

2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の建物被害分析

Analysis of Building Damage in Kashiwazaki City due to the 2007 Niigata-Ken Chuetsu-Oki Earthquake

長尾 拓真¹, 山崎 文雄¹

Takuma NAGAO¹ and Fumio YAMAZAKI¹

¹千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻
Department of Urban Environment Systems, Chiba University

This study investigates the building damage in Kashiwazaki city due to the 2007 Niigata-Ken Chuetsu-Oki earthquake. Most building fragility functions, used for damage estimation in scenario earthquakes, were developed based on the data from the 1995 Hyougoken-Nanbu earthquake. However, already sixteen years have passed after this event, and hence it is better to employ recent earthquake data. In this study, the damage ratios of buildings are investigated from the view points of structural material and the construction period. The obtained damage ratios are compared with recorded PGV values and the empirical fragility function from the Hyougoken-Nanbu earthquake.

Keywords: the 2007 Niigata-Ken Chuetsu-Oki earthquake, building inventory, damage ratio, construction period

1. 研究の背景と目的

近年、首都直下地震などのこれから起こりうる地震に対し、国や都道府県によって多くの被害想定が行われている。また、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、東日本を中心に甚大な被害が発生した。この地震では津波による建物被害が大半を占めるが、揺れによるものや地盤災害に関連した被害も少ないとはいえない。また、その他の最近我が国で発生した地震の多く、例えば2004年新潟県中越地震、2005年福岡県西方沖地震、2007年能登半島地震、2007年新潟県中越沖地震などでは、建物被害が被害の大部分を占めている。

現在の建物被害予測の多くは、1995年兵庫県南部地震の被害分析結果をもとに行われている。例えば、山梨県の地震被害想定や東京都の地震に対する地域危険度評価に用いられている建物被害関数¹⁾は、村尾・山崎²⁾が兵庫県南部地震における神戸市灘区が行った建物被害データをもとに、推定地震動分布を用いて構築したものである。また、岩手県や奈良県は、中央防災会議³⁾が兵庫県南部地震における西宮市、2000年鳥取県西部地震における鳥取市、2001年芸予地震における呉市のデータから算出した計測震度と木造建物被害の被害関数を用いて、被害想定を行っている¹⁾。しかし、兵庫県南部地震からすでに16年が経過しており、これらの経験的被害予測モデルがそのまま使えるかどうか疑問が残る。例えば、現在では既に6割程度の建物が80年代以降に建てられているため、

その大半がいわゆる「新耐震基準」に従っていることになる。しかし、木造住宅の耐震性は経年劣化の影響が大きいことが指摘されており、既に築30年を経過した木造住宅が「新耐震だから大丈夫」と本当にいえるか疑わしい。しかし、兵庫県南部地震のように豊富な被害データのある地震は他に存在しないため、これまでこの地震による経験則が使われてきた。

このような背景より、本研究では、豊富で詳細なデータが得られた2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の建物被害に注目し、その被害分析を行う。また、地理情報システム(GIS)を用いて、建物被害率の空間分布を求め、同市における観測地震動強度と比較する。

2. 使用データ

本研究で使用するデータは、柏崎市役所税務課内の「中越沖地震関連デジタルデータ利活用協議会」より提供された建物被害データである。これは、新潟県中越沖地震の発生後に、柏崎市によって行われた建物被害調査結果に基づいて作成されたもので、被害区分に加えて建物属性の情報を有している。したがって、被害想定手法の見直しに向けて、有効に利用できると考えた。

本研究で使用するデータの内容を記す。柏崎市全域を対象とした調査結果より作成された「調査データ」約60,000件のうち、罹災証明をもとに作られた「罹災デー

表-1 柏崎市の建物被害データの内訳
(太線で囲まれたものは被災建物データ)

データ名	調査データ	被災建物データ	
		罹災証明をもとに作られたデータ	家屋課税台帳とリンクしたデータ
データ数	59483	34712	13288
調査番号	○	○	○
被害点数	○	○	○
罹災判定結果	-	○	○
建物所在地	-	○	○
建物用途種別	-	○	○
建物構造種別	-	-	○
建築年代	-	-	○
屋根構造種別	-	-	○
延べ床面積	-	-	○
階層	-	-	○

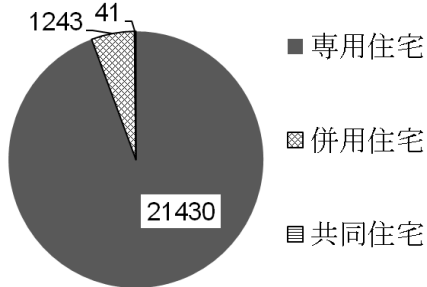


図-1 被災住宅の分類 (全 22,714 棟)

