

第三部門

定体積一面せん断試験による砂質土の繰返しせん断特性

大阪工業大学大学院

学生員 ○紙谷 恵介

大阪工業大学

正会員 長谷川 昌弘

地域 地盤 環境研究所

正会員 本郷 隆夫

1. はじめに

砂質土の液状化特性を求める試験としては繰返し非排水三軸試験が多用される。しかし、この試験は、等方応力条件で鉛直方向のみに圧縮・伸張するもので、実地盤における応力・変形状態とは大きく異なる。

一方、一面せん断試験は、通常的地盤と同様に一次元圧密・平面ひずみ条件で、水平方向に繰返しせん断応力を与えることから優れている試験法であり、液状化強度を求める上では最も実用的な試験方法といえる。

そこで、本研究では液状化を地震動によって生じるせん断力により、有効応力が損失しせん断抵抗を失う現象と捉えた。この観点から一定振幅のせん断変位を繰返し与える繰返し定体積一面せん断試験により、液状化強度の推定を行った。また、応力制御による繰返し定体積一面せん断試験も行い、これと変位制御試験さらに繰返し非排水三軸試験の結果との比較を行い、変位制御による繰返し定体積一面せん断試験の液状化試験への適用性の検証を行った。

2. 試験方法

試料は、香川県東かがわ市で採取された真砂土と、豊浦標準砂を用いた。

図1は試料の粒径加積曲線である。試験機は通常の一面せん断試験機を改良したもので、下面垂直力・上箱可動型で、反力板側で垂直荷重を測定する。

せん断载荷装置にはDDモータを用い、DDモータを反転させることによって繰返し一面せん断試験が可能になる。供試体は直径6cm、層厚2cmである。

供試体の質量は突固め試験により算定し、3層締固め法により作成した。試料は所定の圧密応力 σ_c で供試体を10分間圧密した後、せん断载荷を行った。

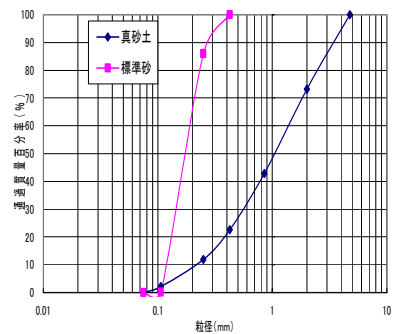
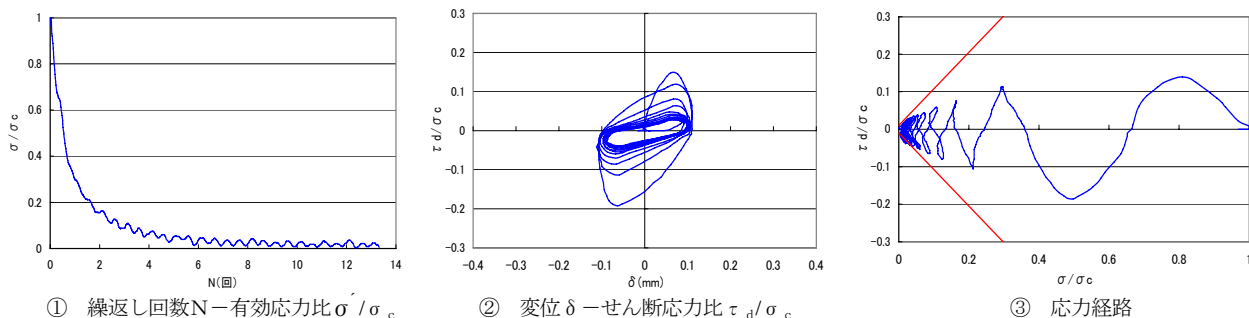


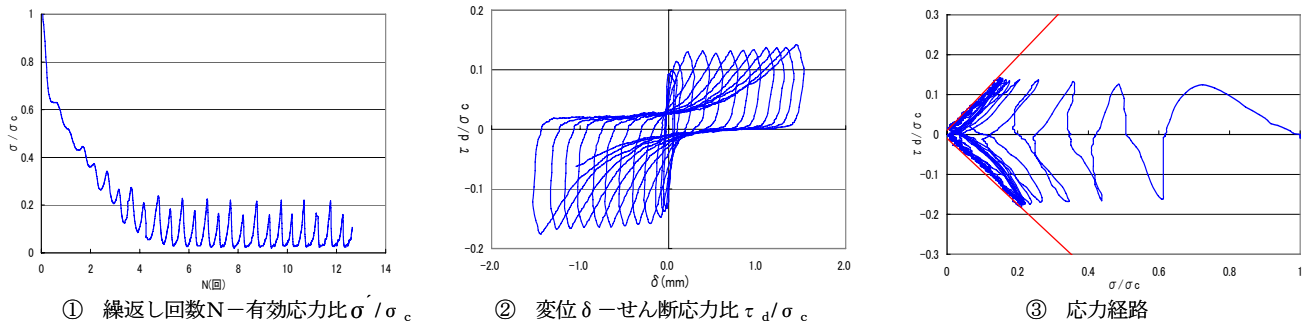
図1 粒径加積曲線

せん断過程では、変位制御試験では一定の繰返し変位を与え、応力制御試験では一定の繰返し応力を与えた。試験条件は圧密応力 $\sigma_c = 100 \text{ kN/m}^2$ 、変位の周波数は 0.025 Hz とした。この試験では、定体積条件で有効応力変化を直接測定するため、間隙水圧を測定する必要がなく、試料の飽和度によらず非排水の試験が行えるため多少の不飽和は試験結果に影響せず、飽和・不飽和（最適含水比）状態での強度特性を比較したが大きな違いは見られなかった。そこで、今回は最適含水比で締固めた供試体においての試験を行なった。

