積雪地域における木造住宅の耐震診断と耐震補強に関する研究

札幌市の2階建木造住宅を対象とした場合

STUDY ON SEISMIC DIAGNOSIS AND SEISMIC REINFORCEMENT
FOR WOODEN HOUSE IN SNOWY REGION

In two-story wooden houses build in Sapporo

千葉隆弘*, 苫米地 司**, 植松武是***, 高橋 徹****, 大橋好光*****

Takahiro CHIBA, Tsukasa TOMABECHI, Takeyoshi UEMATSU,

Toru TAKAHASHI and Yoshimitsu OHASHI

Seismic performance of 72 two-story wooden houses build in Sapporo was grasped from seismic diagnosis that considered snow depth on roof. Photos and drawings of the wooden houses for seismic diagnosis were obtained from an outside walls renovation company. Seismic reinforcement for the wooden houses was estimated from evaluation of the seismic diagnosis. The results indicate as follows: for the seismic diagnosis as the snow depth 0m, the evaluations in lots of the wooden houses were more than 1.0. As the snow depth more than 1.0m, the evaluations were small so that the seismic reinforcement is needed. Reinforcement for capital and column base by steel plates was assumed as the seismic reinforcement. To have improvement effect for the wooden houses having poor seismic resistant in the seismic reinforcement was clarified.

Keywords : Seismic diagnosis, Seismic reinforcement, Wooden house, Snow depth, Snowy Region

耐震診断, 耐震補強, 木造住宅, 積雪深, 積雪地域

1. はじめに

1995年1月に発生した兵庫県南部地震は、6,000人を超える人命を奪うとともに約100,000棟の木造住宅が全壊するなど甚大な人的・物的被害をもたらした。戦後最大の惨事となった。木造住宅における被害の詳細をみると、1980年以前の旧耐震基準で建築された屋根が重く壁量が不足した住宅に被害が集中しており、今後の大地震に備えた耐震補強が急務であることが指摘されている¹⁾。しかし、2003年現在、旧耐震基準で建築された木造住宅における耐震補強の進捗状況は、全体の数%にとどまっている²⁾。こうした背景から、今後の大地震が懸念されている関東および東海地方の各自治体では、耐震診断および耐震補強工事に対する費用の助成を行うなど、耐震補強の促進をはかる試みが行われている。

積雪地域では、兵庫県南部地震以降、2003年の宮城県沖地震と十勝沖地震、2004年の新潟県中越地震など大きな地震が発生している。特に、新潟県中越地震においては、約3,000の木造住宅が全壊するなど、大きな震災となった。さらに、震災の被害を受けた地域では、復興半ばである2005年1月からの断続的な降雪により18年ぶりに発生した豪雪で269棟の木造住宅が倒壊し、その77%は先に発生した地震で全壊と判定されていた³⁾。このように、新潟県中越地方で発生した自然災害は、地震と豪雪による複合災害の様相を呈してい

る。「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の被害想定」においても、積雪地域で冬期に地震が発生した場合は雪荷重により地震荷重が大きくなることで被害が拡大することも予想されており⁴⁾、これらの状況をみると、積雪地域における木造住宅の耐震補強は、地震と雪とを複合的に捉える必要がある。

木造住宅に作用する地震力は、屋根重量の増加に伴い大きくなる。建築基準法における在来軸組構法の壁量をみると、「軽い屋根」と「重い屋根」の2種類に対する壁量が規定されているが、屋根重量に加える雪荷重は考慮されていない。北海道や東北北部の木造住宅は、屋根葺材に塗装鋼板を用いることが多いため「軽い屋根」の壁量に該当するが、北海道建築基準法施行条例によると、「軽い屋根」の木造住宅では雪荷重を考慮し、「重い屋根」の壁量が適用される。さらに、長野県においては屋根重量に雪荷重を加えた場合の壁量を指導している⁵⁾。しかし、雪荷重を考慮した耐震設計の検証は十分に行われていない。耐震補強の計画を行うための資料が不足しているため、北海道、青森県および秋田県などでは、関東および東海地方の自治体で行っている助成が行われておらず、積雪地域における耐震補強の促進に対する取り組みが望まれている。

