

## 地震動の繰り返しを考慮した強度指標による木造構造物被害推定に関する実験的研究

金沢大学工学部 学生会員○倉橋 宏  
 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

地震災害を少しでも軽減するには、構造物被害を正確に予測する強度指標が必要である。一般的に地震動強度指標として、最大加速度やスペクトル強度（SI 値）などが用いられている。しかし、これらの指標は構造物の加速度や応答の最大値のみに着目したものであり、地震動により構造物が何回揺らされ、疲労がどれくらい蓄積されたかという繰り返しの概念をほとんど含んでいない。そこで、本研究ではスペクトル強度で着目している速度応答の最大値だけでなく、時刻歴での応答の繰り返しを考慮した疲労応答スペクトル強度（FSI 値：Fatigue response Spectral Intensity）を提案し、木造構造物被害との関係を検証する。特に1自由度系の模型を対象に正弦波、地震波を入力とする振動実験を行い、地震動の繰り返しが木造構造物の被害に与える影響と、FSI 値の地震動強度指標としての適用性を検証する。

2. 疲労応答スペクトル強度（FSI 値）<sup>1)</sup>

FSI 値の概念図を図1に示す。固有周期（ $T$ ）を  $X$  軸に、速度応答スペクトル（ $S_v$ ）を  $Y$  軸に、また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「速度疲労応答スペクトル」と呼ぶことにする。図1において  $T_j \sim T_{j+1}$  の間は 0.1 (s) を表し、 $S_{vij}$  は  $T_j$  に対応する速度応答スペクトルのある応答レベルの大きさを表している。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を2乗し、 $(T_{j+1} - T_j) \times S_{vij}^2$  から1つの応答レベルにおける値を求める。これを各々の応答レベルによる繰り返しで足し合わせることで、これを体積として算出し、この作業を固有周期  $T=0.1 \sim 2.5$  (s) まで積分したものを速度 FSI 値と定義する。以上より SI 値、FSI 値は図中の式により算出される。

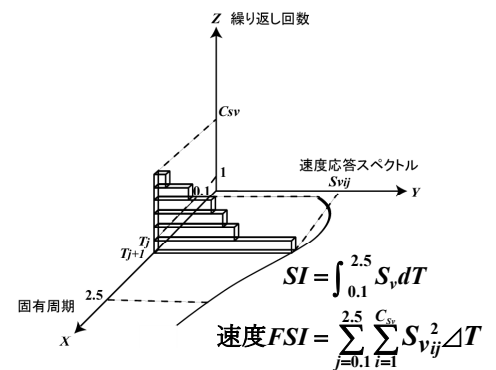


図1 速度 FSI 値の概念図

## 3. 振動実験

## 3-1 実験概要

模型概要図を図2に示す。実験に使用する模型は、木造構造物の被害には接合部が最も影響すると考えられるため、ほぞにより接合された木造構造物の壁部分の一部を1/2スケールにモデル化したものを用いる。使用する木材はベイマツ（比重0.49、含水比約10%）で、接合部は軸組み工法用金物により補強を図った。また、2階荷重と屋根荷重を想定し、荷重を載荷する。この模型を振動台に設置したH鋼上に剛に取り付け、正弦波および地震波入力を用いて振動実験を行う。H鋼上と梁に設置した加速度計により入力、応答加速度を、振動台の外に設置したレーザー変位計により模型上部・下部の変位を測定し、層間変位を求める。

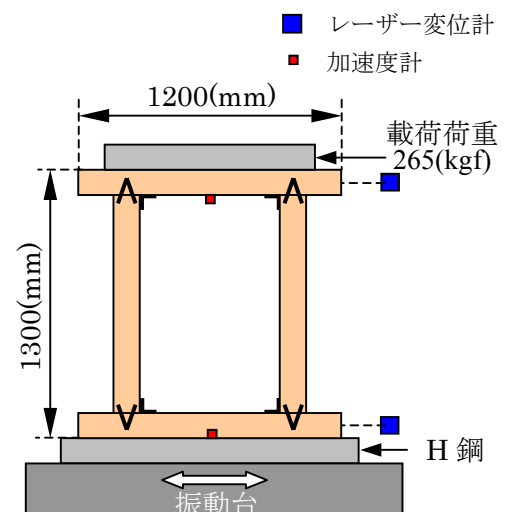


図2 実験概要図

キーワード：疲労応答スペクトル強度、地震動強度指標、繰り返し、木造構造物

連絡先：〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部 TEL:076-234-4654 FAX:076-234-4644

