

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 1 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560567

研究課題名（和文）小径間伐材を用いた耐震補強用面格子壁の力学性能とその経年変化の解明

研究課題名（英文）Study on mechanical properties and their deterioration of wooden grid wall with small size thinned lumbers

研究代表者

高田 豊文（TAKADA TOYOFUMI）

滋賀県立大学・環境科学部・准教授

研究者番号：90242932

研究成果の概要（和文）：本研究では、60mm 角程度の小断面材を用いた木製面格子壁の実大実験を 3 年間にわたって行い、力学性能の経年変化、間伐材と成木材の力学性能の違いについて調査した。その結果、製作後 24 ヶ月までならば力学性能は大きく変化しないこと、面格子壁に間伐材を用いても、成木材の面格子壁と力学性能に違いはほとんどないことなどが明らかとなった。さらに、実験結果を踏まえて、面格子壁用の弾塑性復元力特性モデルを提案した。

研究成果の概要（英文）：In this research, the lateral loading tests of some type of wooden grid walls were carried out to clarify the mechanical properties and their deterioration of grid walls with small size lumbers. The experimental results show that the mechanical properties of grid wall don't change a lot until 24 months after manufactured. It was also proved that few different exists between the mechanical properties grid walls made from thinned lumber and that made from normal lumber. Moreover, a new model of restoring force characteristics for grid wall was proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、建築構造・材料

キーワード：建築工法、面格子壁、間伐材、耐震補強、水平加力試験、復元力特性

1. 研究開始当初の背景

面格子はこれまで建具や内装に用いられることが多かったが、近年、これを耐力壁（面格子壁）として活用し、力学性能を把握するための実験的研究、木造住宅や社寺建築への導入が行われている。面格子壁は、構造用合板や土塗壁に比べて、通風・採光に優れているだけでなく、デザイン性・美観面でもこれ

までの耐震要素にはない優れた特徴がある。しかし、面格子壁の強度・剛性に関する実験データがほとんどないため、現状では面格子壁を使った自由な設計は難しい。研究代表者らは、面格子壁に関する実験的研究を実施し、これまでに様々な形状・寸法の面格子壁について力学性能のデータを蓄積しつつある。面格子壁は、比較的細い材料で製作することが

でき、また実験結果から、強度・剛性ともバラツキが少なく、安定した性能を発揮することも明らかとなった。

一方、日本各地では、森林保全に必要な間伐作業がされず、荒廃の進む森林が増加している。間伐材は未成熟材であるため、建築構造用材として用いるにはサイズが小さく、材の強度・剛性のバラツキも大きい。そのため、間伐材の利用機会が少なく、また間伐作業が十分に行われない一因にもなっている。

そこで、間伐材の需要拡大と面格子壁の材料コストの低減を目指し、面格子壁に小径の間伐材を利用できないかと考えた。

2. 研究の目的

間伐材は未成熟材であるため、製材後の割れ・そり・乾燥収縮が、成木材よりも大きいことが予測される。そこで本研究では、間伐材を用いた面格子壁の力学性能とその経年変化（劣化性状）を、成木材を用いたものとの比較実験により明らかにすることを目的としている。具体的には、下記の3点を目的として、定期的・継続的な実験を行う。

(1) 性能（強度・剛性）：間伐材は成木材に比べて強度・剛性が低い。このことが、面格子壁の性能にどのように影響するかを、比較実験を通して明らかにする。

(2) 性能の経年変化：間伐材は成木材に比べて乾燥収縮が大きい。面格子壁は格子材の相欠き部分で力に抵抗するため、この部分の乾燥収縮が面格子壁の性能に大きく影響すると考えられる。その影響を実験により明らかにする。

(3) 性能のバラツキ：間伐材は成木材に比べて性能のバラツキが大きい。部材性能のバラツキが、面格子壁の強度・剛性にどのように影響するかを明らかにする。

本研究の成果を踏まえて間伐材が有効活用されれば、これまで建築構造材として使用されてこなかった間伐材の利用機会が増え、森林資源を地産地消することができ、地場産業の活性化や雇用創出も期待できる。また、面格子壁による耐震補強により、伝統構法建築の長寿命化や解体工事に伴う建築廃材・産業廃棄物の発生も減少させることができ、地球環境問題に建築産業の面から寄与できる。

3. 研究の方法

本研究では、建物の内部に面格子壁を設置することを想定し、比較的小さなサイズ（幅 910mm×高さ 2730mm）の面格子壁試験体について水平加力実験を行う。使用材料はスギとし、格子材は成木材と間伐材の2種類、格子材寸法は太径（60mm 角）と細径（45mm×60mm）の2種類、合計4種類の試験体を用意する。試験体の概要を図1に示す。

