

県産スギ大径材の利活用に関する研究

－ フォーバイ材等の性能評価 －

令和6年度～令和7年度

木材チーム 佐藤太一郎、豆田 俊治

城井 秀幸

1. 目 的

北米で生まれた枠組壁工法は、日本では1974年に技術基準が告示され半世紀が経過しており、大分県においても木造住宅着工数におけるシェアは約25%を占め¹⁾、工法として定着している。枠組壁工法に用いられる部材はSPF材が主であるが、ウッドショックによる価格高騰等により、業界では国産材への転換を図っている。また、枠組壁工法に用いられるフォーバイ材等の幅広い部材は、全国的に課題となっている大径材の需要先として期待できる。

当部では、平成26年度～平成28年度に県産スギを用いたツーバイ材の強度評価^{2)～4)}を実施したが、大径材を用いたフォーバイ材等の強度評価は未実施である。そこで、本試験では大径材を用いたフォーバイ材等の強度評価を行うことを目的とし、今年度は寸法型式405、406、408（以下、それぞれ405、406、408と記す）の曲げ強度試験を行ったので結果を報告する。

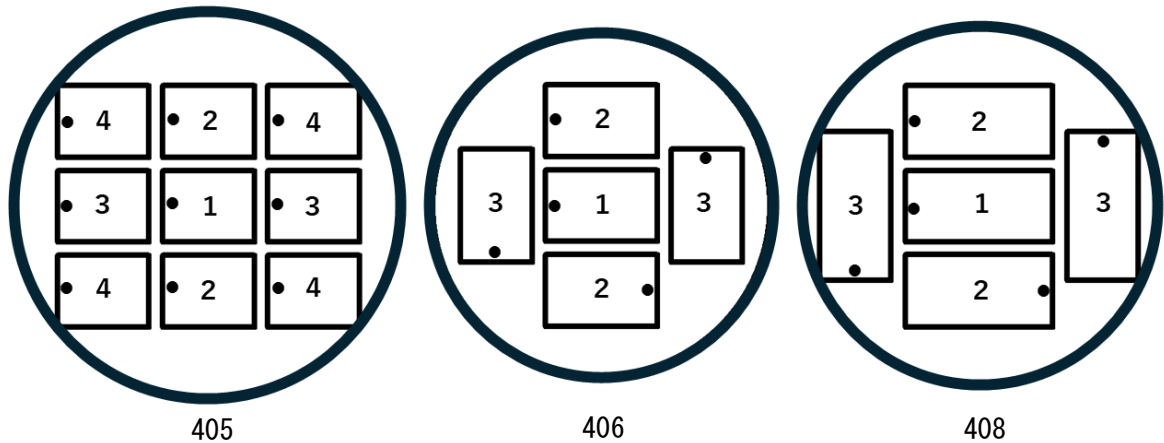
2. 試験方法

1) 原木、製材、乾燥、寸法調整、品質区分

原木は、県南部地域及び県西部地域より入手した大径のスギ丸太18本（県南部9本、県西部9本）を使用した。原木の材長、重量、末口径、元口径、縦振動ヤング係数（以下、 E_{fr} と記す）を計測した。 E_{fr} はFFTシングルアナライザー（リオン株式会社製 SA-77）を用い固有周波数を測定し算出した。曲げ試験に用いる試験体数は、2018年枠組壁工法建築物構造計算指針⁵⁾（以下、指針と記す）に準じ、 $0.1537 \times$ 変動係数²⁾とした。変動係数はJIS Z 2101 木材の試験方法⁶⁾（以下、JISと記す）における曲げ強さの値を用いた。各部材に用いた製品寸法、歩増し量等を表-1に、木取りパターン及び木取り位置を示す部材番号を図-1に示す。製材後、含水率が19%以下になるよう人工乾燥を行った。人工乾燥のスケジュールは、蒸煮（乾球95℃、湿球95℃で6～8時間）、高温セット（乾球120℃、湿球90℃で12時間）、中温乾燥（乾球90℃、湿球60℃で168時間）を基本とし、19%以下にならなかったものについては、乾球90℃、湿球60℃もしくは乾球60℃、湿球30℃で、19%以下になるまで追加乾燥を行った。乾燥後、養生期間を5日～2か月程養生し、モルダー加工を行い長さ4mに仕上げた。仕上げ後の供試体について、JAS0600 日本農林規格 枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材⁷⁾（以下、枠組JASと記す）における節、穴、曲がり（最大矢高÷弦の長さ×100（%））、反り、木口の貫通割れの項目について甲種の品質区分を行った。

