

木材の早、晩材の疲れ強さ

Fatigue Strength for Early Wood and Late Wood of Wood

今山 延洋

Nobuhiro IMAYAMA

(昭和55年7月31日受理)

1. 緒言

木材の年輪は早材と晩材で構成されており、各々の性質が関連、総合されて木材全体の性質として現われる。木材の疲れ強さに密接に関連していると思われる破壊強さ(例えば引張強さ)やヤング率あるいは比重などは一年輪を周期として鋸歯状に繰返している¹⁾。著者の研究¹⁾によれば早材から晩材への移行部分を除くと、早材と晩材部分の2つに分けられることが明らかである。従って、木材の年輪を構成する2つの主要部分である早材と晩材の疲れ特性を知ることは木材の疲れに関する研究にとって重要であると思われる。しかし、一般に早材や晩材を個別に分離して試験片を作製し疲れ実験をおこなうには、試験片が小さいことおよびそのために試験片の材質がばらつき、また小試験片用の小型加振装置を必要とし、更に、試験片の加振装置への固定方法が重要である、など種々の問題があるためにこの種の研究報告が見当たらない。

本研究は年輪幅の広い材料を用いて早材と晩材に分離し、それぞれの疲れ強さとたわみ振幅変化を測定し、早材と晩材の疲れ強さの比較をおこない、それぞれの特性を明らかにしたものである。

2. 実験方法

2.1 試験片

早材および晩材の試験片を作成するためには、年輪の幅が広く、かつ早材と晩材の区別が明瞭でそれぞれの半径方向の幅が広いことが要求される。本報告はこれに合うものとして、年輪幅が広いベイマツ (*Pseudotsuga Douglasii* Carr.) を用いた。平均早材幅は4.6mm, 平均晩材幅は3.5mm, 平均年輪幅は8.1mm である。市販の角材を購入し試験片を採取した。

試験片は角材から繊維方向200mm, 半径方向1.8mm, 接線方向は早材が3.5mm, 晩材が2.6mm の早材部分と晩材部分を経験的に視覚によって切り出した。早材か晩材かの判断は、後で述べるヤング率と比重の測定によって決めた。

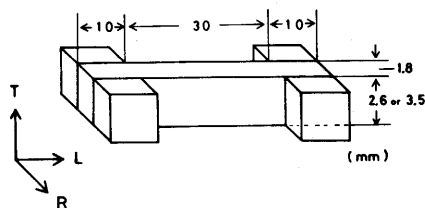


Fig.1 Fatigue test specimen.

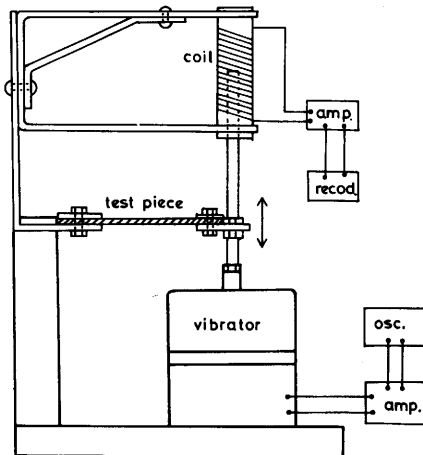


Fig.2 Apparatus for fatigue test.

ヤング率と比重の測定の後で繊維方向を50mm に分離し疲れ実験に用いた (Fig.1)。試験片の含水率は早材が13.8%, 晩材が14.9%である。

2. 2 疲れ実験方法

加振装置としては国際機械振動 (株) 製振動子 PET-01を用いた。装置の略図を Fig.2 に示す。試験片は両端に長さ約 1 cm の添え木が付けられた。負荷は両端固定でその一端を上下に加振する両振り繰返し曲げにより与えられた。スパン30mm, 荷重面はまさ目面, 平均応力は零, 繰返し速度は毎秒50回であり, 実験は室温(10~20°C), 大気中でおこなわれた。疲れの進行にともなう振幅の変化は振動部分に磁化された鉄芯をとりつけ, これを Fig.2 に示すようにコイルの中に入れて, 振幅の変化を交流電圧の変化としてとり出し整流して記録した。電圧のたわみ振幅への変換は較正表を作成しておこなった。両者は非常によい直線関係を示した。

