

疲労応答スペクトル強度を用いた木造構造物被害関数の能登半島地震への適用

東京工業大学大学院 学生会員 長尾亮太
 金沢大学大学院 正会員 村田 晶
 同 正会員 宮島昌克
 同 フェロー会員 北浦 勝

1. はじめに

近年、日本各地で M7 前後の地震が多発しており、特に木造家屋に大きな被害をもたらしている。また、将来的には東海・東南海・南海地震といった M8 クラスの大規模地震の発生とそれに伴う一般住宅への甚大な被害が予測されている。一般的に住宅の大半は木造構造物であるが、既存住宅の耐震化は経済的な理由などによりはかどっていない。このようなことから、行政は予め被害の発生しやすい地区を予測して重点的に耐震化を促進することが重要と考えられる。そのためには高い精度を有する地震時における木造構造物の被害予測手法の確立が必要である。そこで本研究では、既往の研究により構築されている速度疲労応答スペクトル強度 (FSI_v 値) を用いた被害予測手法について、2007 年能登半島地震への適用を試みる。

2. 速度疲労応答スペクトル強度を用いた被害予測

速度疲労応答スペクトル強度 (FSI_v 値) を用いた木造構造物の被害予測手法は木造構造物の耐力を建築年代から推定することによって提案されている¹⁾。 FSI_v 値とは規定の周期範囲 (0.1 秒～2.5 秒) で、速度応答スペクトルにおいて振幅の大きさ (S_v) ごとの繰り返し回数 (C_{S_v}) から与えられる指標として、式 1 で算出される。また、周期範囲をパラメータとした速度疲労応答スペクトル強度 (FSI_v 値) は、木造構造物の経年劣化を考慮して、周期範囲を建築年代別に变化させた式 2 で評価される。

既往の研究¹⁾では、兵庫県南部地震による宝塚市での木造家屋の被害を基にした解析から建築年代別の耐力を推定している。また、それを用いて各建築年代別に複数の耐力の異なる木造家屋の解析モデル群を構築している。さらに、過去の地震波に対する各解析モデルの層間変形角に基づいて算出した解析被害率と、そのときの FSI_v 値から、建築年代別の被害関数についてロジスティック関数を用いて構築している。これに地域の違いによる木造家屋の耐力差を考慮するため

に、地域補正係数という概念を用いている。地域補正係数とは宝塚市の木造住宅を基準値 1.0 として、地域ごとに設定する値である。値が大きければ木造構造物の耐力が大きいことを示す。

$$FSI_v \text{ 値} = \int_{0.1}^{2.5} \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} S_v^2 dS_v dT \quad (\text{式 1})$$

$$FSI_v' \text{ 値} = \int_{\alpha}^{\beta} \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} S_v^2 dS_v dT \quad (\text{式 2})$$

(T : 周期, α : 周期範囲の下限, β : 周期範囲の上限)

3. 能登半島地震の被害と既往の被害関数との相関

まず、 FSI_v 値を用いた被害予測と他の被害予測指標を用いた被害予測による精度の違いを検証するために、両者の比較を行う必要がある。そこで本研究では従来の被害予測指標において用いられている最大地動加速度 (PGA)、最大地動速度 (PGV)、建築年代を考慮しない場合の SI 値と FSI 値、そして建築年代を考慮した場合の SI 値 (SI' 値) の 5 つの指標と FSI_v 値の比較を行った。この結果、建築年代を考慮した FSI_v 値や SI' 値について、他の指標よりも被害関数との相関の良いたことが確認できた。次に、能登半島地震において各地で観測された強震記録と地震後に行われた悉皆調査の分析結果から地区ごとの FSI_v 値と被害率を求め、既往の被害関数に重ね合わせる。図 1 は能登半島地震の被害と兵庫県宝塚市モデル (地域補正なし) により構築

キーワード 能登半島地震, 疲労応答スペクトル強度, 地震被害予測, 木造構造物

連絡先 〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259 G3-2 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻 大町研究室

された被害関数の比較である。図中の曲線は解析モデルによる解析結果からプロットした点をロジスティック関数で近似したもので、これが被害関数である。 R^2 で表される数値は決定係数であり、本研究では決定係数 R^2 の値によってその精度が測られる。この結果、1980年以前の建築年代においては決定係数 R^2 がおおよそ0.9付近の値を示しているため、宝塚市モデルによる既往の被害関数でも適用は可能であると考えられるが、1981年以降の建築年代においては決定係数 R^2 が著しく低下するために、宝塚市モデルによる被害関数では被害予測を行うことは難しいといえる。また、新潟県川口町モデル（地域補正係数1.3）による被害関数を用いた場合でも同様の結果が得られた。そこで、 $FSIv$ 値を用いた被害関数で能登半島の被害状況を正確に示すために、地域補正係数や木造構造物モデルの建築年代ごとの固有周期の範囲などを調整して能登半島の被害事例に合わせた被害関数の構築を行う。