このような背景から本研究では、積雪地域における木造住宅の耐震補強促進に資する基礎資料を整備することを目的に、札幌市にお

* 北海道工業大学空間創造学部建築学科
講師・修士(工学)

** 北海道工業大学空間創造学部建築学科 教授・工博

*** 北海道立北方建築総合研究所 博士(工学)

**** 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻
教授・工博

***** 武蔵工業大学建築学科 教授・工博

Lect., Dept. of Architecture, Hokkaido Institute of Technology, M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Hokkaido Institute of Technology, Dr. Eng.
Hokkaido Northern Regional Building Research Inst., Dr. Eng.
Prof., Graduate School of Architecture, Chiba University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Musashi Institute of Technology, Dr. Eng.

ける既存木造住宅の耐震要素調査および耐震診断を行い、雪荷重が耐震性に及ぼす影響を明らかにし、耐震補強の効果を検討した。

2. 札幌市における既存木造住宅の調査

2.1 耐震要素の実態

本研究では、札幌市内の外壁改修業者が行っている改修状況を基に、既存木造住宅における耐震要素の実態を調査した。2002～2006年に外壁改修を行った76棟の2階建木造住宅を対象に、改修前の図面および改修前後の写真を収集し、構法、内外壁の仕様、柱頭・柱脚部における金物の使用状況、屋根の仕様、および外壁の腐朽・改修状況を整理した。

図1a)～d)に、調査対象住宅の概要を示す。なお、a)に示す建築年が明らかな住宅は60棟で、築年数においては外壁改修を行った年から遡って求めた。a)の建築年をみると、新耐震基準で建築された1985年～1995年の木造住宅（築年数7～21年程度）が全体の約70%を占め、旧耐震基準で建築された木造住宅（築年数22年以上）が約20%、1995年～2000年に建築された比較的新しい木造住宅（築年数6年程度）が約10%を占めている。b)の延べ面積をみると、100m²以上140m²未満の住宅が全体の約67%を占めている。c)の1Fおよび2Fの床面積をみると、1Fは60m²以上80m²未満の割合が高く、2Fは30m²以上70m²未満に広く分布している。d)の2F床面積/1F床面積の値をみると、総2階建となる1.0から2F床面積が小さい0.5前後まで広く分布している。このように、調査対象住宅は、新耐震基準で建築された住宅が中心となって構成されているとともに、総2階建から2F床面積が小さい住宅まで様々な形式で構成されている。

図2に、改修前の図面および外壁改修時の写真を用いて整理した調査対象住宅の構法および外壁仕上、外壁下地、筋かい、内壁、屋根形状、および屋根葺材の構成を示す。図のように、構法をみると、在来軸組構法が全体の80%以上を占めており、残りが1FをRC造として2F～3Fを在来軸組構法で建築する在来混構造、および枠組壁構法で構成されている。外壁仕上の仕様をみると、ラスモルタル仕上が約20%を占め、窯業系サイディング仕上が残りの約80%を占めている。これらの仕上と建築年との関係をみると、ラスモルタル仕上は1982年以前の木造住宅に用いられており、窯業系サイディング仕上は1983年以降の木造住宅で用いられている。

外壁下地をみると、下地が住宅が全体の80%以上を占めている。木ずりは1979年以前のラスモルタル仕上の住宅で確認され、その割合は全体の数%である。構造用合板やシーリングボードは枠組壁構法の住宅で確認され、在来軸組構法の場合においてもシーリングボードを使用している事例がいくつか確認された。筋かいについては、在来軸組構法と混構造で確認された三つ割り筋かいで接合部に金物を使用されていないものが全体の約75%を占めている。ここで、写真1a)～b)に筋かい端部の事例を示す。a)のように、筋かい接合部に金物が使用されていない場合は、いずれの場合も釘留めとなっており、柱頭・柱脚接合部においても金物が使用されていない。b)のように、金物が使用されている事例をみても、平成12年建設省告示第1460号で規定している接合部を満たしていない状況である。なお、使用されている釘の長さや太さは確認することができなかった。このように、筋かい接合部および柱頭・柱脚接合部の金物は調査対象住宅の大半で使用していないことがわかる。

