

木材の繊維に直交方向圧縮に関する実験的研究

的野博訓* 前川秀幸* 松留慎一郎*
末松 充彦* 大橋好光**

Experimental Study on Compression Perpendicular to Grain of the wood

Hirokuni MATONO * Hideyuki MAEKAWA * Shinichiro MATSUDOME *
Atsuhiko SUEMATU* Yoshimitsu OHASHI**

The purpose of this study is to clarify experimentally the effects of compressed area, the cut end height, and the cut end width, and to get experimental data through the complete compression test. The material used in the test is Japanese cypress. The end grain angle, edge gain and straight grain are measured. Moisture content is 13-15%, while wood density is about 0.45g/cm³.

As a result, we confirmed that the elastic modulus of primary order stiffness had little change even when compressed area and cut end width are changed, and the average of the elastic modulus of primary order stiffness is about 6~12 N/mm², and the yield stress of virtuality was 4~12 N/mm².

Key words : *Wooden Structure, Compression perpendicular to grain of the wood, Complete compression, elastic modulus*

1. 背景と目的

木造建築の伝統的構法に用いられ期待される耐力要素は、接合部に耐力を期待するものが多い。その接合部の設計にあたって、木材が持っている異方性という性質を無視することは出来ない。特に繊維に直交方向の荷重と変位の関係は、部材への力の加わり方によって異なる値を示す。

繊維の直交方向圧縮（全面圧縮）の研究は、廣川ら²が報告している。しかし成が60mmのみであり材成による影響までは確認をされていない。

本論文は、材種を無節のヒノキ材（気乾状態）の芯去り材とし、全面圧縮試験を通して材成を20mmから100mmと変化させ、さらに、圧縮面積・木口幅などの影響を実験的に明らかにし、その結果を報告するものとする。

2. 試験体概要

表1に実験種類、試験体一覧を示す。実験種類は大別して以下の3種類である。

i) 圧縮面積比較用 Z(a)

材成を20,50,100mmと固定として、圧縮面を6タイプ(正方形 a=b=20~100mm)とした108体。

ii) 材成比較用 Z(h)

圧縮面を正方形の900mm², 2500mm², 10000mm²と固定して、材成を6タイプ(h=20~100mm)とした108体。

iii) 縦横寸法比比較用 Z(s)

材成を20,50,100mmと固定して、圧縮面積を約2500mm²とし木口幅寸法を3タイプ(70×35, 50×50, 35×70)とした54体。

木取りは、木材のばらつきを低減させるために1つのパラメーターを一部材から取れるように図1のような木取りを行った。追桁、平桁を含むように木取りを行い、各種に各6体とした。また、木口面はすべて写真を撮り、年輪傾角を5度毎に計測した。計測方法は、木口断面における年輪距離が最も長い年輪に接線を引きその角度とした。明らかに角度に幅がある場合は2~3点の接線を引き計測した。木口上下で年輪傾角が異なる試験体の場合は、木表側

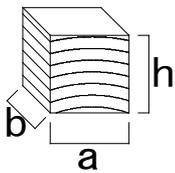
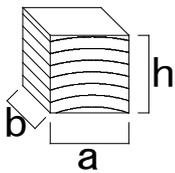
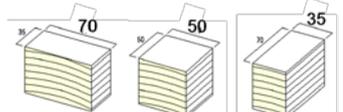
* 職業能力開発総合大学校 建築システム工学科

Dept. of Architectural system Engineering, Polytechnic University

** 東京都市大学 工学部

Faculty of Engineering Tokyo City University

表 1 試験体一覧

		記号	固定条件	試験種類	備考	試験体図
1	全面圧縮	Z(a)	h=20	6	圧縮面積の影響 a=b=20, 30, 40, 50, 70, 100 [mm]	
			h=50	6		
			h=100	6		
2	全面圧縮	Z(h)	a=b=30	6	材成の影響 h=20, 30, 40, 50, 70, 100 [mm]	
			a=b=50	6		
			a=b=100	6		
3	全面圧縮	Z(s)	h=20	3	木口幅の影響 s ≒ 2500 [mm ²] a × b ≒ 70 × 35, 50 × 50, 35 × 70	
			h=50	3		
			h=100	3		

