

短伐期カラマツ造林木の強度性能

山本 宏 高橋 政治
川口 信隆

1. まえがき

道内のカラマツ造林木は伐期に達するものや間伐を要するものが増え、この5～10年間に間伐木を含む樹齢30年前後の短伐期カラマツ材が多量に市場に出回って来ることが予想されている¹⁾。

したがって、それらの有効な利用方法が早急に開発されねばならない。現在、いくつかの利用方法が考えられているが、その中でも建築用構造材としての利用が最も附加価値も高く、消費量も多い方法であろう。

構造材として利用するにあいまず問題になるのが、乾燥に伴って発生する狂いの抑制と、荷重に対する安全性がある。

狂いの抑制には、集成接着、圧縮乾燥法等が有効であるが、より経済的で簡便な方法を開発する必要があ

ろう。

従来、樹齢の高い天然カラマツやシベリヤカラマツなどは強度の高い樹種として取扱われて来たが、短伐期の造林カラマツでは初期生長が旺盛なため年輪幅が広く、未成熟材部が多く含まれていることなどから強度性能が低いことが予想される。

構造物が荷重や外力に対して安全であるためには、各部材の断面に発生する応力がある限度をこえないように、また部材の変形量がある限度以内にあるように設計されねばならない。

この限度となる応力を許容応力度といい、代表的な樹種について建築規準法に規定されており、また変形量を計算するのに必要なヤング係数も許容応力度と共に、日本建築学会作成の木構造設計規準²⁾に推奨規定

されている。

設計者はこれをもとに部材の必要断面や本数を計算するわけであるから、これが決っていなかったり適正でない材料は構造材料として使用出来ないといっても過言ではない。

上述した設計規準では、カラマツは強度の高い樹種として針葉樹 類の許容応力度とヤング係数が与えられているが、短伐期のカラマツ造林木に対しては現行の値ではやや過大な評価を与えるのではないかという指摘がなされている^{3), 4)}。

したがって、短伐期カラマツ造林木を構造材として利用するためには、まず適正な許容応力度とヤング係数を与え、設計にのせられるようにすることが不可欠であろうと考え、基礎資料として無欠点材部の強度性能について調べた結果の一部を報告する。

本試験の一部は48年度林野庁補助金によるものである。

2. 材料と試験方法

供試木は旭川林務署・東川事業区内にある24年生の造林地から採った。なお毎木調査の結果によると、この林分の生長量は「北海道のカラマツ林収穫表」⁵⁾の等地のそれにほぼ相当していた。

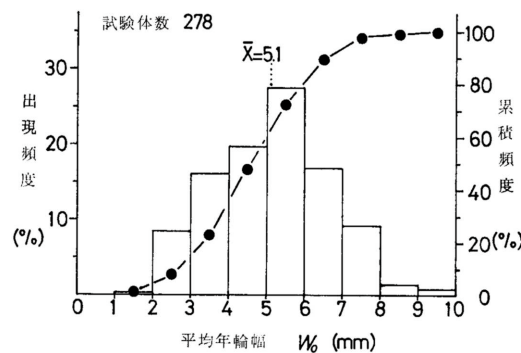
供試木は胸高直径10cmの立木2本、16、22cmの立

木各3本、合計8本を選び、これらから第1図に示すようにJISに準拠した曲げ試験体を合計278本採った。

試験体全数を生材のまま、曲げ剛性とねじり剛性を測定後、約半数を曲げ破壊し、残りの半数は含水率が13%になるまで自然乾燥後、再び曲げ剛性とねじり剛性を測定してから曲げ破壊した。

3. 結果と考察

試験体の平均年輪幅の出現頻度と累積頻度を第2図に示した。年輪幅の平均値は約5mm、3~6mmの範囲に入るものが全体の約60%を占めている。



第2図 試験体の平均年輪幅

林分収穫表の ~ 等地の直径生長量などから考えると、ここで取扱った程度の年輪幅を持つ短伐期カラマツ造林木が、最も多く市場に出回って来ると予想されるので、本試験の結果をもとに短伐期カラマツ造林木の強度性能を推測可能と考える。

