

# ロジットモデルによる液状化判定の一考察

中部大学 ○学生員 久野 芳房  
 正会員 杉井 俊夫  
 正会員 山田 公夫

1. はじめに 液状化モデルの確立にあたって、液状化、非液状化で表される2事象の判別に、結果を被災確率という形で表すことができる2項ロジットモデルを適用した<sup>1)</sup>。新潟地震(1964, M=7.5)時の液状化、非液状化地域に対して数種の要因をとりあげ、それらの解析結果からパラメータを推定し、それを用いて液状化被災確率の評価を行った。

2. 解析要因とロジットモデルの概要 新潟地震における新潟市一帯の噴砂、噴水地域は栗林によって示されたもの<sup>2)</sup>があり、これを用いて液状化地点として表すために、図-2に示すメッシュに区切って表した。また、各メッシュごとに地盤データ<sup>3)</sup>を収集し、解析するにあたっては表-1に示す9つの要因を説明変数として用いた。これは既に数量化理論Ⅱ類で解析に用いられている要因の結果<sup>5)</sup>と比較することも考え、同様の要因を使用することにした。地盤データは沖積層上部砂層基底面までを対象としており、飽和砂層の平均N値は地下水位面から基底面の間に存在する砂層のN値を平均したものである。実効震度は文献4)に表されている関係式を用い、地表地形は①埋立地、②旧河道・河川周辺、③その他の3パターンに分類して要因とした。また堆積パターンは地層数と地下水位の関係で幾通りも考えられるが、第1層、2層のみを考慮して、図-1に示すように①液状化層のみ、②上層が液状化層で下層が非液状化層、③上層が非液状化層で下層が液状化層の3パターンに分けた。ロジットモデルによれば、被災しやすさを示す被災ポテンシャル関数  $U_n$  を(1)式で定義している。

$$U_n = V_n + \epsilon_n \quad \text{————— (1)}$$

$V_n$  は説明できる地盤の特性要因を表す被災ポテンシャル関数の確定項であり、 $\epsilon_n$  は明らかにされていない要因とばらつきによる誤差を含む確率項である。そして被害確率は(2)式で表される。

$$P_n = \frac{1}{1 + \exp(-V_n)} \quad \text{————— (2)}$$

ここで液状化被災ポテンシャルの確定項  $V_n$  は(3)式で表される。

$$V_n = f(\theta, X_{nk}) = \theta_0 + \theta_1 X_{n1} + \dots + \theta_k X_{nk} \quad \text{————— (3)}$$

$X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nk}$  は特性要因であり、本研究における地下水位、地形などの地盤特性や実効震度等が相当する。 $\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_k$  は最尤推法により決定される定数パラメータである。このようにロジットモデルによる被災確率は、不明確な要因の特定化、情報が不足の問題で被災するか、しないか、明確に表現することが困難である場合の安定性評価を確率により表現するものである。

