

在来軸組構法住宅の耐雪性能に関する研究

Study on structural performance of wood-frame houses for snow load

千葉隆弘, 苫米地司 (北海道科学大学)

堤拓哉 (北方建築総合研究所), 高橋徹 (千葉大学大学院)

Takahiro Chiba, Tsukasa Tomabechi, Takuya Tsutsumi and Toru Takahashi

1. はじめに

平成 24 年の冬期において, 北海道岩見沢市では, 建物に倒壊等の被害が生じるほどの記録的な豪雪となった。岩見沢測候所で観測した平成 24 年の最深積雪は 208cm であり, 過去最深を記録した。建物の被害状況をみると, 柱のスパンが大きい鉄骨造や木造の倉庫等や, 戸建て住宅のうち空き家に被害が集中した。一方, 居住している戸建て住宅では, 倒壊のような被害はほとんど生じていない¹⁾。これら住宅における屋根雪の処理状況をみると, 軒先に形成された雪庇のみを処理し, 大半の屋根雪は残したままの状態であった²⁾。このような状況をみると, 居住している住宅では, 倒壊の危険性は低いことが伺えるものの, 雪庇のみの雪下ろしが頻繁に実施されたため, 屋根からの転落による人身事故が増加したものと考えられる。

以上に示す空き家の雪荷重による倒壊や雪下ろしに起因する人身事故を減少させるためには, 雪下ろし等のメンテナンスを実行するための判断材料が不可欠である。従って, 住宅の耐雪性能を把握することが重要となる。しかし, 建築基準法をみると, 在来軸組構法住宅の横架材は, 詳細な構造計算が義務化されていないことから, その実態は不明な点が多いのが現状である。

このような背景から本研究では, 在来軸組構法住宅の耐雪性能を把握することを目的に, 既存住宅の図面を用いて小屋梁および垂木の損傷積雪深を算定した。

2. 研究方法

本研究では, 北海道に建築された 98 棟の既存在来軸組構法住宅の図面を用い, 耐雪性能に関わる小屋梁および垂木の断面およびスパンを集計し, 部材が損傷する際の積雪深 (以下, 損傷積雪深という。) を算定した。対象とした住宅の建設地は, 札幌市, 共和町, および岩内町が中心であり, それぞれ, 35 棟, 32 棟, 10 棟である。その他は, 石狩市が 6 棟, 江別市, 倶知安町, および寿都町がそれぞれ 2 棟, 北広島市, 旭川市, 美瑛町, 枝幸町, ニセコ町, 函館市, 伊達市, 帯広市, および音更町がそれぞれ 1 棟である。これら 98 棟の住宅は, 1966 ~ 2013 年の間に建築されている。

これらの住宅における屋根形状, 小屋梁の最大梁せい, および垂木の断面を図 1 に示す。図のように, 屋根形状は, 無落雪屋根が全体の約 48%, 勾配屋根が全体の約 52% を占めており, これらの屋根形状の比率は概ね 1 : 1 である。耐雪性能を支配すると考えられる最大梁せいをみると, 200mm 以上 300mm 未満が全体の約 80% を占めており, 200mm 未満は

