

周期範囲と建築年代構成を考慮した疲労応答スペクトル強度による木造構造物被害相関解析

金沢大学工学部 正会員 村田 晶 赤穂市役所 辰巳 智
 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

兵庫県南部地震以降、動的解析により耐震性能を厳密に照査する耐震設計が求められるようになってきた。東南海地震のようなプレート型巨大地震の発生が予想される今日、地震による構造物被害を的確に予測し、しかるべき対策を事前に講じる必要がある。そのためには、地震による構造物被害を的確に表す破壊力指標が必要である。本研究では、構造物の最大応答付近での繰り返し回数を考慮する、疲労破壊の概念を導入した破壊力指標である疲労応答スペクトル強度 (FSI_V) に対し、周期範囲と木造構造物の建築年代構成を考慮することにより、本指標の適用性を検討する。

2. 木造構造物全壊率と FSI_V 値との相関

図1,2にそれぞれ疲労速度応答スペクトル強度(以下 FSI_V 値と表記)、 SI 値と木造構造物の全壊率との関係を示す。ここで FSI_V 値、 SI 値、全壊率は以下の式により求める。ここでは、周期範囲を $\alpha=0.1, \beta=2.5$ とする。

$$FSI_V = \int_{\alpha}^{\beta} \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} \times S_v^2 dS_v dT$$

$$SI = \int_{\alpha}^{\beta} S_v dT$$

$$\text{全壊率} = \frac{\text{全壊棟数} + \text{半壊棟数} / 2}{\text{全世帯数}} \times 100$$

図1、2に示すように、 FSI_V 値、 SI 値の Logistic 関数による相関係数はそれぞれ 0.88 と同様の値になった。しかし、全壊率の大きな日野町よりも中央区のほうが SI 値は大きい値を示しており被害と対応していないのに対し、 FSI_V 値は被害傾向と調和的な値をとる。以上のことから、 FSI_V 値は SI 値と相関精度は同等であるものの、木造構造物被害を表すのにより適していると言える。

3. 固有周期分布範囲を考慮した FSI_V 値

FSI_V 値、 SI 値の計算では一般的な構造物の固有周期の範囲を考慮して、積分範囲を 0.1~2.5(s)としている。しかしこの範囲は本研究で扱う木造構造物のように特定の構造物を対象とする場合は周期特性を考慮しているとは言い切れない。そこで FSI_V 値、 SI 値の計算をする際に α 、 β の値を 0.1~2.5(s)で様々に変化させ、木造構造物の全壊率との相関を調べた。

0.1 秒ごとの周期範囲における FSI_V 値と全壊率との相関関係を図3

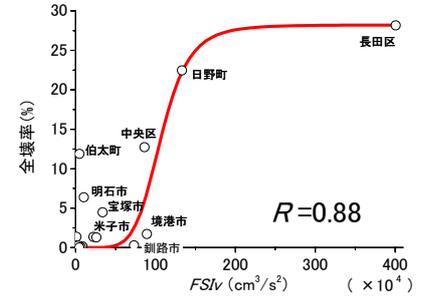


図1 FSI_V 値と木造構造物の全壊率との関係

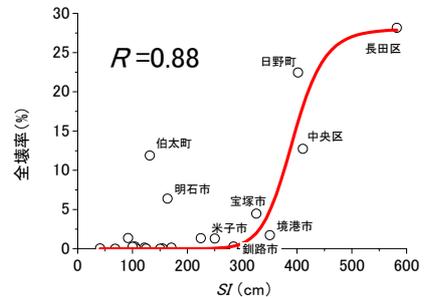


図2 SI 値と木造構造物の全壊率との関係

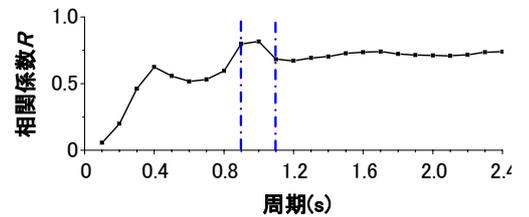


図3 各周期における指標と全壊率との相関

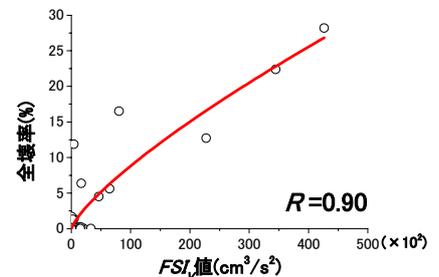


図4 固有周期範囲を考慮した FSI_V 値と木造構造物の全壊率との関係 ($\alpha=0.9, \beta=1.1$)

キーワード 被害相関解析, 木造構造物, 疲労応答スペクトル
 連絡先 〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20
 金沢大学工学部 TEL 076-234-4654

に示す。図に示すように、後述する木造建造物の固有周期範囲である 0.1~0.8(s)の短周期では相関は悪くなるのに対し、それ以降の周期範囲では相関は良くなる事が分かる。特に 1.0(s)のときにピークが現れた。この結果は文献1)に示す傾向と調和的である。この結果をもとに 1.0(s)付近を積分範囲とすると、図4に示す $\alpha=0.9, \beta=1.1$ の時、相関係数は 0.90 と最大となった。また同様な方法により求めた SI 値は、周期範囲 $\alpha=0.3, \beta=1.3$ の時に相関係数が 0.89 であり、周期範囲を考慮した時の FSI_V 値、 SI 値の相関は同程度であった。これらより周期範囲を考慮することで FSI_V 値、 SI 値は、より高い精度で建造物被害を表すことができると言える。

