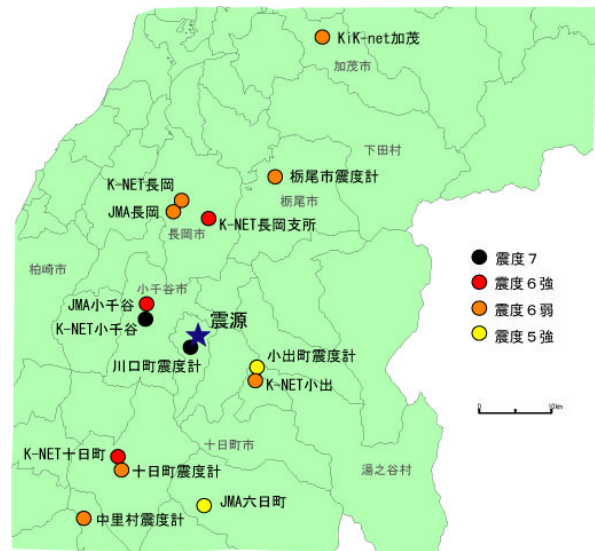


2.4 強震観測点近傍の建物被害

(1) はじめに

今回の地震では、本震余震含めて数多くの震度観測点で震度6弱以上の非常に大きな震度を記録した(表2.4.1)。そこで、本震で震度6弱以上を記録した観測点について、波形が回収され、強震動の性質の検討が可能な防災科学技術研究所のK-NET、KiK-net、気象庁観測点の全点と震度計の一部の観測点周辺を対象として、主として木造家屋など建物の被害調査を行った。そして、調査した建物被害と観測された震度および強震動の性質との対応性について検討した。



(2) 被害調査概要

調査を行った地点の位置と本震で記録された計測震度を図2.4.1に示す。川口町震度計とK-NET小千谷の2点で震度7、JMA小千谷、K-NET長岡支所、K-NET十日町の3点で震度6強を記録し、これ以外の7点で震度6弱となっている。これら震度6弱以上の12点と震度5強を記録した点の一部の2点を加えた計14点の強震観測点周りの被害調査を行った。調査は、強震観測点を中心とした半径200m以内の全ての建物を対象とし、地盤被害、崖崩れなどによるものを除いた強震動による被害を対象とした。

図2.4.1 調査した強震観測点

その他にブロック塀の転倒、道路の陥没。

(3) 強震観測点周辺の様子

調査を行った強震観測点周辺(半径200m以内)のうち本震で震度6弱以上を記録したものについて、その概要を紹介する。より詳細、および被害写真については、URL1)を参照されたい。

- ・JMA小千谷(震度6強(本震の計測震度、以下同じ))：観測点は消防署建物の裏に設置。半径200m以内には170棟程度の建物があり、大きな被害を受けた建物は全壊した木造建物が2棟。ただしいずれも非常に古く、用途も倉庫、あるいは作業所と思われる。やや大きな被害を受けた木造家屋、鉄筋コンクリート造建物が1棟ずつある。屋根瓦の家屋は少ないが、その多くに屋根瓦の被害。

- ・K-NET小千谷(震度7)：観測点は、小千谷小学校の敷地の端にあり、すぐ隣は田んぼになっている。小千谷小学校は、非構造壁に軽微なひび割れが見られ、渡り廊下に被害がある程度の被害。隣の小千谷市民体育館の外壁とガラスに被害。半径200m以内には120棟程度の建物がある。半壊程度の家屋が数棟あるが、大きな被害を受けた建物はない。ただし、半径200mのすぐ外側には数棟の全壊、倒壊家屋が数棟ある。屋根瓦の家屋は少ないが、その多くに屋根瓦の被害。その他に塀の転倒、電信柱の傾き。
- ・中里村震度計(震度6弱)：震度計は、役場建物の脇に設置。役場建物の1階柱の1本にやや大きなせん断ひび割れ。周辺には、140棟程度の建物があるが大きな被害建物はなく、軽微な被害建物が数棟程度の被害。
- ・十日町市震度計(震度6弱)：震度計は、役場建物の裏に設置。半径200m以内には、120棟程度の建物があるが、1階の駐車スペースが傾いた木造家屋が1棟。役場建物のすぐ隣の鉄骨造建物の外壁、ガラスが大きな被害を受けているが大きな被害を受けた外壁は構造躯体ではない。その他、外

