

構造部材としての合板の耐用年数は推定できるのか

技術部 生産技術グループ 古田直之

■はじめに

合板や集成材などの接着剤が使用された木質材料に関する質問として「住宅部材として何年持ちますか」あるいは「50年使用したらどの程度性能が低下しますか」といった材料の耐久性に関するものがあります。これらは、木質材料に関して多くの人が抱く疑問でありながら、明確に回答するのが困難なものの一つと言えます。

木質材料の耐久性は、接着剤の耐久性に依存しますが、材料が使用される環境によって耐久性は異なります。住宅の構造部材のように直接水分が作用することの少ない使用環境の場合、長い年数をかけて徐々に性能が変化していくものと考えられます。上記のような質問に対して、①フェノール樹脂接着剤などの耐水性の高い接着剤を使用した材料であれば長持ちすること、②材料の耐水性に関する類別（合板においては、特類や1類、2類）に応じた正しい使い方をしていけば実用上は問題ないと考えられること、等は判断できますが、「何年持つのか」という疑問に対して直接回答することは難しいのが現状です。

林産試験場では、これまでに住宅の床下地材として長期間使用された合板について、接着性能の調査を行ってきました。結果の一部は、すでに林産試だより2011年4月号でも紹介していますが、今回はこれらの実用環境での調査結果を元に長期使用された合板の接着性能の低下を推定する試みを行いましたので、ここでご紹介します。

■接着性能の測定

合板の接着性能の測定は、図1（左図）に示すように、接着層付近に切り込みを入れて端部を引張り、以下の式よりせん断強さを求めます。

（せん断強さ）＝（破壊時の最大荷重）／（せん断面積）

大まかな判断として、せん断強さが高い場合は接着が良好、低い場合は接着が不十分であると評価できます。破壊形態は、通常、接着が良好な場合は木部（単板自体）の破断、不十分な場合は接着層部分の破断が多くなります。ただし、トドマツやスギな

どの針葉樹材で、単板自体の強度が非常に低い場合には、せん断強さが低くなることもあるため、木部で破断した割合（木部破断率）が高い場合には、良好な接着とみなします（図1 写真参照）。

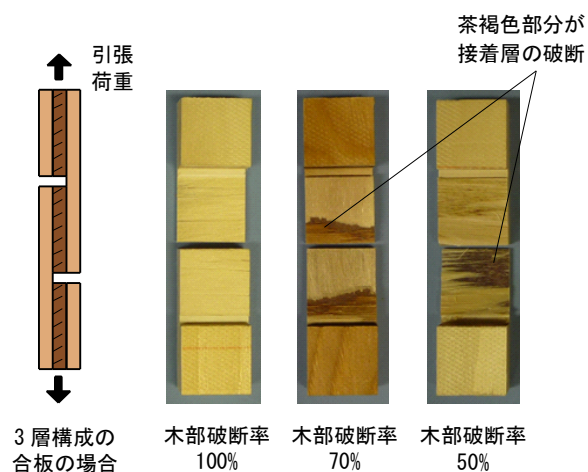


図1 引張りせん断試験方法と木部破断率

■長期使用時の接着性能の変化とは

木材は周囲の温湿度の変化により含水率が変化し、それに伴い収縮や膨張する性質があります。また、収縮膨張の程度は方向によって大きく異なり、幅（接線）方向は軸方向よりも10～20倍程度大きく寸法変化することが知られています（図2）。合板は、単板の繊維方向を互いに直交させて張り合わせているため、幅方向の寸法変化を隣接する単板が抑制することになり、通常の木材に比べて寸法変化が非常に少ないという性質があります。これは合板の大きな利点の一つです。

