

積雪寒冷地にある老朽木造住宅の小屋組接合部の

耐風性能評価に関する研究*

東北大学大学院工学研究科 吉田 早智子
今野 大輔
佐藤 公亮
植松 康

1. はじめに

本研究の最終目的は、北海道や東北地方などの積雪寒冷地にある老朽木造住宅の屋根部の強風被害を定量的に評価する手法を提案し、強風被害低減に寄与することである。積雪寒冷地では、住宅の設計時に積雪や地震に比べて強風への配慮に欠ける場合が多く¹⁾、過去の強風被害調査によれば外装材だけでなく屋根部の大きな構造被害も発生している(図1)。さらに、積雪寒冷地では全国平均を大幅に上回るスピードで高齢化や人口減少が進んでおり、居住者の移住や死亡により空き家となり放置されるケースも多くなることが予想される。適切な管理がなされない空き家では耐力が急激に低下すると考えられる。このような背景から、大型台風の来襲時には大きな被害の発生が予想される。そこで、小屋組の強風被害予測手法を確立することは、被害低減対策や行政が適切な空き家対策を講じる上で有効なツールになると期待される。



図1 小屋組の被害

被害発生は各部材に作用する風力と部材耐力の大小関係で決まる。屋根に作用する風力については日本建築学会「建築物荷重指針・同解説(2015)²⁾」等によりある程度定められているが、屋根部の耐力に関する系統的な研究はほとんど行われていない。そこで、本研究では積雪寒冷地における個々の住宅の構造的特徴に対応した小屋組耐力評価を行うために接合部の実物大耐力試験と要素試験を実施する。

2. 本研究の着眼点

本研究では老朽木造住宅の小屋組接合部を対象とした実物大耐力試験を実施する。小屋組の被害として、柱・梁接合部あるいは垂木接合部の破壊が考えられるが、本研究では過去の被害調査で被害が多く報告されている垂木接合部の破壊³⁾を対象とする。また、老朽木造住宅を対象としているため、建設年代による構法の違いの影響と木材腐朽による劣化の影響を考慮する。建設年代による構法の違いについては、過去に行った宮城県および秋田県の工務店への屋根部の構法変遷に関するアンケート調査⁴⁾の結果から耐力試験の試験パラメータを決定し、試験パラメータごとの比較から考慮する。木材腐朽による劣化の影響については、JIS K 1571⁵⁾を参考とした強制腐朽を施した試験体を用いた耐力試験を実施し、その結果に基づき考慮する。

* Evaluation of wind resistance of roof frame joints of old wooden houses in snowy cold regions by Sachiko Yoshida, Konno Daisuke, Kosuke Sato, and Yasushi Uematsu

3. 実物大耐力試験の概要

木造住宅の垂木接合部を再現した試験体を用いて引張載荷試験を行う。試験体概要を図2に、試験体一覧を表1に示す。試験体の接合方法はアンケート調査⁴⁾の結果から釘打ちのみの接合(図2(a))、ひねり金物も用いた接合(図2(b))の2種類とする。さらに、屋根勾配が耐力に及ぼす影響の検討も行う。実際の風荷重は垂木に対して垂直上向きに作用する。そのため、試験では垂木に垂直に荷重が作用するよう試験体を傾け、軒桁を固定、垂木を2点支持した引張載荷を行う。

