

地震動の繰返しを考慮した応答スペクトル指標による構造物被害推定

金沢大学大学院	学生員	○石井智大
金沢大学工学部	正会員	村田 晶
金沢大学大学院	フェロー	北浦 勝
真柄建設（株）技術研究所		安田 衛

1. はじめに

これまでに、地震動の強さと建物応答（被害）の関係を表す強度指標として、地震動の繰返しに着目した疲労応答スペクトル強度（*FSI* 値：Fatigue response Spectral Intensity）を提案し、地震動を総括的に捉え、被害を近似的に評価することを試みている。そして、過去に観測された地震動を加速度基準化して用いた構造物地震応答解析では、入力地震動の主要動部分の長さがモデルの塑性化に影響し、*FSI* 値の適用を明らかにした¹⁾。しかし、地震動特性や建物特性が変動したときに *FSI* 値がどのような影響を受けるかは、十分な検討がされていない。そこで、本研究では、同一の周波数特性をもつ模擬地震動を用いた解析より、*FSI* 値による構造物の被害推定を試みる。

2. 構造物被害と強度指標の関係

地震時の緊急措置判断のために最適な強度指標を確立するには、過去に観測された地震動より、被害との相関関係を評価する必要がある。そこで、地震動による構造物被害に対応する計測量として使用されている応答の最大値に着目したスペクトル強度（*SI* 値）と、本研究で提案している *FSI* 値に対する構造物被害との関係を図 1 に示す。ここでは、地震被害調査報告書より、構造物被害として全建築物の全壊棟数を示す。図に示すように、*FSI* 値についても *SI* 値と同様に構造物被害が増大していくに従い強度指標が大きくなることがわかる。なお、本文に示した強度指標は以下の式で求められる。

$$SI = \int_{0.1}^{2.5} S_v dT$$

$$\text{速度}FSI = \sum_{i=0.1}^{2.5} \sum_{j=0}^{C_{Sv}} S_{v_{ij}}^2$$

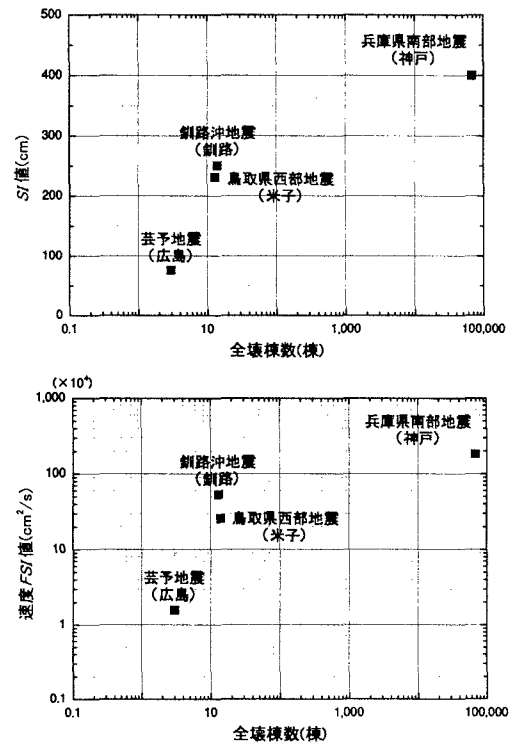


図 1 強度指標と構造物被害の関係

3. 構造物地震応答解析

本解析は、現行の耐震基準で実際に設計された 3・6 階建て RC 造と 14 階建て SRC 造を対象モデルとし、多質点系地震応答解析プログラムを用いて行う。また、入力地震動は、日本建築センターによる設計用入力地震動と同様な周波数特性を有する加速度応答スペクトルに対し、位相特性をランダム、最大値を 100~700gal に加速度基準化して作成した模擬地震動とする。なお、モデルの被害は、塑性率（層を構成する部材のどれか 1 つが塑性化したときの層間変位を 1.0）で表し、全層のうちの最大値とする。以下に、図 2 に示す包絡関数に着目して作成した模擬地震動ごとに解析結果をまとめる。

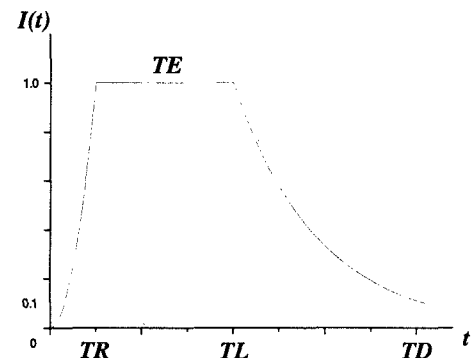


図 2 包絡関数

3. 1 地震動の立ち上がり時間 (TR) に着目した模擬地震動

TR に着目した模擬地震動は、包絡関数における TE と $TD-TL$ を一定とし TR を変動させることで作成する。解析結果を図 3 に示す。これより、 SI 値と FSI 値は、どちらも被害と良い相関を示している。また、被害は、 TR の変動による差がなく最大加速度で決定していることから、 TR に起因しないものと考えられる。