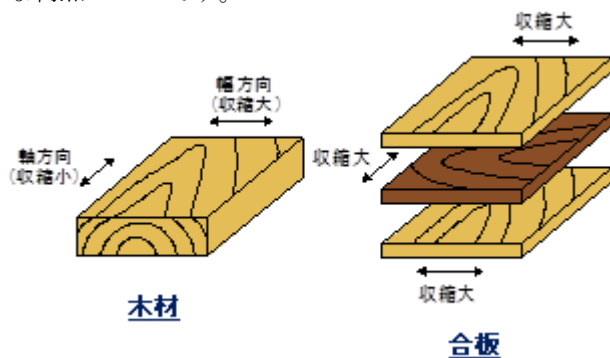


図2 木材と合板の収縮膨張

一方、視点を変えてみると、温湿度変化により寸法を変えようとしている単板の動きを接着層が抑えているわけですから、接着層付近には応力が発生していることになります。また、床下地材を例に挙げると、合板には家具などの積載物や歩行者による荷重が作用するので、曲げ応力が発生しています。これらの応力の作用の蓄積が、長期使用時の劣化を引き起こす一因であると考えられます。

また、合板の耐久性は接着剤の種類により大きく異なります。合板用に使用される接着剤では、促進劣化試験での耐久性の高い順から、フェノール樹脂接着剤>メラミン樹脂系接着剤>ユリア樹脂接着剤となります。ユリア樹脂やメラミン樹脂系の接着剤では、水分が直接作用すると接着剤の分子間の結合が切れる現象(加水分解)が生じることが知られています。したがって、長期間にわたる温湿度の変化そのものも接着層を劣化させる一因となりえます。一方、フェノール樹脂接着剤では水分に対して非常に安定しているので、水分による接着剤自体の劣化はほとんどありません。

■合板の接着耐久性の評価

住宅構造材としての耐久性を最も正確に知る方法は、使用前と長期使用後の性能を直接比較することですが、50年後の劣化を調べるのに50年かけるという方法は現実的ではありません。そこで、接着耐久性を評価する方法として、短期間で劣化を生じさせる促進劣化処理を行い、接着性能の変化を測定しています。

促進劣化の手法としては、温水や沸騰水中への浸せきやスチーミング処理といった水分と熱を同時に加える方法、あるいは減圧加圧処理を施して材料に水分を十分に含ませる方法などが用いられています。その例として、合板の日本農林規格(JAS)における主な促進劣化処理方法を表1に示します。合板のJASにおいては、促進劣化処理後のせん断強さが一定値を満たすことが求められます。劣化をさらに詳しく

調べたい場合には、処理前後の性能を比較すれば、性能低下を数値化することができます。しかし、促進劣化処理については、その処理方法が住宅部材としてどの程度の期間の劣化に相当しているのかは判断できません。

一方、実際の住宅に使用された材料を入手して、性能を測定すれば、その時点での性能が明らかになります。しかし、この場合、住宅施工時の材料の性能が不明であるため、どの程度劣化したのかが判断できません。これらのことが、長期使用後の劣化を推定することが難しいと言われる理由です。

当场では、促進劣化処理を繰り返し行って劣化を調べる方法と、長期使用時の合板の残存性能を比較することで、劣化推定が可能かどうかの検討を行いました。

■促進劣化処理の繰り返しによるせん断強さの変化

まず、当场で行った合板の接着性能に関する実験データについてご紹介します。図3は合板密度とせん断強さの関係を煮沸処理の回数別に示したものです。供試合板は、すべてJASの1類の性能を満たした市販の南洋材合板ですので、良好な接着がなされた材料といえます。煮沸処理回数は「4時間煮沸→60℃で20時間乾燥」を1サイクルとした時の回数で示しています。

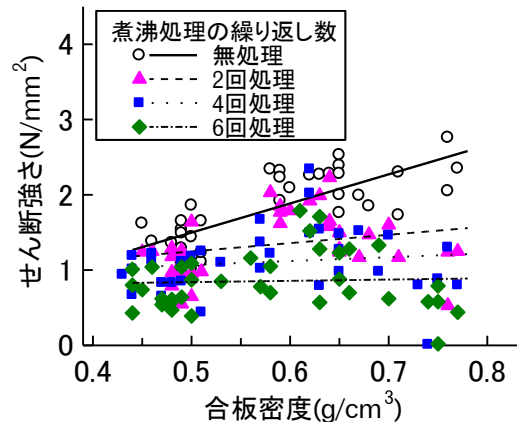


図3 合板密度とせん断強さの関係(煮沸処理)

