

防災剤処理した合板の2, 3の性質について

北村 維朗 本江 満
中村 史門

はじめに

この報告の執筆を準備している矢先、熊本市の大洋デパートの火災が報ぜられ、またしても百余名の尊い人命が失われている。このような事件が繰返されるたびに、可燃性である木材にかかわりを持つ我々としては一刻も早く有効な防火手段を開発して、木材から「加害者」の汚名を払拭してやりたいもの願ってやまない。

合板に難燃性を付与することは火災防止上強く望まれるところであるが、この難燃化処理によって合板の持つ諸物性が大きく劣化するものであってはならない。とくに道材合板にあっては、その独特な木理による美観をそこなうものであってはならないし、また塗装やオーバーレイに際しても加工上支障のない処理が望ましい。難燃合板の製造法は主として次の三つに分類できる。

- (I) 防火性の塗料または接着剤を使用する。
- (II) 防災剤処理した単板を使用する。
- (III) 製品合板に防災剤を含浸させる。

いずれもそれぞれ得失がありそれぞれ十分に検討されなければならないが、(III)は(II)に比べて薬剤の含浸が十分におこなえるかどうかという点で懸念があるが、単板の接着時に予想されるトラブルを考慮する必要がなく、設備の点から見てもより安価に製造できるものと思われる。そこでこの報文では(III)の方法をとって5種類の一般的な防災剤を道材合板に含浸付与し、この防火処理が2, 3の合板材質に与える影響、被塗装性への影響を試験したのでその結果の要点を紹介して見たい。なお、この報告は第6回日本木材学会北海道支部大会において発表した報告の紹介であり、詳細については同講演集および北林産試研究報告(未刊)を

参照されたい。

1. 合板の防災剤処理

供試した合板は輸出用ウォールパネル合板で3プライ、1/4 と3/16 厚のもので、いずれもラワンを心板としたカバおよびセン(一部にシナを含む)合板で、表裏単板はいずれも0.75mmである。この合板に以下の5種類の防災剤の20%水溶液を含浸させた。

-) 燐酸2アンモニウム(DAP)
-) 燐酸2アンモニウム:臭化アンモニウム=2:1の混合薬剤(DAP・AB)
-) 市販防災剤、ノンネンR-1(NON)
-) ミナリス(AWPA Firere tardant fornulati on Type C)(C)*
-) パイレソート(AWPA Fire retardant formulation Type)(D)**

これらの薬剤は

- a) 常圧で10分間浸せき(10)
- b) 常圧で100分間浸せき(100)
- c) 15分間紛50mmHgに減圧後15分間5kg/cm²で加圧注入()

の三つの方法で含浸させた。これらの含浸法で、合板重量当り、10分間浸せきで0.7~2.2%、100分間浸せきで1.1~3.2%、加圧減圧注入法で3.2~16.8%の薬剤が添着された。なお、これらは米国およびカナダの難燃C級に合格することを目標とした処理条件である。

2. 曲げ特性について

2.1 曲げヤング係数

合板を構成する木材質が処理薬剤によって劣化する

脚注 * 燐酸2アンモニウム10%、硫酸アンモニウム60%、硼砂(無水物)10%、硼酸20%。
** 塩化亜鉛35%、硫酸アンモニウム35%、硼酸25%、重クロム酸ナトリウム5%。

