

III-207 低拘束領域における液状化強度の拘束圧依存性

(株)フジタ 技術研究所 望月 美登志

(株)フジタ 技術研究所 福島 伸二

1. はじめに

振動台のような圧力レベルが非常に低いような場合や地盤の深さ方向の液状化特性などを詳細に検討する際には、低応力レベルでの高精度の振動三軸試験を行う必要がある。著者らはこれまで低拘束圧領域における砂の液状化強度特性について、試験装置の開発を含めて検討を行ってきたが^{1), 2)}、ここではさらに低拘束圧領域に着目した液状化強度の拘束圧依存性に影響を与えるいくつかの要因について考察した結果を報告する。

2. 試験方法

試験に用いた三軸試験装置は、繰返し応力載荷時の慣性力を小さくし供試体に余分な偏差応力が加わらないようキャップと載荷ロッド（φ8mm）を軽量化したり、繰返し荷重の制御がしやすいよう低圧型電空変換器を用い、シリンダーについても有効断面積が小さくロッドの偏心しないガイド付きのものを使用し、メンブレンも厚さ $t_m=0.15\text{mm}$ にするなど、低拘束圧の試験が行えるよう改良されている。尚、試験方法、試験装置の詳細については参考文献1)、2)を参照してほしい。今回、低拘束圧領域における砂の液状化強度特性と液状化強度に影響を与える拘束圧依存性について十分な検討が行えるよう、5種類の拘束圧（ $\sigma_c \approx 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0\text{kgf/cm}^2$ ）の各々に対して、4～5種類の応力比の密度（間隙比）—繰返し回数 N_c （軸ひずみ両振幅 $DA=1, 5, 10\%$ に対応する繰返し回数）関係が求められるだけの試験を行った（1拘束圧につき20～30本）。試験結果における液状化強度（応力比）は密度（間隙比）—繰返し回数関係から得られる平均曲線を用いている。また、今回のデータ整理は通常の場合と同様に試験中の繰返し応力は一定であることが前提であるため、供試体の変形に伴って発生するメンブレン力の補正は考慮にいれないで整理した。

3. 試験結果

これまでの成果によって液状化強度の拘束圧依存性には密度が影響することがわかった²⁾。このことを表現したのが図-1の相対密度 D_r -応力比関係である。この図は前述のとうり5種類の拘束圧に対する間隙比—繰返し回数関係（軸ひずみ両振幅 $DA=10\%$ に対応する繰返し回数）から求めたもので繰返し回数 $N_c=10$ 回で軸ひずみ両振幅 $DA=10\%$ となる応力比を液状化強度と考えて整理したものである。この図より $N_c=10$ 回で $DA=10\%$ となる液状化強度は明らかに密度の影響を受け、供試体が密であるほど液状化強度に対する拘束圧の影響は大きく、緩詰めの場合ほとんど影響がないことがわかる。以上は通常液状化強度を求める際に用いられる $DA=10\%$ となる時の液状化強度で整理したものであるが、 $DA=10\%$ という供試体の変形に応じてメンブレンも変形し、このメンブレン力により液状化強度が影響を受ける可能性がある、そこで DA の大きさが

液状化強度の拘束圧依存性に与える影響を調べるため、 $N_c=10$ 回で $DA=1\%$ となる応力比で相対密度 D_r -応力比関係を求めたのが図-2である。図-3、4は軸ひずみ両振幅 $DA=10$ および 1% の間隙比—繰返し回数関係

