

I-23 三層はりの弾性パラメーター決定法について

秋田大学 学生員 ○鈴木 和広

秋田大学 正 員 薄木 征三

1. まえがき

集成材の弾性係数は鋼材等に較べかなりのばらつきが予想され一定値を与えることは難しい。そこで本報告では図-1 (a) に示すような集成材ばりの断面、すなわち8層構造ではあるが上下の外層2層と内層4層はそれぞれ同種のひき板を積層するというを考慮にいれ、図-1 (b) のように便宜的に上から第1～3層とし、三層はりに簡略化して実験により各層の弾性係数を決定する方法について述べる。

2. 各層のヤング率の決定法

図-1 において各層がいかに同種のひき板で構成されているといっても同一のヤング率であるとは限らない。そこで外層は2枚、内層は4枚それぞれのひき板のヤング率を用いて各層のヤング率を求める。各ひき板のヤング率は各ひき板に対して弾性実験を行い、支間中央のたわみから従来のはり理論を用いて算定した。次に各ひき板の厚さは同一で2, あるいは4枚積層した場合、断面内で高さ方向に2 ($E_{21} \sim E_{22}$), あるいは4つ ($E_{41} \sim E_{44}$) の異なるヤング率を有する集成材ばりとなるが、これから等価ヤング率をはり理論の応力のつり合い式より求め¹⁾、外層あるいは内層のヤング率とする。

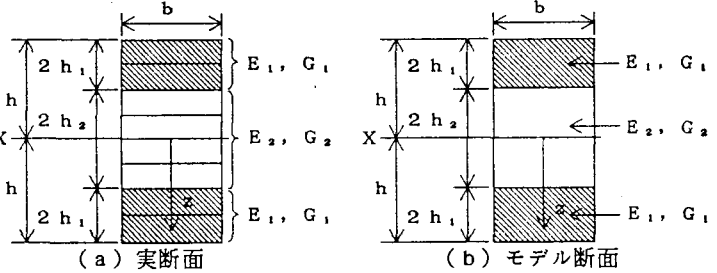


図-1 対称断面集成材梁の断面図

ひき板を2枚積層した場合の等価ヤング率（上下の外層のヤング率）

$$E_1 \text{ or } E_3 = \frac{1}{2} \left\{ (E_{21} + E_{22}) - \frac{3(E_{21} - E_{22})^2}{4(E_{21} + E_{21})} \right\} \quad (1)$$

ひき板を4枚積層した場合の等価ヤング率（内層のヤング率）

$$E_2 = \frac{1}{16} \left\{ 7(E_{41} + E_{44}) + (E_{42} + E_{43}) - \frac{3(3E_{41} + E_{42} - E_{43} - 3E_{44})^2}{4(E_{41} + E_{42} + E_{43} + E_{44})} \right\} \quad (2)$$

実験は4本のはりについて行ったが本報告では2ケースについて紹介を行う。各ひき板のヤング率の提示は省き、(1), (2)式で得られる各層のヤング率と断面寸法、樹種について表-1 に示しておく。表-1 からわかるように上下の外層のヤング率は多少の誤差があり、まったく同一とはいえない。しかしながら本報告では外層の弾性係数は等しいということを前提に解析を進めてきたため解析上の外層のヤング率は上下の外層のヤング率の範囲内にあるものとして以後のせん断弾性係数の決定にのぞむ。

表-1 対称断面3層梁としての断面寸法と各層のヤング率

case	幅 b (cm)	高さ 2h (cm)	層 No.	樹種	各層の高さ 2h _i (cm)	各層のヤング率 E _i (kg/cm ²)
1	2.995	16.135	第1層	イゾマツ	4.0338	1.361x10 ⁵
			第2層	スギ40年	8.0675	9.869x10 ⁴
			第3層	イゾマツ	4.0338	1.161x10 ⁵
2	2.980	16.145	第1層	レッドオーク	4.0183	1.446x10 ⁵
			第2層	スギ40年	8.0725	1.111x10 ⁵
			第3層	レッドオーク	4.0183	1.451x10 ⁵