表2.4.1 地震の諸元と震度6弱以上の観測点

地震発生日時	D	M	震度6弱以上の観測点
10月23日17:56	13km	6.8	7: 川口町 K小千谷, 6強: 小千谷市 山古志村 小国町 K長岡 K十日町, 6弱: 十日町市 堀之内町* 中里村 守門村* 川西村 越路町 刈羽村 長岡市 柳尾市 三島町 広神村* 入広瀬村* K長岡 KiK加茂 K小出
" 18:11	12km	6.0	6強: 小千谷市, 6弱: 越路町 小国町
" 18:34	14km	6.5	6強: 川口町 十日町 小国町 K十日町, 6弱: 川西町 小千谷市 六日町** 松代町 堀之内町* 広神村* 大和町** 安塚町 入広瀬村* 中里村 K小出
" 19:45	12km	5.7	6弱: 小千谷市 K小千谷
10月27日10:40	12km	6.1	6弱: 広神村* 守門村* 入広瀬村* K小出 KiK長岡

D: 震源深さ, M: マグニチュード(いずれも暫定値), *: 現魚沼市, **: 現南魚沼市

壁に軽微にひび割れが見られる家屋が数棟、非構造壁にやや大きなひび割れが見られる鉄筋コンクリート造が1棟、ブロック塀の転倒、道路の陥没、ガラスの破損、ショッピングセンターの外壁の落下。

- K-NET十日町（震度6強）：観測点は、南中学校の敷地の端に設置。南中学校は、非構造壁に軽微なひび割れ、エキスパンションジョイントの衝突による軽微な被害。半径200m以内には、50棟程度の建物があるが、ガラスの破損、屋根瓦のずれ、鉄骨造の非構造壁の軽微なひび割れ程度の被害。
- K-NET小出（震度6弱）：観測点は、タンクの脇に設置。半径200m以内には、170棟程度の建物があるが、外壁にわずかなひび割れやモルタルの落下がある家屋、壁にわずかなひび割れがある体育館がある程度の被害。
- K-NET長岡支所（震度6強）：観測点は、丘の上にある防災科学技術研究所長岡雪氷防災研究所建物の横の崖をやや下った草むらの中に設置。周辺は地盤の被害がひどい。半径200m以内は、50棟程度の建物があるが、多くの建物が何らかの被害を受けている。ただし、大きな被害を受けた建物は、崖崩れによって倒壊した家屋のみで、それ以外は、屋根瓦のずれ、ガラスの破損の被害。その他には、大きな岩の落下、塀の転倒、電信柱の傾き。
- K-NET長岡（震度6弱）：観測点は、千手小学校の敷地の端に設置。半径200m以内には、240棟程度の建物があるが、大きな被害はなく、屋根瓦のずれ、家屋の壁に軽微なひび割れ、ブロック塀の傾き、灯籠の転倒。
- JMA長岡（震度6弱）：観測点は長岡市役所建物の幸町分室の脇の駐車場に設置。半径200m以内には、120棟程度の建物があるが、被害は屋根瓦のずれ（ただし割合は少ない）、外壁の軽微なひび割れ程度。
- KiK-net加茂（震度6弱）：観測点は若宮中学校の裏手の崖下に設置。半径200m以内には、140棟程度の建物があるが、軽微なひび割れが見られる家屋、石垣の損傷が見られる程度の被害。
- 栃尾市震度計（震度6弱）：震度計は消防署建物の内部の倉庫に設置。半径200m以内には、200棟程度の建物がある。大きな被害建物はないが、非構造壁が大きな損傷を受けて落下した鉄骨造建物、非構造壁にやや大きなひび割れが入った鉄筋コンクリート造がそれぞれ1棟。その他はガラスの破損、外壁にわずかなひび割れ程度の軽微な被害。
- 川口町震度計（震度7）：震度計は川口町役場建

