

I - B 433

堆積パターンを考慮した液状化予測モデルの関東地震への適用

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*

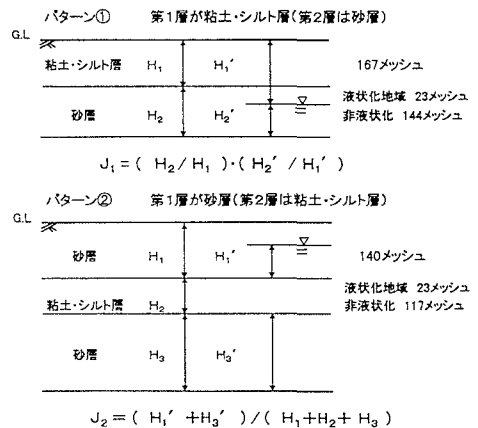
1. はじめに

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発生・非発生地域に対して、ロジットモデルを用いて液状化発生に関する要因分析を行い、土の堆積パターン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^{1) 2)}。堆積パターンの考慮とは、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。土の堆積パターン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の存在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、土の堆積パターン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

ロジットモデルによる分析に用いた要因は表-1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。堆積パターン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を、粘土・シルト層の場合は7~10と13, 14, 16を除いた。また、堆積パターンを考慮しない場合では10, 13, 14, 16を除いて分析した。表中の「地盤に関する値 J_1 or J_2 」とは、それぞれ図-1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	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	液状化地下水の有無
18	第1層の飽和砂層厚
19	地盤に関する値 J_1 or J_2

図-1 堆積パターンと「地盤に関する値 J_1 or J_2 」の説明

3. モデル適用対象地域

図-2は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³⁾。そして、各メッシュの代表ボーリングデータを選んだ。次に、関東地震時に対象地域内で液状化したと推定される地区⁴⁾を調べ、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-2に■印と罫印で示したところであり、■印は液状化地域で22メッシュ、罫印は非液状化地域で57メッシュの合計79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12、非液状化メッシュは42の計54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10、非液状化メッシュは15の計25メッシュである。

4. 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-2に示す。表の(a),(b)は堆積パターンを考慮したモデル、(c)は堆積パターンを考慮しないモデルである。表-2には、分析によって抽出された要因（t検定で信頼度は90%を満足）とそのパラメータ推定値 θ_k ならびに弾性値 E_{sk} が示してある。 θ_k 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と解

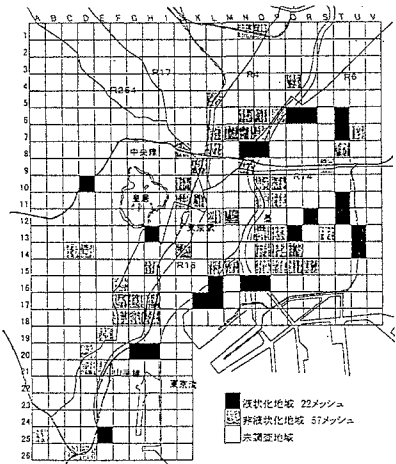
液状化、予測モデル、構築、地震、適用、堆積パターン

* 中部大学工学部土木工学科（〒487 愛知県春日井市松本町 1200 TEL: 0568-51-1111 FAX: 0568-52-0134）

積される。 E_{sk} はその絶対値が大きいくほど、液状化発生に対する寄与率が大きいことを示す。なお、この表に示した再現的中率及び適用的中率は、それぞれのモデルを構築対象地域（愛知県西部）に再現した時と他地域（新潟と東京）へ適用した時の的中率を示す。また、(a), (b)それぞれの再現・適用的中率の下欄に記載してある全体的的中率とは、堆積パターンを考慮した2つのモデル(a), (b)から求めたものである。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。

