

東京建設機械研究所 正員 岡本 正広
同 上 正員 越智 健三

1. はじめに

近年、試料採取技術の進歩により、良質な乱さない密な砂の採取が可能となり、その結果、乱さない密な砂の液状化強度は、それと同程度に詰め直した試料と比較してかなり強いことが明らかとなってきた。¹⁾しかし、良質な乱さない砂のサンプリングは非常に難しく、かつ高価であるために室内再構成砂から、しかも繰返し三軸試験から強度・変形特性を求めようとするのが多い。

不攪乱砂の場合、長期の圧密や応力履歴等によるセメンテーションが見かけの高密度化現象を生み出し、この部分にせん断特性が大きく影響するものと推定される。

そこで今回、成田砂を用いて不飽和実固め法で供試体を作成し、原位置の状態の密度ではなく、より密な範囲において、不攪乱砂の三軸液状化強度と比較した。

2. 試料および試験方法

試料は千葉県産の洪積成田砂で、不攪乱試料はブロックサンプリングにより採取した。採取した砂の物理的性質および粒度曲線を図1に示す。

この砂は粒径 $75\mu\text{m}$ 以下の細粒分を25%以上も含む。

不攪乱供試体は、ブロックからトリマーを用いて成形し、シールして凍結保存した。攪乱供試体は不飽和実固め法(Wet-Tamping Method)で作成した。

この方法を用いた理由は、細粒分を含む砂では最も高い密度が得られ、前もって軸方向に応力履歴を与えるため、必ずしも極度に伸張側に片寄ることがなく、比較的真円的な変形状態が得られるからである。

以上の方法で作成した供試体は、飽和化後、背圧を 2.0kg/cm^2 を加え、 B 値 ≥ 0.98 とした。その後、有効拘束圧 $\sigma'_c = 1.0\text{kg/cm}^2$ で等方圧密後、非排水繰返しせん断を行った。周波数は $f = 0.1\text{Hz}$ である。また、排水三軸圧縮試験も行った。

3. 試験結果および考察

3-1 排水三軸圧縮試験結果

図2に排水三軸試験結果を示す。最大軸差応力で比較すれば、不攪乱試料より少し密に再構成砂の試料を作成すると($\sigma'_c = 2.0\text{kg/cm}^2$ の場合)、両者の間に明確な違いは認められない。また、軸ひずみ～体積ひずみの関係も不攪乱試料と再構成砂の試料とはほとんど変わりなく、吉見²⁾らの言うように乱さない試料と詰め直した試料の排水せん断強度はほとんど変わらない。

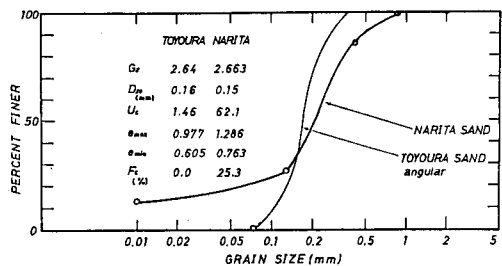


図1. 試料物理特性

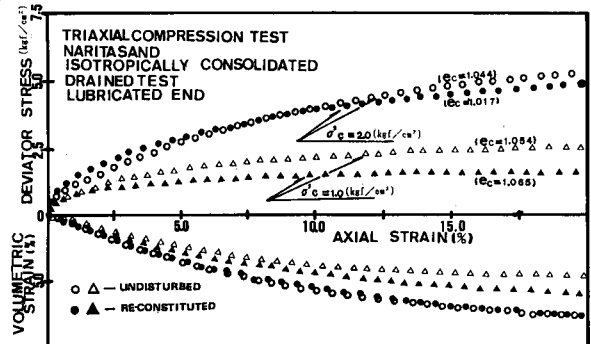


図2. 排水試験結果

しかし、間隙比がほぼ同じな $\sigma'_c = 1.0\text{kg/cm}^2$ の場合には、明らかに違いが認められる。

吉見²⁾らは、細粒分のない気乾状態の砂を空中落下法で作成し、軸ひずみ 0.1% 程度生じるよう3万回の軸差応力を与え(結果的に間隙比は減少している)、負のダイラタンシー特性を不攪乱試料と同じにしているが、今回のように細粒分を多く含む成田砂のような場合には、間隙比を少し変えれば不飽和実固め法で試料を作成すると、不攪乱試料とはほぼ同じ負のダイラタンシー特性を

