

関東地震による東京低地の液状化発生の要因分析

中部大学 正 山田 公夫
中部大学 正 杉井 俊夫
中部大学 学 ○西尾 匡弘

1. まえがき

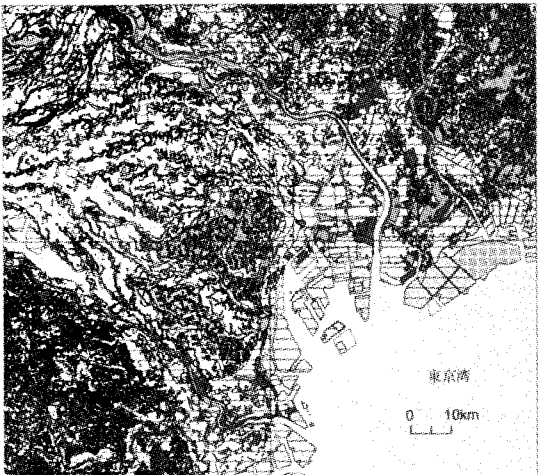
著者らは、大都市圏の沖積地盤地帯のような広域に対する液状化の危険度判定が、合理的にかつ容易にできる液状化判定モデルの構築を目指している。本研究は、関東地震（1923、M=7.9）時に発生した東京低地の液状化地区と非液状化地区を対象に、地盤調査資料や GIS によって作成した土地条件図¹⁾、微地形分類図²⁾の地形分類ならびに地震動の強さなどを用いて、数量化理論Ⅱ類による液状化発生の要因分析の結果を述べたものである。

2. 研究対象地域と分析に用いた要因

本研究の対象地域は図・1に示した範囲で、国土地理院発行の土地条件図の図名で「東京西北部」、「東京西南部」、「東京東北部」、「東京東南部」の4地域である。この4地域と関東地震時の液状化地域^{2) 3)}と非液状化地域（地盤災害の無い地域²⁾）ならびに東京の地盤調査位置^{4) 5)}をGISの1つであるSIS⁶⁾を用いて作図した。つぎに、液状化地域と非液状化地域内で地盤調査が行われている地点の地盤情報^{4) 5)}とそれらの地点の地形分類^{1) 2)}を調べた。地形分類図等には表・1に示すように、何種類もの地形区別がなされているため、クラスター分析によって地形を類似したいくつかのグループにまとめて、分析に用いる要因数を減らした。また、分析では沖積地盤のみを対象とし、水部や洪積地盤ならびに関東地震当時は陸地化²⁾されていなかった地区は分析対象から除外した。分析に用いた要因は地形区分、地盤情報として「地下水位の深さ」、「飽和砂層の合計厚」、「粘土・シルト層の合計厚」、「沖積層厚」、「地盤のN値」である。さらに、地震の強さの指標として、地盤応答解析結果をもとに著者の一人が提案した実効震度⁷⁾を要因とした。実効震度が算出されていない地点は実効震度を算出した地点に対してGsharp⁸⁾を用いて推定値の算出を行い、信頼性を検討した上で用いた。その結果、分析対象となった地点は液状化 188 地点、非液状化 198 地点の合計 386 地点となった。各地点の液状化発生の有無を目的変数、上述した要因を説明変数として数量化理論Ⅱ類を用いて液状化発生の要因分析を行った。

3. 分析結果と考察

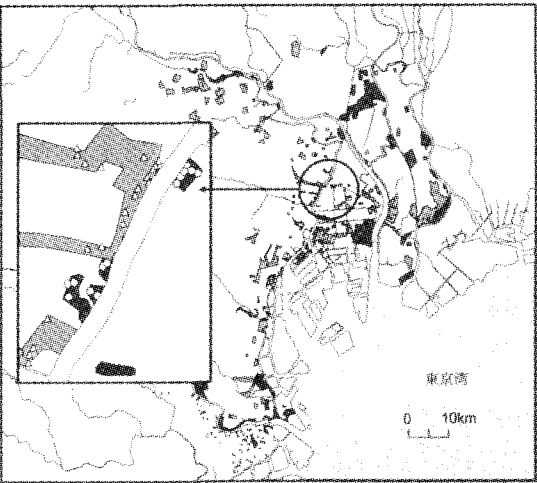
数量化理論Ⅱ類では地盤情報、実効震度などの定量的要因に対するカテゴリー区分を考える必要がある。著者らは各説明変



図・1 SIS上で作成した土地条件図

表・1 地形分類

1 斜面	13 盛土地	25 海岸平野 三角州
2 高位面	14 埋土地	26 後背低地
3 上位面	15 干拓地	27 旧河道
4 中位面	16 凹陥地	28 海
5 下位面	17 扇状地	29 河川
6 低位面	18 緩扇状地	30 湖水
7 扇状面	19 自然堤防	31 天井川の部分
8 窪地	20 砂丘	32 高水敷
9 土石流堆	21 砂礫堆 砂礫州	33 低水敷 浜
10 平坦化地	22 天井川沿いの敷高地	34 界線
11 農耕平坦化地	23 凹地 浅い谷	
12 高い盛土地	24 谷底平野 氾濫平野	