4. 木造建造物の建築年代構成を考慮した FSI_V 値

木造建造物の固有周期に影響をもたらす要因としては木造建造物の建築年代、壁率、工法などがある。本研究では比較的データの豊富な木造建造物の建築年代構成をもとに固有周期に重みをつけた。木造建造物の周期ごとの分布割合を求めるために、表1に示すように構造、階層、用途によりグループ化して分類した。グループごとの平均 m 、標準偏差 σ の値を正規分布の式に代入し、その値に建築年代構成のグループごとの割合を重みとして掛けたものを木造建造物の固有周期分布割合 (P_T) と定義する。この値を用いて建築年代構成を考慮した FSI_V 値(以下 FSI_V' 値と表記)を算出する。本研究では都道府県別の建築年代構成²⁾を用いて FSI_V' 値を求める。図6に固有周期分布割合を示す。また算出に用いた式は以下に示す。

$$FSI_V' = \int_{\alpha}^{\beta} p_T \int_{0.01S_v}^{S_v} C_{S_v} \times S_v^2 dS_v dT$$

解析した結果、図6に示す木造建造物の建築年代を考慮した周期範囲 $\alpha=0.1, \beta=0.8$ による FSI_V' 値は考慮しないもの(図1)よりも相関が悪くなった。そこで、非線形化による木造建造物の固有周期の伸びを考慮するために、図7に示すように周期分布割合を長周期方向に2倍に伸ばした ($\alpha=0.1, \beta=1.6$) 結果、相関係数が 0.91 となり相関が向上した。これは地震動の揺れにより建造物の剛性が低下することによって引き起こされる、木造建造物の非線形性とそれによる固有周期の伸びが大きく影響すると考えられる。これより本指標で木造建造物被害を表すには、非線形化による固有周期の伸びを考慮した建築年代構成を用いると高い精度で被害を表すことができると言える。

5. まとめ

木造建造物の固有周期帯である 0.1~0.8(s)を周期範囲にして指標を適用すると被害との相関は悪く、それよりも長い周期範囲を用い指標を適用すると相関は良くなった。また、非線形化による固有周期の伸びを考慮した木造建造物の建築年代構成を用いることは有効であり、2倍の伸びまで拡張すると相関が良くなるという結果が得られた。今後は他の建造物にも適用し、被害予測指標としての精度向上を図っていきたい。

参考文献

- 1) 境有紀: 建築被害率の予測を目的とした地震動の破壊力指標の提案, 日本建築学会構造系論文, 第555号, pp.85-91, 2002.5.
- 2) 総務省統計局: 日本国勢調査, 2000.

表1 木造建造物種別ごとの建築年代別特性

構造階層	非瓦屋根	専住平屋	専住2階	非専住2階	
用途	瓦屋根		専住平屋	専住2階	非専住2階
建築年代別	~ 1950	グループ1	1	1	1
	1951 ~ 1960	3	2	2	2
	1961 ~ 1970	4	4	4	3
	1971 ~ 1980	5	5	5	4
	1981 ~	6	6	6	5

	m	σ		m	σ
グループ1	0.50	0.13	グループ4	0.33	0.10
グループ2	0.40	0.13	グループ5	0.28	0.10
グループ3	0.36	0.10	グループ6	0.25	0.10

(単位:s)

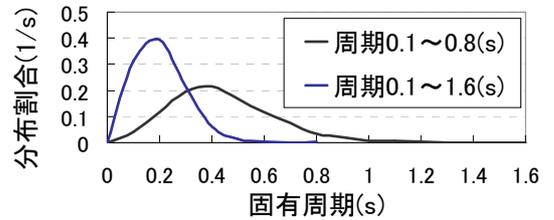


図5 木造建造物の周期分布割合

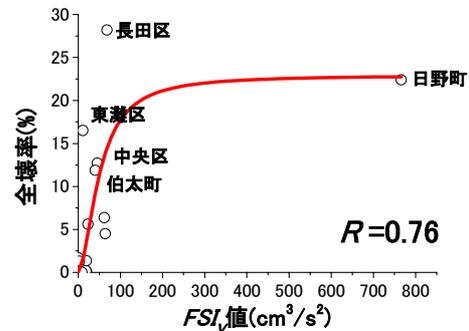


図6 建築年代構成を考慮した FSI_V' 値 ($\alpha=0.1, \beta=0.8$)

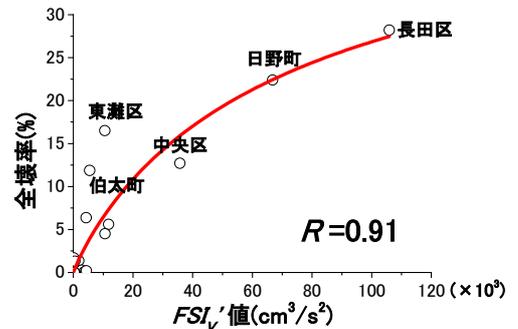


図7 建築年代構成を考慮した FSI_V' 値 ($\alpha=0.1, \beta=1.6$)