

新潟県中越地震を中心とした地震動のエネルギー特性に関する研究

長岡工業高等専門学校専攻科 学生会員 小山 将輝

長岡工業高等専門学校専攻科 学生会員 齋藤 明幸

長岡工業高等専門学校 正会員 井林 康

1. はじめに

2004年10月に、史上初めて震度7を観測した新潟県中越地震が発生したが、それ以降も全国各地で大きな地震が発生している。本研究では、2004年から2005年にかけて各地で起きた地震動の特性について、さまざまな指標を用いて比較・検討を行った。また、地震の計測震度が地震による被害の程度を表すものと仮定し、計測震度と各指標との関連性についても考察した。

2. 解析手法

解析には、2004年新潟県中越地震と、それ以降に観測されたおおむね200gal以上の地震波を対象とした。解析に用いた地震波を表-1に示す。

K-NETによる各地の観測点の地震波データをFORTRANによる弾性応答解析により算定した。指標には、計測震度、最大加速度A、最大速度V、最大変位D、地震入力単位エネルギー $V_{\Delta E}$ 、加速度応答スペクトルARSを用いた。

ここで、計測震度は、観測地点における地震の揺れの大きさを震度計で計測して数値化したものであり、原則としてこれを四捨五入して整数値で表したものが震度階である。気象庁の震度計で観測されたものが震度と呼ばれ、それ以外で観測されたものは計測震度と呼ばれる。

地震入力単位エネルギー $V_{\Delta E}$ は、ある時間区間 Δt に相当する地震入力エネルギーであり、次式で表される。

$$\Delta E \equiv \max_{t_1} \left\{ \int_{t_1}^{t_1 + \Delta t} M \ddot{x} dt \right\} \quad (1)$$

$$V_{\Delta E} = \sqrt{\frac{2 \Delta E}{M}} \quad (2)$$

表-1 解析に用いた地震波

地震名	データ名	最大加速度 (gal)	計測震度
中越地震本震	041023 十日町	1715.5	6.20
	041023 小千谷	1307.9	6.78
	041023 長岡支所	870.4	6.11
	041023 小出	521.4	5.55
	041023 長岡	468.4	5.51
	041023 津南	397.0	5.04
	041023 塩沢	342.1	5.12
	041023 鹿瀬	291.1	4.94
	041023 安塚	240.1	4.96
	041023 直江津	200.4	5.22
	041023 柏崎	144.4	4.93
	041023 巻	129.2	4.54
	041023 三条	117.6	4.83
	041023 新潟	103.7	4.11
	041023 寺泊	103.1	4.19
中越地震余震	041023 十日町	815.5	6.19
	041023 小千谷	794.5	6.07
	041027 小出	526.6	5.57
釧路沖地震	041129 納沙布	550.2	5.52
	041129 厚床	415.7	5.12
北海道地震	041214 港町	1127.2	5.93
	041214 達布	274.0	4.95
中越地震	050118 長岡支所	544.6	4.53
	050118 長岡	102.1	3.71
千葉地震	050216 野田	319.6	4.87
福岡県西方沖地震	050320 福岡	276.5	5.54
	050320 飯塚	265.2	4.71
	050320 前原	260.6	5.14
栃木地震	050515 今市	447.4	5.38
宮城沖地震	050816 築館	514.0	5.22
	050816 歌津	501.3	4.93
	050816 牡鹿	499.5	4.86
中越地震	050821 小千谷	188.3	4.69
茨城地震	051019 鉾田	224.7	4.72

加速度応答スペクトルARSは、各周期に対して最大応答値をプロットしたもので、その地震動にどのような周期成分が含まれているのかがわかるものである。

地震動の最大速度および最大変位は、加速度を積分して求めた速度と変位から算出した。

キーワード 地震入力単位エネルギー、震度相当値、加速度応答スペクトル、最大加速度、最大速度、最大変位、相関係数
連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝 888 長岡工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 0258-34-9271

4. 結果

4.1 地震入力単位エネルギー $V_{\Delta E}$

新潟県中越地震と2005年3月20日の福岡県西方沖，同年8月16日の宮城県沖など各地の観測点の地震波の $V_{\Delta E}$ スペクトルを図-1に示す．小千谷，長岡支所，港町の周期0～0.5秒はほぼ同程度の大きさであるが，それ以降は小千谷が圧倒的に大きい．これより，低層の住宅への破壊力は3指標とも差はなく，小千谷は中層以上の建物への破壊力が大きかったことがわかる．

