

I-378

広域を対象とした液状化発生モデル

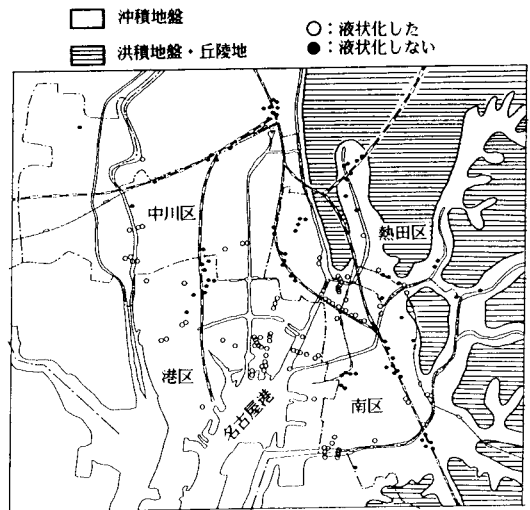
中部大学 正会員 山田 公夫

1. まえがき

地震時における砂地盤の液状化発生を精度良く予測するためには、対象地区の地盤に対して現位置試験、室内実験を実施するとともに、応答解析等を行うことが必要である。しかしながら、この方法はかなりの時間と経費を必要とするため、限定された特定の地点に対しては実行可能であるが、大都市の沖積地盤地帯のような広域全体を対象とする液状化予測には不向きである。この研究は過去の地震による液状化被害例に基づき、液状化発生に影響する定量的ならびに定性的な要因を用いて要因分析を行い、液状化発生モデルを得ることを目的としている。この方法で得られたモデルは広域を対象とした液状化発生のゾーニングマップの作成に利用でき、より詳細な液状化調査の重点をどの地区に置くべきかを明確にできるものと考えられる。

2. 東南海地震による液状化発生地域と分析に用いた要因

1944年の東南海地震(M=8.0)によって名古屋地域で液状化が発生したと考えられる地点を井関¹⁾の報告に基づいて図・1に○印で示した。これらの地点では住家の全壊・半壊被害が発生した。一方、筆者は住家被害が生じなかった地点では液状化は発生しなかったものとみなし、これらの地点を無作為に選び図・1に●印で示した。図・1の各地点に対して、目的変数を液状化が発生した、または発生しなかったという2つのカテゴリーに分け、以下に示す9つの要因を説明変数として、これらの要因を組み合わせて一次判別関数ならびに数量化理論Ⅱ類を用いて要因分析を行った。分析に用いた要因は①震度、②沖積層厚(m)、③地下水位の深さ(m)、④平均N値、⑤飽和砂層厚(m)、⑥粘土・シルト層厚(m)、⑦連続最大飽和砂層厚(m)、⑧連続最大粘土・シルト層厚(m)、⑨地形である。①の震度は応答解析より求めた地表最大加速度と地盤の卓越振動数より推定した²⁾。また、④～⑧の要因は沖積層のみに対するものである。



図・1

3. 一次判別関数による液状化発生モデル

一次判別関数は、説明変数が定量的な変数で与えられている場合に適用される。前述した①～⑧までの定量的要因を種々に組み合わせ、変数選択を施した要因分析の結果、震度 x_1 、平均N値 x_4 、飽和砂層厚 x_5 の3要因を用いた場合が最も高い的中率となった。得られた判別関数を次式に示す。

$$z = 33.0 x_1 - 0.077 x_4 + 0.12 x_5 - 5.5 \quad (1)$$

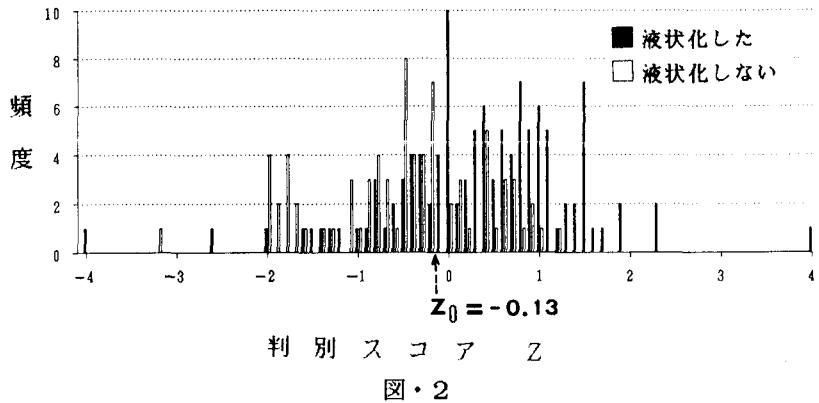
また、 z のヒストグラムと液状化発生の判別区分点 $z_0 (= -0.132)$ を図・2に、判別結果と判別関数の効果を示す的中率(=72.6%)を表・1に示す。式(1)で得られた z が z_0 よりも大ならば液状化、小ならば非液状化と判定されるが、このモデルでは27%の誤判別が起こる。つぎに、液状化に対する説明変数の影響力を評価するために、式(1)を基準化すると次式ようになる。

