

平成19年（2007年）中越沖地震による木造住宅の被害調査

誌名	富山県農林水産総合技術センター木材研究所研究報告
ISSN	18833683
著者名	園田,里見 中谷,浩 長谷川,益夫 柴,和宏 秦,正徳
発行元	富山県農林水産総合技術センター木材研究所
巻/号	1号
掲載ページ	p. 6-17
発行年月	2009年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



平成19年(2007年)中越沖地震による木造住宅の被害調査

園田里見, 中谷浩, 長谷川益夫, 柴和宏, 秦正徳*

Damage to Wooden Houses by the Niigatoken Chuetsu-oki Earthquake in 2007

Satomi SONODA, Hiroshi NAKATANI, Masuo HASEGAWA,
Kazuhiro SHIBA, Masanori HATA*

平成19年(2007年)中越沖地震で被害の大きかった柏崎市を中心に木造住宅等の被害調査を行なった。また、柏崎市内の一部地域で建物被害の悉皆調査を行った。被害と建物の特徴との因果関係は能登半島地震をはじめとする既往の知見と概ね一致した。古い家屋や土蔵に被害が多くみられたが、新しい建物や補強に配慮された建物の被害は少なかった。現行の耐震基準で概ね木造住宅の耐震性が確保できることが示唆された。また、随所で著しい腐朽・蟻害がみられ、北陸地域における維持管理・補修の重要性が再認識された。臨海地域で脆弱な地盤であったことから被害地域内に多くの地盤被害がみられた。石造の塀等や2次部材の被害がみられ、安全対策の必要性が再認識された。高齢者世帯の耐震対策の促進の重要性が示唆された。

1. 緒言

2007年3月25日の平成19年能登半島地震から間もない同年7月16日に死者と多くの被災者を出した平成19年(2007年)新潟県中越沖地震(以下、中越沖地震と略す)の本震が発生した。震源から最も近い人口密集地である柏崎市を中心に家屋、社寺、工場、公共施設、原子力発電所などの建築物、工作物、付帯設備に大きな被害が発生し、多数の家屋が倒壊した。また、地盤被害も著しく、電気、ガス、水道、道路、鉄道などの社会基盤に大きな損傷を与えた。北陸地域における地震対策の重要性と課題が浮き彫りとなった。この地震では能登半島地震に続き、富山県においても広い範囲で震度3を、一部地域で震度4を観測した。短い調査期間ではあったが、同震災の被害調査の機会を得たのでここに報告する。

2. 中越沖地震の概要

中越沖地震の本震の概要を表1に示す。本震の規模や最大震度、発生時刻、地方市街に隣接した沿岸

での発生、木造家屋に被害を与えやすい周期帯に大きい振幅を持つ点など能登半島地震とは共通点が多い。地震動の詳細や被害統計については、本稿執筆時点で速報や報告¹⁻³⁾が出されているので割愛する。

表2に示すように、旧柏崎市では昭和56年(1981年)の新耐震基準適用前に建築された住宅の割合(45%)が同県内の大都市である旧新潟市(36%)と比べて多い。能登半島地震の被害地である旧輪島市や旧七尾市と比べるとこの割合は低いものの、震源に近かった柏崎市街は住宅戸数が多く、住宅密度が比較的高いため、被害規模が大きくなったものと予想される。ちなみに、旧柏崎市の築年代構成は旧富山市と同程度である。

能登半島地震の被害⁴⁾と同様に、地震動の大きかった地域は概して(剛性の低い建物が共振しやすい)脆弱な地盤にある上、劣化とともに、建築計画時の耐震性の低さが「古い木造住宅の被害が多い」という特徴を生む要因となったと推察される。なお、柏崎市における建物の築年代と被害程度の関係につい

*富山大学芸術文化学部

ては、全悉皆調査データを元に岡田²⁾がより詳細な分析を報告している。本稿でも6章で考察した。

表1 中越沖地震本震の概要¹⁾

発生時刻	2007年7月16日10時13分
発生場所	新潟県上中越沖 (37° 33.4'N 138° 36.5'E) 深さ17kmの地点
地震規模	マグニチュード6.8
最大震度	震度6強 ^{*1} (新潟県 長岡市小国町法坂, 柏崎市中央町, 柏崎市西山町池浦, 刈羽村割町新田、長野県飯綱町芋川) (富山県内は舟橋村, 氷見市で震度4)
最大加速度	1018.9gal ^{*2} (柏崎市西山町池浦)

※1 柏崎刈羽原発内では震度7が観測された。

※2 最大加速度は3成分合成値

表2 被害地域の木造住宅の築年代

築年代	柏崎市	新潟市	富山市	輪島市	七尾市
住宅のうち木造の割合	91%	75%	67%	91%	87%
木造住宅の総戸数	26,380	153,730	78,700	8,000	13,760
S35以前					
S36~45					
S46~55					
S56~60					
S61~H2					
H3~7					
H8~12					
H13~15.9月					
S55以前の割合	45%	36%	50%	71%	53%
改修済み割合 [*]	2.6%	2.5%	2.0%	3.0%	2.1%

※Sは昭和(年)、Hは平成(年)。
 ※平成15年土地家屋統計に基づく(市名は当時の区分)。
 ※ここでいう木造住宅は、木造と防火木造の合計。
 ※改修済み割合は持ち家木造に対する耐震工事を行った住宅の割合。

3. 調査の方法

本震発生直後より一般報道のほか、インターネット上で様々な速報が公開された。これらの情報を元に、図1に示すように、本震発生から約2週間後の平成19年7月31日に柏崎市中心市街を、翌8月1日に同市街、柏崎市北部、刈羽村を主として木造家屋を中心に被害調査を行なった。

