

2007年新潟県中越沖地震による建築物被害と地震動の相関関係

CORRELATION BETWEEN BUILDING DAMAGE WITH STRONG GROUND MOTIONS
IN THE NIIGATAKEN CHUETSU-OKI EARTHQUAKE IN 2007中村友紀子¹, 境有紀², 加藤大介³

NAKAMURA Yukiko, SAKAI Yuki, KATO Daisuke

2007年新潟県中越沖地震での強震観測点周りを中心とした構造物被害と速度応答との相関を示した。柏崎市震度計、K-NET 柏崎、柏崎市西山町の3観測点周りで全壊した建物があった。全壊家屋のある3箇所のうち2箇所が隣接していた為に、そのスペクトル性質のまま周期2秒以上で高い相関となる結果となった。しかし、中越地震時の記録も加えることにより、相関の高い周期帯が中越地震のみの場合よりも2秒以上の周期帯で相関が低くなり、1-2秒のピークがより明瞭に現れることがわかった。

Keywords The Niigataken Chuetsu0oki Earthquake, Building damage, Response Velocity
新潟県中越沖地震、建物被害、応答速度

1. 目的

平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震では、新潟県柏崎市、刈羽村、出雲崎町、長岡市小国町、長野県飯綱町で震度6強が観測されたのをはじめ、図1に示すように新潟県内の上中越地域で震度6弱が観測された。新潟県の発表によるとこの地震による死亡者は、11人、全壊住家1244棟となった。(平成19年10月10日時点)¹⁾ 本論では、まず主要な強震観測点周りの構造物被害を示し、さらに地震動と建物被害との相関関係について示す。

2. 強震観測点周辺の建物被害

新潟県内の震度6強、6弱、5強が観測された主な地震動の弾性加速度応答スペクトルと弾性速度応答スペクトル(減衰定数5%、水平2方向合成)を図2に示す。図中の太線は震度6強の地震動を示し、6弱以下を細線で示している。K-NET 柏崎、柏崎市中央町、刈羽村割町新田で固有周期2-3秒付近にピークがあるのが特徴的で、他の記録と比較して周期1秒以上で大きな値となっている。

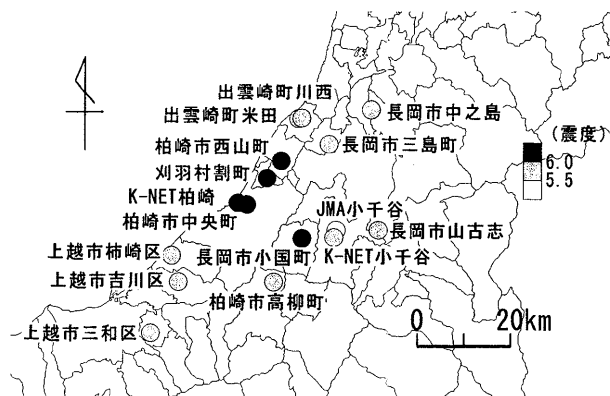


図1 強震記録観測点

柏崎市西山町、長岡市小国町、長野県飯綱芋川の応答のピークは周期0.7秒前後であり1-2秒ではそれほど大きくはなく、周期1-2秒の範囲では飯綱や小国より上越市柿崎区で大きくなった。

ここでは震度観測点まわりの建物被害のうち、被害の

*1 新潟大学工学部 講師・博士(工学)

*2 筑波大学大学院システム情報工学研究科 准教授・工博

*3 新潟大学工学部 教授・工博

Lecturer, Niigata University, Dr.Eng.

Associate Professor, University of Tsukuba, Dr.Eng.

Professor, Niigata University, Dr.Eng.

