

許容応力度計算に基づく北海道における既存木造住宅の耐雪性能

Snow resistance of wooden houses in Hokkaido based on allowable stress calculations

千葉 隆弘¹, 高橋 徹²

Takahiro Chiba¹, Toru Takahashi²

Corresponding author: chiba@hus.ac.jp (T. Chiba)

¹北海道科学大学 工学部, ²千葉大学大学院 工学研究院

¹ Faculty of Engineering, Hokkaido University of Science, ² Graduate School of Engineering, Chiba University

In this study, the authors conducted allowable stress calculations on two existing wooden houses, 30 and 13 years old, with different snow loads set at the time of the design. As the result, it became clear that the 30-year-old wooden house did not possess snow resistance performance, and large-scale renovation or rebuilding is an urgent necessity. On the other hand, it was revealed that the 13-year-old wooden house can continue to be used without the structural renovation.

1. はじめに

木造住宅の構造規定である建築基準法施行令第3章第3節が大幅に改訂され、2025年4月から当該規定が施行された。改訂のポイントは、木造住宅の重量化が進んでいることを考慮し、固定荷重が大幅に見直され、それに伴い柱の小径および地震力の算出方法が改訂されたことである。さらに、保有耐力の算出方法も見直され、耐力壁の適用範囲が拡大された。これらの改訂は、建築基準法に規定されている構造計算法の一つである許容応力度計算に基づいている。また、建築確認の法制度においても改訂され、2階建て木造住宅では、新築および大規模リフォームにおいて建築確認申請時に許容応力度計算による構造計算書を提出し、審査を受けることが義務化された。このように、新築のみならず大規模リフォーム時においても、これまでに比べて高い水準の構造性能

が要求されるようになった。従って、構造安全性に関して既存木造住宅との格差が拡大することが予想され、その格差を定量的に把握するとともに、大規模リフォームの必要性や補強箇所を把握しておく必要がある。

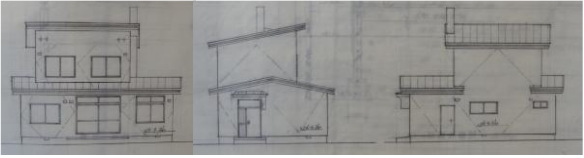
このようなことから本研究では、設計時に設定された垂直積雪量が異なる2棟の既存木造住宅を対象に許容応力度計算を行い、保有している耐雪性能に対して考察した。

2. 研究方法


本研究で対象とした既存木造住宅の概要を表1に示す。建築年が1994年(築30年)のWH1994と2011年(築13年)のWH2011の2棟を対象とした。WH1994は、垂直積雪量が100cmの区域に建築された2階建て木造住宅であり、柱の断面が105×105mm、梁の断面が105×105~270

表1 許容応力度計算の対象とした既存木造住宅の概要

WH1994		WH2011	
建築年	1994年	建築年	2011年
垂直積雪量	100 cm	垂直積雪量	140 cm
床面積	1階: 56.7 m ² 2階: 24.3 m ²	床面積	1階: 78.67 m ² 2階: 62.94 m ²
柱	断面: 105 × 105 mm 樹種: 道産無等級材	柱	断面: 105 × 150 mm 樹種: 集成材 (E120-F330)
梁	断面: 105 × 105 ~ 207 mm 樹種: 道産無等級材	梁	断面: 105 × 105 ~ 330 樹種: 集成材 (E102-F330)



【立面図】



【立面図】

mm の在来軸組構法である。使用された木材の樹種は柱と梁のいずれも道産無等級材である。WH2011 は、垂直積雪量が 140 cm の区域に建築された 2 階建て木造住宅であり、柱の断面が 105 × 150 mm、梁の断面が 105 × 105 ~ 330 mm の在来軸組構法である。使用された木材は集成材であり、等級は E120-F330 である。

許容応力度計算は、KIZUKURI Ver.8.1 を用いて行った。固定荷重は、計算の対象とした木造住宅の実況に応じて算出した。積載荷重、積雪荷重、風圧力、および地震力は、建築基準法施行令第 85 ~ 88 条に従いそれぞれ算出した。本研究では、積雪荷重に対する検定比に着目して木造住宅の耐雪性能を考察した。なお、検定比とは、許容応力度に対する部材に作用した応力度の比であり、検定比が 1.0 以下の場合、部材に作用した応力度が許容応力度を下回ることを意味する。