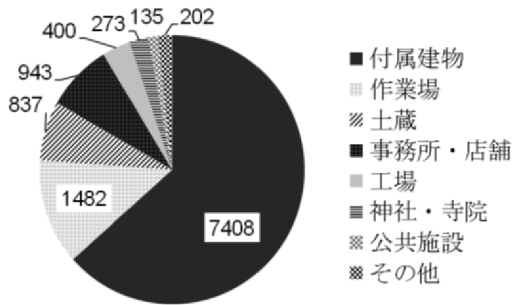


図-2 被災建物の用途分類 (非住宅, 全 11,998 棟)

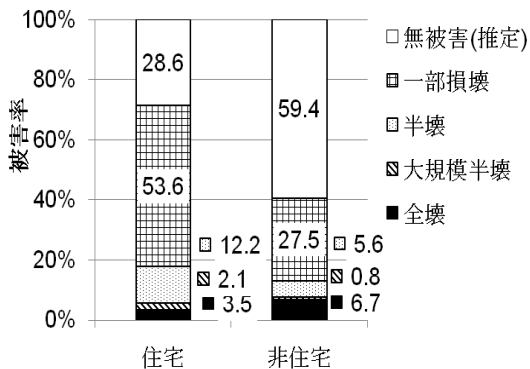


図-3 住宅および非住宅の被害率

タ)約 34,000 件, またさらにその中で家屋課税台帳とリンクした「課税台帳データ」が約 13,000 件ある。データの詳細な内訳を表-1 に示す。調査データに関しては, 調査番号と被害点数が掲載されているが, 被害点数について, 実際の被害区分と異なる値も多く存在し, 不明な部分が多いため本研究では取り扱わない。罹災データには, 調査データに含まれる内容に加えて, 罹災判定結果, 建物所在地, 建物用途種別が掲載されている。課税台帳データには罹災データに含まれる内容に加え, 建物構造種別, 建築年代, 屋根構造種別, 延べ床面積, 地上・地下階層, といった建物の詳細な情報が掲載されている。本研究では, 罹災データに属する建物(表-1 の太線で囲まれたデータ)に関して, 罹災証明を建物に被害があったことを示すと解釈し, 被災建物として分析を行う。また, 調査データおよび罹災データは GIS で利用できるシェープファイルであるが, 課税台帳データはエクセルデータであるため, GIS におけるテーブル結合機能を利用し, 建物調査番号をもとに統合した。

3. 建物被害分析

(1) 被災建物用途分類

はじめに, 罹災データにおける建物用途種別から被災建物の用途分類を行った。その結果, 被災住宅は 22,714 棟, 被災非住宅は 11,998 棟となり, 住宅の被害が多いことがわかる。また, さらにそれぞれを細かく分類した結果を図-1, 図-2 に示す。被災住宅の 9 割以上が専用住宅の被害であった。一方, 被災した共同住宅については棟数で比較するとわずかであった。非住宅の被害については, 納屋や物置などの附属建物の被害が約 7 割, 次いで作業場, 土蔵となっている。なお, 公共施設全 135 棟のうち, 種別が明記されていたものを挙げると, 集会場が 13 棟, 学校・幼稚園が 7 棟, 病院・診療所が 6 棟, 介護老人施設が 2 棟であった。また, この附属建物の割合が高い原因として, これらは簡易建築物としての基準のみを満たすものが多いからと考えられる。

(2) 住宅被害率算出

ここからは, 住宅の被害を中心に考察していく。はじめに, 住宅・非住宅それぞれについて被害率を算出する。柏崎市に当時建てられていた全住宅は 31,839 棟, 全非住宅は 27,513 棟であった⁴⁾。これを母数に罹災データにおける被災住宅・非住宅棟数をもとに算出した結果が図-3 である。なお, 新たに無被害という項目を設定し, 全住宅・非住宅棟数と全被災住宅棟数の差によって推定した。住宅の被害率は約 70%, 非住宅の被害率は 40%程度であった。しかしながら全壊率で比較すると, 非住宅の方が住宅の約 2 倍の値になった。この結果も, 上述したような設計基準の問題が関係していると考えられる。

次に, 住宅被害率を様々な条件で算出する。住宅の被害に大きく影響する要素として, 構造や建築年代が挙げられる。しかしながら, それらの情報は表-1 にあるように, 課税台帳データにのみ記載されている。