と、曲げに対する抵抗性が低下するであろう。

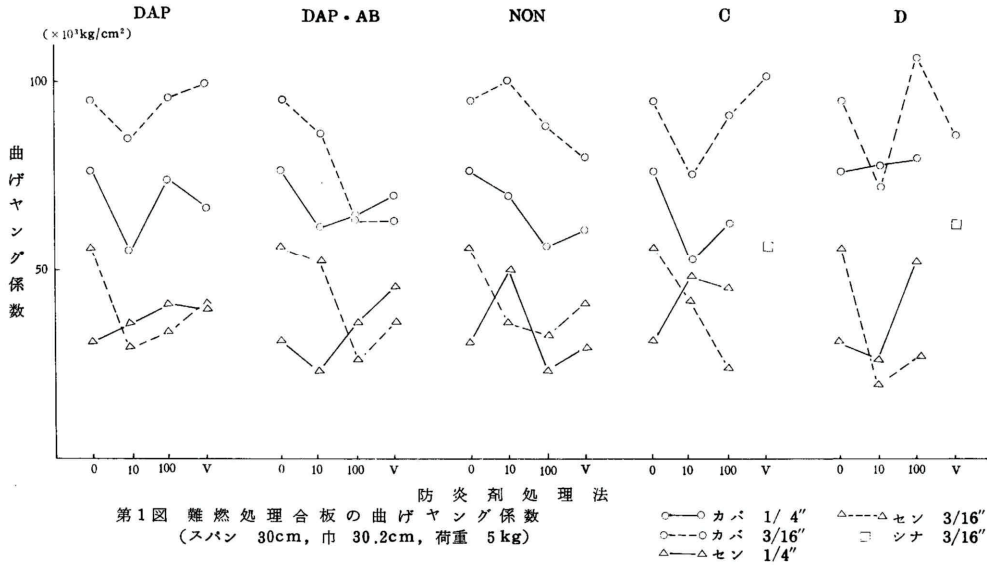
曲げに対する抵抗性は曲げヤング係数で表現される。曲げヤング係数 (E) は中央集中荷重の曲げ試験で、

$$E = \frac{Pl^3}{4yb^3} \dots \dots \dots (1)$$

{ P : 荷重, l : スパン, y : たわみ, b : 試験材の幅, h : 試験材の厚さ }

(1) 式を用いて計算する。防炎処理をおこなった合板についてこれを求めたところ、第1図のような数値を得た。これらは表裏板のせんい方向をスパン方向として測定したものである。

得られたヤング係数相互間の関係は大変複雑で、一般的な傾向を見つけることが困難である。これはパラツキ (統計解析でいう誤差変動) が大きいためである



第1図 難燃処理合板の曲げヤング係数 (スパン 30cm, 巾 30.2cm, 荷重 5kg)

○—○ カバ 1/4"
○---○ カバ 3/16"
△---△ セン 3/16"
△—△ セン 1/4"
□—□ ツナ 3/16"

うと考え、パラツキの原因を考察してみた。つまり (1) 式は試験材の厚さ (h) が3乗の形で入っているので、厚さの測定誤差が極めて鋭くE値に影響して、大きな誤差を生じることが容易に理解される。その影響の大きさを計算して見ると、(1) 式を全微分して

$$|dE| = \left| \left(\frac{Pl^3}{4b} \right) \left(-\frac{1}{yh^3} \right) \left(\frac{dy}{y} + 3 \frac{dh}{h} \right) \right| \dots \dots \dots (2)$$

つまり厚さの測定誤差率 (dh/h) は、ひずみ量の測定誤差率 (dy/y) に比べて3倍も強くヤング係数の誤差に影いてくる。厚さ (h) の測定は1/100mm精度のマイクロメーターを用いて、試料中央の1点を測定したが、このような測定法で生じた誤差が、どれほどヤング係数に現れるかを (2) 式を用いて計算してみた。

たとえば Dの100分間浸せきの3/16 カバの試料合板の全面にわたって100点の厚さを測定したところ、

平均4.68mm, 最大4.87mm, 最小4.60mm, 標準偏差 4.6×10^{-2} mmの数値を得た。ここで、ひずみ量の測定誤差ほないものとして、 $dy = 0$, $dh = 4.6 \times 10^{-2}$ mmと実験条件の各数値を (2) 式に入れて計算すると、 $dE = \pm 3.02 \times 10^3$ (kg/cm²) となり、もっとも少く見積ってもこれだけの幅は一般的に存在する。測定された厚さの最大値と最小値の幅で計算すると、実に 11.15×10^3 (kg/cm²) もの幅が生じていることが理解される。したがって、第1図の数値を見る場合、 10^4 kg/cm² 程度の粗い尺度で理解しなければならない。

