

熊本県林業研究・研修センター研究報告 No. 51-4

県産ヒノキ中大径材を活用するための性能の明確化に関する研究 令和2年度～令和6年度（単県）

徳丸 善浩

要 旨

本研究では、熊本県産ヒノキ大径材から採材可能な製材品を利用した木造軸組住宅の横架材と枠組壁工法構造用製材について、その強度性能を外国産材と比較検証した。その結果、横架材に関しては大差なく、枠組壁工法構造用製材に関してはむしろヒノキの方が高いことが分かり、いずれの場合も代替できることが示唆された。また、ヒノキの幅広・厚板を利用した木造軸組住宅の現し床について、実用性があり板幅を広くするほど効果的に床の強度を高められることが分かった。

また、人工林資源が高齢級・大径化する状況にあることから、県内全域の原木市場において、ヒノキ大径材の強度調査を実施した。その結果、ヒノキ大径材の強度はJAS機械等級区分E110の出現割合が最も高く、それ以上が約6割を占めたことから、ヒノキ大径材からは強度の高い製材品が採材できることが示唆された。

はじめに

国産材の需要の半分を住宅分野が占めている中で、人口の減少や世帯数の減少などの要因により、新設住宅着工戸数は減少傾向をたどっており、木材需要の縮小が懸念されている。その一方で、熊本県ではスギ・ヒノキ人工林の高齢級化が進んでおり、そのうちヒノキの蓄積量は11齢級（51～55年生）をピークにそれ以上が約7割を占めている状況にある。そのため、原木市場には、大径材と呼ばれる末口径30cm以上の丸太が一定数出材されている。このようにヒノキ資源が充実する反面、その用途としては、主に土台としての利用が中心であり、ヒノキ大径材を活用するためには、土台以外の用途開発が課題と考えられている。

そこで、本研究ではまず県内で生産されているヒノキ大径材がどの程度の強度を有しているか把握する目的で、県内全域の原木市場に出材されたヒノキ大径材の強度調査を実施し、その強度の分布を明らかにした。次に、ヒノキ中大径材から採材される製材品の新たな用途開発を目的に、木造軸組住宅の横架材と枠組壁工法構造用製材、幅広・厚板を利用した木造軸組住宅の現し床の3つの用途について、強度の面から、その実用性について検討を行った。横架材については、住宅の梁・桁として主流となっている外国産材であるベイマツと、枠組壁工法構造用製材については、床根太（2×10材）として使用される北米産のSPFとそれぞれヒノキ製材品が代替可能であるか検証した。現し床については、根太やフローリング材を省略した施工性の良い仕上げ方法であり、特に大径材の樹皮側から採材が期待できる見ための美しい良質な板材（幅広・厚板）を利用できることから、これらの利点を活かす観点でその実用性について強度を検証した。

第1章 ヒノキ大径材の強度調査

1. はじめに

ヒノキはスギに比べて強度が高いことが知られていることから、本研究ではヒノキの強度の高さを活かした用途開発を検討した。ヒノキ大径材の強度調査では、ヒノキ大径材の強度を客観的に把握するため、県央

地域（熊本市）、県北地域（高森町）、天草地域（天草市）、県南地域（八代市、湯前町）において、丸太の強度の指標となる縦振動ヤング係数（以下、「ヤング係数」という。）を計測した。

2. 調査方法

調査は、表－1に示すとおり、令和3年度～令和5年度にかけて、熊本木材株式会社（熊本市）、阿蘇森林組合高森共販所（高森町）、天草地域森林組合（天草市）、熊本木材株式会社八代支店（八代市）、湯前木材事業協同組合（湯前町）の5つの原木市場で実施し、合計437本のヒノキ大径材のデータを取得した。調査方法は、丸太の重量、長さ、元口径、末口径、固有振動数を計測した。固有振動数とは、丸太の木口面をプラスチックハンマーで打撃した際に丸太内部に発生する周波数のことで、専用機器（FFTアナライザ：ATA社製HG-2020）を用いて計測した（写真－1）。

表－1 調査地の概要

調査年度	調査地域		調査場所	調査本数(本)
R3	県央	熊本(熊本市)	熊本木材株	95
R4	県北	阿蘇(高森町)	阿蘇森林組合	100
	天草	天草(天草市)	天草地域森林組合	42
R5	県南	八代(八代市)	熊本木材株八代支店	100
		球磨(湯前町)	湯前木材事業協同組合	100

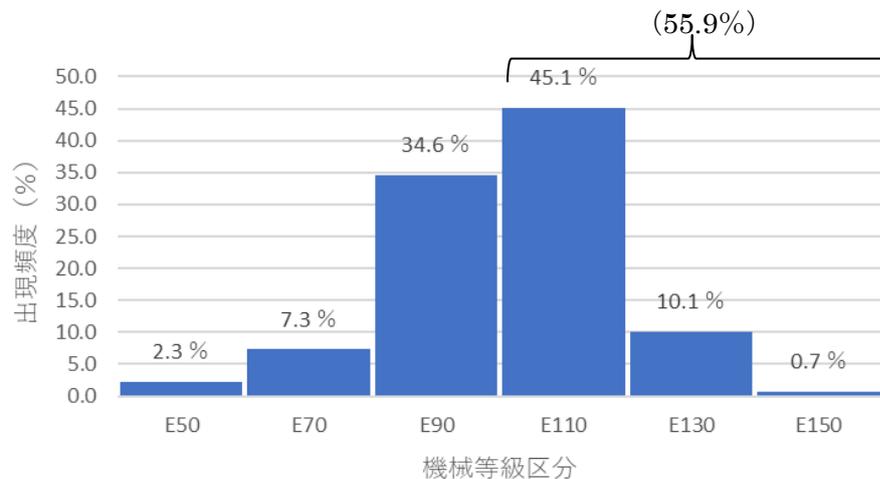
合計 437



写真－1 調査状況

3. 結果と考察

ヒノキ大径材のヤング係数は図－1に示すとおり県内5地域を平均するとJAS機械等級区分E110の出現割合が45.1%と最も高い値を示した。また、表－2に示すとおり5地域平均でヤング係数は9.85kN/mm²（末口径36.8cm）であった。一般的に、丸太とそれから採材される製材品の強度には相関関係があるため、ヒノキ大径材からはJAS機械等級区分E110の強度を持つ製材品が半分以上採材できることが示唆された。



図－1 機械等級区分と出現割合

表－2 調査結果

5 地域全体

	末口径 (cm)	林齢 (年)	平均年輪幅 (mm)	材積 (m ³)	密度 (kg/m ³)	ヤング係数 (kN/mm ²)
平均値	36.8	63.2	3.5	0.54	603	9.85
最小値	30.3	32.0	2.0	0.32	437	4.16
最大値	53.5	115.0	5.9	1.19	785	14.20
標準偏差	4.1	14.2	0.7	0.15	65.8	1.66
変動係数	11.2	22.5	20.4	27.7	10.9	16.9

第2章 木造軸組住宅の横架材

1. はじめに

国の統計資料によると、大手住宅メーカーの木造軸組住宅の部材別木材使用割合は、柱材や土台等、羽柄材、面材に関しては国産材の占める割合が5～8割程度あるのに対し、梁や桁などの横架材では1割にも満たない状況にある。しかし、言い換えると、ヒノキの強度を活かした横架材としての実用性が確認できれば、横架材に県産ヒノキの利用率を高める余地があるということである。

横架材に外国産材のベイマツが使用される理由の一つとして、ベイマツの強度性能の高さが考えられる。統計データによれば、それぞれの曲げヤング係数の平均値をJAS機械等級区分で比較すると、ベイマツのE130に対しヒノキはE110である。そこで、本章ではこの曲げヤング係数の差が梁（横架材）としての性能にどの程度影響するか比較検証した。

