

古民家で用いられたスギ・ツガ古材の材料試験

Strength tests of old Japanese cedar and Japanese hemlock
used in old Japanese traditional timber residence

大岡優¹・山崎葵²

Yu Ooka and Aoi Yamasaki

¹都城工業高等専門学校講師 建築学科 (〒885-8567 宮崎県都城市吉尾町473番地の1)

Assistant Professor, National Institute of Technology, Miyakonojo college, Dept. of Architecture

²吉原建設株式会社 (〒885-0032 宮崎県都城市中原町32-1)

Yoshihara construction corporation

This paper examines the strength properties of old Japanese cedar and Japanese hemlock used in old Japanese traditional timber residence by means of strength tests. Strength tests are embedment and compression tests. As a result of strength tests, most of old members have similar or larger Young's moduli and strengths compared to reference values. Moreover, the tendency is found that the Yong's modulus and strength in the fiber direction of old Japanese cedar and Japanese hemlock depend on density.

Keywords : Japanese traditional timber residence, old members, strength test, Japanese cedar, Japanese hemlock

1. はじめに

築後長年経過している神社・仏閣、古民家などの伝統木造建築物の正確な耐震性能評価を行う際、柱や梁などの主要構造部材に用いられている古材の強度特性の把握が重要となってくる。著者らはこれまで、伝統木造建築物で比較的多く用いられている、スギ・ヒノキ・アカマツ・ケヤキの古材を対象とした材料試験を実施してきた¹⁾。その結果、構造材として用いられてから数百年が経過した材でも、新材と比べて剛性・強度が大きく劣ることはなかったが、いくつかの古材で脆い壊れ方をする試験体がいくつかみられた。

古材の強度特性を正確に把握するためには、様々な樹種、年代を対象としたさらなるデータの蓄積が必要となってくる。伝統木造建築物においては、上記に挙げた木材以外にも、ツガが構造部材として用いられていることが多い。このツガ古材を対象とした材料試験の例はいくつかあるが^{例えば2)}、スギ・ヒノキ・アカマツ・ケヤキなどと比べると少なく、その強度特性については未だ不明な点が多いのが現状である。本報では、大阪府の古民家で用いられていたスギおよびツガ古材に対して材料試験を実施したので、その結果について報告する。

2. 古材の概要

材料試験に用いた解体古材の概要を表1に示す。築後約100年経過した古民家から採取したスギ2体（本報ではスギA、スギBとする）および、築後約80年、155年経過した古民家から採取したツガ（本報ではツガA、ツガBとする）である。スギ古材は柱として、ツガ古材は梁として使用されていた。図1～3に解体古材の様子を示す。

表1 解体古材の概要

樹種	構造材年数	部位	記号
スギ	100	柱	スギA
			スギB
ツガ	80	梁	ツガA
	155		ツガB



図1 スギ古材（上：スギA、下：スギB）



図2 ツガ古材（構造材年数80年）



図3 ツガ古材（構造材年数155年）

3. 試験方法

材料試験は、木材の基本的な強度試験である曲げ試験および縦圧縮試験とした。試験は、日本工業規格 JISZ2101「木材の試験方法」に準拠し、試験体の作成および試験を行った。試験体は、解体部材より虫害・腐朽などの劣化箇所以外から、無欠点小試験片として切出した。

縦圧縮試験体は、断面30mm×30mm、高さ60mmの直方体とした。荷重速度は0.2mm/minとし、応力-ひずみの履歴傾向を把握するため、クロスヘッド間ひずみで2～3%程度まで荷重した。荷重時のねじれを考慮し、1体の試験体で正面背面2面にひずみゲージ（東京測器製PFL-10-11）を取り付け、ひずみはその平均とした。

曲げ試験体は、断面20mm×20mm、長さ320mm（スパン長280mm）の3点荷重とした。荷重速度は1.0mm/minとし、中央部のたわみを変位計で計測した。試験は、試験体が破断するまで実施した。

