

既往地震に対する P_L 値による液状化判定法の適用

中部大学 正会員 山田 公夫 中部大学 正会員 杉井 俊夫 中部大学 学生員 ○堀 利明

1. はじめに

わが国は地理的に環太平洋地震帯の上に位置しており、世界でも有数の地震多発国である。とりわけ、太平洋沿岸の大都市圏は沖積平野に発展しており、常に地震の脅威にさらされている。近年の地震被害は地震の揺れによる直接的なものだけではなく、地盤の液状化による被害も多く見られる。したがって、大都市圏の地震防災を考える上で液状化対策は極めて重要な課題である。液状化対策の事前準備には、大都市圏の沖積地盤地域のような広域を対象とした液状化判定に利用できる効率的で精度の良い液状化予測法が必要となる。本報告は、1944 年の東南海地震による名古屋市沖積地盤の液状化地点に対して、道路橋示方書¹⁾ による液状化抵抗率 F_L 値より液状化指数 P_L 値²⁾ を求め、 P_L 値による液状化判定の適用性を検討したものである。また、東南海地震による非液状化地点に対しても P_L 値を算出した。さらに、筆者らの一人が提案した数量化理論による液状化予測モデル³⁾ との比較も行った。

2. 東南海地震による液状化ならびに非液状化地点の選定

名古屋市域において東南海地震時に液状化したとされる地区を文献^{4)~6)} によって調べた。その結果を図・1に示す。図・1の液状化履歴地区に対して地盤資料⁷⁾ を用いて沖積層基底面深さまで地盤調査が行われている地点を抽出した。その地点数は 61 箇所となった。これに対して、非液状地点はつぎのように抽出した。図・1に示した液状化履歴地区を除いて、東南海地震時に住家被害が無く、かつ当時、住家が存在していたところを文献⁵⁾⁸⁾ を用いて調べ、この地区を非液状化地区とみなした。そののち、非液状化地区に対して、液状化履歴地区と同様の方法で地盤調査が行われている地点を抽出した。その地点数は 150 箇所となった。抽出した液状化ならびに非液状化地点は図・1に●印で示した。図・1には紙面の都合上、選定したすべてのボーリング地点が示されていない。

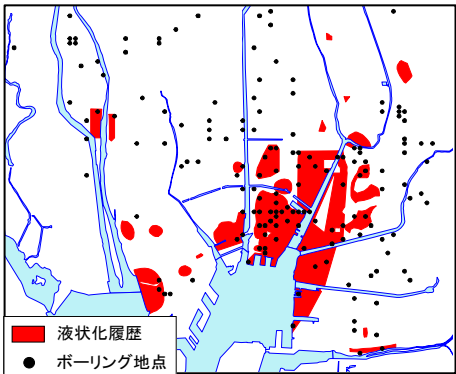
3. 液状化および非液状化地点の P_L 値

液状化指数 P_L 値は液状化抵抗率 F_L を地表面から深さ 20 メートルまで積分した値であり、浅い部分の液状化ほど被害に与える影響が大きいという考えで、深さに対する重み関数が導入されている²⁾。本研究では、飽和した沖積砂質土に対して道路橋示方書による F_L 値を求めた。 P_L 値による液状化判定は、以下のように区分されている。

- ① $P_L=0$: 液状化の危険度は極めて低い
- ② $0 < P_L \leq 5$: 液状化危険度は低い
- ③ $5 < P_L \leq 15$: 液状化の危険度が高い
- ④ $15 < P_L$: 液状化の危険度が極めて高い

上記の4区分において、① $P_L=0$ の場合を液状化非発生、それ以外を液状化発生として、前述した 211 地点の P_L 値を算出し、実地震と P_L 値の判定から求めた液状化、非液状化ならびに全体に対する判別の中率を表・1に示した。表・1からわかるように、実地震に対して P_L 値で判別した液状化地点の的中率はおよそ 90%であるが、非液状化地点の的中率が 40%程度と低いため、全体の的中率は 50%程度となった。