大きかった K-NET 柏崎・柏崎市中央町震度計、刈羽村割町新田震度計、柏崎市西山町震度計付近の被害を示す2)4)。

K-NET 柏崎と柏崎市中央町震度計は同じ柏崎市役所敷地内にある。K-NET 観測点脇のよう壁は大きなひび割れが生じているが、古く地震前からあった様子である。周囲には全壊家屋が点在しており、土壁が落下し大きく変形した建物・店舗併用住宅の道路側開口が大きい建物の被害が多く見られた。またブロック塀・石塀の転倒も多数あり、この地域の塀の約2割を占める石塀は15個中12個が転倒していた。路面のひび割れや地盤変状も多く満たれた。(写真1-2)

刈羽村割町新田震度計は、役場に設置されている。周囲は田んぼで、その中に比較的新しく建てられたと推察される建物が存在する。建物が周囲敷地より一段高く上げられた上に建っており、震度計も同じ高さ設置されている。周囲に全壊家屋はないが、倉庫建物が倒壊していたほか、灯籠・石積み塀が転倒していた。(写真3)

柏崎市西山町震度計は、地区事務所に設置されている。

周辺の地盤の変状が激しい。建物被害・擁壁・ブロック塀の傾斜・地盤変状の被害が見られた。(写真4)