そこで, 被災住宅棟数を被害区分毎に算出し, 罹災データ, 課税台帳データ, 2010 年新潟県資料⁵⁾と比較した。その結果, 各データの半壊以上の住宅については, 県資料とほぼ棟数が変わらないことがわかった。よって, 半壊以上の住宅の被害については, この県資料の棟数を基

準に、課税台帳データから得られた統計を当てはめることで、実被害との誤差を少なく推定できる。すなわち、課税台帳から得られた各住宅棟数に、一定の比率をかけて、県資料の値となるようにする。その一定の比率(小数第2位まで表示)は、全壊 1.05(=1,121/1,072)、大規模半壊 1.05(=676/646)、半壊 1.04(=3,907/3,750)である。また、一部損壊及び無被害住宅については、判定基準が曖昧であり、各データで数に大きな差があるので、一部損壊以下という新たな区分を設定した。以上のように、半壊以上の住宅については構造・建築年代といった要素を含めた被害率を推定できる。

まず、構造別被害率を算出する。課税台帳データから、半壊以上の被害区分と判定された住宅棟数を、構造別に抽出した。得られた棟数に、上で述べた比率を被害区分毎に乗じて推定した。そしてこの構造別被災住宅棟数と、地震発生当時の構造別住宅棟数⁴⁾を母数として被害率を算出した。なお、母数として取り上げた柏崎市統計年鑑には、木造と非木造の2区分しかないため、被災住宅のうち鉄筋コンクリート造、鉄骨造、コンクリートブロック造などをまとめて非木造として算出した。その結果を図-4に示す。木造住宅については、全体の約2割が半壊以上の被害が出たことになる。逆に非木造住宅は半壊以上の割合が7%と、被害が小さかったことがわかる。また、それぞれの被害区分を比較しても木造の方が、割合が高い結果になった。このような傾向は、兵庫県南部地震に

おける神戸市灘区²⁾や西宮市⁶⁾など、過去の大きな被害地震においても見られ、妥当な結果といえる。

次に、建築年代別の被害率を算出する。まず、構造別と同様に、課税台帳データから建築年代別に被害住宅棟数を抽出した。なお、建築年代不明の住宅については、抽出した被災住宅における各年代グループの割合に応じて、あらかじめ分配した。ここでは、総務省統計局の2003年住宅・土地統計における柏崎市の構造・建築年代別住宅戸数をもとにして、建築年代別(1970年以前、1971年～1980年、1981年～1990年、1991年～2000年、2001年～2003年、の5区分)の被害率の推定を試みた。しかし、本研究では住宅の被害を棟単位で扱っているのに対し、住宅・土地統計は戸数で表示されていたため、アパートなどの共同住宅の数に大きな差が出ることが予想される。そこで、共同住宅の数が多くなく、戸数と棟数にあまり差が出ないと考えられる木造住宅に限定して被害率を推定することにした。

地震当時の柏崎市の全木造住宅棟数 30,276 棟⁴⁾を、住宅土地・統計における木造住宅戸数の分布をもとに、設定した各年代グループに分配した。なお、建築年代不明の住宅については、各年代に比率に応じて分配した。以上のように推定した建築年代別住宅棟数を母数に被害率を算出し、結果を図-5に示す。これより1970年以前に建てられた木造住宅は半壊以上率が約40%と最も高く、それ以降、年代が新しくなるにつれて被害率が低くなるという傾向が得られた。また、大規模半壊以上や全壊に関して、年代区分で比較しても1970年以前の住宅の被害率が高く、年代区分が新しくなると減少していく傾向が読み取れる。

既に問題点として取り上げたように、現在、広く行われている地震被害想定や地震危険度調査においては、建物の年代区分は、1981年以降のものを「新耐震」として一括りしている。しかし、住宅棟数において「新耐震」はすでに過半数を越えており、ここで示したように、同じ新耐震区分においても、明らかにその年代細区分で被害率に大きな差が出ている。もちろん、この被害率の差は、単に老朽化だけが理由ではなく、新耐震基準の細かな変化による影響もありうるということを念頭に置く必要がある。いずれにせよ、建物、とくに木造住宅における被害関数の区分として、建築年代を細分化する必要があると考えられる。