### 3-2 正弦波を用いた振動実験の実験結果及び考察

ほぞ接合により建てられた軸組み木造構造物においては、地震振動によって接合部に緩みが生じるためばね定数の低下が引き起こされる。そこで、振動の繰り返しと構造物応答加速度の関係に着目した実験を行う。ここで、繰り返し回数は、模型のばね定数が加振中に初期値より1割減少するまでの応答加速度波形の波数として定める。入力とする正弦波の振動数は模型の固有振動数とし、加速度は130~300 (gal) とする。図3に最大応答加速度と繰り返し回数の関係を示す。図に示す関係に対し、回帰直線を求めると右下がりの傾向が見られた。構造物の応答加速度が大きくなるに従い破壊の程度も大きくなると考えられるため、最大応答加速度が小さく応答振幅の繰り返し回数が多い波形の場合と、最大応答加速度が大きく応答振幅の繰り返し回数が少ない波形の場合とは構造物に同等の影響を与えると考えられる。

### 3-3 地震波を用いた振動実験の実験結果及び考察

実験より得られた最大層間変位と、入力加速度から算出された速度  $FSI$  値との関係、および  $SI$  値との関係を図4、図5にそれぞれ示す。図4に示すように最大層間変位が増加するにつれて速度  $FSI$  値も増加する比例関係があることから、 $FSI$  値は模型の被害を推定する指標となると考えられる。また、 $SI$  値と比較すると速度  $FSI$  値の近似直線は  $SI$  値のそれよりも良い相関が得られたこと、また被害と無被害との境界が認識し易いことから  $FSI$  値は  $SI$  値より被害を表す地震動強度指標として有効であると考えられる。

木造構造物の外観調査による被害程度の基準<sup>2)</sup>によれば建物の残留傾斜がおおむね1/20(rad)以上で大破とされているが、地震時には残留傾斜以上に傾いていたと考えられる。そのため、残留傾斜が1/15(rad)以上、すなわちこの模型において最大層間変位が8.4(cm)以上の場合を模型が大破したと考える。回帰直線と大破の変位との交点より速度  $FSI$  値は56,000( $\text{cm}^2/\text{s}$ )以上、 $SI$  値は170(cm)以上で模型に大破の被害を与えると考えられる。

## 4. まとめ

以上より、最大応答加速度が小さく応答振幅の繰り返し回数が多い波形の場合と、最大応答加速度が大きく応答振幅の繰り返し回数が少ない波形の場合とは同等の影響を構造物の破壊に与え、木造構造物の破壊に地震動の繰り返しが影響することが明らかになった。また、 $FSI$  値は地震動の繰り返しを考慮したことにより、より精度の良い地震動強度指標となると考えられる。

### 参考文献

- 1) 大崎順彦：建築振動理論、彰国社、1996.
- 2) 坂本功：阪神大震災に見る木造住宅と地震、鹿島出版会、1997.

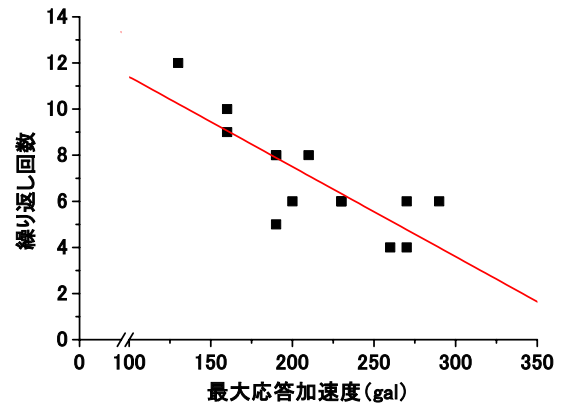


図3 最大応答加速度と繰り返し回数の関係

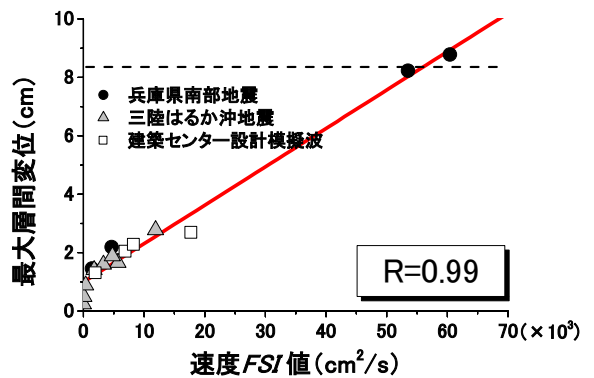


図4 最大層間変位と速度  $FSI$  値の関係

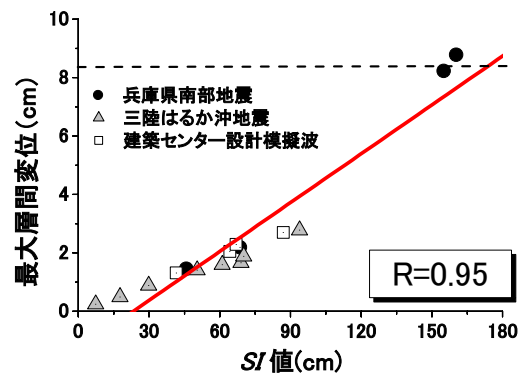


図5 最大層間変位と  $SI$  値の関係