

塗装木材の塗膜割れについて（第1報）

合板と素材の比較

中 村 章⁽¹⁾

川 村 二 郎⁽²⁾

I ま え が き

現在、木製品はほとんどの場合、塗装を施して用いられている。合板もその例にもれず、近年合板の利用範囲拡大により、従来行なわれていた塗装のほかにプレフィニッシュ、プリント合板のように塗装した合板が大量に作られるようになった。この塗装の目的は、材面の保護と美化にある。保護とは主として木材の汚染、吸湿、磨耗等を防ぐことであり、効果的な塗装を施した木材は含水率分布曲線の急傾斜によって起こる表層の急激なる膨張、収縮を防いで狂いを防ぎ、合板等にあっては接着層を保護する。

しかるに、この塗装も時間の経過とともに、塗膜にメワレ、ヒワレと称する割れを生じることがしばしばあり、はなはだしくなると塗りなおしを必要とするようになる。

このような割れが塗膜に存在することは、さきに述べた塗装の目的である美観や木材の保護の役目を損い、木製品の価値を低下させ、致命的な欠陥となることも少なくない。

このような塗膜の欠陥である塗膜割れの原因は、塗料自体の欠陥、すなわち塗料組成上の問題と塗装工程（施工法）および被塗材に関係しているもの等が考えられている。これらの原因のうちで被塗材としての木材が塗膜割れにおよぼす影響については、金属その他の材料にみられない特異な基礎的諸問題を内蔵していて、研究されたものが少なかった。木材塗装の場合、極端な厚塗りを除いて、木理と同じ方向性のある塗膜割れを生じることから、被塗材にも原因があることがわかる。

この研究では、素材と合板の温度、水分変化に対する寸法変化の割合（繊維と直角方向）を比較したとき、合板のほうがはるかに安定しているのに塗装されたとき素材のそれよりも多数塗膜割れを発生すると いわれているので、その原因追求と合わせて、木材塗装における塗膜割れの原因を解明するために、塗膜自体の動き、強さ、塗膜割れを起こさせる木材の諸因子の働きを観察し、それらを総合して塗膜割れの原因と考えられるもののいくつかを求めた。

この研究では、木材、すなわち被塗材自体が割れることによって起こる塗膜割れと、それ以前に起こる塗膜割れを区別し、後者の研究を行なった。

この研究は、木材部合板研究班の共同研究の一環として行なったものである。

研究にあたり、ご指導とご援助をたまわった上村木材部長、岩下材質改良研究室長、同室員、合板研究班の方々、実験に多大の協力をいただいた東京農業大学林学科学学生福田耕三、中川平八郎両君、またインストロン試験機使用についてご便宜をたまわった武田薬品工業KKに深く謝意を表する。

(1) 木材部材質改良科長

(2) 木材部材質改良科材質改良研究室

II 予 備 試 験

塗膜割れの原因について大別すると、次の 3 つのことが考えられる。

- (1) 塗料組成
- (2) 塗装工程（施工法）
- (3) 被塗材

これらの原因のなかで、特に被塗材の影響を調べる必要から、本実験に先だって使用する塗料および塗装方法が塗膜割れとどう関係するかを調べる必要から、あらかじめ次の試験を行なった。

1. 金属板による塗膜割れ試験

目 的

一般に、もっとも広く利用されているニトロセルロースクリヤーラッカー（以下ラッカーと略記する）塗料を使用するため塗料自体に組成上の欠陥はないか、乾湿繰り返しによる塗膜割れ促進試験が本試験に使用する木材塗装の塗膜割れ試験に適するか否かをみるために行なった。

実験方法

ブリキ板（寸法 150×50×0.3 mm のクモりのないものをエチルアルコールとベンゼンの等量混合液で十分に洗い、圧延製作の際のロールの進行方向に沿ってできた模様板の長辺が平行になるように切り取ったもの）に目止処理はせず、ラッカーシーラー（以下シーラーと略記する）を 1 回、ラッカーを 2 回塗布し、20°C、R. H 65%中に 14 日間放置後おもに塗膜付着力、塗膜強度を低下させるために水温 25±1°C の水中に 2 時間浸漬、温度 50±1°C のなかで 2 時間乾燥を 1 サイクルとする乾湿繰り返しを 20 サイクル行ない、このパネルの平面のままでの測定と、それを直径 32mm の丸棒に沿って 1 秒間かけて 180° 屈曲させて肉眼で塗膜に割れ、はがれがないかを測定した。

結果および考察

試験結果を Table 1 に示す。

Table 1. 金属板による塗膜割れ促進試験結果
Result of dry and wet test of paints film on zinc plate.

Cycle Film condition on the zinc panel	5 cycle	15 cycle	20 cycle
Normal state	good	good	good
Panel bending *	good	many cracks	many cracks

Note : * The mandrel size of 32 mm are used for panel bending and the rate of bending is such that approximately 1 second are used for a 180 degree bend.

Finishing process : Lacquer sealer+two coats of nitrocellulose clear lacquer.

パネルの平面状態の測定では、乾湿繰り返し 20 サイクルでも塗膜割れ、はがれ等の欠陥は現われなかった。そのパネルを屈曲させ塗膜に引張り応力を与えた場合には乾湿繰り返し 15 サイクル以上では塗膜割れが多数発生した。

このことから考えられることは

- (1) 被塗材の膨張、収縮の少ないものの上に形成されたラッカー塗膜がこの過酷な条件の乾湿繰り返し

による促進試験 20 サイクルに耐えることからこのサイクル内では塗料自体に割れを生ずる組成上の欠点はないと思われる。

(2) 乾湿繰り返しによる塗膜の老化のほかに、塗膜に張力のかかるパネル屈曲では、乾湿繰り返し 15 サイクル以上では塗膜割れが発生することから、この乾湿繰り返しによって徐々に塗膜強度を低下させていることがわかるので、本実験においてこの乾湿繰り返し条件（ $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ の水中に浸漬 2 時間、 $50\pm 1^{\circ}\text{C}$ で 2 時間乾燥を 1 サイクル）を塗膜割れ促進試験方法として採用した。

2. 塗装工程試験

目 的

木材における塗膜割れ試験に採用する最適の塗装工程をみつけだすために、この実験を行なった。

実験方法

被塗材はマヤピスの 3 プレイ合板で、厚さは 3.5, 4.5mm の 2 種類、単板裏割れ多いもの、少ないものの 2 種類、各種 12 枚の試験片を準備し、# 120 のガーネットサンドペーパーで表面を軽く研磨後 Table 2 の塗料を組み合わせた Table 3 の塗装工程によって塗装を行なった。

その試験片を 20°C 、R. H. 65% 中に 14 日間放置後、端の影響の少ないほぼ中央部に、繊維方向に直角に

Table 2. 塗装工程試験に使用した目止剤および塗料
Finishing materials used for the finishing process test.

Finishing materials		Composition	Note
Fillers	Water filler	TONOKO (Body) 65g Starch glue (Binder) 3 Water 37	
	Oil filler	TONOKO (Body) 65g Gold size (Binder) 25 Mineral sprit (Thinner) 10	
Under coating paints	Lacquer sealer	Lacquer sealer : Thinner 1 : 1	13.2% Solids
	Polyurethane sealer	Polyurethane sealer : Hardener 3:1 Thinner 30%	47.8% Solids
Top coating paints	Nitrocellulose clear lacquer	Nitrocellulose clear lacquer : Thinner 1:1	23.0% Solids
	Polyurethane resin clear paint	Polyurethane : Hardener 2:1 Thinner 30%	58.7% Solids

塗装工程試験に使用した塗装工程

Table 3. Finishing processes used for the finishing process test.

Mark	Filler	Under coat*	Sanding	Top coat* (Two coats)
No. 1	None	Lacquer sealer	# 240 garnet sand paper	Nitro cellulose clear lacquer
No. 2	None	Polyurethane sealer		Polyurethane resin clear paint
No. 3	Water filler	Lacquer sealer		Nitro cellulose clear lacquer
No. 4	Water filler	Polyurethane sealer		Nitro cellulose clear lacquer
No. 5	Water filler	Polyurethane sealer		Polyurethane resin clear paint
No. 6	Oil filler	Lacquer sealer		Nitro cellulose clear lacquer
No. 7	Oil filler	Polyurethane sealer		Nitro cellulose clear lacquer
No. 8	Oil filler	Polyurethane sealer		Polyurethane resin clear paint

Note : *Spray Coating

Test pieces were sanded by the garnet sandpaper (#120) before coating.

長さ 2 cm の線を引き、塗膜割れ測定用基準線とした。

塗膜割れを促進させるために乾湿繰り返しを 5 サイクル与え、各サイクルごとに測定基準線を横切る塗膜割れ数を肉眼、10 倍（万能投影器）、60 倍（顕微鏡）で測定した。

なお、塗膜割れ観察方法を決めるにあたり、次のことを考慮した。

試験片に塗膜割れが起こる場合、大きな塗膜割れができるとその付近の塗膜にかかる応力が緩和されて割れができにくくなるのではないかと、また細かい塗膜割れが促進試験が進むにしたがい、だんだん大きく成長するのではないかと考えられる。

それゆえに塗膜割れ数のみでなく、塗膜割れの大きさ（長さ、幅）を測定する必要を感じ、試みたが、その測定は非常に困難なために、それにかえて肉眼、10 倍の万能投影器と 60 倍の顕微鏡を使用して、それで識別可能な割れ数を観測するとともに大きさの表現にも使用した。

しかし、肉眼観察で被塗材の塗膜割れに対する影響をみるには、乾湿繰り返しサイクル数が少ないためか、塗膜割れの差をはっきり見分けられなかった。それゆえに、この報告には肉眼観察結果を記述しなかったが、10 倍観察をもって肉眼観察に近いものとみなし、60 倍観察と比較した。

塗膜割れの大きさの表現方法

10 倍の万能投影器で観察できる塗膜割れは、60 倍観察においてみられる塗膜割れのうちで比較的大きなもののしかみえないので、大きな塗膜割れと本文では表現した。

60 倍の顕微鏡で観察できる塗膜割れのなかには 10 倍でみえなかった、より小さい塗膜割れと、10 倍で観察できた大きな塗膜割れも含んでいる数値なので細かい割れも含んだ塗膜割れと本文では表現した。

塗膜割れ数の表現方法

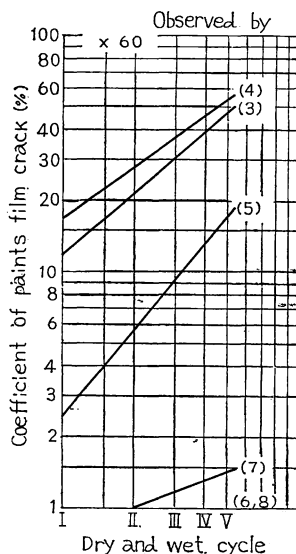


Fig. 1 各種塗装工程によって塗装された合板の塗膜割れ促進試験結果（塗装工程は Table 3 参照）

Results of paints film cracking test by various finishing process on plywood. ((3)~(8) are Nos. of finishing process shown on the Table 3. None of cracks were observed on No.6 and 8.)

