

疲労応答スペクトルによる木造建物の被害相関解析

金沢大学工学部 ○水上ひとみ

金沢大学工学部 正会員 村田 晶

金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

金沢大学大学院自然科学研究科 杉木 啓伸

1.はじめに

一般に地震動の破壊力を示す指標として地震動の最大加速度やスペクトル強度などが用いられてきた。しかし、構造物の被害には答の最大値だけではなく、最大応答付近での繰り返し回数による疲労破壊も考慮する必要がある。そこで本研究は疲労破壊の概念を導入した新指標(*FSI* 値)を提案し、木造建物の被害率との相関について考察する。さらに木造建物の建築年代別による固有周期の存在確率を考慮することにより、本指標の信頼性を検証する。

2.解析手法

2.1 *FSI* 値の計算方法

(1)応答速度の計算

強震加速度記録に対する1質点系モデルの応答速度を求める。1質点系モデルの固有周期を $T=0.1\sim 2.5(s)$ 、減衰定数を $h=0.05$ とする。

(2)繰り返し回数の定義

地震動に対する建物の疲労破壊を表すために、本研究は応答波形の各振幅での繰り返し回数を数える。図1は応答速度波形の一例である。まず図のように波形を高さのみの成分に変換し、応答速度の最大値を基に応答速度波形の各振幅を基準化する。次に基準化された各振幅ごとの回数を繰り返し回数としてカウントする。これを固有周期 $T=0.1\sim 2.5(s)$ に対する1質点系モデルのそれぞれの応答速度波形に対して適用する。

(3)疲労応答スペクトル

木造建物の固有周期(T)をx軸に、速度応答スペクトル(S_v)をy軸に、各応答レベルでの繰り返し回数(C_{sv})をz軸にとったものを「疲労応答速度スペクトル」と呼ぶことにする。疲労応答速度スペクトルの概念図を図2に示す。例えば、固有周期 T で速度応答スペクトルを0.9倍した点における繰り返し回数は図1の応答速度波形の90%における繰り返し回数に対応している。

以上の方法により繰り返し回数を応答スペクトルで積分した体積、すなわち疲労応答速度スペクトルの積分値を求める。積分する際、得られる値が地震動が構造物に与えるエネルギーを表すために速度応答スペクトルの2乗を乗じることとし、

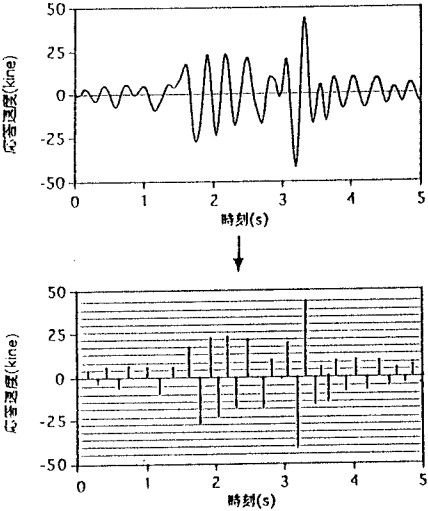


図1 変換した応答速度波形

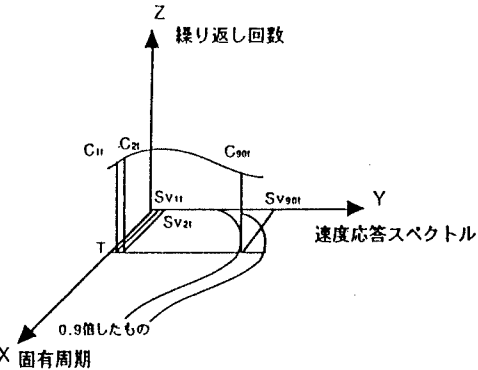


図2 疲労応答速度スペクトルの概念図

これにより求められる値を FSI 値(Fatigue Response Intensity)と呼ぶことにする。

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

2.2 木造建物の固有周期と建築年代を考慮した FSI' 値の計算方法

石川県地震被害想定調査より木造建物の固有周期は $T=0.1 \sim 0.8(s)$ の間にある。また木造建物の建築年代によってそれぞれの固有周期における木造建物の存在確率が異なる。そこで建築年代別の割合を考慮して求めた木造建物の固有周期と存在確率との関係を図示したものが図3である。木造建物の固有周期と存在確率(a_T)を考慮して FSI' 値を計算する。