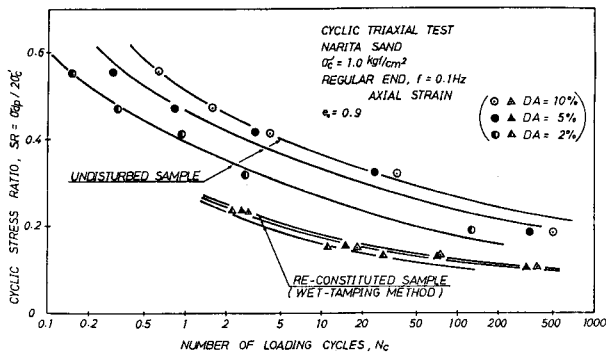


図3. 応力比と繰返し回数との関係

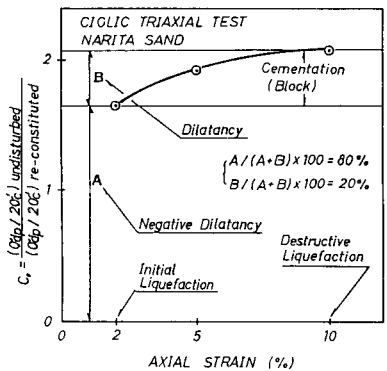


図4. 補正係数 C_0 と軸ひずみの関係

えることができるようである。

3-2) 不攪乱砂と再構成砂の三軸液状化強度

図3に $C_c = 0.9$ の場合の応力比～繰返し回数の関係を示す。また、図4には $C_c = 0.9$ と 1.0 の場合から求めた C_0 の値を軸ひずみに対して示す。ここで言う C_0 は不攪乱砂の応力比を再構成砂のそれと除した値である。ここに $DA = 2\%$ は、いわゆる初期液状化に対応している。図中に示すBの部分は不攪乱砂と再構成砂でサイクリック・モビリティが異なることによるもので、 $DA = 10\%$ における C_0 の値の約20%を占めている。また、Aの部分は負のダイラタンシーが不攪乱砂と再構成砂の間で異なることによるものと考えられる。同一密度にもかかわらず、このようにダイラタンシー効果に差が生じる原因としては、不攪乱砂が長期の圧密や応力履歴によるセメンテーションにより部分的なブロック現象が生じ（その模式図を図7に示す）、このブロック間でのダイラタンシーが生じるため、あたかもより高い密度の試料をせん断しているような結果として表われてきたものと考えられる。すなわち、ブロック内の空隙として死んでいることになる。

そこで、応力比～間隙比の関係と求めれば図5に示す如くであり、再構成砂の間隙比を不攪乱試料の $1/1.24 \sim 1/1.30$ 倍すれば、不攪乱試料の三軸液状化強度を推定できるようである。図6には、この関係を軸ひずみに対して示す。

〈謝辞〉本研究を進めるにあたり、東京大学生産技術研究所の龍岡丈夫助教授に御指導をいただいた。また実験は武蔵工業大学の老田良一・舩田一秀・高橋正氏に手伝っていただいた。未筆ながら感謝の意を表します。

〈参考文献〉1) 吉見時松他, “強固な砂の排水切断時性と非排水せん断強度の比較” 土質工学会シンポジウム, 1984 2) 岡本越智, “不攪乱砂の三軸液状化強度とせん断液状化強度” 第20回土質工学会発表会, 1985

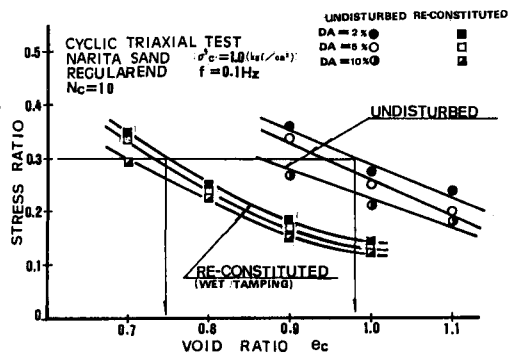


図5. 応力比～間隙比の関係

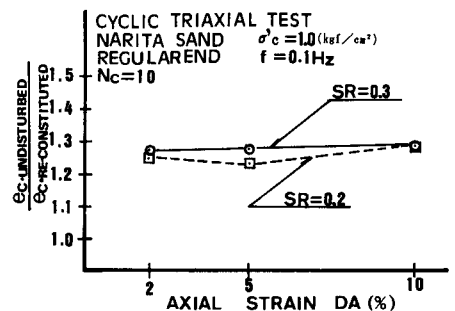


図6. 間隙比の比率と軸ひずみの関係

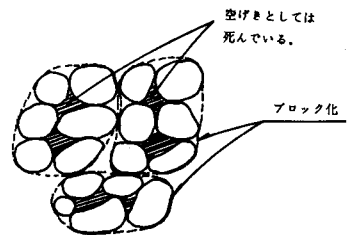


図7. 見かけの高密度化現象の模式図