

東京都地域危険度調査データに基づく建物倒壊危険量の簡易推定

千葉大学大学院工学研究科 学生会員 ○岩瀬 早綾, 正会員 山崎 文雄

1. はじめに

今後起こりうる地震に対し、国や自治体において多様な地震被害想定が行われている。東京都では被害想定他、東京都震災条例に基づいた「地震に関する地域危険度測定調査」¹⁾が5年毎に実施されている。2013年に公表された第7回調査報告に示される建物倒壊危険度は、建物倒壊の危険性を相対的に評価し地震に脆弱な地域を抽出することで市街地整備のための基礎データとして利用されている。しかしこの調査では都独自のデータや算出法が用いられているため、パラメータ変更の際や他地域での同様な危険度推定は容易ではない。そこで本研究では、東京都の危険度調査データに基づき、回帰分析によって建物倒壊危険量を簡易に推定することを目的とした検討を行う。

2. 東京都における建物倒壊危険度

建物倒壊危険度は、工学的基盤に30cm/sの地震動を与えた際に、全壊が予測される各町丁目の単位面積当たりの建物棟数を倒壊危険量とし、その度合を5段階に評価したものである。倒壊危険量は、構造・建築年代によって26分類された建物に、地盤増幅が考慮された全壊率を乗じることで算出される。また、地盤の軟弱さを示す地盤増幅率²⁾は「地表面PGV/工学基盤PGV」で表わされ、地形・地質によって10分類される。このように、現在の倒壊危険量の推定手法では、建物強度のばらつきを示す建物被害関数²⁾は確率的である一方、地震動は地盤増幅率に基づき確定的に与えられている。そこで、危険量算出に使用されるパラメータが変化した際にも容易な推定が行えるよう、ここでは確定的な手法に統一した推定を試みる。

3. 建物倒壊危険量の推定

本研究では調査単位を町丁目とし、都内の市街化区域 5133町丁目が対象である。地盤データ及び建物データは、東京都都市整備局より提供されたものを使用した。これらのデータを用いて、重回帰分析により回帰式を構築し、その精度を検証する。回帰分析には目的変数を建物倒壊危険量(棟/ha)、説明変数には、町丁目面積(ha)における各種別の建物密度(14区分)と地盤増幅率および液状化発生面積率を選択した。液状化発生面積率とは、各町丁目面積のうち、液状化が生じると予測される面積の割合である。重回帰分析によって求まる回帰式は x_i を説明変数として式(1)で表される。

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i \quad (n = 16 : \text{説明変数}) \quad (1)$$

ここで、 a_0 : 回帰式の切片、 a_i : 各変数の回帰係数である。回帰式の説明変数と係数を表1に示す。各説明変数の単位は、建物特性が棟/ha、地盤特性が無次元量である。この回帰分析によって得られたパラメータを用いた回帰式から建物倒壊危険量の推定値を求める。比

較のため、東京都の危険量(実危険量)と推定危険量の対応を図1に示す。両者の相関は高いものの、実際の危険量に対して推定値が過小、過大の2つの傾向が表れた。2分した各地域の特性を比較したところ、建物特性には目立った差異がみられなかったため、この原因を地盤特性に起因すると推測し、地域を分けて更に分析を行うことで要因の考察を試みた。

表1 回帰式における説明変数と回帰係数

	説明変数	係数		説明変数	係数		
x_1	木造	-1970	0.30	x_9	S	-1970	0.74
x_2		-1980	0.14	x_{10}		-1980	0.47
x_3		-1990	0.06	x_{11}		1981-	0.16
x_4		-2000	0.02	x_{12}	軽量	-1980	-0.05
x_5		2001-	0.03	x_{13}	S	1981-	-0.05
x_6	RC	-1970	0.09	x_{14}	その他の構造	-0.01	
x_7		-1980	-0.04	x_{15}	増幅率	2.82	
x_8		1981-	-0.18	x_{16}	液状化面積率	-1.76	