と木裏側と最低 2 か所は計測した。年輪傾角の範囲は、0° から 50° 程度であった。0° を平杵としている。

試験終了後、乾燥させて含水率を計測した結果、試験体の含水率は 13~15% であった。また、密度は 0.45g/cm³ 前後であった。

試験体名称の詳細は図 2 に示す。

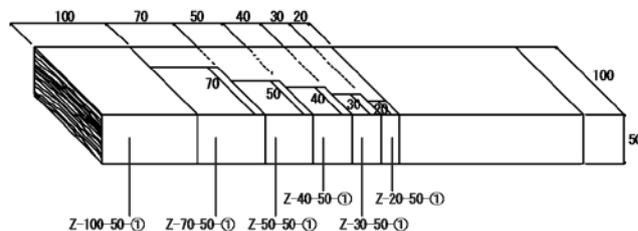


図 1 木取り図

3. 試験方法

試験は万能試験機のテンシロンにより荷重速度 1mm/min で単調加力を行った。荷重はロードセル (100kN)、変位は電気式変位計 (容量 50mm) を用い、クロスヘッドの変位で制御し、終局変位が 11mm となるまで試験を行った。試験方法の一例を図 3 に示す。加力用治具は鋼材で、撮影の関係上、圧縮面積 400~1600mm² では図 2 の治具 (1) を、全面圧縮の圧縮面積 2500~10000mm² では図 4 の治具 (2) を使用した。

観察方法は、木口面、杵目面の 2 面を観察した。写真撮影は、1 次勾配の中央と終わり、及び変位 2mm ごととした。

4. 試験結果と考察

4.1 降伏点および剛性の算出方法

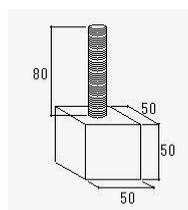
試験結果及び考察において、1・2 次勾配、比例限度、仮想降伏点変位、仮想降伏点荷重を図 5 のように定める。また、実験初めのスリップ部分を除き、弾性域の 1 次勾配及び塑性域の 2 次勾配は目視により任意 2 点を選択し、その 2 点をそれぞれ結んだ直線とした。

Z(a) : 面積比較
Z(h) : 材成比較
Z(s) : 木口幅比較
Z-50-20
材成(h)
圧縮面一辺(a=b)
Z(s)の場合木口幅

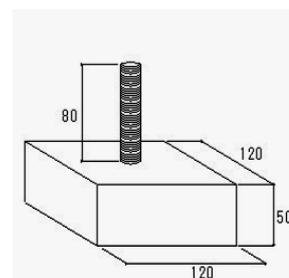
図 2 試験体名称の詳細



図 3 試験方法 (Z(a)-50-20 試験前)



治具 (1)



治具 (2)