調査は建物外部から観察できる範囲に留まったが、一部で居住者の好意により、聴き取りや内部の被害状況の観察を行なったものもあった。

また、日本建築学会の悉皆調査の一部として、古い住宅街である柏崎市東本町の一部地域で被害建物の悉皆調査を行った。この調査については後述する。

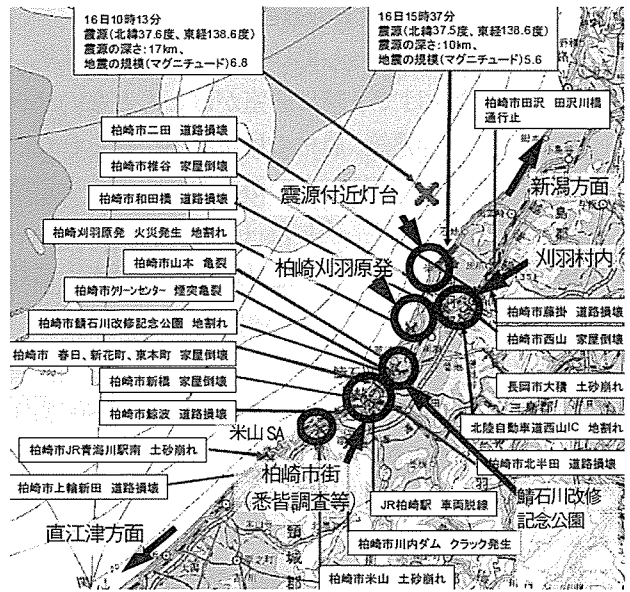


図1 調査地域

※国土地理院作成災害概況図(速報5)の一部に調査地を記入。

4. 調査結果

4.1 被害の概要

今回の地震では震源から最も近い人口密集地である柏崎市を中心に家屋、社寺、工場、公共施設、原子力発電所などの建築物・工作物に大きな被害が発生し、多数の家屋が倒壊した。また、地盤被害も著しく、電気、ガス、水道、道路、鉄道などの社会基盤に大きな損傷を与えた。

被害の概要は以下の通りであった。

- 能登半島地震⁴⁾ほどではないが、地域的に古い家屋・土蔵が多く、被害が著しい。特に柏崎市街では、土蔵を転用もしくはこれに類似した土蔵造りと呼ばれる古い木造家屋が多い。
- 外観を改装しているものの、躯体が古いままの家屋・店舗が散在し、被害を受けている。
- 間口開口が広く、偏心と壁量不足が顕著な店舗に被害が著しい。
- 海岸に近い砂丘地帯であり、シロアリ被害がみられる。
- 新しい建物は被害が極めて少ない。
- 被害家屋のなかには、平成16年中越地震被害による改修歴のある建物がみられる。
- 外観上は被害軽微ながら、建物内に入ると躯体接合部に被害が及んでいる建物がみられる。
- 地盤が軟弱な砂丘地帯が多く、地盤被害が多い。

4.2 伝統的な木造構法の被害

伝統的な木造構法としては、土蔵、土蔵造り住宅、2階部が吹き抜けて2階に居室がほとんどないサシヅクリ^{2,3)}、社寺建築、農村の民家などがみられた。また、積雪時の利便性のためか、複数の建物を道路側から桁行き方向に接続した（構造的には必ずしも接続されていない）細長い連棟的な町屋が市街に散見された。

外装を金属サイディングなどにより更新したものの、躯体には十分な補強・補修を行っていない家屋が多くみられた。外観だけでは（躯体接合部の木部のめり込み抵抗と土塗壁に水平耐力を依存する）伝統的構法なのか、（筋かいなどの耐力壁に水平耐力を依存する）木造軸組構法なのかは判別し難かった。ここでは、外観意匠から判別できたもの、土塗壁が確認できたもの、木造の社寺建築等を伝統的な木造構法とした。この中では土塗壁による判別が最も多かった。被害が集中した理由は、以下のように推察される。

- ① 耐震性の低い旧基準に従って建造された。
- ② 耐力要素となる壁が少なく、開口部が多い。
- ③ 築年代が古く、シロアリ被害・褐色腐朽が著しい（メンテナンスが不十分）。

4.2.1 漆喰・塗り土の亀裂・剥落・脱落

サイディング外装が多く、漆喰塗りの外装をあまり見受けなかったため、漆喰外壁の被害は能登半島地震⁴⁾に比べ目立たない。郊外の民家で漆喰外壁の被害がみられた（図2）。

サイディング被覆により、土塗壁か否か判断し難い建物が多いが、外装や塗土が脱落すると内部が露出する。土塗壁は耐力要素なので、脱落した建物の残留変形は大きい（図3）。また、シロアリの食害痕や褐色腐朽が見つかることから、生物劣化による塗土の付着能力の低下が懸念される。



図2 漆喰の剥落（刈羽村）



図3 振動や塀への衝突による塗土の脱落（柏崎市）

4.2.2 大変形ならびに転倒・倒壊

伝統的な構法は、概して変形能が大きく、水平剛性が低いという特徴がある。前述のように土塗り壁を用いた古い被害住宅では大きな残留変形が散見された（図4）。

一方、社寺建築は転倒が多く見られた（図5、6）。今回の地震では柏崎市中心部にある社寺の本殿・本堂の6割が応急危険度判定で「危険」と判定された⁵⁾。このような建物は壁量が少ない上に、小屋重量が大きく、柱・横架材、柱脚・土台・基礎の緊結がないため、大変形後にP- δ 効果により転倒もしくは倒壊に至ったと推察される。

柏崎市内の由緒有る酒造会社の敷地内には、大正から昭和初期に建造された酒蔵などの土蔵造り建築が多く使われていた。建築史的にも貴重なこれらの建築の多くが倒壊・大破した（図7）。写真左下の大きな建物は昭和12年築の西蔵（長さ36間×巾10間の木造瓦葺の土蔵造り）で、震災後に鉄骨造で再興されている⁶⁾。