2. 試験方法

まず、ヒノキ平角の曲げヤング係数を実測するため、曲げ試験を実施した。試験に供したヒノキ平角は強度選別していない無作為に抽出したヒノキ大径材から採材し、人工乾燥した1丁取りの心持ち材で、材長、梁せいが異なる断面寸法270mm×105mm、240mm×105mm、210mm×105mmの3種類、各試験体数は12体とした。なお、図－2のとおり、梁せい270mmの平角は少なくとも丸太の直径が32cm、梁せい240mmでは直径30cmを超える大径材からのみ採材が可能な寸法である。

なお、曲げ試験は写真－2のとおり4点荷重方式とし、表－3の条件により105mmの面に荷重をかける方法（エッジワイズ）で実施した。

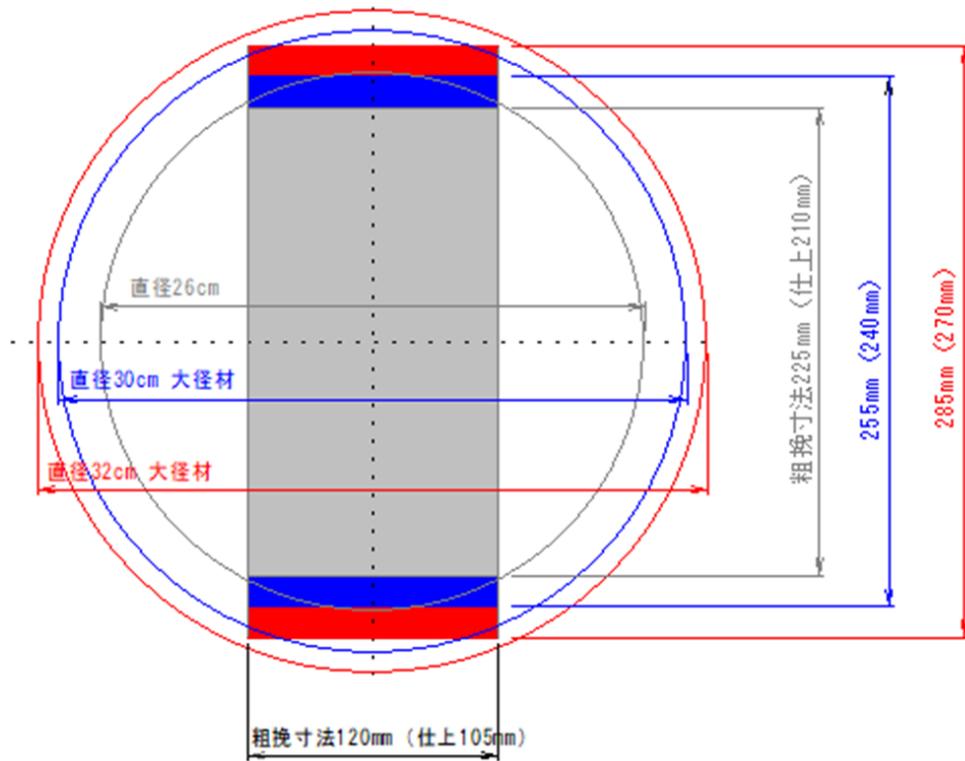


図-2 心持ち平角の木取例



写真-2 曲げ試験の実施状況

表-3 曲げ試験の条件

梁せい	支点間距離 (mm)	荷重点間距離 (mm)
270 mm	3,780	1,350
240 mm	3,600	1,200
210 mm	3,780	1,260

3. 結果と考察

各梁せい毎の曲げ試験の結果を表-4に示す。曲げヤング係数の平均値は、どの梁せいでもJAS機械等級区分のE110であった。また、図-3に曲げ試験の結果による曲げヤング係数と曲げ強さについて示す。いずれの梁せいにおいてもJAS機械等級区分の基準強度を概ね満たしていた。

表-4 曲げ試験の結果

梁せい	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強さ (N/mm ²)
270 mm	10.83 (E110)	29.79
240 mm	11.22 (E110)	30.34
210 mm	10.91 (E110)	21.98

曲げヤング係数は平均値、曲げ強さは5%下限値

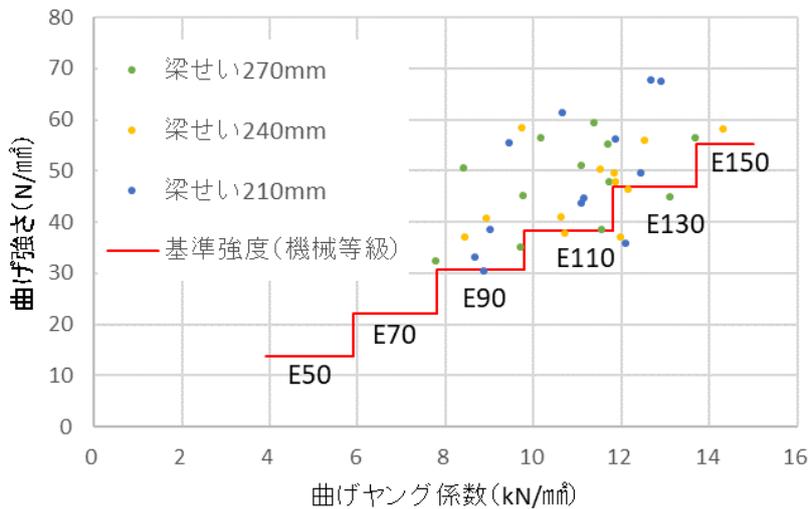


図-3 心持ち平角の曲げヤング係数と曲げ強さの関係

ここで、ヒノキ平角の梁としての実用性を評価するために、図-4のとおり6畳間を想定し梁を2本配置した場合(設定例A)、6畳間を想定し梁を1本配置した場合(設定例B)、8畳間を想定し梁を1本配置した場合(設定例C)の3パターンの2階梁伏図を設定し、各設定例について3種類の高さの梁せいご