図 4 全面圧縮試験加力治具

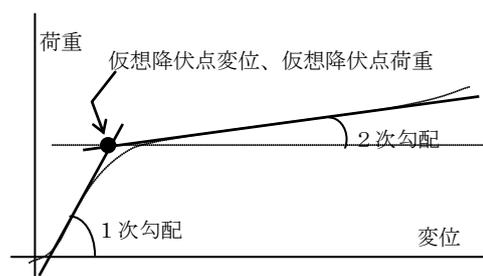


図 5 降伏点及び剛性の算出方法

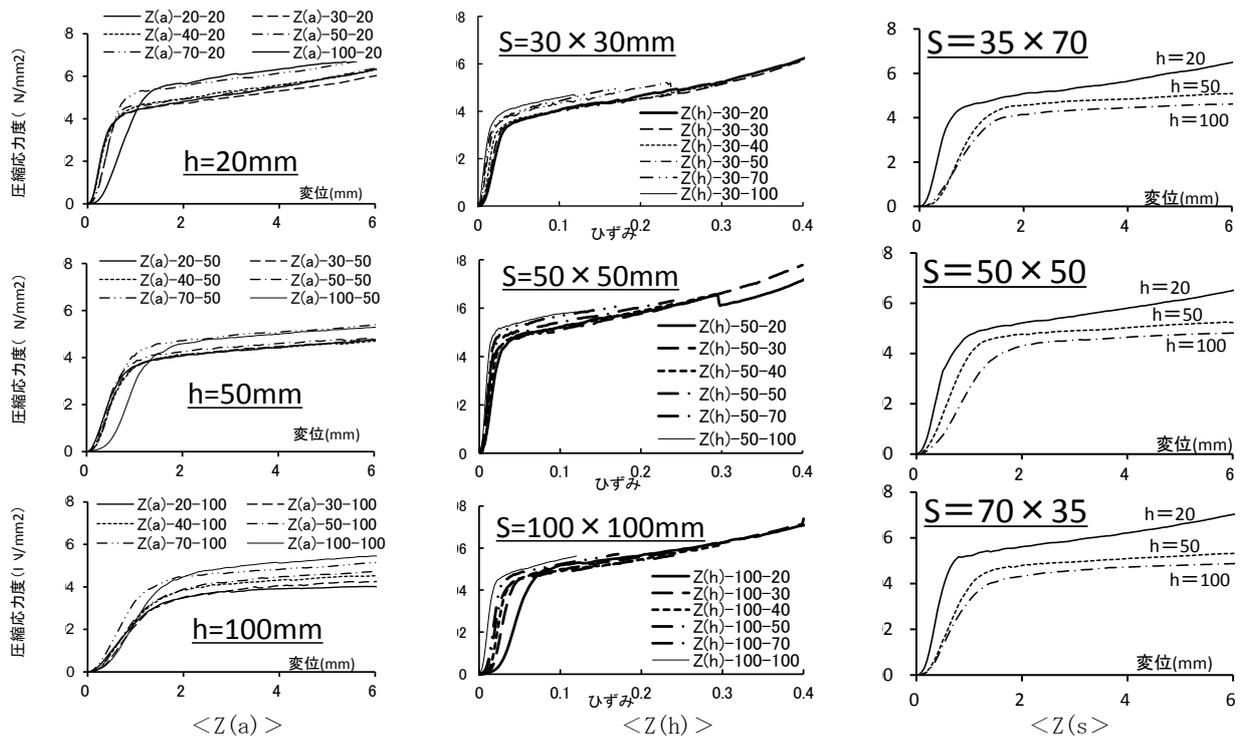


図6 圧縮応力度と変位の関係

4.2 応力変位曲線

図6に各試験体の6体平均の圧縮応力度と変位の関係を示す。また、 $Z(h)$ に関しては応力ひずみ曲線を示す。ほとんどの試験体において、仮想降伏点変位が0.5~1.5mm程度を境界に弾性域、塑性域と分けられ、バイリニアの性状を確認することが出来た。その際の仮想降伏点応力は4~12N/mm²であった。

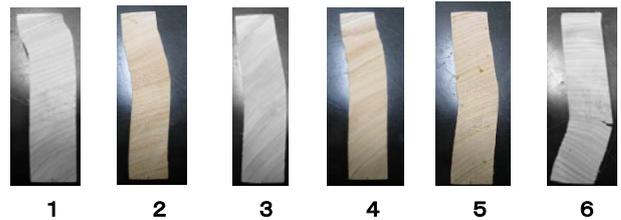


図7 終局形状 (Z(a)-20-100)

4.3 破壊状況

全試験体に共通して、塑性域に入ると応力度が急激に下がることが特徴である。終局の破壊形状としては、座屈と圧壊が混在していた。縦横比が大きいものほど座屈破壊が顕著に見られた。図7に $Z(a)$ -20-100を示す。