図1 調査対象住宅の概要

図2 調査対象住宅の工法、外壁、屋根形状の構成

写真1 筋かい端部および柱頭・柱脚部の状況

内壁の仕様をみると、いずれの場合においても石膏ボードであった。屋根形状は、勾配屋根と、屋根勾配0°あるいは1/10程度の緩やかな内勾配とした無落雪屋根に大別した。これらの屋根形状をみると、勾配屋根が全体の約35%、無落雪屋根が全体の約65%であり、調査対象住宅は無落雪屋根の割合が大きい。なお、屋根葺材は、い

写真2 外壁の腐朽状況

写真3 外壁改修の状況

ずれの住宅においても建築基準法の壁量規定で「軽い屋根」に分類される塗装鋼板であった。

2.2 外壁の腐朽状況と改修状況

外壁の腐朽状況を写真2a)～d)に示す。写真のように、外壁の腐朽が確認された木造住宅はいずれも外壁がラスモルタル仕上であり、下地が木ずりの場合が顕著であった。腐朽箇所はいずれも1Fであり、台所・風呂などの水周りに接する箇所や、a)に示すように防水処置が困難である窓周りに接する箇所が顕著であった。腐朽した部材をみると、b)およびc)のように、土台と柱の接合部付近が顕著であり、中には筋かいが半分以上欠損している場合もみられた。このような腐朽が顕著であるラスモルタル仕上の住宅は壁量が少ない旧耐震基準で建築されているため、耐震補強が急務であることが明らかである。これに対し、窯業系サイディング仕上の木造住宅をみると、d)に示すように、若干腐朽した状態になっている。これらの木造住宅の外壁内部には通気層が設けられており、その通気層により腐朽の進行を抑制したことが要因の一つと考えられる。

写真3a)～b)に外壁改修状況を示す。写真のように、既存外壁を撤去した際には、a)に示すように腐朽箇所を改修している。さらに、b)に示すように、断熱改修と構造用パネル貼り付けによる耐震補強も行っている。しかし、耐震壁の性能低下に繋がる柱の引き抜きを防止するための、耐震壁の強さに応じた金物を取り付けられていない。さらに、既存木造住宅が保有している耐震性に関わらず一律の方法で耐震補強が行われているため、耐震補強の効果が不明確である。このような状況を見ると、雪荷重を考慮した現況の耐震性を耐震診断により把握するとともに、雪荷重の大きさに応じた耐震補強の効果を明確にする必要がある。

表1 耐震診断の方法

診断法	保有耐力				必要耐力
	無開口部	有開口部	耐震要素配置	劣化度	
一般診断	仕様毎の基準耐力から算定	各階XY方向別耐力の25%	四分割法を応用した低減係数	各階XY方向別の耐力を低減する	略算による床面積当たりの必要耐力
精密診断	仕様毎の基準耐力から算定	有開口部毎に低減する	重心と剛心に耐震壁の耐力毎に低減する	劣化度を低減する	建築基準法施行令に準拠

※評点はいずれの診断においても、「保有耐力/必要耐力」で求められる
 ※耐力算定では、柱頭・柱脚接合部の仕様に応じた耐力低減係数が考慮される

表2 診断に用いた屋根重量

屋根の仕様	積雪深 (m)							
「軽い屋根」	0.0m	0.3m	1.0m	1.25m	1.5m	1.75m	2.0m	

3. 耐震診断と耐震補強の効果

3.1 耐震診断の方法

本研究では、前述の調査で得られた木造住宅のうち、調査棟数が大半を占めた在来軸組構法72棟（混構造を含む）を対象に、耐震要素の仕様に基づいた耐震診断を行った。なお、耐震診断では基礎の損傷状況等が影響を及ぼすが、前述の調査では基礎の状況を詳細に把握することができなかったため、損傷等が無く健全な状態である基礎を前提に耐震診断を行った。

耐震診断は、日本建築防災協会の「木造住宅の耐震診断と補強方法」（以下、耐震診断法という。）に従った⁹⁾。表1に耐震診断の概要を示す。表のように、本研究では、一般診断と精密診断の両方を行った。いずれの場合においても保有耐力を必要耐力で除した評点で耐震性を評価するが、保有耐力と必要耐力の算定方法に違いがあり、精密診断は有開口部、耐震要素の配置、および劣化度が各住宅の実情に即した評価方法となっている。さらに、耐震診断法では床の剛性が保有耐力に及ぼす影響を考慮できるが、前述の調査結果では床の詳細な仕様を把握することができなかったため、本診断では剛床を仮定している。なお、前述の調査結果では、筋かい接合部および柱頭・柱脚接合部の金物を取り付けられている住宅が少ない状況であった。このため、柱頭・柱脚接合部の仕様に応じた耐力低減係数は金物の有無に依存するため、劣化度は考慮しなかった。

