

軸力・ねじり静的複合応力下における 木材の弾性係数

名古屋大学〔院〕 学○山崎真理子 名古屋大学〔院〕 正 佐々木康寿

1. 緒言

構造物を構成する部材は、一般に何らかのかたちで複合応力状態になると考えられ、このような状態にある材料の強度特性を知ることは、構造物を合理的に設計する上でも重要である。著者らは角棒状の木材試片を対象に、軸力・ねじり組合せ荷重下における力学挙動に関して検討している。

ところで、構造物を設計する際には、破壊強度の他に弾性係数も重要な材料強度の一つに挙げられる。複合加力試験では「軸方向」と「せん断」の2種類の応力-ひずみ関係が得られ、その初期剛性である弾性係数では「縦弾性係数 (E)」と「せん断弾性係数 (G)」の2種類の弾性係数が得られるが、これらの弾性係数はある応力状態において固有な定数であり、複合応力状態と単軸応力状態では変化することも考えられる。したがって、構造物の設計資料として弾性係数を的確に評価するためには、その構造物がおかれる応力状態に適した弾性係数を知っておく必要があると思われる。そこで、本報では、木材に関して複合応力下における弾性係数の挙動を明らかにすることを目的とし、軸力・ねじり静的複合加力試験より得られた E と G について、複合応力の状態、载荷方式の影響および樹種特性に焦点を当て検討した。

2. 実験

試験片はブナ (*Fagus crenata* Bl.)、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) 気乾材の繊維方向を軸とする矩形棒 (17.5 mm 角) で、複合加力試験には電気油圧サーボ式軸力・ねじり複合疲労試験機を用いた。ロードセルより軸荷重とトルクを、LT・LR (板目・柾目) 面に貼った3軸ひずみゲージより縦・せん断ひずみを検出した。実験は全て定速変位制御とし、2種類の载荷方式で行った。比例変形方式では軸力とねじりの変位速度を一定に保ちながら両者を同時に载荷した。この際、軸力とねじりの変位速度比を変えることにより破壊曲面を完成するようにした。変位速度の範囲は、軸方向で 0.0002~0.0150 mm/sec、回転方向で 0.009~0.070 deg/sec とした。一

方、初期負荷方式では、一定の初期負荷 (ねじりまたは軸力) のもとに軸力またはねじりを負荷した。初期負荷は単純強度の平均値を基準として、それぞれの 20~80 % に相当する5段階とした。変位速度は、軸方向で 0.01 mm/min、回転方向で 0.05 deg/sec とした。

本実験で得られるデータは軸力とトルクおよび試験体の LT・LR 面それぞれの縦ひずみとせん断ひずみであるが、これらより応力-ひずみ関係を求め、弾性係数はその初期傾斜とした。ここで、せん断応力はトルク-せん断ひずみ曲線より異性を考慮して求めた。¹⁾

3. 結果と考察

本研究では、複合応力の状態を破壊曲面上におけるせん断応力軸からの角度 α を用いて評価した。図1、2はそれぞれブナとヒノキについて、比例変形方式により得られた弾性係数と複合応力状態 (α) との関係調べたものである。

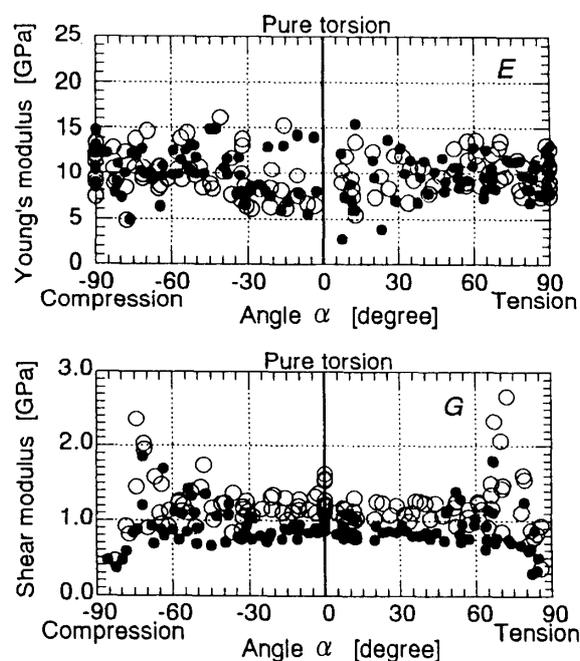


Fig. 1. Elastic moduli of Japanese beech under combined stresses.

Legend : ○: LR plane; ●: LT plane.

