

数量化理論による木造家屋の震害予測モデルの再検討

中部大学工学部 正会員 山田 公夫
 中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫
 中部大学工学部 ○学生員 木野本生馬
 中部大学工学部 川地 仁

1. まえがき

筆者らの一人は、数量化理論Ⅰ類を用いて関東地震（1923）による旧東京市の木造家屋の被害分析を行い、地震時における木造家屋の定量的な被害予測モデルを提案した¹⁾。このモデルには木造家屋の震害に影響すると考えられるいくつかの要因が取り入れられている。これらの要因のうち液状化に関係するものとしては、液状化の可能性を持つ河川周辺や埋立地といったものが含まれているが、液状化履歴に関する要因は直接的に考慮されていない。本研究は液状化発生の有無を考慮した木造家屋の震害予測モデルを得るために、関東地震による東京の液状化履歴図を用いて、液状化発生、非発生地域を判別し、これを要因として付加した震害分析の結果について述べたものである。

2. 関東地震における東京の液状化履歴

木造家屋の震害分析は、旧東京市を1km四方のメッシュに分割し、各メッシュの木造家屋の全壊率（全壊戸数／総戸数）、半壊率（半壊戸数／総戸数）および全被害率〔（全壊戸数×1.0＋半壊戸数×0.5）／総戸数〕の3つをそれぞれ目的変数とした。このため、液状化履歴はメッシュ単位で評価する必要がある。関東地震による東京の液状化履歴は東京都土木研究所²⁾と若松³⁾によってそれぞれ公表されている。本研究では、これら2つの液状化履歴図を重ね合わせ、図-1に示すように液状化発生地域、非発生地域および未調査地域の3つに分けた。この図は1km四方のメッシュに分割されているが、各メッシュには液状化発生地域、非発生地域および未調査地域が混在し、研究対象地域において未調査地域の占める割合が圧倒的に大きく、メッシュ全体が液状化または非液状化となるものはない。そのため本研究では、各メッシュでの液状化地域の面積が30%以上を占める場合を液状化、非液状化地域の面積が30%以上を占める場合を非液状化、これ以外を未調査地域として扱った。

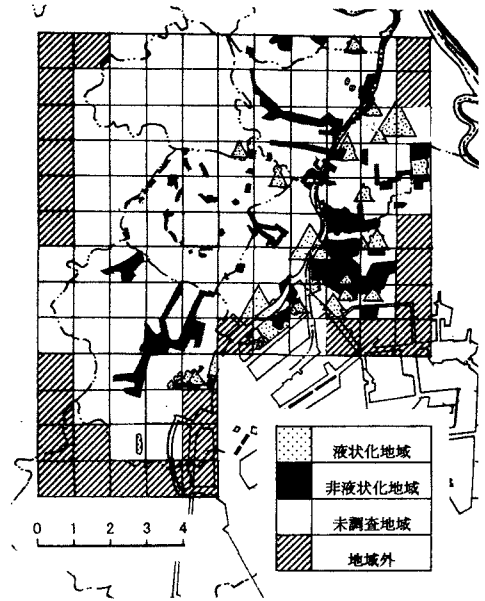


図-1 関東地震による液状化履歴

3. 数量化理論による要因分析

分析に用いた要因は、①実効震度、②表層地盤種別、③地盤のN値、④沖積層厚、⑤土の種類、⑥地形、⑦木造家屋数／1メッシュ、⑧液状化の区分の8要因である。これらの要因間の関連の強さを検討するためクラマーのV係数を求めた。これを表-1に示す。クラマーのV係数は①と②、①と④、①と⑤、②と⑤、④と⑤、の組み合わせにおいて、0.57～0.62となり、他の要因間のV係数よりも相対的に大きな値を示した。そのため、①実効震度、②表層地盤種別、④沖積層厚、⑤土の種類のいずれか1つを除く7要因を用いた場合の分析を試みた。また、これら以外の要因のうち、いずれか1つを除く7要因を用いた場合も分析した。その結果、上記の8要因すべてを用いた場合とN値を除いた7要因を用いた場合に、各要因のカテゴリースコアの値が全壊率、半壊率、全被害率とも木造家屋の震害を工学的に説明できるものとなった。そして、前者の分析において重相関係数は全壊率、半壊率、全被害率のそれ

それぞれに対して 0.790、0.820、0.817 となった。また、後者の分析ではそれぞれ 0.789、0.820、0.816 となった。すなわち、木造家屋の震害に地盤の N 値は大きな影響力を持たないと言える。8 要因を用いた全壊率の分析結果を表-2 に示す。この表に示した各要因のレンジは、カテゴリースコアの最大値と最小値の差であり、この値が大きい要因ほど木造家屋の被害率に及ぼす影響が強いことを示す。一方、図-2 に 8 要因を用いた場合と N 値を除いた 7 要因を用いた場合の全壊率のモデルによる被害の比較を示した。図からわかるように、両モデルによる被害の差はほとんど見られない。ちなみに相関係数は 0.988 となった。レンジの大きさから木造家屋の震害に影響する要因の順序を示すと、全壊率には沖積層厚、地形、液状化の区分、実効震度の順、半壊率には実効震度、沖積層厚、地形、液状化の区分の順、全被害率には沖積層厚、実効震度、地形、液状化の区分の順で影響している。カテゴリー別に被害の影響を見ると、全壊率、半壊率、全被害率ともに沖積層厚が 20m を越えると急激に高くなる傾向がある。また、液状化地域において被害が増加することが言える。液状化を考慮しないモデル¹⁾と液状化を考慮した表-2 のモデルの推定全壊率を比較したものが図-3 である。この図より液状化の要因を考慮することによって、全壊率が液状化地域では増加し、非液状化地域では低下しており工学的に妥当なものであると考えることができる。半壊率、全被害率も図-2、図-3 と同様な結果が得られた。