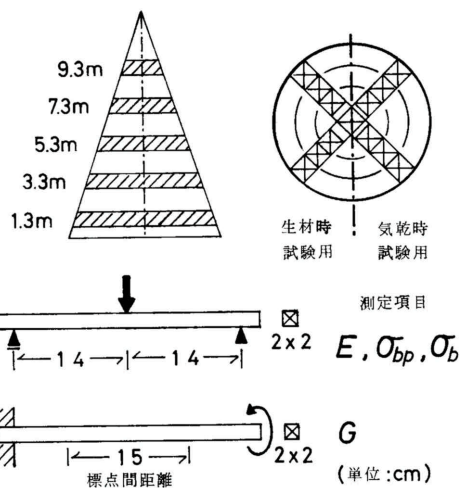
3.1 気乾材の曲げ強さとヤング係数

気乾材の曲げ強さ b とヤング係数 E の出現頻度及び累積頻度を第3, 4図に示す。

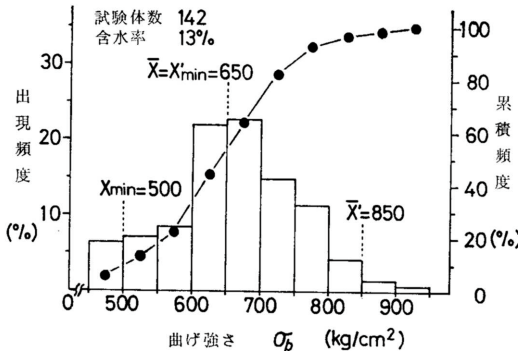
現行の許容応力度は、次のようにして算出されている。

$$sf = 0. F \times \frac{2}{3} \times \alpha \dots \dots \dots (1)$$

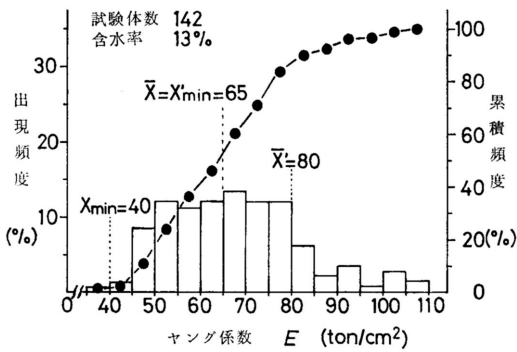
すなわち、短期応力に対する許容応力度 sf は、無欠点気乾材の強さの統計的下限值 F に比例限を意味する係数 $2/3$ と、節・丸身・目切れ等の強度の低減係数 α をかけて算出されている。



第1図 試験体の木取り及び試験方法



第3図 気乾材の曲げ強さ



第4図 気乾材のヤング係数

気乾無欠点材の強さは、標準強度ともいわれ、現行の木構造設計規準ではカラマツ・アカマツなどの針葉樹類の曲げ強さは650～850～1100kg/cm²、エゾマツ・トドマツ・スギなどの針葉樹類の曲げ強さは450～650～850kg/cm²、気乾無欠点材のヤング係数の標準値は、針葉樹類で65～80～120ton/cm²、針葉樹類では55～70～100ton/cm²、の値を与えている。

第3図によれば、気乾試験体の曲げ強さの平均値は650kg/cm²、正規分布をしているものとして5%の危険率で下限値を求めると500kg/cm²となり、平均値以下のものが約70%を占めている。図中にXで示した標準強度と比較して、試験体の曲げ強さの平均値、下限値ともに150～200kg/cm²低い値を示している。これはむしろ針葉樹類の標準強度に相当している。

第4図によれば、気乾試験体のヤング係数の平均値は65ton/cm²、曲げ強さのばあいと同様に下限値を求

めると40ton/cm²となり、下限値に近い値を示すものの出現頻度もかなり高い。

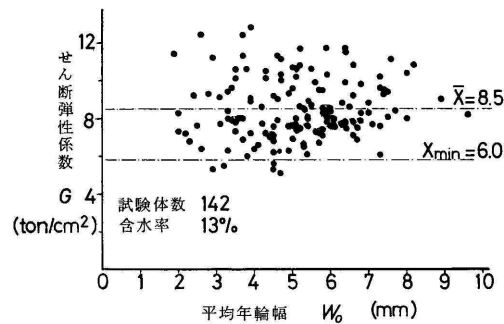
図中にXで示したヤング係数の標準値と比較して、試験体のヤング係数の平均値・下限値ともに15～25ton/cm²低い値を示している。