とに次の3項目を算出し、それぞれの許容値と比較した。これら3項目が許容値をすべて満たす場合に構造設計上、梁としての使用が可能となる。

- ① たわみ量
- ② 曲げ応力度、
- ③ せん断応力度

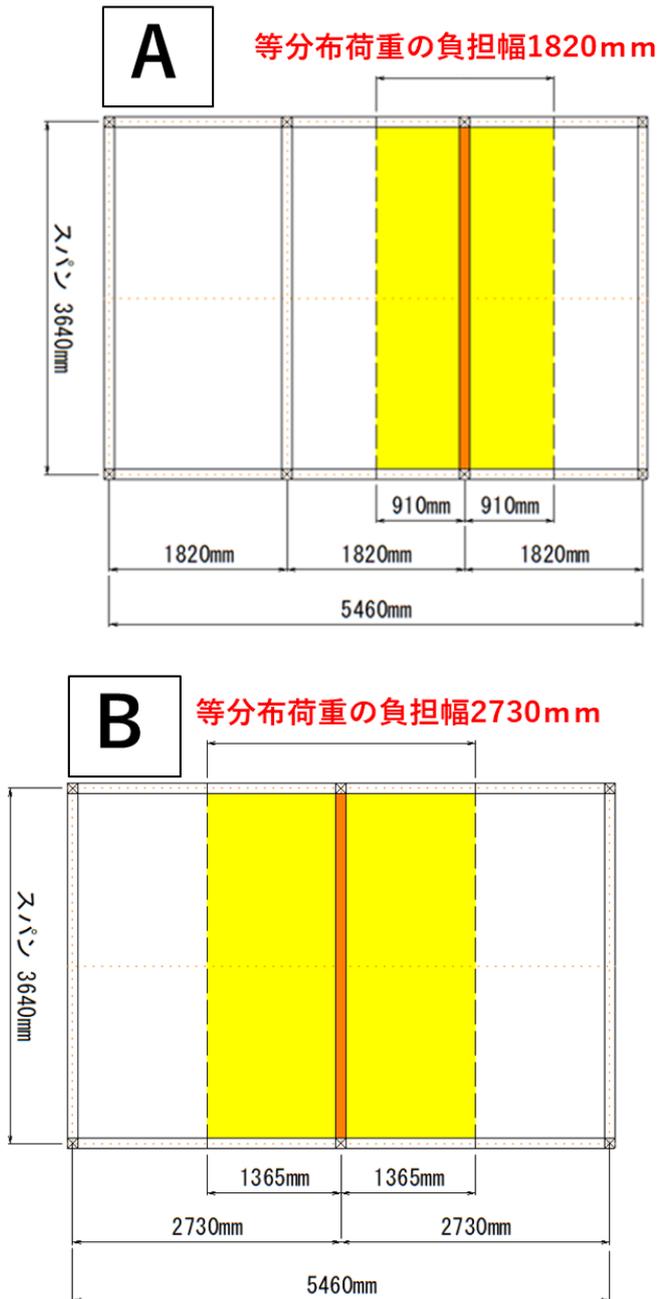


図-4 梁伏図の設定例

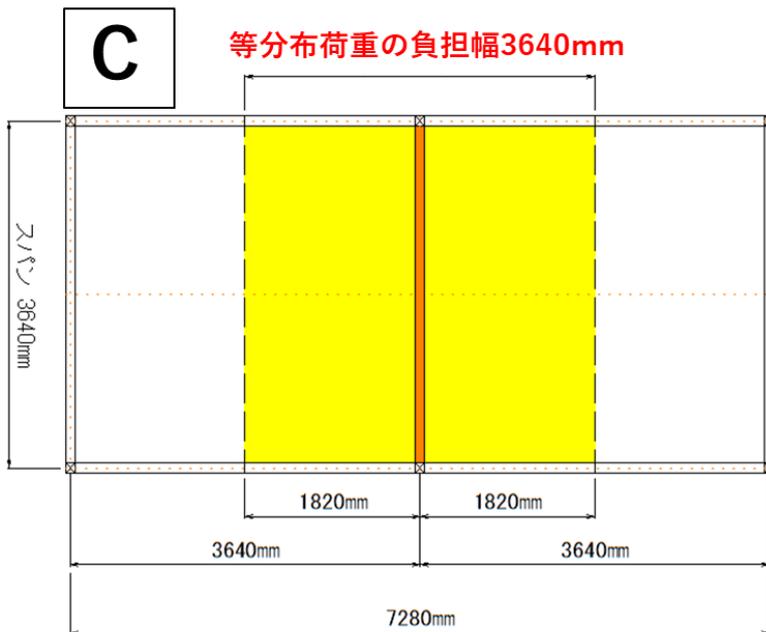


図-4 梁伏図の設定例

上記3項目とそれぞれの許容値の算出には以下の数式及び数値を用いた。

(1) ①たわみ量 (δ)

$$\delta = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I)$$

w : 梁に係る等分布荷重

L : スパン長

E : 曲げヤング係数

I : 断面2次モーメント

(2) ②曲げ応力度 (σ)

$$\sigma = M / Z$$

M : 曲げモーメント = $w \times L^2 / 8$

Z : 断面係数

(3) ③せん断応力度 (τ)

$$\tau = 1.5 \times Q / A$$

Q : せん断力 = $w \times L / 2$

A : 断面積

(4) 許容たわみ量

$L / 250 / 2$ (変形増大係数)

(5) 曲げ許容応力度

$$1.1 \times F_b / 3 \times K$$

F_b : 曲げ基準強度

$$K : \text{寸法調整係数} = (150\text{mm} / \text{梁せい})^{0.2}$$

(6) せん断許容応力度

$$1. 1 \times F_s / 3$$

F_s : せん断基準強度

(7) 2階床の荷重 (梁にかかる荷重の算定に用いる数値)

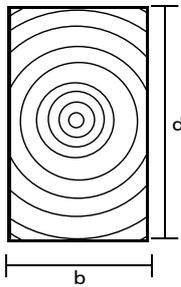
床梁に係る荷重を算定する。

ここで、2階床の荷重 = 固定荷重 + 積載荷重となり一般的な適用荷重より

たわみ算定用 : 固定荷重 $800\text{N}/\text{m}^2$ + 積載荷重 $600\text{N}/\text{m}^2 = 1,400\text{N}/\text{m}^2$

強度検討用 : 固定荷重 $800\text{N}/\text{m}^2$ + 積載荷重 $1,800\text{N}/\text{m}^2 = 2,600\text{N}/\text{m}^2$

(8) 断面性能の算定



断面積 (A)、断面係数 (Z)、断面2次モーメント (I) を算出する。

$$\text{ここで、} A = b \times d$$

$$Z = b \times d^2 / 6$$

$$I = b \times d^3 / 12$$

(ア) $d = 210\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$A = 105\text{mm} \times 210\text{mm} = 22,050\text{mm}^2 = 22.05 \times 10^3\text{mm}^2$$

$$Z = 105\text{mm} \times 210\text{mm} \times 210\text{mm} / 6 = 771,750\text{mm}^3 = 0.77175 \times 10^6\text{mm}^3$$

$$I = 105\text{mm} \times 210\text{mm} \times 210\text{mm} \times 210\text{mm} / 12 = 81,033,750\text{mm}^4 \\ = 0.08103375 \times 10^9\text{mm}^4$$

(イ) $d = 240\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$A = 105\text{mm} \times 240\text{mm} = 25,200\text{mm}^2 = 25.2 \times 10^3\text{mm}^2$$

$$Z = 105\text{mm} \times 240\text{mm} \times 240\text{mm} / 6 = 1,008,000\text{mm}^3 = 1.008 \times 10^6\text{mm}^3$$

$$I = 105\text{mm} \times 240\text{mm} \times 240\text{mm} \times 240\text{mm} / 12 = 120,960,000\text{mm}^4 \\ = 0.12096 \times 10^9\text{mm}^4$$

(ウ) $d = 270\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$A = 105\text{mm} \times 270\text{mm} = 28,350\text{mm}^2 = 28.35 \times 10^3\text{mm}^2$$

$$Z = 105\text{mm} \times 270\text{mm} \times 270\text{mm} / 6 = 1,275,750\text{mm}^3 = 1.27575 \times 10^6\text{mm}^3$$

$$I = 105\text{mm} \times 270\text{mm} \times 270\text{mm} \times 270\text{mm} / 12 = 172,226,250\text{mm}^4 \\ = 0.17222625 \times 10^9\text{mm}^4$$

(9) 曲げヤング係数 (E)

ヒノキ : 各梁せいごとに実測値の平均 (表-4 参照)

ベイマツ : JAS機械等級区分 E130 の $12.7\text{kN}/\text{mm}^2$

(10) 曲げ基準強度 (F b)

ヒノキ : J A S機械等級区分 E110 の 38.4N/mm²

ベイマツ : J A S機械等級区分 E130 の 39.6N/mm²

(11) せん断基準強度 (F s)

ヒノキ : 2.1N/mm²

ベイマツ : 2.4N/mm²

なお、各設定例ともにスパン長 (L) は 3,640mm とした。ここで、梁に係る等分布荷重の負担幅は設定例 A の場合 1,820mm、設定例 B の場合 2,730mm、設定例 C の場合 3,640mm となり、梁に要求される強度は A、B、C の順に大きくなる。

まず、以下により、梁に要求される強度が小さい設定例 A から順に梁の性能を検討した。

設定例 A の場合

1 解析モデル

図-4 のとおり想定した梁にかかる等分布荷重 (w) を計算する。

ここで、w = 2階床の荷重 × 負担幅より

たわみ算定用 : $w = 1,400\text{N/m}^2 \times 1.82\text{m} = 2,548\text{N/m}$

強度検討用 : $w = 2,600\text{N/m}^2 \times 1.82\text{m} = 4,732\text{N/m}$

2 ①たわみ量と許容たわみ量の比較

等分布荷重による梁のたわみ量 (δ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) d = 210mm (b = 105mm) のとき

$$\delta (\text{ヒノキ}) = 5 \times 2,548 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 10.91\text{kN/mm}^2 \times 0.08103375 \times 10^9\text{mm}^4) = 6.59\text{mm}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) = 5 \times 2,548 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 12.7\text{kN/mm}^2 \times 0.08103375 \times 10^9\text{mm}^4) = 5.66\text{mm}$$

