



想定東海地震による名古屋市域の液状化危険度

中部大学工学部都市建設工学科 教授 山田公夫

1. はじめに

液状化予測へのアプローチは力学的手法と統計的手法に大別できる。前者の手法はさらに詳細法と簡易法に分けられる。詳細法は対象地区の地盤に対して原位置ならびに室内試験が必要であり、対象とする地震や地盤が確定すれば、どのような場合にも適用できる一般性はあるが、大都市の沖積地盤地帯のような広域全体を対象とする場合は、膨大な時間や経費を必要とするため詳細な地区別の危険度を示すことは容易でない。一方、簡易法は地下水面以下の土の粒度分布や地盤のN値など2～3の要因のみで液状化の判定が行われるが、判定に必要な土の粒径や密度などの土質情報が欠ける調査資料が多く、広域全体の液状化判定を効率良くできるとは限らない。これらの手法に対して、統計的手法は既往地震による液状化調査結果をもとに、地震の強さ、地盤種別、地形、土質、地下水位など液状化発生に関与するいくつかの定性的ならびに定量的要因を用いて要因分析を行い、液状化発生の判別モデルを構築する手法であるが、液状化した範囲が特定されていないと判別精度の良好な分析モデルを得ることは難しい。

筆者はこれまでに、数量化理論を用いて広域を対象とした液状化発生モデルを構築し、東海地震を想定した場合の名古屋市沖積地盤の液状化予測を試み、液状化発生に対する危険地点を示した¹⁾。東海地震の予想震源域は2001年に見直され、従来の震源域よりもおおよそ60kmほど名古屋市寄りとなり、名古屋市は三大都市圏の政令指定都市で唯一、地震防災対策強化地域に指定された。本研究は、見直された東海地震の予想震源域に対して数量化理論による液状化発生モデルを用いて、125メートル四方単位で名古屋市域の液状化判定を試み、液状化発生の危険度分布を示したものである。本研究における判定対象地点は約3300箇所であるが、地盤調査資料が入手できないため判定の対象外となった空白地点に対しては、液状化判定を行った地点の判定結果をベースにしてデータ補間計算を行って、空白地点の液状化判定を試み、対象地域全域に対して空白地区のない液状化危険度分布を示した。

2. 広域を対象とした液状化発生モデル

名古屋市域では、過去に濃尾地震（1891,M=7.9）、東南海地震（1944,M=8.0）、三河地震（1945,M=7.1）などによって各所で液状化が発生した。筆者はこれらの地震のうち東南海地震を取り上げて、名古屋市域で液状化が発生したあるいは発生しなかったと推定される地点に対して数量化理論Ⅱ類を用いた要因分析を行い、表-1に示す広域を対象とした液状化発生モデルを提案した。表-1のモデルによる液状化判定の方法は対象地点に対して表-1の6要因を調べ、それぞれの要因において該当するカテゴリーのカテゴリースコアを順次加えたスコアの合計値である判別スコアZを求める。つぎに、このZが液状化発生・非発生の判別区分スコア Z_0 よりも大きいか、小さいかによって液状化の判定を行う。表-1のモデルは液状化発生の有無に対する判別率約80%で、これに対応する判別区分スコアは $Z_0 = -0.3$ である。このモデルを名古屋市域の分析対象地点に再現し、得られた判別スコアの頻度分布を描くと図-1のようになる。図-1からわかるように、液状化地点と非液状化地点の判別スコアの分布が重なり合っている。そのため、液状化判定は判別区分点 Z_0 を基準と考え、判別スコアZの分布の重なりを考慮することにした。すなわち、判別スコアが $Z > 0.59$ の地点はすべて液状化、 $Z \leq -0.74$ の地点はすべて非液状化であるから、これを考慮してZの大きさによって、つぎの4つのランクを設定した。

- ① $0.59 < Z$: 液状化の可能性が極めて高い
- ② $-0.3 < Z \leq 0.59$: 液状化の可能性が高い
- ③ $-0.74 < Z \leq -0.3$: 液状化の可能性が低い
- ④ $Z \leq -0.74$: 液状化の可能性が極めて低い