塗膜割れ数の表現方法として次式に示すような塗膜割れ率 Coefficient of paints film crack を採用した。

$$\text{Coefficient of paints film crack} = \frac{\text{塗膜割れ数 (Number of paints film crack)}}{\text{道管数 (Number of vessel)}} \times 100$$

塗膜割れを観察すると、乾湿繰り返し初期の段階（5 サイクルくらいまで）では塗膜割れは道管上に大部分発生する。このため、塗膜割れは道管数の多少に関連があるので試験片はなるべく道管数の一定のものを使用しなければならないが、実際には道管数に多少差異があるので試験体間の個体差をなくすためにこの式を用いた。

結果および考察

実験結果を Fig. 1 に示す。

被塗材に目止処理をせずに塗装したもの

（塗装工程記号 No. 1, 2）は、塗料が木材に大部分吸収されてしまって連続した塗膜ができず、塗膜割れの判定が困難なためにこの結果から除外した。

塗膜割れには目止剤がもっとも関係が深く、水性目止剤を使用したものは油性目止剤のものと比較してだんぜん塗膜割れを多く発生した。これは水性目止剤が乾燥による収縮が大きく、性質がもろく割れがはいりやすく、また塗料の吸収も多いためにこのような結果になったと考えられる（Phot. 1, 2 参照）

下塗り塗料の比較では、ラッカー系シーラーよりも塗膜強度の優れているポリウレタン樹脂シーラーが良い結果を示した。このことは、上塗り塗料の比較でも同じことがいえる。

以上の結果から、次の塗装工程が塗膜割れの発生が起きやすい。

塗膜工程記号 No. 3：水性目止 2 回・シーラー 1 回・# 240 にて研磨・ラッカー 2 回

なお乾湿繰り返し 10 サイクル付近で木材に髄線割れが生じるので、本実験の目的上この木部割れによる影響をさけるため、なるべく低サイクルで判定できる塗装工程記号 No. 3 を本実験に採用し、5 サイクル以下で塗膜割れの判定を行なった。

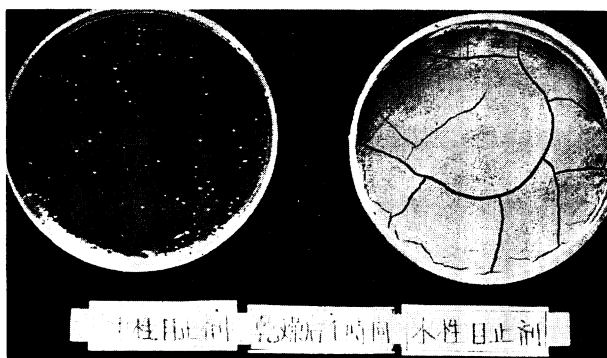
なお、以上の予備実験から考察すると、金属板においては 20 回の乾湿繰り返し試験においても塗膜割れが発生しないのに対し、合板に塗った場合乾湿繰り返し初期にそれが発生することによって、木材塗装における塗膜割れの原因が被塗材に大きく影響されていることがわかる。

Ⅲ 塗 膜 割 れ 試 験

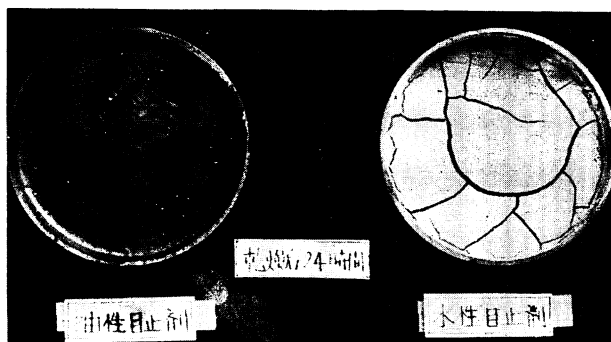
前記の予備試験によって、塗料の組成および塗装工程の条件について塗膜割れとの関係を大略検討したので、次に被塗材の塗膜割れに対する影響および原因を追求するため、まず塗膜性能試験として塗膜自体の乾湿繰り返しによる膨潤収縮ならびに塗膜引張り強度を測定し、次いで塗装木材の塗膜割れ促進試験を行ない、塗膜割れの起因となる木材の挙動を調べ、両者から塗膜割れの関係を考察した。

1. 塗膜の性能試験

1—1. 遊離塗膜の膨潤収縮



Phot. 1 目止剤の乾燥後の状態
Status of fillers after 1 hr. in drying.
Left : Oil filler, Right : Water filler.



Phot. 2 目止剤の乾燥後の状態
Status of fillers after 24 hr. in drying.
Left : Oil filler, Right : Water filler.

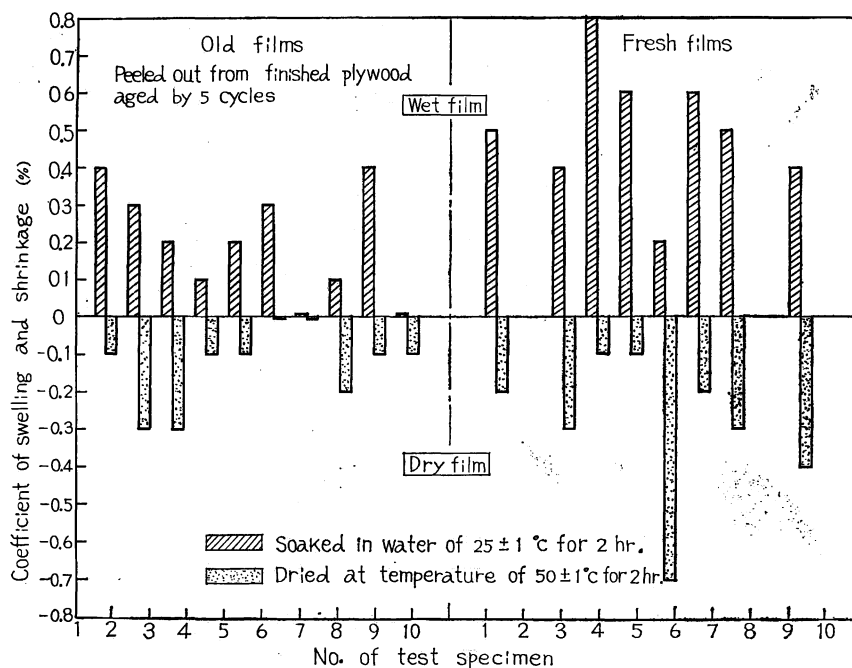


Fig. 2 乾湿繰り返し時のニトロセルロース塗膜の膨潤, 収縮率
Apparent swelling and shrinkage of nitrocellulose clear lacquer free film in a dry and wet cycle.

目的

塗膜自体が乾湿繰り返しによる水分, 温度変化によってどのような動きをするか, それが塗膜割れとどのような関係にあるかを調べるために, この実験を行なった。

実験方法

塗膜が遊離しやすいようにアルギン酸ソーダを塗ったガラス板にシーラーを1回, ラッカーを2回塗装し, 20°C, R.H. 65%中に14日間放置後水浸し, ガラス板から塗膜を遊離させた老化していない塗膜と, 乾湿繰り返し5サイクル終了後の合板から剥ぎ取った老化した塗膜を準備した。これから作製した試験片に乾湿繰り返し1サイクルを与え, 浸漬直後の膨潤長さおよび乾燥直後の収縮長さを読取顕微鏡(精度1/100 mm, ×50)にて測定した。

結果および考察

気乾状態に対する塗膜の膨潤, 収縮率を Fig. 2 に示す。

膨潤, 収縮率の動きの範囲をみると, 老化していない塗膜では大きいもので0.8~0.7%, 老化した塗膜では0.4~0.3%であった。塗膜は老化することによって塗膜自体の動きは小さくなるものと考えられる。

一方, マヤビスの素材についてこのサイクルにおける繊維と直角方向の膨張, 収縮を測定したところ, 大きいもので4.9~0.9%であった。

合板の場合測定しにくかったが, 平均0.3~0.2%くらいで, 膨張, 収縮はきわめて少ない。

したがって, 塗膜の膨潤, 収縮は素材よりはるかに少なく, 合板と比較しても5サイクル後の塗膜では同じくらいと思われる。

ゆえに、素材の場合には被塗材の膨張、収縮によって塗膜に応力をおよぼすと考えられるが、合板の場合にはその応力が少ない。

1—2. 塗膜の応力ひずみ曲線

目 的

木材に塗装されるシーラー1回・ラッカー2回の塗装工程によって作られた塗膜自体の強度を測定し、塗膜割れを起こす応力を推定するためにこの実験を行なった。

実験方法

1—1と同じ方法で遊離塗膜を作製し、大きさ10.0×100.0 (mm)、厚さ0.056 mmの試験片に切断し、INSTRON type TTCM—F (USA) で引張り破壊強度を測定し、同時にそのSSカーブより伸びおよびヤング率を測定した。

なお試験条件は23°C, R. H. 50%の中で試験を行ない、実質引張り長さは40 mm、クロスヘッドスピードは2 mm/min, 5 mm/min の2種類で行なった。

ヤング率 E は次式より計算で求めた。

$$\text{Young's modulus } E = \frac{W/A}{\Delta l/l_0}$$

W : Load, A : Sectional dimensions, Δl : Elongation, l_0 : Primary length

結果および考察

実験結果を Table 4 に示す。

Table 4. 遊離塗膜の引張り強さ、ヤング率と伸び率
Tensile strength, Young's modulus and elongation of free film.

Free film (One coat of lacquer Sealer+ two coats of nitrocellulose clear lacquer)	Tensile strength kg/cm ²			Young's modulus kg/mm ²			Elongation %		
	Min.	Max.	Ave.	Min.	Max.	Ave.	Min.	Max.	Ave.
	103.2	240.2	160.3	534.8	1128.0	921.4	1.4	3.6	2.2

Note; Numbers of test piece : 18, Testing machine : INSTRON type TTCM-F (USA),
Cross head speed : 2 mm/min, 5 mm/min, 23°C, R. H. 50%

この実験に使用した塗料（すなわち本実験に採用する塗料）は硬くもろい性質をもっている。このことはSSカーブをみてもはっきりと出ている。引張りによる伸びがニトロセルロースの一般の値（20～30%）⁽⁶⁾より非常に小さい値を示しているのは、ラッカー塗膜が元来もろい性質のうえに、下塗り塗料のシーラーを含んでいるのでこのような値になったものと考えられる。

2. 塗装木材の塗膜割れ性能試験

前に記した乾湿繰り返しによって塗膜割れを促進して、その各種試験片における割れ数を測定するとともに、その塗膜割れにおよぼす木材の挙動を調べるため、次のことを行なった。

(1) 合板と素材の比較

合板の温度、水分変化による寸法変化の割合を素材と比較したとき、合板の方がはるかに安定した材料であるのに塗装されたとき素材のそれよりも、多数塗膜割れを発生すると一般にいわれているのでそれを確認するために合板と素材の塗膜割れの比較を行なった。

(2) 単板裏割れの影響

合板の塗膜割れ発生原因の一つと考えられる単板裏割れの問題を調べるため、および、塗膜割れに裏割れが影響した報告¹⁾もあるので裏割れ程度の異なる合板を作製し、塗膜割れの比較を行なった。