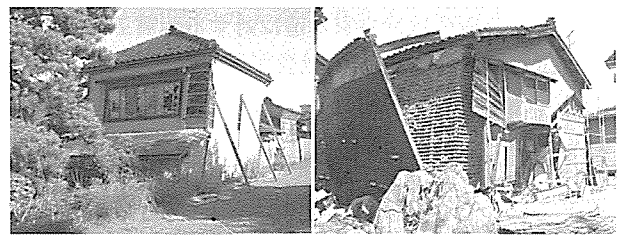


図4 土塗壁家屋の大きな残留変形（柏崎市）



ア) 本堂の倒壊 イ) 鐘楼堂の倒壊

図5 開光寺の被害（柏崎市西本町）

※本堂は中越地震で屋根を葺き替えていた。



ア) 本殿の倒壊 イ) 拝殿は変形・脚部移動
 図6 柏崎神社の被害(柏崎市西本町)

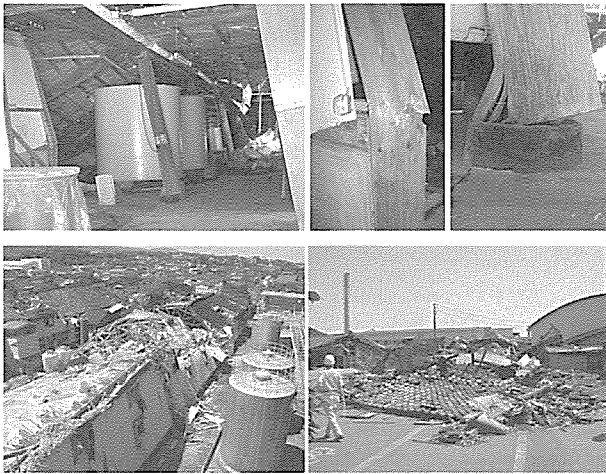


図7 酒造工場の伝統的な建築群の被害(柏崎市)

4.3 開口部の過多や壁量不足の家屋・建物

柏崎市街では、表通りに面した店舗併用住宅の被害が多くみられた。いわゆる町屋である。杉山⁷⁾は鳥取地震(1943年)の被害を例に、町屋の被害原因として、次の3点を挙げている。

- ① 軟弱な地盤
- ② 建物の耐震計画の不十分さ(過大な全面開口など)
- ③ 柱脚の腐朽

これまでの地震でも同様の被害が多数報告されてきたが、先の能登半島地震⁴⁾や今回の地震も例外なくこれらの被害原因が確認された。また、納屋・車庫・倉庫なども構造的に同様の危険性があり、被害も多くみられた。図8の店舗併用住宅は桁行き(奥行き)が深く、後部構造の耐力で倒壊を免れた。基礎は布石式で、構法や築年代はかなり古いと思われる。前面を改装しているが、開口脇が腐朽し、耐久対策や維持管理が十分とはいえない。

図9の店舗も図8の併用住宅と同様だが、分担できる耐力要素に乏しく、倒壊した。隣接する建物との間の通気が悪く、生物劣化が著しい。

専用住宅においても開口過多で特定方向の壁量が

著しく不足するものに顕著な残留変形や倒壊がみられた。1階頂部の柱折れや接合部の損傷もみられる(図10)。

刈羽村などの郊外の納屋や車庫は、同一敷地内の母屋に比べ被害が大きくなる傾向がみられた(図11)。利便性のために開口を採りすぎ、壁量が不足したと推察される。

図12の木材加工場は、聴き取りによると昭和初期に建設されたもので、部分的に頼杖によるラーメン的な補強がみられたが、全体として水平耐力不足で倒壊した。なお、被災時には製材会社が既に閉鎖され、加工場は操業していなかった。



図8 店舗併用住宅の被害(柏崎市東本町)



図9 店舗の被害(柏崎市閻魔堂通り商店街)



図10 開口過多や壁量不足の専用住宅の被害(柏崎市)

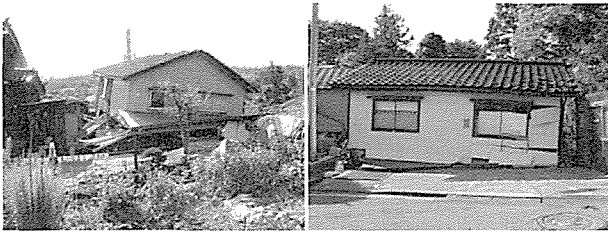


図11 納屋や車庫の被害（刈羽村、西山町）



図12 木材加工場（柏崎市）

4.4 部分的な破壊

4.4.1 下屋などの破壊

積雪時の利便性の為か、2階建て住宅に離れや車庫を下屋的に連結させた例が多く見られた。このような構造は、本体と下屋の高さが異なるため、固有周期が異なり、両者の境界で破断しやすくなる⁸⁾。下屋部分と本体の水平構面の一体化が必要だが、被害住宅ではこのような措置は見られなかった。さらに、下屋部分の開口部が多く、接合部も簡易なため、水平耐力はかなり小さいようであった。結果、下屋のみが倒壊している事例が刈羽村や西山町の郊外で散見された（図13）。

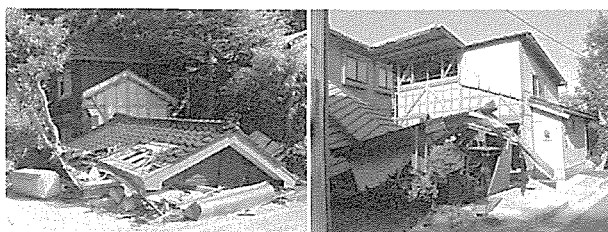


図13 下屋部分の倒壊（西山町、刈羽村）

4.4.2 小屋組みの崩壊

木造住宅の被害では、1階や開口部周辺の被害が一

般的であるが、希に小屋組みに集中的な被害がみられる。本調査では刈羽村内でこのような事例がみられた（図14）。同様の被害例は中越地震⁹⁾や能登半島地震⁴⁾でもみられ、次のような共通点がある。

