

屋外暴露合板の表層劣化

- テーバー摩耗試験による考察 -

中村史門 佐藤光秋

1. はじめに

合板の耐候性を実際的な見地から検討するため、昭和43年から国立林試との共同により全国3か所で実大寸法での合板の屋外暴露試験を行ってきている。これまでも結果の一部について、表面性能¹⁾、接着性能²⁾³⁾、強度性能⁴⁾⁵⁾の各項目別に中間報告を行ってきている。

これまでの結果から、屋外暴露により合板の表層劣化が激しく、また、屋外暴露に伴う強度性能の低下は暴露による表層単板の摩滅と表層の材質劣化のみに依存することが見い出されている。

そこで今回、表面性能試験の一つとしてテーバー摩耗試験を行い、耐摩耗性の変化から暴露による合板の表層劣化について追求した。更に表層劣化と強度性能の関係、また表面粗さとの関係について検討した。

なお、本報告の一部は、昭和53年4月に行われた第28回日本木材学会大会において発表した。

2. 試料及び試験方法

2.1 供試合板及び屋外暴露方法

供試合板は水溶性フェノール樹脂接着剤を用い常法によって製造したサイズ91×91cmの類合板であり、シナ、カバ、レッドラワン、カプールの3プライ合板（構成；2.30+3.60+2.30mm）、及びレッドラワン5プライ合板（1.65mm×5）である。カバ以外はすべて同一樹種構成であるが、カバ合板は表裏単板をカバとし、中心にはレッドラワンを用いた。

屋外暴露は全国3か所（旭川、東京、高知）で行い、表側を正南面に向け上下2段で暴露した。フィールドは草地とし、架台は地上1mの位置に設置した。

なお、本報告では表面無処理合板について検討した結果のみを報告するが、屋外暴露試験はフタル酸系白

色ペイント、ポリウレタンワニス、ボイル油の3種類で表面処理した合板についても行っている。表面処理合板についてはあらためて報告する予定である。

2.2 テーバー摩耗試験方法

テーバー摩耗試験には、テーバー社製MODEL - 174摩耗試験機を用いた。負荷荷重は500g、研摩紙はテーバー社製のS - 33を用いた。なお、研摩紙は400回転毎に新しく取替えた。

摩耗量の測定は重量及び厚さ摩耗量について行った。重量摩耗量は0.1mgの直示天秤を用いて行い、厚さ摩耗量は1/100mmのダイヤルゲージを用い18カ所について測定した。

2.3 表面あらさの測定方法

試料合板の表面あらさは触針式表面あらさ測定器（K.K.小坂研究所製、SE - 3C型）を用いて中心線平均あらさを測定した。測定条件は、縦倍率200倍横倍率10倍、カットオフ0.8mmとした。触針は先端径5μm、重さ0.4gのものを使用した。

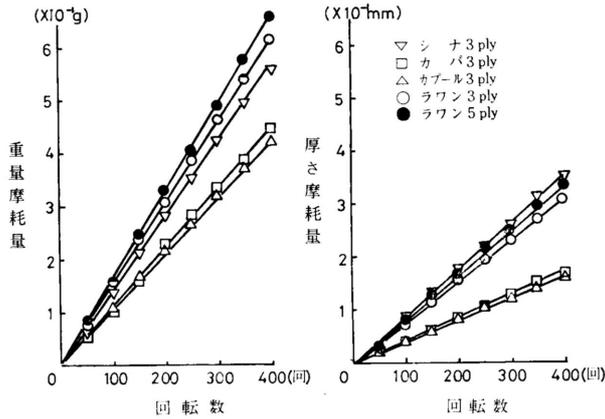
3. 結果及び考察

3.1 摩耗試験結果

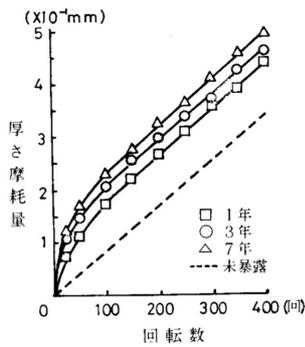
第1図に未暴露のコントロール合板の摩耗試験結果を示した。

図から明らかなように、重量、厚さ摩耗量とも、いずれの合板についても回転数とともにほぼ直線的に増加している。このことからみて、本試験範囲内では、試料合板の表層材質は表面からほぼ均一といえる。

摩耗量は比重の高いカプール、カバが少なく、比重の低いラワン、シナが大きい。本試験の範囲では、表単板の容積重と厚さ摩耗量との間に直線関係を認めることが出来る。最小二乗法で求めた回帰直線式は次のとおりである。