ここで、 $\delta \leq L / 250 / 2$ (許容値) であるか確認する。

$$\delta (\text{ヒノキ}) \quad 6.59\text{mm} < 3,640 / 250 / 2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) \quad 5.66\text{mm} < 3,640 / 250 / 2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

(イ) d = 240mm (b = 105mm) のとき

→ 梁せい 210mm でも許容値を満たしているため、梁せい 240mm でも許容値を満たす。

(ウ) d = 270mm (b = 105mm) のとき

→ 梁せい 210mm でも許容値を満たしているため、梁せい 270mm でも許容値を満たす。

3 ②曲げ応力度と曲げ許容応力度の比較

等分布荷重による曲げ応力度 (σ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) d = 210mm (b = 105mm) のとき

σ (ヒノキ、ベイマツ)

$$= 4,732\text{N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} / 8 / 0.77175 \times 10^6 \text{mm}^3 = 10.16\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\sigma \leq$ 曲げ許容応力度 $= 1.1 \times F_b / 3 \times K$ であるか確認する。

$$K : \text{寸法調整係数} = (150\text{mm} / 210\text{mm})^{0.2} = 0.93492 \text{ より}$$

$$\sigma \text{ (ヒノキ)} \quad 10.16\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 38.4\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.93492 \approx 13.16\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$\sigma \text{ (ベイマツ)} \quad 10.16\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 39.6\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.93492 \approx 13.57\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

(イ) $d = 240\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

→ 梁せい 210mm でも許容値を満たしているため、梁せい 240mm でも許容値を満たす。

(ウ) $d = 270\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

→ 梁せい 210mm でも許容値を満たしているため、梁せい 270mm でも許容値を満たす。

4 ③せん断応力度とせん断許容応力度の比較

等分布荷重によるせん断応力度 (τ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) $d = 210\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\tau \text{ (ヒノキ、ベイマツ)} = 1.5 \times 4,732\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 22.05 \times 10^3 \text{mm}^2 = 0.59\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\tau \leq$ せん断許容応力度 $= 1.1 \times F_s / 3$ であるか確認する。

$$\tau \text{ (ヒノキ)} \quad 0.59\text{N/mm}^2 < \text{せん断許容応力度} = 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$\tau \text{ (ベイマツ)} \quad 0.59\text{N/mm}^2 < \text{せん断許容応力度} = 1.1 \times 2.4\text{N/mm}^2 / 3 = 0.88\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

(イ) $d = 240\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

→ 梁せい 210mm でも許容値を満たしているため、梁せい 240mm でも許容値を満たす。

(ウ) $d = 270\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

→ 梁せい 210mm でも許容値を満たしているため、梁せい 270mm でも許容値を満たす。

これらのことから、設定例Aの場合のヒノキ平角及びベイマツ平角について、3種類の高さの梁せいの実用性を判定すると表-5のとおり、すべて梁としての性能を満たし使用可能となった。

表-5 設定例Aの判定結果

樹種	梁せい	許容たわみ量	曲げ許容応力度	せん断許容応力度	(判定)
ヒノキ	210mm	○	○	○	○使用可
ベイマツ		○	○	○	○使用可
ヒノキ	240mm	○	○	○	○使用可
ベイマツ		○	○	○	○使用可
ヒノキ	270mm	○	○	○	○使用可
ベイマツ		○	○	○	○使用可

設定例 B の場合

1 解析モデル

図-4 のとおり想定した梁にかかる等分布荷重 (w) を計算する。

ここで、 $w = 2$ 階床の荷重 \times 負担幅より

$$\text{たわみ算定用} : w = 1,400\text{N/m}^2 \times 2.73\text{m} = 3,822\text{N/m}$$

$$\text{強度検討用} : w = 2,600\text{N/m}^2 \times 2.73\text{m} = 7,098\text{N/m}$$

2 ①たわみ量と許容たわみ量の比較

等分布荷重による梁のたわみ量 (δ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) $d = 210\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\delta (\text{ヒノキ}) = 5 \times 3,822 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 10.91\text{kN/mm}^2 \times 0.08103375 \times 10^9\text{mm}^4) = 9.89\text{mm}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) = 5 \times 3,822 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 12.7\text{kN/mm}^2 \times 0.08103375 \times 10^9\text{mm}^4) = 8.49\text{mm}$$

ここで、 $\delta \leq L/250/2$ (許容値) であるか確認する。

$$\delta (\text{ヒノキ}) \quad 9.89\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) \quad 8.49\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(イ) $d = 240\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\delta (\text{ヒノキ}) = 5 \times 3,822 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 11.22\text{kN/mm}^2 \times 0.12096 \times 10^9\text{mm}^4) = 6.44\text{mm}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) = 5 \times 3,822 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 12.7\text{kN/mm}^2 \times 0.12096 \times 10^9\text{mm}^4) = 5.69\text{mm}$$

ここで、 $\delta \leq L/250/2$ (許容値) であるか確認する。

$$\delta (\text{ヒノキ}) \quad 6.44\text{mm} < 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) \quad 5.69\text{mm} < 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

(ウ) $d = 270\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

→ 梁せい 240mm でも許容値を満たしているため、梁せい 270mm でも許容値を満たす。

3 ②曲げ応力度と曲げ許容応力度の比較

等分布荷重による曲げ応力度 (σ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) $d = 210\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\sigma (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 7,098\text{N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} / 8 / 0.77175 \times 10^6\text{mm}^3 = 15.24\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\sigma \leq$ 曲げ許容応力度 $= 1.1 \times F_b / 3 \times K$ であるか確認する。

$$K : \text{寸法調整係数} = (150\text{mm} / 210\text{mm})^{0.2} = 0.93492$$

$$\sigma (\text{ヒノキ}) \quad 15.24 \text{ N/mm}^2 > 1.1 \times 38.4\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.93492 \approx 13.16\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\sigma (\text{ベイマツ}) \quad 15.24 \text{ N/mm}^2 > 1.1 \times 39.6\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.93492 \approx 13.57\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(イ) $d = 240\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\sigma (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 7,098\text{N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} / 8 / 1.008 \times 10^6\text{mm}^3 = 11.67\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\sigma \leq$ 曲げ許容応力度 $= 1.1 \times F b / 3 \times K$ であるか確認する。

$$K : \text{寸法調整係数} = (150\text{mm}/240\text{mm})^{0.2} = 0.910282$$

$$\sigma \text{ (ヒノキ)} \quad 11.67\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 38.4\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.910282 \approx 12.81\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$\sigma \text{ (ベイマツ)} \quad 11.67\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 39.6\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.910282 \approx 13.21\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

(ウ) $d = 270\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

→ 梁せい 240mm でも許容値を満たしているため、梁せい 270mm でも許容値を満たす。

4 ③せん断応力度とせん断許容応力度の比較

等分布荷重によるせん断応力度 (τ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) $d = 210\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\tau \text{ (ヒノキ、ベイマツ)} = 1.5 \times 7,098\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 22.05 \times 10^3\text{mm}^2 = 0.878\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\tau \leq$ せん断許容応力度 $= 1.1 \times F_s / 3$ であるか確認する。

$$\tau \text{ (ヒノキ)} \quad 0.878\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\tau \text{ (ベイマツ)} \quad 0.878\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 2.4\text{N/mm}^2 / 3 = 0.88\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

(イ) $d = 240\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\tau \text{ (ヒノキ)} = 1.5 \times 7,098\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 25.2 \times 10^3\text{mm}^2 = 0.768\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\tau \leq$ せん断許容応力度 $= 1.1 \times F_s / 3$ であるか確認する。

$$\tau \text{ (ヒノキ)} \quad 0.768\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