以上、4つの判定基準を用いて、後述するように名古屋市域の沖積地盤の液状化判定を行った。

表-1 数量化理論Ⅱ類による液状化発生モデル

要因	カテゴリー	カテゴリースコア	レンジ
実効震度 K_e	$0.0 < K_e \leq 0.125$	-0.7469	1.1637 (5)
	$0.125 < K_e \leq 0.176$	-0.1968	
	$0.175 < K_e$	0.4168	
地下水位の深さ Z (m)	$Z = 0.0$	0.4909	1.2659 (3)
	$0.0 < Z \leq 3.0$	-0.0400	
	$3.0 < Z$	-0.7750	
平均N値	$0.0 < N \leq 5.0$	0.4347	0.9077 (6)
	$5.0 < N$	-0.4730	
飽和砂層厚 D (m)	$D = 0.0$	-1.0950	2.2606 (1)
	$0.0 < D \leq 10.0$	0.0923	
	$10.0 < D$	1.1656	
シルト・粘土層厚 B (m)	$B = 0.0$	0.8576	1.2176 (4)
	$0.0 < B \leq 5.0$	0.1167	
	$5.0 < B$	-0.3600	
地形	河川周辺	0.6027	1.9966 (2)
	埋立地	0.0509	
	その他	-1.3939	

[相関比 $\eta^2 = 0.46$]

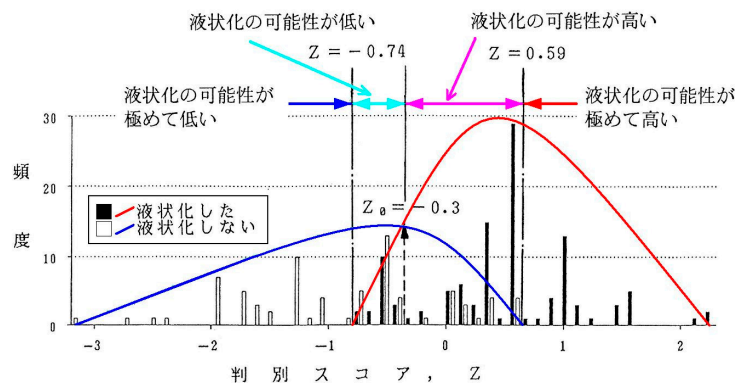


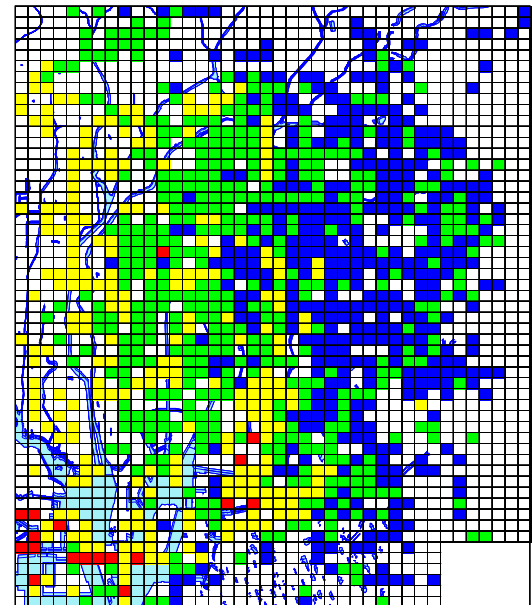
図-1 判別スコアの頻度分布と液状化の判別区分

3. 想定東海地震による名古屋地域の有効震度分布

表-1の液状化モデルを名古屋地域に適用するためには有効震度を求めなければならない。ここで述べる有効震度は、静的耐震設計で用いられる設計震度に相当するものであり、震度階と区別して工学的震度とも呼ぶ。筆者は地震の強さの指標である震度を地盤の周期特性を考慮して推定する経験式を提案した^{1) 2)}。沖積層に対する提案式を下記に示す。

$$k_e = 0.0115 (\alpha_{max} / f)^{0.488} \quad (1)$$

ここで、 α_{max} は地表最大加速度、 f は地盤の卓越振動数であり、 k_e を有効震度と呼ぶ。想定東海地震による名古屋地域の有効震度を求めるために地盤応答解析³⁾を行った。応答解析は市域を500メートル四方のメッシュに分割し、分割したメッシュに存在する土質柱状図を用いてメッシュの代表地盤を1つ選んだ。地盤応答解析によって得られた地盤の卓越振動数と地表最大加速度を用いて、式(1)より k_e を求めた。一方、土質柱状図が入手できなかったため応答解析用の代表地盤を得ることができなかったメッシュも多く存在した。図-2に応答解析結果から得られた有効震度の分布を示す。図中、白抜きのメッシュは応答解析を行っていないメッシュである。図-2の有効震度が示されていないメッシュに対しては、応答解析を行ったメッシュの有効震度 k_e を用いて、応答解析ができなかったメッシュの有効震度をデータ補間計算によって推定した。



