

梁桁用途に適したスギ平角材の丸太時点での選別方法



— 平角材の曲げヤング率及び初期含水率の予測 —



スギ平角材の曲げヤング率を丸太の時点で予測する

梁桁用途として用いられる平角材は、床面及びその上部にかかる荷重をたわまずに長期にわたって支える必要があるため、最大耐力（曲げ強度）だけでなく、たわみに対しても高い耐性が要求されます。このたわみに対する耐性は曲げヤング率で表され、通常は実大材強度試験機を用いて測定されますが、もっと簡易に測定でき、曲げヤング率との関係も深い縦振動ヤング率を代替値として用いることもできます。また、縦振動ヤング率は、角材だけでなく、丸太でも容易に測定できるため、丸太の縦振動ヤング率と、製材後の平角材の曲げヤング率の関係を明らかにしておくことで、丸太の時点で測定した縦振動ヤング率から平角材の曲げヤング率を予測することが可能になります。それにより、平角材に要求される曲げヤング率に応じて、必要な丸太を選択的に製材することができるため、製材ロス率の減少とコストアップの抑制が期待できます。

丸太の縦振動ヤング率の測定方法

●最初に生材密度を計測します

- ①直径巻尺で末口と元口の直径（cm）を計測
- ②メジャーで材長（m）を計測
- ③丸太を円錐台とみなして材積（ m^3 ）を算出

《円錐台材積の算出式》

$$\frac{\pi}{3} \times \left\{ \left[\left(\frac{\text{末口径}}{200} \right)^2 + \left(\frac{\text{末口径}}{200} \times \frac{\text{元口径}}{200} \right) + \left(\frac{\text{元口径}}{200} \right)^2 \right] \right\} \times \text{材長}$$

- ④フォークリフトとスリングで丸太を吊り上げて吊り秤で重量（kg）を計測
※既存フォークリフトに重量計測装置を取り付けることでリフトのみでの重量計測も可能
- ⑤生材密度（ kg/m^3 ）を重量÷材積で算出

●次に共振周波数を測定します

- ①丸太を木製台またはフォークリフトの爪上で支持
木口打撃により生じる振動が、支持側の材質と共振しないように、木製台と丸太の間にスポンジを挟みま
す。また、リフトの場合は、爪にゴムマットを敷き、
爪先を巻き上げて支持します。

②打撃振動音の共振周波数を計測

木口をプラスチックハンマーで打撃した音を、反対側の木口に当てたマイクで拾い、ポータブルなFFTアナライザ（振動周波数分析器）を用いて共振周波数（Hz）を計測します。

※打撃する木口面とマイクで收音する木口面は同じ面でも可



直径巻尺は木口の円周長から直径を割り出します



吊り秤

重量計測



●上記で求めた材長、密度、共振周波数を用いて下式より縦振動ヤング率を求めます

$$\text{縦振動ヤング率} = (2 \times \text{材長} \times \text{共振周波数})^2 \times \text{密度} \div 10^9$$

[GPa または kN/mm²]
[m]
[Hz]
[kg/m³]

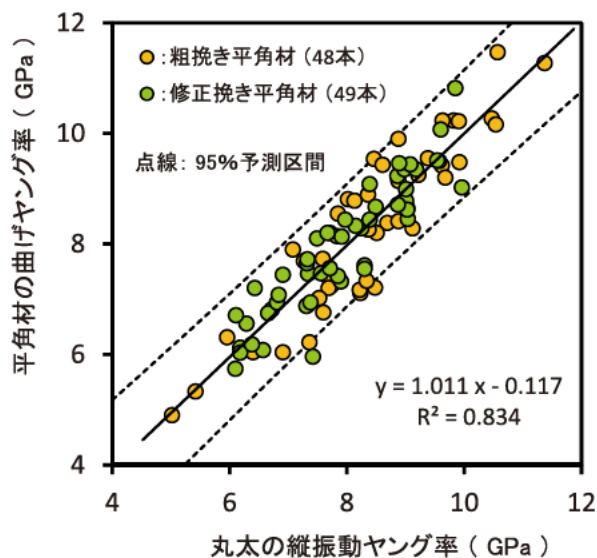
丸太の縦振動ヤング率から平角材の曲げヤング率を予測！

- ▶ **調査丸太：県産スギ中径材 (97本)**
末口径 24～28cm, 材長 4m 強
- ▶ **粗挽き平角材 (48本) 乾燥済み**
粗挽き時寸法 135mm×195mm角
- ▶ **修正挽き平角材 (49本)**
修正挽後寸法 120mm×180mm角

