

Is 値に基づく RC 建物の脆弱性の評価 —その2: 多変量解析に基づく一般式の提案—

正会員 ○佐藤一郎*
正会員 矢代晴実*
正会員 太田孝平**
正会員 福島誠一郎**

損傷度曲線 フラジリティ 構造耐震指標
多変量解析

1. はじめに

本研究では、(その1)のモデル化 RC 建物について実施したモンテカルロシミュレーション (MCS) の結果を多変量解析 (重回帰分析) することにより、Is 値: Is, 建物階数: n, 層間変形角: R を変数とする耐力中央値の一般式を求める。

2. 耐力中央値と層間変形角の関係

2.1 式の基本形

(その1)で示したように、各変数 R, Is, n と耐力中央値には単調な関係にある。また、横軸に各変数 R, Is, n を、縦軸に耐力中央値を取った場合には、概ね上に凸となる傾向が見られる。

したがって、耐力中央値を $c_m(R, n, Is)$ とし、その関係を次式で一般化する。

$$c_m(R, n, Is) = a \cdot R^{b1} \cdot n^{b2} \cdot Is^{b3} \quad (1)$$

ここで、a と b1, b2, b3 は各々 $c_m(R, n, Is)$ と R, n, Is との関係を規定する係数である。係数 b1, b2, b3 の与え方により、曲線の凹・凸が反映でき、また原点を通ることから(1)式を回帰曲線として採用した。

なお、離散的な変数とも考えられる、設計年度 (新耐震前, 新耐震後) と地盤種別については、一般式を求める際の与条件として考える。

2.2 回帰結果と妥当性の検証

表1に回帰結果の一覧を示す。

表1 重回帰分析結果一覧

設計年度	回帰係数			
	a	b1	b2	b3
新耐震前	716	0.568	0.213	0.736
新耐震後	712	0.663	0.374	0.568

表1の結果は、R, n, Is と $c_m(R, n, Is)$ が正の相関関係を有している事を表している。また、階数 n と $c_m(R, n, Is)$ との関係を規定する係数 b2 が他の係数と比較して相対的に小さく、 $c_m(R, n, Is)$ の増分に階数 n が他の係数ほど寄与しない事が分かる。これらの傾向は、(その1)の結果とも合致する。

(1)式 (以降「推定式」とする) で評価した耐力中央値と、MCS による耐力中央値の比を縦軸に、MCS による耐力中央値を横軸にとったグラフを図1, 2に示す。

比を O/C とすると、新耐震前で $0.90 \leq O/C \leq 1.35$ 、新耐震後で $0.84 \leq O/C \leq 1.28$ となり、概ね良い精度で推定できていると言える。

2.3 対数標準偏差の考慮

実際に損傷度曲線を構築するには、耐力中央値だけでなく、対数標準偏差についても設定しなければならない。

(その1)の結果からは、対数標準偏差に関する明確な傾向は見られないが、概ね 0.2 程度と判断することが可能である。この値は、Fukushima et. al.¹⁾による評価結果とも整合している。

一方、耐力 (許容層間変形角) に関する対数標準偏差であるが、例えば、変形角の閾値の分解能として、当該閾値において他の損傷モードが現れる確率を 5%、また、閾値の分布形が対数正規分布であると仮定するならば、対数標準偏差は $\zeta_c = 0.42$ と得られる。

これら各々の対数標準偏差の2乗和の平方根をとることで損傷度曲線の対数標準偏差は、0.47 と求められる。

2.4 一般式による耐力中央値の算出

図3, 4に新耐震後および新耐震前のモデル化建物について、n を固定した場合の推定式による変形角と耐力中央値の関係を、各 Is について求めた結果を示す。

また、図5には、Is を固定した場合の推定式による変形角と耐力中央値の関係を、各 n について求めた結果を示す。

各被害状態に対応する層間変形角の閾値を設定すれば、図3~5の関係から設計年度、階数、Is 値に応じた耐力中央値が求められ、2.3 で設定した対数標準偏差により、各被害状態の損傷度曲線を求める事ができる。

3. まとめ

本研究で提案した手法により、任意の層間変形角、建物階数、Is 値から損傷度曲線を評価することが可能となった。特に、任意の被害状態に対応した損傷度曲線を求める事が出来る点で、実際の地震リスク評価においても有効な手法であるといえる。今後は、地震被害データを用いた検証を行う予定である。

参考文献

Fukushima S., Yashiro K., Kai Y.: Estimation of response variability based on observation records, Transaction of 14th SMiRT, pp.135-142, 1997.8

Fragility analysis of RC building based on Is-value
Part 2: Evaluating a general expression by multivariate analysis

Ichiro SATO*, Harumi YASHIRO*
Kohei OHTA**, Sei'ichiro FUKUSHIMA**

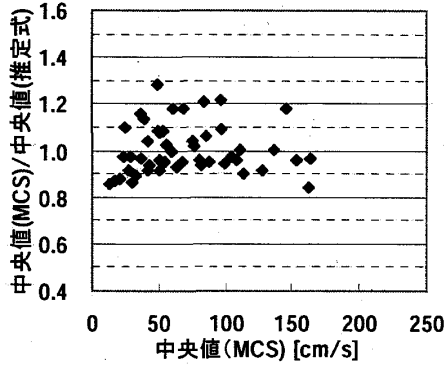


図1 MCSと推定式による中央値の関係 (新耐震後)