3. 研究結果

WH1994 における柱の検定比を図 1 に示す。1

階と 2 階のいずれにおいても柱の検定比は 1.0 以下であり、1 階の 1 本の柱で検定比が 1.0 となった。このように、WH1994 の柱は、許容応力度計算で設定される固定荷重、積載荷重、および積雪荷重の総和となる鉛直荷重に耐えられる結果となった。次に、WH1994 における梁の検定比を図 2 に示す。2 階床梁では 6 本の梁の検定比が 1.0 を超え、小屋梁では 1 本の梁の検定比が 1.0 を超えた。特に、2 階床梁では 2.0 を超える、あるいは、2.0 に近似するほど検定比が大きくなった。これらの梁の上部は 2 階が存在しており、2 階の固定荷重および積載荷重、さらに、屋根の積雪荷重が伝達して作用する箇所となっている。しかし、室内の用途が居間や和室となっており、柱を配置することが難しい条件であったことが伺える。また、このような検定比が大きい梁は積雪荷重が作用した際のたわみが大きくなり、冬期においては梁のたわみに伴いドアや襖の開閉が困難になるケースが多くなることが予想される。このように、WH1994 では 2 階床梁における梁の検定比が 1.0

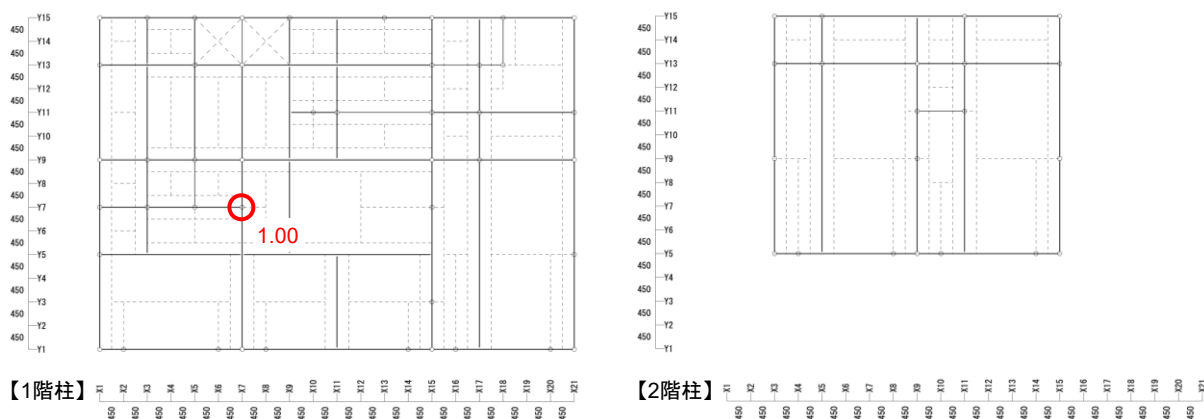


図 1 WH1994 における柱の検定比

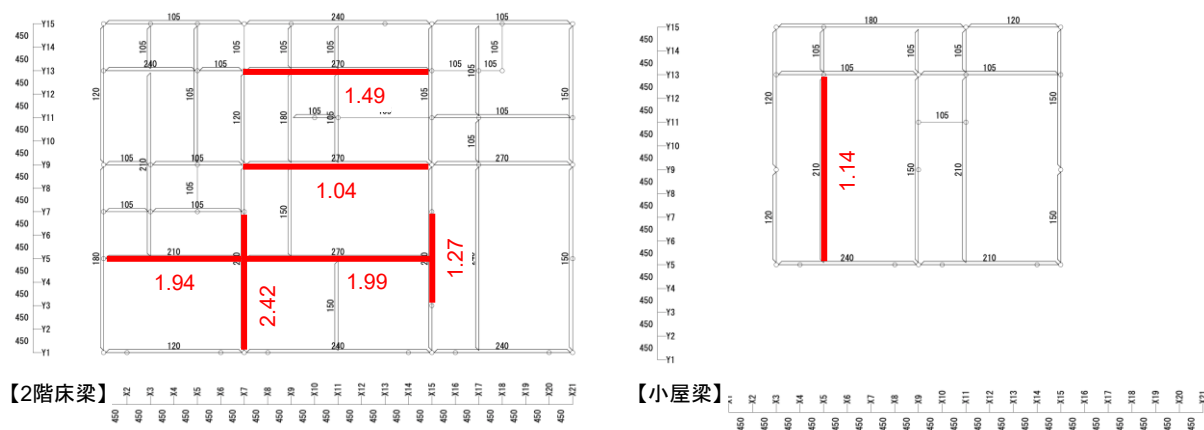


図 2 WH1994 における梁の検定比

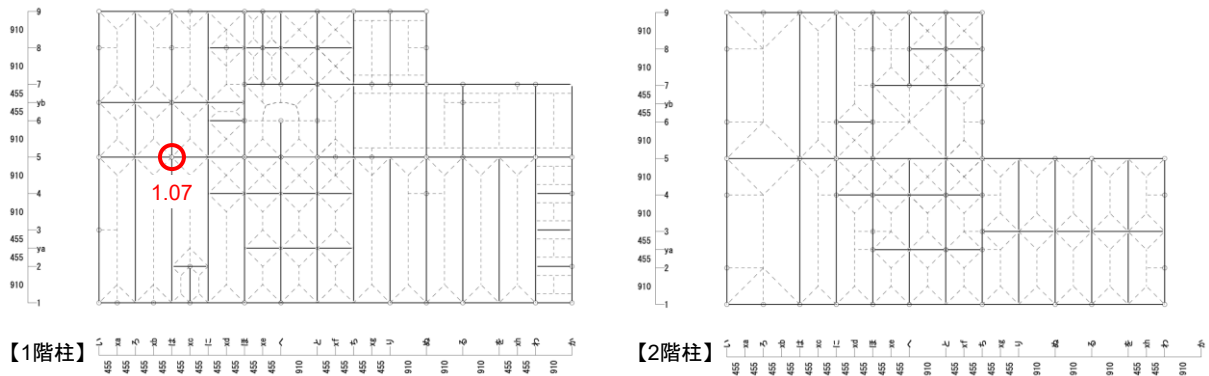


図3 WH2011における柱の検定比

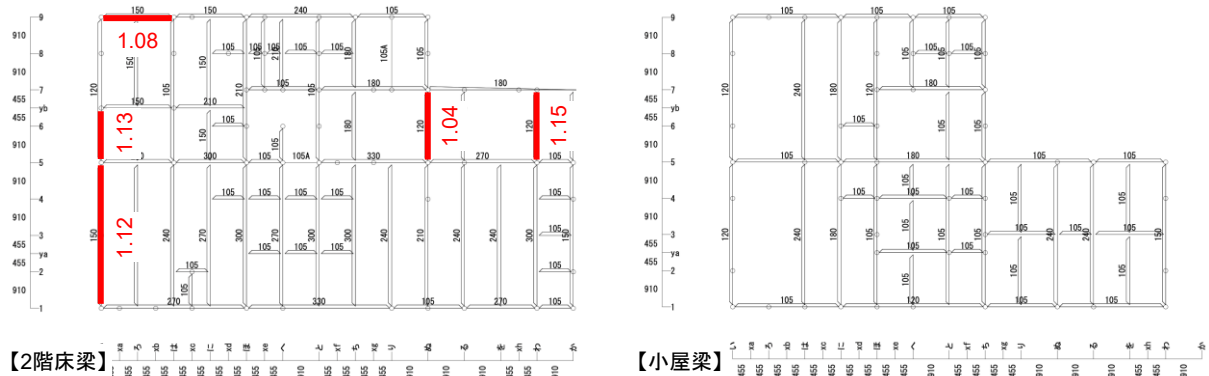


図4 WH2011における梁の検定比

を大きく上回ったが、2階の床面積を広くして1階外壁からのセットバックを作らない、すなわち、1階屋根の面積を小さくし、2階の固定荷重および積載荷重、さらに、屋根の積雪荷重を1階の外壁側に伝達させるように設計する重要性を示唆している。