表-1 製品寸法、歩増し量等

寸法 型式	製品寸法 (mm)			歩増し量 (mm)		丸太 本数	試験体 本数
	はり幅	はりせい	長さ	はり幅	はりせい		
405	89	114	4000	13	14	4	36
406	89	140	4000	13	15	7	35
408	89	184	4000	13	16	7	37

図-1 木取りパターン及び木取り位置を示す部材番号
(黒点は曲げ試験での加圧面を示す)

2) 曲げ試験

曲げ試験は指針に準じ実施した。曲げ試験体は、4 mの供試体から、節、穴の欠点を多く含むよう、405 が 2,252mm、406 が 2,720mm、408 が 3,512mm に、元口もしくは末口から切り出した。その後、 E_{tr} を計測した。スパンは、405は2,052mm、406は2,520mm、408は3,312mmとした。木材実大強度試験機（UH-1000kNAR、株式会社島津製作所）を用い、3等分点4点荷重で試験を実施し、曲げ試験強度（以下、 f_b と記す）、曲げ試験弾性係数（以下、 E と記す）、及び見かけの曲げ試験弾性係数（以下、 E_b と記す）を求めた。 E 及び E_b は最大荷重の約10%～約40%の範囲で求めた。荷重速度は、最大荷重に達する時間がおおよそ5分±2分となるよう設定した。写真-1に試験の様子を示す。



写真-1 408の曲げ試験の様子

3. 結果及び考察

1) 供試材

各寸法型式に用いた原木の計測結果を表-2に示す。

表-2 原木の計測結果

採材 寸法 型式	末口						元口					
	径 (cm)			年輪数			径 (cm)			年輪数		
	最大	平均± 標準偏差	最小	最大	平均± 標準偏差	最小	最大	平均± 標準偏差	最小	最大	平均± 標準偏差	最小
405	52.4	51.3±1.0	50.3	74	61.0±13.0	43	63.0	60.0±2.2	57.8	83	67.0±15.0	47
406	48.7	45.8±1.5	44.3	68	57.4 ±5.9	49	57.5	52.9±3.0	48.9	74	63.9 ±5.6	57
408	48.9	47.9±0.6	47.3	62	55.0 ±5.8	46	62.1	56.2±3.8	53.1	69	60.4 ±6.1	53

採材 寸法 型式	材長 (cm)			重量 (kg)			密度 (kg/m ³)			E_{tr} (Gpa)		
	最大	平均± 標準偏差	最小	最大	平均± 標準偏差	最小	最大	平均± 標準偏差	最小	最大	平均± 標準偏差	最小
405	419.8	415.1±4.4	410.0	707.8	651.6 ±44.6	599.8	721.7	678.7±29.1	659.1	6.9	6.5±0.5	5.7
406	423.5	415.2±5.4	408.3	639.3	565.0 ±71.6	460.5	829.7	741.2±44.6	702.4	8.6	6.8±0.8	6.3
408	421.0	413.0±6.2	403.3	750.2	570.7±118.2	436.3	808.1	662.7±80.3	556.7	7.2	6.5±0.6	5.8

2) 品質区分

各寸法型式の品質区分結果を表-2に、品質区分項目ごとの結果を表-3に示す。本試験では各寸法型式ともに特級の出現率が最も高く、次いで3級が高かった。木口の貫通割れにより3級に区分された試験体が27.1%と他の項目に比べて高く、3級が多い要因となった。その他の区分項目で

表-2 寸法型式ごとの品質区分結果

寸法型式	等級 (甲種)				
	特級	1 級	2 級	3 級	等外
405	20	6	2	7	1
	(55.6)	(16.7)	(5.6)	(19.4)	(2.8)
406	16	4	1	14	0
	(45.7)	(11.4)	(2.9)	(40.0)	(0.0)
408	21	1	2	13	0
	(56.8)	(2.7)	(5.4)	(35.1)	(0.0)

