

塗膜の付着力測定法について

佐藤 光秋 井村 純夫
木江 満*

1. はじめに

木材塗装は木材の保護と美観の付与を目的として行うものであるが、この塗膜付着性については、重要な物性の一つであるにもかかわらず、まだ確立した評価方法がない。塗膜に関するその他の物性についても、そのほとんどをJIS - K - 5400「塗料の一般試験法」の適用で評価しているが、木材塗装製品の塗膜の試験方法としては適切でないものが少なくない。塗膜付着力を測定する時は一般には、塗膜面に接着剤を塗布し、2枚合せにして合板の接着力試験と同様な方法で求めるか、あるいは、塗膜面にステンレス鋼又は、鋼製のブロックを接着剤で接着固定したのち、引きはがす方法で求めている。このような背景から工業技術連結会議工芸連合部会塗装技術分科会では、共同研究として「塗膜の評価方法に関する試験」を実施することとなり、評価基準の作成と塗膜の付着性試験方法の確立の二項目について全国の19の公設試験研究機関が参加して、分担研究を行った。このうち評価基準の作成とは、評価の際に基準となる写真、パターンなどの作成を目標として、一般的なゴバン目試験と衝撃試験について実施し、その段階数、表示法などを検討するものである。一方、塗膜の付着性試験方法の確立とは、集成材、合板などの分野の試験方法を塗膜に応用して検討し、その中から塗膜に適する試験条件を見出して、統一した試験方法を確立していこうとするものである。

当試験場では、後者の項目について担当し、日本農林規格の規定による集成材の圧縮せん断法、普通合板の引張りせん断法と特殊合板の平面引張り法及びクロスラップ法について検討したのでその結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材料

この実験の材料にはマカバ桎目板を使用した。桎目挽きした供試材は人工乾燥後、機械鉋で10mm厚にした後100×200mmの寸法に鋸断、温度25℃、関係湿度65%の恒温恒湿室で調湿、塗装前日に塗装面を手袖で仕上げた。なお試験時における気乾比重は0.65(含水率約12%)であった。また実験にはつぎの5種類の塗料を用いた。

ニトロセルローズラッカー (NCL)

アクリルラッカー (AL)

ポリウレタン樹脂塗料 (PU)

アミノアルキッド樹脂塗料 (AA)

ポリエステル樹脂塗料 (PE)

2.2 塗装方法

供試材は、#240サンドペーパーによって、繊維方向に平行して研削したのち、これに粘度をフォードカップNo.4で18秒に調整した供試塗料を、吹付塗装した。塗装後室温で乾燥し、ナイロン研磨布で研削する工程を3回繰返して仕上げた。ただしPE塗料は刷毛塗り塗装とし、室温で24時間乾燥後#240サンドペーパーで研削、塗り重ねる工程をくり返して仕上げた。なお目止めが付着性にどの程度影響をおよぼすかをしらべるため、との粉を水練りしたものを木ベラで木理に十分すり込み、やや乾燥後布でふきとる工程(目止め塗装1)と、さらにナイロン研磨布で仕上げる工程(目止め塗装2)とを実験に加え比較した。これらの塗装工程を第1表に示した。

2.3 付着力試験

塗装の終わった供試材は恒温恒湿室(25℃, RH65%)に72時間放置したのち、塗膜面を#240サンドペーパーで研削し、つぎの条件で接着を行った。

第1表 塗 装 工 程

	直 接 塗 装	目止め塗装(1)	目止め塗装(2)
目 止 め	な し	16時間以上放置	
目止め研磨	な し	な し	ナイロン研磨布使用
塗 装	吹付け塗装(約6時間放置)	同 左	同 左
研 削	ナイロン研磨布で研削	〃	〃
塗 装	吹付け塗装(16時間以上放置)	〃	〃
研 削	ナイロン研磨布で研削	〃	〃
塗 装	吹付け塗装仕上げ	〃	〃

圧縮せん断と引張りによる付着力測定試験片は、研削した塗膜面とそえ材にエポキシ樹脂接着剤を、それぞれ 5g / 900cm²ずつ塗布し繊維方向が互に平行となるよう貼り合せ、5kg / cm²の圧縮圧力を加え、温度 25℃、関係湿度65%の条件下で24時間養生し接着した。解圧後同一条件で72時間放置後、集成材の圧縮せん断法及び普通合板の引張りせん断法に準じて試験片を採取した。