- ① 比較的古い構法（和小屋組とおもわれる）。
- ② 瓦葺きで屋根重量がある。
- ③ 当地の震度や加速度が大きい。

破壊原因は、小屋梁接合部の崩壊や小屋束の踏み外しにより、小屋組が部分的に損傷し、重い屋根面が陥没したものと推察される。



図14 小屋組みの崩壊（刈羽村）

4.5 腐朽とシロアリによる被害

能登半島地震⁴⁾と同様に今回の調査でも、多くの被災住宅に褐色腐朽とシロアリの食害痕がみられた。雨水が浸入しやすい隅角部（図8、9、15）や柱脚（図16）に特に生物劣化被害が多い。町屋の店舗では間口の両脇の外装をタイル貼りなどに行っているが、劣化対策が不十分なため、雨水が滞留しやすく、顕著な生物劣化がしばしば観察された。

調査地域は顕著な被害をもたらすイエシロアリの分布北限を超え、主にヤマトシロアリの被害地域とされている¹⁰⁾。本調査ではシロアリ自体はみられなかったが、食害痕の特徴からヤマトシロアリによる被害と判断した。また、木材の強度を著しく低下させる褐色腐朽が、シロアリの食害痕と同時にみられるケースが多かった。これらの生物劣化被害の要因は次のように推察される。

- 調査地域が日本海に近い低地にあり、年間を通して湿潤で、気温が氷点下を下回りにくい。
- 調査地域は砂丘地盤で、マツ類が自生しやすく、シロアリの被害を受けやすい。
- 築年代が古く、劣化にさらされた期間が長い。
- メンテナンスが十分に行われていない。
 - ・定期的な防腐・防蟻処理がなされていない。
 - ・雨樋などの管理が不十分で、日常的な水がかりがある。

●耐久計画が不十分。

- ・通風が悪く、水分が滞留する。十分な防湿措置がとられていない。
- ・防腐・防蟻処理がされていない。

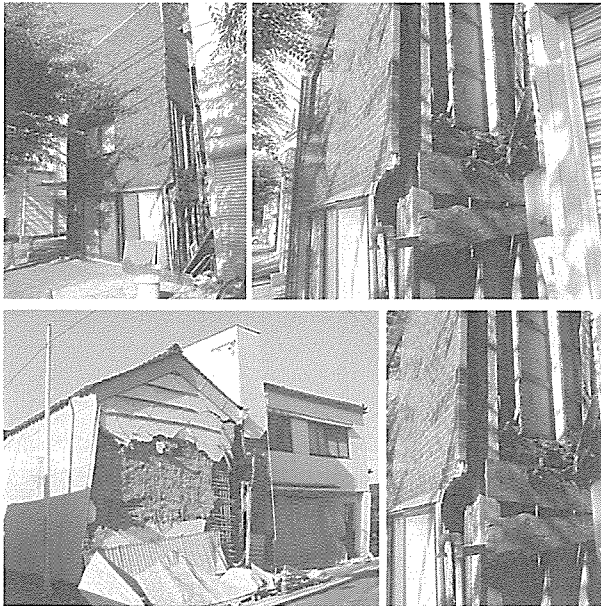


図15 店舗の隅角部の褐色腐朽とシロアリの食害痕（柏崎市）

※左側写真が外観。右がその劣化部。



図16 隅角部柱脚の腐朽・蟻害痕（柏崎市）

※左側写真が外観。右がその劣化部。

4.6 被害が軽微だった建物

今回の地震は震度6強という強い揺れが観測され、調査地域内では倒壊家屋も少なくなかった。一方で、前報⁴⁾、前々報⁹⁾と同様に、このような地域の中に構造的に無被害もしくは被害軽微な建物もみられた。被害差の原因については、局所的な地盤の影響の差を十分に検討する必要もあるが、被害軽微な建物は、概して築年代が新しく、構造計画上の耐震基準の高さが被害抑制に大きく影響したと考えられる。

以下に示した建物は、近隣で被害顕著もしくは倒壊した建物がみられたが、被害軽微もしくは無被害であった建物である。

図17は被害軽微もしくは無被害の戸建住宅で、築年代が新しい。図18は外観上、被害がありそうな建物であったが、内部に構造的な補強がなされており、被害軽微であった店舗である。図19は前出の酒造会社の工場敷地内の建物で、他の建物と同様に木骨に土塗り壁をした土蔵造りである。築年代は古いが、内部のトラスや頬杖などの耐力要素が多く、躯体に緊結されていると思われる屋内の大型機械装置も耐力に寄与したようである。土壁の一部に亀裂や剥落などがみられたが、同敷地内の他の建物に比べ、被害が著しく小さい。

参考として、鉄骨造は被害が少なかったが、規模や築年代からみて、構造方法の差というよりは構造計画の綿密さの違いといえる。図20は被害軽微もしくは無被害の鉄骨ラーメン構造で、築年代は比較的新しい。ピロティを含むものもあるが、ピロティに配慮した構造計画がなされたものと思われる。

外観上は被害軽微とみられる建物でも内部の躯体に破損や残留変形があり、建具や造作材に支障が現われた家屋は前報⁴⁾と同様にみられた。このようなケースはかなり多いと思われる。

また、このような建物でも免震・制振構造で無い限り、建物内部に伝わる振動を抑える効果は期待できないので、家具の転倒などの内部被害が起きたことは十分予想される。

外観被害調査に基づく耐震技術の検討は、人身の安全確保の点から極めて重要であるものの、近年指摘されているように、被災者の生活再建を主眼とした経済的被害を検討する上では、建物内部の被害調査も必要である。