動的ヤング率は疲れ実験装置と同じものを用いて, 片持ちばり方式による共振周波数の測定から算出された。

3. 結果と考察

3. 1 比重とヤング率

試験片の比重を測定した結果を Fig.3 に示す。横軸は購入した角材の年輪に木表側から順に番号をつけたものである。図からわかるように各年輪とも早材と晩材が明瞭に区別され, 全体を通じて早材と晩材のグループに分けることができる。このように早材と晩材がほぼ一定の値を示すということは, この角材が樹幹の中で成熟材部であることを示している。

Fig.4 に試験片の動的ヤング率の測定結果を示す。図からわかるように早材のグループと晩材のグループに分けることができる。しかし, 早材, 晩材ともにバラつきが大きい。これは, 曲げ振動による測定の際に試験片の最外面の材質が製作により各試験片で多少変化することの影響が考えられる。しかしながら, 晩材のヤング率の高さから考えてもこの角材が成熟材部であると考えられ, 材質的に安定した部分と考えることができる。

次に, 比重とヤング率の関係を Fig.5 に示す。全体として早材と晩材の2つのグループに分かれ, 比重とヤング率が比例関係にあることがわかる。ここで, 点線で囲んだ部分の試験片の比重およびヤング率がほぼ一定した値を示すので, 疲れ試験片ができるだけ均一な性質をもつように, 早材と晩材の試験片として点線の中のものを用いた。

3. 2 たわみ振幅変化

早材が疲れ破断するまでの応力繰返しにともなうたわみ振幅(y)の変化を Fig.6 に示す。また晩材の結果を Fig.8 に示す。いずれも横軸が繰返し数, 縦軸がたわみ振幅である。この形は早材と晩材で同じ形を示している。しかし晩材の初期は振幅が低下する。これが晩材特有のものか, それとも早材に比べヤング率が高いために試験片の固定などに無理がきているなど実験操作上の原因によるものかは判別されなかった。それ以外の点では早材, 晩材とも, 三点曲げによるスギ材を使用した結果と同じ形を示している²⁾。

次に, Fig.6, Fig.8 の繰返し数を対数に目盛った場合を Fig.7, Fig.9 に示す。いくつかの直線に分けることができ, これらの直線の交点のうちで矢印を示した時点を過ぎたところで, 倍率80倍までの実体顕微鏡で試験片の表面を観察すると, 微小なき裂を発見することができる。しかしこの矢印よりも前では発見できなかった。これは早, 晩材の両者について観察された。このき裂が観察される場所は固定端へ多少入ったところであり, 試験片の両端あるいは一方で

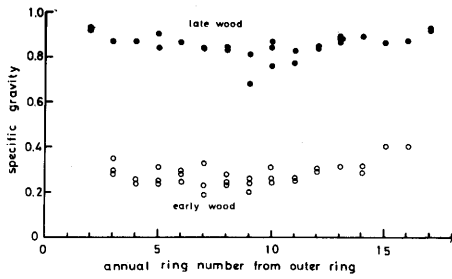


Fig.3 Specific gravity of early wood and late wood in each annual ring.

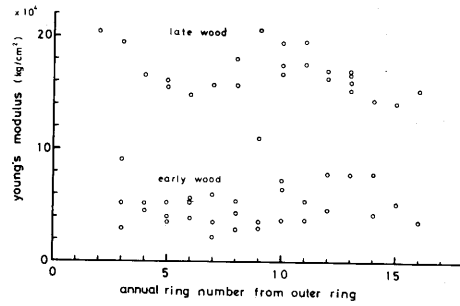


Fig.4 young's modulus of early wood and late wood in each annual ring.

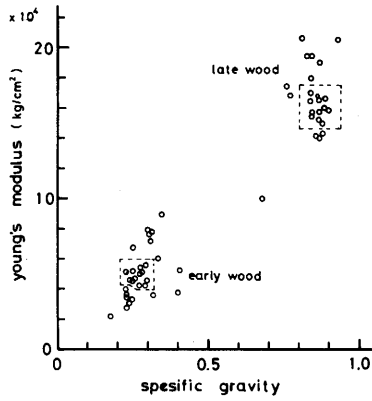


Fig.5 Relation between specific gravity and young's modulus of early wood and late wood.