第1図 未暴露合板の摩耗



第2図 屋外暴露合板の摩耗

試料：ラワン 3ply
暴露地：旭川
暴露面：南面

$$Y = 1.76 \times 1.79 \quad r = 0.992$$

但しY：厚さ摩耗量 (μ/回転)

X：容積重 (g/cm³)

第2図に暴露合板の摩耗結果の一例を示した。第1図で示した様に、未暴露合板では回転数とともに摩耗量は直線的に増加する。これに対して暴露した合板では回転数の低い領域、すなわち試料表面に近い部分での摩耗量の増加が急激である。そして以後直線的増加となっている。更にこの直線部分は未暴露試料の摩耗

曲線とほぼ平行になっている。

摩耗量は暴露期間が長くなる程増加する傾向を示している。これは屋外暴露により合板表層が風化し材質劣化を生じて耐摩耗性が低下したためと考えられる。

これらのことから、暴露合板の回転数と摩耗量との関係における直線域は暴露前の元の材質を保持している部分であり、回転数の初期段階での摩耗量が急増している曲線域は暴露により材質が劣化した部分と考えられる。

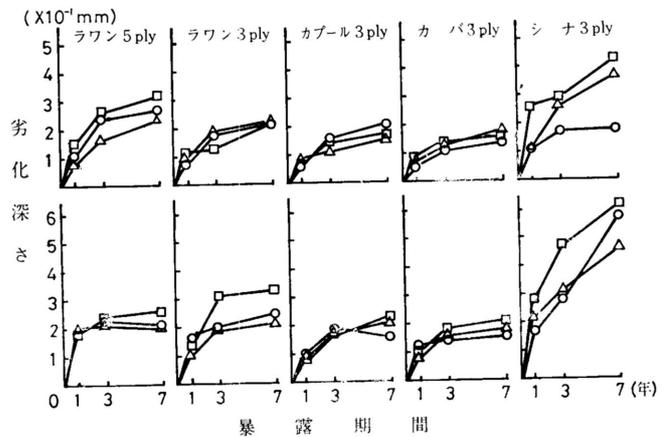
3.2 屋外暴露合板の表層劣化

暴露合板のテーバー摩耗試験の結果から、摩耗曲線の初期域の曲線部分が暴露により材質劣化した表層部と見なしうることを見出した。

そこで、第2図の厚さ摩耗量に関する図上で曲線部と直線部との交点を求め、その交点までの厚さ摩耗量をもって屋外暴露合板の表層における材質劣化部分の厚さとし劣化深さとした。

ここで求めた劣化深さというのは暴露後の残存表層部における劣化部分の深さであり、暴露により材質劣化の生じた部分というのは、ここでの劣化深さに暴露に伴って生じる厚さ減りをプラスしたものとなる。

第3図に上述の方法により求めた各種暴露合板の表



第3図 屋外暴露合板の表層劣化深さ

暴露地：○旭川，△東京，□高知
暴露面：上：北面，下：南面

層の劣化深さを示した。

樹種別にみると、カバ、カプールの劣化深さが小さく、ラワンがそれよりも若干大きく、シナが特に劣化深さが大きく、この傾向は比重にほぼ比例しているといえる。

暴露地域の影響は、高知において暴露した合板の劣化深さが大きい傾向を示している。

表裏、すなわち暴露面の影響については、北面の暴露面の劣化深さが小さい。暴露期間が短い程その傾向が強く、期間が長くなってくると南、北面の劣化深さの差が小さくなる傾向を示している。

暴露期間の影響をみると、シナ以外では3年目まで比較的大きな劣化深さを示しており、以後劣化深さの増加は緩慢になり平衡に達する傾向を示している。

これは合板を屋外暴露すると表層が風化作用を受け変色、割れ、繊維の分解が生じて、ついには表面部分から組織が脱落していくため残存部における劣化深さとしては暴露期間が長くなるにつれて平衡値をとる傾向を示すものと考えられる。

平衡値としては0.2~0.3mm程度であり、これは木材の光劣化における主要波長領域である紫外線が木材表面から内部へ到達し得るとされている深さにほぼ匹敵している。このことから、光が合板表面の劣化に大きく影響していることが考えられる。

しかしながら、シナの場合には他の樹種と異なり3年以降も表層の劣化深さは増加している。これはシナの組織構造や抽出成分によるものと考えられるが、今後の検討課題としたい。