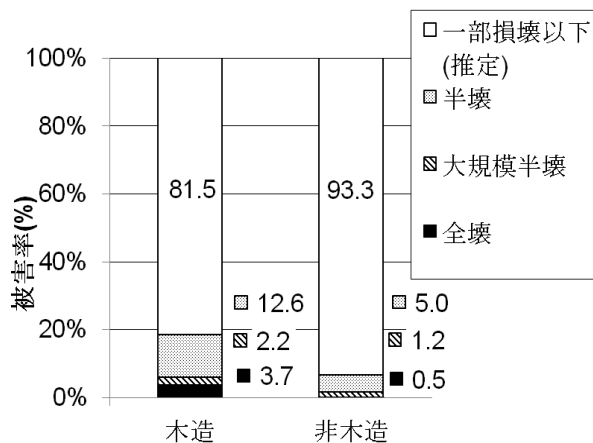


図-4 構造別の住宅被害率

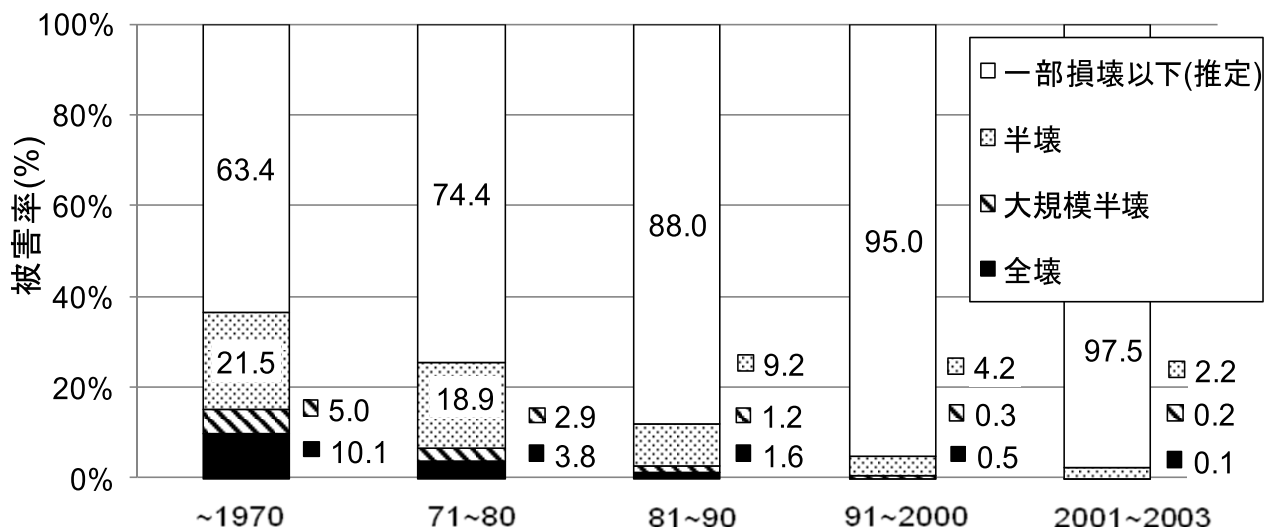


図-5 建築年代別の木造住宅被害率

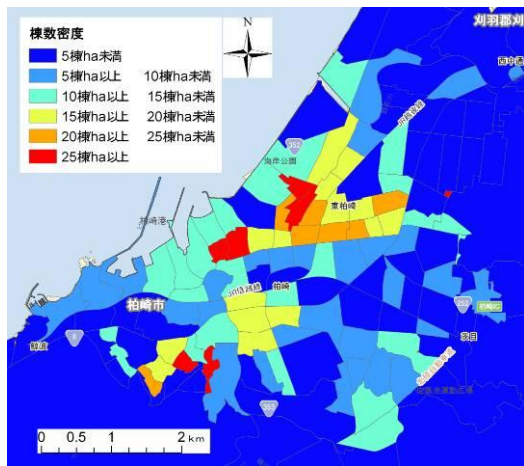


図-6 町丁目毎の棟数密度分布

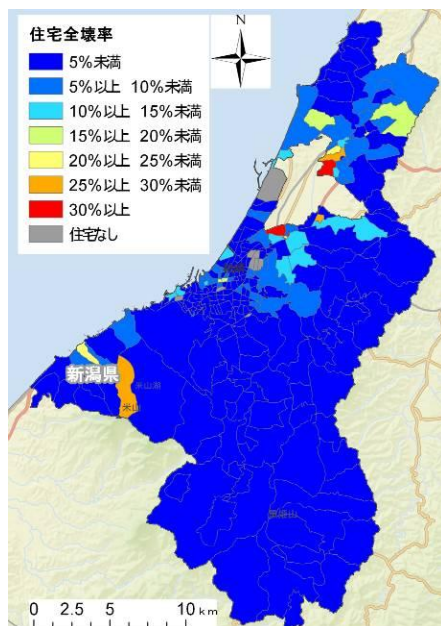


図-7 町丁目毎の住宅全壊率分布

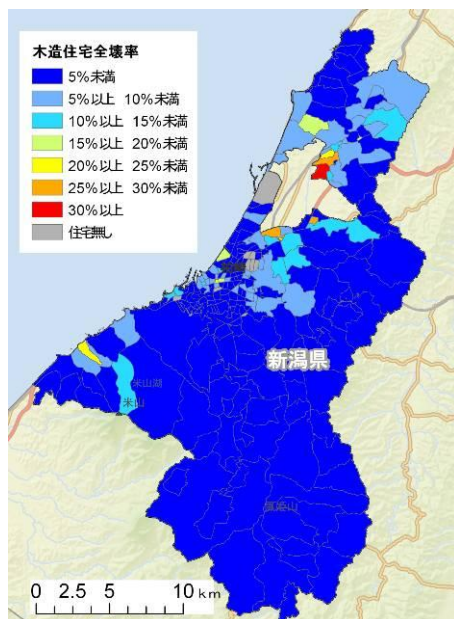


図-8 町丁目毎の木造住宅全壊率分布

(3) 住宅被害分布

ここからは、住宅被害の空間分布を調べるために、地理情報システム(GIS)を用いた検討を行う。はじめに、罹災データに属する住宅、すなわち被災(一部損壊以上)住宅の所在地情報をもとに、総務省統計局より入手した数値地図上に表示した。柏崎市は旧市街地の三方を山に囲まれ、北西部は海に面している。2005年の市町村合併に伴い、刈羽村を囲む形で西山町、市の南部の高柳町が合併された。

本研究では、母数となりうる調査データに建物種類、構造、建築年代といった建物属性情報がないために、任意の地域における被害率を算出するのが困難である。そこで、柏崎市役所より家屋課税台帳を基にした全264町丁目における住宅棟数を提供していただいた。また、町丁目毎に分析することは、被害分布を定量的に考察するために有効であると考えられる。こうして得た町丁目の情報を、統計局特別ウェブサイト⁷⁾よりダウンロードした、柏崎市町丁目境界地図にを入力した。また、扱う被災区分については、前節と同様に半壊以上の住宅のみとし、一部損壊と無被害の住宅を一部損壊以下としてまとめた。また、今後の構造・建築年代を考慮した分析に向けて、課税台帳データに納められている半壊以上の被災住宅を扱うこととする。

