

ロジットモデルによる液状化予測モデルの既往地震への適用性

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  
 中部大学大学院 ○学生員 上田 剛

1. はじめに

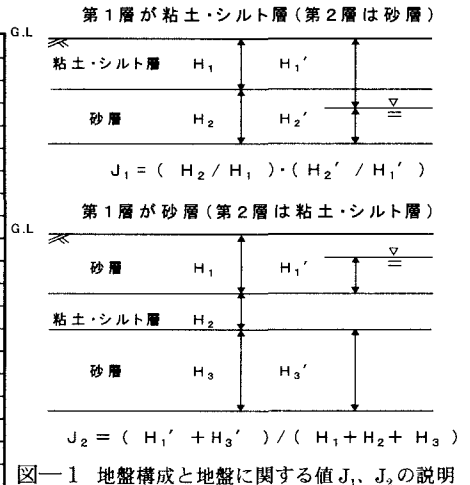
著者らは、これまで東南海地震（1944, M=8.0）による愛知県西部の液状化履歴地域を対象に、液状化発生に関与すると思われる要因を用いて、ロジットモデルによる要因分析を行い、地盤構成を考慮した場合と考慮しない場合の両者に対する液状化予測モデルの構築を試みてきた<sup>1) 2)</sup>。地盤構成の考慮とは、地表面下第1層が粘土・シルト層（第2層は砂層）であるか、砂層（第2層は粘土・シルト層）であるかによってパターン分けをした分析を言う。地盤構成を考慮した分析では第1層が砂層の場合、第2層の粘土・シルト層の下位にある砂層厚も液状化発生に関与すると考えられることから、第3層の砂層も考慮に入れて分析を行った。これに対して、第1層が粘土・シルト層の場合はその下位の砂層まで、すなわち地表面下の第1層と第2層だけを考慮して分析を行った。本研究は、地盤構成を考慮した場合と考慮しない場合の液状化予測モデルを関東地震（1923, M=7.9）による東京の液状化発生・非発生地域に適用し、構築したモデルの他地域への適用性について述べたものである。

2. 分析に用いた地盤要因

表一 1

ロジットモデルによる分析に用いた要因は表一に示す 2～19 までの 18 要因である。このうち、4, 5, 6 以外は沖積層の基底面までを対象としている。地盤構成を考慮した場合の分析では、地表面下第1層が砂層の場合は 8～10 と 18 を、粘土・シルト層の場合は 7～9 と 12～14, 16 を除いた。また、地盤構成を考慮しない場合では 13, 14, 16 を除いて分析した。表中の 19 の「地盤に関する値  $J_1$  or  $J_2$ 」とは、図一に示す地表面下第2層あるいは第3層までの各層厚と地下水位の位置を考慮して図中に示す  $J_1$  or  $J_2$  として与えた。

No	地盤要因
1	固有ダミー変数
2	地下水位
3	換算N値
4	実効震度
5	旧河道・河川
6	埋立地
7	全層砂層
8	第1層が粘土層
9	第1層が砂層
10	全層粘土層
11	飽和砂層厚
12	第1層の砂層厚
13	第2層の粘土層厚
14	第3層の砂層厚
15	第1, 2層比
16	第2, 3層比
17	被圧地下水の有無
18	第1層の粘土層厚
19	地盤に関する値 $J_1$ or $J_2$



図一 1 地盤構成と地盤に関する値  $J_1$ 、 $J_2$  の説明

3. 構築モデル適用対象地域

図二はモデルの適用対象地域である東京を 500m 四方のメッシュに分割したものである。各メッシュを個々の地盤として取り扱うため、メッシュ毎に地盤データを収集した<sup>3)</sup>。そして、各メッシュの代表ボーリングデータを選んだ。つぎに、関東地震による東京の液状化履歴図<sup>4)</sup>を用いて、メッシュ単位で液状化発生・非発生の判定を行った。判定対象となったメッシュは図二に■印と■印で示したところであり、■印は液状化地域で 127 メッシュ、■印は非液状化地域で 139 メッシュの合計 266 メッシュである。このうち、第1層が粘土・シルト層である液状化メッシュは 72、非液状化メッシュは 108 の計 180 のメッシュである。一方、第1層が砂層である液状化メッシュは 55、非液状化メッシュは 31 の計 86 メッシュである。

4. 構築した液状化予測モデル

東南海地震による愛知県西部の液状化発生・非発生地域に対する要因分析によって構築したモデルを表二に示す。表の (a),(b)は地盤構成を考慮したモデル、(c)は地盤構成を考慮しないモデルである。表二には、分析によって抽出された要因 (t 検定で信頼度 90% を満足) とそのパラメータ推定値  $\theta_k$  ならびに弾性値  $E_{xk}$  が示し

である。各要因の $\theta_k$ に付随する符号はロジットモデルの定義より+の場合には液状化を発生させる側に、-の場合には液状化を抑制する側に働くことを意味する。 $E_{xk}$ はその絶対値が大きいほど、液状化発生に対する寄与率が高いことを示す。なお、この表の下欄に示した再現的中率は、それぞれのモデルを構築対象地域(愛知県西部)に再現した時の液状化発生の有無に対するモデルの判別の中率である。また、(a), (b)それぞれの再現的中率の欄の下段に記載してある全体の再現的中率とは、地盤構成を考慮した2つのモデル(a), (b)から求めた液状化の判別の中率である。なお、何れのモデルも液状化発生・非発生の判別を液状化発生確率50%で行うように固有ダミー変数の値を修正してある。

