

現位置凍結サンプリング試料による液状化強度曲線の簡易推定式に関する検討

○（独）土木研究所 正会員 石原雅規
杉田秀樹

1. はじめに

動的有効応力解析では、液状化層の物性に関するパラメータの設定によって、計算結果が大きく左右される。一般に、これらのパラメータは液状化強度曲線を要素レベルで再現できるように設定されることが多い。液状化強度曲線に対しては、試料の品質が結果に大きな影響を与えることが指摘されているため¹⁾、高品質な試料を用いた液状化強度試験を行うことが望ましい。しかし、実際には、液状化強度曲線が通る1点のみをN値から推定し、その点を通るようにパラメータを設定することが多い。N値などから標準的な液状化強度曲線を簡易に推定できれば、液状化強度曲線の形状やひずみの伸展傾向などについても検討することができる。ひずみ両振幅ごとの液状化強度曲線の推定方法としては、不攪乱試料の試験結果を基にした推定式が提案されている²⁾。本研究では、現位置凍結サンプリング法により採取した高品質な試料より求めた液状化強度曲線を整理し、文献2)の推定式と同様の関数による近似を試みた。

2. 液状化強度曲線

土木研究所で実施した凍結サンプリング法により採取した試料を用いた非排水繰返し三軸試験結果を収集した。収集した試験結果は、表-1に示すとおりであり、試料数は合計53試料、供試体は合計214本である。文献2)でまとめた不攪乱試料の液状化強度比の分布は0.3程度以下の範囲であったが、今回整理した試験結果では液状化強度比が0.13～0.77と幅が広いことが特徴である。

3. 推定式に関する検討

図-1に、液状化強度比を5つの階級に分類した結果を示す。液状化強度比によって分類すると、ひずみ両振幅5%における繰返し回数20回の応力比で区分していることになるため、階級ごとのバラツキは比較的少ない。液状化強度比の階級及びひずみ両振幅ごとに次の関数により近似した。

$$R_L = a(N_c/20)^b \quad \text{式(1)}$$

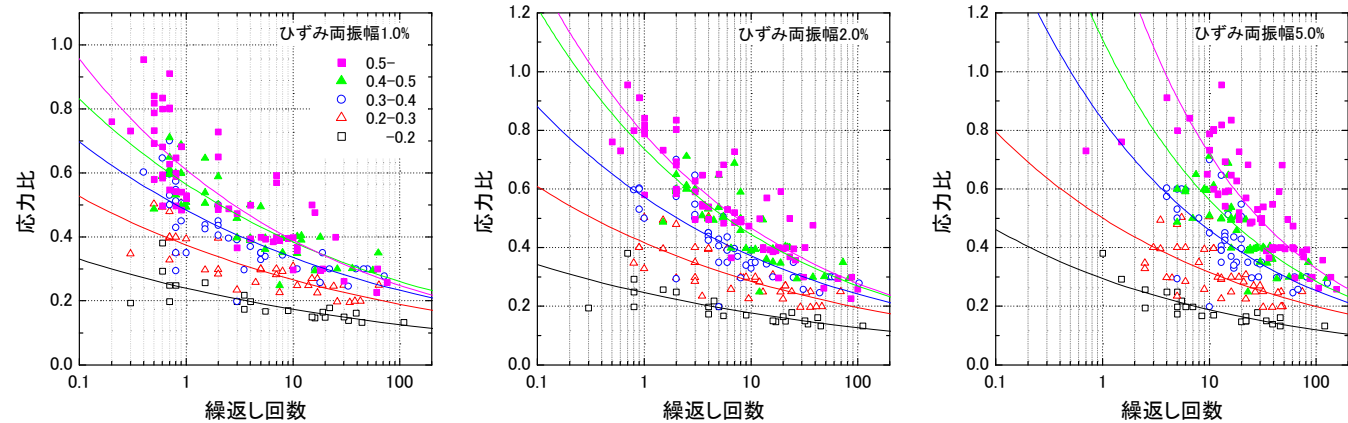
繰返し回数 N_c を20で正規化したのは、液状化強度比を繰返し回数20回で定義することが一般的となっているためである。したがって、パラメータ a は、繰返し回数20回の時の応力比を意味する。また、パラメータ b は、小さいほど、液状化強度曲線が急勾配となる。近似曲線は、試験結果とともに図-1に示す。得られたパラメータ a 及び b と液状化強度比の関係を図-2に示す。図-2の液状化強度比は、繰返し回数20回におけるひずみ両振幅5%の近似曲線の応力比である。このため、ひずみ両振幅5%のパラメータ a と液状化強度比の関係はちょうど1：