(3) 被塗面における傷の影響

単板の loose side を表に出して作った合板に塗膜割れが少なくなった報告¹¹⁾があるので、この影響をはっきりさせるために素材に人工的に割れを作って健全材との比較を行なった。

(4) 道管の影響

塗膜割れの大部分が道管上に発生するので道管と塗膜割れの関係をみるために、道管径、道管の動きと塗膜割れの問題を調べた。

(5) 木理の影響

一般に合板はロータリー切削による板目が多いので、それが塗膜割れとどのような関係にあるかを考察するために、素材の木理と塗膜割れとの関係について調べた。

(6) 塗装前の熱圧の影響

合板接着時のプレスによる熱と圧縮力によって木材内部に起こった歪みが、乾湿繰り返しを受けているうちに弾性余効によって厚さ方向に復元し、表面に凹凸を作ることが考えられるのであらかじめ合板と素材の乾湿繰り返し前後における表面粗さを山本式触針仕上面試験器にて測定した。

その結果、合板では M. H. (記録された図形の特に異常な部分を除いて最大な山と谷の 3 点以上を通過する平行線を引き、その平行線の間隔を測りその倍率で除したもの) が 9.0μ から 18.1μ に変化し、素材では 6.6μ から 10.1μ に変化した。これは恐らく熱圧による影響と思われるので、熱圧と塗膜割れの関係をみるために行なった。

(7) 片面塗装と両面塗膜の比較

片面に塗装されたものと両面に塗装されたものでは、吸脱水機構が異なるため含水率、反り等に影響し当然塗膜割れへの影響が考えられる、それで合板の場合にも接着層があるために片面に塗装しても両面塗装と同じ効果が考えられるので、それを確かめるために行なった。

(8) 反りの影響

塗装木材の場合種々の原因によって起こる被塗材の膨張、収縮と塗膜の膨潤、収縮に差異のあるときおよび被塗材中で膨張、収縮が不均一であるときに反りが現われる。その反りと塗膜割れがどのように関係しているかをみるため、試験片の反りの曲率半径と塗膜割れの関係を調べた。

2-1. 供試材の調整

素 材

樹種：ラワン ; Mayapis [*Shorea squamata* (Turcz.) DYER]

試験片：大きさ 50×50 (mm)、試験片の記号、厚さおよび木理の別を Table 5 に示す。

試験片は 20°C, R. H. 65% 中にて 21 日間調湿後塗装を行なった。

合 板

樹種：素材と同じものを使用した。

単板：ロータリー単板、圧縮直前の含水率 8%，単板裏割れ程度による級分けを Table 6 に、裏割れ状態の 1 例を Phot. 3 に示す。

Table 5. 塗膜割れ試験に使用した素材
Test pieces of solid wood (base) used for the paint film cracking test.

No.	Thickness	Grain	Note	No.	Thickness	Grain	Note
L 1	2.0mm	Tangential	(A surface is scratched by a safety razor knife like as cracks in parallel to grain)	L 9	4.5	Tangential	Pretreated by hot press.
L 2	2.0	Radial		L10	4.5	Radial	
L 3	2.0	Tangential		L11	10.0	Tangential	
L 4	2.0	Radial		L12	10.0	Radial	
L 5	4.5	Tangential		L13	4.5	Tangential	
L 6	4.5	Radial		L14	4.5	Radial	
L 7	4.5	Tangential					
L 8	4.5	Radial					

Table 6. 単板割れ程度による級分け
Classification of veneer quality.

Mark of veneer quality	Lathe check ratio *
A	24~25%
C	39~47

Note ; * Lathe check ratio = $\frac{\text{Depth of lathe check}}{\text{Veneer thickness}} \times 100$.

Pitch length of lathe check of face and back veneer : 0.75~1.10mm.

製造条件：尿素樹脂 type II 配合の接着剤を使用し、塗布量 30g/30×30(cm) で塗布して冷圧 10kg/cm² で 3 hr, 熱圧 8 kg/cm², 温度 110°C で厚さ 1 mm あたり 1 min 圧縮を行なった。

合板構成：3 プライとしその構成を Table 7 に、合板中における裏割れの位置および単板の名称を Fig. 3 に示す。

試験片：大きさ、調湿は素材と同じに行なったのち、塗装を行なった。

塗 装

素地調整（研磨）：# 120 ガーネットサンドペーパーにて研磨，研削量をみるのに厚さ減少で測定したところ約 0.02~0.03 mm であった。

目止め：水性目止剤を布につけ，ていねいに道管内にすり込み充填させ，目止剤が乾燥してから表面に付着したものをふき取る操作を 2 回行なった。

目止剤の配合

Composition of water filler

砥の粉 TONOKO (Body)	60(g)
でん粉糊（結合剤） Starch glue (Binder)	3
水（希釈剤） Water	37

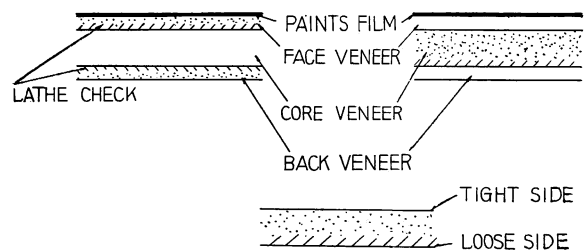
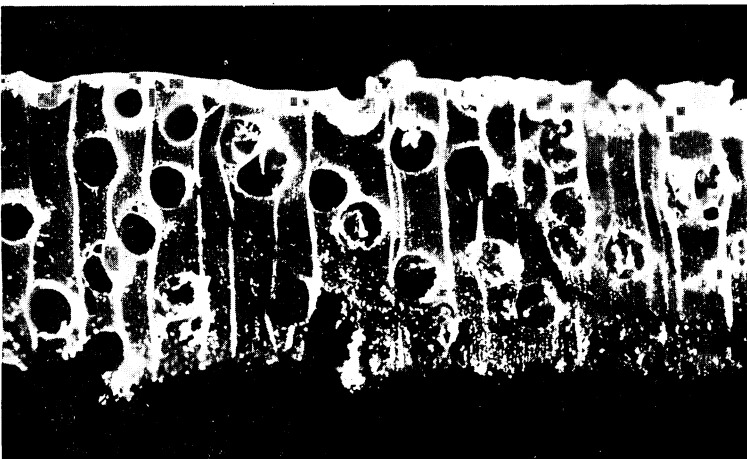


Fig. 3 Cross section of plywood construction used in the study.



Slight veneer lathe checks (Mark A) Mayapis veneer specimen.
No lathe checks are visible. ($\times 50$)



Deep veneer lathe checks (Mark C) Mayapis veneer specimen. ($\times 50$)

Phot. 3 Cross section of veneers used in the study.

下塗り：目止剤が乾燥してから、シーラー（ラッカー系）を吹付圧力 4 kg/cm^2 でスプレーにて塗装を行なった。塗布量平均 66 g/m^2 。

シーラーが硬化後、# 240 ガーネットサンドペーパーにて研磨した。

上塗り：ラッカー（不揮発分 23.0%*）を下塗りと同じ吹付条件にて 2 回塗装を行なった。塗布量平均 175 g/m^2 ，塗装合板より剝離した乾燥膜厚は $80 \sim 99 \mu$ 平均 91μ であった。

*なお不揮発分の測定には次の方法を用いた。塗料約 2 g を共栓付秤量びんに入れ、栓をして重量を測り、つぎに塗料を底面に平らに広げ栓を取り去り $105 \sim 110^\circ \text{C}$ に保った乾燥器に入れ、 3 hr 加熱し取り出したのちデシケーター中で冷してから秤量し、びんの中の残量を求め次式により不揮発分を算出した。

$$\text{不揮発分 (\%)} = \frac{\text{残量 (g)}}{\text{前重量 (g)}} \times 100$$

Table 7. 合板構成
Construction of plywood (3 ply).

No.	Thickness of plywood	Face and back veneer		Core veneer	
		Thickness	Mark of veneer quality *	Thickness	Mark of veneer quality *
P 1	3.50 mm	0.76 mm	A	2.00 mm	A
P 2	3.27	0.76	A	2.00	C
P 3	3.37	0.76	C	2.00	A
P 4	3.38	0.76	C	2.00	C
P 5	3.82	1.02	A	2.00	C
P 6	4.00	1.02	C	2.00	A
P 7	4.00	1.02	C	2.00	C
P 8	4.50	1.02	A	3.00	A
P 9	4.70	1.02	C	3.00	A

Note : *Mark of veneer quality is shown on Table 6.

Table 8. 素材の塗装された面
Finished surface of test pieces of solid wood.

No.	Finished surface	No.	Finished surface
L 1	Face	L 8	Face
L 2	Face	L 9	Face and back
L 3	Face and back	L 10	Face and back
L 4	Face and back	L 11	Face
L 5	Face	L 12	Face
L 6	Face	L 13	Face
L 7	Face	L 14	Face

合板試験片はすべて片面にのみ塗装を行ない、素材の場合には試験目的によって片面または両面塗装を行なったのでそれを Table 8 に示した。

2-2. 実験方法

(1) 合板と素材の塗膜割れの比較

試験片は合板では厚さを変えたもの、表裏、心単板の厚さ構成比を変えたもの、裏割れ程度に差異のある単板を作製し種々組み合わせたもの等の合板、P₁~P₉の9種類を製造し各種類5枚ずつを用い、素材では合板の厚さに近い2.0~4.5mmのもので桤、板目木取りのもの、同じ厚さ、木取りで片、両面塗装のもの等の素材 L₁~L₆, L₉, L₁₀の8種類とし、各種類5枚ずつを使用した。

なお、塗膜割れを促進させる乾湿繰り返し条件、割れ数測定方法および表現方法はⅡ-2に準じた。(塗膜割れの促進方法、測定、表現方法は各項とも共通なため以下省略する。)

(2) 単板裏割れの塗膜割れへの影響

単板裏割れの影響を系統的に調べるために、合板構成および裏割れ程度を種々組み合わせた試験片を使用した。

以下に、その組合せを各実験項目別に記述する。

実験項目

(A) 表板厚さの異なる場合

(a) 表板は裏割れ少ない(A)のもの

(b) 表板は裏割れ多い(C)のもの

実験項目記号	合板記号*	心板		表板	
		裏割れ程度**	厚さ(mm)	裏割れ程度**	厚さ(mm)
a	P ₂	C	2	A	0.76
	P ₅				1.02
b	P ₃	A	2	C	0.76
	P ₆				1.02

注*: Table 7 参照, **: Table 6 参照。

試験片数各種類 5 枚ずつ。

(B) 表板の裏割れ程度の異なる場合

(a) 表板は薄く, 心板は裏割れ少ない(A)のもの

(b) 表板は薄く, 心板は裏割れ多い(C)のもの

(c) 表板は厚いもの

実験項目記号	合板記号*	心板		表板	
		厚さ(mm)	裏割れ程度**	厚さ(mm)	裏割れ程度**
a	P ₁	2	A	0.76	A
	P ₃				C
b	P ₂	2	C	0.76	A
	P ₄				C
c	P ₈	3	A	1.02	A
	P ₉				C

