

レ - リ - 波探査による沖積砂質地盤の簡易液状化判定法について

東北工業大学大学院 学 岡田 裕生

東北工業大学 正 伊藤 孝男、浅田 秋江

(株)東北開発コンサルタント 正 佐藤 友彦、大高 学

1. はじめに

阪神・淡路大震災後の調査によると、限られた地域でも場所によって被害に明確な差があることが分かっている。その為、詳細な地盤調査が必要であるが、広域における震害危険度予測の為には、迅速かつ簡便な調査・解析手法が必要である。我々は以前より、迅速性・簡便性に優れたレ - リ - 波探査機械を用い、1983年日本海中部地震で顕著な液状化被害を受けた沖積砂質地盤を対象に液状化強度の解析を継続してきた。

この地区では地震直後より詳細な現地踏査と48本のボ - リング調査を行っている。本研究ではボ - リング調査を行った地点の近傍にてレ - リ - 波探査を実施し、得られた結果より液状化判定を行った。

今回、調査・解析地点を増やしデータの蓄積を行ったので報告する。

2. 調査・解析方法

2.1 レ - リ - 波探査

本研究で使用している探査機械は、レ - リ - 波と呼ばれる表面波の特性を利用して地盤の速度構造を同定するものである。深さごとに密度・速度の違う地盤を伝播するレ - リ - 波は、波長(λ)によりその速度が変わるという分散性を持っている。この探査機械はこの特性を利用し、起震機で発生させる振動の波長(λ)を変えた時の位相速度を求めている。なお、この機械で使用する震源は、電氣的にコントロールされた起震機を用いている為、正確で安定した振動を発生させる事が出来る。また、レ - リ - 波速度(V_r)はポアソン比により多少異なるがS波速度(V_s)とほぼ一致した値を示すことが知られているため、本研究ではV_r = V_sとして解析を進めた。

2.2 レ - リ - 波探査の信頼性

レ - リ - 波探査は、地表面のみで行う非破壊探査である為、その信頼性が重要となる。その為、全国の沖積砂質地盤で行われたPS検層と標準貫入試験によって得られたN値とV_sの関係式((1)式)より各深度のV_sを求め、レ - リ - 波探査で得られたV_rとの比較を行い信頼性の確認を行った。

$$V_s = 98.0 \times N^{0.170} \times Z^{0.104} \times 0.84 \quad \dots (1)$$

ここにV_s: S波速度(m/s²) N: N値 Z: 深度(m)

その結果を図-1に示す。これを見ると相関係数はR = 0.90395となり比較的良い相関関係があることがわかる。このことより、今回対象とした沖積砂質地盤においてはレ - リ - 波探査によって得られたS波速度はある程度の信頼性があることがわかる。またV_r = V_sとして解析をしても問題はないと思われる。

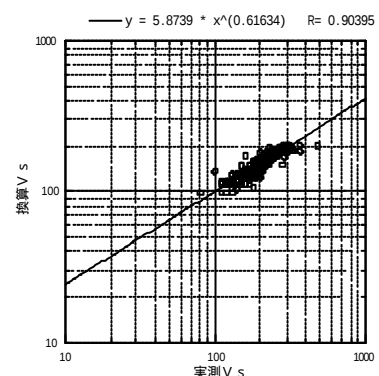


図-1 実測V_sと換算V_sの関係

Key words : 物理探査、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

2.3 S波速度を用いた液状化強度の算定

S波速度を用いた液状化解析は次の順序で行う。

(1) S波速度より(2)式より初期せん断剛性 G_0 を求める

$$G_0 = \rho_t \times V_s^2 / g \quad \dots (2) \quad \text{ここに } G_0: \text{初期せん断剛性 (KN/m}^3\text{)}$$

$$\rho_t: \text{土の単位体積重量 (KN/m}^3\text{)}$$

(2) 室内液状化試験の際の

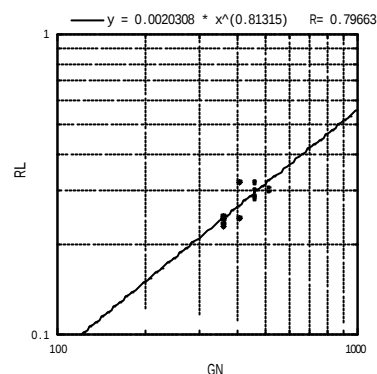
砂の種類と拘束圧の影響を補正する為(3)式で正規化せん断剛性 G_n を求める。