上段の数字は本数、下段 () 内の数字は割合を示す。

は特級～1級が多いことから、木口の貫通割れを防ぐことが出来れば、より等級の高い部材の生産が期待できると考えられる。今後、木口の貫通割れを防ぐ乾燥スケジュールについて、検討が必要である。

曲がり、反りにおいて、各寸法型式の数値及び品質区分結果を表-4に示す。スギ心去り材は、木表側への反りが利用上懸念されているが、ほぼ全てが1級以上に区分される結果となった。枠組 JAS では、甲種特級及び1級について、曲がりとは0.2%以下、反りは405、406が11mm、408が10mm以下と定められている。本試験では、通直な丸太のみを用いたこと、また、歩増し量を、品質区分における反りの1級の値以上とした(表-1)ことが、等級が高くなった要因と思われる。

表-3 区分項目ごとの結果

区分項目	等級（甲種）				
	特級	1 級	2 級	3 級	等外
節	100 (93.5)	6 (5.6)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
穴	89 (83.2)	10 (9.3)	5 (4.7)	3 (2.8)	0 (0.0)
曲がり※ ¹	107 (100.0)		0 (0.0)		1※ ³ (0.1)
反り※ ²	105 (98.1)		0 (0.0)	2 (1.9)	1※ ³ (0.1)
木口貫通割れ※ ²	78 (72.9)		0 (0.0)	29 (27.1)	0 (0.0)

上段の数字は本数、下段（）内の数字は割合を示す

※1 枠組規格の区分は1級以上、3級以上

※2 枠組規格の区分は1級以上、2級、3級

※3 モルダールを通らなかったもの。曲がり、反り以外の項目は区分を行っていないため、他の項目と合計本数が異なる。

表-4 曲がり、反りの数値及び品質区分

寸法型式	曲がり（％）			等級（曲がり）（本）			反り（mm）			等級（反り）（本）		
	最大	平均±標準偏差	最小	特級 1 級	2 級 3 級	規格外	最大	平均±標準偏差	最小	特級 1 級	2 級 3 級	規格外
405	0.20	0.08±0.05	0.00	35	0	1※	8.0	2.4±1.9	0.0	35	0	1※
406	0.22	0.06±0.05	0.00	34	1	0	10.0	4.0±2.4	0.5	35	0	0
408	0.27	0.04±0.05	0.00	36	1	0	7.5	3.1±2.0	0.0	37	0	0

※モルダールを通らなかったもの。上記「曲がり（％）」「反り（mm）」にはその数値を含んでいない。

3) 曲げ試験

各寸法型式の密度及び E_{fr} を表-5に、 E_{fr} と E 、及び E_b の関係を図-2に示す。 E_{fr} と E 、 E_{fr} と E_b の回帰直線の決定係数はそれぞれ 0.88 と 0.92 で、正の高い相関関係が認められた。また、 E の値は E_{fr} 及び E_b

