

B-45

東日本大震災における浦安市の教育施設の被害金額に関する調査研究

その4 実測沈下量に基づいた外構の被害金額に関する統計的検討

Study on Damage Cost for Educational Facilities in Urayasu City by the Great East Japan Earthquake

-Part.4 Statistical examination about the damage cost of the exterior based on measured value -

○増田慧吾<sup>1</sup>, 安達俊夫<sup>2</sup>, 宮村正光<sup>3</sup>, 太田宏<sup>4</sup>, 新山龍<sup>5</sup>, 通山開<sup>6</sup>, 日向野翔<sup>7</sup>

Masuda Keigo<sup>1</sup>, Adachi Toshio<sup>2</sup>, Miyamura Masamitsu<sup>3</sup>, Ota Hiroshi<sup>4</sup>, Niiyama Ryu<sup>5</sup>, Toyama Hiraku<sup>6</sup>, Higano Kakeru<sup>7</sup>

Abstract: The purpose of this study is to estimate repair cost of exterior by liquefaction. And so, estimate parameters of probability distribution and examine its validity with K-S test. In consequence, this study showed that log-normal distribution was more adaptable than gamma distribution.

1. はじめに

本研究は、液状化による建築物の損失評価について検討を行うことを目的に、東日本大震災により大規模な液状化被害が生じた千葉県浦安市内の公共施設を対象として、各施設の被害状況および被害金額などを調査した。本報その4では、前報その3で報告した各公共施設に生じた外構の被害金額を液状化による損失として捉え、損失を推定する確率分布モデルを構築した。さらに、各確率分布モデルの妥当性を検証するために適合度検定を行った。

2. 確率分布関数のパラメータの推定

2.1 確率分布の回帰方法

本報では、PMLなどの地震リスクの指標を求める手法に用いることを念頭に、建物外周面積当たりにおける液状化による外構の被害金額を確率変数とした確率分布モデルを構築した。また、本検討では Tab.1 に示すような液状化により生じた実測沈下量を基に分類した各液状化程度毎の各確率分布関数のパラメータを推定した。なお、確率分布モデルとして正の領域にのみ分布する対数正規分布関数およびガンマ分布関数を用いている。さらに、確率分布のパラメータの推定方法として一般的に積率法と最尤法があるが、文献 1)を参考に最尤法を採用した。

Tab.1 Relationship between classification in liquefaction damage in this study and measured value

本論文における液状化程度の分類	分類1	分類2	分類3
実測沈下量(cm)	0~5	5~20	20~

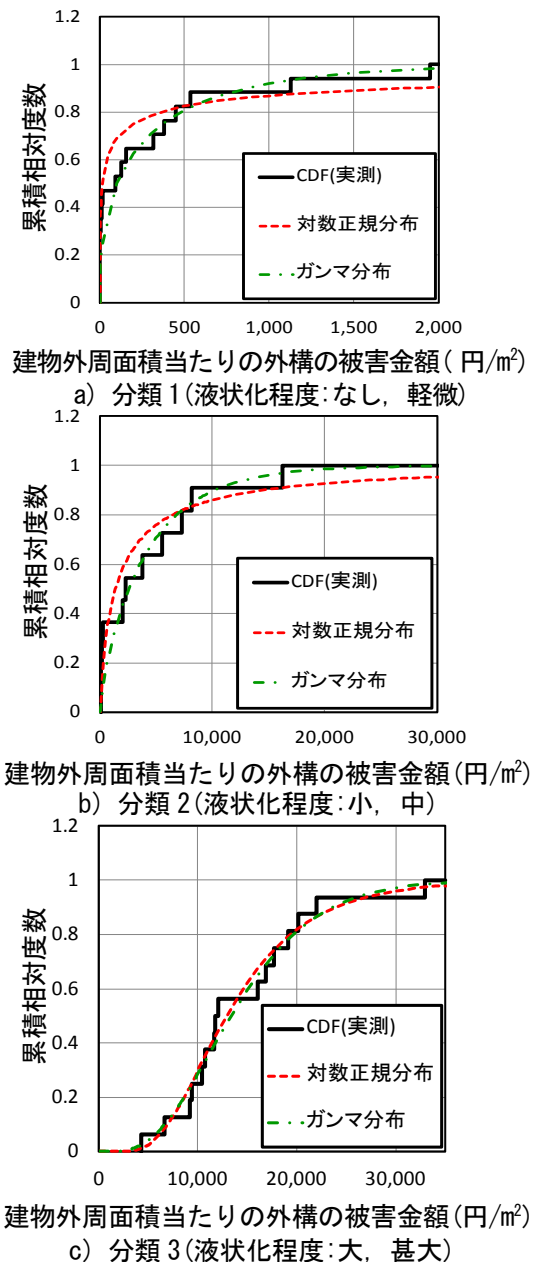


Fig.1 Cumulative relative frequency distribution in damage cost of each liquefaction degree

1: 日大理工・学部・建築 2: 日大理工・教員・建築 3: 工学院大学・教授 4: 日大理工・院・建築 5: (株)アルテス  
6: 日大理工・院・建築 7: 日大理工・学部・建築

## 2.2 パラメータの推定結果

Tab.2 に最尤法により得られた各確率分布モデルのパラメータを示す. Fig.1 に各液状化程度における建物外周面積当たりの液状化による外構の被害金額の累積相対度数分布および最尤法により得られたパラメータを用いた確率分布関数を示す. Tab.2 より, 液状化の程度が大きくなるほど対数平均値  $\lambda$  が大きくなることが分かる.