これは針葉樹類のヤング係数の標準値にも相当せず、更に1段低いランクを考えなければならない。

3.2 せん断弾性係数

木材のせん断弾性係数Gは、わが国では今までさほど重要視されていなかったため、データはきわめて少ない。しかし柱組壁工法などでは、曲げ材のせん断附加たわみや横座屈に対する検討が不可欠になり、材料の基礎定数としてGが重要になって来ることが予想され、代表的樹種についてデータの蓄積が急がれる。

気乾試験体のせん断弾性係数を平均年輪幅別に第5図に示した。但し、ここで求めたせん断弾性係数は、



第5図 気乾材のせん断弾性係数

試験体を等方性材料と仮定して計算した見かけのせん断弾性係数Gである。

Gの平均値は8.5ton/cm²、危険率5%における下限値は6ton/cm²となっている。

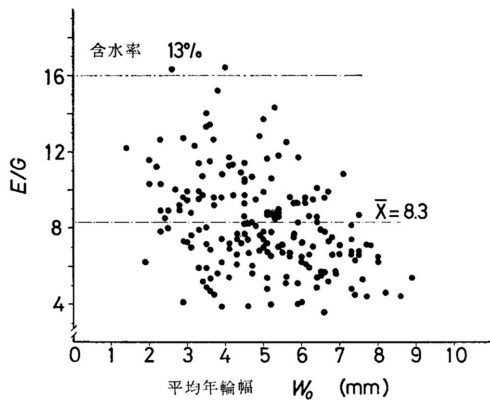
当研究室で約200年生の信州産天然カラマツ材について別に調査した結果によれば、Gの値は8～10～11ton/cm²程度の値を示している。

この値と比較してみると、短伐期カラマツ造林木のせん断弾性係数は、ヤング係数ほどの低下は認められない。

また一般に強度やヤング係数は年輪幅に反比例して変化することが知られているが、本試験の結果ではG

は年輪幅に関係なく、ほぼ一定範囲の値を示しているように見受けられ、生材ではこの傾向は一層顕著であった。

構造物の設計をするばあい、せん断弾係数をヤング係数との比率で表わしておくくと便利なばあいが多い。そこで気乾無欠点材のE/Gを年輪幅別に第6図に示した。E/Gの値は年輪巾に反比例して変化する傾向が認められ、平均値で8.3の値を示している。



第6図 気乾材のE/G

木材のE/Gは一般に15~30の範囲に入るものが多いといわれ、ASTMD-2555⁶⁾では16以上と規定しているが、本試験の結果では16をこえるものはほとんど見当らない。

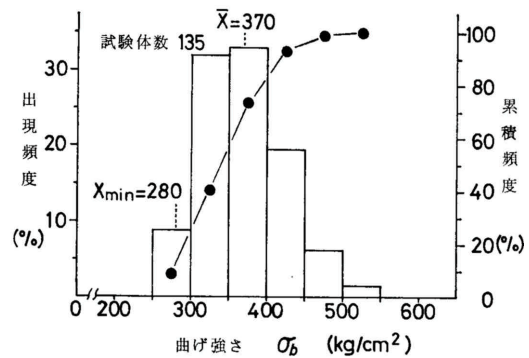
また上述した天然カラマツでもE/Gの値は8~10~13程度の値を示しており、本試験の結果と比較して下限値が上ってはいるものの、16をこえるものは認められない。更に検討を要するが、E/Gが比較的低いことは、ヤング係数の低いものが多い割には、せん断弾性係数があまり低くないことが原因と思える。

3.3 生材の強度性能

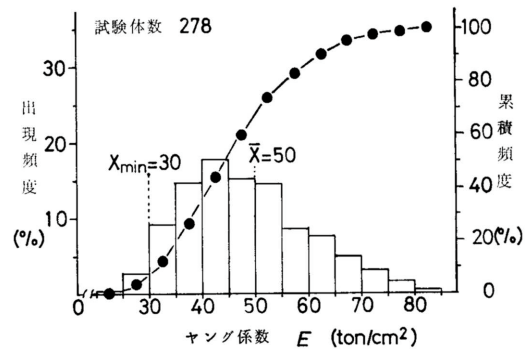
昨年8月に公示された枠組壁工法用製材の日本農林規格では、カラマツは樹種グループSIのHem-Tam樹種群に属することになっている。これは米国やカナダの規格によったものであるが、米国やカナダでは許容応力度を算出するばあい、日本の標準強度に相当するものを基準強度と呼び、無欠点材の生材時強度をあてている。