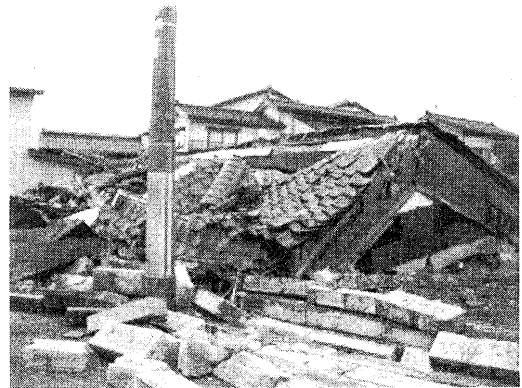


写真1 柏崎中央町周辺の全壊家屋と石塀の倒壊
屋根が完全に接地している

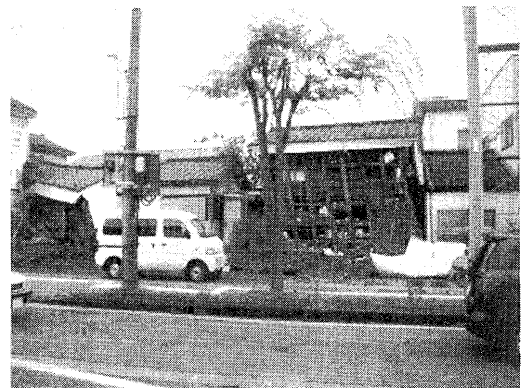


写真2 柏崎中央町周辺の全壊倉庫
大きく変形し土壁が崩れている

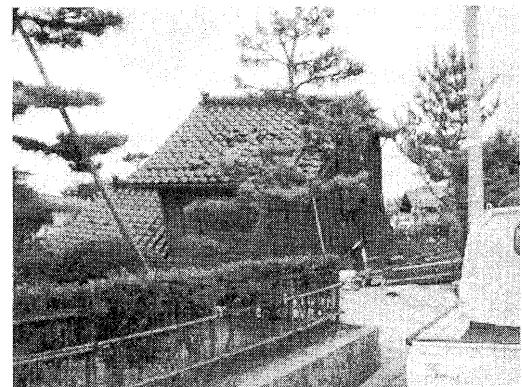


写真3 刈羽村役場周辺の全壊倉庫



写真4 柏崎市西山町周辺
地盤変状と塀の転倒

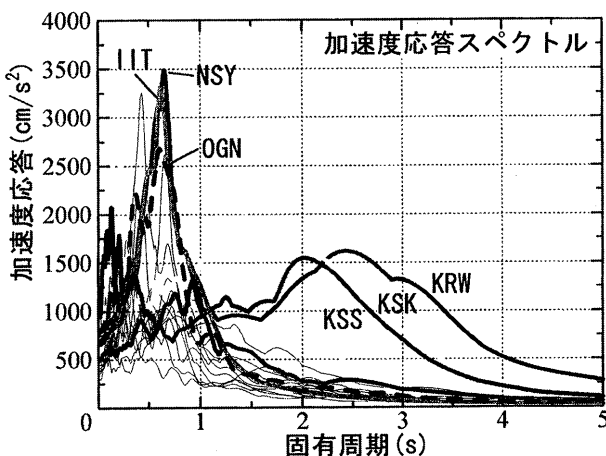
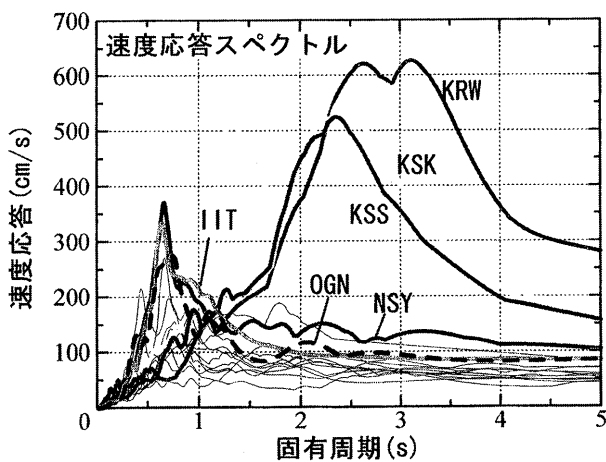


図2 弾性応答スペクトル
(水平2方向ベクトル和、減衰定数5%)

表 1 用いた強震記録と周辺の建物全壊率

観測点	ID	PGA	PGV	SI	I_{JMA}	V_{1-2}	d1	d2
K-NET 柏崎	KSK	812.0	148.8	316.7	6.3	246.3	5.29	4.17
柏崎中央町	KSS	793.5	136.2	298.8	6.3	248.8	7.35	5.68
長岡市小国町	OGN	692.6	81.8	216.4	6.1	115.4	0.00*	0.00*
柏崎市西山	NSY	944.1	86.4	235.2	6.2	147.1	2.13*	1.64*
刈羽村割町新田	KRW	490.3	150.6	274.6	6.0	218.8	0.00*	0.00*
上越市柿崎区	KKS	449.9	82.0	196.9	5.8	164.3	0.00	0.00
上越市吉川区	YSK	471.7	57.8	160.1	5.8	123.1	0.00*	0.00*
上越市三和区	SNW	305.5	46.1	121.3	5.5	96.3	0.00*	0.00*
長岡市中之島	NKN	356.8	36.5	119.4	5.5	88.3	0.00	0.00
長岡市三島	MSM	389.6	41.4	127.8	5.6	98.5	0.00	0.00
長岡市山古志	YMK	414.0	42.5	124.0	5.7	66.9	0.00*	0.00*
柏崎市高柳町	TKY	746.0	53.7	119.6	5.6	77.1	0.00	0.00
出雲崎町川西	IZS	382.5	38.5	112.6	5.5	71.9	0.00*	0.00*
JMA 出雲崎米田	IZM	698.0	55.3	158.5	5.9	88.0	0.00*	0.00*
K-NET 小千谷	OJK	524.8	51.8	124.8	5.5	63.0	0.00	0.00
JMA 小千谷	OJJ	393.9	31.5	67.2	5.1	39.7	0.00	0.00
長野県飯綱町芋川	IIT	656.4	79.2	230.7	6.2	136.3	0.00*	0.00*

PGA: 地動最大加速度 (cm/s²), PGV: 地動最大速度 (cm/s), SI: スペクトル強度 (cm), I_{JMA} : 計測震度 (*がついたものは水平 2 成分による値), V_{1-2} : 減衰定数 5% の 1-2 秒平均速度応答 (cm/s), d1, d2: それぞれ強震観測点から 200m 以内の木造家屋全壊率, 全建物の大破・全壊率 (%), PGV は周期 15 秒、減衰定数 70.7% の系の最大速度応答。*は建物数が 100 棟未満の為参考値

3. 地震動と建物全壊率の対応性

観測された地震動と観測点周囲 200m の建物全壊率との相関を検討する。

(1) 使用した建物被害データと強震記録

建物全壊率データは、筑波大学の境研究室によって行われた調査結果を用いた⁵⁾⁶⁾。建物被害の判定は、外観からものとし被害区分を行い、全壊のみ判定を行っている。検討に用いた調査地点の一覧を表 1 に示す。表 1 には、地震動の強さの各指標と建物全壊率をあわせて示す。地震動の応答スペクトルは図 2 に示した。

