

任意配向角竹繊維単板及び積層板の静的曲げ特性

神奈川工科大学 宇田 和史

Static Bending Characteristic of Single and Laminated Plate of Arbitrary Angle with Bamboo Fiber

Kazufumi UDA

1 緒言

環境問題の1つとして化学資源から天然資源への転換が推奨¹⁾されていることから、著者等は天然資源である竹に着目した。竹は異方性をもち、繊維方向に対して合理的な曲げ特性を有している。

そこで、竹繊維を任意の角度に配向した単板及び積層数を変化させた積層板の積層構成について、初等はり理論と一つの指針として静的曲げ特性を実験的に検討した。

2 実験概要

2.1 片持ち曲げ 丸竹材及び竹繊維部材を初等はり理論と比較しつつ実験的に検討した。試験片寸法及びたわみ値 y の計測点は Fig.1 の通りである。 y 値を最大たわみ値 y_{max} で除した無次元たわみ線図及び式(1)より求まる擬似的縦弾性係数 E^* を用いて、比較・検討する。

寸法形状が異なる試験片を同様の尺度で比較させるため、荷重 P を着したときの y_{max} 値を用いて擬似的ばね定数 k^* を式(2)より算出した。

$$E^* = PL^3 / (3y_{max} I) \quad (1)$$

$$k^* = P / y_{max} \quad (2)$$

2.2 両端支持曲げ Fig.2 の様に試験片スパン中央に荷重 P を負荷した際の擬似的破断応力 σ^* を、式(3)より求めた。

$$\sigma^* = M / Z \quad (3)$$

3 丸竹材の材料特性

Fig.3 の様に丸竹を薄板状に成形した竹片帯板試験片 BPS (Bamboo Piece Strip) を製作した。試験片を BP_1 , BP_2 , BP_3 として初等はり理論と比較した。竹片断面内での繊維の密度勾配が異なることによる傾斜機能材料特性の有無を、表皮上側を E^*_u , k^*_u , 下側を E^*_l , k^*_l とし検討した。

Fig.4 の様に BPS では初等はり理論との差異は小さく、丸竹材が材料力学的考察の可能な材質であると考えられる。Fig.5 より E^* 及び k^* 値は最大でそれぞれ $E^*:10\%$ (1.0 [GPa]), $k^*:11\%$ (0.02 [N/mm]) と差異は小さいため、傾斜機能材料としての傾向は少ないものと考えられる。

4 積層板製作用接着剤の選定

BPS を用いて竹一方向積層材 BLVL (Bamboo Laminated Veneer Lumber) を製作した。積層する際、丸竹材に適切な接着剤の選定を行うため、酢酸ビニル樹脂系を A、一液型ウレタン樹脂系を B として使用した。

接着剤 A が初等はり理論との差異が小さく、今後の積層板には材料力学的考察の可能な接着剤 A を用いた。

5 任意配向角単板 AASP (Arbitrary Angle Single Plate) の材料特性

挽き板²⁾を成形した任意配向角単板 AASP の配向角をそれぞれ $\theta=0^\circ, 90^\circ, +45^\circ, -45^\circ$ とした。これらを片持ち曲

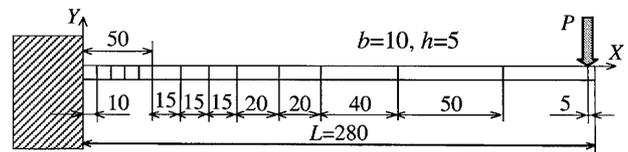


Fig.1 Experimental setup of cantilever bending.

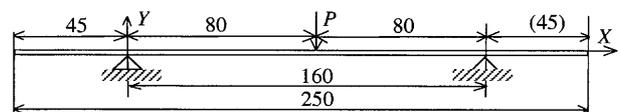


Fig.2 Experimental setup of three-point bending.