4. 能登半島地震の被害に対応した被害関数

先の結果より、能登半島地震における悉皆調査の結果から能登半島における地域補正係数の導出を試みた。この結果、地域補正係数は0.9とし、固有周期の範囲を表1のように設定したとき、被害関数は図2のようになり、決定係数 R^2 も全ての年代区分においておおよそ0.9とすることが出来た。これにより、能登半島地震における木造構造物の被害状況を反映した被害関数が設定できたと考える。

5. まとめ

今回の研究結果においては既往の研究により構築されている $FSIv$ 値を用いた被害関数と能登半島地震の実際の被害との相関から、古い年代においては適用が可能であると考えられるが、新しい年代のものについては適用が難しいという結果となった。そこで能登半島の被害事例に対応するように関数構築のパラメータである地域補正係数と建築年代ごとの固有周期の範囲について調整を行ない、能登半島地震の被害と対応する被害関数を構築した。今後は、この相関をより高めるために能登半島の木造家屋の耐力をより詳細に調べる必要がある。また、今回設定したパラメータの工学的な意味を調べていく必要がある。このような理論的な裏づけを行うことでより多くの地域にこの被害関数が適用できるようになり、地震被害の予測に役立つものとする。

(参考文献)

- 1) 村田 晶 他：応答の繰り返しを考慮した地震動破壊力指標の新潟県中越地震被害への適用，土木学会地震工学論文集，Vol.28，No.137，2005。

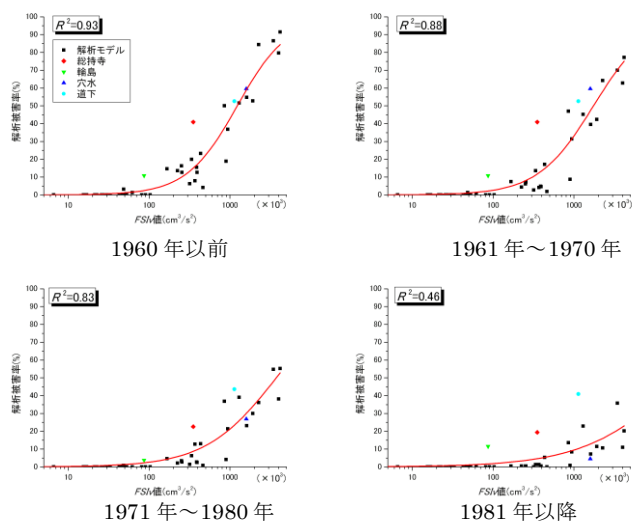


図1 既存の被害関数(宝塚モデル)と能登半島地震による被害状況

表1 能登半島における木造構造物の固有周期範囲

建築年代分類	周期範囲(s)
年代区分なし	0.2~1.2
1960年以前	0.2~1.8
1961年~1970年	0.2~1.2
1971年~1980年	0.2~1.2
1981年以降	0.2~0.9

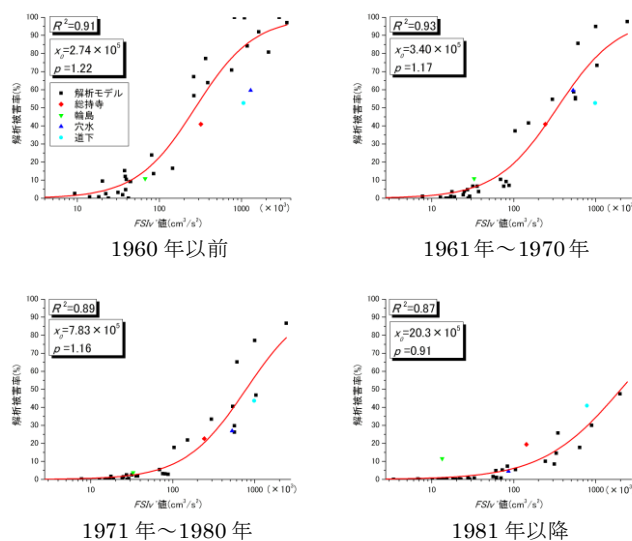


図2 能登半島における $FSIv$ 値を用いた被害関数