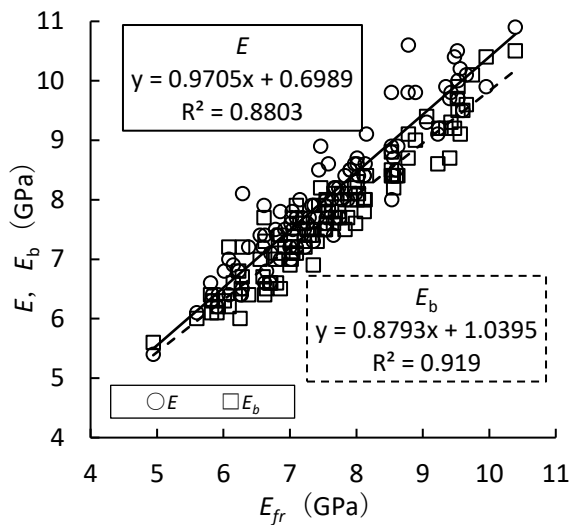
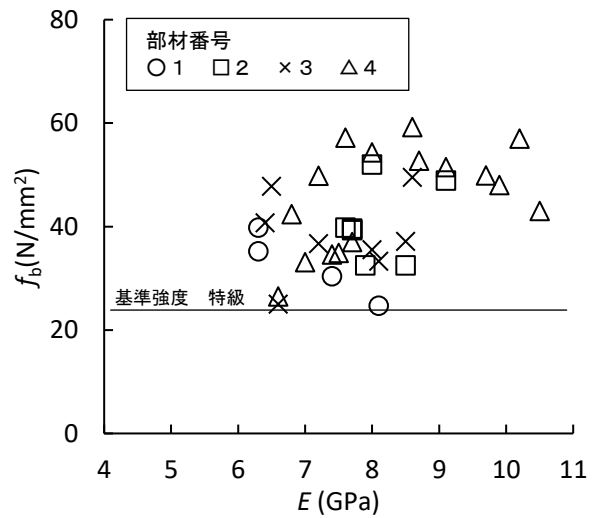
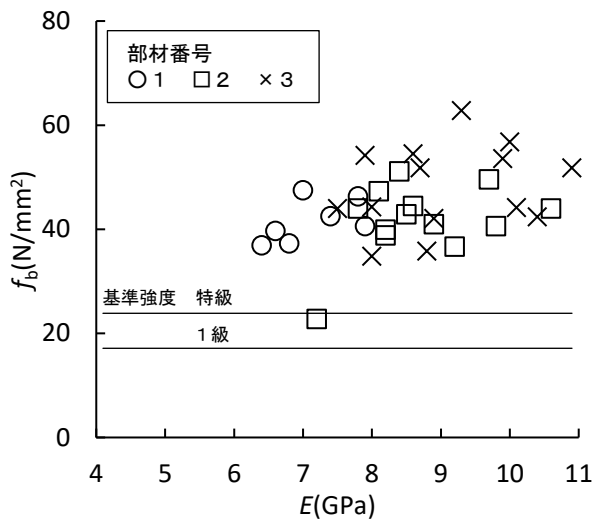
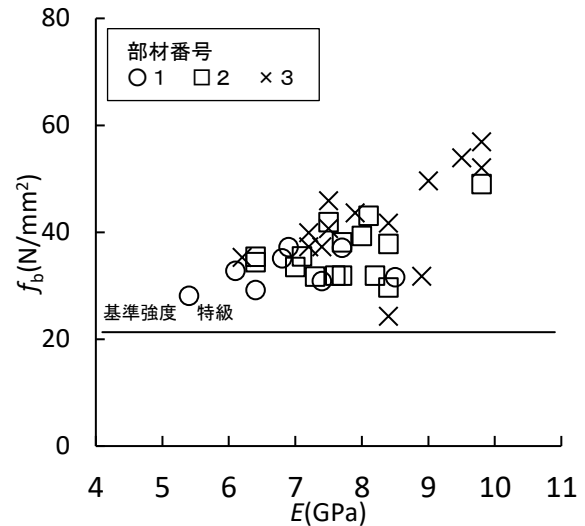
表-5 各寸法型式の密度及び E_{fr}

寸法型式	密度（kg/m ³ ）			E_{fr} （Gpa）		
	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小
405	421.9	368.8±25.3	318.4	9.6	7.5±1.0	5.8
406	489.5	394.7±48.0	332.8	10.4	8.0±1.3	5.8
408	438.9	381.0±25.0	343.6	9.6	7.3±1.1	4.9

と比較すると若干高くなる傾向が確認された。なお、試験体の含水率は 20.0％が 1 本（408）あり、それ以外は全て 19％以下だった。

405、406、408 の f_b について、信頼水準 75％における 95％下側許容限界⁵⁾（以下、5％下限値と記す）を求めたところ、405 は 24.1N/mm²、406 は 29.2N/mm²、408 は 23.9N/mm² であり、全ての寸法型式において特級の基準強度⁸⁾（405、406 では 23.9N/mm²、408 では 21.3N/mm²）を上回った。

405、406、408 の、木取り位置ごとの E と f_b 、及び基準強度との関係をそれぞれ図-3、図-4、図-5（凡例の 1～4 は図-1 の部材番号にあたる）に示す。各試験体において、406 で 1 級に区分された