平面引張り法による付着力測定試験片は、供試材から50×50mm角の試験片を採取し、塗装面中央に20×20mm角の接着面を有するステンレス鋼製ブロックをエポキシ樹脂接着剤で接着固定した後、16時間放置した。付着力測定の際ステンレス鋼製の周囲に素地面にまで達する深さの切り込みを入れて実験した。

クロスラップ法による付着力測定試験片は、供試材及びそえ材をそれぞれ巾20mm、長さ50mmの長方形に鋸断し、エポキシ樹脂接着剤を中央の20mm角に塗布し、両者が十文字になるよう重ね合せ、5kg / cm²の圧縮圧力で16時間加圧接着し試験片とした。

これらの試験片について各試験法にそれぞれ適した治具と試験機を用い、引張り又はせん断はくりさせて、その最大破壊荷重を測定するとともに、はくり面の状態を観察記録した。圧縮せん断による付着力測定は森試験機製作所製 5tonのオルゼン型強度試験機により、1,000kg / minの荷重速度で行い、その他の付着力の測定は、島津製作所製500kgのオートグラフS-500型引張り試験機により、13mm / minの荷重速度で行った。

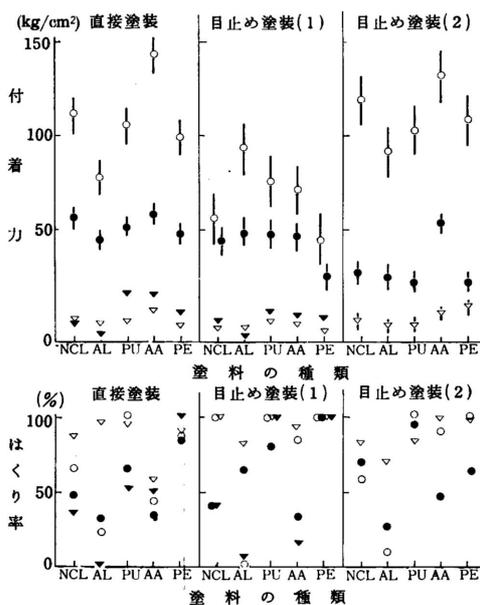
3. 結果と考察

各塗装法による塗料の試験結果を第1図に、さらに分散分析の結果を第2表に示した。なおクロスラップ法については、治具の形が悪く、せん断時に試験片の両端に同時に荷重がかかっていないことがわかったので、この測定値は参考程度にとどめてほしい。

検定の結果、引張りせん断法の目止め塗装(1)は5%、その他はすべて1%の危険率で有意差が認められたので、それぞれの試験法について母平均の区間推定(95%信頼度)を行ったところ第3表のとおりとなった。なお塗膜の厚さは84~140 / μの範囲にある。

3.1 直接塗装と目止め塗装について

3種類の塗装工程で作製した試験片について、4種類の試験法を使用して塗膜の付着力及びはくり率を測定した。まず直接塗装について試験法間の比較を行ってみたが、第1図にみるように数値にかなりの差があるので、寄与率で比較することをこころみた。第2表



第1図 塗膜の付着力及びはくり率(母平均)
 ○ 圧縮せん断法
 ● 引張りせん断法
 △ 平面引張り法
 ▼ クロスラップ法
 棒印は95%信頼区間

第2表 試験法別の塗膜付着力および塗膜はくり率の分散分析表

測定項目	塗装工程	試験法*	F ₀	F _j ⁱ 表 _(0.05) _(0.01)	寄与率 (%)
塗膜付着力	直接塗装	圧縮	29.77	(2.44) (3.54)	53.76
		引張	4.56		16.12
		平面	35.57		58.26
		クロス	63.10		83.30
	目止め塗装(1)	圧縮	8.16	(2.58) (3.77)	36.90
		引張	2.40		10.23
		平面	7.47		34.55
		クロス	21.42		62.51
	目止め塗装(2)	圧縮	6.64	(2.58) (3.77)	31.54
		引張	10.87		45.12
		平面	6.57		31.71
		クロス	—		—
塗膜はくり率	直接塗装	圧縮	34.91	(2.44) (3.54)	57.81
		引張	8.39		22.98
		平面	14.97		36.08
		クロス	21.27		62.33
	目止め塗装(1)	圧縮	134.10	(2.58) (3.77)	91.57
		引張	3.97		19.52
		平面	8.28		37.27
		クロス	16.32		92.98
	目止め塗装(2)	圧縮	22.66	(2.58) (3.77)	63.87
		引張	5.09		25.05
		平面	4.28		21.45
		クロス	—		—

