

Ⅲ - A 421

レーリー波探査による砂質地盤の液状化強度の推定

東北工業大学 大学院 学 岡田 裕生
 東北工業大学 工学部 正 伊藤 孝男、浅田 秋江
 東北開発コンサルタント 正 佐藤 彦彦

1. まえがき

広域の地震危険度予測、木造家屋基礎の耐震診断や施工管理等のためには、既往の地盤調査法を補足する目的で簡便かつ迅速な調査手法の開発が望まれる。レーリー波探査は、地表面から地盤のS波速度断面を迅速に調査できる可能性を持っており、このような目的に対して有望であると考えられる。しかし、従来行なわれて来たレーリー波探査は、現場計測および事後解析等において種々の問題があり信頼性に欠けるものであった。近年、探査から求められるレーリー波分散曲線からS波速度構造を同定する逆解析手法を組み込んだレーリー波探査システムが開発されている。このシステムを用いて1983年の日本海中部地震の際に液状化による被害が最も顕著であった秋田県秋田郡若美町玉の池地区においてレーリー波探査を実施し、後解析から求めるS波速度を用いた簡便な液状化判定予測解析結果と現地踏査による被害調査、簡易液状化判定結果との比較を行ない、本解析手法の有効性について検討したものである。

2. 液状化判定予測の概要

液状化試験において、砂の種類と拘束圧が異なると初期せん断剛性から液状化強度を一義的に決定することはできない。そこで砂の種類と拘束圧が与える影響を補正するため正規化せん断剛性を定義することにより、土の種類にかかわらず正規化せん断剛性と液状化強度との間に比較的良好な対応関係があることが示されている。

$$G_0 = \rho_t \cdot V_s^2 / g \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに G_0 :初期せん断剛性 (tf/m²) ρ_t :土の単位体積重量 (tf/m³)
 g :重力加速度 (m/s²) V_s :各深度のS波速度 (m/s) ----- 図-1

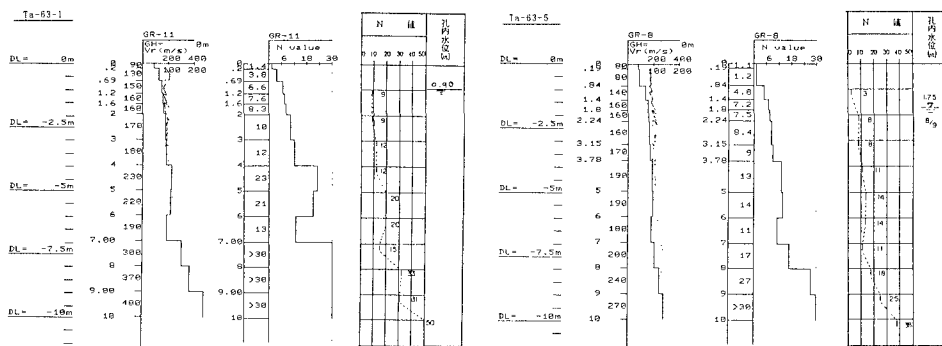


図-1 N値およびS波速度構造

$$G_n = G_0 \cdot \frac{(1+e_{min})}{(2.17-e_{min})^2} \cdot \frac{1}{(\sigma'_m)^n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに G_n :正規化せん断剛性 (tf/m²)
 e_{min} :土の最小間隙比 ----- 図-2
 n :定数 (=0.5)
 σ'_m :試験時の拘束圧 (0.10~0.11 tf/m²)

上記結果の確認のため、凍結サンプリング法にて採取した良質不攪乱試料について繰返し三軸試験を実施し、液状化強度RL(液状化強度曲線の繰返し回数NL回に対応する応力比:図-3)を求め、前述の2式より得られた正規化せん断剛性 (G_n)と液状化強度(RL)の関係を図-4に示した。

砂の種類や拘束圧にかかわらず正規化せん断剛性と液状化強度の間に比較的良好な相関が認められる。以上の結果から、S波速度を用いて地震時の液状化強度を推定する方法がN値を用いた評価法にならって以下のように導ける。

i) 地盤内各深度の地震時せん断応力比 τ_L / σ'_v を次式より算定する。

$$\tau_L / \sigma'_v = 0.65 \cdot (\alpha_{max} / g) \cdot (\sigma_v / \sigma'_v) \cdot \gamma_d \quad \dots\dots\dots (3)$$

Key word : 弾性波探査、現場計測、液状化

連絡先 : 〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1 TEL 022-229-1151 FAX 022-229-8393