試験体数および密度の平均値を表2に示す。なお、含水率は11～15%程度であった。

表2 試験体数および密度

	構造材年数	試験体数		密度(g/cm ³)	
		曲げ	縦圧縮	曲げ	縦圧縮
スギA	100	10	10	0.40 (4)	0.39 (3)
スギB	100	5	13	0.41 (4)	0.40 (3)
ツガA	80	39	48	0.49 (5)	0.49 (5)
ツガB	155		12		0.57 (3)

() 変動係数%

4. 試験結果

(1) ヤング係数・強さ

曲げ試験結果における荷重-変位曲線の代表的なものを図4に、縦圧縮試験結果における応力-ひずみ曲線の代表的なものを図5に示す。材料試験結果における曲げヤング係数、曲げ強さ、縦圧縮ヤング係数、縦圧

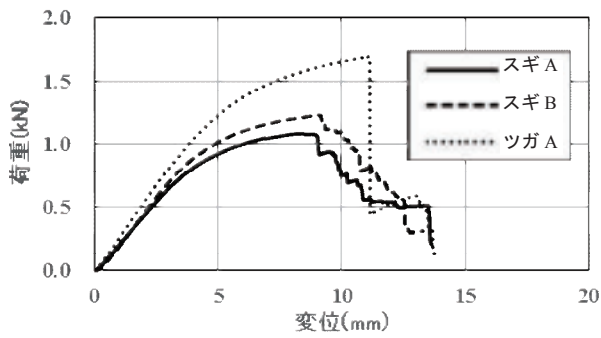


図4 荷重-変位曲線（曲げ）

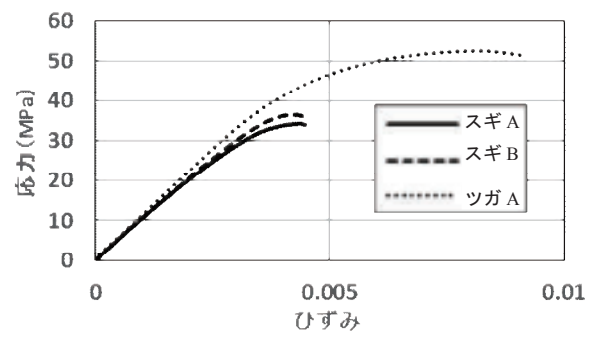


図5 応力-ひずみ曲線（縦圧縮）

縮強さの平均値を表3に示す。表3には参考値として、木材工業ハンドブック³⁾に掲載されている値を併せて示してある。

曲げ試験結果より、スギ古材Aの曲げヤング係数の平均値は参考値より8%程度大きい値となり、曲げ強さの平均値は参考値より9%程度小さい値となった。スギ古材Bの曲げヤング係数の平均値は参考値より16%程度大きい値となり、曲げ強さの平均値は参考値より2%程度小さい値となった。

ツガ古材における曲げヤング係数は参考値より23%程度大きい値となり、曲げ強さは14%程度大きい値となった。なお、古材の曲げ試験においては、脆性的な破壊をする試験体が多くみられるが¹⁾、本試験のスギ・ツガ古材においては、試験体の破断性状や荷重-変位曲線の形状をみても、比較的粘り強い破壊の仕方であった。

縦圧縮試験の結果より、スギ古材Aの縦圧縮ヤング係数の平均値は参考値より33%程度大きい値となり、縦圧縮強さの平均値は参考値より7%程度小さい値となった。スギ古材Bの縦圧縮ヤング係数の平均値は参考値より52%程度大きい値となり、縦圧縮強さの平均値は参考値より7%程度大きい値となった。

ツガ古材の結果では、80年経過材と155年経過材とでは、155年経過材の方が、ヤング係数・強さともに大きい値となった。

スギ古材を対象とした既往の材料試験結果⁴⁾を含めた、密度と各特性値との相関関係を図6～8に示す。

表3 試験結果

	ヤング係数(GPa)		強さ(MPa)	
	曲げ	縦圧縮	曲げ	縦圧縮
スギA	8.14 (4)	9.76 (16)	59.4 (9)	32.5(5)
スギB	8.73 (7)	11.18 (16)	64.1 (6)	37.5 (6)
参考値(スギ)	7.50	7.35	65.0	35.0
ツガA	9.89 (7)	12.43 (9)	85.9 (15)	53.3 (9)
ツガB		15.65 (7)		62.1 (6)
参考値(ツガ)	8.00		75.0	45.0