表-1 収集した液状化強度試験結果一覧

地点	土質区分	液状化強度比	供試体数	備考
名取川 宮城県名取市閑土地先	S, S-F	0.28-0.50	16	沖積
利根川 千葉県佐原市昭和町地先	S, S-F	0.24-0.77	16	洪積
江戸川 千葉県松戸市七右衛門新田地内	S-F, S-FG, SG-F, S	0.36-0.57	16	沖積
多摩川 神奈川県川崎市多摩区宿河原地内	GS, GS-F, S-G	0.35-0.72	9	沖積
九頭竜川 福井県福井市下森田地内	S, S-G	0.40-0.55	9	沖積
淀川 大阪府旭区大東田地内	GS	0.29-0.63	16	沖積
武庫川 兵庫県西宮市樋之口町地先	S, S-F	0.48-0.65	16	沖積
信濃川 新潟県黒崎町善久地先	S, SG, S-G	0.15-0.55	32	SCP 改良地盤
境橋 島根県出雲市神門長地内	S, S-F, S-G	0.13-0.31	24	SCP 改良地盤
弓浜 鳥取県境港市中海干拓地内	S, SG, S-G	0.28-0.54	20	干拓堤防、SCP 改良地盤
荒島 島根県安来市赤江田地内	SG, S-G, S-FG, SG-F	0.37-0.50	40	干拓堤防、SCP 改良地盤

キーワード 液状化強度曲線、凍結サンプリング

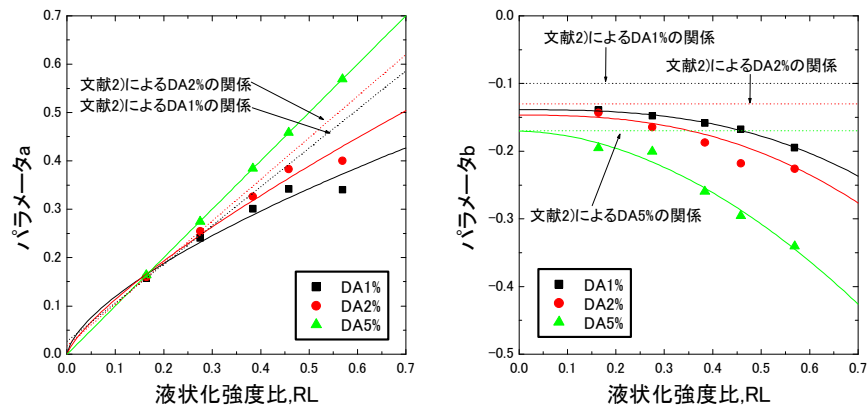
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (独) 土木研究所耐震研究グループ Tel029-879-6771



図－1 RL による階級ごとの液状化強度曲線

1 となり、ひずみ振幅が小さくなるとともにパラメータ a は小さくなる。パラメータ b は、液状化強度比が大きく、ひずみ両振幅が大きいほど、小さくなっており、このような条件ほど急勾配であることを示している。

図－2 より、パラメータ a 及び b は、液状化強度比 R_L の関数として近似することが良いと考えられる。そこで、パラメータ a 及び b を以下に示す液状化強度比 R_L の関数により近似した。



図－2 パラメータ a 、 b と液状化強度比 R_L の関係

表－2 パラメータ $c_1 \sim c_5$

	DA1%	DA2%	DA5%
c_1	0.539	0.662	1.000
c_2	0.655	0.765	1.000
c_3	-0.139	-0.147	-0.171
c_4	-0.260	-0.319	-0.493
c_5	2.74	2.52	1.85

$$a = c_1 \cdot R_L^{c_2}, \quad b = c_3 + c_4 \cdot R_L^{c_5}$$

式(2)

得られたパラメータ $c_1 \sim c_5$ を表－2 に、近似曲線を図－2 に示す。図－2 には、文献 2) のパラメータ a 及び b に相当する係数の関係も示している。文献 2) の適用範囲である液状化強度比 0.3 以下については、パラメータ a はほぼ同じ結果となった。パラメータ b については、値そのものは多少異なるものの、液状化強度比 0.3 以下の範囲では、パラメータ b に及ぼす液状化強度比の影響はほとんどないという傾向は一致した。

式(1)、式(2)及び表－2 を使えば、 N 値などの一般的な土質試験結果から液状化強度比を推定することにより、液状化強度比に応じたひずみ両振幅 1%、2%、5% の液状化強度曲線を求めることができる。

5. まとめ

凍結サンプリングにより採取した高品質な試料を用いた非排水三軸試験結果から得られた液状化強度曲線を整理し、液状化強度曲線の簡易推定式について検討を行った。その結果、液状化強度比に関して適用範囲が広い簡易推定式を提案することができた。また、既往の研究と今回の簡易推定式を比較したところ、既往の研究の適用範囲である液状化強度比 0.3 以下の範囲については、非常に近い結果となっていることを確認した。今回の検討では、液状化強度曲線の分布の中央を通る推定式となっているため、今後、バラツキに関する統計的な分析を行い、実際の液状化強度曲線よりも過大評価となる確率を考慮した推定式を提案する予定である。

参考文献

1) 吉見吉昭：砂の乱さない試料の液状化抵抗～ N 値～相対密度関係，土と基礎，vol42，No.4，pp.63-67，1994

2) 龍岡ら：Normalized Dynamic Undrained Strength of Sands Subjected to Cyclic and Random Loading，土質工学会論文報告集，vol.20，No.3，pp.1-16