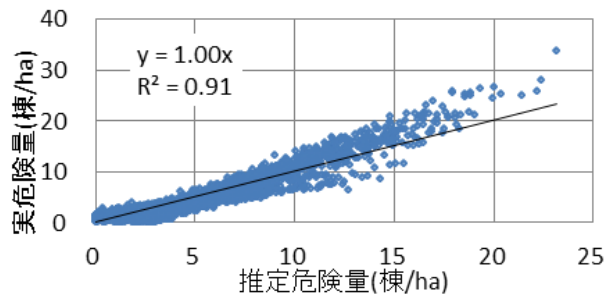


図1 東京都の危険量と推定危険量の関係

4. 液状化を考慮した危険量推定の検証

地域分けに際して、地盤特性データを検討した結果、液状化面積率を指標として採択した。ここで、東京都全域の液状化面積率の頻度をみる(図2)。全く液状化の可能性がない地域が全町丁目数の65%を占め、東京都の大部分では液状化が発生しないことが確認できた。次に、液状化発生面積率が0.05を境に顕著な頻度の差が見られたため、液状化の可能性の大小を判別する閾値として0.05を用い、0.05未満(A)と0.05以上(B)の2地域に分け、両地域で同様の分析と推定を行い、精度の向上を試みた。

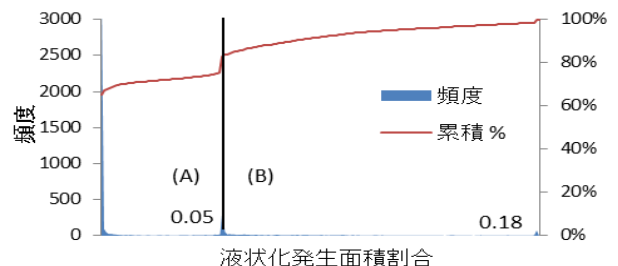


図2 液状化発生面積率の頻度(東京都全域)

地域を分けて同様に推定を行った結果、表1に見られるような負の係数が表れた。そこで負の項目に対して、建物密度は変数を集約し、地盤特性は増幅率と液状化面積率の多重共線性の影響によるものと考えられたことから変数を削除することで回帰式の最適化を図った。その結果、建物特性では木造建物密度および建築年代の古い非木造構造(特にS構造)、地盤特性では増幅率がとくに倒壊危険量に影響を与えていることが示された。次に、各回帰式によって両地域で得られた危険量の比と実危険量の関係を図3に示す。液状化可能性の低い地域(A)では危険量が高くなるにつれ過小に推定されている。この要因を調べるために液状化面積率の値で3区分し、それぞれの傾向を見た。その結果、液状化面積率が大きい地域ほど過小に推定されることが分かった。原因として、東京都による算出法が、液状化発生の可能性がある領域と、震動被害を検討する一般領域で異なることが挙げられる。都の算出法では、液状化領域での倒壊量が一般領域よりも多く算出されていることが今回の推定値との差に至ったと考えられる。次に、液状化可能性の高い地域(B)ではかなり精度の高い推定が行えたが、危険量の高い部分で傾向の分離が見られた。この原因を調べたところ、増幅率の小さい地域で過大推定が起きていることが分かった。図3(A)、(B)とも実危険量の低い地域でばらつきが見られるものの、危険量が増加するにつれて1.0に収束していることから液状化面積率での地域分けによる推定は有効であり、危険度の高い地域での建物倒壊を評価するには十分な推定結果が得られたといえる。また、回帰式によって得られた推定危険量と実危険量を5段階にランク評価し、GIS上に反映したものを図4に示した。区部の中でも墨田区や江東区などの軟弱地盤かつ木造建物の多い地域で危険度ランクが高くなることが示された。両者間の全体の正解率は約80%となり、図4(a)、(b)をみても危険度の色分けが両者でほぼ一致していることから、今回の推定精度の高さが確認できた。