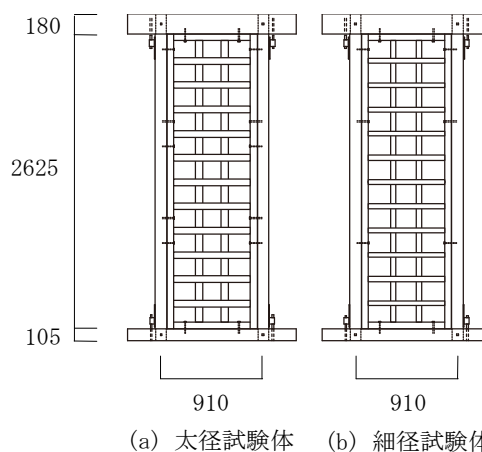


図1：試験体の概要

試験体は初年度に製作しておき、面格子壁の性能の経年変化を調べるために、6ヶ月に1度程度、実験を実施する。また、性能のバラツキを調べるために、1回の実験では同じ仕様の面格子壁について2体の試験体の実験を行う。

面内せん断試験の方法や変位計の設置位置は、JIS A 1414 および建築基準法に準拠し、鉛直荷重は無載荷、水平荷重はスクリージャッキによる正負交番漸増繰り返し加力とする。繰り返しは、見かけのせん断変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30、1/15rad の正負変形時に行い、同一変形段階では3回の繰り返しを行う。試験装置・試験体の様子を写真1に示す。

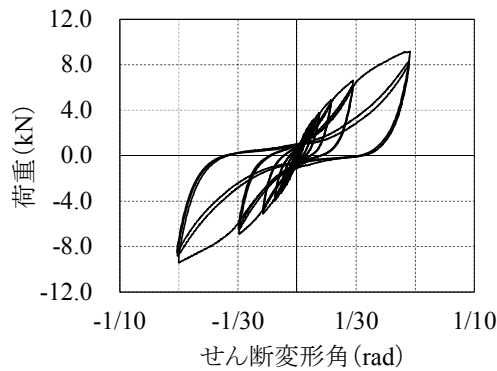


写真1：試験装置・試験体の様子

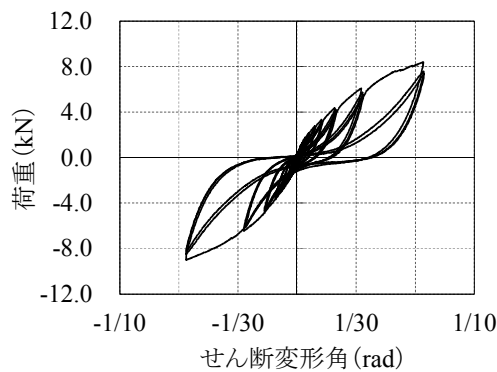
4. 研究成果

(1) 水平加力試験の結果

図2に、主な試験体の荷重-せん断変形角関係を示す。今回行った全ての面格子壁試験体について、初期スリップは確認されず、せん断変形角1/30radまで格子材や軸組にも顕著な破壊は見られなかった。1/30rad以降も耐力は上昇し続け、1/15radに至るまでに、格子隅角部仕口の割れ（写真2(a)）や格子材



(a) 成木_太径試験体



(b) 成木_細径試験体

図 2：成木試験体の荷重-せん断変形角関係



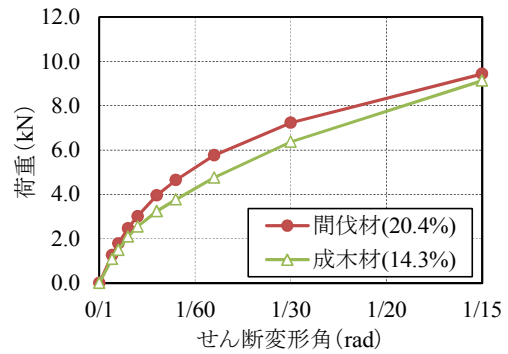
(a) 隅角部仕口の割れ (b) 端部の抜け出し

写真 2：格子端部の破壊の様子

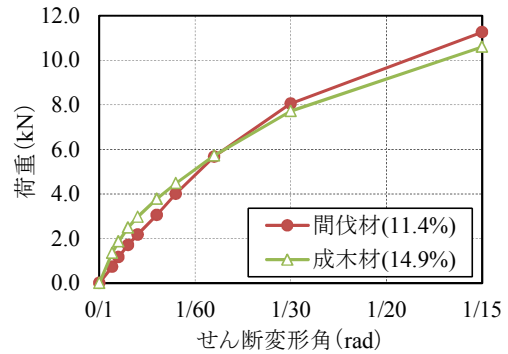
端部の抜け出し（写真 2(b)）が見られたが、 $1/15\text{rad}$ 時でも全ての試験体で格子材の曲げによる折損は生じなかった。同種試験体間の荷重-変形曲線のばらつきは小さく、全ての試験体で安定したスリップ型の履歴性状を示している。