→ ベイマツの場合、梁せい 210mm でも許容値を満たすため、梁せい 240mm でも許容値を満たす。

(ウ) $d = 270\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

→ 梁せい 240mm でも許容値を満たしているため、梁せい 270mm でも許容値を満たす。

これらのことから、設定例Bの場合のヒノキ平角及びベイマツ平角について、3種類の高さの梁せいの実用性を判定すると表-6のとおり、ともに梁せい 240mm と 270mm で梁としての性能を満たし使用可能となった。

表-6 設定例Bの判定結果

樹種	梁せい	許容たわみ量	曲げ許容応力度	せん断許容応力度	(判定)
ヒノキ	210mm	×	×	×	×使用不可
ベイマツ		×	×	○	×使用不可
ヒノキ	240mm	○	○	○	○使用可
ベイマツ		○	○	○	○使用可
ヒノキ	270mm	○	○	○	○使用可
ベイマツ		○	○	○	○使用可

設定例 C の場合

1 解析モデル

図-4 のとおり想定した梁にかかる等分布荷重 (w) を計算する。

ここで、 $w = 2$ 階床の荷重 \times 負担幅より

$$\text{たわみ算定用} : w = 1,400\text{N/m}^2 \times 3.64\text{m} = 5,096\text{N/m}$$

$$\text{強度検討用} : w = 2,600\text{N/m}^2 \times 3.64\text{m} = 9,464\text{N/m}$$

2 ①たわみ量と許容たわみ量の比較

等分布荷重による梁のたわみ量 (δ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) $d = 210\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\delta (\text{ヒノキ}) = 5 \times 5,096 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 10.91\text{kN/mm}^2 \times 0.08103375 \times 10^9\text{mm}^4) = 13.18\text{mm}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) = 5 \times 5,096 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 12.7\text{kN/mm}^2 \times 0.08103375 \times 10^9\text{mm}^4) = 11.32\text{mm}$$

ここで、 $\delta \leq L/250/2$ (許容値) であるか確認する。

$$\delta (\text{ヒノキ}) \quad 13.18\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) \quad 11.32\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(イ) $d = 240\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\delta (\text{ヒノキ}) = 5 \times 5,096 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 11.22\text{kN/mm}^2 \times 0.12096 \times 10^9\text{mm}^4) = 8.59\text{mm}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) = 5 \times 5,096 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 12.7\text{kN/mm}^2 \times 0.12096 \times 10^9\text{mm}^4) = 7.59\text{mm}$$

ここで、 $\delta \leq L/250/2$ (許容値) であるか確認する。

$$\delta (\text{ヒノキ}) \quad 8.59\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) \quad 7.59\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(ウ) $d = 270\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\delta (\text{ヒノキ}) = 5 \times 5,096 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 11.22\text{kN/mm}^2 \times 0.17222625 \times 10^9\text{mm}^4) = 6.03\text{mm}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) = 5 \times 5,096 \text{ N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} \\ \div (384 \times 12.7\text{kN/mm}^2 \times 0.17222625 \times 10^9\text{mm}^4) = 5.33\text{mm}$$

ここで、 $\delta \leq L/250/2$ (許容値) であるか確認する。

$$\delta (\text{ヒノキ}) \quad 6.03\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$\delta (\text{ベイマツ}) \quad 5.33\text{mm} > 3,640/250/2 = 7.28\text{mm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

3 ②曲げ応力度と曲げ許容応力度の比較

等分布荷重による曲げ応力度 (σ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) $d = 210\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) のとき

$$\sigma (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} / 8 / 0.77175 \times 10^6\text{mm}^3 = 20.32\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\sigma \leq$ 曲げ許容応力度 $= 1.1 \times F b / 3 \times K$ であるか確認する。

$$K : \text{寸法調整係数} = (150\text{mm}/210\text{mm})^{0.2} = 0.93492$$

$$\sigma (\text{ヒノキ}) \quad 20.32 \text{ N/mm}^2 > 1.1 \times 38.4\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.93492 \approx 13.16\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\sigma (\text{ベイマツ}) \quad 20.32 \text{ N/mm}^2 > 1.1 \times 39.6\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.93492 \approx 13.57\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(イ) $d = 240 \text{ mm}$ ($b = 105 \text{ mm}$) のとき

$$\sigma (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} / 8 / 1.008 \times 10^6 \text{ mm}^3 = 15.55\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\sigma \leq$ 曲げ許容応力度 $= 1.1 \times F b / 3 \times K$ であるか確認する。

$$K : \text{寸法調整係数} = (150\text{mm}/240\text{mm})^{0.2} = 0.910282$$

$$\sigma (\text{ヒノキ}) \quad 15.55\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 38.4\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.910282 \approx 12.81\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\sigma (\text{ベイマツ}) \quad 15.55\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 39.6\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.910282 \approx 13.21\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(ウ) $d = 270 \text{ mm}$ ($b = 105 \text{ mm}$) のとき

$$\sigma (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} \times 3,640\text{mm} / 8 / 1.27575 \times 10^6 \text{ mm}^3 = 12.29\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\sigma \leq$ 曲げ許容応力度 $= 1.1 \times F b / 3 \times K$ であるか確認する。

$$K : \text{寸法調整係数} = (150\text{mm}/270\text{mm})^{0.2} = 0.88909$$

$$\sigma (\text{ヒノキ}) \quad 12.29\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 38.4\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.88909 \approx 12.51\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$\sigma (\text{ベイマツ}) \quad 12.29\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 39.6\text{N/mm}^2 / 3 \times 0.88909 \approx 12.90\text{N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OK}$$

4 ③せん断応力度とせん断許容応力度の比較

等分布荷重によるせん断応力度 (τ) を算出し、許容値以内かを確認する。

(ア) $d = 210 \text{ mm}$ ($b = 105 \text{ mm}$) のとき

$$\tau (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 1.5 \times 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 22.05 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.18\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\tau \leq$ せん断許容応力度 $= 1.1 \times F_s / 3$ であるか確認する。

$$\tau (\text{ヒノキ}) \quad 1.18\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\tau (\text{ベイマツ}) \quad 1.18\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.4\text{N/mm}^2 / 3 = 0.88 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(イ) $d = 240 \text{ mm}$ ($b = 105 \text{ mm}$) のとき

$$\tau (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 1.5 \times 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 25.2 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 1.03\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\tau \leq$ せん断許容応力度 $= 1.1 \times F_s / 3$ であるか確認する。

$$\tau (\text{ヒノキ}) \quad 1.03\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\tau (\text{ベイマツ}) \quad 1.03\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.4\text{N/mm}^2 / 3 = 0.88 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

(ウ) $d = 270 \text{ mm}$ ($b = 105 \text{ mm}$) のとき

$$\tau (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 1.5 \times 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 28.35 \times 10^3 \text{ mm}^2 = 0.92\text{N/mm}^2$$

ここで、 $\tau \leq$ せん断許容応力度 $= 1.1 \times F_s / 3$ であるか確認する。

$$\tau (\text{ヒノキ}) \quad 0.92\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

$$\tau (\text{ベイマツ}) \quad 0.92\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.4\text{N/mm}^2 / 3 = 0.88 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \text{OUT}$$

これらのことから、設定例Cの場合のヒノキ平角及びベイマツ平角について、3種類の高さの梁せいの実用性を判定すると表-7のとおり、いずれの梁せいも梁としての性能を満たさなかった。

表－7 設定例Cの判定結果

樹種	梁せい	許容たわみ量	曲げ許容応力度	せん断許容応力度	(判定)
ヒノキ	210mm	×	×	×	×使用不可
ベイマツ		×	×	×	×使用不可
ヒノキ	240mm	×	×	×	×使用不可
ベイマツ		×	×	×	×使用不可
ヒノキ	270mm	○	○	×	×使用不可
ベイマツ		○	○	×	×使用不可

ここで、さらに設定例Cが使用可能となる梁せいについて、ヒノキとベイマツの場合で検討する。

表－7のとおり、ヒノキもベイマツともせん断許容応力度を満たせばよいことになる。

一般的に木造軸組み住宅の部材の寸法は、30mm刻みとなっていることから、 $d = 300\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) から検討する。