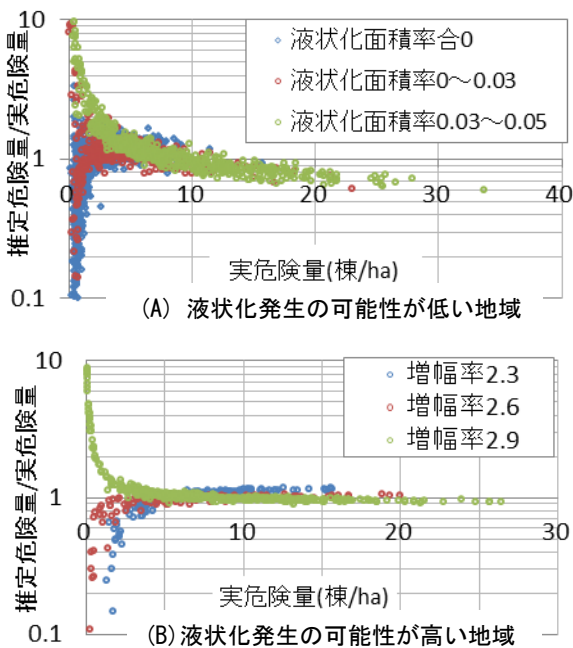


図3 建物倒壊危険量と推定量の関係

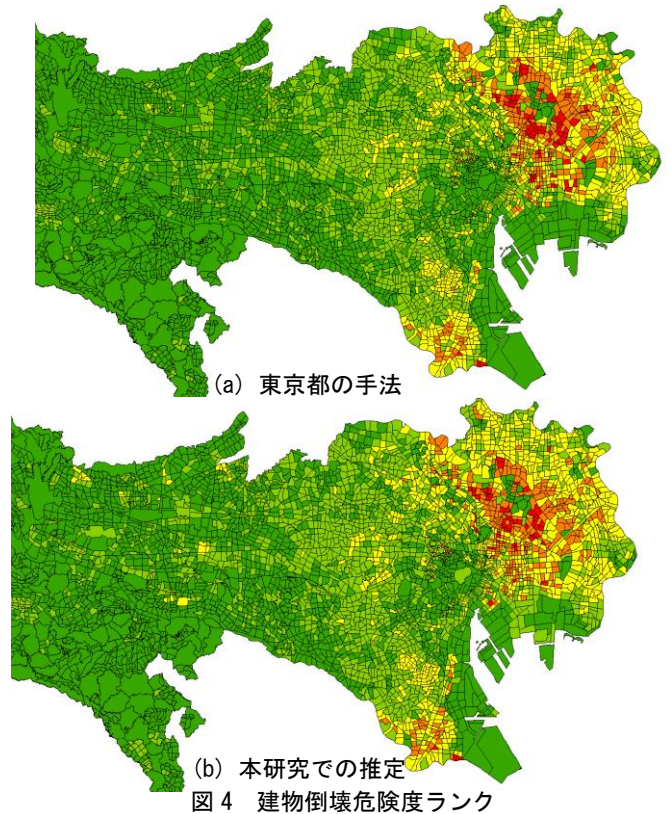


図4 建物倒壊危険度ランク

5. まとめ

本検討では、東京都が実施する地域危険度調査の危険量を簡単なデータ解析によって近似的に推定できるかを検討した。その結果、建物倒壊危険度には地盤増幅率と古い建築年代の建物密度が支配的であることが確認できたとともに、回帰分析による高い精度の簡易推定が可能であることが示された。危険度ランクの高い地域での精度が特に高くなることから、建物倒壊の危険性のある地域抽出には大いに有用である。しかしながら、危険量の低い地域では推定の過小や過大が起きる地域が残ってしまう結果ともなった。この原因として、今回は建物密度が低い軟弱地盤である等の詳細な地域特性を考慮していないことが挙げられる。また、多少ばらつきが残るものの、液状化の発生可能性の条件付加によって推定精度の向上が見られた。確定的要素を用いた本手法は、被害予測式や地盤増幅率などを変更した場合の結果の予測に有効であり、市街地整備において取るべき施策を明らかにできると考える。更なる精度の向上のために、地域の特徴によってさらに地域分けを行い、回帰分析に含むべき詳細な指標の検討が必要である。また、他行政における本手法の適用が可能であるかの検証も今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 東京都都市整備局：地震に関する地域危険度測定調査報告書(第7回), 2013.
- 2) 村尾修, 田中宏幸, 山崎文雄, 若松加寿江：兵庫県南部地震の被害データに基づく建物倒壊危険度評価法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第527号, pp.197-204, 2000.
- 3) 丸山喜久, 伏岡里志, 山崎文雄：東京都地域危険度測定調査における地盤増幅率の再評価, 地域安全学会論文集, No. 16, pp.21-29, 2012