

堆積パターンを考慮した液状化予測モデルの構築

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 植村千恵子

1. まえがき

筆者らはこれまでに、東南海地震(1944. M=8.0)による愛知県西部の液状化履歴図を用いて、ロジックモデルによる液状化予測モデルの構築を試み¹⁾、液状化発生には堆積パターンにおける土の種類とその層厚や地下水位の位置が関連していることを得てきた。本報告は愛知県西部の地盤データを用いて、堆積パターン、層厚、地下水位を考慮した液状化予測モデルの構築を行い、さらに液状化判定のための堆積パターン分けにおけるシルト層の取り扱いについて検討したものである。

2. 対象地域

対象地域である愛知県西部を図-1に示すように1Km四方のメッシュに分割し、これらのメッシュを個々の地盤として取り扱い、各メッシュごとに地盤データ^{2), 3)}を収集した。つぎに、「日本の地盤液状化履歴図」⁴⁾を用いて東南海地震時に対象地域内で液状化したと推定される地区を調べ、メッシュ単位で液状化発生・非発生の判定を行った。図-1に

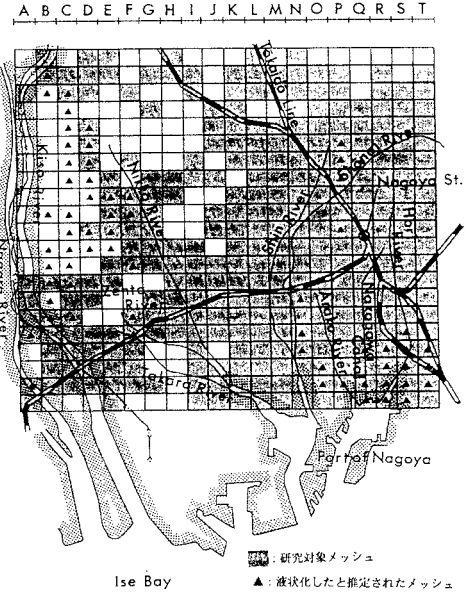


図-1 対象地域

で示したところがモデル構築のための分析対象メッシュであり、東南海地震で液状化が発生したと推定されるメッシュ(図中の▲印)は46、非発生のメッシュは261の合計307メッシュである。一方、□で示したメッシュは地盤資料が入手できないために分析対象から外した。

3. 地盤要因と堆積パターンの分類

これまでの分析に用いた地盤要因は表-1に示す要因1~13であり、分析結果から堆積パターンが液状化発生の要因として重要なものであることが判明している。そこで、愛知県西部の地盤データを図-2の上段に示すような堆積パターン(H₁:砂層以外, H₂:砂層)に分類した。図-2の()内は該当メッシュ数を示す。一方、兵庫県南部地震(1995. M=7.2)時にシルト層も液状化が発生したという報告があるため、シルト層を砂層と見なして図-2の下段に示すような堆積パターンも考慮することとした。また、これまでの分析で問題となっていた地下水位、層厚、堆積

表-1 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・河川周辺
6	埋立地
7	第1,2層が砂層
8	第2層が砂層
9	第2層が砂層以外
10	飽和砂層厚の合計
11	第1層の砂層厚
12	第1,2層厚比
13	被圧地下水が有る
14	第1層の粘土層厚
15	第1層の飽和砂層厚
15	地盤に関する値(J ₁ , J ₂)