表2に屋根の仕様と設定した積雪深を示す。表のように、前述の調査結果に基づき、塗装鋼板葺きの「軽い屋根」を基本とし、積雪深を0.0m、0.3m、1.0m、1.25m、1.5m、1.75m、2.0mと増加させたときの雪荷重を屋根重量に加えた。これらの雪荷重は前述の積雪深に建築基準法施行令の多雪区域に指定されている特定行政庁が慣例的に定めている単位積雪重量（3.0kN/m²）と荷重係数（0.35）を乗じて算出した。なお、耐震診断法の「重い屋根」は、軽い屋根の重量に積雪深0.3mの雪荷重を加えた値に相当している。また、耐震診断法における柱頭・柱脚接合部の仕様に応じた耐力低減係数は固定荷重と積載荷重のみを考慮したものであり、雪荷重が作用した状態で地震力が同時に作用した場合は柱頭・柱脚接合部の引き抜き力が抑えられ、耐力低減係数の値が大きくなることが考えられる。しかし、雪荷重と耐力低減係数との関係は明らかにされていないため、本研究では雪荷重の影響を考慮しない、すなわち、安全側の値となる耐震診断法の耐力低減係数を用いることとした。

3.2 耐震診断の結果

田端・大橋は、兵庫県南部地震で被災した住宅を対象に耐震診断を行っている⁷⁾。これらの建築年代をみると、新耐震基準の住宅が中心となっており、本研究で対象とした札幌市における住宅の年代と近似している。ここで、本研究では、札幌市における一般診断の評点と精密診断の評点を兵庫県の診断結果と比較し、札幌市における耐震性の位置づけを検討した。図3に、積雪深 0.0m および 0.3m の場合における精密診断の評点と一般診断の評点との関係を示す。なお、これらの評点は 1F の X 方向と Y 方向で得られた値である。図のように、積雪深 0.0m の場合をみると、評点の増加に伴い精密診断の評点が一般診断の評点に比べて大きくなる傾向を示し、その傾向は札幌市の診断結果で顕著となる。積雪深 0.3m の場合をみても、札幌市における精密診断の評点が大きくなる傾向が顕著となる。これは、有開口部の評価が一般診断と精密診断で異なり、垂れ壁・腰壁を有する窓が多く採用されている札幌市における住宅の有開口部が精密診断では一般診断に比べて強いと評価されたためと考えられる。また、札幌市における混構造の評点をみると、いずれの積雪深においても他の住宅に比べて評点が小さい。混構造とは 1F を RC 造、2～3F を木造とした構造であり、通常の 2 階建木造住宅に比べて大きな加速度が作用する 2～3F の必要耐力が大きくなるため、評点が小さくなる傾向を示す。このように札幌市の木造住宅は、兵庫県の住宅に比べて一般診断の評点が小さくなるとともに、混構造の評点が小さくなる傾向を示す。表3に、一般診断および精密診断における評点の平均値と変動係数を示す。表のように、積雪深 0.0m における札幌市の評点をみると、一般診断では兵庫県の住宅より小さく、差の比率が 19.4%になるものの、精密診断では兵庫県の住宅と一致しており、積雪深 0.3m の場合では若干小さな値を示している。なお、変動係数はいずれも 0.24～0.29 程度であり、兵庫県と札幌市で評点のバラツキに大きな違いがみられない。これらの結果をみると、札幌市における木造住宅の耐震性は、有開口部における評価方法の違いにより、一般診断で兵庫県の住宅に比べて低いと評価され、精密診断で近似する傾向を示す。