WH2011における柱の検定比を図3に示す。1階における1本の柱でわずかに検定比1.0を超えているものの、2階の柱も含めて他の柱は検定比1.0を下回った。検定比1.0を超えた要因は柱の不足であると考えられるが、許容応力度計算には安全率が考慮されており、柱の損傷に伴う建築物の倒壊が切迫している訳ではないことから、早急な補強の必要性は低いと考えられる。次に、WH2011における梁の検定比を図4に示す。2階床梁および1階小屋梁で検定比が1.0を超える梁が存在しているものの、前述のWH1994に比べて検定比が小さく、1.2を下回っている。1階柱と同様に、許容応力度計算には安全率が含まれていることから、梁の損傷に伴う建築物の倒壊が切迫している訳ではないことから、早急な補強の必要性は低いと考えられる。

ここで、許容応力度計算で考慮されている安全率を考慮せず、損傷限界状態の検定比を算出して耐雪性能を考察することとした。梁の検定比は、WH1994 および WH2011 のいずれも荷重継続期間が中短期の曲げ検定比が最大値となっていた。曲げ基準強度を F_b 、中短期の荷重継続期間影響係数を $1.6/3$ とすると、中短期の曲げ許容応力度 f_b は、以下の式(1)で表される。

$$f_b = \frac{1.6}{3} F_b \quad (1)$$

このように、中短期の許容応力度は、 $1.6/3$ を基準強度に乗じて低減している。この安全率を考慮せずに基準強度に対する梁の検定比を算出した。その結果を図5に示す。WH1994の場合をみると、6本の梁のうち、3本が検定比1.0を下回り、3本が検定比1.0を上回った。1.0を上回った検定比をみると最大で1.29であり、耐雪性能が不足していることは明らかである。なお、曲げ基準強度は、節などの影響による木材強度のばらつきを考慮し、下限5%の値が用いられており、無