3. 2 主要動継続時間 (TE) に着目した模擬地震動

TE に着目した模擬地震動は、包絡関数における TR と $TD-TL$ を一定とし TE を変動させることで作成する。解析結果を図 4 に示す。図に示すように、 SI 値は被害が増大するに従い強度指標が大きくなるが、最大加速度が同じで強度指標が同程度のときに被害に大きな差を生じている。一方、 FSI 値は被害が増大するに従い強度指標が大きくなるが、 SI 値と比較して構造物が塑性化する 1.0 付近では被害と特に良い相関を示している。また、被害は、 TE の変動により差が生じて最大加速度が同じで TE が長くなると大きくなることから、地震動の主要動継続時間が長くなることにより構造物は何回も揺らされ最大応答付近での応答の繰り返しの影響を受けることが示唆できる。さらに、 FSI 値は SI 値より被害と相関が良く、強度指標に最適であると考えられる。

4. まとめ

解析結果を以下にまとめる。

- ① 地震動による構造物被害には、地震動の主要動継続時間における応答の繰り返しの影響が明らかとなった。
- ② 強度指標を用いて構造物の被害推定を行うときには、地震動の繰り返しの考慮した FSI 値が有効であることが確認された。

今後は、被害事例からの総合的な評価や建物特性が変動したときの同様な解析の実施などより、強度指標である FSI 値の適用についてさらに検討する。

【参考文献】

- 1) 高橋洋介他：地震動の繰り返しの考慮した応答スペクトル指標の適用性に関する研究、土木学会中部支部平成 12 年度研究発表会講演概要集、pp.109-110、2001.3.
- 2) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会、1994.

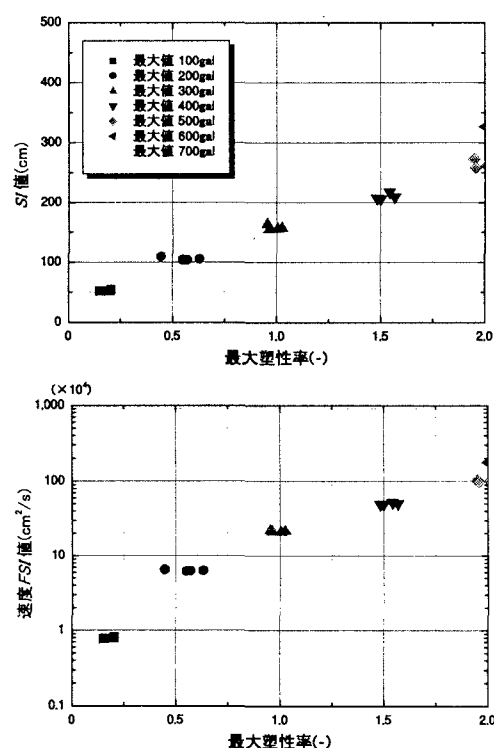


図 3 TR に着目した模擬地震動 ($TR=5, \dots, 20$, $TE=40$, $TD-TL=20$) における強度指標と被害の関係

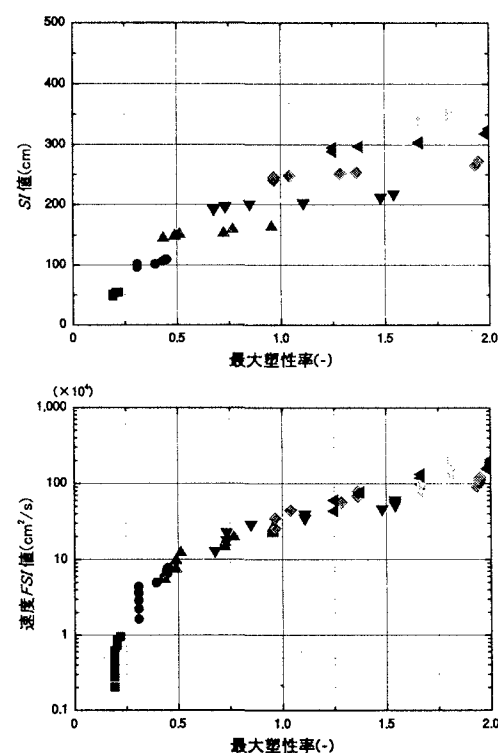


図 4 TE に着目した模擬地震動 ($TE=5, \dots, 50$, $TR=5$, $TD-TL=20$) における強度指標と被害の関係