但し、要因14に関してパターン1,3は上段の値、パターン2,4は下段の値とする

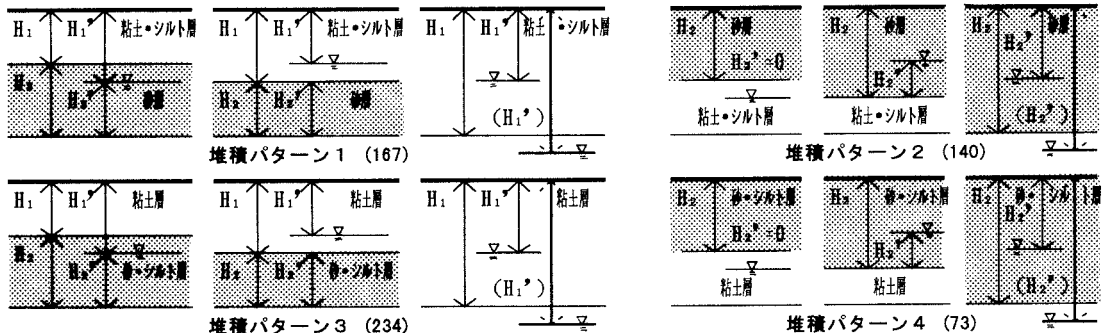


図-2 堆積パターンの分類

表-2 モデル構築結果

要因	堆積パターン1		堆積パターン2		堆積パターン3		堆積パターン4	
	$\hat{\theta}_k$	E_{xx}	$\hat{\theta}_k$	E_{xx}	$\hat{\theta}_k$	E_{xx}	$\hat{\theta}_k$	E_{xx}
固有ゲージ変数	-1.0207 (2.4214)		-4.7891 (3.0276)		-3.2954 (2.3836)		-6.4483 (4.0222)	
地下水水位	-0.6851 (2.2979)	-0.9939						
実効震度			23.2518 (2.3417)	3.4634	15.7051 (1.7185)	1.9161	38.5581 (3.4410)	5.8859
第1,2層が砂層			1.5544 (1.7871)	2.3411			2.0093 (2.9323)	5.1940
第1層砂層厚							-0.0888 (2.9324)	-1.3755
第1,2層厚比 (第2層厚/第1層厚)	0.0690 (1.7152)	0.3440			-0.1426 (1.8240)	-0.9457		
被圧地下水が有る			2.8977 (3.5389)	0.8141				
地震に関する値 (J_1 or J_2)	-0.0052 (1.7212)	-0.3824			0.0047 (1.6919)	0.3816		
的中率 尤度比	86.2% 0.463		82.1% 0.437		82.2% 0.342		86.3% 0.485	

()内はt値を示す

パターンの3つを同時に表現できる指標として式(1)を考えた。さらに、地下水水位と第1層の砂層厚の関係を式(2)として表現した(式中の記号は図-2に示す)。表-1に示す13要因に新たに14と15の地盤要因を加え要因1~15を用いて、それぞれの堆積パターンごとに要因分析を行った。

堆積パターン1, 3: $J_1 = (H_2/H_1) \times (H_2'/H_1')$ 式(1) 堆積パターン2, 4: $J_2 = H_2'/H_2$ 式(2)

4. モデルの構築結果

各堆積パターンのモデル構築結果を表-2に示す。これには地盤要因の中で分析によって抽出された要因とそのパラメータ推定値 θ_k ならびに弾性値 E_{xx} が示してある。 θ_k はロジットモデルの定義より+の場合、液状化を発生させる側に、-の場合にはそれを抑制する側に働くことと解釈される。 E_{xx} はその値が大きいほど液状化発生に対する影響度が大きいことを示す。

表-2に示した堆積パターン1と3の分析結果を比較すると、工学的に説明できない要因は堆積パターン1の地盤に関する値と堆積パターン3の第1,2層厚比である。

一般的に見ると上部に砂層以外の層がある場合、この層厚(H_1, H_1')と比べて、その下部の砂層厚(H_2)は大きいほど、また飽和砂層厚(H_2')も大きいほど液状化が発生しやすいと考えられるが、これら2つの要因は θ_k がマイナスとなり、妥当な結果を示していない。従って、この分析からはシルト層を液状化する層とみなすかどうかの判断はできない。

つぎに堆積パターン2の分析結果を検討した。被圧地下水が有るの要因は θ_k がプラスで液状化を引き起こす側に働いている。そこで、被圧地下水が有るメッシュ(16)の堆積状況を図-3の様に整理した。図中に・印をしたものが液状化メッシュ(7)である。図-3において液状化メッシュでは非液状化メッシュと比べて、第3層の砂層がその上部にある第2層の粘土・シルト層に対してかなり厚いため、過剰間隙水圧の上昇により、粘土・シルト層を突破して液状化が発生したとも考えられる。

堆積のパターン4の分析結果では、第1層の砂層厚の θ_k がマイナスであるため、この要因は液状化を抑制する側に働くことになり工学的に説明できない。このような結果になった理由はシルト層を砂層と見なしたため、第1層の砂層厚が見かけよりも厚くなったことによると考えられる。この点から判断すると、本研究の対象地域ではシルト層を液状化する層と見なすことは妥当ではないと考えられる。

5. まとめ

今回の分析結果から、第1層が砂層または粘土・シルト層であるかの堆積パターンの違いによって異なる要因が液状化判定に効くことが明らかとなり、堆積パターンごとに判定することの有効性を示唆することとなった。また、堆積パターン2と4の比較から、本研究対象地域でのシルト層を液状化する層と見なすことは妥当でないと考えられ、愛知県西部で液状化予測モデルを再現するには堆積パターン1と2の場合が良好であると考えられた。今後は構築したモデルを堆積パターン別に他の地域に適用し、モデルの信頼性を検討する必要があると考えられる。

「参考文献」

1)山田・杉井・植村:第8回地盤工学シンポジウム論文集, pp.109~112, 1996. 2)建設省中部地方建設局中部技術事務所:濃尾平野の地盤資料, 1978. 3)土質工学会中部支部:最新名古屋地盤図, 1988. 4)若松加寿江:日本の地盤液状化履歴図, 東海大学出版, pp.211, pp.214~215, 1991.

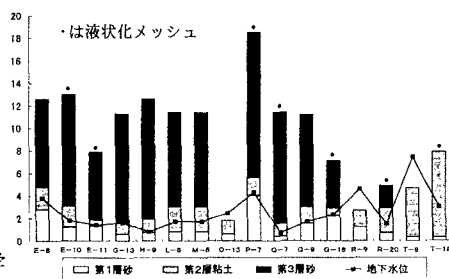


図-3 被圧地下水の有るメッシュ