強度試験機を用いて測定した乾燥後の粗挽き平角材及び修正挽き平角材の曲げヤング率（含水率18%時の値に補正）と、丸太時点の縦振動ヤング率の関係を調査した結果、両者の相関は高く、平角材の曲げヤング率は、丸太の縦振動ヤング率からほぼ1:1で予測できることが分かりました。

また、この相関における下限95%予測区間に基づき、曲げヤング率がある特定値以上の平角材に対応する丸太の縦振動ヤング率の下限値を示します。これより、必要とされる曲げヤング率以上の平角材を取得したい際に、縦振動ヤング率がいくつ以上の丸太から製材すれば良いかが分かります。

丸太選別基準



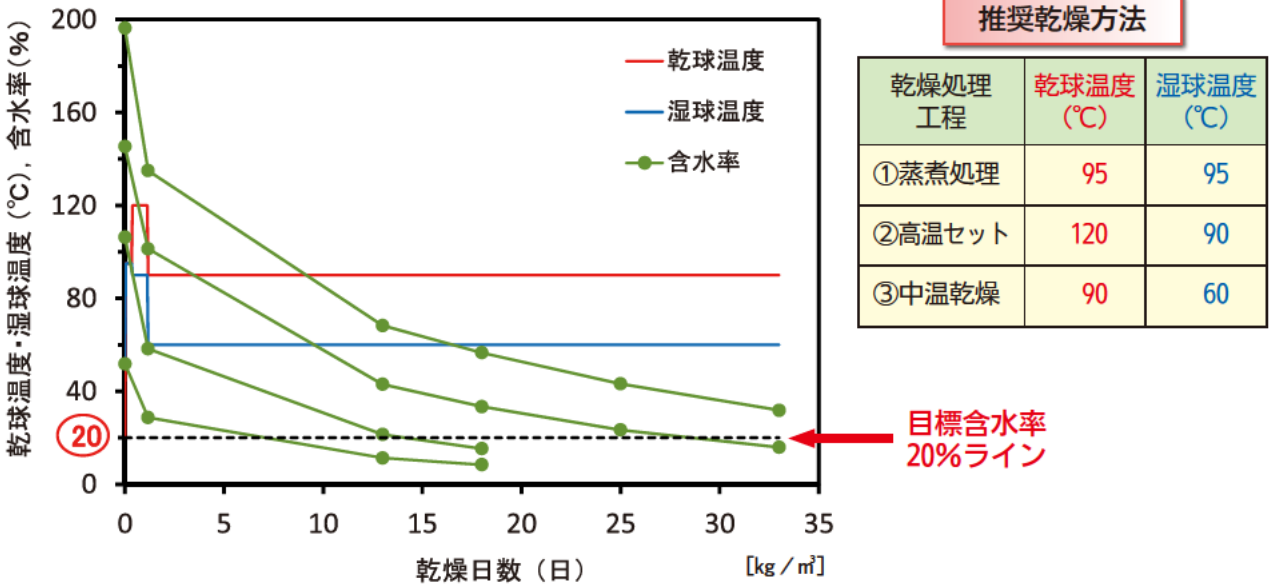
平角材	丸太
曲げヤング率 (GPa)	縦振動ヤング率 (GPa)
7.0 以上	8.1 以上
8.0 以上	9.1 以上
9.0 以上	10.2 以上
10.0 以上	11.2 以上
11.0 以上	12.3 以上

必要とされる曲げヤング率の約1GPa以上高い縦振動ヤング率の丸太を製材！



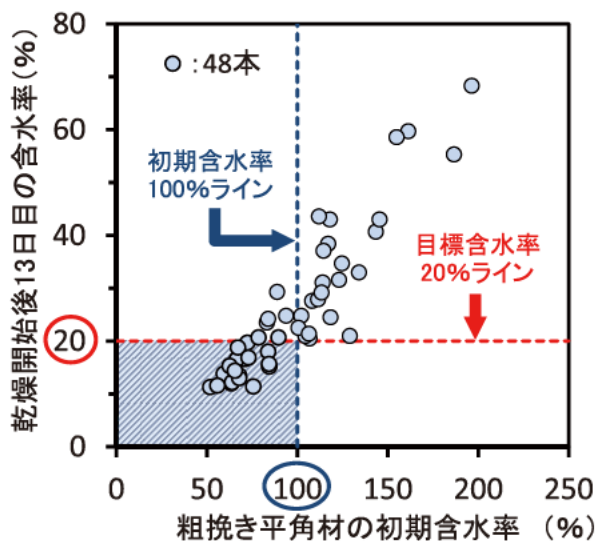
スギ粗挽き平角材の初期含水率を丸太の時点で予測する

スギ粗挽き平角材（135mm×195mm角）を推奨乾燥方法に基づき人工乾燥させた時の代表的な含水率の低下傾向を下図に示します。乾燥仕上がり後の目標含水率を20%とした場合、初期含水率200%程度の高含水率材では1ヶ月以上乾燥させても目標含水率まで達せず、逆に初期含水率50%程度の低含水率材では約1週間で目標に達することが分かりました。



