

実被害情報を考慮した被害推定式の更新に向けた基礎的検討

千葉大学大学院 学生会員 ○星 幸江
 千葉大学大学院 正会員 丸山 喜久
 千葉大学大学院 正会員 山崎 文雄

1. はじめに

地震動分布の推定は、地震発生後の被害推定や、それに応じた緊急対応などに重要な役割を果たす。現在では、地震計ネットワークの整備が進み¹⁾、リアルタイム地震防災システムは、これらネットワークで得られた地震動指標値と、過去の被害事例などをもとに構築された被害関数を用いて被害率を推定することが多い。つまり、実際の地震動情報と過去の実績に基づく被害関数によって被害率を予測することで、緊急体制の確立や二次被害拡大の防止に役立てられている。本研究では、地震直後に被害情報が収集できたと仮定し、地震動強さから推定される推定被害率を更新し、より正確な被害率を取得するための手法を検討する。今回は、約 4000 箇所の SI センサーを配備している防災システム SUPREME¹⁾での運用を想定し、SI 値での検討を行う。まず、既往の研究に基づいた数値シミュレーションを行い、次に被害関数の平均と標準偏差を用いた更新手法を提案する。

2. 既往の研究とその数値シミュレーション

能島ら²⁾は、地震動情報と実被害情報の統合処理を目指し、被害推定の逐次更新手法を提案している。要素数 M の構造物群において、 K 段階に区分される被害 $k(=1 \sim K)$ の発生数 n_k が、発生確率 p_k の多項分布に従うものと仮定する。全要素 M_T の一部の要素 M_0 を調査し、 n_{0k} 箇所の被害が確認されたとするとき、被害確率 p の平均値、標準偏差は以下のように表される。

$$\mu'_{pk} = \frac{n_{0k} + n'_{0k} + 1}{M_0 + M'_0 + K} \quad (1)$$

$$\sigma'_{pk} = \sqrt{\frac{(M_0 + M'_0 - n_{0k} - n'_{0k} + 1)(n_{0k} + n'_{0k} + 1)}{(M_0 + M'_0 + K)^2 (M_0 + M'_0 + K + 1)}} \quad (2)$$

このとき、 M_0 と n'_{0k} は仮説的事前標本である。

この逐次更新過程を、山口・山崎³⁾が兵庫県南部地震時の西宮市の被災度調査データをもとに構築した被害関数を用いて、数値シミュレーションを行う。被害区分は全壊($k=1$)、半壊($k=2$)、無被害($k=3$)に設定し、変動係数は 0.6 と仮定した。構造物群の全棟数 M_T を 1000、地震計によって観測された SI 値を 100cm/s、代表被害区分を半壊($k=2$)、実際の全壊率と半壊率を 0.3 と仮定する。図 1 に、被害率の逐次更新過程を示す。調査棟数が 100 程度に達すると実被害率に近い値を示すことが分かる。しかしながら変動係数の違いが、実被害率への収束に影響を及ぼす傾向がみられたことから、設定値の検討が今後必要であると考えられる。

3. 実被害データに基づく被害関数の平均値、標準偏差の更新

山口・山崎³⁾が構築した被害関数は以下のように表わされる。

$$P(SI) = \Phi((\ln SI - \lambda)/\zeta) \quad (3)$$

P が全壊の被害が発生する確率のとき、 $\lambda=4.77$ 、 $\zeta=0.568$ と定められている。 λ は $\ln SI$ の平均値、 ζ は標準偏差

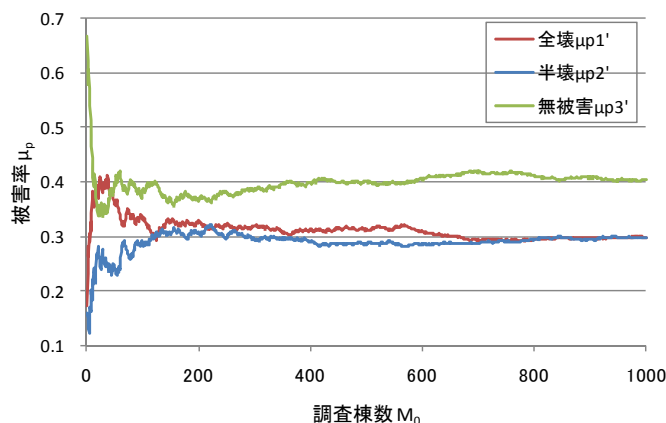


図 1 被害率の逐次更新の過程

キーワード：被害関数、実被害情報、SI 値、防災システム

連絡先：〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻 TEL043-290-3528

であり、確率紙を用いた最小二乗法により求まる、 λ 、 ζ の値を変化させると被害関数の形状が変化する。例えば SI 値が 50-70cm/s 程度の範囲の実被害率が想定している被害関数による予測値よりも小さいことが明らかとなった場合、実被害データをもとに λ を大きくするか、 ζ を小さくするなどパラメータの再評価を行い、被害関数を更新することが可能であると考えられる。

そこで、2004年に発生した新潟県中越地震に関して検討を行う。実被害率は新潟県⁴⁾が発表している市町村区分の被害情報を用い、SI 値は気象庁や新潟県が観測したものを用いた。山口・山崎の被害関数の λ 、 ζ を再評価し、被害関数を更新することで、実被害率を精度良く表すことができるか試みる。山口・山崎の被害関数は、図2からも分かるように、新潟県中越地震における被害状況をやや過大評価する傾向にあることが分かる。