ASTMD-2555に掲載されている基準強度の値から、Hem-Tam群に属す樹種の無欠点材の生材時強度を求めてみると、曲げ強さの平均値は420~500kg/cm²、下限値は310~370kg/cm²、ヤング係数の平均値は75~85ton/cm²、下限値は45~55ton/cm²の範囲に入っている。

本試験の結果、生材時の曲げ強さとヤング係数の出現頻度は第7、8図に示すようになった。



第7図 生材の曲げ強さ



第8図 生材のヤング係数

すなわち、曲げ強さの平均値は370kg/cm²、下限値は280kg/cm²、ヤング係数の平均値は50ton/cm²、下限値は30ton/cm²となっている。

上に述べた規格では、この樹種群に分ける方式の運用方法が明確にされていないが、もし強度性能に関して代表樹種方式をとるならば、第7、8図からみて短伐期カラマツ造林木をSI・グループに入れるのは適当ではなく、むしろS-グループのS-P-FカW-Cedar樹種群に属すとみた方が妥当ではなからうかと

考える。

3.4 短伐期カラマツ造林木の曲げ許容応力度に関する一考察

3.1の項で述べたように、短伐期カラマツ造林木の標準強度は針葉樹Ⅱ類の値に相当しているので、現行の許容応力度の算出方法に従えば、普通構造材で短期曲げ許容応力度は140 kg/cm²とみればよいことになる。

欠点を含む実大材のヤング係数は、無欠点材のそれと差がないことが知られている。設計規準でも普通構造材のヤング係数の推奨値として無欠点材のヤング係数の平均値とほぼ同等の値を与えているのは、上述のことに裏付けされたものと思われる。

そこで、設計規準の考え方にしたがって、また第4図から解るように下限値が低く、下限値に近いもの出現頻度がかかなり高いことを考えると、普通構造材のヤング係数は60ton/cm²とみればよいことになる。

実大材のせん断弾性係数は、ヤング係数のばあいと同様に無欠点材のそれと大差がないことが、筆者等の実験によって確かめられているので、短伐期カラマツ造林木による構造材のせん断弾性係数として6~7 ton/cm²程度と考へても支障はないと思う。

(1)式の意味から考へて、短期曲げ許容応力度は欠点を含む実大材の曲げ比例限度に相当するとみなすことができる。

当研究室で過去に調査した、造林カラマツ材の心持ち正角材の曲げ試験結果によると、曲げ比例限度、及びヤング係数の下限値は大まかにみて、それぞれ150~200kg/cm²、50~60 ton/cm²程度とみなすこと

ができる。

これらの値と、本試験の結果にもとづいて算出された短期曲げ許容応力度140kg/cm²、ヤング係数60ton/cm²を比較すると、正角材の曲げ比例限度の下限値は許容応力度の1.1~1.4倍、ヤング係数の下限値は推奨値の0.8~1.0倍となり、本報告の結果がほぼ妥当なものと考えられる。

4. まとめ

短伐期カラマツ造林木を構造用材として利用するばあいに必要な許容応力度算出の基礎資料として、無欠点材部の強度性能を調査した。

結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 気乾無欠点材の曲げ強さは、針葉樹Ⅱ類の標準強度に、ヤング係数は針葉樹Ⅱ類の値よりやや低目の値に相当している。
- 2) したがって短伐期カラマツ造林木の短期曲げ許容応力度は140kg/cm²、ヤング係数は60ton/cm²の値を与えるのが妥当と思われる。

文 献

- 1) 山本敏夫：第6回道材ならびに合板研究会討論資料（1973）
- 2) 日本建築学会：木構造設計規準・同解説（1973）
- 3) 半沢道郎、沢田稔共編：カラマツ材の性質と利用、北方林業叢書第41集（1969）
- 4) 高橋政治、川口信隆：カラマツ類の無欠点小試片による強度性能、林産試月報第233号（1972）
- 5) 森林計画研究会北海道林務部支部：北海道の主要樹種林分収獲表（1960）
- 6) ASTM：Annual Book of ASTM Standards；1972

—木材部 材質科—

（原稿受理 昭50.6.16）