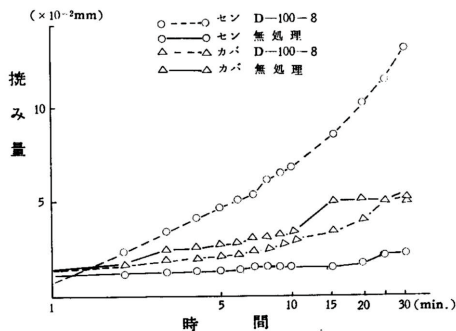
3/16 のカバ合板とセン合板について 薬剤の種類と処理法の二つの要因について2元配置で分散分析をおこなったところ、誤差項の寄与率がカバ合板では92.5%, セン合板では70.1%となり、誤差による変動が大部分を占め、したがって薬剤の種類と処理法の二つの要因は統計上有意とはならなかった。

また、合板厚さによるヤング係数の差はかなりはつきり出ており、1/4 の平均ヤング係数は $5.1 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$ 、3/16 では $6.2 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$ で危険率10%で3/16の方が1/4よりヤング係数が大きいといえる。95%信頼限界でこの差を推定すると $-0.1 \sim 2.3 (\times 10^4 \text{kg/cm}^2)$ である。カバ合板とセン合板の差は非常に明らかであり、危険率0.1%で有意差が認められる。カバの平均値は7.7、センは3.8(いずれも 10^4kg/cm^2)で、95%信頼限界で3.2~4.6($\times 10^4 \text{kg/cm}^2$)カバの方が大きなヤング係数を持つことがわかった。

結局、防炎剤処理によって曲げヤング係数が低下する(若しくは向上する)ということは極めて少なく、そのようなことがあるにしても、合板個体間のバラツキ、測定誤差によるバラツキや表裏単板の樹種や、合板厚さの影響に比べて、はるかに小さいということになる。

2.2 曲げクリープ

曲げヤング係数は負重した瞬間の曲げたわみ量から計算するが、材料によっては、このたわみ量が刻々増加する。この増加した分が曲げクリープで、腰の強いしっかりした材料ならば、これが少ない。木材を構成し



第2図 曲げクリープ曲線 (スパン 30cm, 巾 30.2cm, 荷重 1kg)

ている結晶同志、あるいは細胞同志の結合力が、薬剤等によって侵されて弱くなるとクリープは増加するであろう。事実、この実験ではセン合板とシナ合板の場合、DAP・AB, D, C, で処理したのものについてクリープの増加が認められた。その一例を第2図に示す。

3. 接着力

合板の性能で最も重要視されるのは接着力である。

類温冷水浸せき試験の結果は第1表のとおりであった。難燃合板のJAS規格によると、試験片の表板に対する心板の厚さの比によるファクターを乗じた値が 7kg/cm^2 以上であれば良いことになっているので、1/4 合板では 3.5kg/cm^2 以上、3/16 では 4.1kg/cm^2 以上であれば合格となる。したがって1/4 合板はすべて合格、3/16 ではセンのミナリス(C)の100分間浸せきが不合格であるほかはすべて合格である。不合格となったセン合板も木破率は100%であるから接着層が劣化したとは考えられない。これも3/16 合板について表裏単板樹種、防炎剤の種類、含浸法の3要因で三元配置で分散分析をおこなったが、樹種のみが圧倒的に寄与が大きく(危険率1%で有意)、薬剤、処理法とも有意とはならなかった。カバ合板全体の接着力の平均値は 8.2kg/cm^2 、セン(含シナ)合板の平均値は 6.7kg/cm^2 で95%信頼限界では両者の間に $0.66 \sim 2.30 \text{kg/cm}^2$ の差があり、明らかにカバ合板の方が大きな接着力を示す。1/4 合板の平均値は 6.7kg/cm^2 、3/16 合板の平均値は 8.2kg/cm^2 で95%信頼限界では $0.6 \sim 2.43 \text{kg/cm}^2$ の差で3/16 合板の方が強い接着力を示す。