() 変動係数%

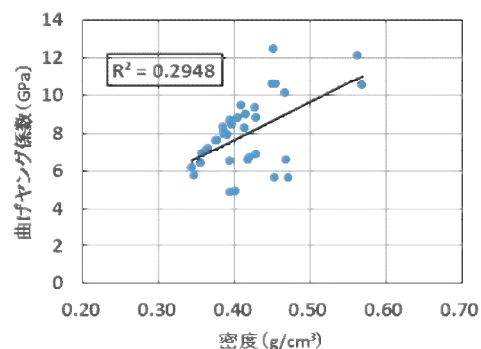
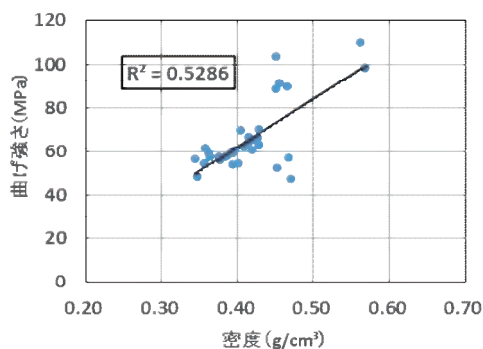


図6 密度-曲げ（スギ）

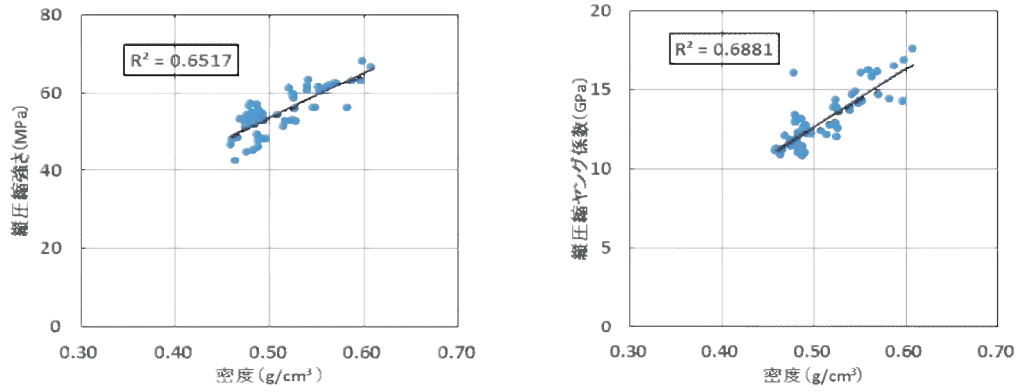


図7 密度-縦圧縮 (スギ)

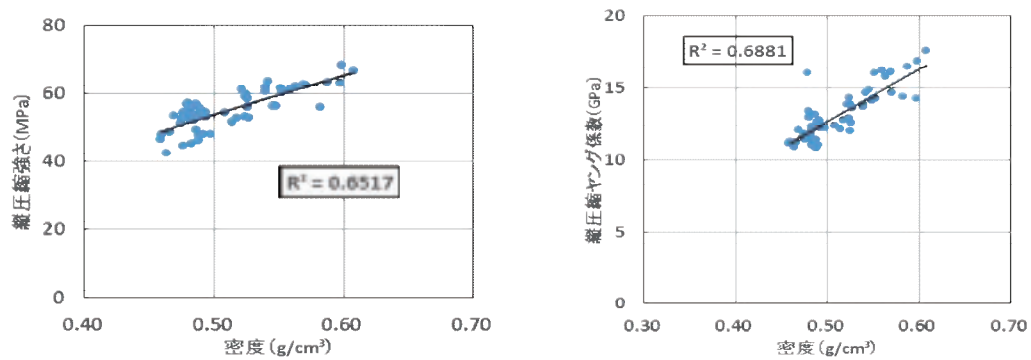


図8 密度-縦圧縮 (ツガ)

