

新潟県中越地震における地震動評価と木造建物被害への適用

金沢大学大学院 ○ 高橋正樹
 金沢大学大学院 正会員 村田 晶
 金沢大学大学院 フェロー 北浦 勝
 金沢大学大学院 正会員 宮島昌克

1. はじめに

2004 年 10 月 23 日、新潟県中越地方において $M6.8$ の地震が発生した。この地震により、新潟県の川口町で震度 7、小千谷市、山古志村、新潟小国町で震度 6 強を観測した。また、同日 18 時 11 分頃に $M6.0$ 、18 時 34 分頃に $M6.5$ の余震が発生し、いずれも最大震度 6 強を観測した。このような地震災害の軽減には、地震直後の救助活動を効率的に行うことが重要であり、地震直後に建物被害を迅速かつ正確に把握する地震動の破壊力指標が必要である。一般に地震動の破壊力を示す指標として、計測震度、 PGA 、 PGV 、 SI 値が挙げられる。そこで、新潟県中越地震における強震観測記録から得られる波形より、それぞれの指標値と本研究で提案した応答振幅の繰返しと周期範囲を考慮した指標 $FSIv$ 値を算出し、各地点における地震動の特性を考察する。また、市町村別の建物被害との相関を調べ、指標値の有効性を検討するとともに 1995 年兵庫県南部地震と比較することで、建物被害特性の違いについて考察する。

2. 地震動の特性

新潟県中越地震における本震の強震観測記録から得られる指標を表 1 に示す。比較のため、兵庫県南部地震、鳥取県西部地震の一部についても表 1 に示す。また、主な地点での速度応答スペクトルを図 1 に示す。ここで、 PGV は振り子法で、 SI 値、 $FSIv$ 値の算出式は以下に示す式で求める。 $FSIv$ 値では、木造建物の周期帯域を考慮して周期範囲 $0.4(s) \sim 1.2(s)$ と設定した。

$$SI \text{ 値} = \int_{0.1}^{2.5} S_v dT$$

$$FSIv \text{ 値} = \int_{0.4}^{1.2} \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} \times S_v^2 dS_v dT$$

K-NET 十日町については PGA は最も大きい、その他の指標は、計測震度を除き全体的にそれほど大きくない値を示した。これは、速度応答スペクトルが短周期で卓越しているためと考えられる。一方、K-NET 柏崎や JMA 六日については PGA は小さいものの SI 値は PGA と比べると相対的に大きい。これは、速度応答スペクトルがやや長周期で卓越しているためと考えられる。同様にして K-NET 長岡支所において PGV 、 SI

値が大きく評価されている。また、K-NET 小千谷では PGA 以外の全ての指標が今回の地震で最も大きな値を示したが、周辺建物被害はすべての指標においてほぼ同等、あるいは下回る値を示している兵庫県南部地震における JR 鷹取、葦合ほどの甚大な被害ではなかった。これは建物強度の違いもあるが、もう 1 つの原因は K-NET 小千谷では、JR 鷹取、葦合と比較すると速度応答スペクトルが短周期で卓越しており、大規模な建物被害が生じる周期帯域とはずれていたからと考えられる。

表 1 各観測点における指標値

地震名	観測点	計測震度	$PGA(gal)$	$PGV(kine)$	$SI \text{ 値}(cm)$	$FSIv \text{ 値}(cm^3/s^3)$
新潟県中越地震	K-NET 小出	5.6	521	33	143	17,302
	K-NET 十日町	6.2	1,716	58	185	19,791
	K-NET 小千谷	6.7	1,308	134	553	2,684,181
	K-NET 長岡支所	6.4	871	119	461	989,622
	K-NET 長岡	5.5	469	35	152	19,455
	K-NET 津南	5.0	397	27	99	5,218
	K-NET 塩沢	5.1	342	19	73	3,905
	K-NET 柏崎	4.9	144	29	144	2,395
	KIK-NET 加茂	5.7	410	25	98	24,470
	KIK-NET 川西	5.7	588	58	170	23,652
	KIK-NET 長岡	6.1	818	59	272	110,342
	KIK-NET 六日	4.3	243	5	18	77
	JMA 小千谷	6.3	898	90	393	526,999
	JMA 長岡	5.5	430	23	90	7,336
	JMA 六日	5.2	136	25	140	20,672
兵庫県南部地震	JMA 神戸	4.7	334	16	45	731
	JR 鷹取	6.5	657	124	582	567,862
	葦合	6.5	802	130	541	490,542
	JR 尼崎	5.7	318	43	225	80,234
鳥取県西部地震	JMA 神戸	6.4	818	85	411	530,576
	JR 西明石	5.8	474	47	164	64,548
	JR 宝塚	6.2	601	83	326	100,213
	KIK-NET 日野	6.6	918	110	402	1,072,304

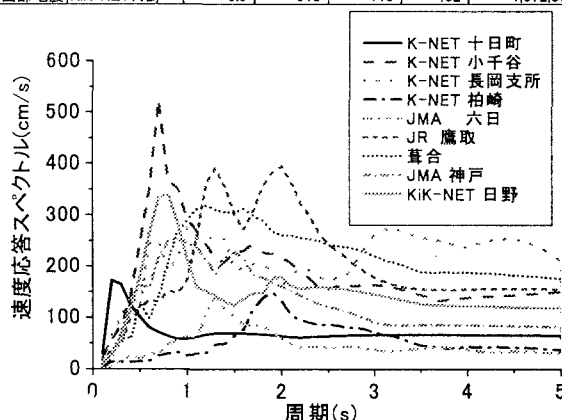


図 1 速度応答スペクトル

3. 地震動破壊力指標の評価

3.1 解析概要

新潟県中越地震における市町村ごとの建物全壊率とその市町村内に存在する強震観測記録から得られる指標値の関係から、地震動破壊力指標としての評価を行う。表 2 に被害データ¹⁾および、建物全壊率を示す。ここで、全壊率はある地域における全壊棟数に大規模半壊棟数および半壊棟数の 1/2 を加えた値を全世帯数で除して求めた。また、1 つの市町村に複数の強震観測点が存在する場合、それら観測点から得られる指標の平均値をもってその地域の指標値とする。

