表面割れは生じにくいはずである。

接着後の表面単板のうける応力が引張りから圧縮にかわる限界含水率は、前項の狂いについてのべたのと全く同様に、合板がおかれる外周条件の平衡含水率によってきまり、標準的な単板含水率、接着条件に対しては外気の平衡含水率より3～5%程度ひくい値と考えられる。このような意味から表面割れに対してのぞましい単板含水率は、狂いについて適正含水率として示した値以下ということができよう。

4. む す び

以上、接着時の単板含水率について合板の接着力、狂い、表面割れとの関係を個々に求め、これらの品質に対してのぞましい含水率の範囲を検討してきた。

その結果、接着力に関しては接着剤の種類や塗付量などによって適正含水率の範囲はかなり相違するが、塗付量がある程度以上多い場合、ユリア樹脂接着剤では5～15%、フェノール樹脂接着剤では2～15%の範囲でかなり良好な接着力がえられることが示された。また、合板の狂いについては使用時、合板のおかれる外周条件によってきまり、一般的な条件に対する適正含水率は5～10%程度と推定される。さらに合板の表面割れに対しては表面単板の含水率が狂いに対する適正含水率以下であることがのぞましいように思われる。

このようにそれぞれの品質によって好ましい単板含水率は異なり、使用目的によっては接着力のみが重視される場合もありうるが、このような合板では単板含水率は上記のような、かなり広い範囲について許容されるものと思われる。しかし、使用時の合板の狂いや、表面割れのすくないことが同時に要求される場合、単板含水率は10%以下であることがのぞましく、このことは表裏板単板についてとくに重要である。したがって、これらの品質全体に対する適正含水率の範囲は、接着力の下限含水率を考慮して5～10

%程度と考えるべきであろう。ただし、心板含水率は5～15%の範囲であれば、実用上の障害はすくないものと思われ、生産工程では表裏板含水率を5～10%におさえ、これに組み合わせる心板含水率を10～15%にすることが、接着力、歩止りの点から有利ではないかと考えられる。

この試験でとりあげている接着時単板含水率と乾燥における仕上り含水率とは、板内のばらつきの状態を考慮したとき、相当異なる場合があるが、乾燥から接着までの時間がそれほど長くなくしかも平均含水率を問題にするときは、両者を同一とみなしてよい。したがって、この試験により単板の乾燥工程で目標とすべき仕上り含水率の基準は、上記のように一応求められたものと思われる。しかし、これらの含水率範囲をこえた場合の品質低下を定量的に示し、単板内の含水率のばらつきの問題をふくめて生産工程における許容限度を求めるためには、さらに広範な試験が必要であろう。

文 献

- 1) 堀岡邦典：材質改良に関する研究 (IV) 接着に関与する木材の性質，林試研報，89，(1956)
- 2) NORTHCOTT, P. L., W. H. HANCOCK and H. G. M. COLBECK: Water relations in phenolic (plywood) bonds, For. Prod. Jour., 12, 10, (1962)
- 3) 山岸祥恭・岡田幹夫：合板製品の表面割れについて，林業指導所研究報告，14，(1959)
- 4) ELMENDORF, A. and T. W. VAUGHAN: Means for reducing the checking of Douglas-fir plywood. For. Prod. Jour., 10, 1, (1960)
- 5) 北原覚一・小矢野行雄：合板の表面割れに関する研究 (III) 接着状態と表面割れとの関係について，木材工業，16, 8, (1961)
- 6) 柳下 正・岡西高男：合板の表面割れに関する研究 (I)，林試研報，167，(1964)
- 7) 筒本卓造・佐藤庄一：単板乾燥法に関する研究 (III) 仕上り含水率の均一化について，林試研報，130，(1961)

Moisture Content of Veneer Related to Quality of Plywood.

Takuzō TSUTSUMOTO, Shōichi SATŌ and Masashi YAGISHITA

(Résumé)

This investigation has been conducted to clarify the relationship between the moisture contents of veneers before glue spreading and the quality of plywood constructed with these veneers, such as bond strength, warp and face checking, and then to obtain the optimum moisture content at the final stage of veneer drying according to the relationship abovementioned.

The species used in this test were mayapis (*Shorea squamata* DYER) and birch (*Betula maximowicziana* REGEL), and the construction of plywood and the combination of moisture contents of veneers are shown in Table 1 and Table 2, respectively. The veneers were glued mainly with urea formaldehyde resin adhesives and the gluing condition was as follows:

Glue spread : 20g/(30cm)² double glue line, closed assembly time : 5~10 min, cold pressing: 10kg/cm², 1 hr, hot pressing : 8 kg/cm², 110°C, 3 min.

The gluing condition of phenol formaldehyde resin adhesive used in the test of bond strength was the same as the above except in the case of hot pressing at 135°C for 5.5min.

The outline of results obtained from this test are summarized as follows:

1. Relation to bond strength of plywood

On the plywood glued with the urea formaldehyde resin adhesive, the maximum bond strength was obtained when the moisture content of veneer before glue spreading was in the range of 7 to 10%, however, the veneers could be bonded adequately in the much wider range of 5 to 15% (Table 5, Fig 4, 5).

In the case of phenol formaldehyde resin adhesive the moisture contents of veneers to obtain an adequate bond strength were in the range of 2 to 15% (Table 6, Fig.4).

2. Relation to warp of plywood

The minimum degree of warp of plywood could be obtained when the moisture contents of veneers before glue spreading were slightly lower than the moisture content of plywood at the measurement of warp (Table 8, 9, Fig. 8, 9, 10).

From the results of the complementary test, the difference between the moisture content of veneer and that of plywood to obtain the minimum degree of warp was about 4% in the standard condition of plywood production of this test (Table 10).

On the other hand, the abovementioned moisture content of plywood at the measurement of warp, in practice, accords with the equilibrium moisture content of the environment in which the plywood was exposed after bonding, and it is usually in the range of 10~13%.

It may be concluded, therefore, that the most suitable moisture content of veneer to control the warp of plywood is in the range of 5 to 10%.

3. Relation to surface checking of plywood

The occurrence of surface checking due to the repetition of moisture-sorption and drying could be decreased by using surface veneer with lower moisture content (Table 11).

In order to avoid the face checking of plywood, it seems desirable that the moisture content of surface veneer be lower than the suitable value to control the warp of plywood.