3. 変位制御試験と応力制御試験の比較

図2、図3はそれぞれ変位制御試験・応力制御試験の試験結果を示す。①～③はそれぞれ繰返し回数 N と有効応力比 σ'/σ_c 、変位 δ とせん断応力比 τ_d/σ_c 、応力経路である。

図2 変位制御試験（標準砂 繰返し変位 $\delta = 0.230 \text{ mm}$ ）

図3 応力制御試験（標準砂 繰返し応力比 $\tau_d/\sigma_c=0.144$ ）

両図の①より、応力制御試験においては、有効応力が一旦ゼロになってからも再び応力が回復するサイクリックモビリティ現象が見られるが、変位制御試験ではこの現象は見られない。

また、②より、変位制御試験、応力制御試験とも有効応力の低下は早い。押し側、引き側とも同じ勾配線に収束している。さらに、変位制御では、せん断直後に押し側、引き側とも最も大きな τ が発生し、 σ' とともに徐々にゼロに収束している。③より、変位制御試験では繰返しにより応力比-変位曲線のループが縮まり、土の剛性が低下していく様子が見て取れる。一方、応力制御試験においては繰返しによって土の剛性が低下し、ひずみが増加していく様子がみとれる。

4、液状化強度の推定

変位制御試験、応力制御試験、繰返し三軸試験の各試験の結果から液状化強度の算定を行った。各試験法における液状化の定義は、変位制御試験、応力制御試験では $\sigma'/\sigma_c=0.05$ 、繰返し三軸試験では過剰間隙水圧比 $u=0.95$ とした。また、変位制御試験では、せん断直後に押し側、引き側とも最も大きな τ が発生し、 σ' とともに徐々にゼロに収束している。③より、変位制御試験では繰返しにより応力比-変位曲線のループが縮まり、土の剛性が低下していく様子が見て取れる。一方、応力制御試験においては繰返しによって土の剛性が低下し、ひずみが増加していく様子がみとれる。

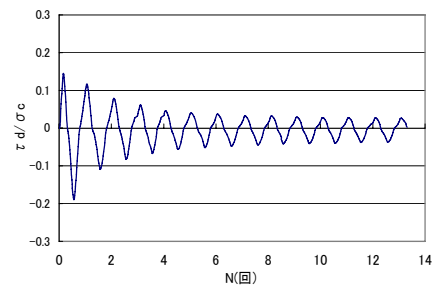
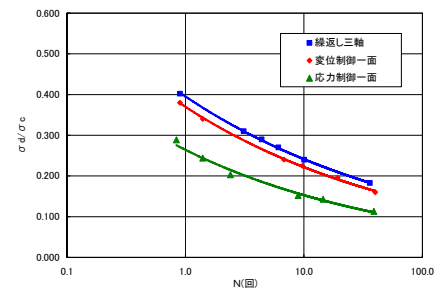
図3 繰返し回数 N —せん断応力比 τ_d/σ_c 

図4 液状化強度曲線（真砂土）

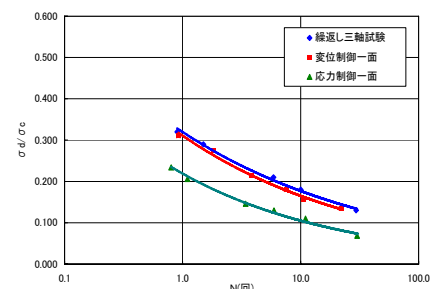


図5 液状化強度曲線（標準砂）

5. まとめ

変位制御試験では、せん断応力比 τ_d/σ_c の押し側の最大値を σ_1 、引き側の最大値を σ_2 とし、繰返し応力比を $(\sigma_1+\sigma_2)/2$ と定義し液状化強度曲線を算定すると、繰返し三軸試験の結果とほぼ一致することがわかった。

また、変位制御試験は応力制御試験に比べ、サイクリックモビリティ現象が見られず、より実際に近い液状化を再現するには変位制御試験が有効であるということが言える。

参考文献 1)大島、高田、住、本郷：砂質土の繰返し定体積一面せん断試験と繰返し非排水三軸試験の比較、土木学会第53回年次学術講演会、III-A73, pp.144～145, 1998.9 2)大島、宮本：変位制御繰返し定体積一面・単純せん断試験による液状化強度特性の比較、平成13年土木学会関西支部年次学術講演会、III-17-1-2、2001