ここで、札幌市の住宅を対象に、精密診断における積雪深と評点の平均値および評点 1.0 以上の比率との関係を図4に示す。なお、評点 1.0 以上の比率は、1F と 2F における評点の最小値から求めた。図のように、評点の平均値は、積雪深の増加に伴い減少し、積雪深が 1.0m 以上になると評点の平均値が 1.0 を下回っている。さらに、積雪深の増加に伴う評点の減少傾向は 2F で顕著となっている。次に、評点 1.0 以上の比率をみると、積雪深の増加に伴い評点 1.0 以上の比率が減少し、評点の平均値が 1.0 以上になる積雪深 0m で約 70%、積雪深 0.3m で約 50%である。積雪深 0m は「軽い屋根」、積雪深 0.3m は「重い屋根」に相当しており、これらの屋根重量は北海道における住宅設計の範囲内であるため、評点 1.0 以上の比率が大きい傾向を示している。その中でも評点 1.0 を下回る住宅は、「旧耐震基準で建築されているため壁量が少ない」、「混構造であるため必要耐力が大きくなる」、「筋かい端部や柱頭・柱脚部に金物がなく低減係数により保有耐力が小さく評価された」等が要因で評点が小さくなっている。これらに対し、積雪深 1.0m 以上の場合をみると、必要耐力が増加することにより評点 1.0 以上の比率が急激に減少しており、その比率は 10%以下である。札幌市における建築基準法に

図3 精密診断の評点と一般診断の評点との関係（1F の場合）

表3 各診断で得られた評点の平均値

診断結果	兵庫県の診断結果		札幌市の診断結果			
	一般	精密	積雪0.0m		積雪0.3m	
			一般	精密	一般	精密
評点の平均値	1.39	1.45	1.12 (19.4%)	1.45 (0.0%)	0.92 (33.8%)	1.29 (7.2%)
評点の変動係数	0.24	0.26	0.26	0.29	0.26	0.29

※括弧内は兵庫県の診断結果に対する差の比率

図4 積雪深と評点の平均値および評点 1.0 以上の比率との関係

基づいた雪荷重を算定するときに用いる垂直積雪量は 1.4m であり、その積雪量に近似した積雪 1.5m の場合における評点 1.0 以上の比率は 5%程度である。従って、木造住宅の耐震性において積雪深を考慮した場合は、建築年代や外壁の仕様に関わらず、必要耐力の増加に応じた耐震補強が必要となる。

3.3 耐震補強の効果

本研究では、幾つかの耐震補強を想定し、再度耐震診断を行うことによって耐震補強の効果を検討した。診断方法は精密診断とした。想定した耐震補強は、断熱改修を同時に行うことが可能となるように、各住宅の外周部を対象とし、以下の3種類とした。

- ① 「金物」による補強
- ② 「OSB」（構造用パネル）による補強
- ③ 「金物+OSB」による補強

前述における木造住宅の調査結果をみると、筋かい接合部や柱

頭・柱脚接合部に金物を使用されない場合が多く、耐震診断では耐力低減係数により保有耐力が小さく評価される。平成 12 年建設省告示第 1460 号によると、三つ割り筋かいの場合は、出隅の柱頭・柱脚接合部には引き寄せ金物が必要となるが、その他の部位においては筋かい・山形プレートなど住宅外周部から取り付けが可能な金物を用いることができる。そこで、①では平成 12 年建設省告示第 1460 号を満たした「金物」による耐震補強を想定した。また、前述の調査結果をみると、「OSB」(構造用パネル)を外周部に貼り付ける改修がみられたため、②では「OSB」による補強を想定した。しかし、「OSB」のみの補強では壁の強さが増加し柱頭・柱脚接合部に大きな引き抜き力が作用するため、③では「金物+OSB」により耐震性能を十分に発揮する耐震補強を想定した。なお、③の金物は①より強固なものが必要となる。これらの想定した耐震補強は、1F のみを対象とした場合と 1F と 2F を対象とした場合とを個別に検討した。

図 5 に、積雪深と補強後における評点の平均値との関係を示す。なお、評点の平均値は 1F と 2F の最小値から算出した。図のように、1F のみ補強した場合をみると、積雪深 0m と積雪深 0.3m の場合では現況に比べて 1.2 倍程度大きくなるものの、積雪深の増加に伴い現況の評点と同程度の値を示す。次に、1F と 2F を補強した場合をみると、「金物」による補強と「OSB」による補強は、積雪深が大きいほど 1F のみ補強した場合に比べて評点が大きくなり、積雪深 2.0m では 1F のみ補強した場合に比べて 1.3 倍程度大きい。「金物+OSB」においては、他の補強に比べて 1.7 倍前後大きな値を示している。これらの状況をみると、積雪深 0m および積雪深 0.3m の場合は、1F のみの補強で効果が得られる傾向を示すものの、積雪深の増加に伴い 2F に大きな地震力が作用するため、積雪深 1.0m 以上の場合は、1F と 2F を補強する必要がある。