また、初期含水率約100%以下の材では、約2週間の乾燥日数で目標含水率に達する材の割合が高いことが分かりましたので、乾燥コストを抑えるためには、初期含水率100%以下を目安に材を選別して乾燥させることが重要になります。

そこで、スギ粗挽き平角材の初期含水率を、製材前の丸太の含水率から予測できないか調査しました。



参考 容積密度数とは？

$$\text{容積密度数} = \frac{\text{全乾重量 (kg)}}{\text{生材積 (m}^3\text{)}}$$

で表される数値

ちなみに、生材密度の算出式は、

$$\text{生材密度} = \frac{\text{生重量 (kg)}}{\text{生材積 (m}^3\text{)}}$$

〔全乾重量：水分ゼロ状態の重量
生重量：水分を含んだ状態の重量
生材積：水分を含んだ状態の材積〕

よって

生材密度から容積密度数を引くと
単位材積あたりの水分重量 (kg/m³)
が算出できます

丸太の含水率の推定方法

前述の方法より求めた丸太の生材密度と縦振動ヤング率を用いて、丸太の含水率を推定します。

①最初に下式を用いて、丸太の縦振動ヤング率から丸太の容積密度数を推定します。

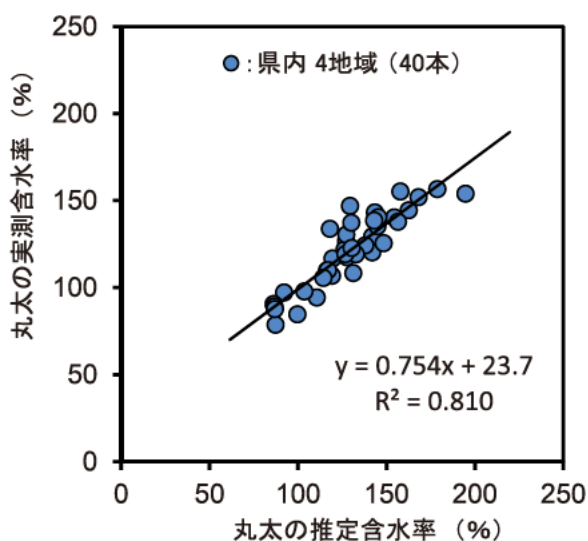
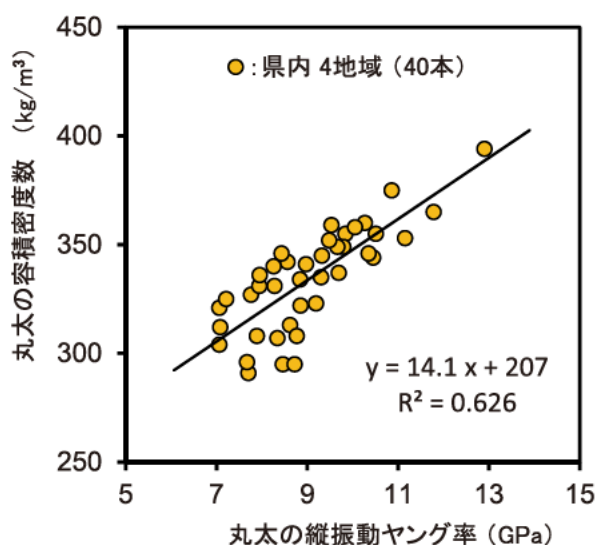
$$\text{丸太の推定容積密度数 (kg/m}^3\text{)} = 14.1 \times \text{縦振動ヤング率} + 207$$

(参考) この推定式は丸太の縦振動ヤング率と容積密度数の相関から得られた単回帰式です

②①で推定した容積密度数と生材密度を用いて、下式より丸太の含水率を推定します。

$$\text{丸太の推定含水率 (\%)} = (\text{生材密度} - \text{推定容積密度数}) \div \text{推定容積密度数} \times 100$$

(参考) この方法で求めた丸太の推定含水率と実測含水率の間には高い相関が確認されています



丸太の推定含水率から粗挽き平角材の初期含水率を予測!

丸太の推定含水率から粗挽き平角材の初期含水率を予測するには、データのばらつきが大きく、精度良く予測することは難しいことがわかりました。

一方、初期含水率 100%以下の粗挽き平角材は、推定含水率 140%以下を基準に丸太を選別し製材することで、高い比率で取得できると考えられます。

今回の調査結果による取得比率

$$\frac{\text{初期含水率 100\%以下 (38 本)}}{\text{推定含水率 140\%以下 (45 本)}} = 84\%$$

