

I - 19

異樹種積層大断面集成材の構造特性について

秋田大学 正 員 長谷部 薫
秋田大学 正 員 薄木 征三
秋田大学 学生員 藤原 直之

1. まえがき

集成材はりの曲げ耐力と剛性は、各ラミナの強度性状が完全に一致する状態においては、ラミナのそれらと同じと考えることができる。しかし、一般には集成材はりは、はりの曲げ性状を考え低品質強度のラミナを断面の中央部に、高品質高強度のラミナを外層部に配置する。間伐材等の低品質材の活用という観点からは、外層に米松等の高強度ラミナを数枚、内層に低品質材を用いた異樹種積層集成材の規格化が望まれる。品質および強度の差異は、同一樹種間においても存在するが、異樹種間におけるほうが顕著であるから、異樹種構成の集成材の構造特性を明らかにしておく必要がある。

本報告では、異なった樹種を積層した大断面集成材はりの弾性係数を評価する方法を示し、米松と杉を用いて試作した集成材の曲げ試験と圧縮試験の結果を示す。

2. 集成材ラミナのヤング係数

試験体は長さ6 m、22×45cmの長方形断面で、3 cm厚の米松のラミナを外層に2枚、3.3cm 厚の秋田杉のラミナを内層に10枚接着積層した大断面集成材である。長さ6 mのラミナを単純支持し、支間を5.5mとして支間中央に集中荷重を作用させ、各ラミナのヤング係数を測定した。表-1にケース1から6までの各試験体のヤング係数を示す。表中で、 E_1' は外層に用いた4枚の米松ラミナの平均値で、 E_2' は内層に用いた10枚の杉の等価ヤング係数である。また、 E_T' は集成材としての等価ヤング係数である。

表-1 ラミナのヤング係数
(kgf/cm²)

Case	E_1'	E_2'	E_T'
1	134600	89200	116700
2	135000	88100	116500
3	138100	90600	119400
4	137200	92400	119500
5	142800	92000	122700
6	138500	90600	119600

3. 曲げ試験による弾性係数の決定

1) ヤング係数とせん断弾性係数の測定

単純ばりの支間Lを2.6m、3.2m、4m、5.6mと変化させ、支間中央に集中荷重を作用させて載荷点のたわみを測定し、せん断変形の影響を含むたわみ式よりせん断弾性係数Gを求めた。図-1は、一例としてケース5の試験体の結果を示す。図中の黒丸の実験データを最小二乗法で処理させた直線の傾きよりせん断弾性係数Gが得られ、この直線と縦軸との交点よりヤング係数 E_T が求まる。ケース1から6までの E_T とGを表-2に示すが、表-1の E_T' と良い対応を示している。等価曲げ剛性 $E_T I$ は、図-2に示すような対称断面3層はりとした場合、外層と内層のヤング係数 E_1 と E_2 を用いて次式で表される。

$$E_T I = 2 E_1 I_1 + E_2 I_2 + 2 E_1 A_1 (h_1 + h_2)^2 \quad (1)$$

2) ヤング係数 E_1 と E_2 の決定

ケース1から6までの試験体より、図-3に示すように75cm長の圧縮試験体を切断し、外層と内層に4枚のひずみゲージを接着して全面圧縮試験を行った。荷重Pと柱軸方向の垂直ひずみ ϵ および各層のヤング係数 E_1 と E_2 との関係は

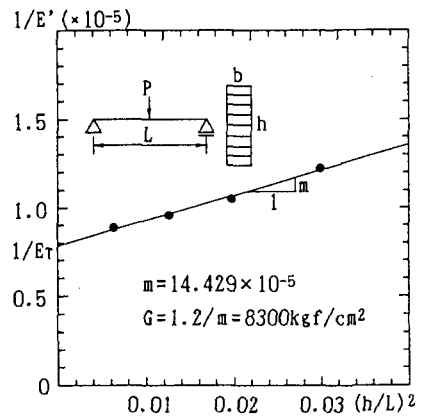


図-1 弾性係数の決定

$$\varepsilon = \frac{P}{2 E_1 A_1 + E_2 A_2} = \frac{P}{E_a A} \quad (2)$$

ここで、 A_1 と A_2 は外層と内層の断面積であり、 $E_a A$ は等価伸び剛性である。図-4は、ケース5の試験体の荷重とひずみの関係を示している。式(2)から得られる各試験体の E_a を表-2に示す。式(1)と(2)より、 E_1 と E_2 は