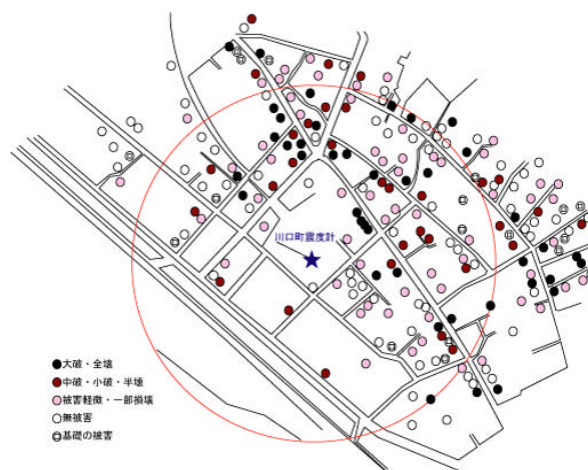


図2.4.2 川口町震度計周辺の建物被害分布

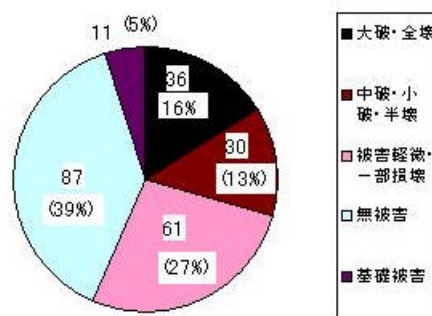


図2.4.3 川口町震度計周辺の建物被害レベルの割合

物のすぐ裏手に設置。半径200m以内には、230棟程度の建物がある。甚大な被害が生じており、全ての建物について詳細な記録を行い、被害レベルも中程度以下（木造は一部損壊、鉄筋コンクリート造、鉄骨造は小破以下）の判定も行った。被害分布を図2.4.2に、被害レベルの割合を図2.4.3に示す。全体の16%が全壊または大破で、全体の73%を占める木造建物の全壊率は20%に達した。全壊率20%は、福井地震当時の倒壊率に換算するとほぼ30%に対応し²⁾、被害レベルは震度7相当と言える。ただし、これらのほとんどが老朽化した非常に古い家屋や1階が商店で1階の剛性が極端に低くなっているものであり、比較的新しい建物はほとんど被害を受けていない。また、非木造建物に大破以上の被害を受けた建物はない（非構造壁が大きな被害を受けた中破の被害建物はある）。

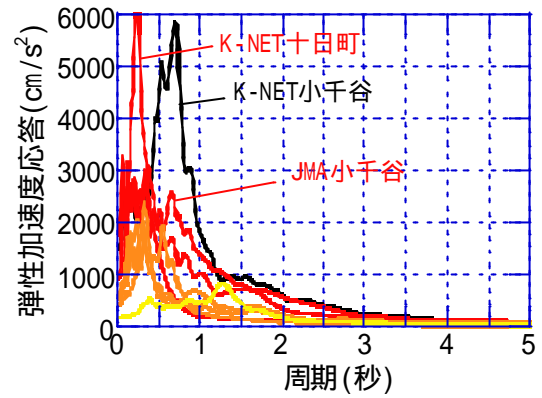
(4) 建物被害と強震記録の対応性

調査を行った観測点周辺について、計測震度などの地震動強さ指標、被害状況を表2.4.2に示す。被害レベルは、文献3)の木造建物全壊率・半壊率による震度の被害関数、および一部損壊については、文献4)の震度の被害関数を参考にして判断した。全体的

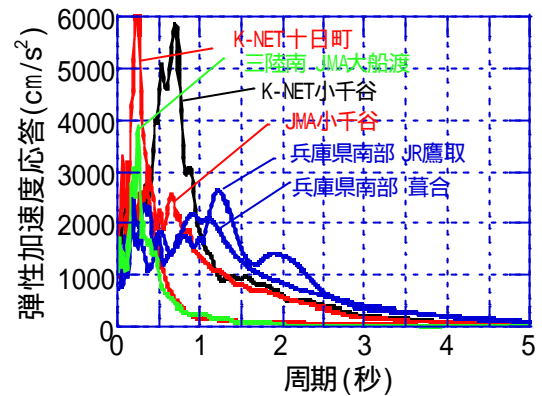
な傾向としては、非常に大きな計測震度や地動最大加速度にも関わらず、さほど大きな被害は生じていない。そこで、波形が回収された K-NET, KiK-net, JMA 観測点について弾性加速度スペクトル(減衰定数5%, 水平2方向ベクトル合成)を図2.4.4(1)に示す。線の色の違いは計測震度(色は図2.4.1と対応)の違いである。そのほとんどは0.5秒以下の短周期が卓越した地震動であることがわかる。ただし、K-NET 小千谷は卓越周期が0.5秒よりやや長く、他の記録とやや性質が異なり、今後詳細な検討が必要だろう。非常に大きな計測震度や PGA を記録した記録と1995年兵庫県南部地震の JR 鷹取, 葦合と比較すると(図2.4.4(2)), 建物の大きな被害を引き起こす1~2秒という周期帯³⁾における応答は、いずれも1995年兵庫県南部地震の記録の半分以下であることがわかる。よって、今回の地震の地震動は、0.5秒以下の短周期応答が大きいいため、計測震度や地動最大加速度は非常に大きな値となった³⁾が、建物の大きな被害を引き起こす性質のものではないものが多かったと考えられる。表2.4.2には、建物の大きな被害を引き起こす1~2秒応答などを基にした提案する算定法による震度³⁾も示しているが、こちらは実際の被害レベルとほぼ対応している。