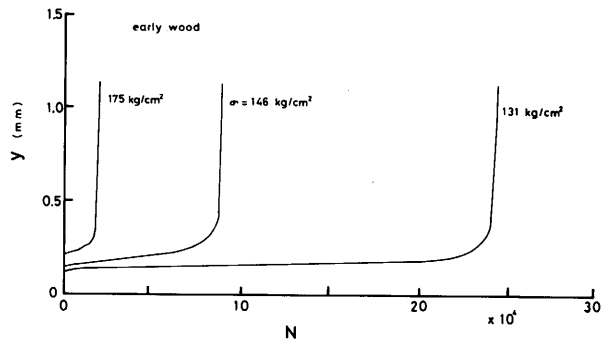


Fig.6 Relation between deflection amplitude(y) and number of cycles to failure(N) of early wood.

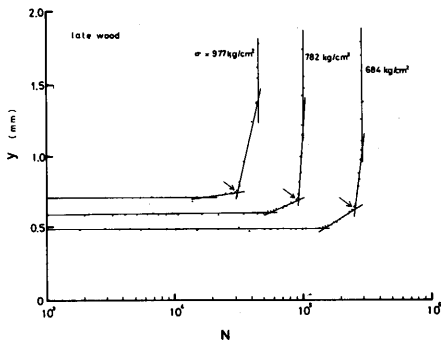


Fig.7 Relation between deflection amplitude (y) and $\log N$ of early wood. N : number of cycles to failure.

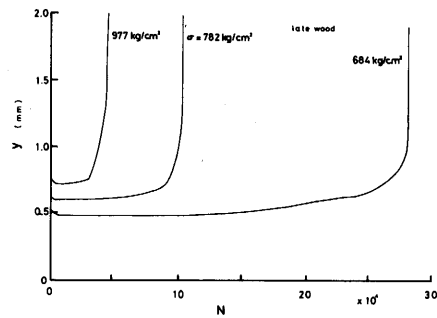


Fig.8 Relation between deflection amplitude (y) and number of cycles to failure(N) of late wood.

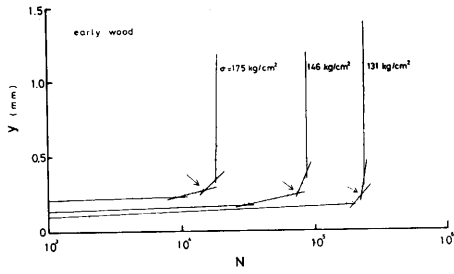


Fig.9 Relation between deflection amplitude (y) and log N of late wood. N : number of cycles to failure.

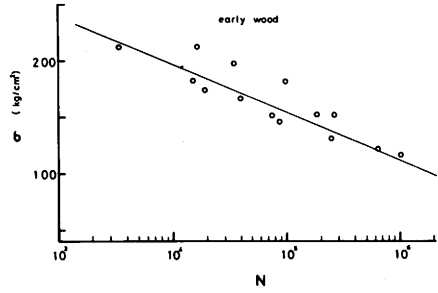


Fig.10 S-N curve of early wood. σ : repeated bending stress. N : number of cycles to failure.

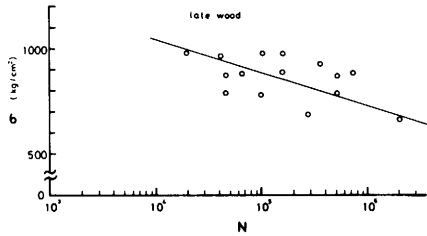


Fig.11 S-N curve of late wood. σ : repeated bending stress. N : number of cycles to failure.

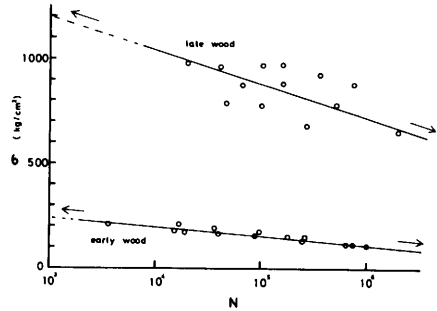


Fig.12 Comparison of early wood with late wood in S-N curve. σ : repeated bending stress. N : number of cycles to failure.