図17 無被害・被害軽微な新しい住宅（柏崎市、刈羽村）

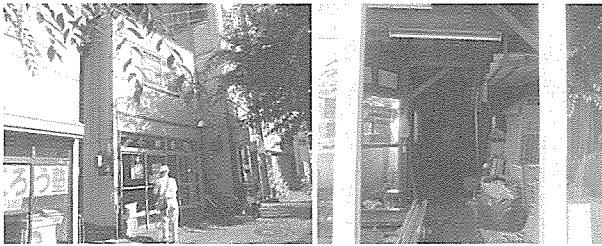


図18 補強により被害軽微な店舗（柏崎市）



図19 被害軽微な酒蔵（柏崎市）



図20 無被害・被害軽微な鉄骨造（柏崎市）

4.7 基礎の被害

柏崎市や周辺地域は砂地盤などの軟弱な地盤で、

基礎被害が多くみられた。また、古い簡易な基礎も散見された。能登半島地震に比べ基礎被害が多い印象を受けた。

図21に示すように、基礎被害の多くは、地盤亀裂からの伸展による基礎の亀裂であったが、ブロック基礎や無筋石造基礎などの簡易な基礎は概して被害が顕著で、ブロック基礎が脱落し、上屋の支持ができなくなるものも見受けられた。

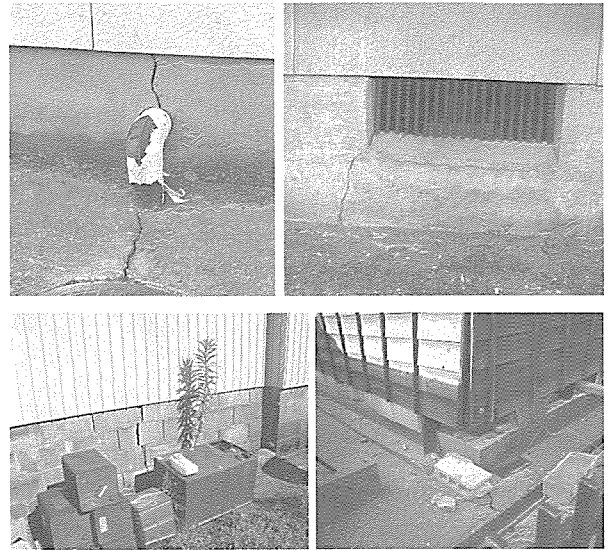


図21 基礎の被害（柏崎市、刈羽村）

4.8 地盤・斜面の被害

原因はやや異なるが、中越地震⁹⁾と同様に地盤被害が顕著であった。被害地域は砂丘や沖積層などの軟弱地盤で液状化しやすく、また、急峻な海岸が多いため、斜面被害が起きやすい地形である。

市街では、屋内土間の亀裂（図22）、宅地内の亀裂、道路の亀裂、沈下・陥没、噴砂などが随所にみられた（図23～25）。水道、鉄道、電力などの社会基盤にも随所で被害が及んだ（図26）。海岸沿いや斜面では、落石・土砂崩れによる道路の寸断が発生した。震源付近では加速度が大きかったためか、石造ベンチの座板の飛躍跡がみられた（図27）。海岸や河川周辺では顕著な地盤被害がみられた（図28）。特に、鯖石川改修記念公園では、地割れ、噴砂などの大規模な被害があった（図29）。同公園は柏崎市内の砂丘地帯を蛇行する鯖石川の中洲にある。液状化が多発し、随所に大規模な地割れ、噴砂痕がみられた。並行する地割れの間隔は周期的にもみられた。