前述した様に暴露により材質劣化を生じた表層部分というのはここで求めた劣化深さに暴露により摩滅して生じる厚さ減りをプラスしたものである。

ここで表単板の厚さ減りを測定した結果、最も大きいシナで7年間で0.3~0.4mm、最も小さいカバでは約0.15mm、ラワンでは0.3mmで

あった。

最も劣化の大きいシナの場合、7年間暴露した合板表層の劣化深さは表単板で約0.5~0.6mmであり、これに厚さ減りの分をプラスすると、暴露により材質劣化した表単板の厚さは0.8~1.0mmとなる。これは元の単板厚さの約40%強の比率になる。同じくカバでは約15%、ラワンで約20%、またラワン5プライの場合には約30%と3プライの場合よりも大きくなっている。

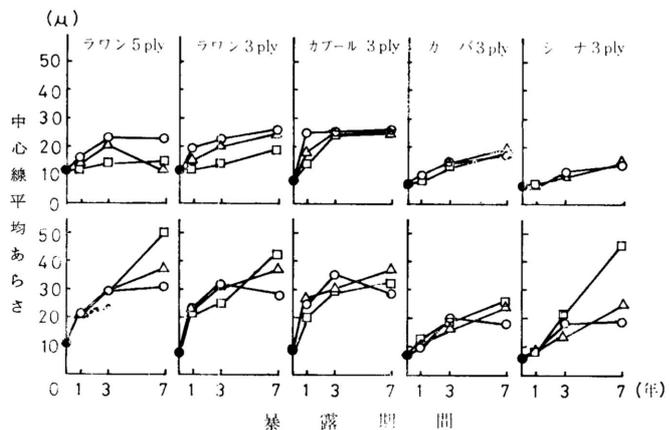
暴露によっても合板内層の単板の厚さはほとんど変化しておらず、厚さ減りは表裏単板の摩滅によるものと考えられ、表裏単板の厚さ減りを含めた材質劣化というものは当然合板の強度性能、接着性能の低下に大きく影響するものと考えられる。したがって、外装用合板あるいは構造用合板の設計にあたっては表裏単板の厚さについて十分考慮する必要がある。

3.3 暴露合板の表面あらさ

屋外暴露により合板表面のあらさが増加することがこれまでの結果¹⁾から定性的には認められている。

今回、あらさメーターを用いて定量的に中心線平均あらさを測定し、暴露による表面あらさの変化及び表面あらさと表層劣化との関係について検討した。

第4図に暴露による中心線平均あらさの変化を示す。表面あらさの変化は劣化深さと類似の傾向を示しており、3年以降の増加が緩慢になっている。しか



第4図 屋外暴露合板の表面あらさ
暴露地：○旭川，△東京，□高知
暴露面：上：北面，下：南面

し、劣化深さの場合と比較すると、カプールの1年間での表面あらさの増加が大きいこと、シナでの増加が総体的に小さいことが特徴的である。これはカプールの道管が大きいこと、一方シナの道管が小さいなど組織構造的なことが原因の一つと考えられる。

表面あらさと劣化深さとの関係について統計的に検討した結果、カバ合板以外についてそれぞれの合板毎で表面あらさと劣化深さとの間に直線関係を認めることが出来た。表面あらさが大きくなる程、劣化深さは大きくなる。したがって、表面あらさから劣化深さをある程度推定することも可能となる。

3.4 劣化深さと曲げ強度性能との関係

本試験で求めた暴露合板の劣化深さは当然合板の強度性能に影響しているものと考えられる。

そこで、表層が大きく影響すると考えられる曲げ強度性能と劣化深さとの関係について検討した。

用いた曲げ強度性能に関するデータは、本研究で強度性能部門を担当している吉田ら⁴⁾⁵⁾によるものである。

第5図に試料合板の表単板の繊維方向と曲げ試験におけるスパン方向が平行な場合での劣化深さと曲げ強さ、ヤング率との関係を示した。

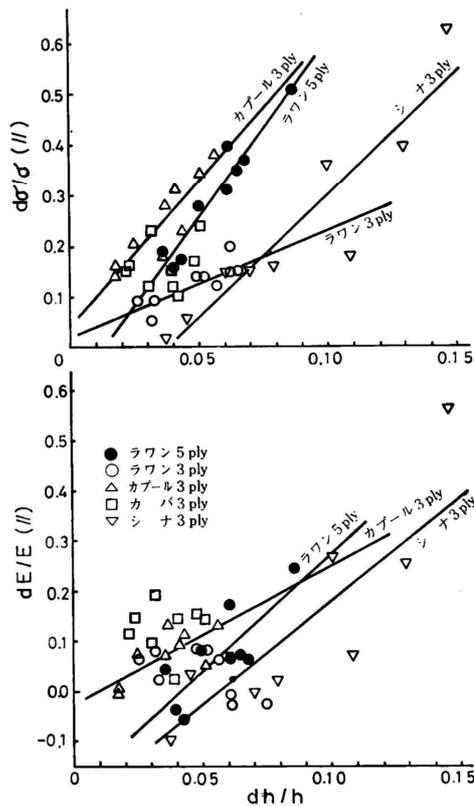
横軸の dh/h は劣化深さ比、すなわち暴露合板の厚さ h に対する劣化深さ dh の比である。縦軸はそれぞれ曲げ強さ、ヤング率の低減比、すなわち暴露前の値、 E に対する暴露による低下分 d 、 dE の比 d/E である。