まず、断面積 (A) = $105\text{mm} \times 300\text{mm} = 31,500\text{mm}^2 = 31.5 \times 10^3\text{mm}^2$

$$\tau (\text{ヒノキ、ベイマツ}) = 1.5 \times 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 31.5 \times 10^3\text{mm}^2 = 0.82\text{N/mm}^2$$

$$\tau (\text{ヒノキ}) \quad 0.82\text{N/mm}^2 > 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77\text{N/mm}^2 \quad \Rightarrow \text{OUT}$$

$$\tau (\text{ベイマツ}) \quad 0.82\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 2.4\text{N/mm}^2 / 3 = 0.88\text{N/mm}^2 \quad \Rightarrow \text{OK}$$

ヒノキの場合、さらに $d = 330\text{mm}$ ($b = 105\text{mm}$) を検討すると、

断面積 (A) = $105\text{mm} \times 330\text{mm} = 34,650\text{mm}^2 = 34.65 \times 10^3\text{mm}^2$

$$\tau (\text{ヒノキ}) = 1.5 \times 9,464\text{N/m} \times 3,640\text{mm} / 2 / 34.65 \times 10^3\text{mm}^2 = 0.75\text{N/mm}^2$$

$$\tau (\text{ヒノキ}) \quad 0.75\text{N/mm}^2 < 1.1 \times 2.1\text{N/mm}^2 / 3 = 0.77\text{N/mm}^2 \quad \Rightarrow \text{OK}$$

表－8 設定例Cの判定結果

樹種	梁せい	許容たわみ量	曲げ許容応力度	せん断許容応力度	(判定)
ヒノキ	300mm	○	○	×	×使用不可
ベイマツ		○	○	○	○使用可
ヒノキ	330mm	○	○	○	○使用可
ベイマツ		○	○	○	○使用可

以上より、設定例A、B、Cでヒノキとベイマツにおいて、たわみ量、曲げ応力度、せん断応力度のそれぞれの許容値との比較においては差があったが、判定には差がなかった。

梁に要求される強度が最も大きい設定例Cの場合、ヒノキ平角、ベイマツ平角ともに梁せい270mm(幅105mm)では、許容値を満たさなかったが、許容値を満たすためには表－8のとおり、ヒノキ平角であれば梁せい330mm、ベイマツ平角であれば300mm(いずれも幅105mm)となる。ちなみに、ヒノキ大径材から梁せい330mm×105mmの断面寸法を製材するには直径は末口径で38cm必要となる。原木市場の強度調査によるとヒノキ大径材の末口径の平均直径は36.8cmであったことや地域によっては38cmを超えている(表－2参照)ことから推察する

と、梁せい 330mm のヒノキ平角は、現状でも十分に供給が可能な寸法と考えられる。

また、設定例 A の負担幅 1820mm の場合、ヒノキ平角、ベイマツ平角ともに梁せい 210mm、設定例 B の梁の負担幅 2730mm の場合、ヒノキ平角、ベイマツ平角ともに梁せい 240mm ですべての許容値を満たした。つまり、ヒノキ平角はベイマツ平角と同じ梁せい、或いは少なくとも 30mm 高くすれば同程度の梁としての強度を有しており、大径材から採材できる寸法のヒノキ平角がベイマツ平角の代替になり得ることが示唆された。

第 3 章 枠組壁工法構造用製材

1. はじめに

枠組壁工法構造用製材は、いわゆるツーバイフォー工法住宅に使用される部材である。最近では、スタッドと呼ばれる断面の小さな縦枠材にスギが使われる事例も見られるようになったが、部材の主流は北米産の SPF（一般的に J A S 目視等級区分 2 級）が主流である。特に床根太などの強度を要する部分に使用される断面の大きな 2×10 材（断面寸法 38mm×235mm）はその傾向が強い。そこで、本章ではヒノキ材が SPF の代替になり得るかを検証するため、ヒノキと SPF の 2×10 材の強度を比較した。

2. 試験方法

無作為に抽出したヒノキ大径材 10 本（末口径 43.0cm～50.3cm）から 1 本あたり 5 枚、合計 50 枚の原板（厚さ 45mm、幅 250mm、長さ 4m）を採取し含水率 20% 以下まで人工乾燥したのち、2×10 材のサイズ（厚さ 38mm、幅 235mm）に仕上げ加工した。

まず、枠組壁工法構造用製材の J A S 基準により目視等級区分を実施し、特級から規格外まで 5 段階の格付けをした。

その後、当センターの実大曲げ試験機にて曲げ試験を実施し、ヒノキ 2×10 材のヤング率を算

出した。曲げ試験は写真-3 の

とおり、支点間距離 3,525mm、荷重点間距離 1,175mm の 3 等分点 4 点荷重方式とし、厚さ 45mm の面に荷重をかける方法（エッジワイズ）で実施した。



写真-3 曲げ試験の実施状況

3. 結果と考察

目視等級区分の結果を図-5 に示すと、2 級以上が 50 枚中 37 枚（74%）であった。ここで、ヒノキの J A

S目視等級区分2級の曲げヤング係数は 9.9 kN/mm^2 のため、SPF の J A S 目視等級区分2級の曲げヤング係数 9.6 kN/mm^2 を上回っており、ヒノキ大径材からはおおむね7割程度の割合で SPF と同等以上の強度がある 2×10 材が生産できることが示唆された。

次に、曲げ試験の結果を図-6に示す。縦軸に曲げヤング係数、横軸に実測した曲げヤング係数の値が小さいヒノキ 2×10 材を左側から順に並べたグラフである。ヒノキ 2×10 材の曲げヤング係数と SPF の J A S 目視等級区分2級の曲げヤング係数 9.6 kN/mm^2 を比べると、50枚中45枚(90%)でヒノキの方が上回っており、ヒノキ大径材からはおおむね9割程度の割合で SPF と同等以上の強度がある 2×10 材が生産できることが示唆された。

これらのことから、ヒノキ大径材から採取した 2×10 材の多くは SPF の代替になり得ることが裏付けられるとともに、目視等級区分よりも強度を実測する機械等級区分の方がより有利であることが推察された。

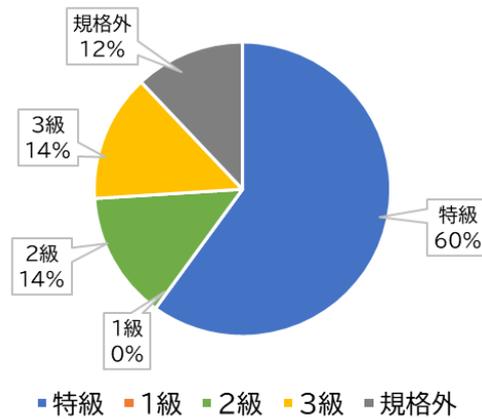


図-5 J A S 目視等級区分の結果

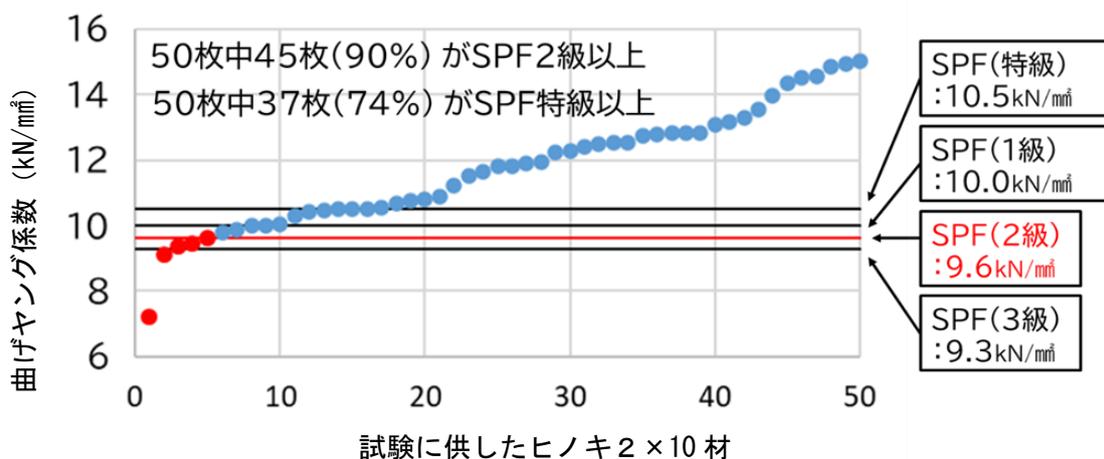


図-6 ヒノキ 2×10 材の曲げヤング係数の分布

第4章 木造軸組住宅の現し床

1. はじめに

ヒノキが大径化したことにより、これまで採材できなかった幅広な厚板が採材可能である。また、大径材の樹皮側からは見た目の美しい良質な板材が期待できる。そこで、本章では、根太やフローリング材を省略した施工性の良い現し床に、ヒノキ大径材から採材した幅広・厚板を利用することを目的に、その実用性を検証した。