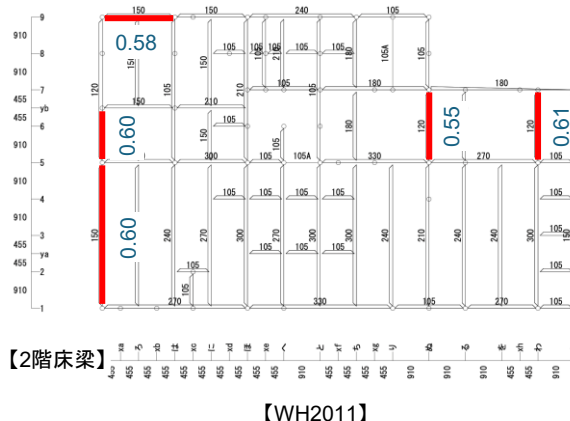
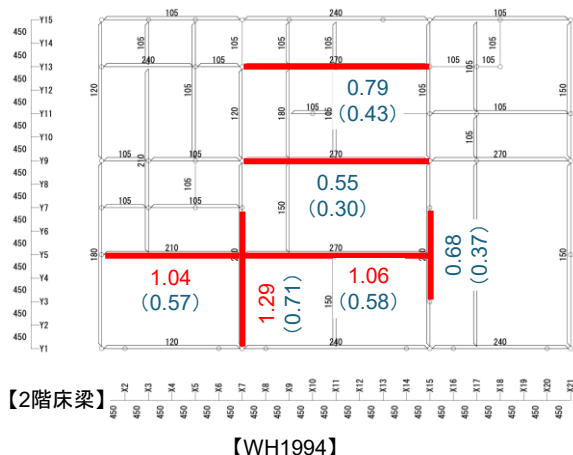


図6 曲げ基準強度に対する梁の検定比
(WH1994における括弧書きの数値は曲げ強度の平均値に対する検定比)

等級材は 22.2 N/mm^2 となっている¹⁾。これに対し、曲げ強度の平均値は 40.7 N/mm^2 であり²⁾、曲げ基準強度の 1.83 倍である。このような基準強度の安全率を考慮せず、曲げ強度の平均値に対する検定比を算出すると、全ての梁の検定比が 1.0 を下回るようになる。すなわち、木材における強度の弱点である節等が梁に存在しなければ積雪荷重が作用しても損傷に至らない可能性がある。次に、WH2011 の場合をみると、曲げ基準強度に対する検定比はいずれも 1.0 を下回り、許容応力度計算水準の性能は保有していないものの、設計用の積雪荷重が作用することによって損傷に至る可能性が低いことがわかる。

以上に示す結果をみると、WH1994 は、積雪荷重が作用しても梁が損傷に至らない可能性があるものの、許容応力度計算水準の耐雪性能は保有していないと判断できる。従って、大規模な補強を伴うリフォームは避けられないと考えられ、建て替えも合理的な判断の範疇となる。なお、本研究では耐雪性能に着目したが、耐震性についても許容応力度計算に基づいて検討しており、耐震性が大きく不足していることを把握している。従って、今後の大地震に備えた耐震補強が急務である。しかし、空き家の場合は、所有者に対して耐震補強等による適正な維持管理が望めないため、除却することが望ましい。

次に、WH2011 は、許容応力度に対する検定比が 1.0 を超えた柱および梁が存在したものの、基準強度に対する検定比が 1.0 を下回っており、設計用の積雪荷重が作用しても梁の損傷には至らない可能性が高い。なお、耐震性については、検

定比 1.0 を若干上回る方向が存在するものの、垂れ壁や腰壁のような準耐力壁を考慮すると許容応力度計算水準の耐震性を満たす。このような状況を見ると、WH2011 については、リフォームや建て替えを行わずに継続利用することが可能であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、設計時に設定された垂直積雪量が異なる築 30 年および築 13 年の 2 棟の既存木造住宅を対象に許容応力度計算を行い、保有している耐雪性能に対して考察した。その結果、築 30 年の木造住宅は、許容応力度計算水準の耐雪性能を保有しておらず、耐震性も不足していることもあり、大規模な補強と伴うリフォームあるいは建て替えが急務であることが明らかとなった。これに対し、築 13 年の木造住宅は、設計用の積雪荷重が作用した場合においても柱および梁が損傷する可能性が低く、許容応力度計算水準に準ずる耐雪性能を保有しており、リフォームや建て替えを行わずに木造住宅を継続利用できると考えられることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 杉山英男, 菊池重昭, 野口弘行, 鈴木秀三, 神谷文夫, 安村基 (2008) : 木質構造 第 4 版. 共立出版, 305-308.
- 2) 飯島泰男, 園田里見 (2010) : 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, C-1, 33-34.