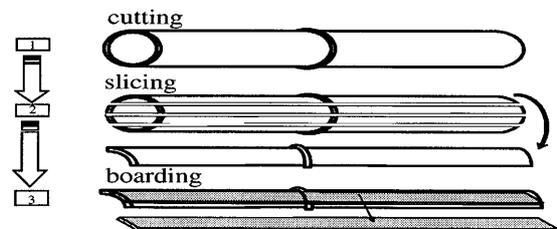


Fig.3 Cutting process of laminated lumber.

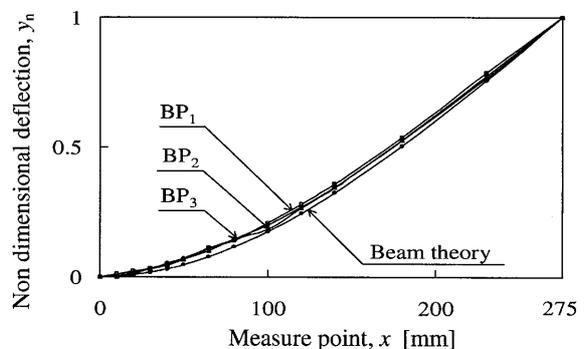


Fig.4 Bending deflection (BPS, Cantilever bending).

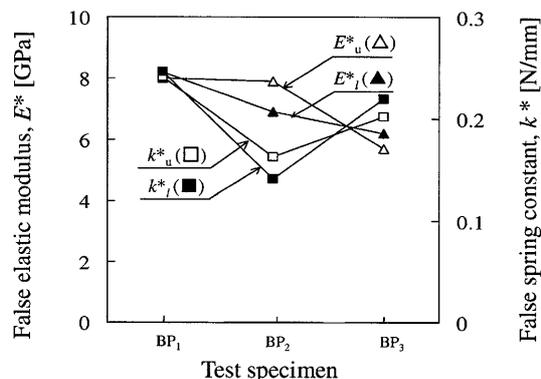


Fig.5 False elastic modulus and spring constant (BPS, Cantilever bending).

げによって E^* , k^* 値を, 両端支持曲げで σ^* 値を算出して繊維に配向角をもたせたことによる特性を比較・検討した.

$\theta=+45^\circ$, -45° には, 曲げ変形と共にねじれ変形が生じるカップリング効果の傾向がみられ, 自由端のねじれ角 θ_1 は, Fig.6 で示す様に $\theta_1=6.9^\circ$, 6.3° のねじれ変形が生じた. Fig.7 に示す E^* , σ^* , k^* 値は, $\theta=0^\circ$ を基準とした場合に $\theta=90^\circ$, $\theta=45^\circ$ の各値は 1/4 であった. これらは, 積層による緩和及び繊維強化に繋がる可能性が考えられる.

6 任意配向角積層板 AALP (Arbitrary Angle Laminated Plate) の材料特性

積層数 $N=2, 3, 5$ とした任意配向角積層板 AALP を製作し, 初等はり理論と積層数別での E^* , σ^* , k^* , y_{\max} 値を比較して, 積層によるカップリング効果の緩和及び繊維強化の可能性を検討した.

Fig.8 のように N 値の増大に伴い, 固定端付近では y 値の急激な増大領域がみられた. これは曲げ応力が最も大きくなる固定端側で, 接着層内部に割れ・剥離を生じたことが推測される. $N=2$ である $(-45, +45)_A$ では, $+\theta$ と $-\theta$ の配向角を組み合わせた Angle ply 積層をしたことで, Fig.9 の様に θ_1 値を 1/2 に緩和することができた. Fig.10 に示す E^* , σ^* , k^* , y_{\max} 値を $(0, 0)_A$ と比較した際は, E^* :22% (5.2[GPa]), k^* :23% (0.9[N/mm]), y_{\max} :400% (66.4[mm])の差が生じ, 繊維強化には繋がらないと考えられる. 一方, $N=3$ では基準とする $(0, 0, 0)_A$ に対する $(0, 90, 0)_A$, $(0, 45, 0)_A$ の値は若干大きく, $N=5$ でも同様の結果となり, 積層構成の変化によっては繊維強化される可能性が考えられる.

7 結言

任意配向角竹繊維単板及び積層板の静的曲げ特性を, 初等はり理論を一つの指針として検討した. 主たる結果は以下の通りである.

