

低平地における液状化発生モデルについて

駒井鉄工(株)
鳥取大学工学部

○引野 伸昭 奥村組 長谷川 一喜
藤村 尚・西村 強・木山 英郎

1.はじめに

兵庫県南部地震では、液状化による被害は甚大であり、社会的にも大きくクローズアップされている。本研究は、液状化発生に影響する各種の定量的ならびに定性的要因を抽出し、多次元的な見地から要因分析を行い、広域を対象とした合理的でかつ取り扱い易い液状化発生モデルを構築することを目的としている。

2.解析方法

本解析の流れを図-1に示す。

(1)液状化ならびに非液状化の地点

鳥取市域では、過去に鳥取県沖地震(1943,M=6.1)、鳥取地震(1943,M=7.2)などによって、各所で液状化が発生した。本研究は、これら2つの地震を対象とし、図-2により液状化が発生した地域のうち、地盤調査が行われている地点を54箇所、液状化が発生しなかった地域のうち、地盤調査が行われている地点を71箇所抽出した。

(2)分析に用いた要因

液状化発生に影響する要因としては地盤の平均N値、地下水位の深さ、微地形等が採用されているが、これらの要因の他に以下のものを考える。まず、飽和砂層厚はその厚さが大きいほど液状化しやすい。つぎに、シルト・粘土層厚は液状化発生を抑制する要因と考える。以上のことにより、ここでは液状化に影響を及ぼす要因として、①地下水位の深さ、②地盤の平均N値、③飽和砂層厚、④シルト・粘土層厚、⑤地形の5要因を選んだ。

(3)数理化理論II類による液状化発生モデル

地下水位の深さ、地盤の平均N値、飽和砂層厚、シルト・粘土層厚、地形の5つの要因に関して数理化理論II類を適用した。その結果、表-1に示したカテゴリー区分を用いたモデルにより解析を行った。表-1のカテゴリースコアの値が、正の場合はそのカテゴリーが液状化の発生を促し、一方、負の場合は液状化を抑制する方向に働くことを示している。つぎに各要因のレンジの値が、大きいものほど液状化発生に及ぼす影響が大きいことを意味する。表-1のモデルによる判別スコアのヒストグラムと液状化発生・非発生の判別区分点 Z_c (=0.079)を図-3に示す。表-1のモデルを用いて液状化の判定を行う場合、対象地点において、各要因のカテゴリーのカテゴリースコアを加えることによって判別スコア Z を求め、判別スコア $Z > \text{判別区分点 } Z_c$ のとき液状化発生、判別スコア $Z < \text{判別区分点 } Z_c$ のとき非発生と判断する。分析対象とした鳥取市域の125地点に対して、表-1のモデルを用いた判別結果のクロス表を表-2に示す。鳥取県沖地震、鳥取地震で液

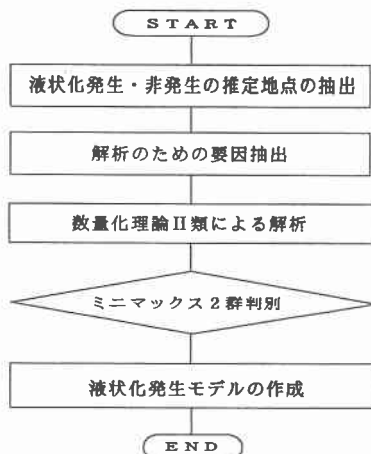
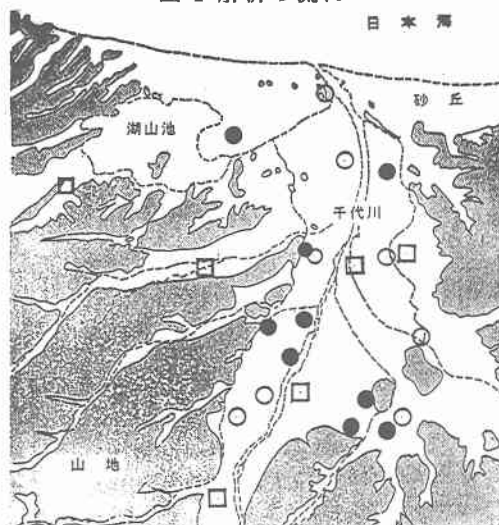


