

建造物の建築年代構成と強震時の剛性低下を考慮した疲労応答スペクトル指標の提案

金沢大学大学院 正会員○村田 晶

同 フェロー 北浦 勝

同 正会員 宮島昌克

積水ハウス（株）

吉田淳児

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、中越地方各地に甚大な人的、物的被害をもたらした。中でも震度7を記録した川口町、震度6強を記録した山古志村では世帯数の約半数が全壊した。また、建物被害の大半は木造建造物で起きている。このような建物被害に対して、地震発生後の被害予測を迅速に行うことが復旧活動に必要不可欠である。さらには、正確な被害予測を行うことでより充実した地震対策を行うことができる。こうしたことから、地震による被害予測を正確かつ迅速に行うための破壊力指標が必要とされる。そこで、本研究では、木造建造物の建築年代構成と強震時の剛性低下を考慮した疲労応答スペクトル指標（以下、 FSI_{vpe} 値と表記）を提案し、既往の破壊力指標との比較・検討を行う。

2. 新潟県中越地震における被害相関解析

2.1 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を用いて木造建造物の建築年代構成に伴う固有周期分布割合を考慮した FSI_{vpe} 値を用いて被害相関解析を行う。ここで FSI_{vpe} 値の算出式を以下に示す。

$$FSI_{vpe} = \int_{\beta}^{\alpha} p_t \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{sv} \times S_v^2 dS_v dT \quad (1)$$

また、強震時には建造物の剛性低下により固有周期が通常時よりも伸びていると考えられるため、分布割合が長周期側に移行していると考えられる¹⁾。そこで、分布割合を1.5倍、2倍に伸ばした場合について同様に FSI_{vpe} 値を求め、被害相関解析を行う。

2.2 FSI_{vpe} 値を用いた木造建造物における被害相関解析

(1) 固有周期の平均と標準偏差を用いる方法

各年代の木造建造物における固有周期の平均と標準偏差²⁾を用いて、 FSI_{vpe} 値を求める。また、2.1で示した方法により周期分布を変化させた FSI_{vpe} 値についての相関解析も行う。それぞれの固有周期分布割合を図1に、相関解析の結果を図2～図4に示す。相関の程度を表す相関係数は1次関数近似による回帰により求める。図に示すように、建築年代構成をそのまま考慮した場合には相関が低い、剛性低下による周期の伸びを考慮した周期分布を用いると、長周期側に移行させるにつれて相関が高くなる。

(2) 経年劣化曲線を用いる方法

更谷ら³⁾が木造住宅の経年劣化による損傷確率を考慮した経年劣化曲線を用いて、各年代の木造建造物における固有周期の平均と標準偏差を求める。経年劣化曲線を用いて求められる値は、低減係数であることから初期固有周期を設定する必要があるが、