注*: Table 7 参照, **: Table 6 参照。

試験片数各種類 5 枚ずつ。

(C) 心板厚さの異なる場合

合板記号*	表板		心板	
	裏割れ程度**	厚さ(mm)	裏割れ程度**	厚さ(mm)
P ₆	C	1.02	A	2
P ₉				3

注*: Table 7 参照, **: Table 6 参照。

試験片数各種類 5 枚ずつ。

(D) 心板の裏割れ程度の異なる場合

(a) 表板は薄く, 裏割れ少ない(A)のもの

(b) 表板は薄く、裏割れ多い(c)のもの

(c) 表板は厚く、裏割れ多い(c)のもの

実験項目記号	合板記号*	表板		心板	
		厚さ(mm)	裏割れ程度**	厚さ(mm)	裏割れ程度**
a	P ₁	0.76	A	2	A
	P ₂				C
b	P ₃	0.76	C	2	A
	P ₄				C
c	P ₆	1.02	C	2	A
	P ₇				C

注*: Table 7 参照, **: Table 6 参照

試験片数各種類 5 枚ずつ。

(3) 被塗面における傷の塗膜割れへの影響

試験片は塗装前に被塗面にカミソリの刃にて単板（裏割れ記号 A）と同じ裏割れ深さおよびピッチに傷を付けた L₇ L₈ の 2 種類で各種 5 枚ずつ、それと比較する健全な素材試験片は薄いものから厚いものまで含んだ L₁ L₂ L₃ L₄ L₅ L₆ L₉ L₁₀ L₁₁ L₁₂ の 9 種類で各種 5 枚ずつ、同じく合板は(1)に使用した P₁ ~ P₉ の 9 種類で各種 5 枚ずつを使用した。

(4) 道管の塗膜割れへの影響

道管測定のための試験片は次に記す(5)に使用した合板および素材の板目、板目片のうちからアトラムダムに抽出し、おのおの道管数 100 ~ 200 本の測定を乾湿繰り返し乾燥時と湿潤時に、万能投影器(50×)を使用して道管径および動きを測定して木理の影響による塗膜割れ数との関係を求めた。

(5) 木理の塗膜割れへの影響

試験片は(1)に使用した合板で P₁ ~ P₉ の 9 種類で各種類 5 枚ずつ、素材は厚さの異なるもの、片、両面塗装のもの、板目片 L₄ L₆ L₁₀ L₁₂ の 4 種類で各種類 5 枚ずつ、同じ条件の板目片 L₁ L₃ L₉ L₁₁ の 4 種類で各種類 5 枚ずつを使用した。

(6) 塗装前の熱圧の塗膜割れへの影響

試験片は合板では(1)に使用した P₁ ~ P₉ の 9 種類で各種類 5 枚ずつ、素材ではロータリー単板木理に似た板目木取りのものを使用し、合板と同じ圧縮条件で冷圧、熱圧処理を加えた L₁₃ の 5 枚、および合板と厚さのほぼ近い、片面塗装の L₁ の 5 枚を使用した。

(7) 片面塗装と両面塗装の塗膜割れの比較

試験片は素材を用い、片面塗装のものでは厚さ 2 mm と 4.5 mm の L₁ L₆ の 2 種類で各種類 5 枚ずつ、両面塗装のものでは厚さ 2 ~ 4.5 mm の L₃ L₄ L₉ L₁₀ の 4 種類で各種類 5 枚ずつを使用して行なった。

(8) 反り塗膜割れへの影響

曲率半径の測定は塗膜割れ試験に使用した試片全部について乾湿繰り返し乾燥と湿潤時に行った。なお測定方法を次に示す。

試片大きさが 5 × 5 (cm) の正方形であるため球面わん曲となるはずであるが、木材の場合繊維方向の

わん曲が直角方向のものに比し非常に小さいので帯状わん曲となり、たわみ曲線を偏平なる円弧の一部と考えて曲率は試片中央のたわみ δ および長さ l を読取顕微鏡（精度 1/100 mm, $\times 50$ ）にて測定して次式より曲率 ρ を求めた。

$$\rho = \frac{l^2}{8\delta} + \frac{\delta}{2}$$

2-3. 結果および考察

(1) 合板と素材の塗膜割れの比較

試験結果は合板、素材それぞれ使用した試験片全部の平均値をもって Fig. 5 に示す。

比較的大きな塗膜割れ（10倍観察）は合板が素材よりもわずかに多いが、細かい塗膜割れ（60倍観察）も含めてみたときには両者ともほとんど差がなかった。肉眼観察により近い大きな塗膜割れの観察では合板が多いので、一般に合板に塗膜割れが起きやすいといわれる一理由と考えられる。

(2) 単板裏割れの塗膜割れへの影響

(A) 表板の厚さの異なる場合

a) 表板は裏割れ少ない(A)のもの

試験結果をおのおの試験片 5 個の平均値をもって Fig. 6 に示す。

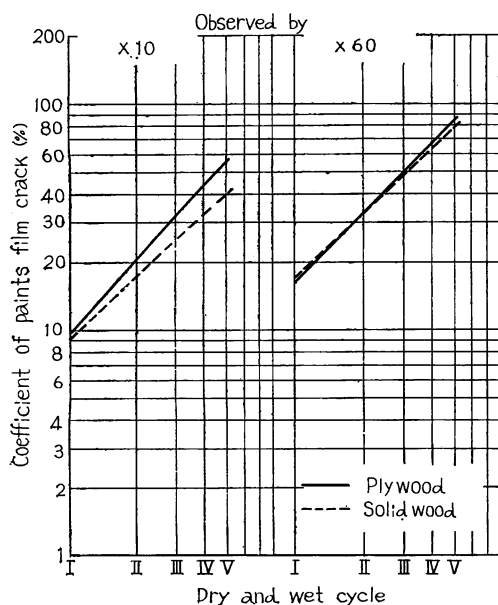


Fig. 5 合板と素材の塗膜割れ促進試験結果
Results of comparison test of film cracking for the coated plywood and solid wood.

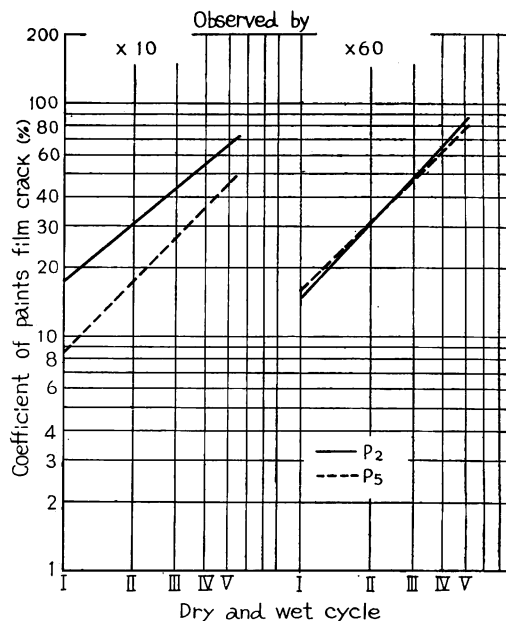


Fig. 6 表板の厚さをかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)
Results of paints film cracking test by various thickness of face veneer of coated plywood. (P_2 , P_5 are Nos. of plywood shown on Table 7.)

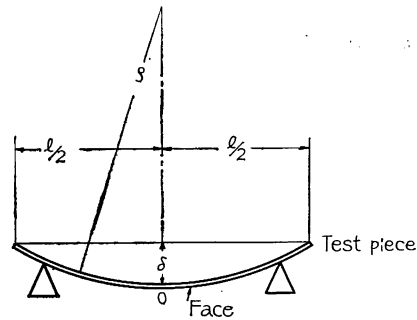


Fig. 4. Measurement of radius of curvature.

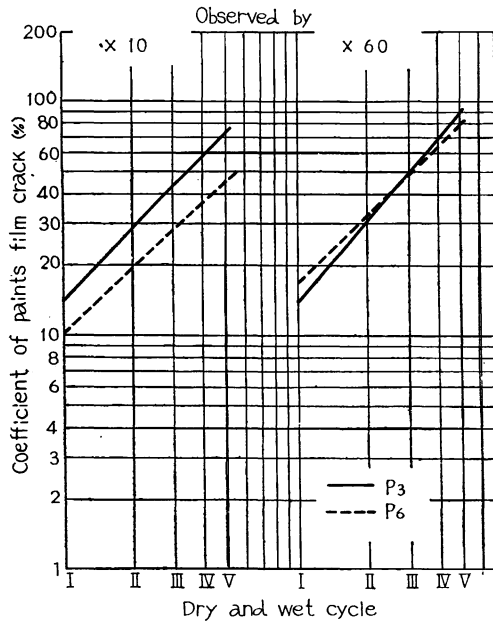


Fig. 7 表板の厚さを変えた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)
Results of paints film cracking test by various thickness of face veneer of coated plywood (P₃, P₆ are Nos. of plywood shown on Table 7).

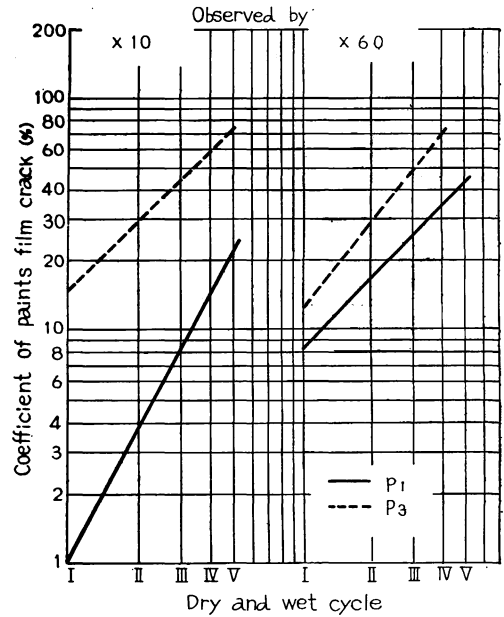


Fig. 8 表板の裏割れ程度をかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)
Results of paints film cracking test on coated plywood used with tow grades of slight lathe check (A) and deep lathe check (C) of face veneer (P₁, P₃ are Nos. of plywood shown on Table 7).

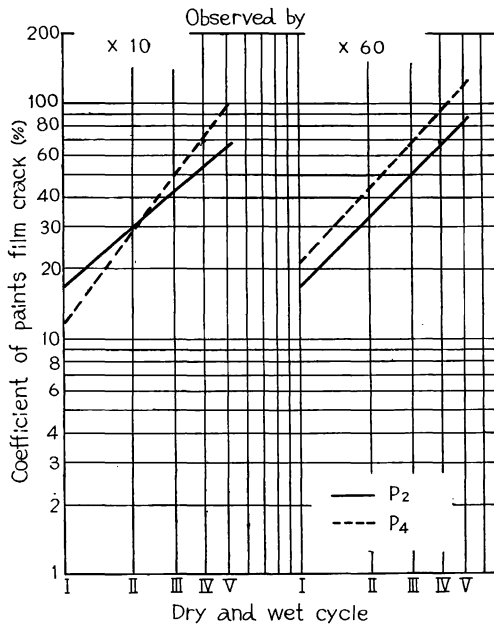


Fig. 9 表板の裏割れ程度をかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)
Results of paints film cracking test on coated plywood used with tow grades of slight lathe check (A) and deep lathe check (C) of face veneer. (P₂, P₄ are Nos. of plywood shown on Table 7.)