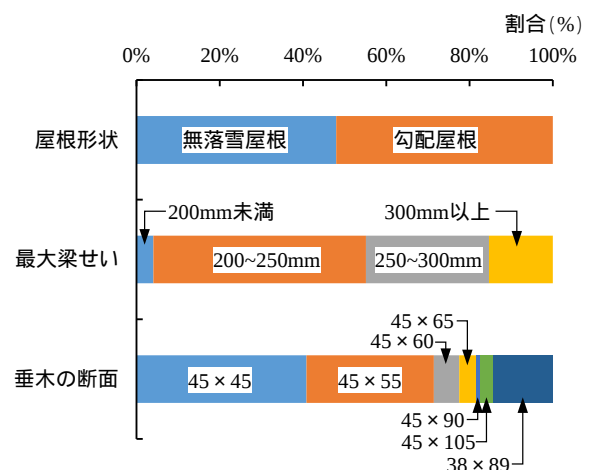


図 1 対象とした住宅の概要

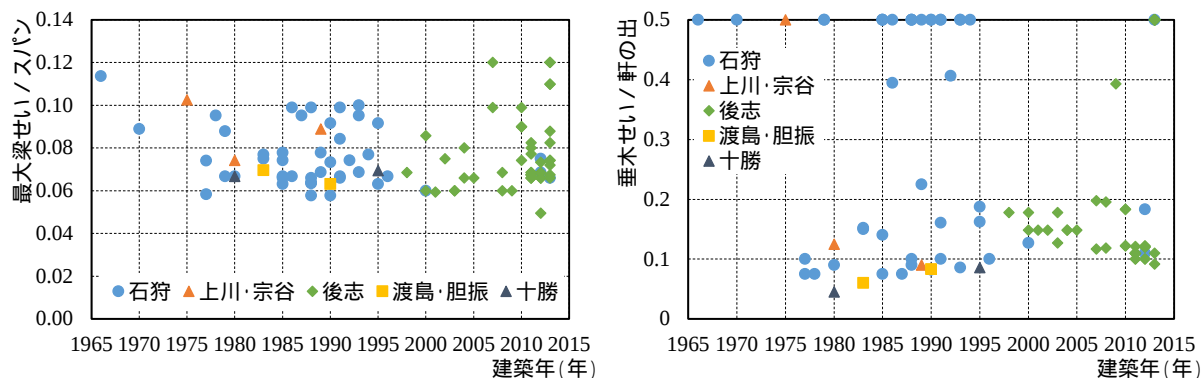


図2 建築年と最大梁せい/スパンおよび垂木せい/軒の出との関係

僅かである。300mm以上の梁が用いられている住宅は、西暦2000年以降に建築された住宅で確認された。なお、梁幅は、いずれの住宅においても105mmであった。次に、垂木の断面をみると、西暦1999年以前に建築された住宅では45×45mm、2000年以降に建築された住宅では45×55mm以上の断面が使用され、特に、2000～2005年の間に38×89の垂木を使用する住宅が比較的多い状況であった。

建設地を北海道の振興局ごとに分類し、建築年と最大梁せい/スパンおよび垂木せい/軒の出との関係を表したものを図2に示す。図のように、最大梁せい/スパンは、建築年に依存しておらず、いずれの年においても0.06～0.1の間に分布している。建設地ごとにみても、西暦1999年以前は石狩の住宅で、2000年以降は後志の住宅で構成されているが、住宅における構造部材の地域特性はみられないと判断できる。次に、建築年の垂木せい/スパンとの関係を見ると、垂木せい/スパンの値が極端に大きい住宅は、軒の出がほとんどない無落雪屋根のケースであるが、軒の出が比較的確保されている住宅の垂木せい/軒の出の値をみると、0.04～0.2の間に分布しており、建築年の経過に伴い緩やかに増加する傾向を示している。

表1 小屋梁の構造モデル

小屋梁の構造モデル	k_M
	$\frac{1}{4}$
	$\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{2}$
	$\frac{3}{5}$

曲げ応力 $\sigma_b = k_M \times 6PL / bh^2$ b : 小屋梁の幅, h : 小屋梁のせい

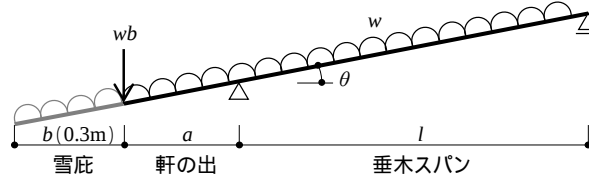


図3 垂木の構造モデル

小屋梁における損傷積雪深を算定するための構造モデルを表1に示す。表のように、雪荷重および屋根の固定荷重が小屋束から伝達される単純梁モデルであり、本研究で対象とした住宅では、表中の4種類が該当した。損傷積雪深は、係数 k_M を構造モデルに応じて変化させ、損傷時の曲げ応力度 σ_b を算定した。図3に、垂木の構造モデルを示す。図のように、片方の支点から垂木を延長させた単純梁モデルであり、その垂木には、雪荷重、屋根葺材、および野地板に

よる等分布荷重が作用するようにした。垂木の先端には雪庇が形成され、その荷重が作用する場合も対象とした。なお、本研究では、雪庇が軒先からせり出した距離を 30cm とした。