まず、柏崎市の住宅棟数の分布を把握するため、全町丁目の棟数密度を5棟/ha区分ずつ色分けした。図-6は柏崎市の中心市街地を拡大したものである。25棟/haを超える町丁目は4町丁目であった。なお、この地図上に含まれていない他の町丁目は全て5棟/ha未満であった。このことから、柏崎市の地域性が分かる。

以上のこと踏まえ、町丁目毎の住宅棟数と課税台帳データの被害住宅棟数から被害率(全壊率、大規模半壊以上率、半壊以上率)を算出した。図-7は全壊率をGIS上に表示したものである。北東部の空白の部分は刈羽村である。この図からは、北部の刈羽村の周辺で全壊率が30%以上の町丁目が見られ、市の西部にも全壊率が高い町丁目が見られる。逆に、図の中央の中心市街地、市の南部から東部にかけての地域では、全壊率が5%未満の地域がほとんどであった。またここでは表示していないが、大規模半壊以上率、半壊以上率の分布についても、全壊率とほぼ同様の地域で高い値となった。ここで示した半壊以上率の分布は、古屋ら⁸⁾が作成した、罹災証明の結果をもとにした町丁目毎の半壊以上住宅の割合の分布とほぼ同じ分布となった。

次に、木造住宅の被害率の分布を考察する。被災木造住宅については課税台帳データから抽出することが出来る。しかし、我々は町丁目毎の全木造住宅棟数のデータを保有していない。そこで、柏崎市全体の住宅棟数31,839棟⁴⁾と木造住宅棟数30,276棟⁴⁾との比率を用いて、各町丁目の住宅棟数にその比率0.95(=30,276/31,839)を乗じて、各町丁目の木造住宅棟数とした。こうして推定した木造住宅全壊率の分布を図-8に示す。図-7と比較すると、値が高い地域や町丁目分布はほとんど変わらないことが分かった。これは、全壊率だけでなく、大規模半壊以上率や半壊以上率の分布を見ても同様であった。しかしながら、今回は住宅のうちの木造住宅の割合を全ての町丁目と同じと仮定しているが、実際は各町丁目での割合は異なるという点に注意すべきである。