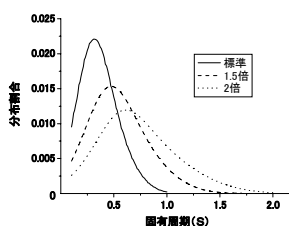


図1 周期分布を変化させた場合

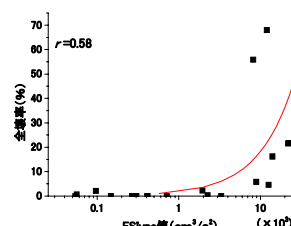


図2 通常時の分布割合を用いた場合

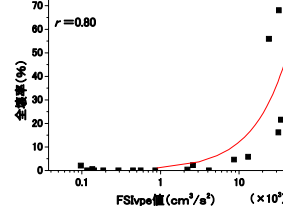


図3 1.5倍の分布割合を用いた場合

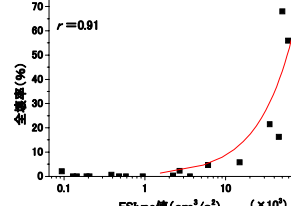


図4 2倍の分布割合を用いた場合

キーワード 震害指標、疲労応答スペクトル、建築年代、新潟県中越地震

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科 TEL 076-234-4655

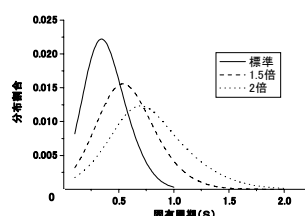


図5 周期分布を変化させた場合

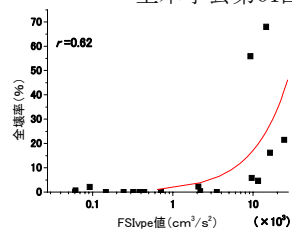


図6 通常時の分布割合を用いた場合

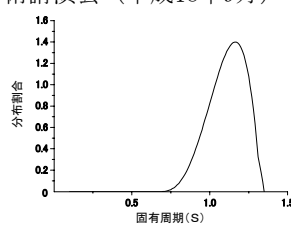
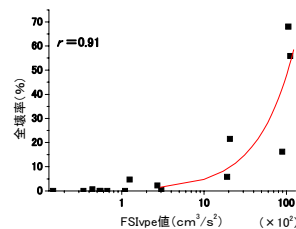
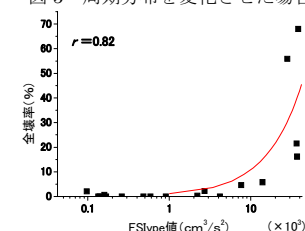
図9 β 分布を用いた場合図10 β 分布割合を用いた場合

図7 1.5倍の分布割合を用いた場合

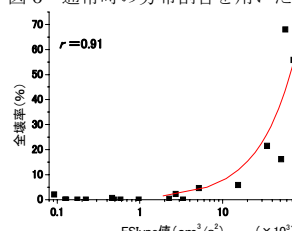


図8 2倍の分布割合を用いた場合

今回は初期固有周期を $T=0.25(\text{s})$ として解析を行う。また、(1)と同様に周期分布を変化させた FSI_{vpe} 値についての相関解析も行う。それぞれの固有周期分布割合を図5に、相関解析の結果を図6～図8に示す。図に示すように通常時の分布割合を用いた場合は(1)に比べて若干相関が高くなった。また、剛性低下による周期の伸びを考慮すると(1)と同様に周期分布を長周期側に移行させるにつれて相関が高くなった。

(3) 建築年代予測モデルを用いる方法

吉田ら⁴⁾は建築年代別モデルそれぞれに対して、最も被害と相関が良くなる周期帯について検討している。この検討結果より得られる値は上限と下限の固有周期であることから、固有周期分布割合を求める際には β 分布を用いて、被害相関解析を行う。ここで、 β 分布のパラメーターは $q=4.0, r=2.0$ とする。 β 分布による固有周期分布を図9に、相関解析の結果を図10に示す。ここで、構造物被害と相関が良くなるモデルを使用しているため、図10に示す相関結果は剛性低下による長周期化を考慮したものとなっている。そのため、図に示すように相関が高くなった。しかしながら、全壊率がほぼ同等と考えられるJMA小国とJMA小千谷での値が(1),(2)に比べて大きく離れていることから、それら方法と比べて回帰の再現性が若干劣ると考えられる。

3. まとめ

各方法による相関のまとめと既往の破壊力指標との相関係数の比較を表1に示す。表に示すように建

表1 既往の地震力指標と本研究による方法で求めた相関係数一覧

指標		相関係数			
計測震度		0.63			
PGA		0.68			
PGV		0.84			
FSI _v 値		0.84			
FSI _{vpe} 値		通常	1.5倍	2倍	
	方法1	0.58	0.80	0.91	
	方法2	0.62	0.82	0.91	
	方法3	0.91			

築年代構成に伴う固有周期分布割合をそのまま考慮した場合は、いずれの方法においても FSI_v 値と比べて相関は低くなるが、強震時における構造物の剛性低下による周期の伸びを考慮した周期分布に変更すると、長周期側に移行させるにつれて相関が高くなった。よって、本研究で提案した FSI_{vpe} 値は、剛性低下による周期の伸びを考慮すれば十分有効であると言える。また本指標を用いることで、既往の破壊力指標と比較しても、一般的に地震被害に用いられる計測震度、PGA、PGVと同等以上の精度を得ることができる。今後は、余震時の強震観測記録を組み合わせたときの被害相関をどのように考慮するかといった課題が残る。

【謝辞】防災科学技術研究所のK-NET、KiK-net及び気象庁の観測記録を使用させて頂きました。記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 倉橋 宏：地震動の繰返しを考慮した破壊力指標の評価と木造構造物被害への適用、金沢大学修士論文、2002。
- 石川県地震被害調査、平成8年度第1回委員会資料、1996。
- 更谷安紀子・林康裕・森井雄史：被害経験に基づいた木造住宅群の地震被害予測手法（その2）経年劣化を考慮した手法、日本建築学会大会学術講演集、2005。
- 吉田研史：木造建物群の建築年代別被害予測モデルの構築と破壊力指標の提案、工学院大学大学院工学研究科建築学専攻修士論文、2004。