小屋梁および垂木の損傷積雪深は、損傷する際の曲げ応力を算定してから荷重に換算し、その荷重を単位積雪重量 3.0kN/m^3 で除することによって算定した。損傷時の曲げ応力を算定するためには、部材の基準強度が必要となる。本研究では、北海道産とどまつの曲げ強度試験³⁾で得られた平均値 $\mu=40.7\text{N/mm}^2$ 、標準偏差 $\sigma=10.3\text{N/mm}^2$ を用い、正規乱数で各住宅に基準強度をランダムに割り当てることによって損傷積雪深を算定した。乱数の発生回数は 10 万回とし、98 棟の損傷積雪深の平均値が最小となる組み合わせを導いた。また、荷重の継続期間は、最も不利な断面となるように「短期積雪時」とし、荷重に乗じる係数を 1.0、基準強度に乗じる係数を 1.6/3 とした。なお、小屋梁および垂木の断面性能のうち、小屋梁の断面係数は、短はその断面欠損を考慮し⁴⁾、腐朽・劣化による断面欠損については考慮していない。

3. 研究結果

3.1 建築年の損傷積雪深との関係

対象とした各住宅の建築年と小屋梁および垂木のそれぞれで算定した損傷積雪深との関係を図 4 に示す。図のように、小屋梁の場合をみると、両者に明瞭な相関関係がみられず、損傷積雪深に大きなばらつきが存在している。損傷積雪深の平均値は 2.5m であり、5.0m を超える大きいケースや 1.0m を下回る小さいケースも見受けられる。次に、垂木の損傷積雪深をみると、軒部で損傷する場合と母屋間で損傷する場合の 2 ケースが存在し、それぞれ半数ずつの構成となっている。各住宅の建築年と損傷積雪深との関係をみると、前述の小屋梁と同様に、両者の関係にばらつきがみられる。損傷積雪深の平均値は 2.47m であり、小屋梁と同程度である。ここで、雪庇が形成された場合の損傷積雪深をみると、建築年との関係は前述と同様の傾向を示すが、軒部で損傷する住宅が前述に比べて 13 棟増加するとともに、軒部で損傷する場合の損傷積雪深が急激に減少している。損傷積雪深の平均値は 1.71m となり、雪庇が形成されていない場合に比べて約 30%低下した。

3.2 損傷・倒壊リスクの算定

損傷積雪深を算定した結果をみると、建築年との相関関係は明瞭とはいえず、築年数から各住宅の耐雪性能を評価することが難しい状況である。ここで、損傷積雪深の値を大きい順に並べ替え、Hazen 法により非超過確率を算定し、これらの値に対応する損傷積雪深を確率紙にプロットし、適合度の高い累積分布関数を選択するという手順で被害関数を得ることを試みた。その結果を図 5 に示す。なお、分析には正規確率紙と対数正規確率紙の 2 種類を用いた。図のように、いずれのケースにおいても、対数正規分布との適合度が高く、その累積分布関数が被害関数として捉えることができる。

