

地震動の繰返しを考慮した応答スペクトルによる木造構造物破壊力指標の評価

金沢大学大学院 ○広部勝己
 金沢大学工学部 正会員 村田 晶
 金沢大学工学部 フェロー 北浦 勝
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克

1. はじめに

既往の研究¹⁾では、木造構造物のある地域における被害率を与える指標として、地震動の繰返しを考慮した疲労応答スペクトル強度(以下、*FSI* と表記)を提案し、その有効性を示してきた。しかし、この有効性は、統計処理された被害率(全壊率)との相関から示しており、地震動の繰返しによる構造物1棟に対する被害への影響を必ずしも示していない。本研究では、木造構造物に対する地震動波形の繰返しによる影響を示すとともに、提案する指標の有効性を示すことが目的である。*FSI* 値には、加速度、速度、変位の *FSI* 値があるが、本稿では、速度 *FSI* 値(以下、*FSI_v* 値と表記)について言及する。

2. 被害相関解析

近年の被害地震の被害データを表1に、建物全壊率と強震観測記録から計算された *FSI_v* 値、*SI* 値の関係を図1に示す。全壊率は、ある地域における全壊棟数に半壊棟数の1/2を加えた値を世帯数で除したものである。また、*SI* 値、*FSI_v* 値は以下の式で求められる。

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

$$FSI_v = \int_{0.1}^{2.5} \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} \times S_v^2 dS_v dT$$

図1に示すように、全壊率と *FSI_v* 値との相関は、*SI* 値との相関と比べて変わらない。加えて、*SI* 値では全壊率の大きい日野町よりも中央区のほうが値を大きく評価しており、被害と対応していない。これらのことから、*FSI_v* 値がより有効であると考えられる。

3. 木造構造物地震応答解析

3. 1 解析モデル

参考文献³⁾を基にして解析モデルを作成した。履歴特性は、図2に示すように、Poli-linear型とSlip型を0.4:0.6の割合で足し合わせるが、Poli-linear型の第1折点として1/6,000(rad)を付け加え、初期剛性を用いた場合の1次固有振動数が木造構造物として妥当な値となるようにした。

対象とする構造物として、兵庫県南部地震の被害建物調査結果⁴⁾から、「大きな被害が生じた構造物として、ベースシア係数： $C_0=0.1$ 」、「中間的なものとして、 $C_0=0.2$ 」、「小さな被害しか生じなかった構造物として、 $C_0=0.3$ 」を設定した。各々の構造物モデルの1次固有振動数は、2.1(Hz)、3.0(Hz)、3.7(Hz)である。

3. 2 模擬入力地震動の作成

構造物1棟への地震動波形の繰返しによる影響を調べるために、地震動の特性から包絡関数の主要動の継続時間⁵⁾(以下、*TE* と表記)をパラメータとして、模擬地震動を作成する。作成手順は、卓越振動数が構造物モデルの1次固有振動数に近い、1968年十勝沖地震の八戸

表1 住家被害データ²⁾

地震名	対象地域	波形	全壊率
1993年釧路沖地震	釧路市	釧路港	0.27
1993年北海道南西沖地震	函館市	函館港	なし
1993年能登半島沖地震	鶴岡市	気象庁	0.05
1994年北海道東方沖地震	根室市	気象庁	1.35
1994年三陸はるか沖地震	八戸市	気象庁	0.13
1995年兵庫県南部地震	神戸市中央区	気象庁	12.73
	神戸市長田区	JR篠塚駅	28.16
	尼崎市		1.34
	宝塚市	JR宝塚駅	4.47
	明石市	JR西明石駅	6.37
1997年鹿児島県北西部地震(5月)	宮之城町	K-NET	0.12
	川内市	K-NET	0.02
	出水市	K-NET	なし
2000年鳥取県西部地震	米子市(鳥取県)	K-NET	1.29
	境港市(鳥取県)	気象庁	1.72
	日野町(鳥取県)	KiK-NET	22.45
	江府町(鳥取県)	K-NET	0.04
	日南町(鳥取県)	K-NET	0.27
	伯太町(鳥取県)	KiK-NET	11.86
	松江市(鳥取県)	K-NET	0.00
	横田町(鳥取県)	K-NET	0.04
2001年茨予地震	奥市(広島)	K-NET	0.24
	松山市(愛媛)	K-NET	0.00

