

建設省土木研究所 正員 岩崎 敏男、正員 常田 賢一
〃 〃 木全 俊雄

1. まえがき

著者等は飽和砂質地盤の液状化の判定指標として、液状化に対する抵抗率(F_L)を提案しているが¹⁾、同判定に基づき合理的な構造物の耐震設計を行うためには、 F_L の諸特性を明らかにする必要がある。本文では、既往の6地震における代表的な液状化地点と非液状化地点に関する諸データに基づいて F_L の算定を行い、液状化の有無と F_L の分布特性の関係の定量的な評価および F_L による液状化の発生確率の推定に関して検討した結果を報告する。また、構造物の耐震性に及ぼす液状化層と非液状化層の影響を明らかにするための検討も行った。

2. 既往地震での液状化・非液状化地盤での F_L の特性

本文では、濃尾地震(1891)、東南海地震(1944)、福井地震(1948)、新潟地震(1964)、十勝沖地震(1968)、および宮城県沖地震(1978)、の6地震を対象として、土質条件の明らかな64の液状化地点と23の非液状化地点において F_L の計算を実施した。解析対象地点の諸条件の詳細は文献2)を参照されたい。

図-1は解析対象地点のうち、新潟地震に関係する地点において計算した F_L の深度分布の結果である。同図において液状化の有無は周辺構造物の被害状況等から推定した。同図によれば、液状化層ではほぼ $F_L < 1.0$ であり、液状化が顕著なのは深度10m程度以浅であることが推測される。

解析対象地点では深度20mまでの F_L の深度分布を算出したが、これらの結果から F_L の度数分布および累積度数分布を液状化層(493層)と非液状化層(613層)とで比較したのが図-2および図-3である。ここで、液状化層の推定は構造物の被害状況から推定するのを原則とし、そうでない場合は土質、N値、粒度分布、地下水位等の諸データや既往の研究報告【例えば文献3】に基づいて推定することとした。両図において、 F_L の度数分布を正規分布に近似させると(1)式で表わされる。

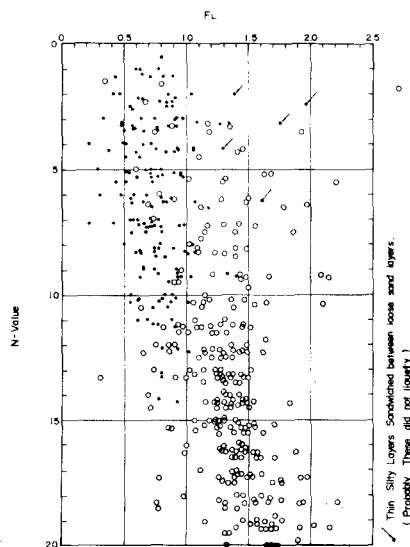
$$f_L(F_L) = (1/\sigma\sqrt{2\pi}) \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{F_L - \mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (1)$$

ここに、 μ は平均値、 σ は標準偏差であり、液状化層では $\mu = 0.78$ 、 $\sigma = 0.24$ 、非液状化層では $\mu = 1.36$ 、 $\sigma = 0.33$ となる。

(1)式による確率分布は図-2および図-3に併記したが、 F_L の領域に対応した発生確率の実測値と(1)式による推定値の比較例を示すと表-1のようになる。図-2、3および表-1によれば、液状化層と非液状化層での F_L の分布特性に差異のあることがわかる。つまり、液状化層では約87%が $F_L \leq 1.0$ であり、他方非液状化層では約85%が $F_L > 1.0$ である。しかし、液状化層でも約13%は $F_L > 1.0$ であり、他方非液状化層でも約15%は $F_L \leq 1.0$ であり、 $F_L = 1.0$ で液状化の有無が明確に区分できるものでないと言える。

3. F_L による液状化の発生確率の推定

図2,3によれば同一 F_L であつても液状化と非液状化の両現象の発生が推定されるが、或る F_L 値の地層が液状化する確率を求めるために、同一範囲の F_L に対する液状化層と非液状化層の度数の割合を求めた。この際のデータ数は全層数を500層として補正している。



凡例 { ● 液状化
○ 非液状化

図-1 液状化の有無と F_L の深度分布の関係 (新潟地震)

計算結果を図-4に示すが、同図によれば推算された F_L 値から対象とする土層の液状化発生確率を予想することができる。つまり、おおよそ $F_L \leq 0.5 \sim 0.6$ では液状下の発生確率は100%、 $F_L \geq 1.7$ では0%であり、 $0.5 \sim 0.6 < F_L < 1.7$ では F_L に対応した発生確率が推定される。