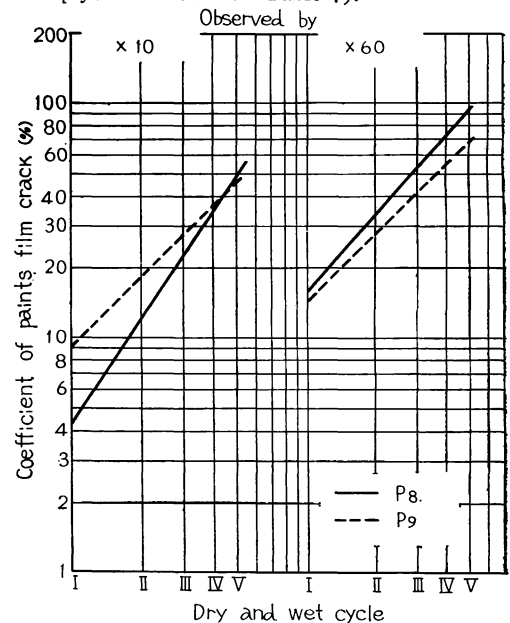


Fig. 10 表板の裏割れ程度をかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)
Results of paints film cracking test on coated plywood used with tow grades of slight lathe check (A) and deep lathe check (C) of face veneer (P₈, P₉ are Nos. of plywood shown on the Table 7).

細かい塗膜割れも含めた観察では、表板の厚さによって塗膜割れに差異がないが、大きな塗膜割れの比較では表板の薄い合板に塗膜割れが多く発生した。

b) 表板は裏割れ多い(C)のもの

試験結果をおのおの試験片5個の平均値をもって Fig.7 に示す。

塗膜割れは上記の試験すなわち表板の厚さの異なる場合で、裏割れ少ないものの実験結果と同じ傾向を示した。

(B) 表板の裏割れ程度の異なる場合

a) 表板は薄く、心板は裏割れ少ない(A)のもの

試験結果をおのおの試験片5個の平均値をもって Fig.8 に示す。

細かい塗膜割れも含めた観察でも、大きな塗膜割れの比較でも、ともに表板の裏割れの多いものに塗膜割れが多く発生した。

b) 表板は薄く、心板は裏割れ多い(C)のもの

試験結果をおのおの試験片5個の平均値をもって Fig. 9 に示す。

細かい塗膜割れも含めた観察では、表板の裏割れの多いものに塗膜割れが多く発生した。

大きな塗膜割れは乾湿繰り返し3サイクル以下ではそれと逆の結果となっているが、3サイクル以上ではやはり表板の裏割れの多いものに塗膜割れが多く発生した。

c) 表板は厚いもの

試験結果をおのおの試験片5個の平均値をもって Fig.10 に示す。

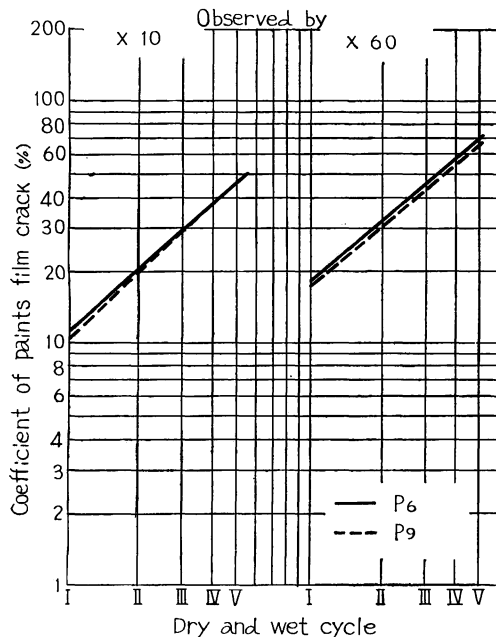


Fig. 11 心板の厚さをかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)

Results of paints film cracking test by various thickness of core veneer of coated plywood (P₆, P₉ are Nos. of plywood shown on the Table 7).

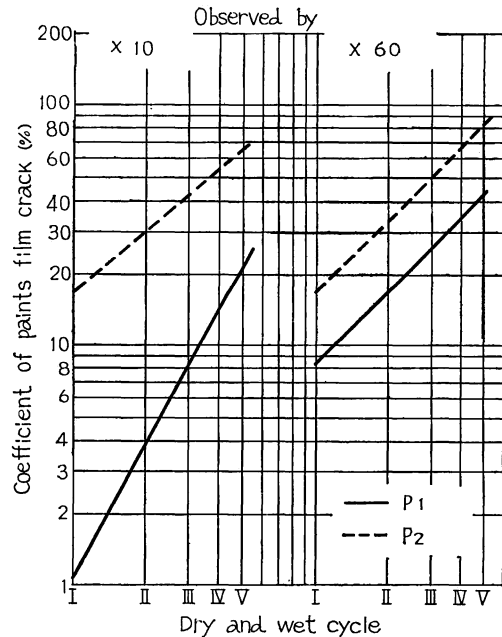


Fig. 12 心板の裏割れ程度をかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)

Results of paints film cracking test on coated plywood used with tow grades of slight lathe check (A) and deep lathe check (C) of core veneer (P₁, P₂ are Nos. of plywood shown on the Table 7).

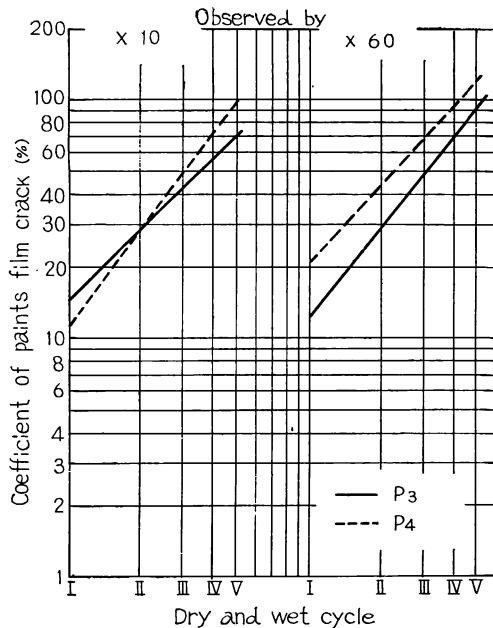


Fig. 13 心板の裏割れ程度をかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)
Results of paints film cracking test on coated plywood used with tow grades of slight lathe check (A) and deep lathe check (C) of core veneer (P₃, P₄ are Nos. of plywood shown on the Table 7.).

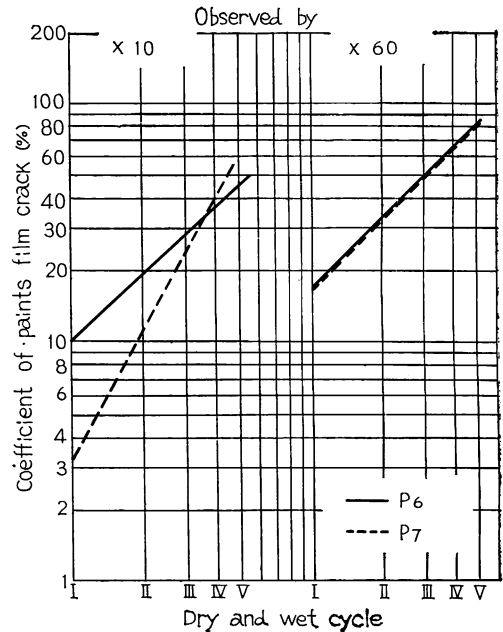


Fig. 14 心板の裏割れ程度をかえた合板の塗膜割れ促進試験結果 (Table 7 参照)
Results of paints film cracking test on coated plywood used with tow grades of slight lathe check (A) and deep lathe check (C) of core veneer. (P₆, P₇ are Nos. of plywood shown on the Table 7.).

細かい塗膜割れも含めた観察では、表板の裏割れ少ないものに塗膜割れを多く発生した。これは表板の厚さの異なる場合の塗膜割れへの影響のところ述べてごとく、表板が厚くなると裏割れの影響が少なくなるので、他の原因によるものと考えられる。

大きな塗膜割れの観察では、表板の裏割れ多いものに塗膜割れを多く発生した。

(C) 心板の厚さの異なる場合

試験結果をおのおの試験片 5 個の平均値をもって Fig. 11 に示す。

細かい塗膜割れを含んだ観察でも、大きな塗膜割れの比較でもともに心板の厚さをかえても塗膜割れには影響がなかった。

(D) 心板の裏割れ程度の異なる場合

a) 表板は薄く、裏割れ少ない(A)のもの

試験結果をおのおの試験片 5 個の平均値をもって Fig. 12 に示す。

細かい塗膜割れを含んだ比較でも、大きな塗膜割れでもともに心板の裏割れの多いものに塗膜割れが多く発生した。

b) 表板は薄く、裏割れ多い(C)のもの

試験結果をおのおの試験片 5 個の平均値をもって Fig. 13 に示す。

Fig. 12 よりも両者の差が接近したが、やはり心板の裏割れ多いものに塗膜割れが多く発生した。

c) 表板は厚く、裏割れ多い(C)のもの

試験結果をおのおの試験片 5 個の平均値をもって Fig. 14 に示す。

細かい塗膜割れを含んだ観察では、心板の裏割れの影響が塗膜割れに現われなかった。大きな塗膜割れの比較では、乾湿繰り返し4サイクル以下では心板の裏割れ少ないものに塗膜割れを多く発生したが、4サイクル以上では結果が反転し、はっきりとした傾向がつかめなかった。

これは表板が厚いために心板の裏割れの影響が減少されたものと考えられる。

(E) 顕微鏡観察結果

顕微鏡観察結果を Phot. 4~6 に示す。

単板裏割れの進行状況と塗膜割れの関係を観察するため特別に乾湿繰り返しを25サイクル行ない、各サイクルごとにクロスセクションを作り顕微鏡にて調べたところ、20サイクル以上で試験片を乾燥したときにはじめて裏割れがはっきり観察できた。Phot. 4のごとく裏割れが髄線割れにつながっているもの、Phot. 5, 6のように裏割れが道管で止まっているもの等がみられた。

これを合板構成よりみると、表板の厚いものは裏割れが道管で止まっているものが多く、また表板の薄いものでは髄線割れにつながっていたり、表面までつきぬけているものが多くみられた。

これらを推測してみると、裏割れが進行していると考えられる。同じ割合の裏割れ程度のもので表板の厚さの異なるものを比較すると、厚い方が薄いものより裏割れの先端と表面までの距離が長く、したがって裏割れが進行して表面にいたる間に道管にあたって止まる確率が多いと考えられる。

以上の各実験項目の結果より、単板裏割れの塗膜割れへの影響をまとめると、表板の裏割れ程度を同じにして厚さのみをかえると、表板の薄いものは厚いものよりも塗膜割れを多く発生する。