Tab.2 Parameter of each probability distribution function

	パラメータ	分類1	分類2	分類3
対数正規分布	対数平均値 $\lambda$	2.81	7.23	9.47
	対数標準偏差 $\sigma$	3.66	1.83	0.48
ガンマ分布	$\alpha$	0.37	0.78	4.50
	$\beta$	831.04	5347.54	3204.70

## 2.3 K-S 検定

前節で各液状化の程度における建物外周面積当たりの外構の被害金額を確率変数とした確率分布関数のパラメータを推定したが, それらの妥当性を確認する必要がある. そこで, 仮定した理論分布モデルの累積分布関数の適合性を検定する手法の一つである K-S 検定を行った. なお, K-S 検定では観測値の累積相対度数と理論分布の累積関数の差の最大値(検定統計量)がデータ数の大きさと有意水準  $\alpha$  から予想されるもの(棄却限界値)より小さければ, その関数は設定された有意水準  $\alpha$  において観測値をモデル化するものとして妥当なものとしてされる<sup>2)</sup>. Fig.2 に K-S 検定の概念図を, Tab.3 に実測沈下量により分類した各分類における確率分布モデルと CDF(実測)の K-S 検定による検定統計量と棄却限界値を比較した結果を示す. Tab.3 より, 検定統計量が有意水準  $\alpha=0.05$  における棄却限界値より小さいことから, 最尤法により推定したパラメータを用いた各確率分布モデルが各分類における CDF(実測)に対して,

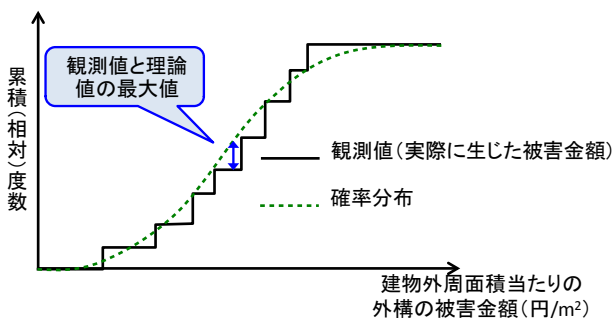


Fig.2 Conceptual diagram of K-S test

Tab.3 Comparison of test statistic critical value

		対数正規分布	ガンマ分布
分類1 データ数(n=17)	検定統計量	0.213	0.253
	棄却限界値	0.318	
分類2 データ数(n=10)	検定統計量	0.234	0.307
	棄却限界値	0.409	
分類3 データ数(n=16)	検定統計量	0.120	0.146
	棄却限界値	0.327	

有意水準  $\alpha=0.05$  において帰無仮説が採択されることがわかる. また各分類においてガンマ分布に比べ対数正規分布の方が検定統計量の値が小さいため, 対数正規分布の方がより適合度が高い確率分布関数であることが分かる. 全体的な傾向としてはガンマ分布の方が観測値を近似しているように見えるが, 検定統計量に基づいて検定を行う K-S 検定では対数正規分布の適合度が高い結果となった.

## 3 まとめ

東日本大震災による千葉県浦安市内の公共施設を対象に, 各公共施設に生じた外構の被害金額を液状化による損失として捉え, 損失を推定する確率分布モデルを構築した. その結果を以下に示す.

- ① 確率分布モデルのパラメータの推定に最尤法を用いて対数正規分布モデルおよびガンマ分布モデルのパラメータを推定した.
- ② 推定したパラメータを用いて K-S 検定により検定統計量を比較した. その結果, 各液状化の分類において対数正規分布およびガンマ分布ともに有意水準  $\alpha=0.05$  において帰無仮説が採択されることが分かった. さらに, ガンマ分布モデルに比べ対数正規分布モデルの方がより適していることが分かった.

### 【謝辞】

本研究を行うにあたり, 浦安市の関係各位の方々から多大なるご協力, ご意見を頂きました. また, (株)大林組技術研究所の諏訪仁氏には本研究に関する貴重な御意見を頂きました. 末筆ながら感謝の意を表します.

### 【参考文献】

- 1) 諏訪仁, 関松太郎: 兵庫県南部地震における建物の補修費用に関する統計的評価, 日本建築学会構造工学論文集, Vol.51B, pp.143-148, 2005.3
- 2) Alfred H-S. Ang, Wilson H. Tang: 土木・建築のための確率・統計の基礎, pp.361-364, 2007.1