3. 各層のせん断弾性係数の決定法

はり単支持し、支間中央に荷重を載荷し、支間中央のたわみから逆算して各層のせん断弾性係数を求める。各層のせん断変形を考慮した解析上の支間中央（ $x = l/2$ ）のたわみ w は

$$w = \frac{Pl^3}{48EI} + \frac{Pl}{4k(G_2A_2 + 2G_1A_1)} + \frac{Pl(mG_2A_2 - nG_1A_1)^2}{2(EI)^2kG_1A_1G_2A_2(G_2A_2 + 2G_1A_1)} \left(1 - \frac{2 \tan \frac{\mu l}{2}}{\mu l} \right) \quad (3)$$

ここで

$$\mu^2 = \frac{EI}{E_1I_1(E_2I_2 + 2E_1A_1h_2^2 + E_2I_2A_1h_1^2/I_1)} \frac{G_2A_2 + 2G_1A_1}{kG_1A_1G_2A_2}$$

$$m = E_1I_1 + E_1A_1h_1(h_1 + h_2)$$

$$n = E_2I_2 + 2E_1A_1h_2(h_1 + h_2)$$

$$EI = 2m + n = 2E_1I_1 + E_2I_2 + 2E_1A_1(h_1 + h_2)^2$$

(3)式において未知数は G_1 、 G_2 の各層のせん断弾性係数であるから支間長を2種類に変えて弾性実験を行い、2種類の支間長に対して支間中央の荷重-たわみ関係図を最小二乗法で処理して直線近似し傾きを求める。これから任意の荷重に対するたわみを求め、(3)式にそれぞれ代入し2本の非線形連立方程式とする。図-2にケース1に対する支間中央の荷重-たわみ関係図と最小二乗法による近似直線を示す。図-2において○と△は図に示すそれぞれの支間長の時の実験値であり、直線と一点鎖線は近似直線である。ケース2に対しても同様の方法を行い、ニュートン・ラプソン法を用いて解いた各層のせん断弾性係数を表-2に示す。ここで解析に用いる外層のヤング率は上下の外層のヤング率の平均値の上2桁まで取って採用した。

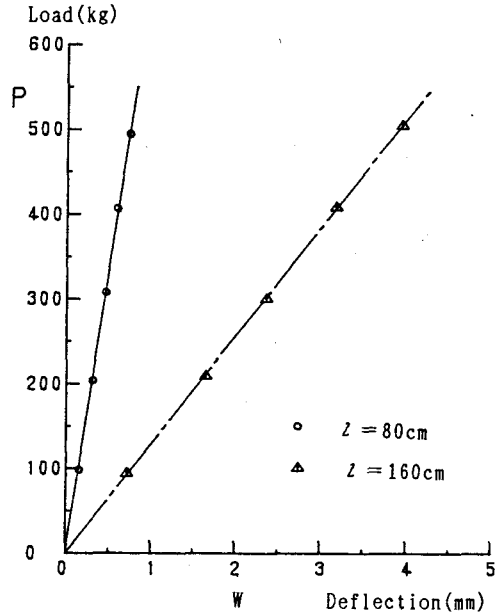


図-2 case1の荷重-たわみ関係図

表-2 各層のヤング率とせん断弾性係数

case	$E_1 I$ (kg·cm ³)	層 No.	ヤング率 E_i (kg/cm ²)	せん断弾性係数 G_i (kg/cm ²)
1	1.3223×10^3	1, 3	1.300×10^5	9500
		2	9.900×10^4	7600
2	1.4696×10^3	1, 3	1.450×10^5	10900
		2	1.100×10^5	6500

4. おわりに

木構造計算規程ではせん断弾性係数はヤング率の約1/15と規定されているが、提案した三層ばりの弾性係数決定法に従って解析を行った結果、計算規程よりもやや大きな値を示している。これはせん断変形の影響が思ったよりも小さかったことを示している。しかしながら実験の精度が良いならば本報告で提案した方法は、集成材の材料特性を知る上で有効的な方法であると考えられる。

参考文献 1) 堀江保, 薄木征三, 倉西茂: 曲げを受ける集成木材ばりの力学的特性, 構造工学論文集 Vol. 38A, 1992.3, 土木学会