- (1) $\theta=+45^\circ$, -45° におけるカップリング効果は, Angle ply 積層にすることにより θ_1 値を緩和することができた.
- (2) N 値の増大などによる積層構成によっては, 繊維強化可能性がある.

本研究を遂行するに当たって協力を得た, 当時本学卒業研究生 森田聡哉君および小野田将也君に謝意を表す.

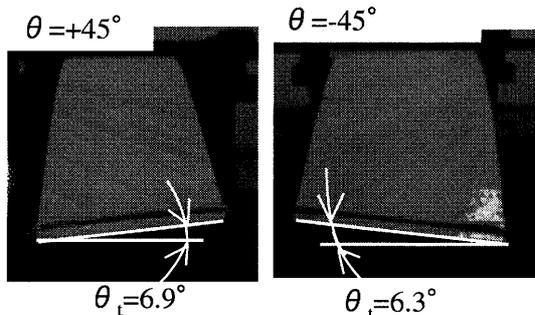


Fig.6 Coupling effect (AASP, Cantilever bending)

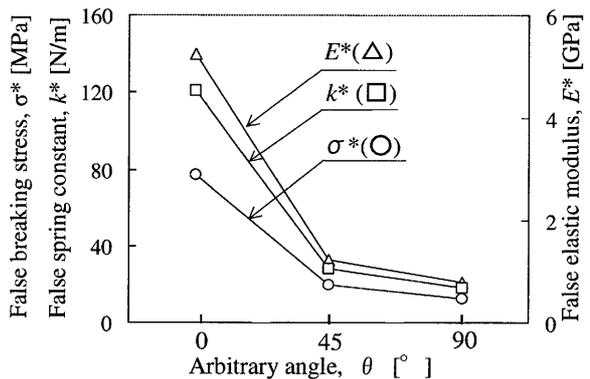


Fig.7 Characteristics of materials (AASP).

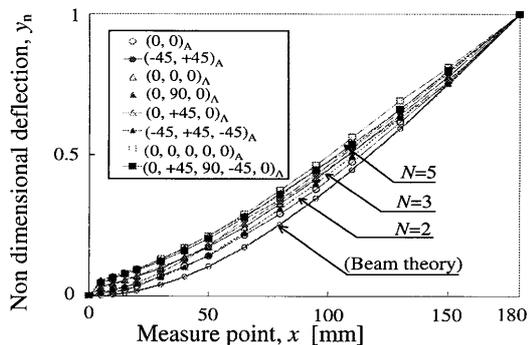


Fig.8 Non dimensional bending deflection(AALP).

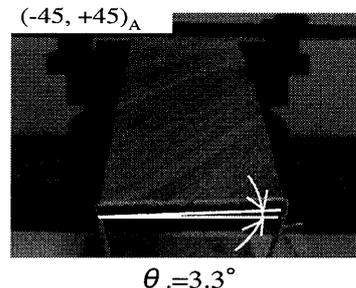


Fig.9 Coupling effect(AALP, Cantilever bending).

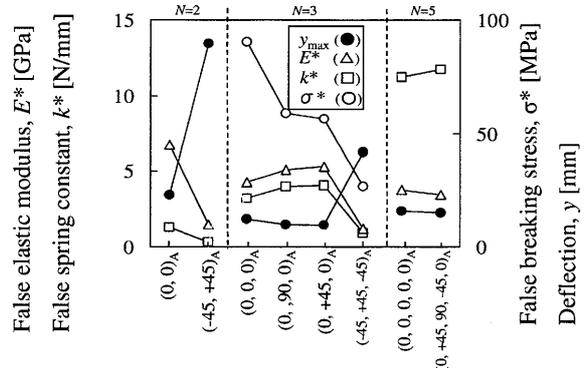


Fig.10 Characteristics of materials.

参考文献

- 1) 藤井 透, “竹の基礎科学と高度利用技術”, シーエムシー出版(2008).
- 2) 竹フローリング, ダイマ扶桑株式会社, (製品紹介 挽板) (<http://www.dia-f.co.jp/product/03.h>).