劣化深さと曲げ強さとの関係において、 dh/h と d/E の間には全試料では相関関係は認められない。しかしながら、劣化深さ、曲げ性能の変化が樹種により異なることを考慮して、各樹種毎についてみると、 dh/h と d/E の間に直線関係を認めることが出来るものがある。図中の直線が最小二乗法で求めた回帰直線であり、ラワン5プライ及びラワン、シナ、カプールの3プライ合板について、それぞれ劣化深さと曲げ強さの変化との間に直線関係が認められる。しかしながらカバ合板については直線関係が認められない。これは、カバ合板の場合中心単板がラワンであることが影響しているものと考えられる。

ヤング率については、曲げ強さの場合と同様 dh/h と dE/E との間に、ラワン5プライ、シナ、カプールの3プライ合板に直線関係が認められた。しかしながらラワン3プライ合板については曲げ強さの場合と異なり直線関係を認めることは出来なかった。これは7年暴露合板のヤング率が暴露前よりも高くなったためであり、今後の推移をみて検討したい。

ここで、 dh/h と d/E 及び dE/E との関係において、試料が合板ではなく素材と考え、劣化深さ以内の部分が完全にもとの材質を保持しているものとする、 dh は厚さの誤差として考えられる。したがって dh/h の dE/E 及び d/E に対する影響は $d/E = 2dh/h$ 、 $dE/E = 3dh/h$ となる。

この点からみると、ヤング率については回帰直線の勾配が2.8~4.6であり、比較的 $dE/E = 3dh/h$ に近



第5図 曲げ強度性能と劣化深さの関係

い関係にある。

また、曲げ強さについてはラワン3プライの場合に $d / \delta = 2.1dh/h$ となる。しかし他の合板については回帰直線の勾配が4.6~7.1であり $d / \delta = 2dh/h$ とはならない。

合板の場合は、表層磨滅による厚さ減りにより断面構成が変化するため単純にはいえないであろうが、曲げ強さについては本試験で求めた劣化深さの他にも強度低下をもたらす原因があると考えられる。その一つとしては表面割れが考えられる。狭くて深い割れは摩耗試験での摩耗量については影響は少ないが、強度性能に対しては大きく影響するのではないかと考えられる。

一方、試料合板の表板繊維方向とスパン方向が直交する場合には劣化深さと曲げ強度性能との間には相関関係は認められなかった。これは直交方向の曲げ強度性能が表裏単板よりも表裏直下单板の強度により支配されること、且つ暴露合板にあつては表面割れの影響によりその傾向が強くなるためと考えられる。

4. まとめ

1, 3, 7年間にわたって屋外暴露した、シナ、カバ、カプル、レッドラワンの3プライ合板及び5プライラワン合板についてその表層劣化をテーバー摩耗

試験により検討した結果、以下のとおりである。

- (1) テーバー摩耗試験により屋外暴露合板の表層劣化部の深さをある程度定量的に測定できる。
- (2) 屋外暴露による表層劣化は樹種により異なりシナが大きく、カバが小さく比重にほぼ比例する。劣化深さは3年以降増加は緩慢になる傾向にあるが、シナのみは3年以降も増加する。
- (3) 表面あらさと劣化深さとの間に樹種により直線関係が認められ、表面あらさの増加とともに劣化深さは増加する。
- (4) 本試験で求めた表層劣化深さと曲げ強度性能との関係において、表単板の繊維方向とスパン方向が平行な場合に樹種、プライ数によって直線関係が認められ、劣化深さが大きくなる程、強度性能は低下する。

文 献

- 1) 中村：本誌，2月（1975）
- 2) 唐沢：第24回日本木材学会大会研究発表要旨（1974）
- 3) 唐沢：第27回日本木材学会大会研究発表要旨（1977）
- 4) 吉田：本誌，8，9月（1974）
- 5) 吉田ら：木材学会誌，23・No. 11（1977）

- 木材部 接着科 -
(受稿受理 昭和53.8.21)