4. 被塗装性

4.1 塗装試験

これら防炎処理をおこなった合板に、ニトロセルロース・ラッカー、アミノアルキッド、2液性ポリウレタンの3種類の塗装をおこなった。いずれも透明塗料である。ニトロセルロース・ラッカーは古くから親しまれている塗料で、硬化剤の配合や、焼付けなどの処理がいらないので、日曜大工向けにはもっともポピュラーなものであろう。また欧米では古くからなじまれてきた特有なソフトな光沢は高級家具用の塗料としても不可欠なものとなっている。アミノアルキッドは2液性、加熱硬化型の塗料であるが、安価で強固な塗膜が得られ、加熱硬化が迅速な点などから、我国の木材工業では最も広く使われている。2液性ポリウレタンは最も耐候、耐久性のすぐれた塗料で、とくに耐候性を要するところや高級品に使用されている。

これら代表的な3種類の塗料を防炎処理した合板に塗装したところ、いずれも支障なく塗ることができた。ただし処理合板の表面には防炎剤の結晶が多量に

第1表 温冷水浸せき接着力 (kg/cm²) と木破率

| 薬劑 処理法 | 1/4° | | | | | | 3/16° | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| | カ | | バ | | セ | | カ | | バ | | セ | |
| | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V |
| D A P | 7.6 (63) | 8.4 (63) | 6.1 (100) | 5.5 (90) | 7.4 (56) | 7.7 (100) | 10.7 (100) | 9.7 (95) | 11.4 (85) | 8.8 (68) | 8.6 (92) | 7.5 (84) |
| D A P · A B | 6.6 (49) | 5.7 (100) | 8.8 (89) | 5.1 (49) | 8.6 (67) | 4.3 (91) | 10.4 (75) | 12.0 (23) | 10.2 (86) | 6.3 (78) | 7.2 (96) | 5.9 (76) |
| N O N | 7.3 (88) | 6.7 (50) | 6.3 (100) | 7.8 (60) | 5.1 (69) | 6.2 (100) | 8.5 (80) | 8.3 (33) | 10.7 (96) | 8.0 (96) | 6.7 (71) | 6.2 (84) |
| C | 6.5 (100) | 7.1 (100) | — | 7.1 (66) | 7.7 (74) | — | 11.3 (50) | 8.9 (64) | 7.4 (98) | 7.1 (56) | 3.8 (100) | 〔8.4〕 (33) |
| D | 7.2 (90) | 6.3 (100) | — | 6.6 (62) | 6.6 (82) | — | 8.5 (59) | 6.2 (92) | 5.5 (47) | 6.6 (74) | 6.6 (81) | 〔7.6〕 (7) |
| 無 処 理 | 6.8 (79) | | 3.9 (82) | | 9.3 (39) | | 7.0 (67) | | | | | |

() : シナ, () : 木破率

付着しているの、素地研摩は充分におこない、これらの薬剤を完全に拭き取らなければならない。またこの時、ダストが目鼻に入らないように注意が必要であろう。パイレソート処理のものは材色が暗くなるが、塗装するとアンティーク調の落ち着いた色調になる。シナ合板の場合は色調にムラを生じ美観を損う。

- 塗装は、
- 素地研摩 (#180, #180, #220, #320) (サンドペーパー)
- 下塗 (各塗料のサンジグシーラー, 刷毛塗り, 33g/m²)