(4) 土地条件や地震観測値を考慮した検討

以上のように被害率の分布に差が出る要因として、建

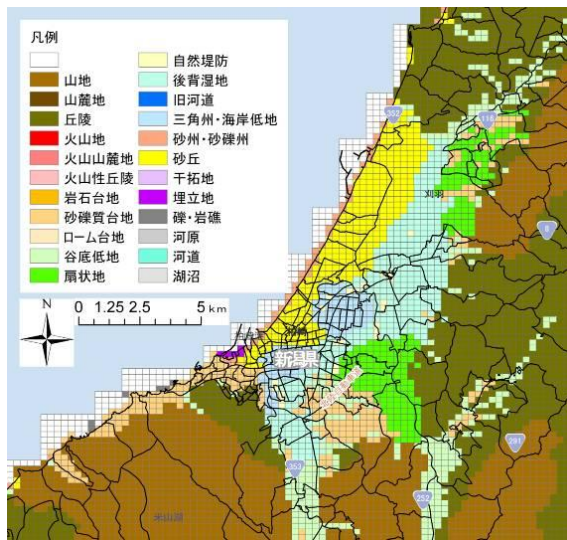


図-9 柏崎市の地形・地質条件

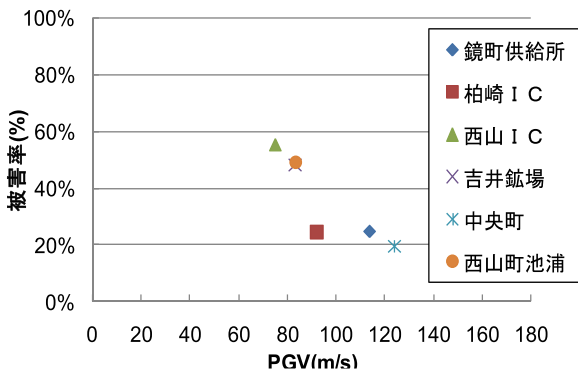


図-10 各観測点の実測値と周辺(半径300m)町丁目の木造半壊以上率

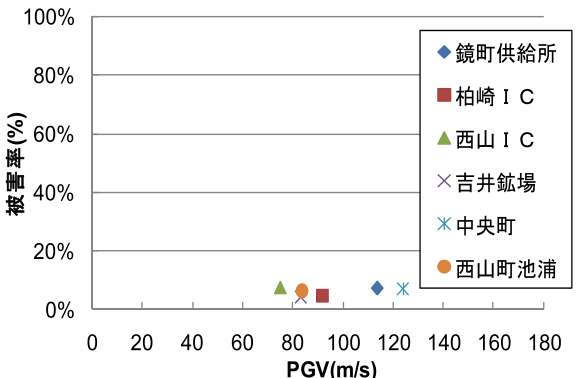


図-11 各観測点の実測値と周辺(半径300m)町丁目の木造全壊率

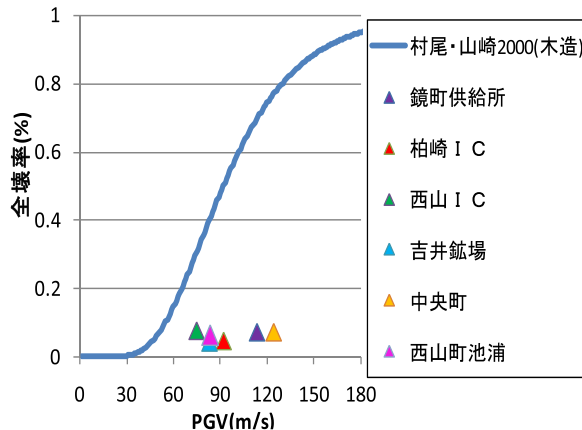


図-12 兵庫県南部地震における建物被害関数¹⁾との比較

物の構造強度や固有周期などの建物の諸要素や、主として地盤条件による地震動増幅率の違いによる地震動分布の違いなどがあげられる。建物の構造については論じてきたが、建物固有周期については情報不足であるため本研究では扱えない。地震動分布は、建物被害関数を構築する際には、詳細なものが必要となるが、本研究ではごく簡単な地形・地質に基づく地盤分類と、柏崎市に数ヶ所ある地震観測点における最大速度(PGV)の実測値を考慮した検討を行った。