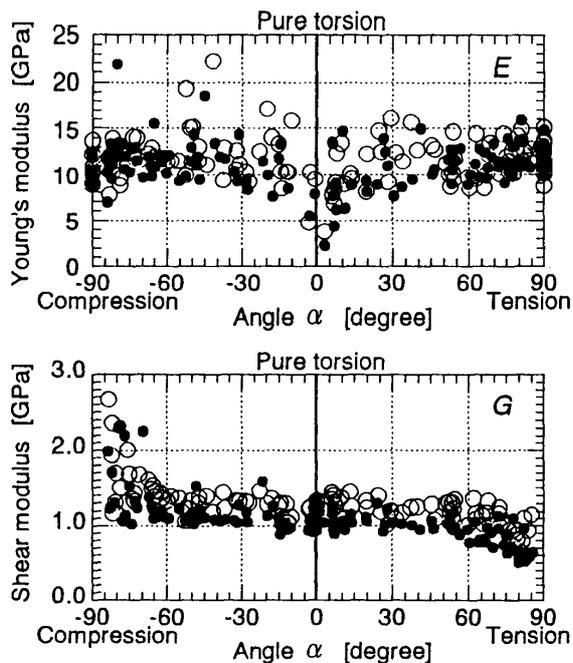


Fig. 2. Elastic moduli of Japanese cypress under combined stresses.

Legend : ○: LR plane; ●: LT plane.

ここで、横軸は $\alpha = 0^\circ$ の時が単純ねじり状態を意味し、 α が $\pm 90^\circ$ に近づくと、複合応力状態において徐々に軸力が支配的となり、 $\alpha = \pm 90^\circ$ の時に単純軸力状態であることを意味している。図1よりブナでは、 E 、 G とも複合応力状態となることで、単軸応力状態に比べ低下する傾向が見受けられた。しかし、この減少傾向は分散分析により詳細に検討すると有意であることが少なかった。したがって、ブナの弾性係数は、複合応力の状態によらず、ほぼ一定と判断することもできる。これに対して、図2のヒノキでは、 E 、 G とも複合応力の影響を受けて「圧縮-せん断」複合応力状態で増大、「引張-せん断」複合応力状態で減少する傾向を示した（99～95%有意）。したがって、①「圧縮-せん断」複合応力状態における挙動の違い、②複合応力の影響の大きさ、この2点で樹種特性が認められた。以上のような傾向は初期負荷方式でもほぼ同様であったが、唯一、ヒノキの G は傾向が異なり、「圧縮-せん断」複合応力状態で低下した。

次に、LT・LR面の各弾性係数を比較し、このような異方性の度合いが複合応力の影響を受けて変化する様子を調べた。図3は複合応力状態が G の異方性に及ぼす影響を検討したものである。(a)の比例変形方式では両樹種とも、複合応力の割合として他方の応力が占める割合が大きくなる（例えば G では $|\alpha| > 60^\circ$ ）と面による挙動の違いが大きくなる傾向が見受けられた。これに対して、(b)の初期負荷方式では実験結果の得られる範囲が限られ

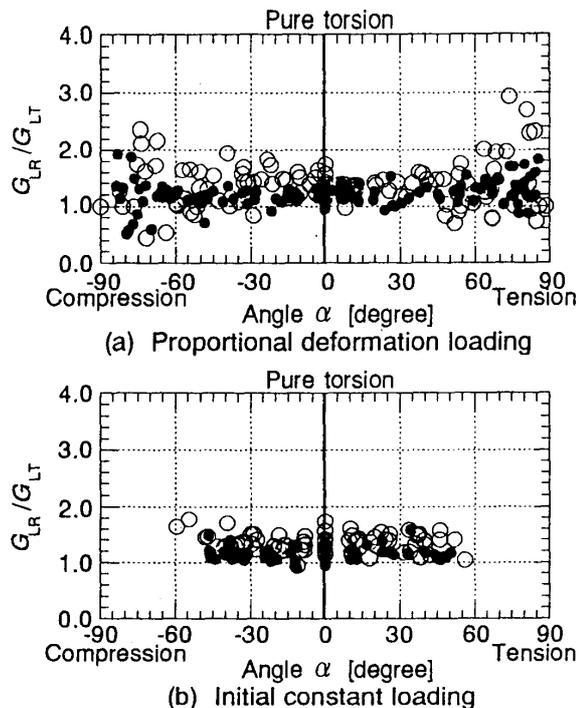


Fig. 3. Anisotropy of shear moduli under combined stresses.

Legend : ○: Japanese beech; ●: Japanese cypress.

ているが、弾性係数の異方度は両樹種ともほぼ一定となった。このような傾向は E の異方度についても同様であった。一方、弾性係数の異方度における樹種特性を検討すると、 G では図3から明らかなようにブナの方が異方度が大きい（99～95%有意）が、 E では両樹種とも同程度の異方度を示しており、樹種による違いは見受けられなかった。

4. 結論

本研究では複合応力下における弾性係数の挙動を検討し、以下の結論を得た。

1. 「圧縮-せん断」複合応力状態において、ブナとヒノキの樹種特性が見受けられた。
2. 複合応力の状態について、ヒノキはブナに比べ敏感であり、その影響を受けて変化した。
3. 載荷方式の影響はあまり見受けられなかった。
4. 弾性係数の異方度は、複合応力の状態の影響を受けた。

「圧縮-せん断」複合応力状態におけるブナとヒノキの挙動の違いは、異なる組織構造によることも考えられ、複合応力下における木材の強度特性を検討する上で注目すべき点の一つであると思われる。

参考文献

- 1) Yoshihara, H., Ohta, M., *Mokuzai Gakkaishi*, 42(6), 541-545 (1996).