(2) 速度応答と建物被害率との相関

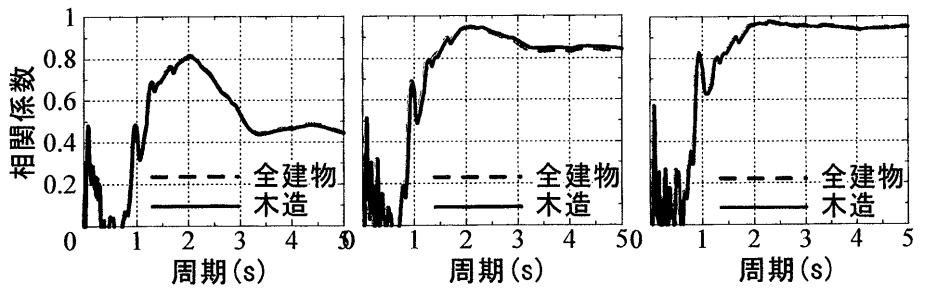
建物被害と地震動の指標の相関を検討するために文献⁷⁾と同様に、被害が速度応答と相関の高い周期帯を検討する。横軸に固有周期を、縦軸に地震動の 5% 減衰時の弾性速度応答との相関係数を図 3(a) に示す。ここでは西山町と全壊なしのいくつかの地点での建物棟数が少ない為、被害率が参考値とされている観測点もそのまま用いた。多くの建物の弾性固有周期である 1 秒以下では相関が低くそれより長い周期で相関が高くなっている。今回の地震では調査範囲の建物棟数が 100 棟未満のために参考値とされている観測点が多いので、その影響を比較するため、文献 5) で検討したように調査地点ごとの建物棟数で重み付けを行い解析したものを図 3(b) に示す。被害が柏崎 2 地点に集中している為、ここでの速度応答

が周期 1 秒以上の範囲で大きいことに影響を受け、周期 1 秒以上で非常に大きい相関係数が続く結果となった。次に建物棟数が少なく参考値である 9 地点を除外したものを図 3(c) に示すが、被害が柏崎市中央町 2 地区に限定される為、図 3(b) より顕著な結果となった。

K-NET 柏崎と柏崎市中央町震度計は近接しており、両者の半径 200m 以内に含まれる建物が多くあり重み付けをした場合には、柏崎の建物をほぼ 2 重にカウントすることになる、地震動の応答もほぼ同一のためその影響に左右されていることがわかる。全壊家屋が生じた地区が 3 箇所と少ない中では、参考値であるすべて含めて計算した場合の周期 3 秒以上で相関が低くなる(a)が適当であると考えられる。

(3) 2004 年中越地震の記録を含めた速度応答との相関

中越地震時の調査結果・観測地震動を合わせて相関解析を行った。主な地震動の応答スペクトルを図 4 に示す。文献 7) に示した 2004 年新潟県中越地震時の 14 箇所の強震記録のみの相関係数、これに 2007 年新潟県中越沖地震を加えた合計 31 地点の記録を用いて相関解析したものを図 5 に示す。中越沖地震のみでは 2 秒以上の周期に相関が高いが、中越地震と中越沖地震を合わせると中越地震のみよりも 2 秒以上の周期帯でのそう間が低くなり周期 1-2 秒の間のピークが明瞭に現れる。図 5 に中越沖の柏崎・西山町に加えて中越地震の主な地震動の速度応答