図6、7のスギには、新材（縦圧縮：36体）、古材：構造材年数90年（曲げ：6体）、170年（曲げ：8体、縦圧縮：6体）、189年（曲げ：6体、縦圧縮：6体）の試験結果が含まれている。図6～8より、スギ・ツガともに、縦圧縮においては、強さ・ヤング係数ともに密度との相関が比較的高くなる結果となった。

(2) 切出し位置による比較

木口における試験体の切出し位置の違いによる結果を比較し、年輪の内外での強度特性の違いについて検討した。検討に用いた古材は、比較的断面の大きかったツガAである。図9、10に木口面における試験体の切出し位置を示す。

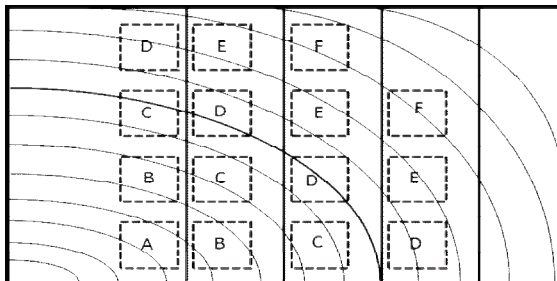


図9 試験体切出し位置 (曲げ)

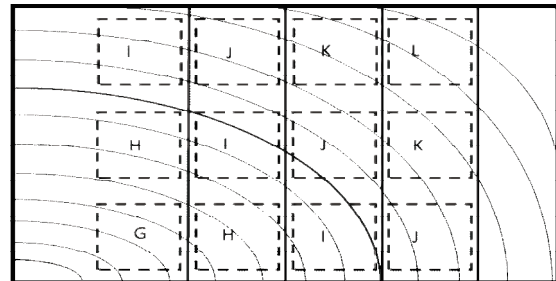


図10 試験体切出し位置 (縦圧縮)

曲げ試験における各切出し位置の試験体数および密度、含水率、曲げヤング係数、曲げ強さの平均値を表4に示す。また、切出し位置による曲げヤング係数、曲げ強さの推移を図11に示す。表4より、曲げヤング係数と曲げ強さが最も大きくなったB列の平均値と、最も小さくなったF列の平均値を比較すると、曲げヤン

グ係数は12%程度、曲げ強さは17%程度B列の方が大きくなった。全体的には、図11に示すように、年輪の内側から外側になるにつれ、曲げヤング係数・曲げ強さともに小さくなる傾向がみられた。

縦圧縮試験における各切出し位置の試験体数および密度、含水率、縦圧縮ヤング係数、縦圧縮強さの平均値を表5に示す。また、切出し位置による縦圧縮ヤング係数の推移を図12に示す。表5より、縦圧縮ヤング係数と縦圧縮強さが最も大きくなったH列の平均値と、最も小さくなったL列の平均値を比較すると、縦圧縮ヤング係数は19%程度、縦圧縮強さは22%程度H列の方が大きくなった。全体的には、曲げ試験結果と同様に、年輪の内側から外側になるにつれ、縦圧縮ヤング係数・縦圧縮強さともに小さくなる傾向がみられた。

表4 曲げ特性値

年輪位置	試験体数	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	曲げヤング係数 (GPa)	曲げ強さ (MPa)
A	3	0.54	10.8	10.16	82.8
B	5	0.52	11.4	10.44	93.9
C	7	0.51	11.4	10.03	86.8
D	11	0.48	11.2	9.63	83.6
E	8	0.49	11.6	10.03	88.0
F	5	0.47	11.8	9.34	80.4