- ③乾燥 { アミノアルキッド : 60°C 20 分間, パイレックスヒーター }
 { ポリウレタン : 60°C 5 分間 " }
 ニトロセルロース : 気乾

- 研摩 (#220, サンドペーパー)
- 上塗 (各クリアー塗料, 刷毛塗り 33g/m²)
- 乾燥 (と同じ)

の6工程でおこなった。

4.2 塗膜密着性

塗装した合板は約1ヶ月放置して安定を待ってから、塗膜の密着性を試験した。塗膜の密着性を試験するには、ゴバン目試験、ナイフテスト コインスクラッチ試験等があるが、いずれも定性的な表現にとどまり、観測者の主観によるところが多い。ここでは特殊合板の日本農林規格にある、オーバーレイ材料の接着性を試験する平面引張り試験を準用して塗膜の密着力を接着力として測定した。すなわち試験片の塗膜面をサンドペーパーで軽く研摩したのち、 - シアノアク

リレート接着剤を用いて2cm x 2cmの断面をもつステンレス銅製ブロックを浮着したのち、試験機 (オートグラフ S - 500) を用いてブロックを引張り、破壊時の負荷をもって塗膜密着力とした。

塗装した合板は耐久性を見るために、

-) 600c恒温乾燥器中に6時間
-) 室温に1時間
-) 15 恒温器中に16時間
-) 室温に1時間

の強制劣化処理を0, 2, 4, 6, 8サイクルおこなったのち密着力を測定したが、データを統計的に解析したところ、これらの間に有意差がなかったの、処理回数を一まとめにしてその平均値を第2表にまとめた。特殊合板のJASによると表面化粧材料の密着力の平面引張り試験は4kg/cm²以上と規定されているが、表の数値はいずれもこの値を十分に越えている。

カバ合板の塗膜密着力の平均値は10.9kg/cm², セン (含シナ) 合板では12.1kg/cm²で、95%信頼限界では0.11 ~ 2.27kg/cm² セン合板の方が密着性が良い。また1/4 合板の平均値は12.7kg/cm², 3/16 合板は10.5kg/cm²で、95%信頼限界で0.96 ~ 3.48kg/cm² 1/4 合板の方が密着力が高いという結果になったが、これは3/16 合板は1/4 合板にくらべて剛性が低く、たわみ易いので平面引張り時に大きなたわみを生ずるので、より小さな荷重で接着が剥離するためと考えられる。したがって平面引張り試験においては、試料の剛性を十分に高くし、剥離破壊が起らないようにしなければならないという教訓を得た。

第2表 塗膜密着力 (kg/cm²)

