

Ⅲ-A 95

砂の液状化時のせん断剛性の拘束圧およびひずみ依存性

山梨大学工学部 正会員 後藤 聡
 大成建設技術研究所 正会員 森井 慶行
 大成サービス 正会員 横山 正利

1. はじめに

液状化は、砂がある拘束圧下において、繰り返しせん断によって間隙水圧が上昇・蓄積することにより有効拘束圧およびせん断剛性が低下し、さらにせん断ひずみが急増する現象である。つまり、液状化は、有効拘束圧の低下とせん断ひずみの増加が非排水条件下で同時に起こる現象であり、砂の有効拘束圧やせん断ひずみが大きく変化することが特徴である。さらに、液状化した後の排水による有効拘束圧の増加、せん断剛性の回復なども、液状化後の砂の挙動を検討する際の重要な現象である。

そこで、本報告では、ベンダーエレメントを用いてせん断波速度を求めることによりせん断剛性を計算できる⁽¹⁾ことを利用して、圧密中、液状化試験中および液状化後の有効応力回復過程における砂のせん断剛性の变化を測定した結果について報告する。

2. 試験方法

試験に用いた試料は豊浦砂で、圧密中、液状化試験中および液状化後の再圧密時のせん断剛性をベンダーエレメントにより求めた。試料の物理特性および試験方法の詳細は、参考文献(2)を参照のこと。

3. 試験結果

図-1に、等方圧密・除荷・再載荷中、および繰り返し載荷により液状化した供試体の有効応力回復時の間隙比と有効拘束圧の関係（圧密曲線）を示す。液状化試験後の有効応力回復時の圧密曲線は、供試体への排水コックの開閉により有効応力を徐々に回復させ、その時の体積変化を測定することにより求めた。液状化試験前の圧密曲線と液状化後の圧密曲線は、平均有効応力の範囲は異なるが、勾配はかなり似ている。つまり、液状化の前後で体積弾性係数は大きく異ならないことが分る。

図-2に、図-1の圧密曲線に対応するせん断剛性の拘束圧依存性を示す。液状化試験前のせん断剛性の拘束圧依存性と、液状化試験後のせん断剛性の拘束圧依存性は同じ傾向であることが分る。つまり、圧密曲線と同様にせん断剛性の拘束圧依存性についても、液状化前後の状態が大きく異ならないことが分る。

図-3に、液状化試験時、等方圧密時および液状化後の有効応力回復時におけるせん断剛性の拘束圧依存性を示す。液状化試験中のせん断剛性は、軸差応力（せん断応力）がゼロの時、圧縮時（△）および伸長時（□）に区別して示している。さらに、軸差応力がゼロの時でも、正弦波の圧縮側から伸長側に変化する場合（○）と、伸長側から圧縮側へ変化する場合（●）の2

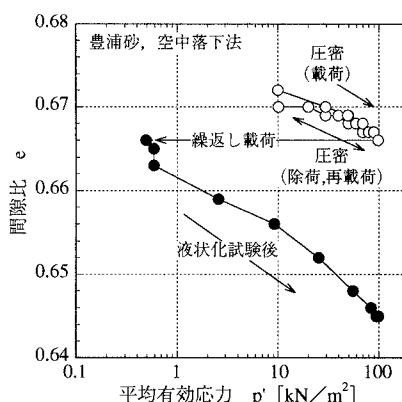


図-1 圧密載荷および除荷時と液状化試験後の $e-\log p'$ 曲線

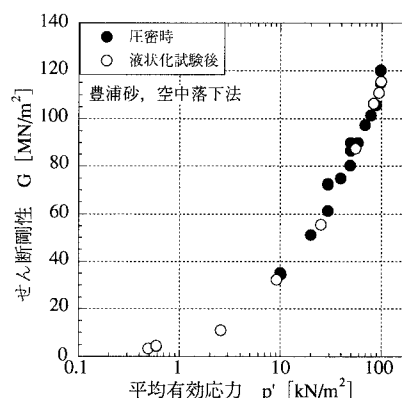


図-2 平均有効応力とせん断剛性の関係（圧密時および液状化試験後）

キーワード：液状化／砂／せん断剛性／有効拘束圧／せん断ひずみ

連絡先：〒400-8511 甲府市武田四丁目3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 TEL 0552-20-8526 FAX 0552-20-8527