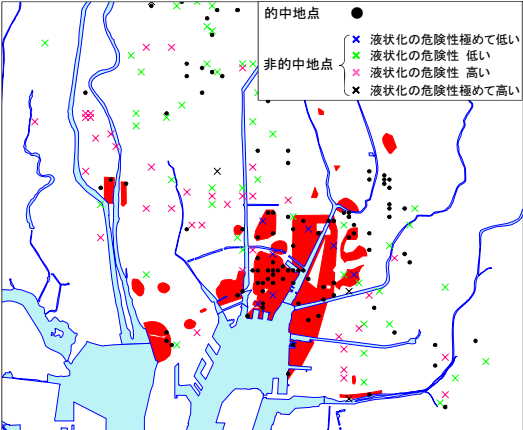
また、対象地点における的中地点および非的中地点を図・2に示した。非的中地点において、液状化の危険性が高いと



図・1 名古屋市域の液状化履歴と液状化ならびに非液状化地点 (一部の地点省略)

表・1 P_L 値による判別の中率

	的中率
液状化	54/61=88%
非液状化	57/150=38%
全体	54+57/211=53%



図・2 P_L 値による液状化判定の的中地点・非的中地点

キーワード：東南海地震 名古屋市域 液状化 P_L 値
住所 : 〒487-8501 春日井市松本町 1200

判定された地点が多くみられる。表・2 は数量化理論による液状化予測モデル³⁾ である。このモデルによる液状化の判定方法は判定対象地点に対して表・2 の6 要因を調べ、各要因において該当するカテゴリーに対応するカテゴリースコアを順次加えたスコアの合計、判別スコア Z を求める。次に、この Z が液状化発生・非発生の判別区分スコア Z_0 よりも大きい、小さいかによって液状化の判定を行う。表・2 のモデルでは判別スコア Z の大きさによって、次の4 つに区分されている⁹⁾。

- ① $Z \leq -0.74$: 液状化の可能性は極めて低い
- ② $-0.74 < Z \leq -0.30$: 液状化の可能性は低い
- ③ $-0.30 < Z \leq 0.59$: 液状化の可能性が高い
- ④ $0.59 < Z$: 液状化の可能性が極めて高い

上記の4 区分において、①の場合を液状化非発生、それ以外を液状化発生として、 P_L 値の場合と同様に211 地点の判別スコア Z を算出し実地震と Z の判定から求めた液状化、非液状化ならびに全体に対する判別率を表・3 に示した。表・3 からわかるように、実地震に対して Z で判別した液状化地点の的中率はおよそ95%、非液状化地点の的中率はおよそ60%、全体の的中率は70%程度となり、 P_L 値による場合よりも良好な結果となった。また、 P_L 値と同様に、的中地点および非的中地点を図・3 に示した。 P_L 値による判定よりも的中地点数が多いことがわかる。しかし、非的中地点において液状化の危険性が極めて高いと判定された地点が多くみられる。 P_L 値による液状化判定の的中率が低くなった原因として、 F_L 値の計算に必要な湿潤単位体積重量 γ_t 、飽和単位体積重量 γ_{sat} 、細粒分含有率 FC を本研究では全国¹⁾ の平均値を用いたことが考えられる。そこで、名古屋市域の土質試験データ⁷⁾ による平均値を用いて F_L 値を計算して P_L 値の算出を行った結果、表・4 に示すように各的中率は表・1 と比較して大きな変化はなかった。非液状化地点の的中率が低い理由は、当該地点の地盤データを詳しく調べたところ、 N 値の低い飽和砂層が堆積している箇所が多く見られ、これらの層の F_L 値が1.0 を下回り、結果として液状化発生と判定されたためである。