(3)式のように建物被害率は対数正規分布の累積確率に従うものと仮定しているため、被害率に0を有するデータセットは好ましくない。そのため、観測された SI 値の区分を適切に設定し、被害率が0のデータを少なくするように再集計した。これらのデータを用いて、確率紙上で最小二乗法による回帰分析を行う。回帰分析を行う際に、平均値 λ または標準偏差 ζ を山口・山崎の値で固定した。確率紙上の回帰分析の結果(全壊)を図3に示す。回帰分析によって定まった λ 、 ζ を用いて、山口・山崎の被害関数を更新した結果(全壊)を図4に示す。被害関数の標準偏差 ζ を固定し、平均値 λ を実被害データに合わせて更新すると、良好な被害率の推定結果が得られることが分かる。この傾向は、他の地震を用いた同様の検討でも見られた。

4. まとめと今後の課題

本研究では、実被害情報から被害率を更新するための手法の検討を行った。被害関数の平均 λ と標準偏差 ζ を再評価し、被害関数の更新する手法の検討では、標準偏差を固定し、平均を実被害データに合わせて更新すると良好な被害率の推定結果が得られることが分かった。今後はさらに多くの地震でこの手法の検討を行い、精度を把握することが必要であると考えられる。また、被害関数のバラツキを把握することにより適当な変動係数の設定が期待され、既往の研究に基づく数値シミュレーションも可能になると考えられる。

参考文献

- 1) Shimizu, Y., Yamazaki, F., Yasuda, S., Towhata, I., Suzuki, T., Isoyama, R., Ishida, E., Suetomi, I., Koganemaru, K., and Nakayama, W.: Development of real-time control system for urban gas supply network, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, Vol. 132, No. 2, pp. 237-249, 2006.
- 2) 能島暢呂, 杉戸真太, 金澤伸治: 地震動情報と実被害情報の統合処理による緊急対応支援の数値モデル, 土木学会論文集, No. 724/I-62, pp. 187-200, 2003.
- 3) 山口直也, 山崎文雄: 西宮市の被災度調査結果に基づく建物被害関数の構築, 地域安全学会論文集, No. 2, pp. 129-138, 2000.
- 4) 新潟県: 新潟県中越地震に関する情報, http://www.pref.niigata.lg.jp/bosai/chuetsu_daishinsai.html

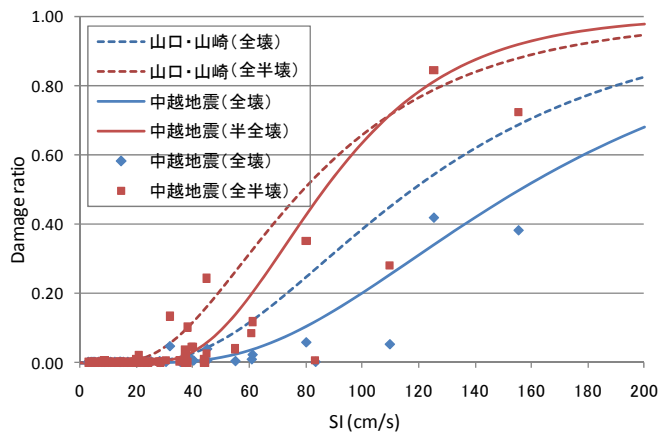


図2 既往の被害関数³⁾と中越地震の被害情報の比較

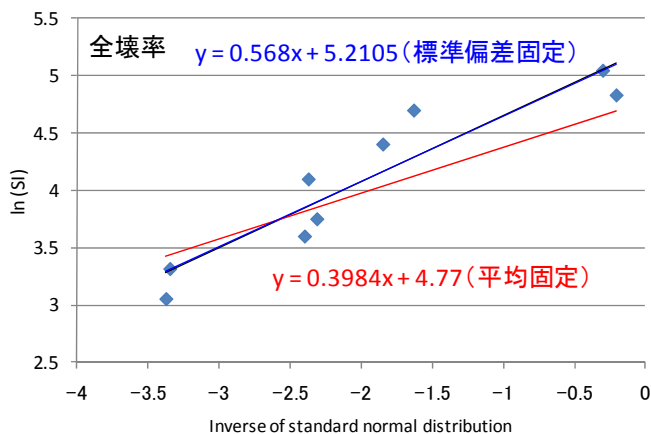


図3 確率紙上の回帰分析

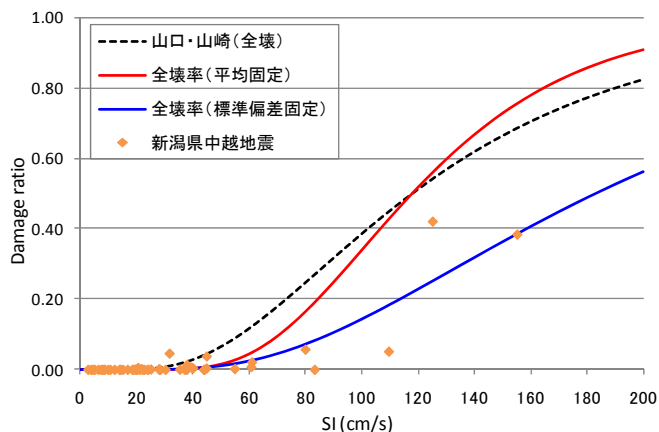


図4 平均値, 標準偏差を変更して更新した被害関数