図・2 分析対象地域

数の頻度分布から液状化発生の有無に対する有意差を調べ、同時に地盤情報や実効震度などが扱いやすい区分になるようにカテゴリー区分を行った。分析結果から得られた分析モデルを表・2に示す。この分析モデルは説明変数相互の単相関係数、目的変数に対する偏相関係数の大きさを考慮した要因のみが取り上げられており、「地盤のN値」や「沖積層厚」は影響要因から棄却された。表中の各要因において、カテゴリースコアの符号がプラスの場合は液状化を発生させる側に、マイナスの場合は液状化を抑制する側に働くことを意味し、その値が大きいカテゴリーほど液状化の発生、非発生に寄与することになる。レンジはカテゴリースコアの最大値と最小値との差であり、レンジの値が大きい要因ほど液状化に対する影響力が強いことを表している。今回の分析では、液状化発生には「地形分類」が最も大きく影響し、ついで、「粘土・シルト層の合計厚」、「飽和砂層の合計厚」、「実効震度」、「地下水位」の順となった。表・2の分析モデルを分析対象とした図・2の386地点に再現した結果が図・3である。図・3には実地震時、再現時とも結果が一致した地点を○と△、結果が一致しなかった（誤判別）地点を●と▲で示した。▲と判断された地点の地形分類は「埋立地」や「自然堤防」、●と判断された地点では「海岸平野・三角州」が多く存在していた。これは表・2のレンジからわかるように地形分類が液状化の発生、非発生に大きく影響し、「埋立地」や「自然堤防」は液状化発生側に、「海岸平野・三角州」は液状化抑制側に働く結果となったことが誤判別の原因である。表・3に実地震時と再現時の判別結果のクロス表を示す。この表に示したように分析モデルの液状化判別の中率は73%、相関比は0.34となった。また、図・4はサンプルスコアをもとに、液状化地点と非液状化地点の頻度分布を表した判別グラフである。両地点の分布が重なり合わない結果が理想的であるが、かなりの部分で重なり合っていることが相関比を低下させている。

4. あとがき

実用的に利用可能な液状化判別モデルを構築するまでには至らなかったが、今後、液状化・非液状化地域の見直しや新たな地盤情報の追加検討などに加えて、関東地震以外の地震による他地域の要因分析などによって、信頼性の高い液状化判別モデルの構築をめざしていく。

参考文献

1)旧建設省国土地理院：1:25000 土地条件図。2)東京都土木技術研究所：東京低地の液状化予測、1987。3)若松加寿江：日本の地盤液状化履歴図、東海大学出版会、1991。4)東京都土木技術研究所：東京総合地盤図Ⅰ東京都の地盤、技報堂出版、1977。5)東京都土木技術研究所：東京都（区部）大深度地下地盤図、1996。6)株式会社インフォマティクス：SIS（Spatial Information System）。7)山田：数量化理論による木造家屋震害予測モデルの東南海地震への適用、土と基礎、Vol.34、No.6、1986。8)日本電子計算株式会社：Gsharp。

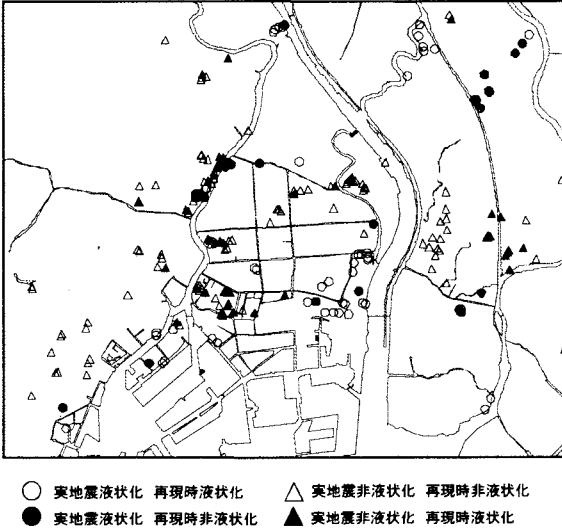
表・2 分析モデル

要因名	カテゴリー名	データ数	カテゴリースコア	レンジ
地形区分	埋立地	83	0.80	1.85 (1位)
	自然堤防	50	0.82	
	砂礫地・砂礫州	11	-1.03	
	谷底平野・氾濫平野	32	-0.56	
	海岸平野・三角州	202	-0.39	
地下水位	旧河道 高水敷 低水敷	8	0.11	0.42 (5位)
	-1m以下	93	0.21	
	-1~-2m	178	0.02	
飽和砂層の合計厚	-2m以下	115	-0.21	1.52 (3位)
	0m	59	-1.02	
	0~5m	233	0.05	
粘土・シルト層の合計厚	5m以上	94	0.50	1.70 (2位)
	10m以下	148	0.66	
	10~20m	115	0.27	
実効震度	20m以上	123	-1.04	0.90 (4位)
	0.175≧Ke	22	-0.42	
	0.175<Ke≦0.225	140	-0.53	
	0.225<Ke	224	0.37	

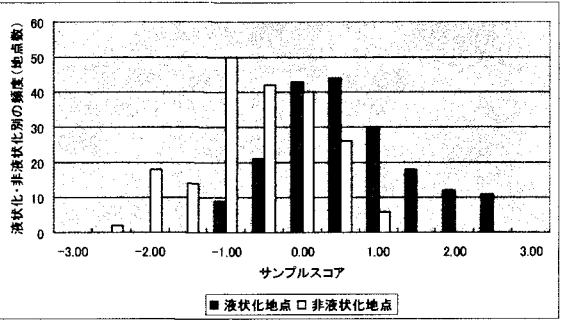
表・3 クロス集計表（地点数）

	再現時 液状化	再現時 非液状化	合計
実地震 液状化	142	46	188
実地震 非液状化	57	141	198
合計	199	187	386

判別の中率	73.3%
相関比	0.34
判別の中心	-0.01



図・3 モデル再現図



図・4 判別グラフ