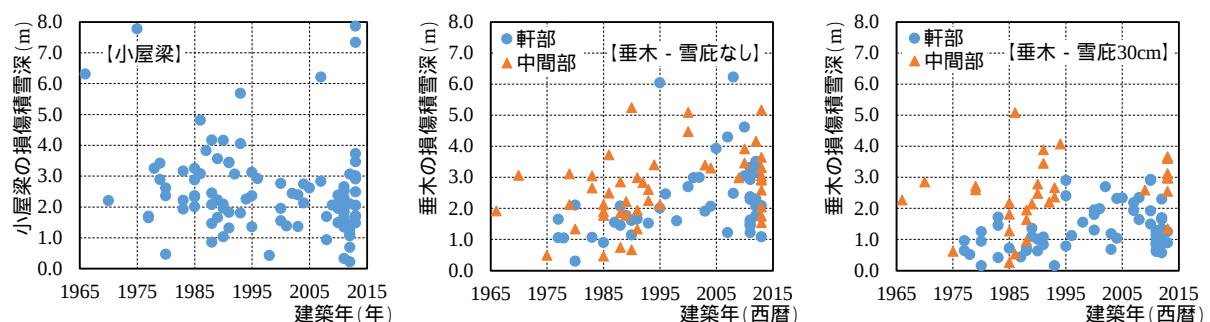


図 4 建築年と小屋梁および垂木の損傷積雪深との関係

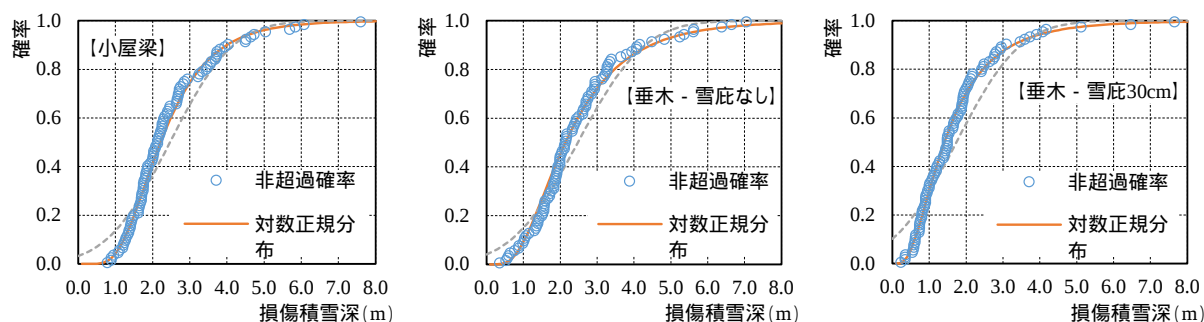


図5 小屋梁および垂木における損傷積雪深の確率分布

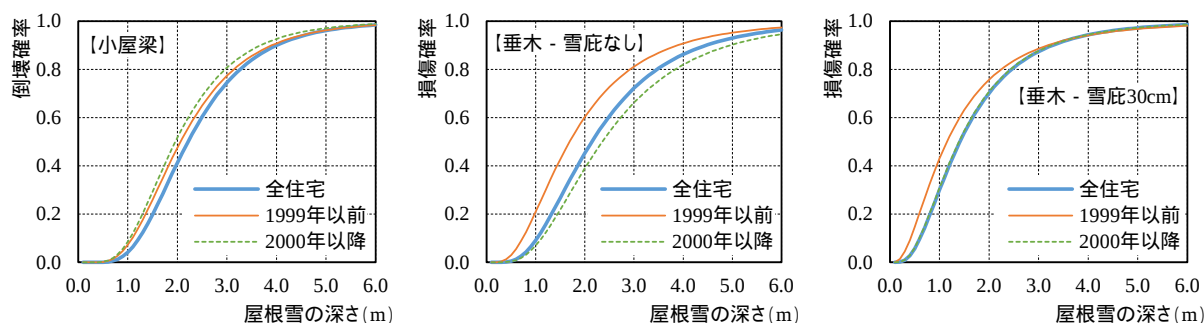


図6 小屋梁および垂木の損傷リスク

屋根雪の深さと倒壊・損傷確率との関係を図6に示す。なお、小屋梁が損傷した場合は、脆性的な破壊形態となることから住宅が倒壊したものとし、垂木が損傷した場合は、住宅が損傷したものと捉えた。また、全住宅を対象とした被害関数に加えて、1999年以前および2000年以降のそれぞれにおいても被害関数を導いた。図のように、倒壊確率をみると、屋根雪の深さが1.0mでは約10%であり、2.0mまで増加すると倒壊確率が40%まで上昇している。建築年代ごとにみると、小屋梁の耐雪性能は建築年に依存しない傾向を示す。これに対し、損傷確率をみると、雪底の形成を考慮していない場合、全住宅および2000年以降に建築された住宅では、屋根雪の深さ1.0mで約10%、2.0mで約40%となり、小屋梁と同程度の耐雪性能を有している。しかし、1999年以前の住宅においては、損傷リスクが高くなる傾向を示す。また、雪底の形成を考慮した損傷確率をみると、建築年代に関わらず小屋梁に比べて耐雪性能が低下し、屋根雪の深さ1.0mで損傷確率が35～40%を示している。このように、雪底の形成によって損傷リスクが急増することがわかる。

4. まとめ

本研究では、在来軸組構法住宅の耐雪性能を把握することを目的に、北海道に建築された98棟の既存住宅の図面を用い、小屋梁および垂木の損傷積雪深を算定するとともに、雪荷重による倒壊・損傷リスクを分析した。その結果、雪底の形成によって軒部の損傷リスクが増加することが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 総務省消防庁：平成23年11月から平成24年3月31日までの雪による被害状況等，入手先<<http://www.fdma.go.jp/bn/2012/detail/739.html>>，2014.4.6
- 2) 千葉隆弘，苫米地司，伊東敏幸，田沼吉伸，前田憲太郎：平成24年岩見沢豪雪における戸建て住宅の屋根雪処理状況について，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.85，pp.145-148，2012.6
- 3) 飯島泰男，園田里見：国内の製材曲げ強度試験データの収集と分析 その1 収集データの概要と分析方法，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），C-1，pp.33-34，2010.9
- 4) (財)日本住宅・木材技術センター編：木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版），2008.12