これと逆に表板の厚さを一定にして裏割れ程度をかえると、表板の裏割れ少ないものより多いものに塗膜割れを多く発生する。

このことからみて表板の厚さと裏割れ程度とは密接な関係がある、裏割れの先端と単板表面の間にある健全部が重要であり、それがある厚さ以下のときに裏割れが塗膜割れに大きく影響してくると思われる。

心板の厚さを変化させても塗膜割れに影響しないようである心板の裏割れ程度を変化させたとき特に表板の薄いときに塗膜割れに影響したが、しかし Fig. 3 の合板構成にみられるように、心板の裏割れの影響が表面に出ないように裏板側に裏割れをもっていったこと、および表板とクロスさせてあるので表板の裏割れの影響と同様に考えることは疑問であり、この現象についてはさらに十分な研究を必要とすると考え。

(3) 塗装面における傷の影響

試験結果を使用した試験片全部の平均値をもって Fig. 15 に示す。

人工的に傷を付けた素材は健全な素材、合板と比較して明らかに塗膜割れを多数発生した。

初期の塗膜割れの大部分が道管上に発生するのと同様に目止剤の収縮、塗膜付着力の低下によ

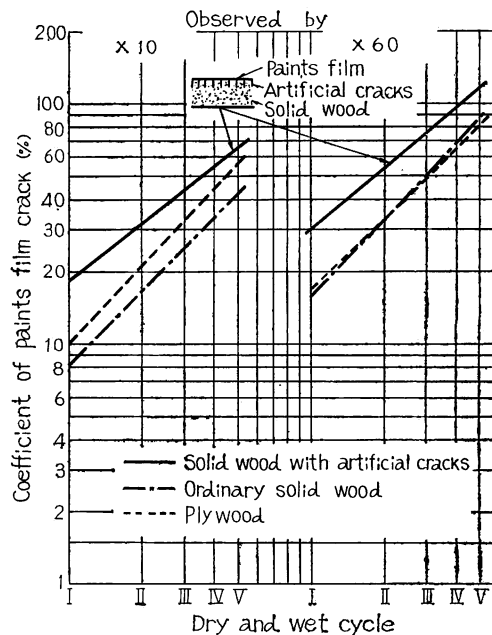
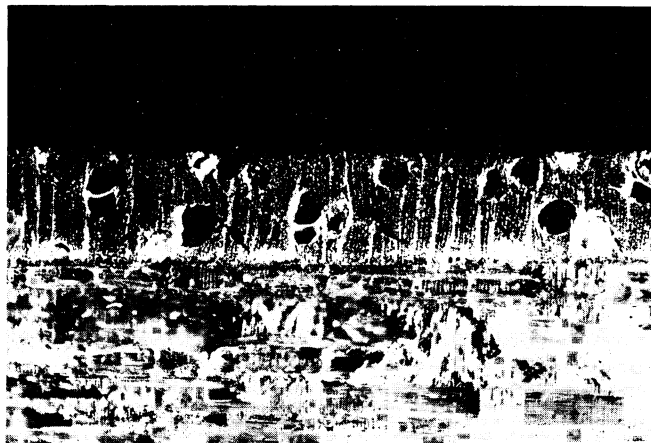


Fig. 15 被塗面に傷を付けた素材の塗膜割れ促進試験結果

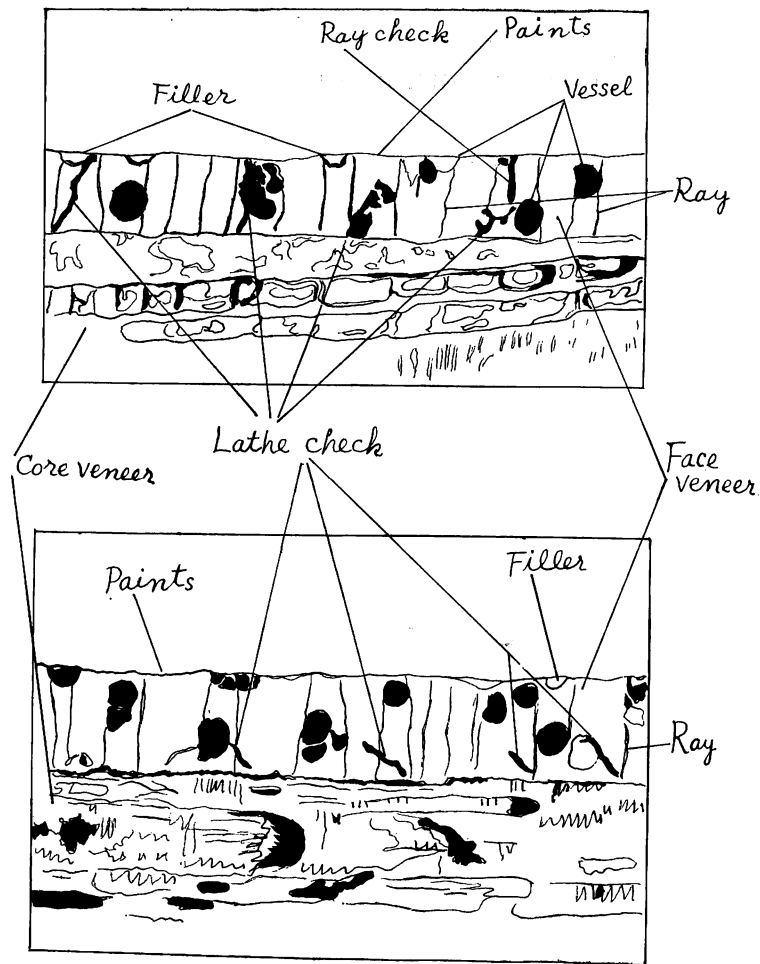
Result of paints film cracking test on the artificial cracks made on a coated side of solid wood.



Photo. 4 表板の薄い合板：裏割れが進行し表面に貫通している，裏割れが髄線割れに連なっている。(合板塗膜割れ試験における乾湿繰り返し 25 cycle 後) Cross section of after 52 cycles dry and wet test of a plywood specimen assembled with the thin face veneer. The lathe checks proceed through the face veneer and are jointed with pith ray cracks.



Phot. 5 表板の厚い合板：裏割れは道管のところで止まり表面まで進行していない。(合板塗膜割れ試験における乾湿繰り返し 25 cycle 後) Cross section of after 25 cycles dry and wet test of a plywood specimen assembled with the thick face veneer. Proceeding of lathe checks are stopped at vessels.



て傷の上で橋かけ塗膜となり他の付着している部分に比較して早く塗膜割れとなったと考えられる。人工的な割れと単板裏割れとは形状に相違があるので比較することはできないが、被塗面に塗装の欠点の割れ、傷等のないことが被塗材として望ましい。

(4) 木理および道管の塗膜割れへの影響

試験結果を全平均値をもって、木理の影響を

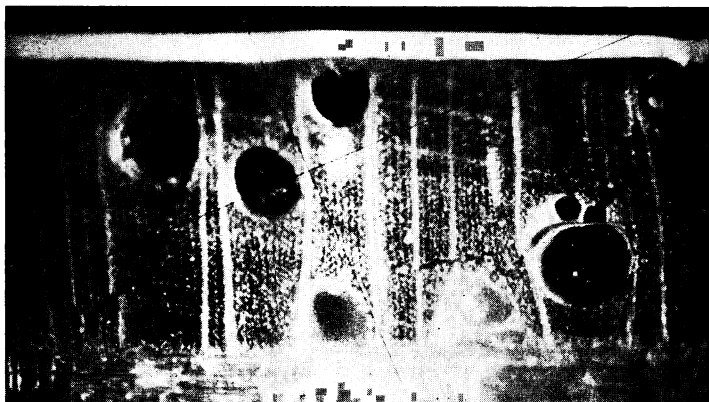


Photo. 6 この試験に使用した単板には屈折型裏割れがなかったのに、この写真でみられるのは乾湿繰り返しに間に割れが進行し、道管で止ったものと考えられる。合板塗膜割れ試験における乾湿繰り返し 25 cycle 後 Cross section of after 25 cycles dry and wet test of a plywood specimen. The specimen was assembled with the thick face veneer.

Fig.16 に、道管径の関係を Table 9 に示す。

初期の塗膜割れが道管中の目止剤の収縮、塗膜付着力の低下等により橋かけ塗膜となり、道管の動きにより繰り返し応力がかかり塗膜割れとなると考えられるので、道管径の大きなもの、動きの多いものは塗膜割れの危険率が大きくなる。このことは Table 9 の測定結果と Fig. 16 に示されるごとく、板目面より道管径の大きい柁目面、乾湿繰り返しによる道管の動きの最も多い合板に塗膜割れが多かったことからわかる。

(5) 塗装前の熱圧の塗膜割れへの影響

試験結果を使用した試験片全部の平均値をもって Fig.17 に示す。

同じ厚さの素材で塗装前に熱圧処理をしたものとししないものを比較したとき、処理材に明らかに塗膜割れを多数発生した。その発生量は合板にほぼひびてくる、特に細かい塗膜割れも含めた観察では処理材は合板よりも塗膜割れを多数発生し、乾湿繰り返し 4 サイクル以後随線割れが発生し急激に塗膜割れを増加した。

合板のごとく熱圧処理によって起こったストレスが弾性余効によって回復するときに、Ⅲ-2-(6) に述べたごとく表面に凹凸を作ったものと考えられる。このために普通の素材よりも塗膜割れが多いものと考えられる。

(6) 片面塗装と両面塗装の塗膜割れの比較

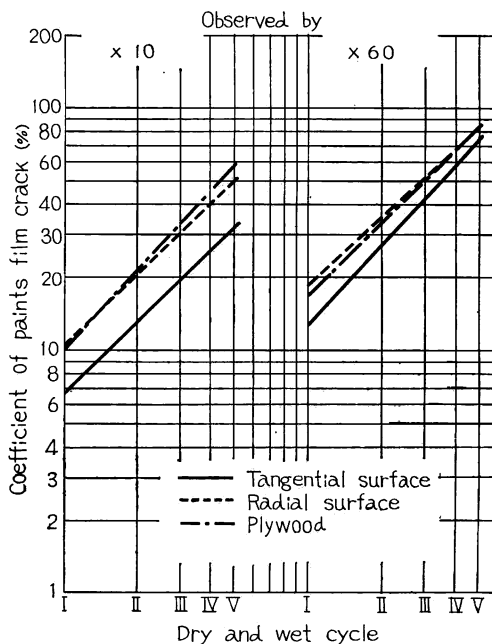


Fig. 16 木理の塗膜割れに対する影響
Results of film cracking test on the radial surface of solid wood and tangential surface.

