

Q&A 先月の技術相談から

単板の積層数と合板の曲げ性能の関係

Q: 12mm厚さの構造用合板を入手しましたが、4層構成(4プライ)になっていました。従来は5層構成(5プライ)のものが多かったように思いますが、これらの合板の曲げヤング係数に違いはありますか？

A: 合板は通常、単板(ベニヤ)の繊維方向を互いに直交させて奇数枚積層し、接着剤で張り合わせたものです。奇数枚とするのは、主に以下の二つの理由があります。

- ①繊維方向を互いに直交させて単板を張り合わせた場合、偶数枚では表と裏の単板の繊維方向が直交し、断面が非対称になるので、温湿度変化による製品の反りや狂い等が発生しやすくなります。
- ②単板が奇数枚の場合、接着層の数は偶数となります。接着作業は、グルースプレッダという機械を用いて単板の表裏面に同時に接着剤を塗布するため、接着層の数が偶数のほうが好都合です。

ところが、近年、歩留まり等の関係から積層数が偶数の合板も製造されており、合板の日本農林規格においても、このような構成の合板が認められています。この場合、内層の一部の隣接する単板の繊維方向を同一方向にすることで、表裏単板の繊維方向を合わせています。

さて、積層数と曲げヤング係数の関係について、等厚の5層構成のもの(図1)を例に挙げると、積層材の曲げヤング係数は以下の式で表すことができます。

$$E_p = (E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4 + E_5 I_5) / I_p \quad \dots \dots (1)$$

$$I_p = bh^3 / 12, \quad I_i = bh^3 / 12 + bhy_i^2 \quad (i=1, 2, 3, 4, 5)$$

ここで、

- E_p : 積層材のヤング係数
- I_p : 積層材の断面2次モーメント
- $E_1 \sim E_5$: 構成材料のヤング係数
- $I_1 \sim I_5$: 構成材料の断面2次モーメント
- $y_1 \sim y_5$: 構成材料の積層材中立軸からの距離

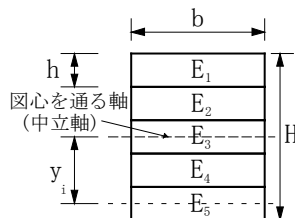


図1 5層構成の積層材料

合板は面材料ですので、力の作用する方向が、表板の繊維方向に平行な場合(0度方向)と垂直な場合(90度方向)を別々に考える必要があります(図2)。木材においては、繊維に直交する方向のヤング係数

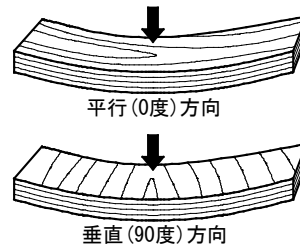


図2 表板の繊維方向と力の作用方向

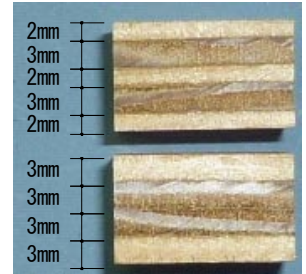


写真1 5プライと4プライの単板構成

は、繊維方向のヤング係数に比べて非常に小さいため、合板では、直交方向のヤング係数を0と仮定しても計算上、大きな差は生じません。写真1に示すような5プライと4プライの断面構成の場合では、0度方向と90度方向のヤング係数(E_{p0} , E_{p90})は、(1)式を活用して、

5プライの場合、

$$E_{p0} = (E_1 I_1 + E_3 I_3 + E_5 I_5) / I_p, \quad E_{p90} = (E_2 I_2 + E_4 I_4) / I_p$$

4プライの場合、

$$E_{p0} = (E_1 I_1 + E_4 I_4) / I_p, \quad E_{p90} = (E_2 I_2 + E_3 I_3) / I_p$$

と表すことができます。

単板のヤング係数($E_1 \sim E_5$)を仮にすべて10,000(N/mm²)と仮定し、上式に代入すると、

5プライの場合、

$$E_{p0} = 7.08 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)}, \quad E_{p90} = 2.92 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

4プライの場合、

$$E_{p0} = 8.75 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)}, \quad E_{p90} = 1.25 \times 10^3 \text{ (N/mm}^2\text{)},$$

となります。

したがって、質問に対する答えとしては、「合板の曲げヤング係数は単板構成によって異なり、単板の材質がすべて同じであると仮定した場合には、0度方向では4プライの方が高く、90度方向では5プライの方が高い」ということになります。

積層数がさらに増えた場合も、(1)式の応用で計算が可能で、通常は、単板の積層数を増していくと、曲げヤング係数は0度方向が低く、90度方向が高くなっていき、両方向の差が小さくなります。なお、図1で単板構成が図心を通る軸に対して非対称な場合には、 I_i の計算が異なり、多少複雑になってくるので注意が必要です。(生産技術グループ 古田直之)