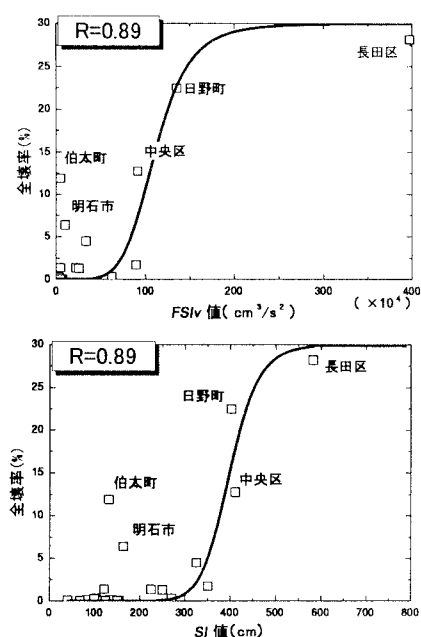


図1 指標値と全壊率の関係

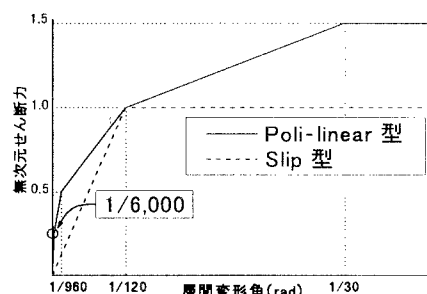


図2 解析モデルの履歴特性

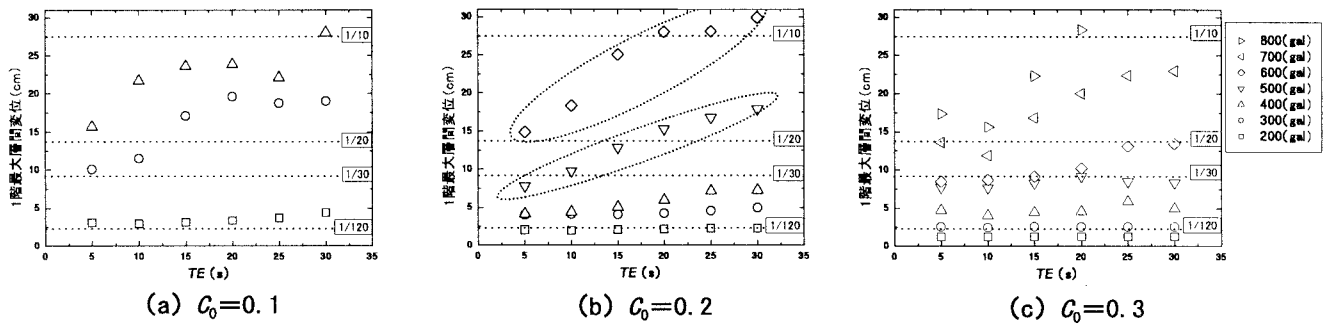


図3 主要動の継続時間 (TE) と1階最大層間変位の関係

港 (NS 成分) のパワースペクトルを用いて、 TE を 5~30 (s) まで 5 (s) 刻みに波形を作成し、そのパワースペクトルをターゲットに振幅調整を行う。最後に、最大加速度が等しくなるように 100 (gal) 刻みで基準化する。

3. 3 解析結果

3. 3. 1 主要動の継続時間 (TE) と最大層間変位の関係

木造家屋の倒壊は、最大層間変位角が 1/10 (rad) 以上で生ずるとされる³⁾。そこで、本稿では、被害に 1 階最大層間変位を用いて、被害程度を区別する。

解析に用いた入力地震動は、 TE のみ、すなわち、最大振幅付近の繰り返し回数のみが異なる模擬地震動を用いる。図 3 に、 TE と 1 階最大層間変位の関係を示すが、 TE が長くなるにしたがって、1 階最大層間変位も大きくなる傾向にあり、被害程度にも差が生じている。このことより、入力地震動の最大値のみでは、構造物被害を評価できないことを示唆でき、それゆえ、地震動波形の繰り返しによる影響を考慮する必要があるといえる。

