

# 木造建物の早期被害推定のための地震動指標の検討

05T0053W 星 幸江  
指導教員：山崎 文雄，丸山 喜久

## 1. 研究の背景と目的

地震での建物への被害は、私達の生命を脅かす危険性がある。実際に1995年兵庫県南部地震では、多くの方が家屋の倒壊によって命を落としており、全半壊した建物は約24万棟にも及んだ。近年、このような建物被害と地震動指標との相関性の低さが指摘され、多くの研究がなされている<sup>1)</sup>。地震動指標は、計測震度・地動最大速度(PGV)・地動最大加速度(PGA)・SI値など様々な形で表されている。地震発生直後に被害を迅速かつ的確に推定するためには、地震動の特性を代表する地震動指標と建物被害との相関性を向上させることが重要である。

そこで本研究では、木造建物モデルを構築し、幅広い地震記録を入力した地震応答解析を行う。ここで算出した応答塑性率と、地震動指標との相関を調べ、建物被害と相関の高い指標の検討を行う。

## 2. 解析方法

本研究では、1993年釧路沖地震から2008年岩手県沿岸北部を震源とする地震までの14地震による51の強震観測点のデータを使用する。入力波形としては防災科学技術研究所のK-NETやKiK-net、気象庁などによる地盤加速度の観測記録を使用した。

応答解析に用いる建物モデルは、木造建物を対象にした1質点系で、固有周期は0.1~1.0秒(0.1秒刻み)、減衰は5%とした。固有周期と降伏震度の関係は神奈川県<sup>2)</sup>が用いたものに従い、復元力特性は2段階バイリニア型の第2ループを描くものとする。この建物モデルに51観測点のEW, NS波形を入力する。

応答解析後、建物モデルの最大応答変位 $\delta_u$ を降伏変位 $\delta_{Y2}$ で除した塑性率 $\mu$ を算出し、地震動指標との関係を検討する。

## 3. 解析結果

図-1に2007年能登半島地震のK-NET穴水に対する周期0.1~1.0秒の応答履歴を示す。図-2に周期0.5秒の時のEW, NSそれぞれに対応する塑性率と地震動指標の関係を示す。ばらつきは両対数軸をとった際の直線回帰で評価し、相関係数で比較を行う。周期0.5秒では、SI値とPGVが塑性率とのあてはまりがいいことが分かる。次に各指標の相関係数と建物周期との関係を図-3に示す。PGAは非常に短周期ではあてはまりがいいが、周期が長くなるにつれ相関係数は低下する。逆に周期0.3秒を越えた地点から、PGVとSI値の相関係数が上昇する。建物の被