破壊形状が混在していても、全試験体に共通して1次勾配に対して2次勾配の比率は概ね1~6%程度であった。(図9,10,11参照)

4.4 年輪傾角とヤング係数

図8に $Z(a)$ 試験体の各高さ(h=20, 50, 100)の圧縮面積400mm²と1000mm²の二種類における一次勾配ヤング係数を示す。高さ100, 50mmの試験体では平桁になるに従って大きくなっていった。しかし、高さ20mm試験体においては、平桁になるにつれて若干高くなるものの大きな差は見られてなかった。また、図8の角度は木表側の年輪傾斜角度であることを添える。

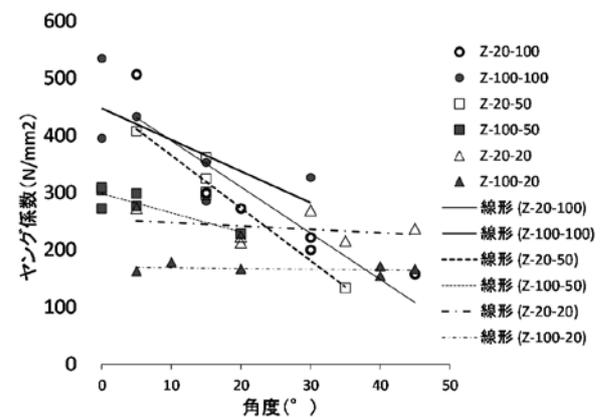


図8 年輪傾角と一次勾配ヤング係数

4.5 圧縮面積の影響 Z(a)

$Z(a)$ の平均ヤング係数等の諸数値を図9に示す。1次勾配は、材成が小さいほど低い傾向が見られるが圧縮面積が変わってもヤング係数に差は大きく見られない。2次勾配も同様に材成が小さいほど低い傾向が見られるが圧縮面積が変わっても6~12N/mm²

とほぼ一定である。仮想降伏点変位は材成が小さくなるほど小さくなり、圧縮面積が変わってもほぼ一定である。仮想降伏点応力についても圧縮面積が変化しても若干上がるもののほぼ 5N/mm^2 であった。

4.6 材成の影響 Z(h)

Z(h)の諸数値を比較したものを図10に示す。材成が大きくなるほど、1次勾配ヤング係数は比例的に大きくなっていった。圧縮面積が変わっても同等の結果を得た。

2次勾配ヤング係数はほぼ変化なく、仮想降伏点変位は材成が大きくなると大きくなる。仮想降伏点応力はほぼ 5N/mm^2 であった。

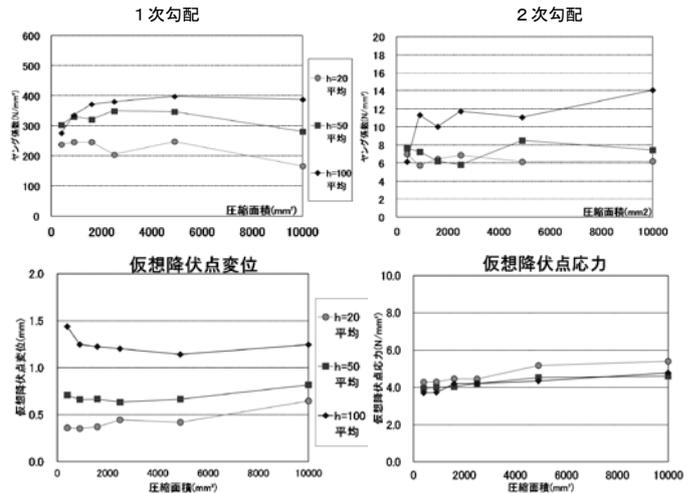


図6 Z(a)面積比較

4.7 木口幅寸法比の影響 Z(s)