5. 適用結果と考察

関東地震による東京の液状化発生・非発生地域に表一2(a)～(c)のモデルを適用して得られた液状化発生の有無に対する判別的中率を表一2の最下欄に示した。液状化的中率（実地震で液状化したメッシュのうち、モデルで液状化と判定されたメッシュの割合）に着目すると、堆積パターンを考慮した場合は90.9%、考慮しない場合は77.3%となり、前者の方が高くなった。これに対して、非液状化的中率（実地震で液状化しなかったメッシュのうち、モデルで非液状化と判定されたメッシュの割合）は堆積パターンを考慮した場合は45.6%、考慮しない場合は56.1%となり、後者の方が高くなった。これらの結果をもとに得られた全体的的中率は堆積パターンを考慮した場合は58.2%、考慮しない場合は56.1%となり、後者の方がわずかながら高くなった。なお、堆積パターンを考慮した場合、第1層が粘土・シルト層か砂層かにかかわらず液状化的中率(83.0～100%)が非液状化的中率（45～47%）を大幅に上回っている。一方、堆積パターンを考慮しないときの的中率は上述したように、液状化地域が77.3%、非液状化地域が56.1%である。全体的的中率が多少低下しても、液状化発生に対する的中率が高い方が安全側の判定となることを考えると、表一2に示したモデルを関



図一2 適用対象地域(東京)

表一2

愛知県西部モデル構築結果

要因	堆積パターン考慮した場合 (a) 第1層が粘土・シルト層 (b) 第1層が砂層 (第2層が砂層)		堆積パターン考慮 しない場合 (c) 堆積パターン考慮 しない場合	
	パラメータ- θ_s [標準]	係数値 E_{sk}	パラメータ- θ_s [標準]	係数値 E_{sk}
固有ダミー変数	-1.792710 [3.76115]	—	-5.82076 [3.19333]	—
地下水位	-0.550772 [2.04247]	-0.8258	—	—
実効震度	—	—	37.5259 [2.60938]	5.712
旧河運・河川	1.078930 [1.89814]	0.2323	—	—
埋立地	1.233670 [2.16770]	0.2402	1.75351 [3.01658]	0.347
全層砂層	—	—	2.28295 [2.01442]	0.233
第2層の粘土層厚	—	—	-0.114415 [2.13812]	-0.683
第3層の砂層厚	—	—	0.165831 [1.72869]	0.538
第1層の粘土層厚	—	—	—	—
地盤に関する値 (J_1 or J_2)	—	—	-5.80156 [2.96767]	-2.857
再現的中率/尤度比 (液状化的中率/非液状化的中率)	64.7% / 0.475 (60.9% / 65.3%)	—	73.6% / 0.491 (73.9% / 73.5%)	—
全体的再現的中率	68.7% (液状化的中率=67.4% / 非液状化的中率=69.0%)	—	—	—
適用的中率/(新潟)	88.7% (76.9% / 92.5%)	—	61.5% (58.0% / 68.6%)	—
全体的適用的中率/(新潟)	70.7% (液状化的中率=61.0% / 非液状化的中率=81.3%)	—	—	—
適用的中率/(東京)	53.7% (83.3% / 45.2%)	—	68.0% (100% / 46.7%)	—
全体的適用的中率/(東京)	58.2% (液状化的中率=90.9% / 非液状化的中率=45.6%)	—	—	—

東地震へ適用する場合は、堆積パターンを考慮したモデルの方が妥当だと思われる。これに対して、表一2のモデルを新潟地震による新潟の液状化・非液状化地域に適用した場合は、同表中に示されている的中率からわかるように、堆積パターンを考慮しないモデルの方が良好な結果となった。したがって、砂層が卓越している新潟地域では、堆積パターンを考慮する必要がないものと考えられる。

6. まとめ

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液状化予測モデルを関東地震による東京の液状化発生・非発生地域に適用し、他地域へのモデルの適用性を検討した。その結果、堆積パターンを考慮したモデルの方が考慮しないモデルよりも液状化発生に対して、安全側の判定結果を与えることがわかった。他地域への適用性がより高いモデルを構築すること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, pp.1163～1164, 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、投稿中、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