| カバ 1/4° | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|------|--------|----------|------|--------|--------|------|--------|
| 塗料 | ニトロセルロースラッカー | | | アミノアルキッド | | | ポリウレタン | | |
| | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V |
| D A P | 9.0 | 8.6 | 7.6 | 10.4 | 6.0 | 6.8 | 19.9 | 19.6 | 13.1 |
| D A P · A B | 12.1 | 10.4 | 9.9 | 7.3 | 7.3 | 4.9 | 17.6 | 16.2 | 22.6 |
| N O N | 10.5 | 11.6 | 10.1 | 8.1 | 9.5 | 11.0 | 14.5 | 19.0 | 18.2 |
| C | 10.5 | 9.5 | — | 5.6 | 7.0 | — | 23.2 | 19.9 | — |
| D | 10.1 | 7.5 | — | 8.3 | 8.5 | — | 19.2 | 15.4 | — |
| 無処理 | 10.5 | | | 10.2 | | | 19.3 | | |
| カバ 3/16° | | | | | | | | | |
| 塗料 | ニトロセルロースラッカー | | | アミノアルキッド | | | ポリウレタン | | |
| | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V |
| D A P | 6.6 | 5.5 | 8.0 | 6.5 | 6.6 | 6.7 | 12.9 | 9.0 | 15.4 |
| D A P · A B | 8.0 | 7.5 | 8.1 | 6.1 | 5.8 | 7.3 | 16.9 | 19.3 | 14.5 |
| N O N | 6.7 | 7.3 | 8.8 | 7.3 | 8.7 | 8.5 | 13.0 | 13.7 | 16.1 |
| C | 7.0 | 5.9 | 7.4 | 9.8 | 7.8 | 5.6 | 20.0 | 16.0 | 16.2 |
| D | 7.1 | 6.2 | 7.8 | 10.3 | 7.3 | 6.1 | 13.7 | 17.9 | 17.7 |
| 無処理 | 5.6 | | | 7.9 | | | 17.5 | | |
| セン 1/4° | | | | | | | | | |
| 塗料 | ニトロセルロースラッカー | | | アミノアルキッド | | | ポリウレタン | | |
| | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V |
| D A P | 11.2 | 13.2 | 12.8 | 10.1 | 8.4 | 8.3 | 16.4 | 17.9 | 17.9 |
| D A P · A B | 14.4 | 12.6 | 13.4 | 11.3 | 10.7 | 9.1 | 19.3 | 20.8 | 16.8 |
| N O N | 13.9 | 14.0 | 15.9 | 9.5 | 8.1 | 10.9 | 17.4 | 17.3 | 17.2 |
| C | 13.0 | 15.1 | — | 7.3 | 8.1 | — | 16.1 | 19.1 | — |
| D | 11.4 | 12.1 | — | 10.3 | 8.4 | — | 16.7 | 19.1 | — |
| 無処理 | 11.1 | | | 11.5 | | | 13.2 | | |
| セン 3/16° | | | | | | | | | |
| 塗料 | ニトロセルロースラッカー | | | アミノアルキッド | | | ポリウレタン | | |
| | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V | 10 | 100 | V |
| D A P | 9.0 | 9.3 | 11.2 | 8.6 | 7.1 | 8.2 | 13.5 | 12.4 | 15.9 |
| D A P · A B | 10.3 | 8.6 | 10.7 | 7.6 | 6.9 | 6.6 | 16.1 | 13.0 | 13.8 |
| N O N | 12.1 | 10.6 | 9.4 | 6.8 | 11.0 | 6.1 | 16.4 | 15.0 | 14.6 |
| C | 8.7 | 9.6 | [10.3] | 5.3 | 9.9 | [10.9] | 17.0 | 12.3 | [15.0] |
| D | 8.7 | 11.1 | [10.4] | 9.1 | 8.7 | [9.8] | 15.5 | 12.8 | [15.8] |
| 無処理 | 7.3 | | | 11.4 | | | 17.1 | | |

[]: シナ

防火剤の種類, 含浸処理法, 塗料の種類を3要因とする分散分析をおこなったところ, カバ合板, セン(含シナ)合板ともに塗料のみ1%の危険率で有意であり, 防火剤処理に関する要因はここでも有意差が認められなかった。塗料については2液性ポリウレタンが

アミノアルキッド, ニトロセルロース, ラッカーに比べて高い密着力を与えている。

5. まとめ

以上の試験の結果, 取上げた5種類の防火剤による処理は, 合板の曲げ剛性, 接着力, 塗装性について悪影響を与えるとは認められず, 影響があったとしても合板試料間のバラツキ, 表裏単板樹種や合板厚さによる変化に比べて, はるかに小さいことが確認された。しかし, 樹種と防火剤の組み合わせによっては(セン・シナのパイレソート処理等)クリープ性が増大したり, 細かく観察すると薬剤含浸時間が長い(100分間)場合, 塗膜密着性がいくらか列火することなどが認められ, これらの面についてさらに慎重な検討が必要と思われる。

なお, この研究は当场プロジェクト研究「

道材合板の難燃化」の一部をなすもので, 林産化学部木材保存科の協力においておこなわれたものである。

- 木材部 接着科 -
(原稿受理 48.12.19)