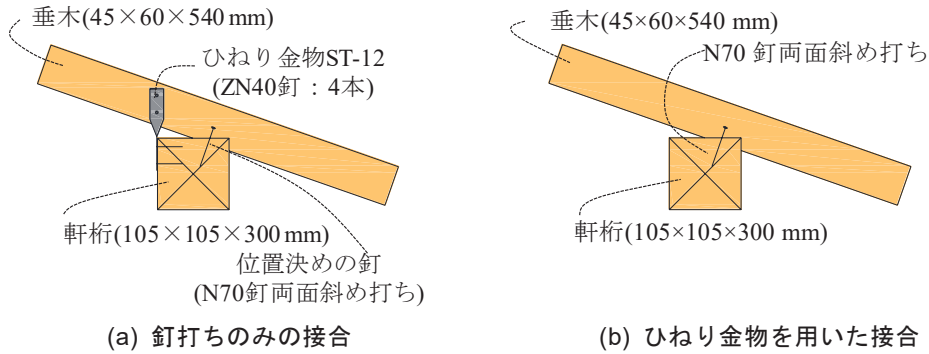


図2 実物大試験の試験体概要

表1 実物大耐力試験の試験体一覧

試験記号	接合方法	屋根勾配	試験体数
N-2.5	釘両面打ち	2.5 寸勾配(14.0°)	6 体
N-3.5	釘両面打ち	3.5 寸勾配(19.3°)	6 体
N-6	釘両面打ち	6 寸勾配(31.0°)	6 体
ST-2.5	ひねり金物と釘両面打ち	2.5 寸勾配(14.0°)	20 体
ST-3.5	ひねり金物と釘両面打ち	3.5 寸勾配(19.3°)	20 体
ST-6	ひねり金物と釘両面打ち	6 寸勾配(31.0°)	20 体

4. 実物大耐力試験の結果

各条件下でなされた試験結果の最大耐力の統計値および破壊性状を表2に示す。破壊性状は釘打ちのみの接合およびひねり金物を用いた接合に対して、それぞれ図3および図4に示すように分類した。なお、表2の破壊性状は図3および図4と対応している。

釘打ちのみの接合に関して、N-2.5、N-3.5およびN-6に対して2つの屋根勾配を選択し、それらが同じ連続分布から派生しているという帰無仮説に対する信頼区間95%のコルモゴロフ・スミルノフ検定を行った。その結果、どの組み合わせでもその帰無仮説は採択された。したがって、釘打ちのみの接合では軒桁がスギ、マツどちらの場合においても屋根勾配の違いが耐力値に与える影響は小さいことがわかる。

ひねり金物を用いた接合でも同様に2つの屋根勾配を選択し、それらが同じ連続分布から派生しているという帰無仮説に対する信頼区間95%のコルモゴロフ・スミルノフ検定を行った。その結果、3.5寸と6寸勾配の間には屋根勾配が耐力値に与える明瞭な影響は認められなかった。

しかし、位置決めのための釘打ちが耐力値にどのように影響を与えるかなどは不明である。

次に、試験でみられ破壊が垂木とひねり金物の接合部分で生じていたことから、垂木とひねり金物の接合部分に着目した要素試験を実施し、より簡単な条件で検討を行う。

表 2 実物大耐力試験の結果の統計値

試験記号	屋根勾配	最大荷重		破壊性状
		平均値	変動係数	
		(kN)	(-)	
N-2.5	2.5 寸勾配(14.0°)	1.55	0.34	釘の引き抜け(6)
N-3.5	3.5 寸勾配(19.3°)	1.66	0.17	釘の引き抜け(6)
N-6	6 寸勾配(31.0°)	1.53	0.14	釘の引き抜け(6)
ST-2.5	2.5 寸勾配(14.0°)	3.60	0.14	垂木の割れ(10) 釘の引き抜け(10)
ST-3.5	3.5 寸勾配(19.3°)	2.94	0.16	垂木の割れ(20)
ST-6	6 寸勾配(31.0°)	3.12	0.17	垂木の割れ(20)



図3 釘打ちのみの接合でみられた破壊性状



(a) 垂木の割れ

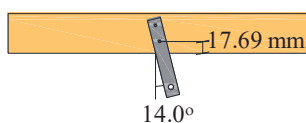


(b) 釘の引き抜け

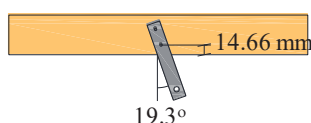
図4 ひねり金物を用いた接合でみられた破壊性状

5. 要素試験の概要

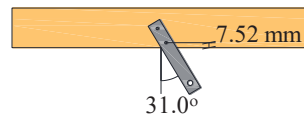
垂木とひねり金物の接合部分に着目した要素試験を行う。図5に試験体概要を示す。試験パラメータは屋根勾配とし、図5のように屋根勾配によってプレートの角度、端空き距離を変化させる。前述した試験と同様に、試験では垂木に垂直に荷重が作用するようプレート部分を固定、垂木を2点支持し、荷重速度2 kN/minで引張荷重を行う。垂木の材種はすべてスギとし、試験体数は試験条件ごとに6体とする。



