

地形分類による広域を対象とした液状化の要因分析と予測モデル

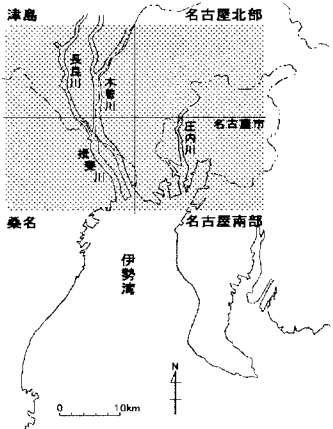
中部大学工学部 正会員 山田公夫 中部大学工学部 正会員 杉井俊夫
中部大学大学院 学生員 岩村陽子 中部大学学部生 学生員 ○岡田憲一

1.まえがき

大都市とその周辺を含む広範囲な地域の液状化危険度を明らかにすることは、各種構造物の耐震設計への利用や都市の地震防災対策の立案などを考える上で、極めて有意義である。現在、提案されている液状化判定法の多くは、その適用に際して地盤調査結果を必要としている。そのため、地盤調査が行われていないところは、液状化判定の未調査地区となり、危険度マップ等には判定の空白域として歯抜け状態で示されることとなる。本研究は面的に情報が欠けていない土地条件図の地形分類を説明要因として、東南海地震(1944,M=8.0)による濃尾平野の液状化発生地域に対して、ロジットモデルを用いて液状化の発生・非発生の要因分析を行い、広域を対象とした予測モデルの構築を試みたものである。地形要因によるモデルが構築できれば、液状化判定の空白域が生じない危険度マップの作成等に利用できる。

2.研究対象地域

研究対象地域は図・1に網かけで示した範囲で、土地条件図(1:25000)²⁾に記載された図名でいうと、「桑名」、「津島」、「名古屋北部」、「名古屋南部」の4地域である。これらの地域は、「日本の地盤液状化履歴図³⁾」によれば、過去に宝永地震(1707,M=8.4)、安政地震(1854,M=8.4)、濃尾地震(1891,M=8.0)、東南海地震などで液状化が発生している。これらの地震のうち、本研究は東南海地震を取り上げ、文献3)の液状化履歴図を用いて、要因分析を行った。分析のために図・1の地域を500m四方のメッシュに分割し、メッシュ単位で液状化発生・非発生の区別をした。



図・1 研究対象地域

上記4面の土地条件図の総メッシュ数6400のうち、1メッシュに占める台地、丘陵地の面積が50%以上となる地区は、後述するように、今回の分析では台地・丘陵地として扱うため、液状化の可能性は無いものとして分析対象から除外した。

表・1 地域別のメッシュ数と液状化メッシュ数

	桑名	津島	名古屋北部	名古屋南部	計
総メッシュ数	893	1135	1336	1145	4509
液状化メッシュ数	96	115	19	72	302

以上のような整理の結果、4面の土地条件図に対して分析対象となったメッシュ数は4509であり、そのうち液状化メッシュ数は302となった。4面の土地条件図に対するメッシュ数と液状化メッシュ数は表・1に示した。

3.分析に用いる要因の選定

分析に用いる要因の選定をするために、濃尾地震、関東地震(1923,M=7.9)、東南海地震、新潟地震(1964,M=7.5)による液状化履歴地域³⁾と地形分類の関係を調べた⁴⁾。その結果に基づいて、表・2に示す②～⑮までの地形に関する14要因と⑯震央距離および⑰標高1m未満か否かの計16要因を説明要因として分析に用いることとした。また、目的変数は液状化発生の有無とし、液状化メッシュを1、非液状化メッシュを2とした二項判定による解析をロジットモデルを用いて行った。1メッシュにおいて、表・2の②～⑮の要因が複数含まれる場合は次のように要因を選んだ。液状化メッシュでは液状化したエリアにおける地形を選んだ。これに対して、非液状化メッシュではそのメッシュに占める面積割合の大きい地形から順次取り上げ、それらの占める面積の合計がメッシュ全体の50%を超えるまで複数個の地形を選んだ。要因⑤と⑥は、濃尾平野干拓・埋立年代図⁵⁾を用いて、1650年以降に干拓・埋立されたところを埋立地とし、それ以外を盛土地とした。

表・2 分析に用いた要因

	要因
①	固有ダミー変数
②	河川、旧河道、高水敷、低水敷
③	湖沼、池
④	平坦化地、農耕平坦化地、階段耕作地
⑤	盛土地
⑥	埋立地
⑦	扇状地、緩扇状地
⑧	自然堤防、天井川沿いの微高地
⑨	谷底平野、氾濫平野
⑩	海岸平野、三角州
⑪	後背低地
⑫	砂丘、砂堆、砂州
⑬	台地
⑭	斜面
⑮	凹地、浅い谷
⑯	震央距離
⑰	標高1m未満