有効震度	色	段階
0.225~	赤	1
0.175~0.225	オレンジ	2
0.125~0.175	黄	3
~0.075	青	4

図-2 500m四方の有効震度の分布

4. 名古屋市沖積地盤の液状化危険度

表-1のモデルと2. で述べた4つの判定基準を用いて、名古屋地域の沖積地盤地帯に対して東海地震を想定して125メートル四方単位で液状化判定を行った。地盤資料が入手できなかった地区に対しては、前述した有効震度の推定の場合と同様にデータ補間計算を行って空白地区の判別スコア Z を推定した。このような方法で得られた対象地域全体の液状化危険度分布を図-3に示す。図-3より、名古屋市南部の沖積地盤ならびに臨海部の埋立地では、液状化の危険性のある地域が広範囲に広がっていることがわかる。これらの地域の大半は江戸時代(1600年代)以降~現在にかけて埋立や干拓が行われた地域に該当している⁴⁾。さらに、市の北部から西南部を流れる河川周辺地域においても液状化の危険性のある地区が広く分布している。これに対して、市の西部や北部の河川周辺を除く沖積地盤地帯の大半は液状化の可能性が極めて低いと判定された。

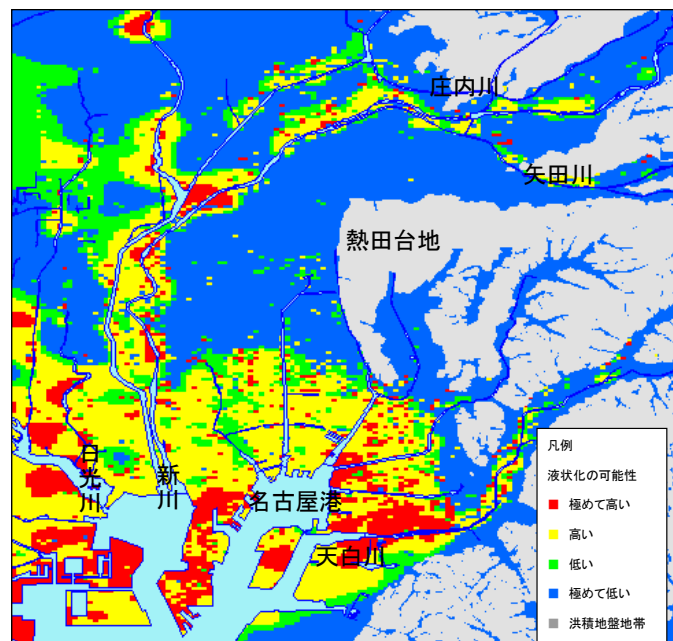


図-3 想定東海地震による液状化危険度分布

5. まとめ

本研究で示した液状化危険度分布図は液状化対策の重点地区の抽出やより詳細な液状化調査の重点をどの地区に置くべきかなどを決めるため、ならびに震害予測のための基礎資料として役立つことができると考える。

参考文献 1)山田公夫(1992): 想定地震による名古屋市沖積地盤の液状化予測、土木学会論文集、No.445、III-18、pp.37-45。 2)山田公夫(1986): 数量化理論による木造家屋震害予測モデルの東南海地震への適用、土と基礎、Vol.34、No.6、pp.59-65。 3)Schnabel, P. B., Lysmer J. and Seed H. B. (1972): SHAKE-A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Site, EERC Report No.72-12, Univ. of California, Berkeley。 4)土質工学会中部支部編著(1988): 最新名古屋地盤図。

問い合わせ先: 中部大学工学部都市建設工学科 (〒487-8501 春日井市松本町 1200) 山田公夫

E-mail: kyamada@isc.chubu.ac.jp TEL: 0568-51-1111