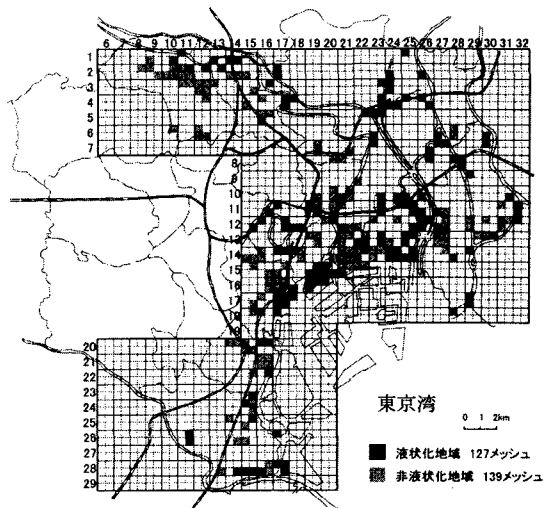


図-2 関東地震時の東京の液状化履歴

5. モデルの適用結果と考察

表一2(a)~(c)のモデルを関東地震時の東京の液状化履歴地域に適用して得られた液状化判別の中率を適用的中率として再現時と同様の表示法で、表一2の最下欄に示した。それによると、地盤構成を考慮した場合の的中率が58.6%、考慮しない場合の的中率が68.0%となり、後者の方が高くなった。地盤構成を考慮した場合の的中率低下の原因として、以下の2点が考えられる。

①第1層が粘土・シルト層の場合、一般に液状化発生を促進させる要因として働く「埋立地」に関して、同じ埋立地地域であるにも関わらず、愛知県西部では砂層が卓越した地盤であるのに対して、東京では粘土層が卓越しており、愛知県西部と東京では土質構成が異なる。

②第1層が砂層の場合、東京では第3層の砂層が存在するメッシュが半分にも満たない。

6. まとめ

愛知県西部において構築した液状化予測モデルを関東地震に適用した結果、地盤構成を考えないモデルの方が液状化判別の的中率が高くなった。しかし、液状化地域のみを考えると、地盤構成を考えたモデルの方が判別の中率が高くなった。液状化予測に際して、液状化発生に対する的中率が高い方が安全側の結果を与えることを考えると、一概に地盤構成を考えない方が良いとは言えない。適用性の高いモデルの構築が今後の課題である。

「参考文献」 1) 山田・杉井・植村：堆積パターンを考慮した液状化予測モデル、第32回地盤工学研究発表会講演集、No.1, pp1163~1164, 1997 2) 山田・杉井・上田：砂・粘土の互層地盤における液状化予測モデルの構築とその適用、第33回地盤工学研究発表会講演集、1998 3) 東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図、技報堂出版、1977 4) 東京都土木技術研究所：東京低地の液状化予測、1987

表一2 愛知県西部における液状化予測モデル

要因	地盤構成を考慮した場合				地盤構成を考慮しない場合	
	(a) 第1層が粘土・シルト層 (第2層が砂層)	(b) 第1層が砂層 (第2層が粘土・シルト層)	(c) 第1層が粘土・シルト層 (第2層が砂層)	(d) 第1層が砂層 (第2層が粘土・シルト層)	(e) 第1層が粘土・シルト層 (第2層が砂層)	(f) 第1層が砂層 (第2層が粘土・シルト層)
固有ダミー変数	パラメータ $\theta_k$ [1値] -1.793 [3.761]	弾性値 $E_{1k}$	パラメータ $\theta_k$ [1値] -5.820 [3.193]	弾性値 $E_{1k}$	パラメータ $\theta_k$ [1値] -3.606 [4.081]	弾性値 $E_{1k}$
地下水位	-0.551 [2.042]	-0.826	---	---	---	---
実効震度	---	---	37.526 [2.609]	5.712	8.480 [1.673]	1.187
旧河道・河川	1.079 [1.898]	0.232	---	---	0.875 [2.053]	0.180
埋立地	1.240 [2.167]	0.240	1.754 [3.016]	0.347	1.626 [4.028]	0.302
全層砂層	---	---	2.283 [2.014]	0.233	---	---
第2層の粘土層厚	---	---	-0.114 [2.138]	-0.683	---	---
第3層の砂層厚	---	---	0.166 [1.728]	0.538	---	---
第1層の粘土層厚	---	---	---	---	-0.087 [1.843]	-0.087
地盤に関する値 (J1 or J2)	---	---	-5.801 [2.967]	-2.857	---	---
再現的中率/尤度比 (液状化の中率/非液状化の中率)	64.7% / 0.475 (60.9% / 65.3%)	---	73.6% / 0.491 (73.9% / 73.5%)	---	63.5% / 0.445 (73.9% / 61.7%)	---
全体の再現的中率(愛知)	68.7% (液状化の中率 = 67.4% / 非液状化の中率 = 69.0%)	---	62.8% (液状化の中率 = 66.1% / 非液状化の中率 = 51.8%)	---	68.0% (63.0% / 72.7%)	---
適用の中率/(東京)	56.7% (59.7% / 54.6%)	---	62.8% (74.5% / 41.9%)	---	68.0% (63.0% / 72.7%)	---
全体の適用の中率/(東京)	58.6% (液状化の中率 = 66.1% / 非液状化の中率 = 51.8%)	---	---	---	---	---