パターン①	パターン②	パターン③
液状化層	液状化層	非液状化層
液状化層	非液状化層	液状化層

図-1 堆積パターン

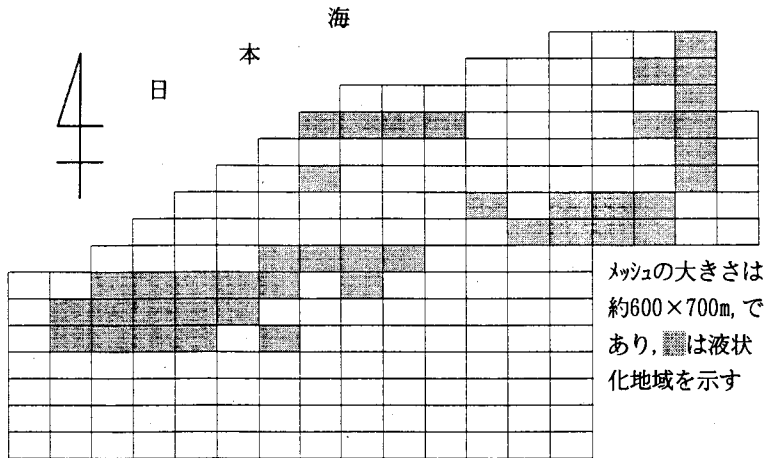


図-2 新潟市域の液状化分布

3. 液状化被災確率の結果と考察 最尤法によりパラメータを推定し、t検定を行った結果を表-1に記した。各要因パラメータの符号はその要因が大となるに従って、正が液状化しやすい方向に働き、逆に負は液状化しにくい傾向を示すが、地下水位が深くなるにつれパラメータが正に働くことが分かる。パラメータに対してt値が1.960のときの信頼度は95%となるが、地下水位、飽和砂層の平均N値、実効震度は特に低い値となっている。これらt値の低い要因を棄却し、再度t検定により様々な要因の組み合わせで計算を行った。結果は表-2に記されるダミー変数、地表地形、飽和砂層厚の組み合わせとなった。これは数量化理論Ⅱ類によって用いられた要因<sup>5)</sup>における解析結果と比較して、共に地形や飽和砂層厚には信頼性があり、逆に飽和砂層平均N値と地下水位の有意性の低い結果が得られており、数量化理論の結果と類似している。これは工学的にみて、新潟地盤の平均N値、地下水位が地点ごとであり相違がないことが原因で、深さ方向のN値の分布や地下水位の被圧、不圧の種類等の入力要因の改善が必要と考えられる。次に再現結果を3つの被災確率範囲に分けて図-3に表した。ここから図-2の実際の液状化地域と比較すると、液状化地域では一般的に被災確率の高い結果が出ていることが判別できる。ここに推定被災確率が50%以上を液状化地域、50%未満を非液状化地域として、これに実際の液状化被災地域と照合させたときの的中率は79.9%、また尤度比は0.3392であり、比較的高い結果を得ることができた。

表-1 解析要因とt検定の結果

解析要因	パラメータ	t検定値
1. 固有ダミー変数	-4.13347	1.03172
2. 地下水位	0.069534	0.42788
3. 飽和砂層平均N値	0.025533	0.56844
4. 実効震度	6.89529	0.26303
5. 地表地形 ①	1.84861	2.76653
6. 地表地形 ②	0.823085	1.93317
7. 堆積パターン ②	-0.250801	0.42939
8. 堆積パターン ③	0.540049	1.17465
9. 飽和砂層厚	0.124115	2.11241

表-2 信頼度95%以上の要因と的中率、尤度比

解析要因	パラメータ	t検定値
1. 固有ダミー変数	-2.554220	6.77119
5. 地表地形 ①	1.738210	2.68092
6. 地表地形 ②	0.867509	2.10579
9. 飽和砂層厚	0.130132	2.73520
尤度比	0.339261	
的中率	0.798969	

4. まとめ 新潟地震による新潟市域の被災事例と2項ロジットモデルにより算出した被災確率結果からは一応の適応性を判別することができた。しかしながら解析要因の再検討と、まだ明らかにされていないダミー変数の部分を新たに幾つか取り入れてパラメータを推定し、被災確率の適応性を再確認する必要がある。また、多項ロジットモデルの採用により判別事象を増やして発展させ、より詳細な液状化判定モデルを定義することが今後の課題である。

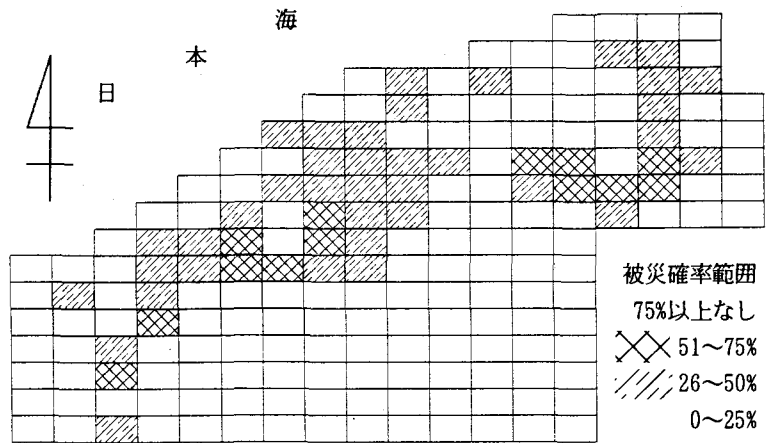


図-3 液状化被害確率の再現

参考文献

1) 宇野, 森杉, 杉井, 中野: 被災事例に基づく河川堤防の安定性評価, 学会論文集, No. 400/Ⅲ10, p161~170, 1988, 12、2) 栗林栄一, 龍岡文夫, 吉田精一: 明治時代の本邦の地盤液状化履歴, 土木研究所彙報, No. 30, p. 133, 1974、3) 建設省北陸地建・北陸技術事務所: 新潟県平野部の地盤図集, 1981、4) 山田公夫: 想定地震による名古屋市中積地盤の液状化予測, 土木学会論文集, No. 445/Ⅲ-18, p. 37~45, 1992. 3、5) 山田公夫: 新潟地震による新潟市域の液状化発生モデル, 土木学会第48回年次学術講演会, H5年. 9月