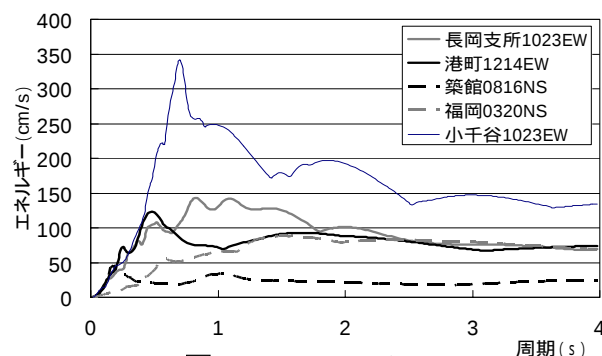


図-1 $V_{\Delta E}$ スペクトル

4.2 加速度応答スペクトル

各地の観測点の地震波の加速度応答スペクトルを図-2に示す． $V_{\Delta E}$ と同様に小千谷の卓越周期が0.7秒程度とほかの指標に比べて大きく，範囲も広い．瞬間的な加速度応答値では十日町が圧倒的である．

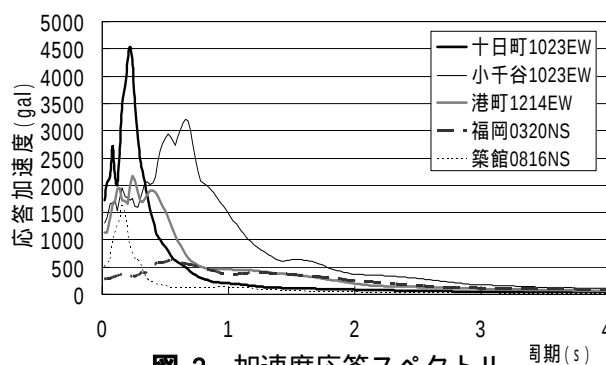


図-2 加速度応答スペクトル

4.3 計測震度と各指標との関係

計測震度と，最大加速度 A ，最大速度 V ，最大変位 D ，加速度応答スペクトル ARS ，地震入力単位エネルギー $V_{\Delta E}$ との関係を検討した．各指標の相関係数を表-2に示す．そのうち最も精度のよかった $V_{\Delta E}$ と計測震度のグラフを図-3に示す．また，計測震度と最大変位， V の卓越周期， ARS の卓越周期との間に関係はほとんどみられなかった．

表-2 各指標の相関係数

指標	近似直線	近似曲線
$V_{\Delta E}$	0.7574	0.8666
最大速度 V	0.7251	0.8252
ARS	0.5915	0.7142
最大加速度 A	0.5897	0.6868
最大変位 D	0.4795	0.6285

5. まとめ

一般に最大加速度や最大速度が地震動の破壊力を表す指標といわれることがあるが，今回の結果からは $V_{\Delta E}$ が震度との高い相関を示した．

6. 今後の予定

今後の予定としては弾塑性応答解析を行わずに，地震動の特性と構造物の特性から簡便に建築物の被害程度が推定できる手法を構築するため，有限要素解析ソフトウェアを用いた弾塑性応答解析結果との比較検討を行っているところである．

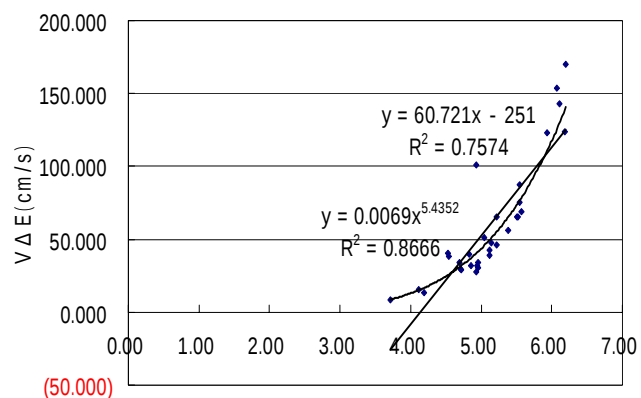


図-3 $V_{\Delta E}$ と震度