(2) 成木材と間伐材との比較

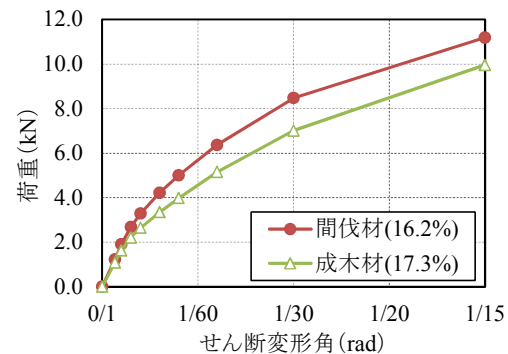
成木材および間伐材を用いた太径試験体について、製作直後および製作 6 ヶ月後、12 ヶ月後に実験を行った結果を図 3 に示す。これらの図は、荷重-せん断変形角関係の正側の包絡線を、同種の試験体で平均をとったものである。図の凡例中の () 内の数値は、高周波木材水分計によって計測した格子材の含水率の平均値を表している。この図より、



(a) 製作直後の実験結果



(b) 製作 6 ヶ月後の実験結果



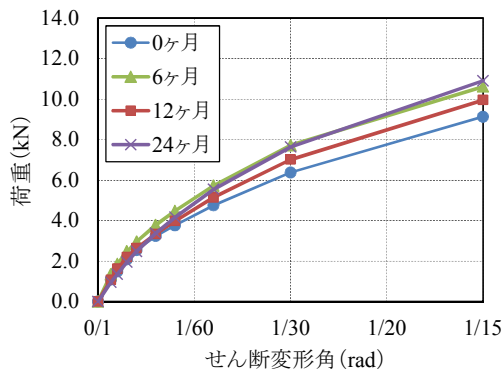
(c) 製作 12 ヶ月後の実験結果

図 3：太径試験体の成木材・間伐材の比較

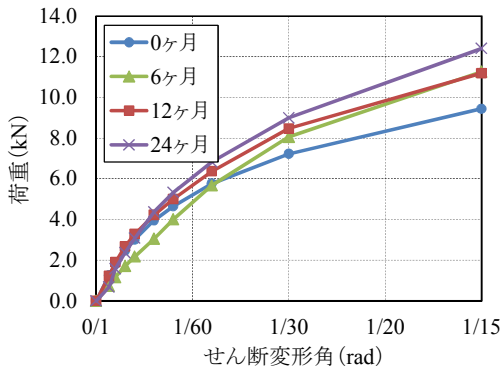
間伐材を用いた面格子壁の耐力は、成木材を用いたものと同様かそれ以上の性能を有することが確認される。この傾向は、細径試験体についても同じである。すなわち、面格子壁に間伐材を用いても、成木材の面格子壁と同等の力学性能を発揮することができることから、今後、間伐材の建築構造物への利用拡大が期待できる。

(3) 力学性能の経年変化

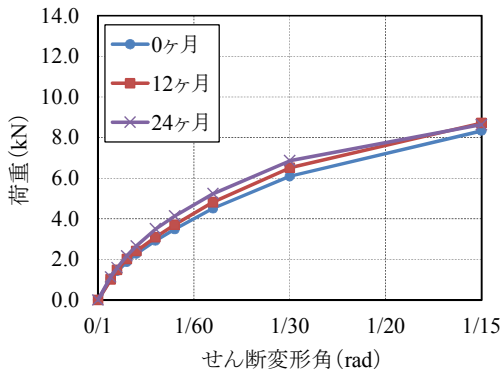
成木材・間伐材および太径・細径の 4 種類の面格子壁試験体について、製作直後から製作後 24 ヶ月に実験を行った結果を、図 4 に示す。これらの図から、いずれの試験体も製作 24 ヶ月まで時間の経過とともに、耐力が微増する傾向にあることが分かる。