(a) 2.5 寸勾配(14.0°)



(b) 3.5 寸勾配(19.3°)



(c) 6 寸勾配(31.0°)

図5 要素試験の試験体概要

6. 要素試験の結果

破壊性状、最大荷重に着目した実物大耐力試験との比較結果を表3、図6に示す。図6において、実物大耐力試験の結果はひねり金物と釘打ちの併用接合を表し、要素試験の結果はひねり金物のみの接合を表していることになる。図6では、試験における最大荷重の平均値、最大

値と最小値を表している。

表 3 より、破壊性状については、どの屋根勾配においても似たような傾向がみられた。図 6 より、2.5 寸勾配の場合、最大荷重はほぼ一致し、位置決め釘の影響は小さいと考えられる。3.5 寸勾配の場合は要素試験の耐力の方が実物大耐力試験の耐力よりも大きい結果を示している。この要因としては、ほとんどの試験体で位置決め釘とひねり金物部分で一緒に割れが生じるような破壊がみられ(図 4(a))、位置決め釘により割れ破壊が誘発され、実物大耐力試験の耐力が小さくなった可能性が示唆される。また、工務店にヒアリングを行ったところ、釘打ち位置はの場合よりも上で打たれる場合も多いとされており、その場合では要素試験の結果から耐力を評価できることが示唆される。最後に、屋根勾配が 6 寸の場合には要素試験の耐力の方が実物大耐力試験の耐力よりも小さい結果を示した。これより、ひねり金物の耐力に加え、位置決め釘が耐力値に影響を与えたと考えられる。

表 3 破壊性状に関する実物大耐力試験と要素試験の結果の比較

屋根勾配	実物大耐力試験	要素試験
2.5 寸勾配(14.0°)	垂木の割れ(10) 釘の引き抜け(10)	割れ(3) 釘の引き抜け(3)
3.5 寸勾配(19.3°)	垂木の割れ(20)	割れ(6)
6 寸勾配(31.0°)	垂木の割れ(20)	割れ(6)

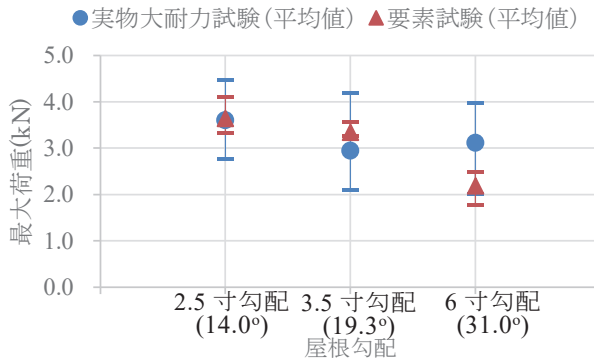


図 6 最大荷重に関する実物大耐力試験と要素試験の結果の比較

7. 木材腐朽の影響を考慮した要素試験の概要

木材腐朽による劣化が耐力に及ぼす影響を把握することを目的として強制腐朽試験を実施する。設備上、実物大の試験体に強制腐朽試験を行うことは難しいため、強制腐朽は要素試験の試験体と同様の条件で行う。強制腐朽は JIS K 1571⁵⁾を参考に木材腐朽菌オオウズラタケが広がった培地上に試験体を温度 $26 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 70%以上の環境下に 12 週間置くことで行う。試験体数は各条件で 9 体とする。図 7 は強制腐朽を行った試験体であり、試験体に這うように腐朽菌が繁殖している。この菌糸を取り除き、調湿することなく、要素試験と同様の方法で載荷を行う。

