

III-A 97 地震時の最大せん断応力比及びN値と液状化の関係

建設省土木研究所 正会員 松尾 修
 基礎地盤コンサルタンツ（株） 正会員 ○森本 巖
 同上 笠原洋二

1. まえがき

新潟地震を契機として地盤の液状化予測に関する研究が開始され、現在、ほとんどの構造物の耐震設計手法に取り入れられている。現行の液状化予測手法では、地盤の液状化に対する抵抗力は基本的にはN値によって評価され、これに土の粒度の影響が加味される形となっている。本報告はN値を用いた液状化予測手法の有効性を検証するために、1995年兵庫県南部地震における阪神地区の液状化事例なども加えて、既往地震における地盤の液状化・非液状化事例が地盤のN値とどのような関係にあるかを調べたものである。

2. 分析方法

液状化予測手法を確立するために、液状化および非液状化事例のN値（換算N値 N_1 ）と最大せん断応力比 L_{max} の関係を検討した研究は過去にいくつか行われてきた。本研究では、上記の關係に用いるN値をできるだけ客観的な方法で選定し、精度の高いデータ分析となるように努めた。

分析に用いるN値は、地下水位以深から8mの範囲に分布する砂質土のうち2番目に小さいN値とした。"地下水位以深"という条件は液状化が飽和土層で発生するので客観的な指標といえる。厚さを8mとしたのは、噴砂・噴水などが地表に生じるためには、表層10m程度の浅い地層で液状化が生じたと考えて設定した。当該地層のうち最も液状化しやすいのはN値が最小のものと考えられるが、砂質土と判断される地層のなかでも、細粒分が部分的に多いためN値が小さくなる場合がある。このような地層はN値が小さくとも液状化しにくいと考えられるので、このような極端なN値を採用することがないよう、2番目に小さいN値を用いた。また、液状化地点については、噴砂・噴水や地割れ・地盤沈下などの液状化現象が見られた地点の近傍の地盤資料を用いた。また非液状化地点については液状化地域に隣接しているが、液状化に伴う地盤変状が見られない地点の地盤資料を用いた。

一方、地盤に生じる最大せん断応力比 L_{max} は道路橋示方書の式を用いて算定した。なお、地表最大加速度は近隣地点の強震記録や加速度予測式などを用いて推定した。

3. 分析結果

分析を行った地震は新潟地震から兵庫県南部地震までの8地震で、液状化事例145、非液状化事例71の合計216である。各地震毎のデータの内訳を表-1に示す。

表-1 解析に用いた液状化・非液状化事例数一覧表

| 地震名 | 液状化 | 非液状化 | 計 | 地震名 | 液状化 | 非液状化 | 計 |
|-------|-----|------|----|--------|-----|------|----|
| 新潟 | 19 | 9 | 28 | 千葉県東方沖 | 1 | 1 | 2 |
| 十勝沖 | 3 | 0 | 3 | 釧路沖 | 3 | 2 | 5 |
| 宮城県沖 | 16 | 22 | 38 | 北海道南西沖 | 4 | 2 | 6 |
| 日本海中部 | 36 | 20 | 56 | 兵庫県南部 | 63 | 15 | 78 |

前述の規準で選定した換算N値 ($N_1 = 1.7N / (0.7 + \sigma_v')$ 、 σ_v' は有効上載圧) と最大せん断応力比の関係を図-1～図-3に示す。図-1はN値を選定する地層として平均粒径 $D_{50} \geq 0.02\text{mm}$ とした場合であり、図-2は $0.02 \leq D_{50} \leq 10\text{mm}$ かつ細粒分含有率 $FC \leq 35\%$ とした場合である。図-1と図-2の違いは、粒径範囲としてどこまで砂質土として見るかということであるが、平均粒径に加えて細粒分含有率の範囲を限定した結果(図-2)の方が、液状化と非液状化の分離度は良くなる。これはFCの大きい土は一般にN値が小さいため、 $L_{max} \sim N_1$ の關係では液状化の領域に含まれてしまうが、FC(あるいは粘土分含有率PC)が大

きいために液状化しにくいと考えられる。図-3は、図-2の粒径に該当する砂質土層で、以下に示すような工学的判断を加えて、修正した結果である。これによれば液状化と非液状化の分離度はさらに良くなっていることが分かる。