表1 合板のJASにおける接着性能に関する類別と処理方法

類別	主な接着剤	主な促進劣化処理	処理内容
特類	フェノール樹脂	連続煮沸	72時間連続煮沸→室温水中に冷めるまで浸せき
1類	メラミン・ユリア共縮合樹脂	煮沸繰り返し	4時間煮沸→60℃・20時間乾燥→4時間煮沸→室温水中に冷めるまで浸せき
2類	ユリア樹脂	温冷水浸せき	60℃温水中に3時間→室温水中に冷めるまで浸せき

まず、無処理のプロットに着目すると、合板密度が高いほどせん断強さが高くなっています。すなわち、良好に接着された合板においては、合板密度から、ある程度せん断強さが推定できることを示しています。煮沸処理した合板では、処理回数の増加とともにせん断強さは低下しています。また、高密度の合板において、性能低下が顕著に表れています。これには以下の理由が考えられます。

木材は細胞の集合体ですので、細胞の空隙部分が少なく、細胞壁部分の占める割合が多い材料が高密度材です。前述した木材の収縮膨張は、細胞壁自体の収縮膨張に起因しているため、細胞壁部分の多い高密度材は収縮膨張が大きく作用するものと考えられます。したがって、煮沸繰り返し処理による収縮膨張応力の作用は、高密度材が顕著になるため、劣化しやすいものと推察されます。

■長期使用時のせん断強さ

北海道内の9棟の住宅から、床下地材として16～33年使用された合板（南洋材合板12mm厚）を採取し、接着性能を調べました。

採取した合板は、いずれも腐朽や接着層のはく離等の外観上の劣化の見られない健全なものでした。これらはいずれもJASの型枠用合板であったことから、製造当初は1類の性能があり、メラミン樹脂系の接着剤が使用されていたことが推定されます。

図4は新品の合板と長期使用された合板について、合板密度とせん断強さの関係を示したものです。新品の合板と長期使用された合板の関係をみると、図3に示した無処理と煮沸処理後の合板の関数と非常に似た分布をしていることがわかりました。長期使用された合板については、数十年前の初期のせん断強さは不明ですが、前述のように、「良好に接着

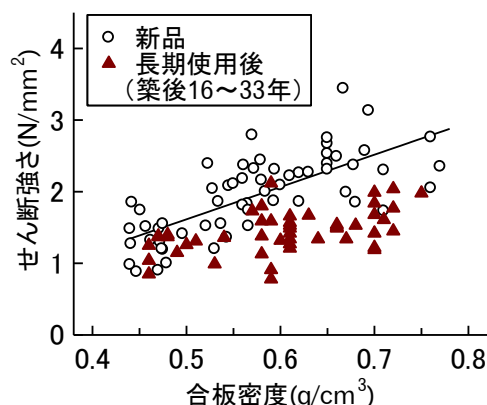


図4 合板密度とせん断強さの関係（長期使用後）

された合板については、密度からせん断強さがある程度推定できる」ということを用いて劣化の程度の数値化を試みました。せん断強さの残存率は図5に示した式から算出しました。

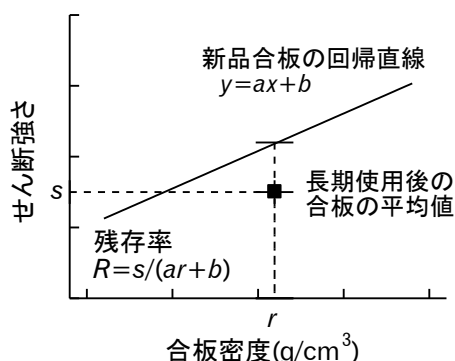


図5 長期使用した合板の残存率の算出法

煮沸繰り返し試験での処理回数と残存率の関係および長期使用された合板の使用年数と残存率の関係を図6に示します。ここでは合板密度を高密度、中密度、低密度の3種に分類して表示しました。

図6に曲線を当てはめて比較すれば、煮沸処理回数と使用年数の関係を求めることができます。今回は、煮沸処理1サイクルによる合板の接着性能の低下は、床下地材として8～13年程度実際に使用した場合の低下と同等であるものと算出されました。