次に、補強後の積雪深と評点 1.0 以上の比率との関係を図 6 に示す。図のように、1F のみの補強の場合をみると、前述した評点の平均値と同様の傾向を示す。1F と 2F を補強した場合をみると、「金物」および「OSB」による補強では、いずれの補強においても 1F のみ補強した場合に比べて比率が大きくなる。積雪深と比率との関係をみると、積雪深の増加に伴い比率が減少する傾向を示し、その傾向は「OSB」で顕著となり、積雪深 1.75m 以上になると「金物」に比べて「OSB」の比率が小さくなる。これは、積雪深の増加に伴い 2F に作用する地震力が増加するとともに、「OSB」のみの補強では耐力低減係数が小さくなり保有耐力が小さく評価されるためである。このように、積雪深が多い場合の耐震補強では、金物による補強で引き抜き力を分担し、十分な耐震性能を発揮させる必要がある。一方、「金物+OSB」をみると、「OSB」の補強効果が十分に発揮すると評価されるため、いずれの積雪深においても比率が 90% 前後を示している。このような結果をみると、「金物+OSB」による補強はいずれの積雪深に対しても効果を発揮しているものの、評点の平均値が 1.5 以上となるため、効率的な補強と言えない状況である。

ここで、積雪深 1.5m の場合における「金物」による補強を例に、精密診断の評点と偏心率との関係を図 7 に示す。図のように、いずれの階においても評点の増加に伴い偏心率が減少する傾向を示し、評点 1.0 を下回る住宅は偏心率が概ね 0.2 以上となっている。すなわち、積雪深の増加に伴う必要耐力の増加に加えて、南面窓が多く設置されている住宅の外周部を補強することにより偏心率が増加し

図 5 補強後における積雪深と評点の平均値との関係

図 6 補強後における積雪深と評点 1.0 以上の比率との関係

図 7 精密診断の評点と偏心率との関係 (金物による補強)

ため、評点が 1.0 を下回ったと考えられる。ここで、耐震診断法では、以下に示す式により偏心率による保有耐力の低減係数を算定している。

$$\begin{aligned} F_{ep} &= 1.0 & (R_e \leq 0.15) \\ F_{ep} &= 1.0 / (3.33R_e + 0.50) & (0.15 < R_e \leq 0.45) \\ F_{ep} &= 0.5 & (0.45 < R_e) \end{aligned}$$

ここに、 F_{ep} ：偏心率による保有耐力の低減係数

R_e ：偏心率

図8 現況の評点毎に示した補強の効果が得られた棟数

この偏心率と低減係数との関係式を図7にプロットすると、図中に示す領域が偏心率の改善により評点 1.0 以上にすることができる。すなわち、積雪深 1.5m で「金物」による補強を行った場合、評点 1.0 以上になる住宅は約 40%にとどまるが、偏心率を改善することにより約 75%の住宅を評点 1.0 以上にすることが可能となる。

図8に、積雪深 1.0m 以上の場合における現況の評点別に示した「金物」による補強と「金物+偏心率の改善」を行った場合の評点 1.0 以上になった棟数を示す。図のように、積雪深 1.0m の場合をみると、現況の評点の増加に伴い「金物」による補強の効果が増加する傾向を示し、積雪深 1.5m 以下で現況の評点が 0.7 以上の場合では全体の 50%以上の住宅を評点 1.0 以上にする効果を有している。次に、「金物+偏心率の改善」の場合をみると、積雪深 1.25m 以下では現況の評点に関わらず約 85%以上の住宅を評点 1.0 以上にする効果が確認でき、積雪深 1.5m の場合では現況の評点 0.6 以上で約 85%の住宅を評点 1.0 以上にする効果を有している。このように、積雪深 1.0m 以上 1.5m 以下の範囲では、「金物」による補強あるいは「金物+偏心率の改善」で評点 1.0 以上にすることができる住宅が多い傾向を示す。しかし、積雪深 1.75m 以上になると、いずれの補強においても評点 1.0 以下にとどまる住宅が大きな割合を占め、「金物+偏心率の改善」で評点 1.0 以上になる住宅は現況の評点に関わらず積雪深 1.75m で約 65%、積雪深 2.0m で約 55%となる。