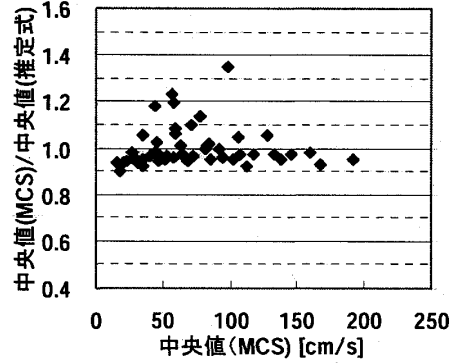


図2 MCSと推定式による中央値の関係 (新耐震前)

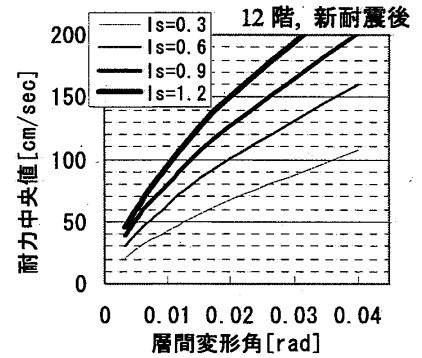
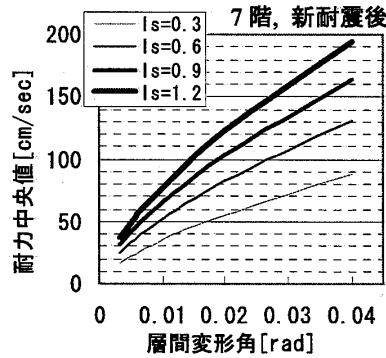
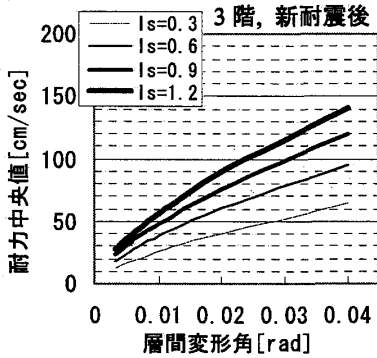


図3 n を固定したときの推定式による変形角と耐力中央値の関係 (新耐震後)

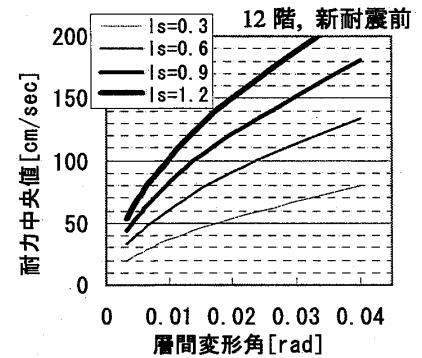
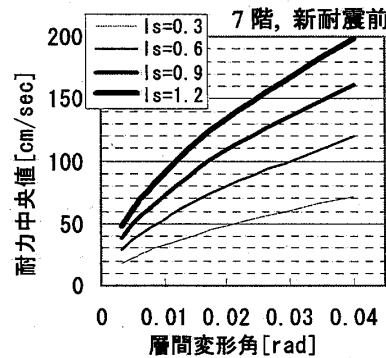
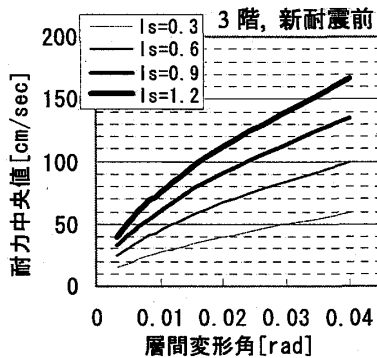


図4 n を固定したときの推定式による変形角と耐力中央値の関係 (新耐震前)

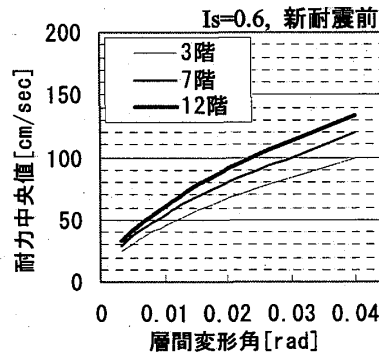
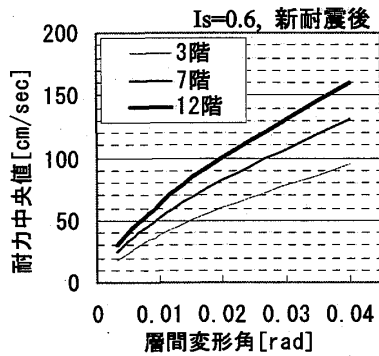


図5 I_s を固定したときの推定式による変形角と耐力中央値の関係

*東京海上日動リスクコンサルティング㈱

*The Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd

**東電設計㈱

**Tokyo Electric Power Services Co., Ltd