図-2 E_{fr} と E 及び E_b の関係図-3 405 の E と f_b の関係図-4 406 の E と f_b の関係図-5 408 の E と f_b の関係

1本を除き、全て特級に区分された。1級となったものは、せん断で破壊しており、内部割れが原因と思われた（写真-2）。内部割れが大きい材はせん断破壊する傾向があり⁹⁾、内部割れを小さくする乾燥スケジュールの検討が必要である。

各寸法形式に共通して、心材付近の試験体より、辺材を含む試験体の方が、強度が大きくなることが確認された。これは、辺材部は心材部に比べ、成熟材を含む割合が高いことが影響しているものと考えられ、大径材の辺材部から心去りフォーバイ材等を生産することは、強度的には有利になるも

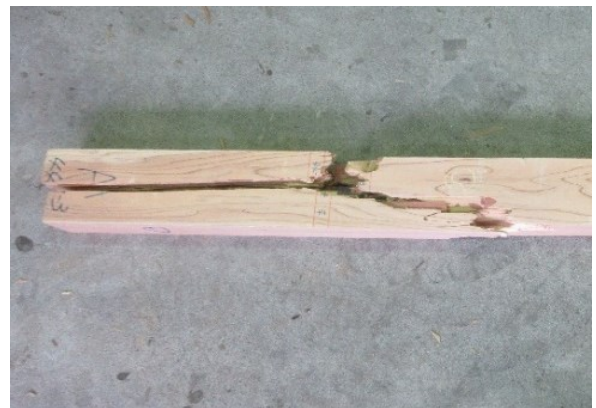


写真-2 せん断破壊の様子

のと思われる。

なお、405、406、408 における f_b の変動係数はそれぞれ 22.7%、18.1%、19.9% となり、JIS に記載の平均値⁶⁾ よりも大きい結果となった。即ち、指針に準じるためには、当初想定していた試験体数より多くの試験体が必要であるため、今後データを追加し確認することが望ましい。ただし、今回の試験結果では、ほとんどの試験体が特級の基準強度以上であり、2 級以下となる強度は確認されなかったことから、曲げ強度については十分に基準強度を超え、問題ないものと思われる。

今後、引張り強度等の検証を行うとともに、他のフォーバイ材等についても強度試験を実施予定である。

4. まとめ

- ・405、406、408 の品質区分（節、穴、曲がり、反り、木口の貫通割れ）を行ったところ、特級の出現率が最も高く、次いで 3 級が高かった。3 級に区分された主な要因は、木口の貫通割れだった。
- ・405、406、408 の曲げ試験を実施し、曲げ強度の信頼水準 75% における 95% 下側許容限界を求めたところ、全ての寸法型式で特級の基準強度以上の値が確認された。また、1 級に区分された 1 本を除き、全ての試験体が特級に区分された。1 級となったものはせん断で破壊しており、木口面からの内部割れが原因と思われた。
- ・今回の試験結果では、県産大径スギより得た 405、406、408 について、曲げ強度については基準強度を満たしており、問題ないものと思われる。

参考文献

- 1) 大分県：木材関連統計，（令和 6 年 12 月分）住宅着工戸数統計；[2025. 3. 11 参照].
https://www.pref.oita.jp/uploaded/life/2185072_4426494_misc.pdf
- 2) 山本幸雄：平成 26 年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，35-38（平成 27 年）
- 3) 山本幸雄：平成 27 年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，24-27（平成 28 年）
- 4) 山本幸雄：平成 28 年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，28-33（平成 29 年）
- 5) 桝組壁工法建築物設計の手引き・構造計算指針編集委員会：2018 年桝組壁工法建築物構造計算指針（平成 30 年）
- 6) JIS Z 2101（2009）木材の試験方法.
- 7) JAS 0600：桝組壁工法構造用製材及び桝組壁工法構造用たて継ぎ材．農林水産省(1974)．(最終改正：2020)．
- 8) 木材の基準強度 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s を定める件（平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1452 号）
- 9) 井道裕史・長尾博文・加藤英雄：乾燥に伴う内部割れがスギ製材品のせん断教祖に及ぼす影響，木材工業 60(4)，170-174（2005）．