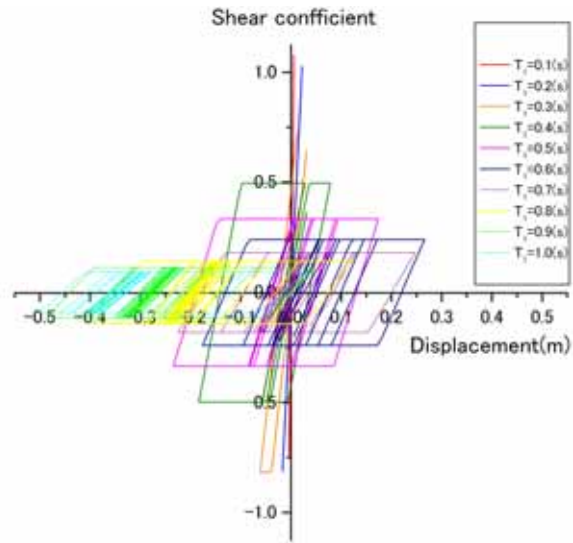


図-1 K-NET 穴水(能登半島地震)の履歴曲線

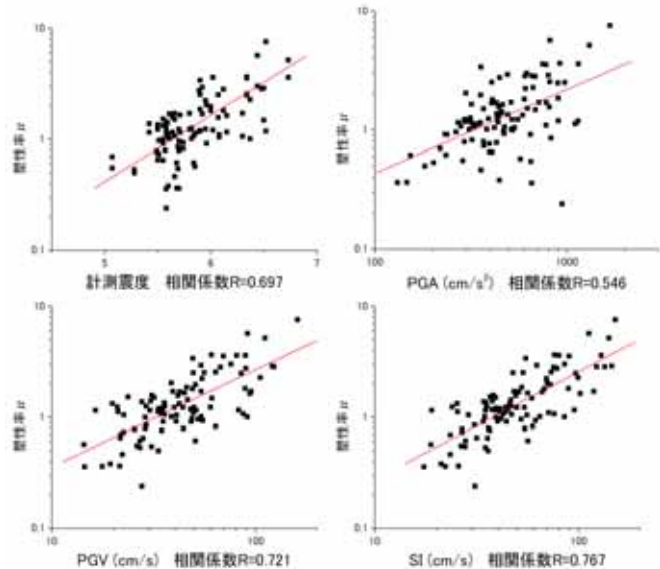


図-2 地震動指標と塑性率の相関(T=0.5)

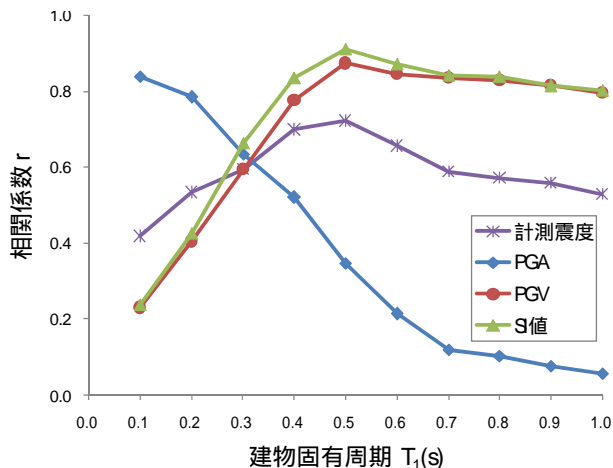


図-3 相関係数と建物周期の関係

害は塑性化による周期の伸びを考慮した等価周期と関係しているとされ、その周期は弾性周期より長周期化する。ゆえに、本研究では木造建物の対象となる周期ではあまりが良いSI値に注目する。

#### 4. SI値の検討

SI値は、式(1)に示す地表面観測波形の20%減衰の速度応答スペクトルの周期0.1~2.5秒の平均値で、広範な構造物の被害との相関性が高い指標として、被害推定のために計測されることが多い<sup>3)</sup>。

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv(T)dT \quad (1)$$

図-4にいくつかの観測点の速度応答スペクトル(5%減衰)を示す。被害率、SI値ともに大きいものが1.0~2.5秒周期で卓越していることが分かる。また、等価周期も考慮すると、短周期をカットすることが有効ではないかと考えられる。そこで減衰定数と積分周期帯を変更した修正SI値を算出し、塑性率と実際の被害率との相関を検討する。

修正SI値と塑性率との相関係数を算出し、図-3に重ね合わせたグラフが図-5である。減衰定数の変更では大きな違いは見られなかったが、積分周期帯の変更では短周期をカットした1.0~2.0秒、1.0~2.5秒が、今回対象となる長い周期ではあまりいいことが分かる。

実際の被害率との比較は、被害率が対数正規分布であると仮定し、算出する際に用いられる確率紙上で直線回帰を行い<sup>4)</sup>相関係数を求める。また被害率は、強震観測点から半径200m円内にある車庫・プレハブを除いた全木造建物を対象とした全壊率のうち、0%を除いたものを使用した<sup>5)</sup>。表-1に修正SI値と木造建物の被害率との相関係数の一覧を示す。やはり減衰定数の変更については、大きな違いは見られなかった。しかし積分周期帯を変更したところ、短周期をカットしたものに相関係数の向上が見られ、塑性率と同様、積分周期帯の変更が建物被害との相関にいい影響を及ぼすことが確認された。