つに区別して示している。図-3に示すせん断剛性の拘束圧依存性より、同じ有効拘束圧でもせん断応力がゼロの時、圧縮時および伸長時でせん断剛性が異なることが分る。これは、同じ有効拘束圧でも、圧縮時と伸長時でせん断ひずみ履歴が異なるためだと考えられる。せん断剛性のひずみ依存性については後述するが、図-3において、せん断応力がゼロの時でも、圧縮側から伸長側にせん断応力が変化する場合、圧縮側のせん断剛性とほぼ同じ傾向であるが、伸長側から圧縮側にせん断応力が変化する場合、伸長側のせん断剛性に近いことが分かる。さらに、等方圧密時および液状化後の有効応力回復時のせん断剛性と有効拘束圧の関係（実線と破線）は、液状化試験時における圧縮側の値と同じ傾向であることが分る。

図-4に、液状化試験中のせん断剛性と軸差応力の関係を示す。圧縮側と伸長側においては、軸差応力の絶対値に比例してせん断剛性が大きくなっていが、これは軸差応力の変化と同時に平均有効応力も変わっているためである。

次に、図-3と同様に、液状化試験時のせん断剛性のひずみ依存性を検討するために、液状化試験時のせん断剛性と軸ひずみの関係を図-5に示す。図-3と同様に、圧縮側から伸長側にせん断応力が変化する場合、圧縮側のせん断剛性と同じひずみ依存性を示すことが分る。一方、伸長側から圧縮側にせん断応力が変化する場合、伸長側のせん断剛性のひずみ依存性に近い実験結果となっている。

4. 結論

等方圧密中、液状化試験中および液状化後の再圧密時の砂のせん断剛性を、ベンダーエレメントにより実験的に検討した。その結果、等方圧密（初期載荷・除荷・再載荷）、液状化試験中の圧縮側、および液状化試験後の有効応力回復時のせん断剛性の拘束圧依存性は、同じ傾向であった。しかし、液状化試験中において、同じ有効拘束圧でも圧縮時および伸長時でせん断剛性の拘束圧依存性は異なった。これは、同じ有効拘束圧でも、圧縮時と伸長時でせん断ひずみ履歴が異なるためであると考えられる。今後は、圧縮・伸張という区別が無い中空供試体を用いた繰返しせん断試験を行うことによって、せん断剛性のひずみ依存性について評価し、検討する必要がある。

【参考文献】

- (1) 後藤聡、森井慶行、末岡徹：ベンダーエレメントベンダーエレメントおよび繰返しせん断試験による砂のせん断剛性の測定、第33回地盤工学研究発表会、投稿中
- (2) 横山正利、森井慶行、後藤聡：ベンダーエレメントによる砂の液状化時のせん断波速度の測定、第53回年次学術講演会、投稿中

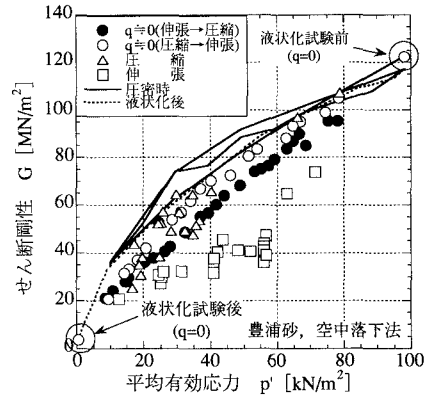


図-3 平均有効応力とせん断剛性の関係（圧密時、液状化試験中、液状化試験後）

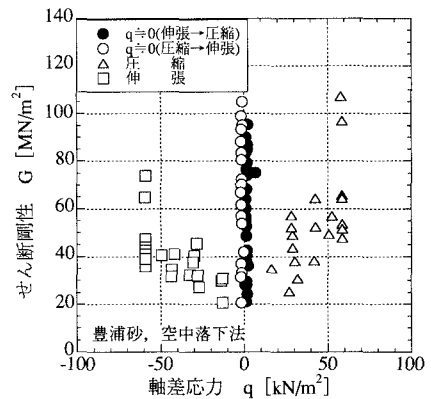


図-4 液状化試験中の軸差応力とせん断剛性の関係

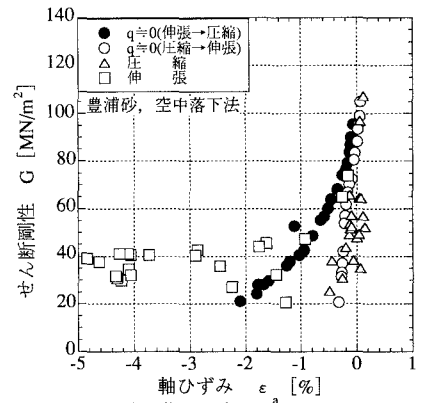


図-5 液状化試験中の軸ひずみとせん断剛性の関係