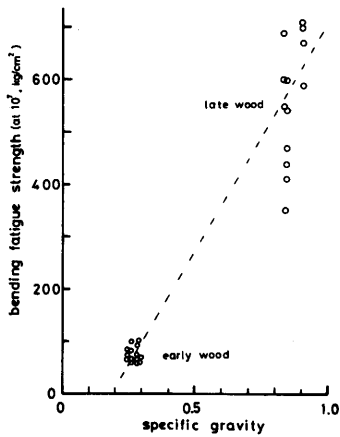


Fig.13 Relation between specific bending fatigue strength and specific gravity.

Table 1 Comparison of early wood with late wood in specific gravity and static bending strength.³⁾

Property	early wood	late wood
specific gravity	0.322	0.785
static bending strength (kg/cm ²)	300	1,520
static bending young's modulus ($\times 10^3$ kg/cm ²)	59	213

みられた。このことは両端固定であることの現われといえるが、他方、固定方法がクラック発生に影響をおよぼしている可能性を考慮しなければならない。

3. 3 応力-繰返し数線図

応力-繰返し数線図、いわゆる S-N 曲線を Fig.10 (早材) と Fig.11 (晩材) に示す。縦軸に繰返し応力をとっているが、疲れ強さが早材と晩材によって大きく異なっていることがわかる。そこで両者の比較のために Fig.12 を示す。両者の疲れ強さの差が明瞭である。

Fig.11 において繰返し数を少なくしていくと繰返し数が 1×10^6 に近づく。この時の疲れ強さは早材では約 320 kg/cm^2 、晩材では約 1520 kg/cm^2 になる。この値を静的強さと考えて、表 1 に示すベイマツの早、晩材における静的曲げ強さと比較するとほぼ一致しており、従って、得られた早材と晩材の S-N 曲線は一応妥当な値と考えることができる。

繰返し数 1×10^7 回における疲れ強さを一般に疲れ限度強さとしている。Fig.12 における早、晩材の実線と平行な線を考え、各プロットをその平行線上で 1×10^7 回まで移行した時の値を、それぞれのプロットの 1×10^7 回における疲れ強さとする。この 1×10^7 回における疲れ強さと比重との関係を Fig.13 に示す。晩材のデータにバラツキがあるが、全体として比重と疲れ強さの間に対応関係がみられる。注意すべきことは、比重の値は木材全体の平均的なみかけの比重でなくて、早材と晩材のかなり均質な材料の値であることである。従って均質な材料の疲れ強さに近いとみることができる。

4. ま と め

早材と晩材の小形試験片を用い、それぞれの疲れ強さと破断に至るまでのたわみ振幅を測定し次の結果を得た。

1. たわみ振幅は早材と晩材で同じ形の変化をする。ただし、晩材の初期の変化は今後の検討課題である。

2. 疲れ強さは早材と晩材で大きく異なる。

3. 疲れ強さは比重と比例関係にあることが推測される。

実際の木材は早材と晩材が組合わされた年輪の繰返しである。早材と晩材を含む材料に力を与えれば同じたわみを生ずるわけで、ヤング率が大きい晩材部分ほど大きい応力を生ずるが、文献 1) や 3) で示したように、静的引張強さや静的曲げ強さが早材と晩材で大きく異なるし、また本報告で示したように疲れ強さも大きく異なる。従って、早材と晩材が複合された年輪では、早、晩材のどちらから先にき裂が発生し、そのき裂が早、晩材の材質に依存しながらどのように伝ばして全体的な破断に至るのか、そしてそのことが疲れ強さとしてどのような値になって現われるのか、文献 1) の年輪の境界におけるき裂伝ばの考え方も合わせながら今後の研究を進めたい。

5. 文 献

- 1) 今山延洋：日本木材学会誌，26， 9 (1980)
- 2) 今山延洋，松本勲：日本木材学会誌，16， 7， 319 (1970)
- 3) 渡辺治人：`木材理学総論、農材出版 (株)，600 (1978)