2. 試験方法

ヒノキの幅広・厚板は、JAS機械等級区分E110のヒノキ大径材から採取した原板を含水率20%以下まで人工乾燥し、板幅3種類（180mm15枚、240mm11枚、300mm9枚）、厚さ30mm、長さ1.9mに仕上げた。また、ヒノキ枠組材もJAS機械等級区分E110のヒノキ丸太から採取した断面寸法105×105mmとした。これらを用いて高さ2.85m、幅1.9mの床構面を各1体作製した（図-7）。作製にあたって、幅広・厚板は床構面の中央部になるにつれ密度が大きくなるように配置し、太め鉄丸釘CN75釘を60mm間隔で枠組材に留め付けた。枠組材の接合部は大入れ蟻掛けとした。ちなみに、板幅が300mmとなると大径材からしか採材出来ないサイズとなる。

これらの試験体を用いて当センターの面内せん断試験装置により面内せん断試験を実施した（写真-4）。

なお、試験は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計①（2017年度版）」の試験方法と評価方法に準拠した。具体的には、試験体を面内せん断試験装置に設置し、下部を固定したうえで左側上部をシリンダーに装着したロードセルと接続し加力した。その際、加力は正負交番繰り返し加力で、繰り返し履歴は見かけのせん断変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radの正負変形時とし、その後、1/15radまでの引き切りとした。また、繰り返し回数は履歴の同一変形段階で1回とした。

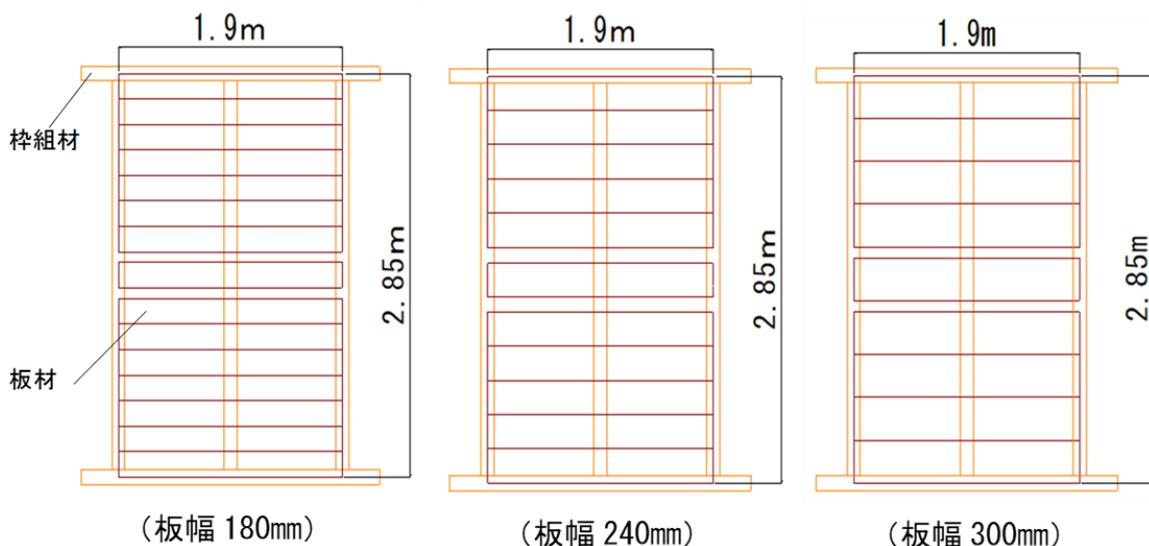


図-7 作製した現し床の試験体概要



写真-4 面内せん断試験の実施状況

3. 結果と考察

荷重とせん断変形角曲線を図-8に示す。また、図-8より作成した包絡線(図-9)より算出した各特性値について表-9に示す。特性値の中で、降伏耐力、 $P_u \times (0.2/D_s)$ 、 $2/3 P_{max}$ 、みかけのせん断変形角1/120時荷重のうち、最も小さい値が短期基準せん断耐力とされる。今回、すべての試験体で $P_u \times (0.2/D_s)$ が最小となった。このことは、幅広・厚板の現し床が粘り強く変形がゆっくり進行する特徴を示している。短期基準せん断耐力(試験体数=1かつ低減係数を考慮していないため参考値として示す)はそれぞれ、0.97kN/m、1.50kN/m、2.17kN/mとなり、板幅が広くなるのに応じて強度が高くなった。また、表-10に示すとおり、床倍率は板幅180mmで0.50倍、240mmで0.76倍、300mmで1.11倍であった。これは、国土交通省告示に示される一般的な床構面の仕様を参考にすると、根太間隔340mm以下、鉄丸釘N50を150mm間隔で釘止め、板材の厚さ12mm、幅180mm以上の板材張りの場合(床倍率0.3倍)と比べると、板幅180mmの場合は1.7倍、板幅240mmの場合は2.5倍、板幅300mmの場合は3.7倍のせん断耐力を発揮しており、根太間隔500mm以下、鉄丸釘N50を150mm間隔で釘止め、面材の厚さ12mm以上の合板張りの場合(床倍率0.7倍)と比べても、板幅240mmの場合は1.1倍、板幅300mmの場合には1.6倍のせん断耐力であった。

今回の試験において、いずれの試験体でも試験後の釘の引き抜けや板材への釘のめり込みは見られなかったことから、ヒノキの幅広・厚板が持つせん断剛性が十分に発揮されていることが示唆された。