（ $DA=10, 1\%$ に対応する繰返し回数）か

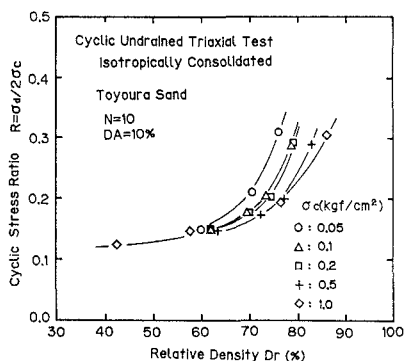


図-1 相対密度 D_r -応力比関係

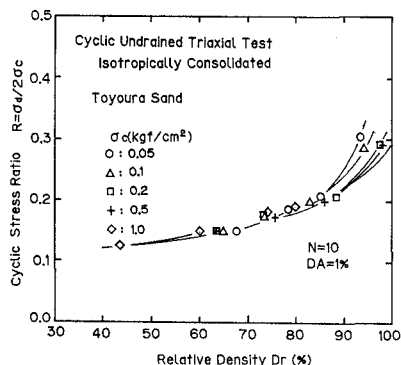


図-2 相対密度 D_r -応力比関係

求めた $e=0.7$ の時の応力比-繰返し回数関係を比較したものである。これらの図より DA が大きくなるほど液状化強度に与える影響は大きくなることがわかる。

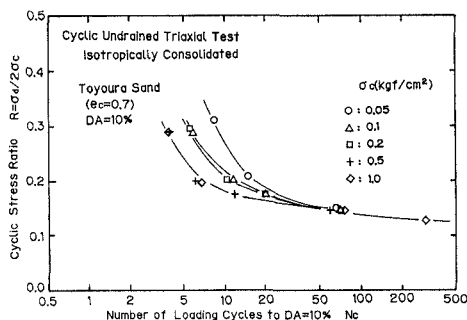


図-3 応力比-繰返し回数関係

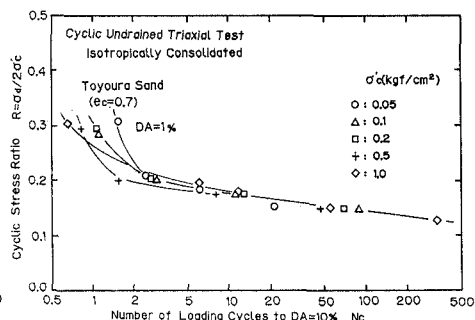


図-4 応力比-繰返し回数関係

さらに軸ひずみ両振幅 DA の影響を明確に調べたのが、図-5の応力比 R の拘束圧依存関係である。同図においては相対密度 $D_r=80\%$ で、軸ひずみ両振幅 DA が1, 5, 10%と大きくなるにつれ直線の傾きが

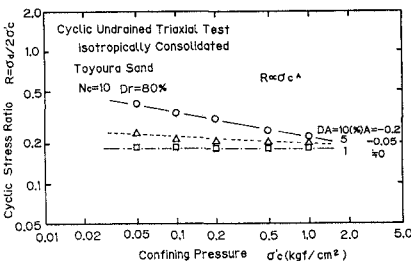


図-5 応力比 R の拘束圧依存関係

大きくなり、拘束圧の影響も大きくなる。ここで相対密度 $D_r=80\%$ ($e=0.68$) において、 $N_c=10$ 回で $DA=10\%$ となる応力比 $R \propto \sigma_c^A$ の拘束圧依存関係が認められているのに、図-3を見ると N_c が大きくなるとどの拘束圧でも応力比が一致し、液状化強度が拘束圧の影響を受けていない事がわかる。そこで繰返し回数 N_c の影響を調べたのが図-6の相対密度 D_r -応力比関係 ($N_c=2$ 回、 $DA=10\%$) と図-7の応力比 R の拘束圧依存関係 ($D_r=60\%$ 、 $DA=10\%$ 、 $N_c=2, 5, 10$) である。 $N_c=2$ 回の場合、拘束圧によって液状化強度はある程度影響を受けることがわかる。特に図-7においては、 $N_c=10$ 回の場合ではほとんど拘束圧の影響を受けないのに対し、繰返し回数 N_c が10から5, 2と減少するにつれ、拘束圧の影響が大きくなっていくことがわかる。

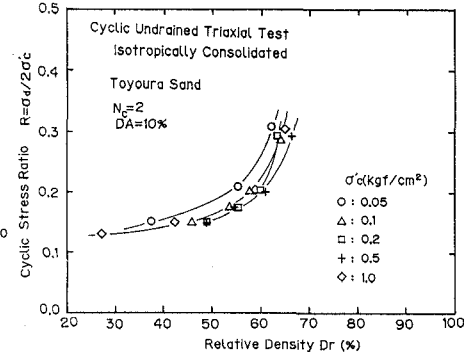


図-6 相対密度 D_r -応力比関係

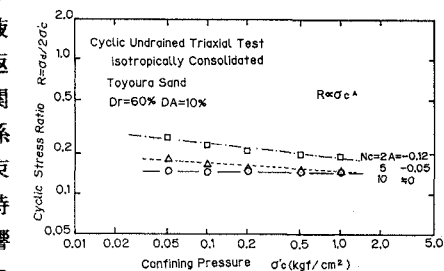


図-7 応力比 R の拘束圧依存関係

4. あとがき

低拘束圧領域における砂の液状化強度の拘束圧依存性について若干の検討を行ってきたが、低拘束圧の振動三軸試験はある程度の試験技術が必要であること、またデータ整理の際、メンブレン力の影響や密度、軸ひずみ振幅、繰返し回数の影響をどのように取り扱うかが今後の課題と考えられる。

参考文献

- 1) 香川和夫、福島伸二、望月美登志：砂の低拘束圧領域での振動三軸システム：土木学会第47回年次学術講演会、PP. 218～219
- 2) 望月美登志、福島伸二：低拘束圧領域における砂の液状化特性：第28回土質工学会研究発表会講演集