$$z = 0.73 x_1 - 0.34 x_4 + 0.37 x_5 \quad (2)$$

右辺の各係数の大きさより、ここで用いた要因では震度が液状化発生に最も影響することがわかる。

4. 数量化理論Ⅱ類による液状化発生モデル

一次判別関数で用いた要因に、さらに⑨地形を加え要因を種々に組み合わせ数量化理論Ⅱ類を適用して要因分析を行った。その結果、表・2に示したモデルが相関比とカテゴリースコアの並びが最も良好となった。表・2のカテゴリースコアは各要因のカテゴリースコアからその要因のカテゴリースコアの平均値を差し引いたもので、正の値はそのカテゴリーが平均値に対して液状化を発生させる側に作用し、負の値は液状化が発生しにくい方向に作用することを示す。また、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、レンジの値が大きい要因ほど液状化発生に及ぼす影響が大きいことを意味する。つぎに、表・2のモデルによる判別スコアのヒストグラムと液状化発生の判別区分点 $z_0 (= -0.3)$ を図・3に、判別結果と的中率 (=81.6%) を表・3に示す。表・3と表・



表・1 一次判別関数によるサンプルの判別結果

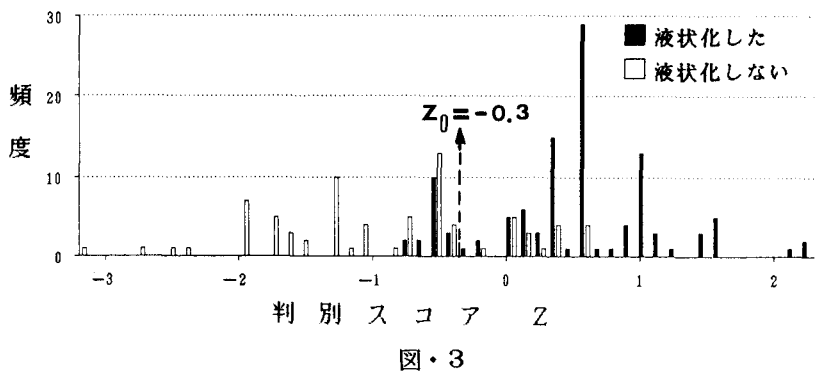
	判別した群		計
	●	○	
もとの群 ●	84	29	113
○	23	54	77

的中率 = 72.6 %
(●: 液状化発生, ○: 液状化無し)

表・3 数量化理論Ⅱ類によるサンプルの判別結果

	判別した群		計
	●	○	
もとの群 ●	96	17	113
○	18	59	77

的中率 = 81.6 %
(●: 液状化発生, ○: 液状化無し)



表・2 数量化理論Ⅱ類による分析結果

変 因	カテゴリー	データ数	カテゴリースコア	レンジ
震 度 k_s	$0.0 < k_s \leq 0.125$	9	-0.7469	1.1637 (5)
	$0.125 < k_s \leq 0.175$	112	-0.1968	
	$0.175 < k_s$	69	0.4168	
地下水位の深さ Z (m)	$Z = 0.0$	42	0.4909	1.2659 (3)
	$0.0 < Z \leq 3.0$	128	-0.0400	
	$3.0 < Z$	20	-0.7750	
平均N値	$0.0 < N \leq 5.0$	99	0.4347	0.9077 (6)
	$5.0 < N$	91	-0.4730	
飽和砂層厚 D (m)	$D = 0.0$	22	-1.0950	2.2606 (1)
	$0.0 < D \leq 10.0$	160	0.0923	
	$10.0 < D$	8	1.1656	
粘土・シルト層厚 B (m)	$B = 0.0$	8	0.8576	1.2176 (4)
	$0.0 < B \leq 5.0$	123	0.1167	
	$5.0 < B$	59	-0.3600	
地 形	河川周辺埋立地	27	0.6027	1.9966 (2)
	その他	146	0.0569	
		17	-1.3939	

相 関 比 $\eta^2 = 0.46$

5. まとめ

広域を対象とした液状化発生モデルを得るために、一次判別関数と数量化理論Ⅱ類による要因分析を行った。今回の分析では、後者の方法によるモデルの方が判別精度が高いことがわかったが、それでも18%の誤判別が生じる。したがって、 $z \geq z_0$ ならば液状化、 $z < z_0$ ならば非液状化というようなシャープな割り切り方をしないで、判定保留域を設定し、それに該当する地点ではさらに検討が必要であるとする。

(参考文献) 1) 井関: 名古屋市防災会議地震対策専門委員会報告書、昭和53。 2) 山田: 土と基礎、Vol.34, No.6, pp. 59-65, 1986。