

せん断弾性波速度を用いた液状化強度の推定に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 澤田 亮
同上 正会員 神田政幸

1. はじめに

液状化を考慮した構造物の耐震設計法の深度化において、構造物の荷重～変位関係の推定精度の向上は重要な課題となる。このうち、液状化時の荷重～変位関係の算定において最も影響を及ぼす要因は、土質諸数値の液状化による低減程度である。液状化による土質諸数値の低減は鉄道構造物では液状化抵抗率に応じており、液状化抵抗率の推定精度が荷重～変位関係の精度に直接的に反映される。

よって、液状化時の構造物の荷重～変位関係の深度化を最終目的として、本研究では液状化判定法の精度向上を目的にせん断弾性係数を用いた原位置における液状化強度比の推定方法について検討を実施した。

2. 現状における液状化強度比の推定方法と課題

現行の耐震設計では、液状化判定に用いる液状化強度比は N 値から経験的に推定することが一般的である。これは、土の繰返し非排水三軸試験が高価なことや、液状化強度比が相対密度との関連性が強く、また相対密度が N 値と関係が深いことを利用して簡易的に推定できることに起因している。

兵庫県南部地震では、比較的深い位置における砂の液状化が確認されたが、大きな地震荷重が作用した場合でもある程度の密な砂については液状化の発生は確認されていない。しかし、現状の判定手法ではこれらの砂のについても液状化が発生する結果となる。

このことは、 N 値より液状化強度比を推定していることが原因の1つであると考えられる。よって、ここでは従来の N 値からの推定に換えてせん断弾性係数を用いる手法について検討した。この場合、サンプリングによる乱れの影響についても経験的に考慮され、影響因子としてせん断弾性係数等の関数として整理した場合に有効拘束圧の影響、相対密度の影響を直接的に考慮できることが考えられる。また、粒度分布に関する影響についても間接的に評価できる可能性がある。

3. 検討内容

建設省土木研究所がこれまでに実施した土質調査のうち、地点 29 カ所 138 ポイントの試験結果（標準貫入試験結果、物理試験結果、繰返し非排水3軸試験結果）¹⁾ を収集した。なお、不攪乱試料のサンプリング方法はチューブサンプリングである。

検討は、収集した試験結果のうち細粒分含有率が10%以下で均等係数が3以下程度の比較的きれいな土を対象として実施した。図1には、液状化強度比と間隙比との関係について示している。これによると間隙比が大きくなるに従い、液状化強度比が小さくなる傾向があり、比較的よい相関があると考えられる。

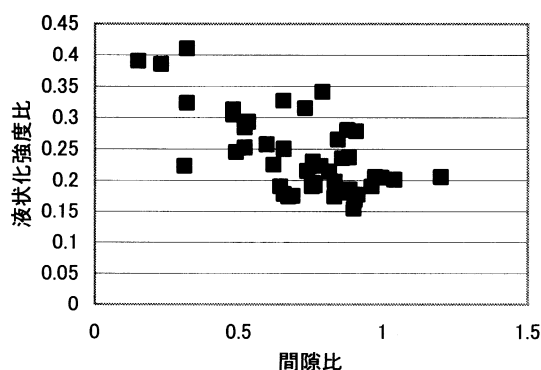


図1 液状化強度比と間隙比の関係

次に、間隙比はせん断弾性係数と相関があることが知られていることから、液状化強度比とせん断弾性係

キーワード：液状化強度比、せん断弾性係数、PS 検層

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 Tel 042-573-7261, Fax 042-573-7248

数との関係について整理した結果を図2に示すが、あまりよい相関性はないように見られる。この要因として、拘束圧の影響が考えられる。すなわち、せん断弾性係数は拘束圧とも相関があるが、ここでの液状化強度比は有効拘束圧で正規化しているためと考えられる。そこで、液状化強度比と有効拘束圧で正規化したせん断弾性係数との関係を図3に示す。これによると液状化強度とせん断弾性係数はよい相関を持っていると考えられる。このことは、原位置の液状化強度比がPS検層から経験的に推定することが可能であることを示唆している。

なお、収集した試験ではPS検層を実施していないため、原位置の正確なせん断弾性係数は不明である。しかし、ここでは比較的きれいな砂を対象として整理を行っているため、式1の経験式²⁾を用いてせん断弾性係数を推定した。

$$G_0 = 900 \frac{(2.17 - e)^2}{(1 + e)} \sigma_v'^{0.4} \quad \text{式 1}$$

ここに、 G_0 ：初期せん断弾性係数(kN/m²)、 e ：間隙比、 σ_v' ：有効拘束圧(kN/m²)、 v_s ：せん断弾性波速度(m/sec)、 γ ：単位体積重量(kN/m³)、 g ：重力加速度(=9.8m/sec²)である。

また、検討結果より得られたせん断弾性係数と液状化強度比の関係を表現できるように推定した式2の関係についても図3に併せて示す。この式2の関係を用いることでせん断弾性係数から経験的に液状化強度比を推定することが可能となる。

$$R_{20} = 0.0385 \left(\frac{G_0}{\sigma_v'} \right)^{0.28} \quad \text{式 2}$$

ここに、 R_{20} ：繰返し回数20回でDA=5%となる動的せん断強度比(液状化強度比)、 G_0 ：初期せん断弾性係数(kN/m²)、 σ_v' ：有効拘束圧(kN/m²)である。

4. 今後の検討内容

本研究により、液状化強度比がせん断弾係数より推定が可能であることが示唆された。

今後は、同一サイトにおけるPS検層および凍結サンプリング試料を用いた試験結果の収集およびそれらを用いて今回と同様に液状化強度比とせん断弾性係数の関係を整理し、サンプリング方法の違い、推定方法の違い等を考慮した液状化強度比の推定に関する安全係数について検討する予定である。

参考文献

- 1)建設省土木研究所：室内土質試験に基づく液状化強度・細粒分含有量の影響-、土木研究所資料、昭和63年2月
- 2)Iwasaki, T. and F. Tatsuoka : Effects of grain size and grading on dynamic shear moduli of sand, Soils and Foundations, Vol.17, No.3, 1977.

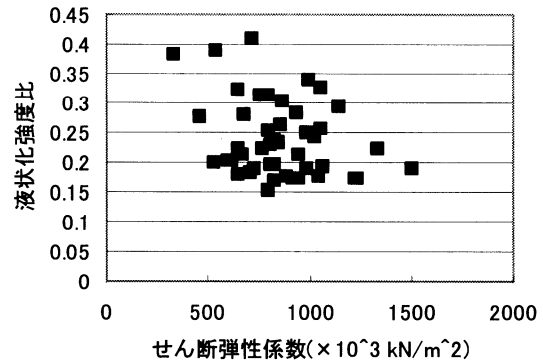


図2 液状化強度比とせん断弾性係数の関係

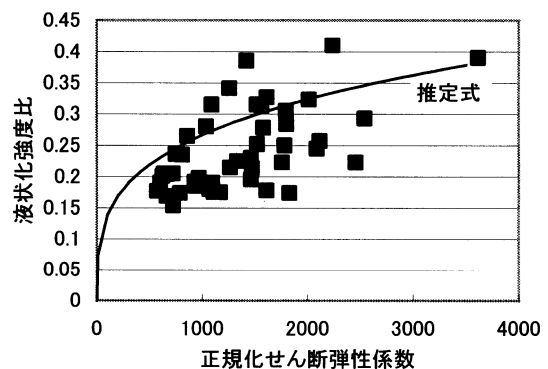


図3 液状化強度比と正規化したせん断弾性係数の関係