まず、地盤分類と住宅被害率の関係性について検討を行う。本研究では、若松・松岡⁹⁾が構築した日本の地形・地盤デジタルマップを用いる。地形・地盤条件は250mメッシュで構成されており、25項目に分類されている。柏崎市は14種類の土地条件が存在し、上で述べたように市の大部分を山地、山麓地、丘陵が占め、その間を縫うように谷底低地が入り込んでいる。図-9は中心市街地から北部の刈羽村周辺を含んだ土地条件図である。中心市街地では砂丘、砂礫質台地、三角州、砂州、埋立地、扇状地などが点在している。一般的に地震に対しては、形成時期が新しく地形面が細粒な材質ほど軟弱地盤で、地下水位が浅い地域で被害が大きくなる傾向がある。土地条件としては砂丘、埋立地、盛り土、後背湿地などがそれにあたる。逆に、扇状地、砂礫質台地、砂州・砂堆などでは被害が小さくなる傾向がある。

以上のことを踏まえて、今回被害が大きかった地域を中心に比較した。埋立地や砂丘などの軟弱地盤に含まれる町丁目における被害率は、他の土地条件の町丁目と比べ高い傾向が見られた。しかしながら、とくに刈羽村周辺から北部の旧西山町にかけては、扇状地や砂礫質台地といった比較的強い地盤においても住宅の被害率が高い傾向が見られた。このような事実は、大塚ら¹⁰⁾による新潟県中越地震における旧長岡市の建物被害と土地条件の分析においても報告されている。本研究では目視による簡単な比較であるため相関を見つけ出すには至らなかったが、地質・地盤条件が大きく影響を与えるのは地震動の増幅率、すなわち揺れの強さであると考えられる。

次に、揺れの強さと被害の大きさの関係を把握するために、柏崎市に11か所設置されている地震計の観測値とその周囲半径300m、500mの円内に含まれる町丁目の被害率について検討を行った。11か所の観測点のうち、他の観測点と近接しているものや、以下に示す条件に当てはまる町丁目がある町丁目には、検討対象から外すまたは代表としてどちらか一方の値を用いた。このようにして検討対象とする6か所の観測点を抽出した。

次に、観測点周りの町丁目として、それぞれの観測点の周囲半径300m、500mの円と共通部分を持つものを抽出する。円の面積に対し、町丁目の面積が大きくなりすぎると防ぐため、面積が350ha(半径500mの円の面積の約5倍)を超えないものを選択する。そして、それらの町丁目の住宅棟数、被災住宅棟数(半壊以上、大規模半壊以上、全壊)、木造住宅棟数、被災木造住宅棟数(半壊以上、大規模半壊以上、全壊)を合計する。ただし、抽出した周囲の町丁目、円に対して広くなり過ぎないように、それらの面積の合計が400haを超えた場合、観測点から最も距離がある町丁目を外すこととする。以上の過程で、それぞれ被害率を新たに算出した。なお、各町丁目における木造住宅棟数は、前節で求めたものを使用する。図-10、図-11は木造住宅(半径300m以内)の半壊以上率・全壊率と最大速度(PGV)の観測値との関係を示したものである。一般的には最大速度が大きくなるほ

ど被害率が高くなるはずである。図-11 の全壊率ではわずかではあるがその傾向が見られた。しかしながら半壊以上率（図-10）では、逆に PGV が大きくなるほど被害率が低くなるという結果になった。なお、非木造も含む住宅全体の半壊以上率及び全壊率においても、これらの図と同様の結果になった。そこで、考慮する町丁目の範囲を拡大するために、周囲半径 500m において同様の計算をしたが、どの項目についても、周囲半径 300m における各値と大きな変化は見られなかった。このような結果になった大きな原因の一つとして建築年代の影響が挙げられる。前節で述べたように、建築年代が被害の大きさに与える影響は大きい。しかしながら、本データにおいて建築年代の情報は半壊以上の住宅についてのみであるため、これを裏付ける検討結果は得ることが出来なかった。一般的には、古い建物が密集する地域では、小さな揺れでも多くの建物が被害を受ける危険性がある。逆に、耐震化の進んでいる地域であれば、大きな揺れに対しても被害率が抑えられる。次に考えられる理由として、柏崎市には面積の広い、もしくは住宅棟数の少ない町丁目が多く存在する。そのため、今回用いた観測点周囲半径 300m の範囲に共通部分を持つ町丁目を抽出する手法では、結果に偏りが出てしまう恐れがある。今後は観測点周りの建物の抽出方法を再考するとともに、建築年代の情報を取り入れた分析が必要であるといえよう。