(5)まとめ

強震観測点周り(半径200m以内)の木造家屋を中心とした被害調査を行った結果、大きな計測震度、地動最大加速度から想定されるレベルの建物被害は生じていないことがわかった。そこで、地震動と建物被害の関係について検討した。その結果、今回の地震で発生した地震動は、0.5秒以下の短周期が卓



(1) 調査した地点全て



(2) 既往の強震記録との比較

図2.4.4 弾性加速度応答スペクトル

(減衰定数5%, 水平2方向ベクトル合成)

越し、計測震度や地動最大加速度は非常に大きな値となるが、建物の大きな被害を引き起こす性質のものではないことがわかった。ただし、K-NET 小千谷は他の記録とやや性質が異なり、今後詳細な検討す

表2.4.2 調査を行った観測点の地震動強さ指標と被害状況

観測点	地震動強さ指標				被害レベル	木造建物被害状況
	計測震度	PGA	PGV	提案震度		
K-NET小千谷	6.73	1500.7	133.4	6.29	6弱	全壊建物数棟(やや範囲外)
JMA小千谷	6.34	973.3	98.6	6.03	6弱	全壊建物数棟
K-NET十日町	6.19	1746.5	65.6	5.24	5強	軽微な被害数棟
K-NET長岡支所	6.10	912.0	71.4	5.75	6弱	軽微な被害多数
KiK-net加茂	5.65	412.0	28.8	5.32	5強	軽微な被害数棟
K-NET小出	5.54	639.3	39.7	5.02	5強	軽微な被害数棟
JMA長岡	5.53	424.6	38.3	4.93	5強	軽微な被害数棟
K-NET長岡	5.50	542.7	51.0	4.93	5強	軽微な被害数棟
JMA六日町	5.45	153.0	27.8	5.00	5強	軽微な被害数棟
川口町震度計	(7)	-	-	-	7	家屋の20%程度が全壊
十日町市震度計	(6弱)	-	-	-	6弱	全壊家屋数棟
中里村震度計	(6弱)	-	-	-	5強	軽微な被害数棟
栃尾市震度計	(6弱)	-	-	-	5強	軽微な被害やや多い
小出市震度計	(5強)	-	-	-	5強	軽微な被害数棟

PGA: 地動最大加速度 (cm/s²), PGV: 地動最大速度 (cm/s)

る必要があるだろう。

謝辞

防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net の強震記録を使用させていただきました。1995年兵庫県南部地震の JR 鷹取, 葺合はそれぞれ JR 総合技術研究所, 大阪ガスより提供していただきました。JMA の強震記録は気象庁より提供していただきました。被害調査の際, 現地の方々には, 被災されていたにもかかわらず, 様々なご協力をいただきました。

【付録 1】2.4節執筆者

境 有紀 (筑波大学システム情報工学研究科)

【付録 2】参考文献および URL

- 1) 境有紀, 大月俊典, 小杉慎司, 中村友紀子, 新潟県中越地震で発生した地震動と建物被害, <http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/ngc.htm>, 2004.10.
- 2) 諸井孝文, 武村雅之, 1995年兵庫県南部地震による気象庁震度と住家全壊率の関係, 地震2, 第52巻, 11-24, 1999.
- 3) 境有紀, 神野達夫, 瀧澤一起, 震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第585号, 71-76, 2004.
- 4) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, No.524, pp.65-72, 1999.10.