表 2 被害データ(2004/12/1 現在)

地震名	対象地域	全壊率 (%)	全壊棟数 (棟)	大規模 半壊棟数 (棟)	半壊棟数 (棟)	世帯数 (世帯)
新潟県中越地震	小千谷市	9.28	662	56	918	12,375
	長岡市	3.94	754		3,830	67,772
	十日町市	2.32	77	68	399	13,360
	小出町	0.21	5	0	7	4,106
	柏崎市	0.52	26	54	208	30,005
	川西町	5.32	8	45	182	2,283
	津南町	0	0	0	0	3,710
兵庫県南部地震	塩沢町	0	0	0	0	5,683
	加茂市	0.02		1	2	9,908
	広神村	1.50	8	6	51	2,439
	六日町	0.04	3	0	1	8,734
	尼崎市	1.34	6,042		3,966	192,340
	神戸市中央区	12.73	4,947		3,420	52,283
	明石市	6.37				
	宝塚市	4.47	1,339		3,718	71,558

3.2 解析結果及び考察

図 2 に新潟県中越地震での各指標値と建物全壊率の関係を示す。 PGV が最も相関が高く、 SI 値、 $FSIv$ 値も指標としての十分な精度を有していると言える。計測震度はそれなりの相関がみられ、 PGA は全く相関がなかった。従って、新潟県中越地震でのマクロ的な被害を予測するには PGV 、 SI 値、 $FSIv$ 値が有効であると考えられる。また、図 2 には兵庫県南部地震において今回と同程度の全壊率であった地域における指標値と全壊率をプロットした。兵庫県南部地震と比較すると今回の地震は全体的に指標値に対して被害が小さい傾向がみられる。これは、新潟県が積雪地域ということもあり、一般に兵庫県に比べて強い構造の建物が多いことが原因と考えられる。

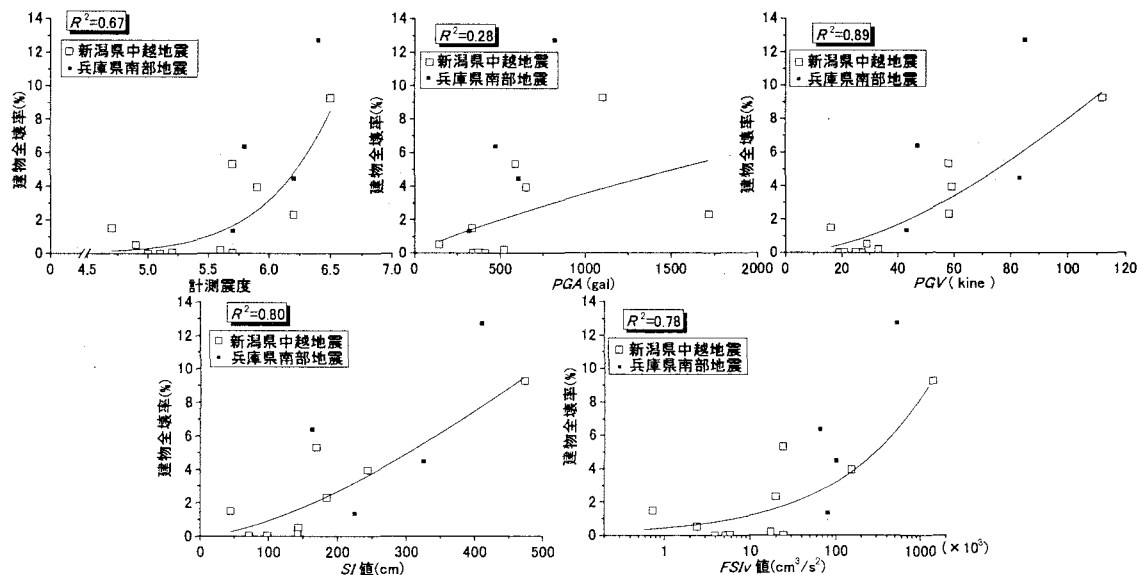


図 2 各指標値と建物全壊率の関係

4. まとめ

本研究では新潟県中越地震における地震動の特性を考察した。K-NET 小千谷において指標値が大きいにもかかわらず周辺建物被害がそれほど大きくならなかったのは、地震動の卓越周期と建物被害が大きくなる周期とがずれていたためと思われる。また、市町村別のマクロ的な建物被害程度を把握するのに、 PGV 、 SI 値、 $FSIv$ 値が有効であることが示唆できた。さらに今回の地震では兵庫県南部地震と比較して全体的に指標値に対する建物被害が小さいため、新潟県の本造建物は兵庫県に比べて一般に建物の強度が大きいことを示すことができた。

謝辞

本研究で用いた強震記録は K-NET、KiK-NET(防災化学研究所)、気象庁、JR によるものである。また、被害データについては新潟県の情報を参考にした。記して敬意を表す。

参考文献

1) 新潟県庁：平成 16 年新潟県中越地震による被害状況について(第 72 報) http://saigai.pref.niigata.jp/content/jishin/higai1201_0900.pdf