- ①砂質土層が薄く、下部に締まった地層が出現するような液状化地盤では、2番目のN値を採用すると、締まった砂層のN値をとってしまうような場合には、上部のゆるい砂質土層のN値を採用した。
- ②採用したN値が前後のN値に比べて極端に突出している場合には、平均的なN値を採用した。
- ③非液状化と判断される地点においてN値の小さな砂質土が存在し、地下水位がかなり低かったり、表層にシルト・粘土などの不透水層がある場合は、必ずしも液状化が発生していないとは言えないので分析対象からはずした。

図-4は図-3に示したデータを細粒分含有率FCのグループ毎に分けて、 $L_{max} \sim N_1$ 関係を表したものである。FCが大きくなるほど、液状化と非液状化の境界N値はやや小さくなる傾向が見受けられる。

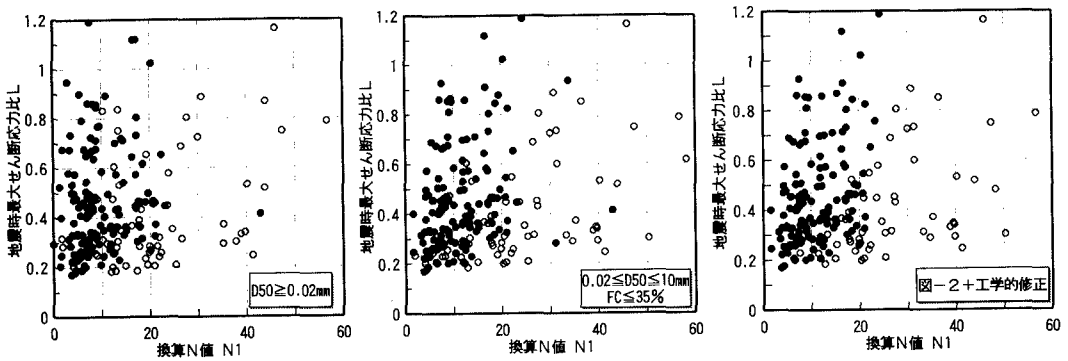


図-1 $L_{max} \sim N_1$ 関係 (1)

図-2 $L_{max} \sim N_1$ 関係 (2)

図-3 $L_{max} \sim N_1$ 関係 (3)

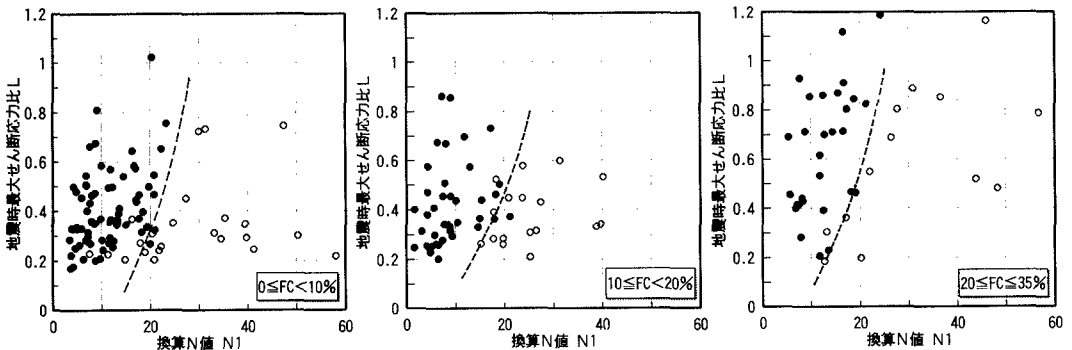


図-4 細粒分含有率別の $L_{max} \sim N_1$ 関係

4. まとめ

液状化地点におけるN値と最大せん断応力比 L_{max} の関係において、できるだけ客観的にN値を選定し、液状化と非液状化の分離度の検討を行った。その結果、地下水以深の所定の厚さの砂質土層のうち、異常に小さなN値を除いたN値を用いれば、液状化地点と非液状化地点が比較的明確に分離できることが分かった。また、細粒分含有率によって液状化・非液状化の境界N値が変化する傾向が見いだされたが、はっきりしたものではなかった。今後、せん断応力比や各地層の粒度特性の推定精度を向上させることによって、上記の関係の精度向上を図っていきたい。