#### 5. まとめ

木造建物の早期被害推定に向けて、建物モデルを構築し、幅広い地震動を入力した地震応答解析を行った。その結果から塑性率を算出し、地震動指標との関係を検討したところ、SI値とPGVのあてはまりが対象となる建物固有周期範囲において優れていた。そこでSI値の減衰定数、積分周期帯の変更を行った。減衰定数では大きな変化はなかったが、積分周期の短周期帯をカットした1.0~2.0秒、1.0~2.5秒で高い相関を得ることが出来た。

しかし、今後建物モデルや応答解析の設定に更なる検討が必要であると考えられる。

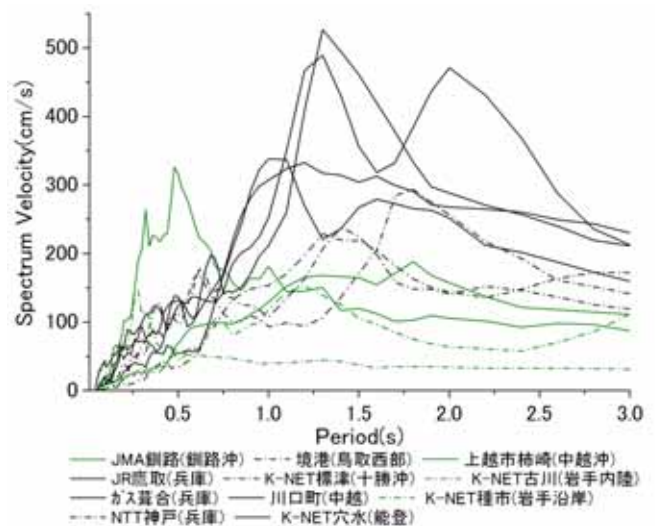


図-4 速度応答スペクトル(5%減衰)

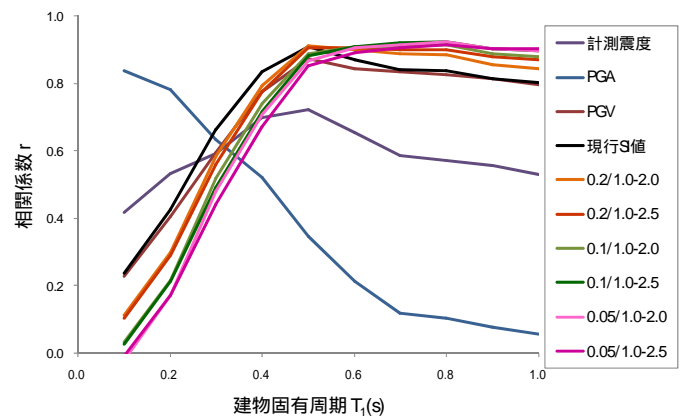


図-5 修正SI値の相関係数と建物周期の関係

表-1 修正SI値の相関係数一覧

修正SI値	積分周期帯(s)					他の指標		
	0.1-2.5	0.5-1.5	0.5-2.0	1.0-2.0	1.0-2.5			
減衰定数(%)	0.2	0.661	0.569	0.675	0.752	0.738	震度	0.543
	0.1	0.627	0.641	0.692	0.754	0.722	PGA	0.265
	0.05	0.630	0.675	0.677	0.730	0.691	PGV	0.694

#### 参考文献

- 1) 境有紀, 藤嶋一起, 神野達夫: 建物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集, 第555号, 85-91, 2002.
- 2) 神奈川県西部地震被害想定調査(建物・火災被害調査)報告書; 神奈川県環境部防災消防課, 国際航業株式会社, 1993.
- 3) 清水善久, 石田栄介, 磯山龍二, 山崎文雄, 小金丸健一, 中山涉: 都市ガス供給網のリアルタイム地震防災システム構築及び広域地盤情報の整備と分析・活用, 土木学会論文集, No. 738/I-64, pp.283-296, 2003
- 4) 山口直也, 山崎文雄: 1995年兵庫県南部地震の建物被害率による地震動分布の推定, 土木学会論文集, No. 612/I-46, pp.325-336, 1999
- 5) たとえば, 境有紀: 強震観測点の被害データを用いた地震動の性質と建物被害の関係の検討, 日本地震工学会論文集, 第7巻, 第2号, 2007.