以上の結果をみると、積雪深 1.5m 以下の範囲では「金物」による補強と偏心率を考慮することにより、多くの木造住宅で耐震補強の効果が得ることが可能である。積雪深 1.75m 以上の場合は「金物」による補強の効果を検討し、不足している場合は偏心率の影響が少

なくなるまで保有耐力を大きくする補強を考慮する必要がある。なお、本研究では、屋根雪が等分布で堆積した場合を想定したため、屋根形状や日射等の影響で発生する屋根雪の偏分布が住宅の偏心率に及ぼす影響も考慮することが望ましい。

4. まとめ

本研究では、積雪地域における木造住宅の耐震補強を行うための基礎資料を得ることを目的に、札幌市内の既存木造住宅を対象とした耐震要素の調査を行い、耐震診断により耐震性の実態把握と耐震補強の効果を検討した。その結果をまとめると以下になる。

- 1) 札幌市における既存木造住宅の耐震要素を調査した結果、筋かい端部および柱頭・柱脚部に金物が使用されていない木造住宅が大半を占め、ラスモルタル仕上で木張り下地の 1F で外壁の腐朽が顕著であった。
- 2) 耐震要素の調査結果を基に耐震診断を行った結果、木造住宅の評点は積雪深の増加に伴い減少し、積雪深を考慮した場合は建築年代や外壁の仕様に問わず耐震補強が必要となる。
- 3) 木造住宅における外周部軸組の接合部を「金物」で補強する耐震補強を想定し、その効果を検討した結果、偏心率の改善を考慮することによって、積雪深 1.5m 以下かつ現況の評点が 0.6 以上の木造住宅で補強の効果が発揮される。積雪深 1.75m 以上の場合では、偏心率の影響を受け難くなるまで保有耐力を大きくする必要がある。

本研究は、札幌市の既存木造住宅を対象としたものである。北海道のその他の地域に加えて東北地方や北陸地方まで対象を広げ、耐震診断データの蓄積を図り、耐震補強の効果を検討することが今後の課題である。さらに、積雪期の地震により屋根雪が破断・滑動する可能性があり、このような屋根雪の動的挙動が木造住宅の地震応答に影響を及ぼすことが明らかとなっている⁸⁾。従って、屋根雪の動的挙動を考慮した木造住宅の耐震性評価や補強方法検討も課題である。なお、本研究では、(株)藤井建業から外壁改修状況に関わるデータの提供を受けるとともに、北海道工業大学大学院生である宗像真木彦氏に住宅調査やデータ解析等の協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 内閣府編：住宅における地震被害軽減に関する指針・同解説，pp.10-11，2004.8
- 2) 総務省統計局編：平成 15 年度住宅・土地統計調査報告，2005.6
- 3) 新潟県危機管理防災課：雪による家屋等被害（建物滅失）状況，入手先<<http://www.pref.niigata.lg.jp/kikitaisaku/1199812567102.html>>，2005.6
- 4) 中央防災会議事務局編：日本海溝・千島海溝周辺海溝地震の被害想定について，pp.15，2006.1
- 5) 長野県住宅部編：雪に強い住まいづくり，pp.48-52，2006.12
- 6) 日本建築防協会編：木造住宅の耐震診断と補強方法，2004.7
- 7) 田端千夏子，大橋好光：木造住宅の耐震診断法に関する研究－新旧耐震診断の比較および評点と被災度の関係－，日本建築学会構造系論文集，No.599，pp.119-125，2006.1
- 8) 千葉隆弘，苔米地司，高橋徹，植松武是：木造住宅における地震時の屋根雪滑動と構造体との動的相互作用に関する基礎的実験，日本雪工学会誌，Vol.23，No.5，pp.12-18，2007.10

(2008年3月7日原稿受理，2008年5月9日採用決定)