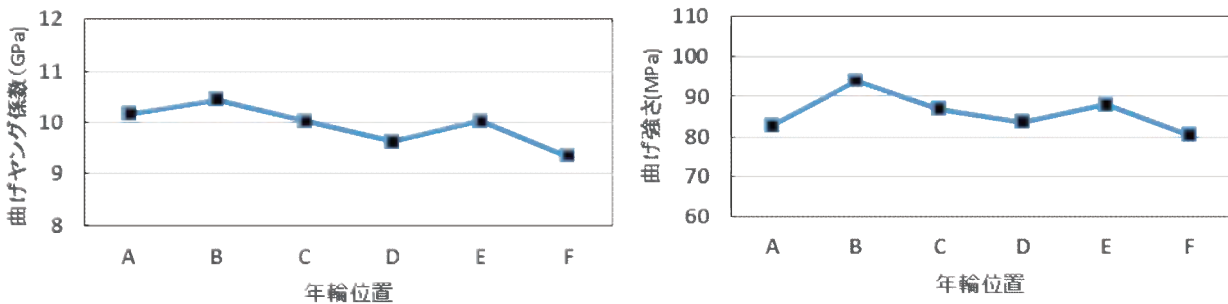


図11 切出し位置による推移（曲げ）

表5 縦圧縮特性値

年輪位置	試験体数	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	縦圧縮ヤング係数 (GPa)	縦圧縮強さ (MPa)
G	4	0.52	11.0	12.56	55.1
H	8	0.52	11.0	13.24	56.8
I	12	0.50	11.1	12.31	54.2
J	12	0.48	10.8	12.55	52.5
K	8	0.48	11.0	12.22	52.2
L	4	0.46	11.3	11.11	46.5

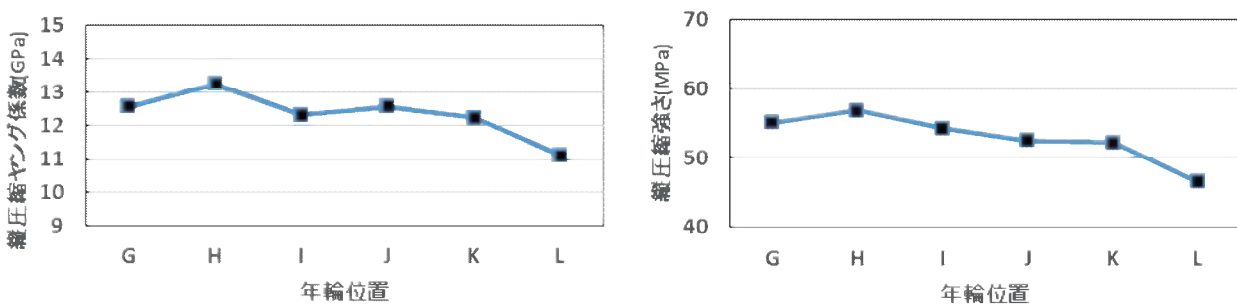


図12 切出し位置による推移（縦圧縮）

5. 結論

大阪府の古民家で用いられていたスギ古材およびツガ古材を対象とした材料試験を実施した。本試験で明らかになったことを以下に示す。

- ①構造材年数100年のスギ古材においても、参考値と同等のヤング係数・強さを有していた。
- ②ツガ古材において、構造材として80年および155年経過した材でも、参考値と同等以上のヤング係数・強さを有していた。
- ③構造材年数に関係なく、スギ・ツガ古材ともに、密度と縦圧縮ヤング係数・縦圧縮強さとの間に比較的高い相関関係がみられた。
- ④ツガ古材において、年輪の内外による違いでは、曲げ・縦圧縮ともに、年輪内側の方が、外側に比べて高いヤング係数・強さである傾向がみられた。

謝辞：本試験に用いたスギ・ツガ古材は、輝建設に提供して頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大岡優・棚橋秀光・伊津野和行・鈴木祥之・土岐憲三：伝統木造建築物で用いられた古材の強度・めり込み特性、構造工学論文集、Vol.57B、pp.335-342、2011年3月。
- 2) 山崎真理子・平嶋義彦・佐々木康寿：建築解体木材の強度性能、日本建築学会構造系論文集、第588号、pp.127-132、2005年2月。
- 3) 森林総合研究所：木材工業ハンドブック改訂4版、2004年。
- 4) Y. Ooka, H. Tanahashi, K. Izuno, Y. Suzuki and K. Toki: Effects of Aged Wooden Members on Seismic Performance of Old Traditional Wooden Structures, *World Conference of Earthquake Engineering*, 2012.