* 圧縮：圧縮せん断法，引張：引張りせん断法
 平面：平面引張り法，クロス：クロスラップ法
 試験片の個数は，直接塗装の場合はクロスは各10個，それ以外は各20個。目止め塗装(1)の場合は各塗料とも10個。目止め塗装(2)の場合は，引張りのALと平面のNCLは各9個，それ以外の塗料は各10個。

第3表 母平均の区間推定値（塗膜付着力および塗膜はくり率）

測定項目	試験法	塗装工程		
		直接塗装	目止め塗装(1)	目止め塗装(2)
塗膜付着力	圧縮	8.75	13.20	13.57
	引張	5.53	7.40	5.30*1 5.59*2
	平面	1.18	1.59	3.23*1 3.07*2
	クロス	2.03	2.03	—
塗膜はくり率	圧縮	10.67	18.53	20.77
	引張	18.44	28.17	24.76*1 23.49*2
	平面	8.41	5.53	12.50*1 11.85*2
	クロス	14.90	7.38	—

注：目止め塗装(2)の*1*2はAL，NCL塗料が他より試験片個数が異なるので数値が2つに別れる。

の塗膜付着力について直接塗装の工程で行ったものと目止めをした(1)及び(2)の工程で行ったものとをくらべてみると，クロスラップ法をのぞいた場合，直接塗装によって平面引張り法で測定したものの寄与率が一番高くなっていることがわかる。

また，第3表における数値を比較すると，全体に目

止めをしたものは，直接塗装よりばらつきが大きいようである。目止め塗装が大きくばらついている原因を考えてみると，目止め剤であるとの粉が十分道管みぞにすり込まれなかったり，つぎの研削の仕上げが均一にいかなかったりしたために，木材の表面に付着浸透する塗料量に差が生じ，これが，塗膜付着力のばらつきに結びついたことが上げられる。このようなことから，付着力測定用の試験片の作製にあたっては目止めをしないで，直接塗装の工程で行うのが望ましいといえる。

目止め剤を使用した場合，木材と塗膜の界面で，完全なはくりが生じ付着刀が低下しても直轄塗装と同じような傾向を示せば問題がないのであるが，上述したような目止めの技術上の問題があり，目止め処理による測定はなかなかむずかしいことがわかる。

3.2 塗膜のはくり状態について

理想的はなくり状態としては，木材と塗膜の界面ではくりがおこり，しかも木材表面に塗膜が残留しないことが望ましい。第2表の塗膜はくり率の数値は，木材と塗膜の界面で，はくりが起きたものを，それぞれの試験面積に対する百分率で示したものである。なお，これ以外のはくり状態（木部破断，接着剤と塗膜間ではくり，基材面と接着剤間ではくり）は一応塗膜残留と考えた。はくり状態の結果は，第4表からわかるように試験法の違いによって，はくり状態が異なっている。木材と塗膜の界面ではくりが最もよくおこっているのは，平面引張り法であり，従って供試した4種の試験方法の中では，この方法が最もよいといえる。平面引張り法で，木材と塗膜の界面ではくりする度合は，AL，PU，PE，NCL，さらに一段

下ってAA塗料の順に低下している。なお塗膜面と接着剤間，あるいは接着剤と基材間ではくりするものが若干みうけられるので，もっと強力な接着剤を選定する必要があると思われる。また木部破断については，塗膜付着力が強いために木部で破壊することも考えられる，しかし試験法の中でも，特に引張りせん断法に多く発生する傾向がみられ，各塗装法に共通していることから，これは，試験片の形状や荷重方向にも問題

第4表 はくり状態の分析 (単位%)