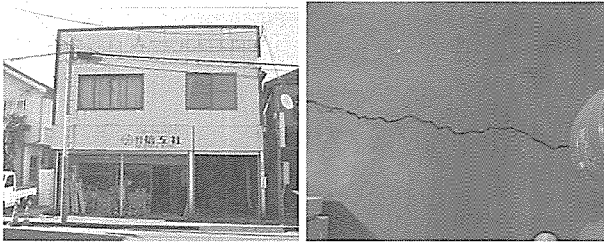


図22 屋内土間に現われた地盤被害（柏崎市）



図23 宅地に現われた亀裂や噴砂痕（柏崎市）

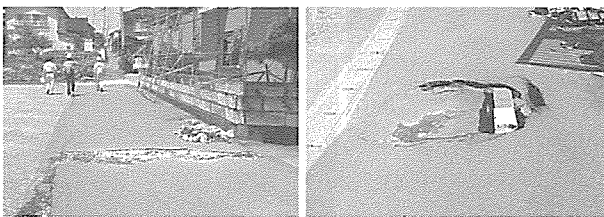


図24 住宅地の道路の亀裂、陥没（柏崎市）



図25 商業ビルの基礎・地盤被害（柏崎市）

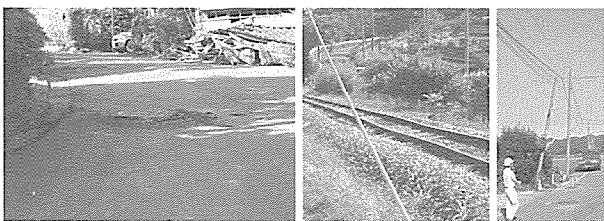


図26 マンホールの隆起、鉄道レールの褶曲、電柱の傾斜（刈羽村）

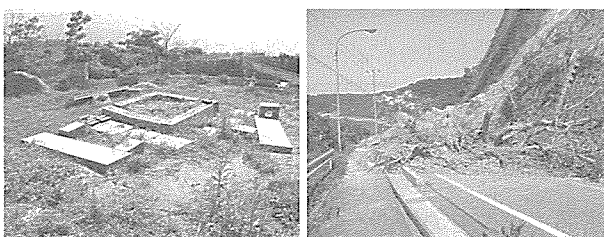


図27 コンクリートベンチ座板の飛躍、斜面崩壊による道路寸断（震源付近の灯台）

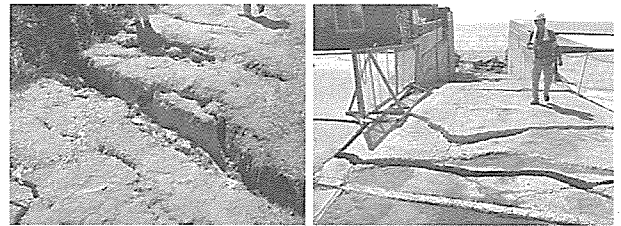


図28 アスファルト道の亀裂、砂地の亀裂、擁壁の崩壊、コンクリート構造物の沈下による曲げ破壊など（柏崎刈羽原発北辺の海岸）

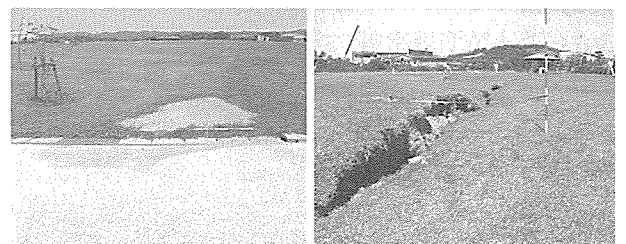
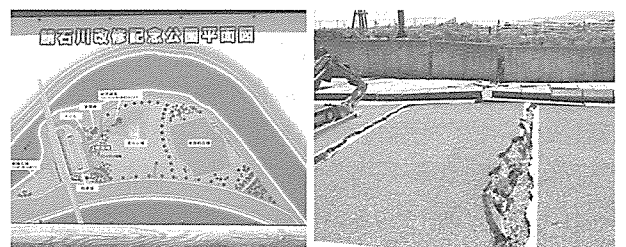


図29 鯖石川改修記念公園の著しい地盤被害

4.9 石造構造物や2次部材の落下・転倒

これまでの地震被害でたびたび報告されてきたよ

うに、ブロック塀、石塀、墓石、石灯籠などの転倒、瓦・外装材・看板・エアコン室外機などの落下、ガラスの破損など建物本体以外に地震時に危険な物は多く、今回の地震もその例外ではなかった²⁾(図30、31)。

調査中の聞き取りでは、平成16年の中越地震の経験からブロック塀の補強や外壁の補修をしていたという住民もいた(図32)。本報の調査地域では、今回の地震発生前に、中越地震の教訓から被害を受けやすい部分を積極的に撤去・補修していた可能性がある。そのためか、ブロック塀の転倒や外壁の落下は中越地震³⁾や能登半島地震⁴⁾に比べ、やや少ない印象を受けた。

一方、石造の塀、石灯籠の転倒は多くみられた。特に寺社内の石造構造物は転倒が著しかった(図30)。被害の著しい石造構造物には配筋がみられず、モルタルなどで接着した痕がみられたものもあるが、重量が極めて大きく、モルタル接着程度では転倒力には耐えられない(図33)。

以上のような部材の落下・転倒は、人的被害を生むほか、路上の障害物となり、消火や救助・支援活動の妨げとなる。瓦については業界団体が耐震工法を研究開発し、全国的に普及しつつある¹⁾。ブロック塀は配筋規定があるが、既存不適格なまま放置されている例は全国に数多い。また、石灯籠や記念碑などには統一された安全規定がない。従前から指摘されてきた点ではあるが、早急な対策と点検が必要である。

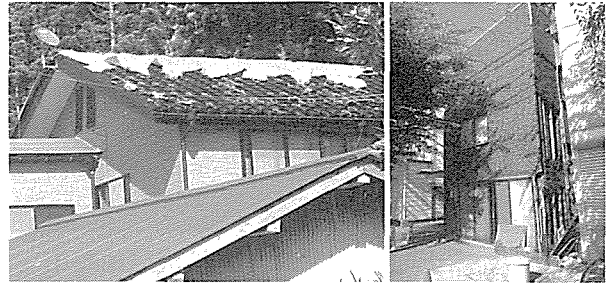


図31 落下の危険がある非構造材(西山町、柏崎市、刈羽村)



ア) 配筋で転倒を免れたブロック塀

イ) 中越地震後に配筋補強したブロック塀

図32 補強により転倒を免れたブロック塀(柏崎市)

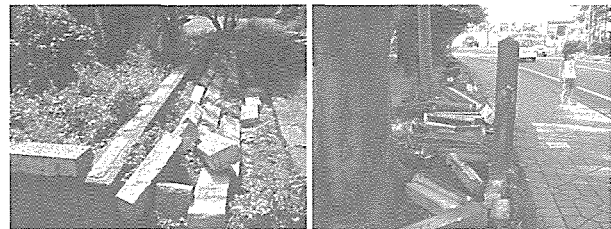


図33 無筋石造の塀柵の転倒(柏崎市)

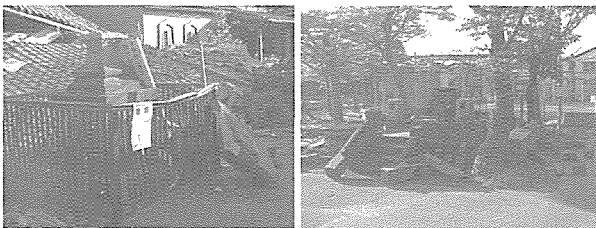


図30 石造物の転倒被害(柏崎市、刈羽村)

6. 悉皆調査による統計的傾向

6.1 調査方法の概要

これまでに述べた被害調査に伴い、地域を限定した悉皆調査も行った。この調査は日本建築学会の悉皆調査の一部として行った。調査方法の詳細は災害調査速報²⁾を参照されたい。本稿では、調査建物の被害程度(破壊等級)に図34のD-LEVELを用いた。本悉皆調査での構造や築年数の判別は、主に建物外観による調査者の視覚的な判定であり、建物個別の実情を厳密に確認したものではないことを断ってお