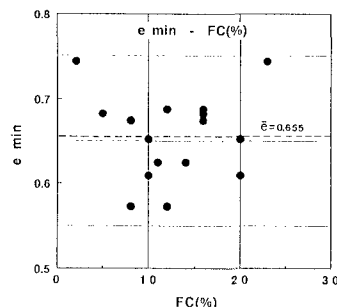


図-2 最小間隙比と細粒含有率

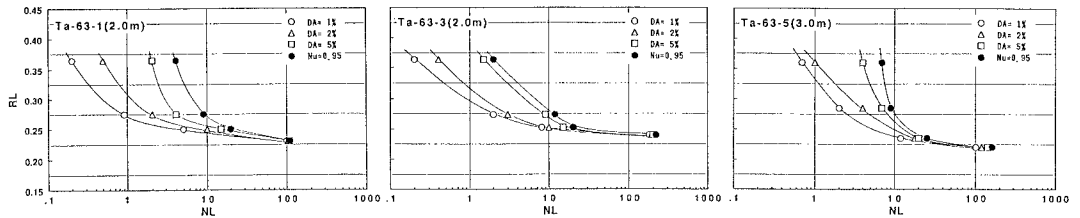


図-3 繰返しせん断応力比と繰返し回数

- ここに $\alpha \max$: 地表面最大加速度(簡易液状化判定結果 $\approx 224\text{Gal}$)
 σ_v, σ'_v : 各深度の全応力及び有効応力
 γ_d : 深度による低減係数
ii) 地盤のS波速度、最小間隙比を基に(1)、(2)式より各深度の正規化せん断剛性(G_n)を算定する。
iii) 正規化せん断剛性に基づいて図-3より各深度方向の液状化強度を求める。
iv) 地震時せん断応力比と液状化強度を比較し各深度方向の液状化抵抗率を算定する。

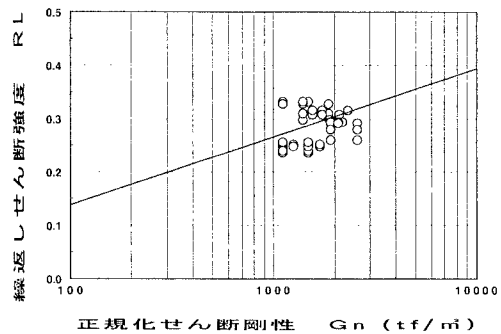


図-4 正規化せん断剛性と液状化強度

3. 液状化被害事例との比較

本解析手法の妥当性を検討するため、日本海中部地震の際に液状化による被害の最も顕著であった秋田郡若美町玉の池地区において、現地踏査による詳細な被害状況調査、および、8地点のボーリング調査(凍結サンプリング)を実施し、『道路橋示方書・同解説、V耐震設計編』による簡易液状化判定を行うとともに、各ボーリング地点の近傍においてレーリー波探査を行ない、得られたS波速度を用いて各深度方向の液状化危険度判定解析を行なった。なお、図-5に『道路橋示方書・同解説、V耐震設計編』と『S波速度』により算定した液状化抵抗率FLを併記した。双方とも比較的良好な相関が示された。

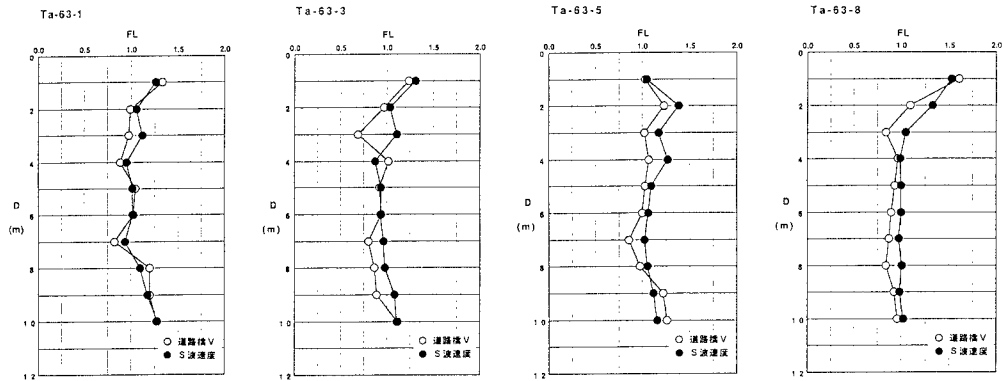


図-5 道路橋VおよびS波速度による液状化抵抗率

4. あとがき

地表面で行なう調査に基づいて表層地盤のS波速度構造を求めることが可能なレーリー波探査システムにより液状化危険度予測解析を行ない、従来用いられている簡易液状化判定法による解析結果、および、現地の被害調査との比較検討を行なった。その結果、レーリー波探査システムによる本解析手法の有効性が示された。しかし、本手法は地表探査だけに基いた予測であるため、その信頼性は既往の調査法に比べ劣る可能性もあり、また、土の特性は別途知る必要もある。測定の迅速性と簡便さを考慮すれば、既往の調査法との併用や補間、さらには事前調査や施工管理として有効利用できる可能性を持っており、今後、種々の改善を行なって調査・解析を積み重ねることが望まれる。

<参考文献> Tokimaysu, K. and Uchida, A. : Correlation between liquefaction resistance and shear wave velocity, Soils and Foundations, Vol.30, No.2, 1990.