4.モデルの構築

表・2の要因を用いて分析を行った結果、表・3に示す液状化モデルが得られた。表には分析によって抽出された要因（t 検定で信頼度 95%を満足）とそのパラメータ推定値ならびに弾性値を示した。液状化発生・非発生を判別する被災確率は、研究対象地域の液状化メッシュ数／全メッシュ数(302/4509=0.067)を基準とする。表・3のパラメータは、+のとき液状化を発生させる側に働き、-のときはそれを抑制する側に働くことを示す。また、弾性値はその絶対値が大きい要因ほど液状化発生の有無に大きく寄与することを示す。表・3の弾性値の大きさより、この分析では、⑤「盛土地」、⑥「埋立地」、⑧「自然堤防、天井川沿いの微高地」の3つの要因がほぼ同程度に液状化発生に影響し、つぎに⑪「標高 1m 未満」の順となる。

表・3 液状化モデル

説明要因	パラメータ	弾性値
①固有ダミー変数 (補正前)	-5.075 [28.938]	-
⑤盛土地	2.551 [16.344]	0.9065
⑥埋立地	2.240 [10.302]	0.8747
⑧自然堤防 天井川沿いの微高地	2.200 [13.812]	0.8741
⑪標高 1m 未満	1.002 [6.711]	0.6202
全体の的中率(%)	71.7	
液状化的中率(%)	75.2	
非液状化的中率(%)	71.4	

【 】内の数値はt値を示す

5.構築モデルの再現

表・3の液状化モデルを図・1の研究対象地域に再現した結果、同表の下欄に示すように液状化判別の的中率は液状化的中率が75%、非液状化的中率が71%、液状化と非液状化を合わせた全体の的中率は72%となった。ここでは、4で述べたように被災確率0.067を判定基準とし、再現時の被災確率が0.067以上ならば液状化、0.067未満ならば非液状化と判定している。さらに、表・3の液状化モデルを「桑名」、「津島」、「名古屋北部」、「名古屋南部」の4地域にそれぞれ再現した結果を表・4に示す。「桑名」「津島」「名古屋北部」の各的中率は、表・3に示した対象地域全体に対する各的中率より高い結果となった。しかし、「名古屋南部」は各的中率とも60%未満となり、表・3のモデル的中率より低い結果となった。このように、「名古屋南部」のみ構築したモデルの再現結果が良好とはいえない。「名古屋南部」の実地震時の液状化、非液状化、モデル再現時の液状化、非液状化メッシュ数を表・5に示した。表・5から、実地震時の非液状化メッシュ1073に対し、再現時の非液状化メッシュが500となった。そのため、「名古屋南部」の非液状化的中率が低くなった。一方、表・6に「名古屋南部」において実地震で液状化したメッシュの要因の組合せとそれらの組合せによる被災確率を示した。表・6から⑥「埋立地」のみの場合、被災確率が0.055のため、このメッシュは、非液状化と判定される。これに該当するメッシュは31である。そのため、「名古屋南部」の再現時の液状化的中率が他地域と比べ低い結果となったと思われる。

表・4 モデルの再現結果

	桑名	津島	名古屋北部	名古屋南部
全体の的中率(%)	81.3	86.4	73.7	47.2
液状化的中率(%)	82.3	77.4	94.7	56.9
非液状化的中率(%)	81.2	87.5	73.3	46.6

表・5 名古屋南部再現結果とメッシュ数

	実地震液状化メッシュ数	実地震非液状化メッシュ数	合計
再現液状化メッシュ数	41	573	614
再現非液状化メッシュ数	31	500	531
合計	72	1073	1145

表・6 名古屋南部液状化メッシュ要因組合せ

要因の組合せ	被災確率	実地震液状化メッシュ数	再現液状化メッシュ数	再現非液状化メッシュ数
⑤⑥⑧	0.872	1	1	0
⑤⑧	0.420	3	3	0
⑤⑧⑪	0.663	1	1	0
⑤⑪	0.179	1	1	0
⑥	0.055	31	0	31
⑥⑪	0.138	35	35	0
合計		72	41	31

6.まとめ

面的に情報が欠けていない土地条件図の地形分類と東南海地震による液状化履歴図を対比させ、ロジットモデルを用いて液状化発生・非発生の要因分析を行い、液状化モデルの構築を試みた。構築したモデルを研究対象地域に再現した結果、液状化発生の有無の判別率的中率は、実地震による液状化発生・非発生メッシュのいずれに対しても70%程度となった。したがって、このモデルは濃尾平野に対しては、液状化の一次判定に利用可能と考えられるが、埋立地が卓越している臨海部に対しては、再現結果が良くないため、臨海部に対しても再現性が高いモデルに改良することが今後の課題である。

【参考文献】

1)例えば、日本道路協会：道路橋示方書・同解説、Ⅴ耐震設計編、pp.91~pp.97、1996。 2)建設省国土地理院：土地条件図、1：25000、「桑名」「津島」「名古屋北部」「名古屋南部」。 3)若松：日本の地盤液状化履歴図、東海大学出版会、1991。 4)山田・杉井・岩村・松田：地形分類による広域を対象とした液状化予測モデル、第34回地盤工学会研究発表会講演概要集、pp.2115~pp.2116、1999。 5)土質工学会中部支部：最新名古屋地盤図、p.15、1988。