試験法	はくり率*	直接塗装				目止め塗装 (1)				目止め塗装 (2)			
		木破	木一塗	塗一接	接一基	木破	木一塗	塗一接	接一基	木破	木一塗	塗一接	接一基
圧縮せん断法	NCL		67.3	32.7			100				61.0	39.0	
	AL		21.5	73.5	5			14.0	86.0		9.0	91.0	
	PU		99.5	0.5			100				100		
	AA	0.8	43.7	51.5	4		84.0	16.0			89.5	10.5	
	PE		85.7	14.3			100				100		
引張りせん断法	NCL	30.0	46.7	22.8	0.5	50.0	40.0	10.0		1.4	69.9	28.7	
	AL	10.0	30.5	54.5	5.0		64.0	10.0	26.0		26.7	73.3	
	PU	35.0	65.0			20.0	80.0			4.0	96.0		
	AA	57.8	33.2	9.0		60.0	33.0	7.0		33.2	46.8	10.0	10.0
	PE	10.0	83.5	6.5			100				63.6	36.4	
平面引張り法	NCL	1.1	87.4		11.5		100			1.5	82.2		16.3
	AL		95.7		4.3		82.0		18.0		70.6		29.4
	PU		94.7		5.3		100				83.0		17.5
	AA		57.5	16.0	26.5		93.0	7.0			98.5		1.5
	PE	5.0	89.0	4.0	2.0		100			1.0	99.0		
クロスラップ法	NCL		36.0	64.0			41.0	59.0					
	AL			97.5	2.5		4.0	93.0					
	PU	32.0	51.0	7.0	10.0		100						
	AA		49.0	49.0	2.0	1.5	16.5	82.0					
	PE		100				100						

*木破：木部破断
 木一塗：木材と塗膜の界面でのはくり
 塗一接：塗膜と接着剤間でのはくり
 接一基：接着剤と基材（そえ材、金属ブロック）間でのはくり

があると思われる。また、今回使用した目止め剤（との粉）では5種類の塗料について、一試験法内で、完全に木材と塗膜の界面ではくりするものがなかった。

3.3 塗膜の付着力について

第1図の塗膜付着力について、直接塗装と目止め塗装(1)を比較すると、全体的に目止めをすることによって付着力は低下する傾向がみられる。第2表の直接塗装について、塗料別の塗膜付着力をみると、AL, PE, PU, NCL AAの順に高くなっていくことがわかる。またさらに第1図から、塗膜付着力の平面引張り法の試験結果を、塗装工程別に比較してみると、直接塗装では、AAが一番高いが、目止め塗装(1)ではPUが一番高く、目止め塗装(2)ではPEが一番高いといったように、塗装工程によって塗料間の傾向が異なっている。これは先に述べたように目止め工程のばらつきによるものと思われる。

4.まとめ

塗料を木材表面に塗装する時の、塗膜の評価方法については、まだ確立した方法がない。そこでこの評価方法を確立する目的で、集成材、合板などの接着剤試験方法を、塗膜の付着性試験に応用し検討を行った。すなわち塗膜面に接着剤を塗り、その上にそえ材あるいは金属ブロックを接着固定し、4種類の試験法で測定した結果、次のようなことがわかった。

1) 試験片作成の際の目止めの有無については、目止めをしない直接塗装法が望ましい。

2) 塗膜付着力の測定法としては、木材と塗膜の界面でのはくりを最も多く生ずる平面引張り法が良い。

3) 塗膜付着力は測定に待用する試験法によってかなり異なる。圧縮せん断法と引張りせん断法では高い数値となり、またばらつきも大きい。一方、平面引張り法とクロスラップ法では低い値となり、ばらつきも小さい。

以上、本報で使用した4試験法の中では、平面引張

り試験方法が最もよい結果を示した。平面引張り法は、塗料の付着性能を知る方法として十分なものではないが、一応の目安になると考えられる。

なお塗装分科会において、分担研究に参加した各試験研究機関の結果も、やはり目止めをせずに、平面引張り法で測定するのが一番よいという結論に達した。ただ、今後この方法を統一した試験法としていくには治具に固定する接着剤の選定、その塗布量、引張り速度など、まだ検討すべき問題が残っているので、分科会としては、さらにこの点をつめていくことになった。なお、分科会の今一つの検討課題である評価基準

の作成については、分担研究した試験機関の成果をもとに小委員会で表示法、段階数などを検討し、49年秋に結論をだすことになっている。

文 献

福政林蔵，岸孝雄：塗膜の付着性について(1)(2)，鳥取県工業試験場年報，昭和46年度，47年度

- 木材部 接着科 -
- *指導部 調査科 -
(原稿受理 49.6.25)