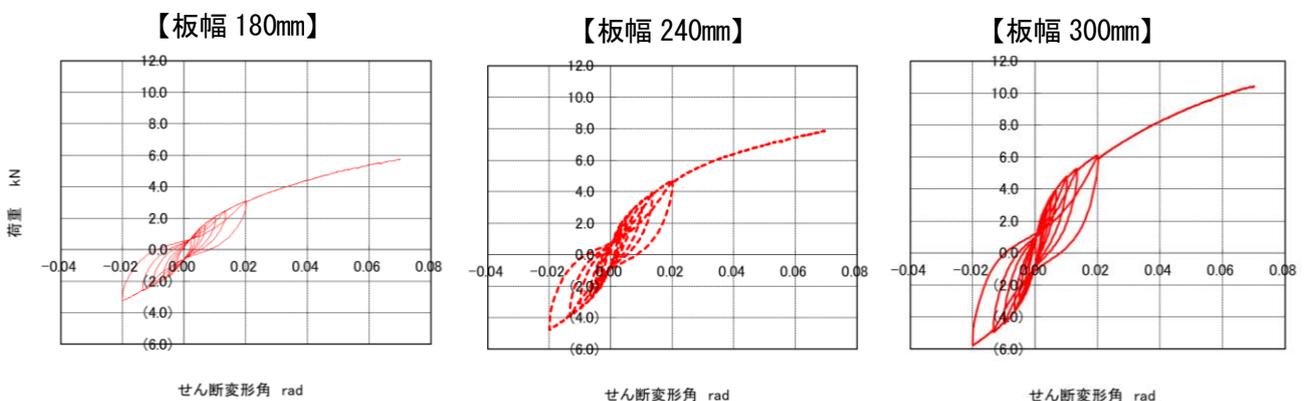


図-8 荷重とせん断変形角曲線

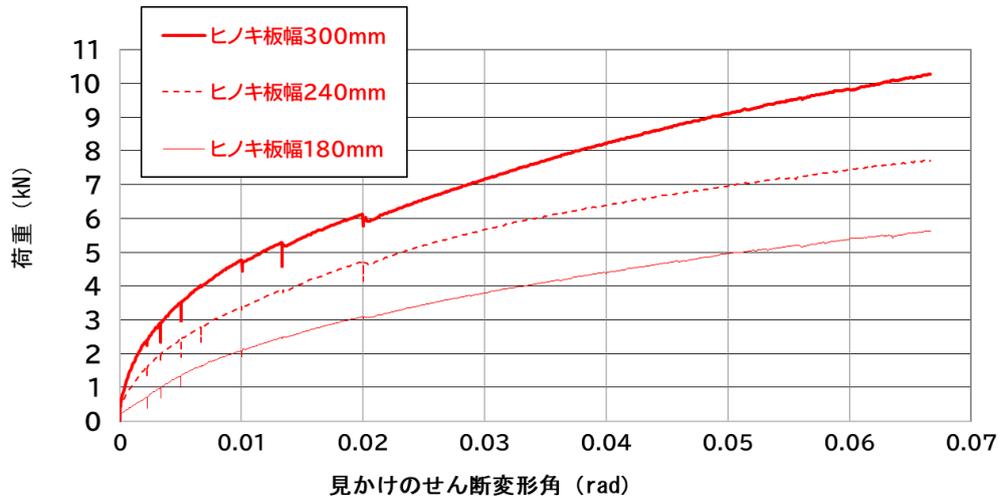


図-9 包絡線

表-9 特性値

試験体番号	以下の特性値は、試験体幅で除したもの										
	最大荷重 Pmax kN	最大荷重 Pmax kN/m	初期剛性 K kN/m	終局耐力 Pu kN/m	構造特性 係数 Ds —	降伏耐力 Py kN/m	$P_u \times (0.2/D_s)$ kN/m	$2/3P_{max}$ kN/m	みかけのせん断変形角 1/120時荷重 $P_{1/120}$ kN/m	短期基準 せん断耐力 P_0 kN/m	床倍率 換算値 低減係数 $\alpha=1$ で算出
180	5.63	3.0	91	2.5	0.268	1.43	0.97	1.97	0.99	0.97	0.50
240	7.74	4.1	146	3.5	0.247	2.07	1.50	2.72	1.63	1.50	0.76
300	10.27	5.2	227	4.3	0.216	2.54	2.17	3.61	2.32	2.17	1.11

表-10 樹種別の床倍率と比強度 【床倍率の単位：倍】

	板幅180mm	板幅240mm	板幅300mm
ヒノキ	0.50	0.76	1.11
スギ	0.48	0.69	0.85
(ヒノキ/スギ)	(1.04)	(1.10)	(1.31)

参考までに、図-10に示すとおり、以前当センターで試験したスギの幅広・厚板を用いた床構面の結果から、ヒノキとスギの板幅を広くする効果を見るために比強度（ヒノキ床倍率/スギ床倍率）を検証したところ、表-10に示すとおり、比強度は板幅が広がるのに従い、1.04、1.10、1.31と徐々に大きくなった。つまり、ヒノキの方が板幅を広くする効果が大きいことが分かった。

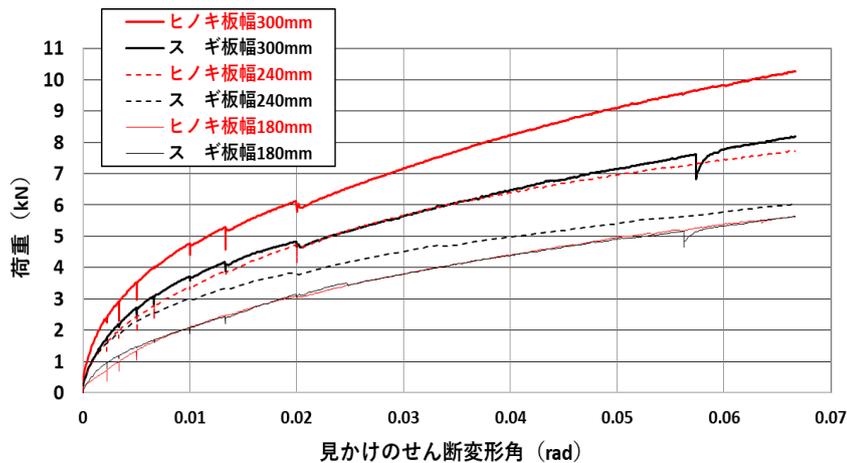


図-10 包絡線

第5章 まとめ

大径化する県産ヒノキの新たな活用方法を検討し、以下の結果を得た。

- (1) ヒノキ平角は木造軸組住宅の横架材として、強度性能の面においてベイマツ平角の代替になり得ることを確認した。
- (2) ヒノキ 2×10 材は枠組壁工法構造用部材として、強度性能の面において SPF の代替になり得ることを確認した。また、ヒノキ 2×10 材のほうが一般に流通している SPF より強度が高かったため、ツーバイフォー工法住宅においてヒノキ 2×10 材を SPF の代替とすれば、より少ない量で床根太としての強度を確保できる。
- (3) ヒノキの幅広・厚板を利用した木造軸組住宅の現し床は、一般的な板材張りの床より強度が高く、面材張りの床と比べても板幅によっては同等以上の強度があり、その実用性を確認した。また、ヒノキ大径材の利点を活かして、より幅広の厚板を使用することで、床の強度を効率的に増大させることができ、床倍率の高い床を作製できることを確認した。このような床倍率の高い床を使用することで住宅の耐震性、耐風性の向上や開口部や吹き抜けの自由度も高められる。

併せて実施した原木市場でのヒノキ大径材の強度調査の結果、J A S機械等級区分 E110 の出現割合が最も高かった。

丸太と製材品の強度には相関関係があることから、ヒノキ大径材からは J A S機械等級区分 E110 の製材品が高い割合で生産できることが示唆された。今回の研究で検討したヒノキ製材品はすべて J A S機械等級区分 E110 が前提となっていることから、今後、ヒノキ大径材を利用するうえで参考となる結果であった。

今回、強度性能の面では、ヒノキの新たな活用が期待できることが分かったが、その一方で、価格に直結する生産面での課題が想定される。例えば、現行の製材品であるヒノキ土台、ベイマツ土台、ベイマツ平角の m^3 単価を比較することでヒノキ平角の単価を類推した場合、ヒノキ土台とベイマツ土台では大差なく、ベイマツ土台とベイマツ平角では、ベイマツ平角が若干安価であることから、ヒノキ平角の m^3 単価もヒノキ土

台より安価でベイマツ平角と大差がないとも考えられる。しかし、ヒノキ平角の生産においては、製材機の性能や規模などにおいて新たな設備投資が必要になることが考えられる。また、ヒノキ2×10材に関しては、ツーバイフォー工法住宅の部材の標準長さが日本で従来から採用されている長さと異なることから、原木の伐採段階で調整する必要がある。今後、ヒノキの新たな活用を推進していくためには、このような生産面における課題の解決を進めていく必要がある。

引用文献

林野庁：令和6年度森林・林業白書（2025）、153

木構造振興株式会社：木材の強度等データおよび解説（2011）、52、63

山辺豊彦：ヤマベの木構造 増補改訂版（2013）、177-181

荒木博章、池田元吉、徳丸善浩（2021）スギ大径材の利用方法と利用技術に関する研究，熊本県県林業研究・研修センター研究報告、9

財団法人日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017）①、298-302

財団法人日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017）①、79-81