Z(s)の諸数値を比較したものを図11に示す。木口幅が大きくなるにつれて、1次勾配ヤング係数は $400\sim 430\text{N/mm}^2$ とわずかに変化があるもののほとんど変わっていない。材成が変わってもその傾向は同じであった。2次勾配ヤング係数も $6\sim 8\text{N/mm}^2$ ほとんど変わらず、木口幅寸法比による大きな影響は見られなかった。

5. まとめ

本研究で得られたことは以下のことである。

- 1) 圧縮面積，材成，木口幅を変化させて全面圧縮試験を行い一次勾配ヤング係数等のデータを得た。
- 2) 一次勾配のヤング係数は，材成が大きいものほど大きくなった。高さの高い試験体に関してはある一部分のみの変形で変形していない個所もあることから，ひずみが小さくなり相対的にヤング係数が大きくなったと考えられる。
- 3) 圧縮面積，木口幅変わってもほとんど変化がなかった。
- 4) 全試験体において，2次勾配ヤング係数の平均は $6\sim 12\text{N/mm}^2$ 程度で仮想降伏点応力は $4\sim 12\text{N/mm}^2$ であった。一次勾配に対する比率は $1\sim 6\%$ であった。

謝辞

本研究を進めるに当たり，平成23年度卒業生茂木佳菜子氏，東京都市大学柳原勇樹氏に協力を得た。ここに記して謝意を表す。

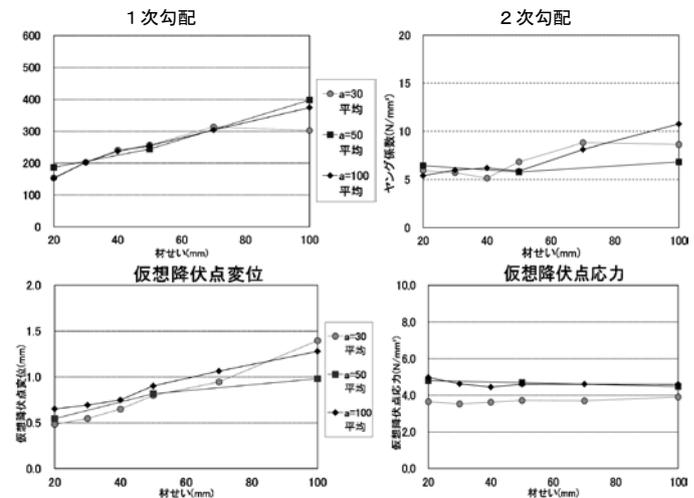


図10 Z(h)材成比較

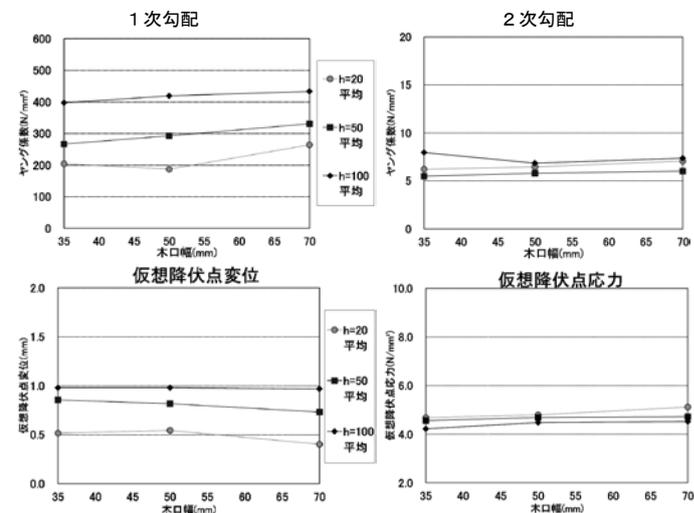


図11 Z(s)木口幅比較

参考文献

- 1) 日本建築学会：木質構造設計標準・同解説，日本建築学会，1995
- 2) 廣川貴則：伝統木造仕口の横圧縮特性（その1 横圧縮ヤング係数と降伏応力度），日本建築学会大会学術講演梗概集C，構造(3)，pp7～8，2009