$$E_1 = \frac{E_T I A_2 - E_a A I_2}{A_2 (2 I_1 + 2 A_1 (h_1 + h_2)^2) - 2 A_1 I_2}$$

$$E_2 = \frac{E_a A (I_1 + A_1 (h_1 + h_2)^2) - E_T I A_1}{A_2 (I_1 + A_1 (h_1 + h_2)^2) - A_1 I_2} \quad (3)$$

表-2で示した E_T と E_a を用い、式(3)より得られる外層と内層のヤング係数 E_1 と E_2 を表-2に示す。表より、表-1で示したラミナから得られた E_1' 、 E_2' と良い対応を示している。

3) セン断弾性係数 G_1 と G_2 の決定

単純ばりの支間中央に集中荷重が作用する場合の、図-2に示した対称断面3層はりの支間中央におけるたわみは¹⁾

$$v = \frac{P L^3}{48 E_T I} + \frac{P L}{4 k (G_2 A_2 + 2 G_1 A_1)} + \frac{P L (m G_2 A_2 - n G_1 A_1)^2}{2 (E_T I)^2 k G_1 A_1 G_2 A_2 (G_2 A_2 + 2 G_1 A_1)} \left(1 - \frac{2 \tanh \mu L / 2}{\mu L}\right) \quad (4)$$

ここで、 $m = E_1 I_1 + E_1 A_1 h_1 (h_1 + h_2)$ 、 $n = E_2 I_2 + 2 E_1 A_1 h_2 (h_1 + h_2)$ 、 $k = 5/6$ で μ は

$$\mu^2 = \frac{E_T I}{2 E_1 I_1 E_2 I_2 (2 + 3 E_1 A_1 / E_2 A_2)} \frac{G_2 A_2 + 2 G_1 A_1}{k G_1 A_1 G_2 A_2}$$

式(4)は各層のせん断変形の影響を考慮した式で、外層と内層のせん断弾性係数 G_1 と G_2 の関数となる。図-1で示した曲げ試験の2種類の実験データを用い、式(4)の v と L を変えて連立方程式とし、表-2で示した E_T と E_1 および E_2 を用いることにより G_1 と G_2 が得られる。ケース1から6までの G_1 と G_2 を表-2に示す。表より、各試験体の各層の弾性係数の比 E_1/G_1 と E_2/G_2 は同一とならずばらつきが見られるが、集成材としての弾性係数の比 E_T/G の平均値は11.9で集成材に対する計算規準値(15~17)より小さく、特級の集成材に対する規準値より40%程大きな G の値となっている。表中の G' は、 $G' = (2 G_1 A_1 + G_2 A_2) / A$ の近似式より得られた値であり、曲げ試験から得られた G とほぼ等しい値となる。

表-2 弾性係数 (kgf/cm²)

Case	E_T	G	E_T/G	E_a	E_1	E_2	G_1	G_2	E_1/G_1	E_2/G_2	G'
1	113100	9800	11.5	98500	130200	87100	13700	8400	9.5	10.4	9800
2	112800	10600	10.6	96700	131600	84100	17200	8200	7.7	10.3	10600
3	114800	11500	10.0	98300	134100	85300	17100	9400	7.8	9.1	11500
4	120000	9800	12.2	105000	137600	93200	13000	8700	10.6	10.7	9800
5	127900	8300	15.4	107500	151700	91500	14100	6200	10.8	14.8	8300
6	125200	10900	11.5	101800	152700	83400	16400	8900	9.3	9.4	10900

〔参考文献〕 1) 鈴木、薄木、堀江：三層はりのせん断弾性係数決定法について、第47回年講、1992。