3. 3. 2 指標値と 1 階最大層間変位の関係

図 4 に、指標値 (FSI_v 値、 SI 値) と 1 階最大層間変位の関係を示す。各々のベースシア係数において、 FSI_v 値と 1 階最大層間変位は良い相関を示し、既存の指標である SI 値と比較しても、変わらない相関を示した。

しかし、図 3.4 (b) の○で示すように、最大加速度が等しい入力地震動で、 TE が長くなるにつれて、被害程度が大きくなっても、 SI 値はある値以上にはならない傾向があるが、 FSI_v 値は被害程度に伴って増加し、良い対応を示すことがわかる。この点において、 FSI_v 値はより有効な指標であるといえる。

4. まとめ

本稿より得られた結論は、以下のようである。

- ① 入力地震動の最大値が等しくとも、最大振幅付近における地震動の繰り返しによる影響により、構造物被害には差が生じることを示した。
- ② 地震動の繰り返しを考慮した FSI 値は、木造構造物の被害を表す指標として有効である。

謝辞：K-NET、KiK-NET、気象庁の観測記録を使用させていただきました。記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 水上ひとみ：疲労応答スペクトルによる木造建物の被害相関解析と金沢市への適用、金沢大学学士学位論文、1998.3. 2) 例えば、日本建築学会：1995 年兵庫県南部地震災害調査速報、1995.3. 3) 林康裕、他：2000 年鳥取県西部地震の地震動強さの評価、日本建築学会構造系論文集、No.548、pp.35-41、2001.10. 4) 建設省建築研究所：平成 7 年兵庫県南部地震被害調査最終報告書、1996.3. 5) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会、1994.5.

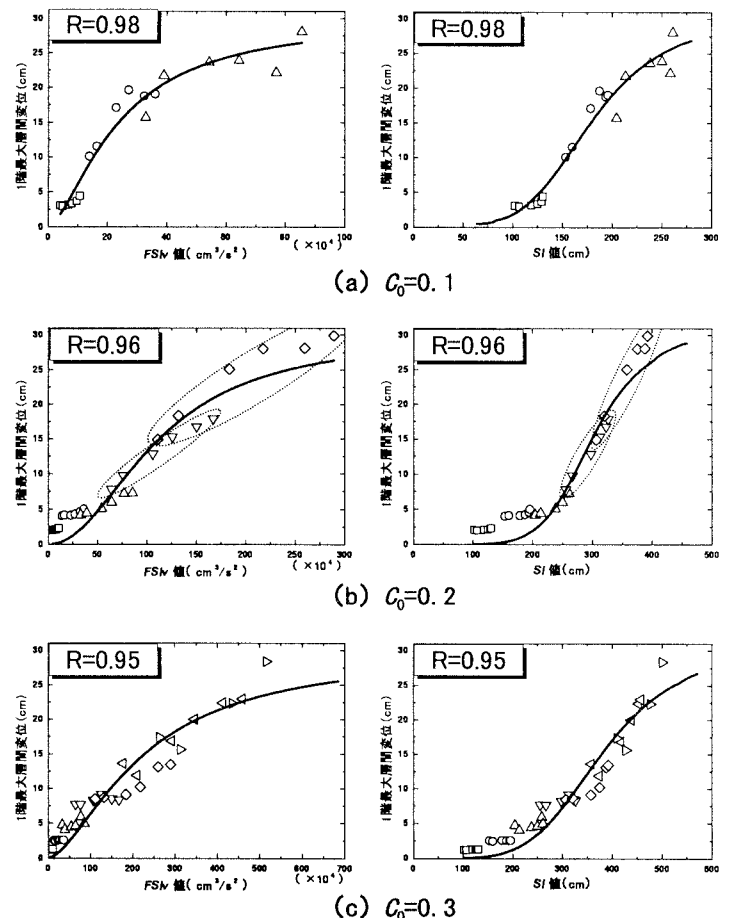


図4 指標値と1階最大層間変位の関係