く。調査日時は2007年7月31日火曜日の午前中、調査地域は柏崎市東本町3丁目2,4,5,9の地域、調査棟数は80棟（倒壊・撤去を含む）であった。

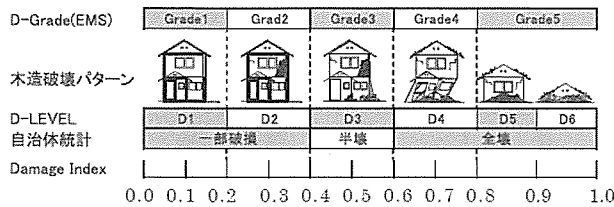


図34 各種被害尺度と対応関係

※岡田の報告²⁾より転載。

6.2 調査対象の概要

調査地は柏崎市役所に近い住宅街で、商用ビルや店舗併用住宅もあるが、調査建物の8割以上は木造で(表3)、築年代が表2の柏崎市全体より概ね古い。

不明1棟は聴取によれば、昭和30年築の木造と築30年の鉄骨造を連結した建物で、破壊等級1であった。なお、新耐震基準導入の昭和56年は築年数10～30年にあたる。

建築学会の悉皆調査は木造構法を細分しているが(表4)、本調査ではセガイツクリなどの伝統構法と判別できたものの他、土蔵造りや蔵を伝統構法や準伝統構法と判断した。壁式1棟は、聴取から木質パネルプレハブの戸建住宅で無被害であった。なお、在来には新潟県に特有な1層目RC造上に木造を載せた混構造的な3層2階建て構造¹²⁾を含んでいる。

表3 調査対象の築年数と構造

築年数	構造				合計
	木造	鉄骨造	RC造	その他	
30年以上	45	2		1	48
10～30年	16	6	1		23
10年以下	6	2			8
合計	67	10	1	1	79

※築年数・構造とも不明の1棟を除く

表4 調査対象の木造の内訳

築年数	構法				合計
	伝統	準伝統	在来	壁式	
30年以上	7	11	27		45
10～30年			15	1	16
10年以下			6		6
合計	7	11	48	1	67

6.3 被害程度の傾向

鉄骨造10棟は全て無被害、RC造1棟は破壊等級1であった。但し、RC造は宅地の変状が著しく、応急危険度判定で要注意宅地に判定されていた。

木造の被害程度と築年数の関係を表4に示す。概して無被害および全壊の割合が高いものの、築年数が大きくなるにつれ、被害程度の大きな建物の出現割合が増加する傾向がみられる。本データを含む全悉皆調査結果を対象とした岡田の報告²⁾では、築年代と被害程度により明確な相関関係がみられる。また、両者共通の傾向として、築年代によらず無被害の割合がある程度みられる。

これらの特徴の背景には、築年代が新しくなるほど建築時の構造規定の厳格に（設計耐震強度の平均値が高くなり、バラツキが小さく）なっている点、ならびに、建築後の管理状態の影響が古いものほど大きい（耐震強度を減じる劣化度の平均値が高くなり、バラツキが大きくなる）点が考えられる。鉄骨造、RC造、築10年以下の木造の被害程度が統計的に極めて小さいことは、この裏づけの一つといえる。

表5に築30年以上の木造の構法別内訳を示す。在来に比べ、準伝統・伝統は被害程度がやや大きくなる傾向がみられる。これは、伝統構法の残留変形が大きいことや、土蔵造りの被害が視覚的に顕著であったことに起因するとおもわれる。調査対象には築60年を超える木造も数件含まれているが、築100年程度の伝統構法の住宅で被害程度が小さいものもあった。30年以上の築年数での被害程度と築年数の関係は明確ではない。

本章の結論として、筆者らが行った地域の悉皆調査からは、概ね次のような傾向がみられた。なお、これらの傾向は過去の地震被害調査¹³⁾¹⁴⁾で報告されている傾向とも一致する。

- 築年数が増加すると、被害建物の出現率が増加する。
- 築年数に関係なく、被害の小さい建物の割合がある程度存在する。
- 設計時の耐震計画が十分な建物は、統計的に無被害もしくは被害軽微である。

表4 木造建物の被害程度の分布

築年数 破壊等級	10年 以下	10～ 30年	30年以上
6 全壊			22% ██████
5			2%
4		13%	9%
3 半壊			2%
2 一部 損壊	17%	6%	7%
1		19%	16% ██████
0 無被害	83% ██████	63% ██████	42% ██████
棟数	6	16	45

※%値は各築年数の棟数を分母とする。

表5 表4における築30年以上の内訳

破壊等級	構法	在来	準伝統	伝統
6 全壊	6	19%	27%	29%
5	5		9%	
4	4	4%	9%	29%
3 半壊	3	4%		
2 一部 損壊	2	4%		29%
1	1	15%	18%	14%
0 無被害	0	56% ██████	36% ██████	
棟数		27	11	7

※%値は各築年数の棟数を分母とする。

7. 今後の社会的な課題

阪神淡路大震災以降、地震災害対策が急速に進み、災害時の対応も高度化しつつある。今回の地震でもその成果は、新しい建物の被害の小ささや災害対策の迅速・適切さに現われた。新潟地震（1964年）や近年の中越地震の経験もあり、今回の地震発生前の新潟県内の耐震対策は全国的にみて、遅れているとは言い難い状況にあった。

しかしながら、今回の地震でも多くの建物が倒壊し、死者も少なくなかった。死者15名のうち9名の死亡原因は建物の下敷きによるもので、いずれも70歳以上の高齢者が犠牲となった。本調査では、築年代が古く、メンテナンスが不十分な住宅に顕著な被害がみられたことを述べたが、このような住宅の住まい手の多くが高齢者であったことが予想される。

耐震的に既存不適格な住宅は、防災面で、適切な更新や改修が必要である。しかしながら、核家族化・高齢化が進む現代は、高齢者単独世帯の一層の増加が見込まれ、自発的な住宅更新や改修が期待できない。特に地方では今回の地震にみるように、この問題は一層深刻である。大都市に比べ、北陸地方などの地方地域は、高齢化の割合も地震で被害を受けやすい旧耐震基準の住宅の割合も高い（図35）。