$$FSI' = \int_{0.1}^{0.8} a_T \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} \times S_v^2 dS_v dT$$

3. 解析結果

地震記録から計算された SI 値と木造建物全壊率との関係を図4に示す。 SI 値はスペクトル強度と呼ばれ、地震動の強さを表す指標として固有周期 $T=0.1 \sim 2.5(s)$ における1質点系の速度応答スペクトルの積分値で求められる¹⁾。また図5、図6はそれぞれ2.1、2.2の方法で求めた FSI 値と木造建物全壊率との関係を示したものである。なお全壊率は、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^{2) 3)}。

解析の結果、 FSI 値と木造建物全壊率の相関は SI 値との相関よりも良い結果となった。よって FSI 値は木造建物の被害を表す指標として優れていると考えられる。また通常の FSI 値よりも木造建物の固有周期と建築年代を考慮した FSI' 値の方が木造建物全壊率との相関が高くなった。通常の FSI 値は計算における固有周期の範囲が広いため、木造建物の被害を過大に評価することがある。しかし、木造建物の固有周期と建築年代を考慮した FSI' 値はこの点が改良されたため、相関が良くなったと考えられる。

4. おわりに

以上の結果より、疲労破壊を考慮した FSI 値は木造建物の被害を表す優れた指標であると考えられる。しかし加速度波形の振動数成分が FSI 値に大きく影響していることから、地盤特性を考慮した解析を実施する必要がある。

【参考文献】

- 1) 大崎順彦：地震動のスペクトル解析入門、1976。
- 2) 日本建築学会近畿支部：1995年兵庫県南部地震、木造建物の被害、1995。
- 3) 藤原悌三：平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究、平成7年3月。

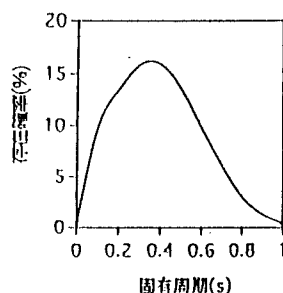


図3 建築年数構成を考慮した木造建物の固有周期存在確率

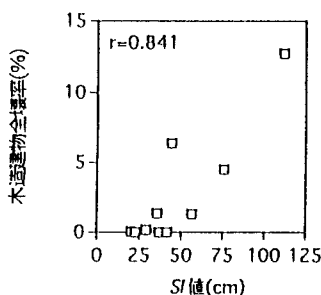


図4 SI 値と木造建物全壊率との関係

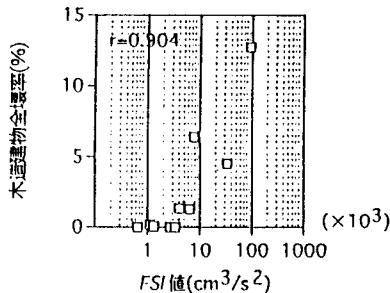


図5 FSI 値と木造建物全壊率との関係

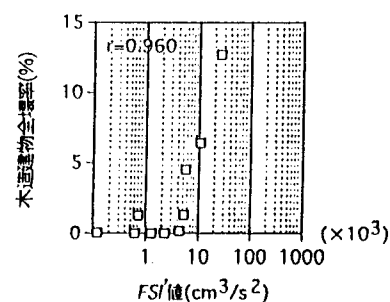


図6 木造建物の固有周期と建築年代を考慮した FSI' 値と木造建物全壊率との関係