表-1 分析に用いた要因間のクラーの V 係数

要因	液状化の区分	木造家屋数	地形	深さ 5m までの土質	沖積層厚	深さ 5m までの平均 N 値	実効震度
実効震度	0.261	0.221	0.453	0.589	0.579	0.307	0.579
液状化の区分	0.259	0.325	0.439	0.619	0.502	0.129	
木造家屋数	0.108	0.109	0.233	0.241	0.236		
沖積層厚	0.137	0.140	0.458	0.569			
深さ 5m までの土質	0.240	0.224	0.426				
地形	0.290	0.184					
実効震度	0.192						
液状化の区分							

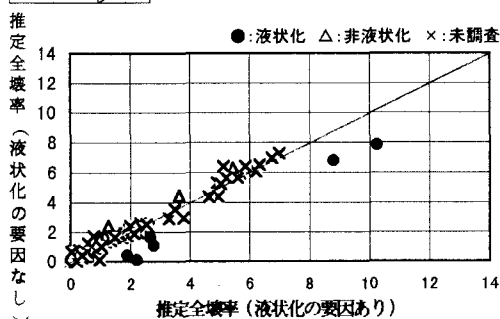


図-3 推定被害率の比較 (全壊率)

4. まとめ

数量化理論 I 類を用いて、液状化、非液状化を考慮した木造家屋の震害分析を行った。その結果、得られた全壊率、半壊率、全被害率に対する分析モデルはいずれも木造家屋の震害分析を工学的に説明できるものであり、分析の精度を示す重相関係数はいずれも 0.8 程度となった。これらのモデルを将来の地震に対する予測モデルとして用いる場合、関東地震当時と今日の木造家屋の耐震性の違いを検討する必要がある。

【参考文献】1)市原・山田：想定地震による名古屋市の木造家屋の被害予測，土木学会論文報告集，NO. 340，1983。
2)東京低地の液状化予測，東京都土木研究所，1987。3)若松：日本の地盤液状化履歴，東海大学出版会，1991。

表-2 数量化理論 I 類による分析結果 (全壊率)

要因	カテゴリー	平均スコア	スコア-ダイアグラム	レンジ
実効震度 ke	ke ≤ 0.125	-0.9808837		2.7151 ④
	0.125 < ke ≤ 0.175	0.2823835		
	0.175 < ke ≤ 0.225	0.8074182		
	0.225 < ke	1.73417091		
地盤種類 A: 沖積層 B: 液状層 C: 所谷部地	A	0.00958717		2.3699 ⑤
	AB	0.72504401		
	ABC	1.6303997		
	B/C	-0.25415208		
N 値 (深さ 5m までの 地盤平均)	N ≤ 5	0.06333387		0.1895 ⑥
	5 < N	-0.10617745		
沖積層厚 H (m)	H ≤ 10	-0.69610821		4.4419 ①
	10 < H ≤ 20	-0.51542884		
	20 < H	3.44583418		
土質 (深さ 5m まで)	砂	-1.32170888		2.2018 ⑧
	砂質土・シルト	0.89005257		
	砂質土・砂	-0.43787903		
地形	河川・埋立地	-0.61894405		3.0104 ②
	埋立地	-1.79612448		
	河川	1.34431171		
	その他	-0.18329721		
木造家屋数 (1 ヶ所 あたり)	N ≤ 5000	0.52651515		1.4041 ⑦
	5000 < N ≤ 10000	-0.12225139		
	10000 < N	-0.87458908		
液状化区分	液状化地域	2.23139654		3.12421 ③
	非液状化地域	-0.8928289		
	未調査地域	-0.14278221		

全壊 平均スコア = 2.0097 重相関係数 = 0.7896

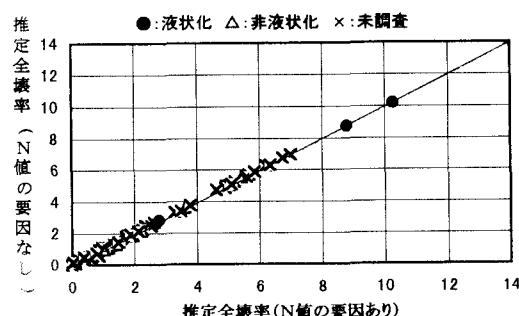


図-2 推定被害率の比較 (全壊率)