地震災害を抑制するためには、地方地域において、高齢者世帯を対象とした耐震対策の促進が今後の重要な課題の一つと言える。

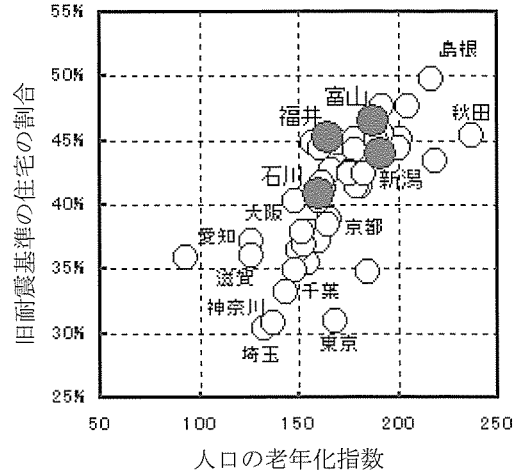


図35 旧耐震基準の住宅の割合と人口の老年化指数の関係

※ ●は、広義の北陸地域。

※ 縦軸は、平成17年土地家屋統計調査における建築の時期が1980年以前の住宅の割合。横軸は、平成15年国勢調査による。

老年化指数 = (65歳以上人口) / (0～14歳人口) × 100

8. まとめ

限定された条件下であったが、平成19年（2007年）中越沖地震の被災地を調査し、木造住宅の被害、宅地や道路などの地盤被害、石造建造物の転倒などを確認した。また、特定地域において建物の地震被害の悉皆調査を行った。

本調査で観察した木造住宅の被害特徴や推定原因は、既知の範疇にあった。特に、能登半島地震の調査⁴⁾による知見と概ね一致した。すなわち、耐震計画の水準が高い建物や補強十分な建物は概ね被害軽微であり、被害建物は概ねこの範疇を逸脱していた。本調査の範囲では現在の耐震基準で概ね木造住宅の耐震性を確保できると言える。

前報⁴⁾同様、被害建物の多くに顕著な褐色腐朽とシロアリの食害痕がみられ、上中越・北陸の臨海地域における維持管理・補修の重要性が確認された。

石堀、石碑、灯籠、看板、外壁などの地震時の転倒・落下対策の必要性が前報と同様に示唆された。安全基準の整備と普及が望まれる。

悉皆調査による統計的傾向は以下のとおり。

- ① 築年数が増加すると、被害顕著な建物が出現

する割合が増加する。

- ② 築年数に関係なく、被害の小さな建物の割合が一定量存在する。
- ③ 設計時の耐震計画が十分な建物は無被害もしくは被害軽微である。

更に、今後の社会的な問題点として、高齢者世帯の地震安全対策の促進が必要であることを述べた。

謝辞

中越沖地震で亡くなられた方のご冥福をお祈りし、被災された方々にお見舞い申し上げます。一日も早い復興を祈念致します。

調査の実施にあたり、ご助力賜りました日本建築学会富山支所に御礼申し上げます。調査全般にご協力頂きました河原一成建築計画研究所の河原様、悉皆調査にご協力頂きましたタカノホーム株式会社の鋤田様に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 気象庁：“災害時地震・津波速報 平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震”，災害時自然現象報告書 2007 年第 3 号。
- 2) 建築学会災害委員会，他編：“2007 年 7 月 16 日新潟県中越沖地震の災害調査速報”，建築学会北陸支部，金沢，2007。
- 3) 国土技術政策総合研究所，建築研究所編：“平成

- 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震建築物被害新潟県中越沖地震建築物被害調査報告”，国総研資料 No.430，建築研究資料 No.109，2007.12。
- 4) 園田里見，他：富山県林業技術センター研究報告 No.21，pp.42-51(2008)。
- 5) 新潟日報，2007 年 7 月 26 日記事。
- 6) 原酒造株式会社ホームページ，<http://www.harashuzou.com/new/index.html>。
- 7) 杉山英男：“地震と木造住宅”，丸善，東京，1996，pp.108-119。
- 8) 杉山英男：“地震と木造住宅”，丸善，東京，1996，pp.262。
- 9) 園田里見，栗崎宏，柴和宏：富山県林業技術センター研究報告 No.19，40-58(2006)。
- 10) 富山県林業技術センター振興協議会編：“とやまの木材と利用技術”，富山県林業技術センター振興協議会，富山，2007，p.72。
- 11) 例えば、全陶連ホームページ，http://www.zentouren.or.jp/content02/content02_2.html。
- 12) 建築学会編：“2004 年 10 月 23 日新潟県中越地震災害調査報告”，丸善，東京，2006，p.71。
- 13) 坂本功監：“阪神大震災にみる木造住宅と地震”，鹿島出版，東京，1997，p.161。
- 14) 建築学会編：“2004 年 10 月 23 日新潟県中越地震災害調査報告”，丸善，東京，2006，p.58。

Summary

This paper reports on a field investigation of the damage to wooden houses caused by the Niigataken Chuetsu-okiearthquake in 2007. Previous knowledge of the relationship between the structural damage and characteristics of buildings was confirmed by the observed relationship in this field investigation. Some important problems about safety measures were observed again.

Old houses and traditional fireproof-storehouses(dozo) suffered serious structural damage. Contemporary-built houses and reinforced old houses suffered little. It was suggested that the current design standard is sufficient to protect wooden houses from earthquakes. Remarkable brown-rot and termite damage were often observed in wooden frames of the seismic damaged houses. It is considered that such biological degradations affected the seismic damage of house. It is one of important problem in the Hokuriku area with wet climate. A complete enumeration of the seismic damage to houses showed that old wooden houses statistically had a high ratio of damage. It was realized again that poor maintenance and lack of strengthening of old houses are important problems in the area.

The damaged area was on the seafont and had soft ground and many seismic ground failures were observed in the area. Masonry fences, stone construction and external facings were often fallen or overturning. The necessity for safety measures against these kinds of damage was again confirmed. Most seismic victims were senior citizens and promotion of earthquake safety measure for senior citizen households is also one of the important future problems.