4. まとめ

大都市域の沖積地盤地帯のような広域に対して、効率的で精度の良い液状化判定をするために、東南海地震による名古屋市沖積地盤の液状化履歴地点に対して P_L 値を用いて、その適用性を検討した。その結果、液状化地点の的中率はおよそ90%と良好であったが、非液状化地点の的中率が40%程度の低い値を示したため、全体としての判別率の50%程度にとどまった。非液状化地点において液状化判定された地点においては、実際に液状化するとされる層が含まれている。よって、非液状化地点において実際に液状化が起きていた可能性が高い。今後、液状化地点の見直しを行う必要がある。また、他の既往地震による液状化履歴地区に対して、本報告と同様の方法によって P_L 値の適用性の良否をさらに検討する。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震編、2002。 2) 岩崎ほか：地震時地盤液状化の程度の予測について、土と基礎、Vol.28、No.4、1980。
3) 山田：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、No.445、1992。 4) 横尾ら：名古屋市付近の地盤と震害に関する研究、東南海地震の被害状況、建築学会東海支部研究報告 No.4、1965。 5) 井関ら：東南海地震による被害住家の分布と地盤条件、名古屋市防災会議報告書、1978。 6) 若松：日本の地盤液状化履歴図、東海大学出版会、1991。 7) 土質工学会中部支部編著：最新名古屋地盤図、名古屋地盤図出版会、1988。
8) 参謀本部：5 万分の1 地形図名古屋第1 号、昭和20 年製版複製。 9) 河端ほか：想定東南海地震による名古屋市域の液状化危険度、第50 回地盤工学シンポジウム論文集、地盤工学会、2005。

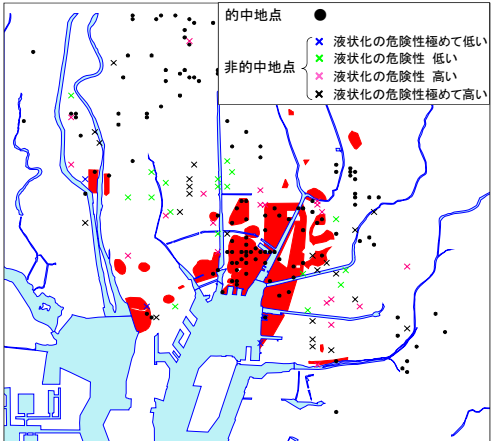
表・2 数量化理論による液状化予測モデル

要 因	カテゴリー	カテゴリースコア	レンジ
実効震度 k_e	$0.0 < k_e \leq 0.125$	-0.7469	1.1637 (5)
	$0.125 < k_e \leq 0.176$	-0.1968	
	$0.176 < k_e$	0.4168	
地下水位の深さ Z (m)	$Z = 0.0$	0.4909	1.2659 (3)
	$0.0 < Z \leq 3.0$	-0.0400	
	$3.0 < Z$	-0.7750	
平均 N 値	$0.0 < N \leq 5.0$	0.4347	0.9077 (6)
	$5.0 < N$	-0.4730	
飽和砂層厚 D (m)	$D = 0.0$	-1.0950	2.2606 (1)
	$0.0 < D \leq 10.0$	0.0923	
	$10.0 < D$	1.1656	
シルト・粘土層厚 B (m)	$B = 0.0$	0.8576	1.2176 (4)
	$0.0 < B \leq 5.0$	0.1167	
	$5.0 < B$	-0.3600	
地 形	河川周辺	0.6027	1.9966 (2)
	埋立地 その他	0.0509 -1.3939	

[相 関 比 $\eta^2 = 0.46$]

表・3 数量化モデルによる判別率の的中率

	的中率
液状化	58/61=95%
非液状化	86/150=57%
全体	58+86/211=68%



図・3 数量化モデルによる液状化判定の的中地点・非的中地点

表・4 名古屋市域のデータの平均を用いた P_L 値による判別率の的中率

	的中率
液状化	48/61=78%
非液状化	71/150=47%
全体	48+71/211=56%