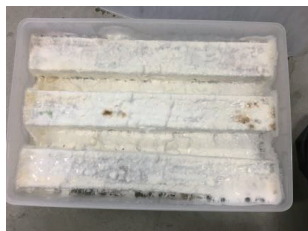


図7 強制腐朽させた試験体

8. 木材腐朽の影響を考慮した要素試験の結果

破壊性状，最大荷重に着目した実物大耐力試験との比較結果を表4，図8に示す。図8では，試験における最大荷重の平均値，最大値と最小値を表している。表4より，破壊性状については，全く違う傾向がみられ，これは垂木の材縁から遠い釘打ち部分で顕著であった。具体的には，強制腐朽を行った試験体では図9のように垂木の材縁から遠い釘打ち部分から木材の亀裂が広がるような特徴的な破壊がみられたが，腐朽していない場合ではすべての試験体で木材から釘が引き抜けるような破壊がみられた。これより，木材が腐朽すると木材の繊維方向の割裂が生じやすくなることが示唆される。試験で得られた最大荷重については2.5寸勾配，3.5寸勾配では腐朽より，耐力値が約10%低下していたが，6寸勾配では耐力値が増大する現象がみられた。この要因としては強制腐朽を行った試験体は木材の含水率が高いため，含水率や釘の錆などが耐力に影響を与えていることが示唆される。そこで，今後は含水率を上げた場合の追加試験なども実施し定量的な評価を目指す。

表4 破壊性状に関する強制腐朽を施した要素試験と要素試験の結果の比較

屋根勾配	強制腐朽を施した要素試験	要素試験
2.5 寸勾配(14.0°)	割れ(2) 部分割れ(7)	割れ(3) 釘の引き抜け(3)
3.5 寸勾配(19.3°)	割れ(1) 部分割れ(8)	割れ(6)
6 寸勾配(31.0°)	割れ(5) 部分割れ(3)	割れ(6)

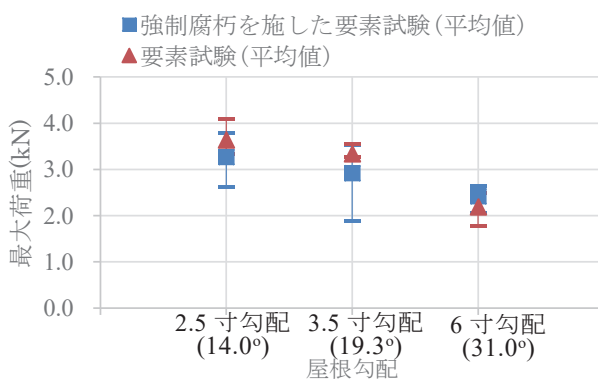


図8 最大荷重に関する強制腐朽を施した要素試験と要素試験の結果の比較



図 9 強制腐朽を行った試験体でみられた特徴的な破壊

9. まとめ

本研究は積雪寒冷地にある老朽木造住宅の屋根被害の定量的な評価手法の提案を最終目的とし、本報では小屋組接合部の耐力評価を目的とした実物大耐力試験と要素試験の結果を報告した。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費(課題番号 15K20861: 研究代表者・ガヴァンスキ江梨)および公益財団法人 LIXIL 住生活財団(2014 年度)、公益社団法人大林財団(2016 年度)の助成(いずれも研究代表者は植松康)を受けて行ったものである。ここに記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 植松 康, 佐々木 和彦, 野澤 壽一, 「自治体および消防署における住宅の強風被害調査の実態と建築工学的観点からの提案」, 日本風工学会誌, 第 83 号, pp. 57-64, (2000)
- 2) 日本建築学会, 「建築物荷重指針・同解説」, 日本建築学会, (2015)
- 3) 堤 拓哉, 高橋 章弘, 南 慎一, 植松 康, 「2006 年 11 月 7 日北海道佐呂間町で発生した竜巻による建物被害一被害調査に基づく積雪寒冷地の建物被害特性一」, 日本風工学会論文集, 第 34 巻, 第 3 号, pp. 75-83, (2009)
- 4) 吉田 早智子, 植松 康, 佐藤 公亮, ガヴァンスキ 江梨, 「秋田県にある木造住宅の屋根部の構法変遷に関する研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1053-1054, (2017)
- 5) 日本工業標準調査会, 「木材保存剤 - 性能基準及びその試験方法」, <http://kikakurui.com/k1/K1571-2010-01.html>, (2017.12)
- 6) 吉田 早智子, 今野 大輔, ガヴァンスキ 江梨, 植松 康, 「積雪寒冷地における木造住宅の強風被害予測モデルに関する研究」, 日本風工学論文集, 第 42 巻, 第 3 号, pp.89-99, (2017)