(a) 100棟未満観測点も考慮 (b) 建物数で重み付け (c) 100棟未満観測点を除外
 図3 弾性速度応答の周期と建物全壊率の関係

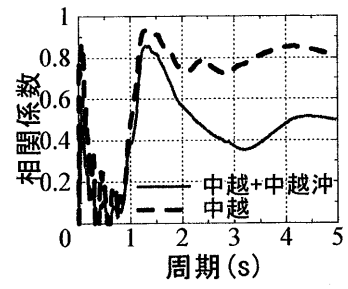


図5 弾性速度応答の周期と建物全壊率の関係

スペクトルを示す。周期2秒を超える範囲ではより被害

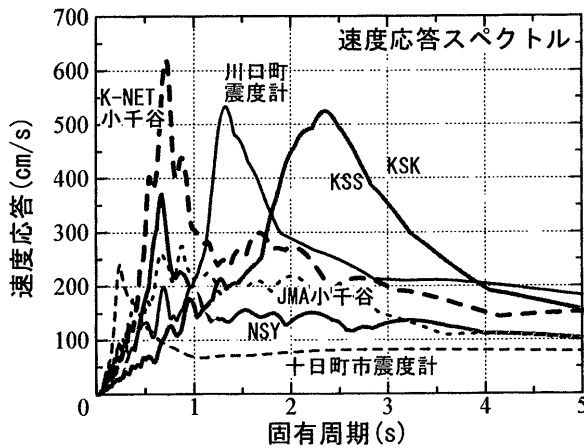


図4 弾性応答スペクトル
 (水平2方向ベクトル和、減衰定数5%)

率の高かった川口町の記録の方が、今回中越沖地震より小さくなっていることがわかる。

4. まとめ

2007年新潟県中越沖地震での強震観測点周りを中心とした構造物被害と速度応答との相関を示した。

1994年ノースリッジ地震の検討では、建物棟数が少ないときに建物数に比例して重み付けを行うことで相関の高い周期が明瞭になったが、今回の中越沖地震では、全壊家屋のある3箇所と少なく、そのうち2箇所が隣接しており速度応答もほぼ等しかった為、そのスペクトル性質のまま周期2秒以上で高い相関となる結果となった。

しかし、中越地震時の記録も加えることにより、相関の高い周期帯が中越地震のみの場合よりも2秒以上の周期帯で相関が低くなり、1-2秒のピークがより明瞭に現れることがわかった。

参考文献

(1) 新潟県災害対策本部：平成19年7月16日に発生し

た新潟県中越沖地震による被害状況について(第177報) <http://bosai.pref.niigata.jp/bosaiportal/0716jishin/>

(2) 日本建築学会災害調査WG: 4.3 鉄筋コンクリート建築物の被害, 2007年7月16日新潟県中越沖地震の災害調査速報, pp.57-73, 2007.9

(3) 加藤大介, 中村友紀子, 2007年中越沖地震7月17日調査報告・18日調査報告
<http://zaikou.eng.niigata-u.ac.jp/jishin/070717.pdf>,
<http://zaikou.eng.niigata-u.ac.jp/jishin/070718.pdf>

(4) 中村友紀子, 境有紀, 加藤大介, 2007年新潟県中越沖地震の建築物被害と地震動, 第35回地盤振動シンポジウム(2007) 頻発する内陸地殻内地震の地震動とその解釈-新・入力地震動作成手法の使い方と検証(その1)- pp.47-54, 2007.11

(5) 境有紀, 飯塚裕暁, 川岡裕康, 林佑樹: 2007年新潟中越沖地震で発生した地震動と被害速報.
<http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/073.htm>.

(6) 川岡裕康, 林佑樹, 飯塚裕暁, 境有紀: 2007年新潟県中越沖の地震による建物被害と強震記録の性質, 日本地震工学会大会-2007梗概集, 2007.11

(7) 境有紀, 中村友紀子, 大月俊典, 小杉慎司, 2004年新潟県中越地震で発生した地震動と建物被害の対応性, 日本建築学会構造系論文集, No.601, pp.69-73

(8) 境有紀, 中村友紀子, 1994年ノースリッジ地震の建物被害データと強震記録を用いた地震動の破壊力指標の検討, 日本建築学会構造系論文集, No.584, pp.59-64

謝辞

強震記録は、防災科学技術研究所、気象庁および新潟県防災局より提供されたものを使用しました。調査には、地元住民の方々にご協力いただきました。