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

$e_{\min}$: 最小間隙費(=0.673)
 σ_m' : 試験時拘束圧 (N/m²)

(3)

(3) 求められた G_n と繰り返し三軸試験によって得られた液状化強度との近似式を求め、その近似式より各地点各深度の液状化強度を求める(図—2)



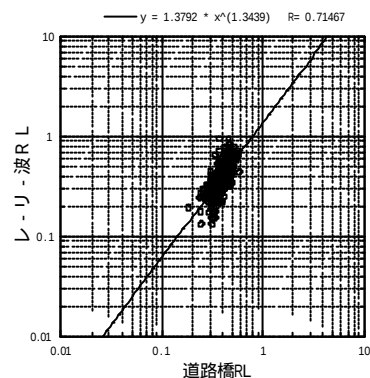
図—2 GNとRLの関係

3. 液状化強度の信頼性の確認

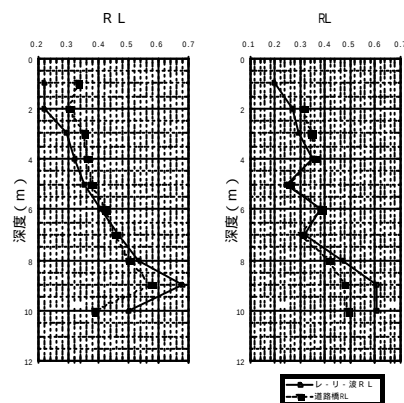
上記方法にて算出された液状化強度の信頼性の確認の為、「道路橋示方書・同解説、Ⅴ 耐震設計編」の手法で求められた液状化強度との比較を行った(図—3)。これを見るとある程度の相関関係があることが分かる。しかし、RLの値にばらつきがあるため、どの程度信頼性があるのか確認は行えない。

次に、各地点のRLを柱状図として示したものの例を図—4に示す。

この柱状図をみるとやはり多少の誤差があるが、RLの変化の傾向は、ほぼ一致したものとなっている。また、レ-リ-波探査より得られたRLの特徴として、深度約5m以浅では道路橋示方書のRLよりも小さな値(安全側)を示し、5m以深ではその関係が逆転している事がわかる。この傾向は、ここに示した2地点以外でも見られた。



図—3 道路橋RLとレ-リ-波RLの関係



図—4 RLの比較柱状図

4. まとめ

今回、デ-タ蓄積を行い、その結果の報告を行った。その結果、レ-リ-波探査が簡易液状化判定へ有効利用できる可能性は十分にあると考えられる。ボ-リングにより得られたデ-タからの解析とは多少の誤差があるが、柱状図での変化の傾向は比較的良好な相関を持つことが明らかとなった。今後の課題としては、さらに繰り返し三軸試験を行い正規化せん断剛性 G_n と液状化強度RLの近似式(図—2)の精度を高めることがあげられる。レ-リ-波探査による簡易液状化判定の信頼性が高まれば、ボ-リング調査の補間や地盤改良工事の施工管理などに有効利用できるものと思われる。今後も種々の改善を行い解析を進める予定である。

<参考文献> (1) 正木、他：地盤内のS波速度・密度をN値・地質・土質から推定する試み、第17回土質工学研究発表会 pp1541~1544、1983。(2) 時松、他：レ-リ-波探査を用いた液状化強度予測、土と基礎、Vol.38、No.6、pp15~20、1990(3) 岡田、他：レ-リ-波探査による沖積砂質地盤の液状化強度の推定、第34回地盤工学研究発表会、pp331~332、1999。