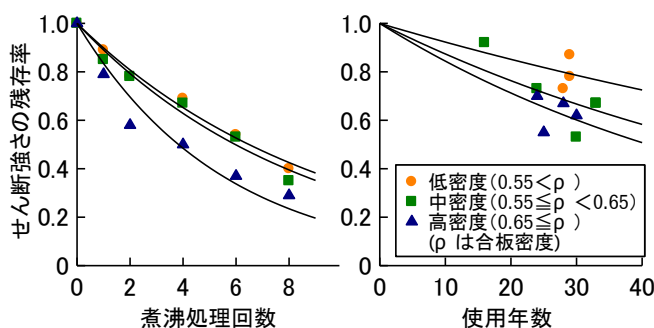


図6 煮沸繰り返し処理と実使用時の残存率の比較

■長期使用時の性能推定の試み

今回調査した合板の使用年数は最大でも33年でしたが、さらに長期間使用した場合の性能を推定してみました。

まず、合板密度を、低密度 (0.5g/cm³)、中密度 (0.6g/cm³)、高密度 (0.7g/cm³) の3種類に設定し、初期のせん断強さは、それぞれの合板密度に見合ったせん断強さであるものと仮定します。せん断強さの初期値としては、安全側の評価となるように下限値 (低密度0.82N/mm²、中密度1.28N/mm²、高密度

1.72N/mm²) を用いました。長期使用時の性能低下は、**図6** (右図) で示した劣化曲線に従うものとして、時間軸を延長してみました。結果を**図7**に示します。

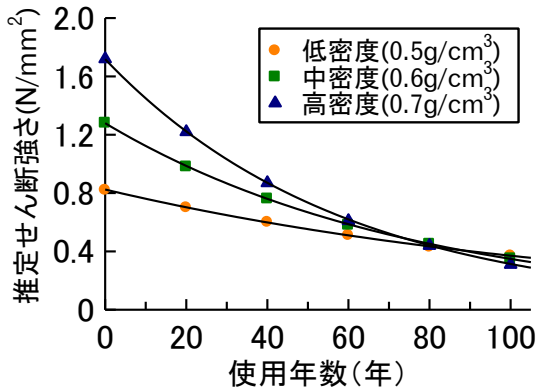


図7 長期使用時のせん断強さの推定値

高密度合板では初期のせん断強さが高い一方で劣化が顕著であるため、長期使用時には低密度合板の性能を下回るといふ試算結果が得られました。ただし、この結果については、今後さらにデータを蓄積して信頼性を高めていく必要があります。

これらの結果は、道内の9棟の住宅から採取した合板のせん断強さの測定値を基に算出した限定的なものではありますが、実使用時の合板の接着性能の低下を示す有用な資料となるものと考えています。

■おわりに

冒頭の「住宅部材として何年持つのか」という疑問はかなり曖昧であり、この疑問に答えるには、まずはどのような樹種や接着条件の材料をどのような環境で用いるのかを明確にする必要があります。その上で、「実用上必要な最低限の性能を下回った時が寿命」と捉えるのが最も説得力があるように思えますが、この「最低限の性能」についても使用環境によって異なるものと考えられます。

また、住宅部材として要求される性能は、今回紹介した接着性能だけでなく、曲げや面内せん断、釘接合性能、あるいは耐力壁や床構面等の構造耐力要素としての性能など多岐にわたるため、これらを含めて総合的に判断しなければなりません。このような観点からすると、本調査結果は一例を示したに過ぎず、冒頭の質問に答えるにはまだまだ不十分ではありますが、具体的な回答を導くための一歩を踏み出したのではないかと考えています。

今回の調査および試算は、メラミン樹脂系接着剤を用いた南洋材合板を対象としたものです。現在、住宅構造材として用いられている針葉樹合板の多くはフェノール樹脂接着剤を用いているため、接着性能の劣化は本試験結果よりも軽微であると考えられますが、今後はこれらについてもデータを蓄積していく必要があると考えています。