4. 構造物被害に関する液状化層・非液状化層厚の影響

表層部が非液状化と予想されて、その下層に液状化層がある場合、その影響程度が問題となる。図-5は前々節の63の液状化地点と23の非液状化地点について、深度10m以浅での地下水位以下の砂質土層の層厚(H_s)と地下水位(H_w)あるいは地表面付近の非液状化層の層厚(H_o)との関係を示す。同図によれば、液状化と非液状化地点の分布領域は図のように区分できるようなのであるが、大部分の液状化地点では H_s が2~3mより大きく、また、 H_w あるいは H_o は2~3m程度より小さい傾向にあると言える。見方を変え、 H_s が2~3mより小さいか H_w あるいは H_o が2~3m程度以上であれば、液状化の影響が地表まで及ばないということが判断されることになる。

- ★ Site whose ground surface (H_o) is silty or clayey
- ◇ Site where saturated sandy layer ($H_s = 3.65m$) is located beneath humus layer ($H = 2.25m$)

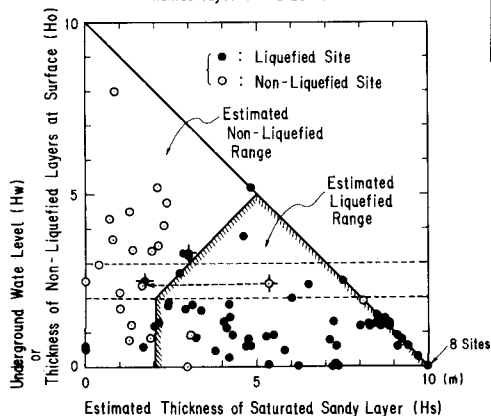


図-5 飽和砂質土層厚と地下水位、地表面非液状化層厚との関係 (参考文献)

- 1) 岩崎, 龍岡, 常田: 地震液状化の判定方法, 土木技術資料 Vol. 20 No.4
- 2) 岩崎, 龍岡, 常田, 安田: 地震時地震液状化の程度の予測について, 土と基礎 28-4
- 3) 中川: 砂層液状化の実用的判定法(上), 橋梁と基礎 78-10

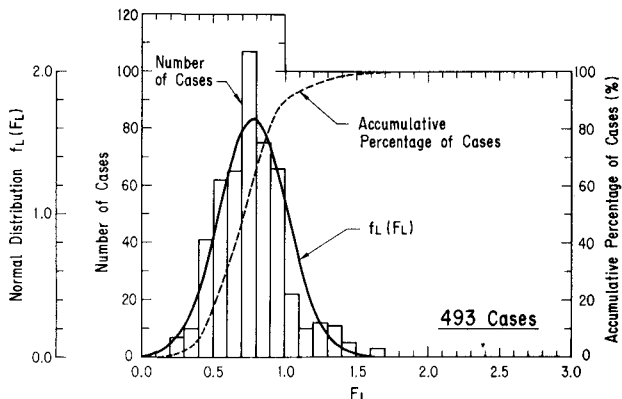


図-2 F_L の頻度分布特性(推定液状化層)

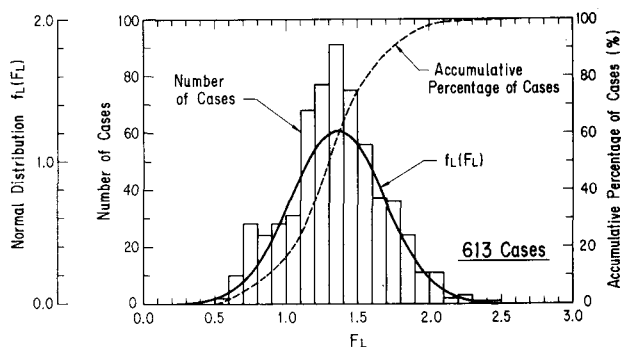


図-3 F_L の頻度分布特性(推定非液状化層)

表-1 F_L とその分布割合

F_L	推定液状化層		推定非液状化層	
	原データ	解析結果	原データ	解析結果
$0.0 \leq F_L \leq 0.6$	0.242	0.226	0.003	0.011
$0.6 < F_L \leq 0.8$	0.347	0.307	0.062	0.034
$0.8 < F_L \leq 1.0$	0.284	0.287	0.084	0.093
$1.0 < F_L$	0.127	0.180	0.851	0.862
$0.0 \leq F_L \leq 1.0$	0.873	0.820	0.149	0.138

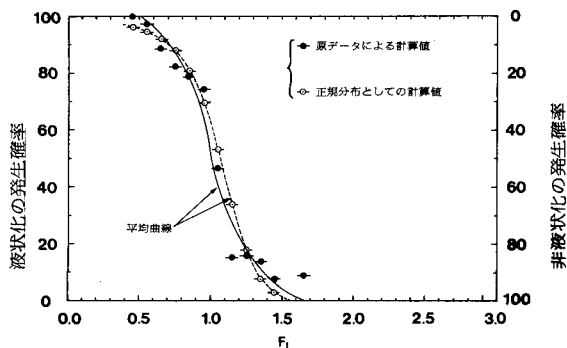


図-4 F_L と液状化、非液状化の発生確率との関係