最後に、この地震における住宅被害率と PGV との関係と、兵庫県南部地震における神戸市灘区の被害データに基づく建物被害関数²⁾（木造建物全壊率）とを比較した（図-12）。これより、同じ PGV であっても被害率は本研究のデータの方が大きく下回っていることが分かった。しかし、新潟県中越沖地震では、大規模半壊という被害区分が加わったことに加えて、被災度判定基準も兵庫県南部地震の頃から変わってきたことも理由として指摘できる。また、兵庫県南部地震以降の耐震化推進の成果も1つの要因とは考えられるが、残念ながらこの差異を十分に説明できるほどとは考えにくい。

4. まとめと今後の展望

本研究では、2007年新潟県中越沖地震における柏崎市の建物被害について分析を行った。まず、被害があった建物の分類を行い、非住宅よりも住宅の被害程度が高いことが分かった。次に、検討対象を住宅に絞り、構造別被害率の算出や建築年代別被害率の推定を行い、過去の地震被害と同様の、妥当な結果を得ることが出来た。とくに、木造住宅の半壊以上率は、建築年代区分ごとに大きく差が出る結果となった。とくに新耐震に区分される1981年以降の木造住宅でも、10年刻みの細年代区分によって大きく異なる被害率となり、今後の被害想定における建物年代区分の設定を再考する必要があると指摘された。

つぎに、柏崎市における住宅被害の空間分布を算定した。得られた被害率分布を地形・地質条件を比較したが、具体的な関係を導き出すまでには至らなかった。また、柏崎市に設置されている各地震観測点における最大速度とその周辺の町丁目の住宅半壊以上率、全壊率との関係を分析したところ、全壊率ではわずかではあるが、最大速度の増加とともに被害率の増加傾向が見られた。しかし半壊以上率では、最大速度が大きくなると、逆に被害率が減少する結果となった。また、木造住宅全壊率は、

兵庫県南部地震から導かれた被害率曲線と比べ、大きく下回る値であった。

今後さらに正確で実用的な分析を進めるために、今回は推定した木造住宅棟数や、扱えなかった鉄筋コンクリート造や鉄骨造などの非木造の建物や地上・地下階層、延べ床面積などの建物諸要素の情報など、より正確な母数入手することが前提である。また、そこから得られた被害率分布を、GISを用いて推定地震動分布と比較することで、新たな建物被害関数の構築に結び付けたいと考えている。

謝辞

本研究で使用した建物データは、柏崎市役所税務課及び中越沖地震関連デジタルデータ利活用協議会より提供して頂きました。記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 損害保険料率算出機構：地震保険研 8，自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査，被害予測手法の整理，pp. 69-262，2006。
- 2) 村尾修，山崎文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数，日本建築学会構造系論文集，第527号，pp.189-196，2000。
- 3) 中央防災会議：東南海，南海地震等に関する専門調査会（第10回）参考資料，2003。
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/10/sankou_siryou.pdf
- 4) 柏崎市：柏崎市統計年鑑，平成21年度版，2009
http://www.city.kashiwazaki.niigata.jp/detail/toukeinenkan_h19.html
- 5) 新潟県：平成19年新潟県中越沖地震被害状況，2010
http://www.pref.niigata.lg.jp/HTML_Simple/340/782/higai2207121500,0.pdf
- 6) 山口直也，山崎文雄：西宮市の被災度調査結果に基づく建物被害関数の構築，地域安全学会論文集，No. 2，pp. 129-138，2000。
- 7) 総務省統計局，独立行政法人統計センター：地図で見る統計(統計GIS)，統計表各種ダウンロード，柏崎市世界測地系平面直角座標系・shape形式
<http://www.e-stat.go.jp/SG2/toukeichiri/Download.do>
- 8) 古屋貴司，林春男，浦川豪，藤春兼久，田村圭子，井ノ口宗成，坂井宏子，糠塚正文：すまいの再建に向けた災害対応業務支援のための地図の実践的活用－2007年新潟県中越沖地震発生後の柏崎市地図作成班の活動を通じて－，地域安全学会論文集，No. 10，pp. 301-310，2008
- 9) 若松加寿江，松岡昌志：地形・地盤分類250mメッシュマップ全国版の構築，日本地震工学会大会-2008梗概集，222-223，2008。
- 10) 大塚悟，藤澤誠二，落合弘和，磯部公一，高原利率：新潟県中越地震における家屋被害と地形分類の相関分析，土木学会論文集A1（構造・地震工学）[特]地震工学論文集，Vol.66，No.1，414-424，2010。

(原稿受付 2011,6,5)
(登載決定 2011,9,10)