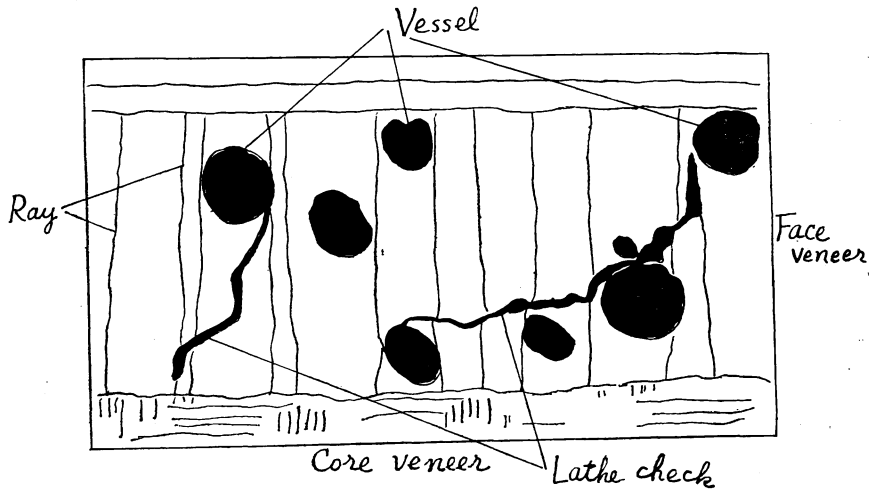


Table 9. 乾湿繰り返し時の表面に現われた道管径の大きさ
Dimensional change of pore of exposed vessel on wood surface in dry and wet (cycle).

		At dry and wet 1 cycle		At dry and wet 5 cycle		Note
		Dry	wet	Dry	wet	
Plywood		250.2 (μ)	232.9 (μ)	258.5 (μ)	241.3 (μ)	Average value of 102~190 vessels
Lumber	Tangential	250.3	251.8	224.7	227.1	
	Radial	280.9	281.4	297.6	285.6	

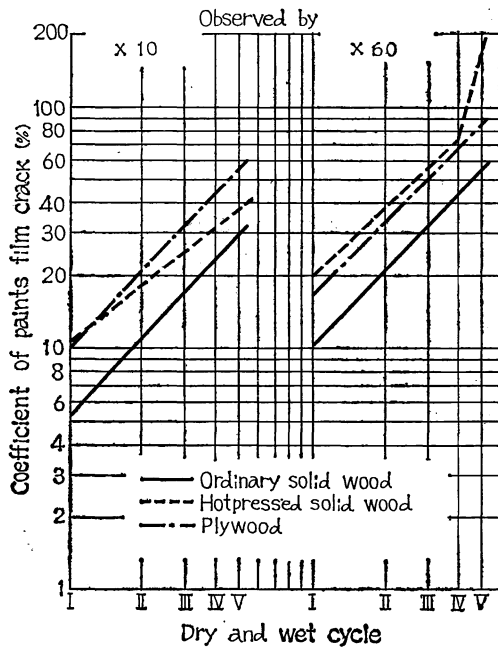


Fig. 17 塗膜割れ促進試験における熱圧処理の影響
Result of paints film cracking test on the hotpressed of tangential surface of solid wood.

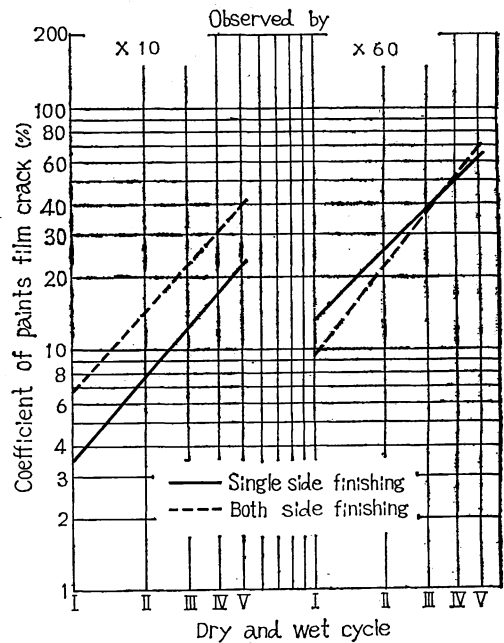


Fig. 18 塗膜割れ促進試験における片面塗装と両面塗装の比較
Result of paints film cracking test on the both sides finishing of solid wood and one of single side.

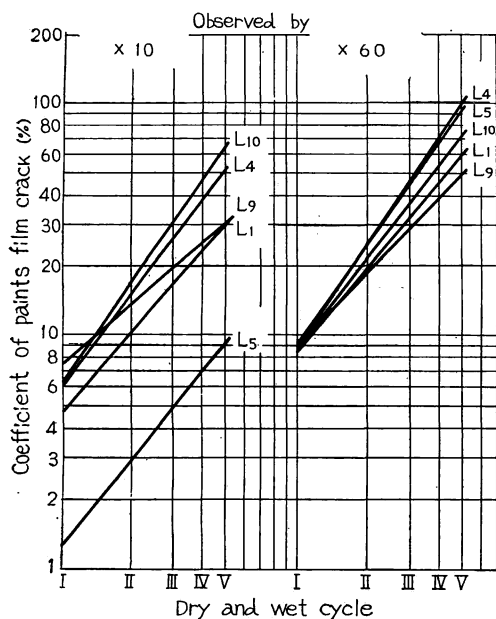


Fig. 19 乾湿繰り返し時における反りの塗膜割れに対する影響(反りの大きさ Table 10 参照)
Influence of warping by dry and wet cycle of wood on film cracking. Radius of curvature of $L_1 \sim L_{10}$ are shown on the Table 10.

(7) 反りの塗膜割れへの影響

乾湿繰り返し時の曲率半径を Table 10, 塗膜割れを Fig. 19にそれぞれ測定結果を示す。

Table 10. 乾湿繰り返し時の曲率半径の測定結果
Radius of curvature on coated wood in dry and wet cycle (cm).

Test piece mark	After drying		After soaking		Note
	L	ρ	L	ρ	
L 1	4,978~5,097	13,582~ ∞	4,769~5,064	4,411~15,592	
L 2	4,998~5,036	37,408~47,344	4,991~5,012	10,804~14,882	
L 4	4,988~5,000	53,968~130,208	5,011~5,056	109,636~ ∞	
L 5	4,997~5,063	38,188~90,989	5,041~5,072	14,539~33,457	
L 6	4,996~5,011	94,714~ ∞	5,012~5,051	39,444~51,609	
L 9	4,981~5,037	104,057~182,509	5,010~5,061	∞	
L10	4,983~5,078	94,070~519,586	5,003~5,099	∞	
P 1	5,029~5,051	∞		∞	
P 2	4,977~5,034	∞		∞	
P 3	4,988~5,073	∞		∞	
P 4	5,051~5,103	∞		∞	
P 5	5,010~5,038	∞		∞	
P 6	5,027~5,076	∞		∞	
P 7	5,010~5,053	∞		∞	
P 8	5,032~5,086	∞		∞	
P 9	5,031~5,082	∞		∞	

試験結果を使用した試験片全部の平均値をもって Fig. 18 に示す。

塗膜割れ数の比較では60倍観測の結果ではほとんど差はなかった。しかし、大きな塗膜割れは両面塗装のものに多数発生した。

乾湿繰り返し時の両者の含水率変化をみると、吸水時は両面塗装試験片が平均 14.7%, 片面塗装試験片が平均 21.9% であったものが、乾燥時は両者とも約 10% であった。これをみると片面塗装の場合急激な含水率変化を示しているにもかかわらず両面塗装のものより大きな塗膜割れが少なかった。

両面塗装の場合に大きな塗膜割れが多かったのは木材中に浸透した水分が、試験片が乾燥されるさいに両面を塗膜で封鎖されているために細い塗膜割れおよび膜面を通して逃げる力が片面塗装のものより強いために大きな塗膜割れを作るものと考えられる。

乾湿繰り返しによるわん曲度合は素材の場合、厚さが薄くなるほど大きくなり、厚さが 4.5 mm 以上になるとわん曲が起こらなかった。

片・両面塗装の比較では当然片面のものにわん曲がはげしく現われた。合板にはほとんどわん曲が起こらなかった。

しかし、そのわん曲の度合と塗膜割れの関係は明らかでなかった。

IV ま と め

木材の塗膜割れへの影響を種々実験し考察したのでそれを総合すると、dimensional change の安定している合板が素材に比較してかえって大きな塗膜割れを発生しやすい傾向にある。

その原因として考えられることは、(1)合板が接着されるさいに受ける熱圧処理によってできた内部歪みが弾性余効によって復元し、合板表面に凹凸を作り塗膜割れを助長するとともに塗膜割れが目付きやすくなる。(2)合板に接着層があるため表面の単板が両面塗装をされたものと同じように水分の発散が片面塗装のものよりも抑制されて塗膜に影響をおよぼすものと考えられる。(3)促進試験初期に現われる塗膜割れは道管上に発生する。合板は構成上材全体の動きが抑制されて膨潤、収縮力が表面の道管径を変化させるので合板の表面に現われた道管は動きが多い。一方塗膜割れは促進試験初期においては道管上に発生するので合板に塗膜割れが多く発生する。(4)単板裏割れの塗膜割れへの影響は、裏割れ先端より表面にいたる間の健全部の厚さによって左右され、その薄いものでは塗膜割れを起こしやすい、しかし、その厚さの限度がどの程度であるかは、なお今後の検討を必要とする。

素材間の比較では、被塗面の傷は道管と同じように塗膜に作用し塗装的欠点となる。柾目、板目の間では大きな径の道管をもつ柾目に多く発生し、材の dimensional change とは一致しない。熱圧処理は明らかに悪い影響をおよぼし、髄線割れも早く発生する。材の反りの塗膜割れへの影響は明らかでなかった。

以上、マヤビスにラッカー塗装を行なった場合について結論したが、樹種による差異も考えられるし、合板の構成条件や熱圧条件、また塗膜自体の強度との関連もあるので、なお今後の研究を必要とする。

V 摘 要

近年合板が塗装されて使用される場合が増加した。その塗装合板が塗膜割れの点で素材のそれよりも耐久性が劣るといわれているので、その原因を追求しあわせて、木材塗装における塗膜割れの原因を明らかにするための一資料としてこの研究を行なった。

あらかじめ、塗膜割れを促進させるために乾湿繰り返し条件を「温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の清水に2時間浸漬後、温度 $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ で2時間乾燥を1サイクル」と設定し、比較的弱いと考えられるラッカーを金属板に塗装した試験片で、塗膜自体がこの条件に対し不適当かどうかを調べた結果、20 サイクルまでは塗膜自体に割れの発生をみることがなかったので、この方法を採用した。また、各種塗装工程で合板塗装を行ない、この試験条件で塗膜割れにおよぼす影響を調べ、そのうちで被塗材の塗膜割れへの影響を調べるのに適する塗装工程としてラッカー塗装を選定した。

試験材料はマヤビスの合板と素材を使用して、被塗材の塗膜割れに対する影響および原因を追求するため、まず、塗膜性能試験として塗膜自体の乾湿繰り返しによる膨潤収縮ならびに塗膜引張り強度を測定

し、ついで塗装木材の性能試験として塗膜割れ促進試験を行ない、塗膜割れの起因となる木材の挙動を調べ、両者より塗膜割れの関係を考察した。

その結果は次のとおりである。

1. 金属板に塗装したものの塗膜割れ試験では被塗材の動きが非常に小さいため、乾湿繰り返し高サイクルでも塗膜割れが発生しなかったが木材に塗装した場合には低サイクルでも塗膜割れが発生した。よって塗膜割れに被塗材としての木材の性質が影響していることがわかった。