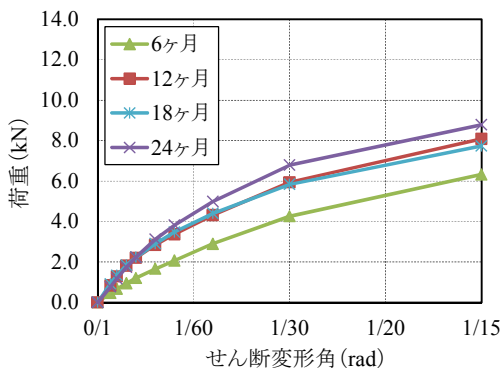
(a) 成木材・太径試験体



(b) 間伐材・太径試験体



(c) 成木材・細径試験体



(d) 間伐材・細径試験体

図 4：面格子壁の力学性能の経年変化

また、成木材試験体に比べて、間伐材試験体の方が経年による力学性能の変化がやや大きい。しかしながら、耐力の増減はいずれも 2 割程度以下であり、製作後 24 ヶ月までならば、荷重-せん断変形角関係の大きな変化はないことが明らかとなった。

(4) 復元力特性モデルの提案

表 1 に、実験から得られた主な試験体の荷重-せん断変形角関係（包絡線の平均）における主要変形角での荷重値を示す。表中で、 P_{200} 、 P_{60} 、 P_{15} はそれぞれ包絡線の 1/200、1/60、1/15rad 時の荷重値を表す。この表より、 P_{200} は P_{60} のほぼ半分であること、 P_{15} は P_{60} のほぼ 2 倍であることが分かる。これらの結果を利用すると、

$$P_{60} = 2.0 \times P_{200} \quad (1)$$

$$P_{15} = 2.0 \times P_{60} = 4.0 \times P_{200} \quad (2)$$

と推定して、図 5 に示すトリリニア型の弾塑性復元力特性モデルを作成することができる。すなわち、1/200rad 荷重値 P_{200} が分かれば、復元力特性全体を推定できる。

P_{200} には、実験の計測値あるいは理論値を用いることができる。 P_{200} に実験値を用いた場合、このモデルが実験結果と非常に良い対応を示し、 P_{200} に計算値を用いた場合は安全側の評価になることを確認している。

表 1：主要変形角における各試験体の荷重値

試験体	P_{200} (kN)	P_{60} (kN)	P_{15} (kN)
太径・成木	4.36	2.22	9.39
太径・成木 (6ヶ月)	5.17	2.58	10.67
細径・成木	3.93	1.91	8.17

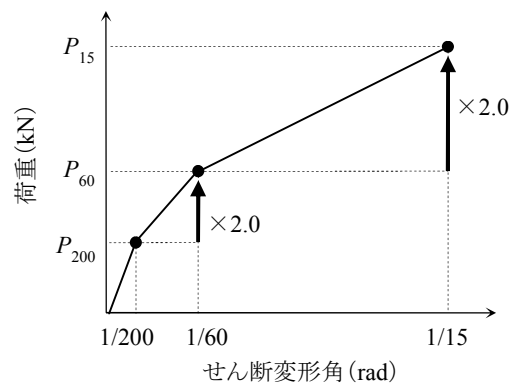


図 5：面格子壁の弾塑性復元力特性モデル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 高田豊文、中西智也、水平加力試験に基づくパネル型面格子壁の復元力特性モデルに関する考察、構造工学論文集、Vol. 58B、251-257、2012. 3、査読有

[学会発表] (計 5 件)

- ① 浅野彰仁、面格子壁の弾塑性復元力特性が限界耐力計算の応答値に及ぼす影響、2012 年度日本建築学会東海支部学術研究発表会、2013 年 2 月 18 日、三重大学
- ② 浅野彰仁、パネル型面格子壁の弾塑性復元力モデルに関する研究、2012 年度日本建築学会大会(東海)学術講演会、2012 年 9 月 13 日、名古屋大学
- ③ 高田豊文、面格子壁の耐震性能に関する研究と適用事例の紹介、滋賀県建築士事務所協会、2011 年 12 月 1 日、滋賀県立大学
- ④ 中西智也、軸組に内挿された面格子壁の構造性能に関する考察—その 1. 様々な面格子壁の水平加力実験、2011 年度日本建築学会大会(関東)学術講演会、2011 年 8 月 23 日、早稲田大学
- ⑤ 高田豊文、軸組に内挿された面格子壁の構造性能に関する考察—その 2. 面格子壁の復元力特性モデルの提案、2011 年度日本建築学会大会(関東)学術講演会、2011 年 8 月 23 日、早稲田大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高田 豊文 (TAKADA TOYOFUMI)
滋賀県立大学・環境科学部・准教授
研究者番号：90242932

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

()
研究者番号：