図-1 解析の流れ



○：鳥取沖地震1 ●：鳥取沖地震2 □：鳥取地震

図-2 鳥取地域の液状化地点

状化が発生したと推定される54地点のうち49地点は液状化発生と判別されるが、5地点は非液状化と判別され誤判別が生じた。一方、液状化が発生しなかったと推定される71地点のうち60地点で非液状化と判別され、11地点で液状化と判別された。このように、125地点中109地点で実例と判別結果が一致しており、このモデルによる液状化判別の的中率はおよそ87%となり、13%程度の誤判別が発生した。

(4)液状化発生モデルの適用

図-3によると、液状化発生（——表示）と液状化非発生（-----表示）の頻度分布が重なり合っているため、Z₀で明確に液状化発生の有無を判別することはできない。したがって、頻度分布が重なり合った範囲は判定を保留して、液状化に対して再検討を要することにした。液状化予測に際し、本研究では判別スコアZの値によって、以下のように3つの判定ランクを設定した。

- ① $0.451 < z$ 液状化の可能性はある
 - ② $-0.534 < z \leq 0.451$ 液状化に対する検討を要する
 - ③ $z \leq -0.534$ 液状化の可能性はない
- これらの区分は、図-3に示した。

3.まとめ

地震時における地盤の液状化発生に関する要因分析の結果、広域を対象とした液状化発生モデルの1つを提案した。以下に、本研究で得られた結果を要約して述べる。

- (1)数量化理論II類によるモデルの液状化発生の判別の的中率はおよそ87%である。
- (2)数量化理論II類による分析に用いた要因を、液状化発生に及ぼす影響度の大きいものから列举すると、①地形、②飽和砂層厚、③地下水位の深さ、④シルト・粘土層厚、⑤地盤の平均N値の順になる。
- (3)液状化の判定基準を判別スコアZの値によって、3ランクに設定した。

《参考文献》

- 1)藤村 尚・他：地盤データベースによる鳥取の歴史地震被害と地盤特性について，第29回土質工学会，1994.
- 2)田中 豊・垂水 共之・脇本 和昌：パソコン統計解析ハンドブックII多変量解析編，共立出版，1984.
- 3)山田 公夫：想定地震による名古屋市沖積地盤の液状化予測，土木学会論文集，1992.

表-1 数量化II類を用いた分析結果

要因	カテゴリ分け	データ数	カテゴリスコア	レンジ
地下水位の深さ Z (m)	$0 \leq W \leq 2$	91	0.08439	0.31027 (3)
	$2 < W$	34	-0.22587	
平均N値	$0 \leq N \leq 12$	65	0.01893	0.03945 (5)
	$12 < N$	60	-0.02051	
飽和砂層厚 D (m)	D=0	34	-0.70196	1.50307 (2)
	$0 < D \leq 5$	58	-0.04432	
	$5 < D$	33	0.80112	
シルト・粘土層厚 B (m)	$0 \leq B \leq 3$	52	0.03695	0.08372 (4)
	$3 < B \leq 6$	50	-0.01692	
	$6 < B$	23	-0.04677	
地形	河川周辺	63	0.15118	1.6118 (1)
	海周辺	29	0.70427	
	その他	33	-0.90753	

[相関比 $\eta^2=0.6383$]

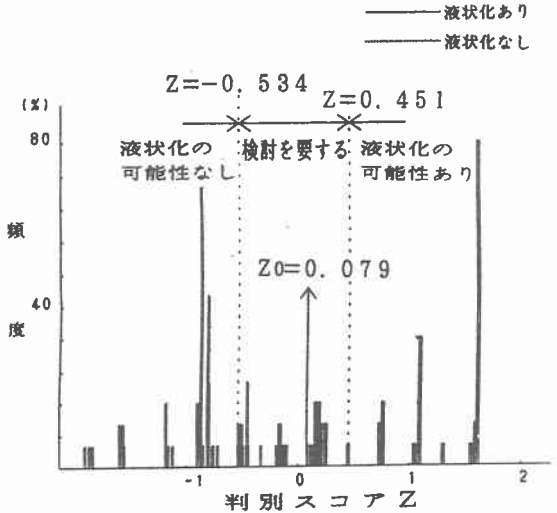


図-3 判別スコアの頻度分布と判別区分点

表-2 数量化II類による判別結果

		判別した群		計
		■	□	
もとの群	■	49	5	54
	□	11	60	71

判別の的中率 = 87.2(%)

(■：液状化発生，□：液状化非発生)