2. 塗装工程上塗膜割れにもっとも関係しているのが目止剤で、油性目止より水性目止に塗膜割れはだんぜん多く発生し、下塗り、上塗り塗料では塗膜強度の強いものが割れも少ない。

3. 乾湿繰り返しによる塗膜の膨潤、収縮量は塗膜が老化するにしたがい小さくなる。その膨張、収縮量は素材（繊維と直角方向）のそれより小さく、5サイクル後のもので合板とほぼ同じくらいになるものと考えられる。したがって被塗材の膨張、収縮による塗膜におよぼす応力は素材の方が合板よりも大きいものと考えられる。

しかるに、塗膜割れについて合板と素材を比較すると、細かい塗膜割れも含んだ数値では差異はないが、合板にはその中に大きな塗膜割れを多数持っている。したがって、塗膜割れの原因となるものはこの他にも多数あり、特に合板では複雑な因子が含まれているものと思われる。

4. 合板は構成上材全体の動きが抑制されて膨潤、収縮力が道管径を変化させるので、合板の表面に現われた道管は動きが多い。一方塗膜割れは促進試験初期においては道管上に発生するので合板に塗膜割れが多く発生する。

5. 単板裏割れの塗膜割れへの影響は、表板については裏割れ先端より合板表面にいたる間の健全部の厚さによって左右され、その薄いものでは塗膜割れを起こしやすい、しかし、その厚さの限度がどの程度であるかは、なお今後の検討を必要とする。心板の塗膜割れにおよぼす影響についても同じようにさらに検討を必要とする。

6. 道管と塗膜割れの関係では、素材では板目面より表面に露出した道管径の大きい柾目面に、また乾湿繰り返しによる露出道管径の動きの多い合板に塗膜割れが多い。

したがって、塗膜割れは材の dimensional change とは一致しないで、露出道管の径と動きに関係する。

7. 被塗材表面に付けた傷の塗膜割れへの影響は、道管が塗膜割れにおよぼす影響と同様な結果をきたし、塗装的欠点となる。

8. 熱圧の塗膜割れへの影響は、素材も熱圧処理を行なうことにより悪い結果をもたらし、合板においても接着時にうけた圧縮応力が弾性余効によって回復するために、表面に凹凸を無処理素材よりも多く作る。この凹凸ができることによって塗膜割れを助長し、割れが目につきやすくなる。

9. 片・両面塗装の比較では、両面塗装のものには大きな塗膜割れが、片面塗装のものより多い。このことは合板に接着層があることにより両面塗装効果をもたらし、合板に大きな塗膜割れをおよぼすことになる。

10. 乾湿繰り返しによる材の膨張、収縮と塗膜の膨潤、収縮の違い、および材中の含水率の不均一によって起こるわん曲程度と塗膜割れの関係は明らかでなかった。

文 献

- 1) BEN, A. Jayne : Finish checking of hardwood veneered panels as related to face veneer quality. Journal of FPRS, 9, 7, (1953).
- 2) 江草義正 : 提供単板の品質調査について, 合板工業, 22, pp.4~9, (1962)
- 3) GARDNER and SWARD : Physical and chemical examination, Paints vanishes lacquer colors, 11th, (1950)
- 4) 平井信二・堀岡邦典 : 合板, 槇書店
- 5) 井上幸彦 : 塗料及び高分子, 誠文堂新光社, (1963)
- 6) 井阪三郎 : プラスチックス板オーバーレイ製品の反り, 木材工業, 14, 150, pp.18~21, (1959)
- 7) 亀井益禎 : 道管溝と目止の顕微鏡観察, 色材協会誌, 35, 3, pp.105~109, (1962)
- 8) 北原寛一・小矢野行雄 : 合板の表面割れに関する研究 (1), 木材工業, 8, pp.378~ (1961)
- 9) 中村源一 : 単板の面粗さに及ぼす熱圧効果, 木材学会誌, 5, 2, pp.69~74, (1959)
- 10) 中戸莞二 : 木材塗装の基礎的諸問題, 色材協会誌, 37, 1, pp.17~23, (1964)
- 11) 野田 茂 : 合板に生じた塗膜割れについて, 塗料の研究, 38, pp.1~7, (1959)
- 12) 山岸祥恭・岡田幹夫 : 熱圧条件及び単板の裏割れが合板表面割れに及ぼす影響 (1), 北林指研究報告, 14, (1959)

Studies on Cracking of Paint Film coated on Wood (I). **Comparison between plywood and solid wood.**

Akira NAKAMURA and Jiro KAWAMURA

(Résumé)

The principal purpose of coatings in the woodworking industries is usually protection of wood surface and decoration of appearance. The protection of wood is effected by retarding change of moisture content and dimensions of wood, and protecting wood from discoloration.

Wood and plywood have been used with many kinds of coating. The paint film protects the plywood against quick swelling and shrinking, warping, destruction of glue-line and defacement.

With the elapse of time, the paint film on wood is often susceptible of checking or cracking. The checking and cracking deprives the function of the paint film for protection and decoration of appearance.

Study of the causes of the checking and cracking are summarized as follows :

- (1) Composition of finishing materials
- (2) Weathering of paint film
- (3) Executing method of finishing materials
- (4) The swelling and shrinkage of base materials

The study of the last point for the checking or cracking of paint film on wood has not yet been developed extensively.

In the paint film on wood, cracks which run parallel to the grain are frequently observed. Those cracks seem to be caused by the swelling and shrinking of wood. The cracks of paint film of coated plywood are more excessive than those of coated solid wood.

The object of this paper is to show the fact that the paint film cracks of coated plywood are more than those of coated solid wood, and to show how this phenomenon occurs.

Test materials and testing methods were as follows :

Plywood: Veneer; Lauan rotary cut veneers [MAYAPIS (*Shorea squamata*)], two grades of slight lathe check (A) and deep lathe check (C).

Those veneers grades were determined by observing the depth of checks which are visible on a smoothly cut end-grain surface of each veneer sheet.

Ply; 3 - ply bonded with urea-formaldehyde resin adhesive.

Plywood construction; Thickness, lathe check depth and pitch are shown in Table 6 and 7.

Solid wood: Lauan [MAYAPIS (*Shorea squamata*)]

Thickness and grain of specimens are shown in Table 5.

Finishing materials and process: Two treatments of water filler (Tonoko) — one coat of lacquer sealer — sanding with No. 240 garnet sandpaper of JIS — two coats of nitrocellulose clear lacquer.

Test methods: The dry and wet method were used for accelerating the development of film crack. One cycle consisted of two parts of soaking in water and drying.

Test specimens were soaked in water of $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 2 hrs. and after that they were dried at temperature of $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 2 hrs.

Moisture contents of the specimens after soaking were 21.1 to 28.1 % and those moisture contents were 11.2 to 12.7 % after drying.

The test specimens were accelerated by 5 cycles of the dry and wet method. After each cycle, the paint film cracks on the test specimens were observed. As the cracks of pith ray of wood did not occur within 5 cycles in this experiment, these 5 cycles were adopted by us to observe the paint film cracks which would occur in the first stage before the ray cracks could be developed.

On the test specimens a center line 2 cm in length perpendicular to grain in the center of coated surface was drawn with a pencil. After each cycle, the numbers of film cracks crossed on the center line were measured by the amplifier ($\times 10$) and the microscope ($\times 60$).

Large cracks which could be recognized with the naked eye were measured by the amplifier, and fine cracks which could not be seen with the naked eye were measured by the microscope with the large cracks, because the paint film cracking of coated wood and plywood should be studied with the total numbers and the size of the film cracks.

Test procedure was as follows :

Preliminary test:

- (1) Film cracking test for the coated zinc plate with nitrocellulose clear lacquer to examine the film cracking caused by the test conditions of the dry and wet method.
- (2) Film cracking test for the various finishing materials in order to ascertain the property of cracking of finishing materials, and to select the finishing material used for the following film cracking tests.

Main test:

- (1) Swelling and shrinking test for the nitrocellulose clear lacquer free film.
- (2) Tensile strength and elongation test of the nitrocellulose clear lacquer free film.
- (3) Comparison test of film cracking between the coated plywood and solid wood.
- (4) Test on the influence of veneer lathe check on film cracking.
- (5) Test on the influence of artificial defects on a surface of solid wood on film cracking.
(Those defects were scratched by knife like veneer lathe checks on a coated side of solid wood before coating.)
- (6) Test on the influence of grain of wood on film cracking.
- (7) Test on the influence of hot pressing of solid wood and plywood on film cracking.
- (8) Test on the influence of finishing with lacquer for both sides of solid wood on film cracking.
- (9) Test on the influence of warping of wood on film cracking.

Experimental results obtained were as follows:

- (1) There was no crack on the coated zinc plate at 20 cycles of the dry and wet method, but many cracks appeared on the coated wood and plywood at few cycles. So it was understood that some properties of wood and plywood have relation to the cause of producing those cracks.
- (2) All paint film cracks were observed on exposed vessels of wood. Moreover, paint film cracks on the oil filler were evidently fewer than the cracks on the water filler.

In regard to the film cracking property among various top coating paints, the high strength paints were better than the low strength paints. Although finishing materials

and processes have a relation to the film cracks, it seems that there is a mutual relation between the properties of wood and the finishing materials to the film cracks.

So the finishing process of nitrocellulose clear lacquer and water filler, which easily produces film cracks was adopted in our tests in order to find the influences of wood properties on film cracking.

(3) Apparent swelling and shrinkage of free film of nitrocellulose clear lacquer was decreased by aging. The extent of the apparent swelling and shrinkage of fresh free films was less than that of solid wood, but was almost the same as that of plywood. However, many large cracks occurred on the plywood in comparison with the cracks on the solid wood. Therefore, it is considered that other causes of film cracking were included in the plywood besides the dimensional change of plywood.

(4) The width of pores of exposed vessels on the plywood surface were more changeable than on the solid wood. Therefore it seems that the film cracks were more on the plywood than on the solid wood.

(5) The influence of veneer lathe checks of face veneer on paint film cracking was related to the thickness of clear part from top of lathe checks to surface. Many film cracks occurred on the face veneer with thin clear part.

The influence of lathe checks of core veneer on paint film cracking was observed especially on the plywood with thin face veneer. But further experiments should be done, because the reason for this influence of lathe checks of core veneer on paint film cracking was not evident.

(6) Film cracks on the radial surface of solid wood were more than on the tangential surface. As the average width of exposed vessels on the radial surface was wider than that on the tangential surface in the case of this species, it seems that the film cracking was related to the width of exposed vessel besides the dimensional change of wood.

(7) In the case of test specimen having artificial cracks on a coated side of solid wood, the film cracks occurred on the artificial cracks like those on the vessels. Therefore these artificial cracks were considered as defects for finishing.

(8) Hot pressing solid wood had a bad influence on film cracking. As the plywood had been pressed by hot press, it seems that the hot pressing was related to film cracking too.

(9) Film cracks on the test specimens with finishing both sides were more than those on the test specimens with single side finishing. As the plywood has glue layers, a face veneer of coated plywood is considered as the veneer of which both sides are coated. Therefore many large film cracks occurred on the plywood.

(10) The existence of the influence of warping of wood on film cracking could not be made clear.