

異方性の発達のしやすさの違いが再液状化現象に与える影響

福岡大学 学生会員 ○高森智子 松元真美
正会員 山田正太郎 佐藤研一

1. はじめに

著者らはこれまでに、豊浦砂を用いた実験により、液状化中には異方性がめまぐるしく変動することを示すと共に、液状化終了時の異方性の発達状態に応じて液状化抵抗が激しく増減することを示してきた¹⁾。本研究では、新たに筑紫沖積砂で採取した沖積砂に対し、同様な実験を実施した。両試料の実験結果を比較することで、試料によって液状化中の異方性の発達のしやすさが異なり、このため再液状化抵抗が著しく増減する砂質土もあれば、さほど変化しない砂質土もあることを示していく。

2. 実験概要

2-1 実験試料及び供試体作成法

試料には豊浦砂、筑紫沖積砂の2試料を用いた。各試料の粒径加積曲線を図-1に、物理特性を表-1に、顕微鏡写真を写真-1に示す。豊浦砂は粒径の非常に揃った試料で、筑紫沖積砂は少し粒度の良い試料である。また、豊浦砂は筑紫沖積砂に比べ角がとれて丸い形状をしている。供試体作成時の目標相対密度 D_r は、図-2と3に示す実験では80%、図-4に示す実験では60%とした。

2-2 実験条件

拘束圧98.1kPa、バックプレッシャー198kPa以上で実験を行った。いずれの試料もB値が0.96以上であることを確認している。単調非排水せん断、繰返し非排水せん断共に、載荷速度0.12%/min以上でひずみ制御にて行った。以下では液状化履歴を受けた供試体の単調非排水せん断挙動を示すことで、両試料の異方性の発達のしやすさを比較すると共に、再液状化挙動を示すことで、両試料の液状化抵抗の変動のしやすさを比較する。

2-3 液状化履歴の与え方 液状化履歴を与えるために、まず、ひずみ制御にて応力振幅一定の繰返し非排水せん断を行い、供試体を液状化させた。両振幅軸ひずみが5%に達するのを確認してから、図-2に示す点[a]~[e]で液状化試験を停止し、応力制御状態に切り替えてから等方応力条件下で一旦排水させ、応力状態を液状化前の状態に戻した(点[a]~[e] → 点[s])。その後、再びひずみ制御状態に戻してから、単調もしくは繰返し非排水せん断を行った。

3. 液状化履歴を受けていない砂の単調および繰返し非排水せん断挙動

図-2に両試料の単調および繰返し非排水せん断挙動を示す。単調せん断挙動から、両試料の間に硬化の仕方や初期異方性の表れ方に違いがあることが分かる。また、繰返し非排水せん断挙動においても、平均有効応力の減少の仕方やひずみの生じ方に違いがあることが分かる。しかし、どちらの試料も最終的にはサイクリックモビリティを描き、ひずみを顕著に生じる状態になることが分かる。また、一般的に粒度の悪いものは粒度の良いものに比べ液

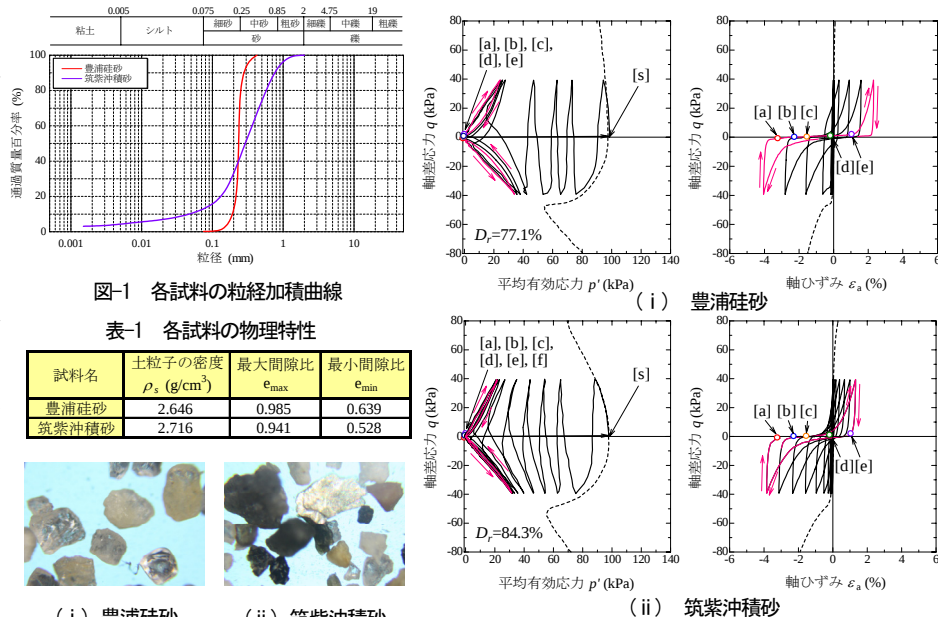


写真-1 各試料の顕微鏡写真

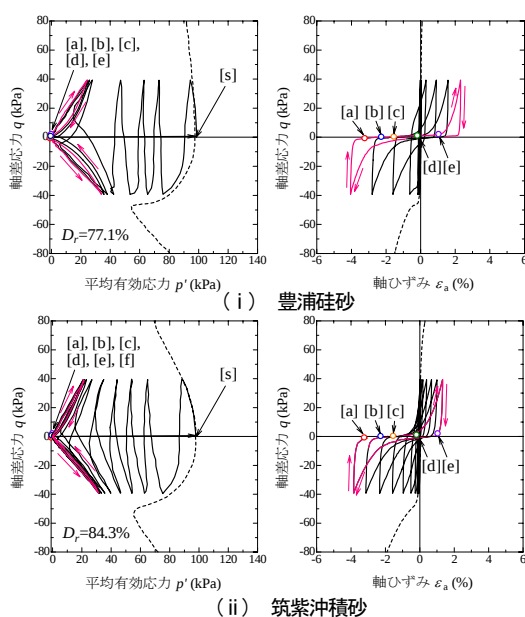


図-2 液状化履歴を受けていない砂の単調および繰返し非排水せん断挙動

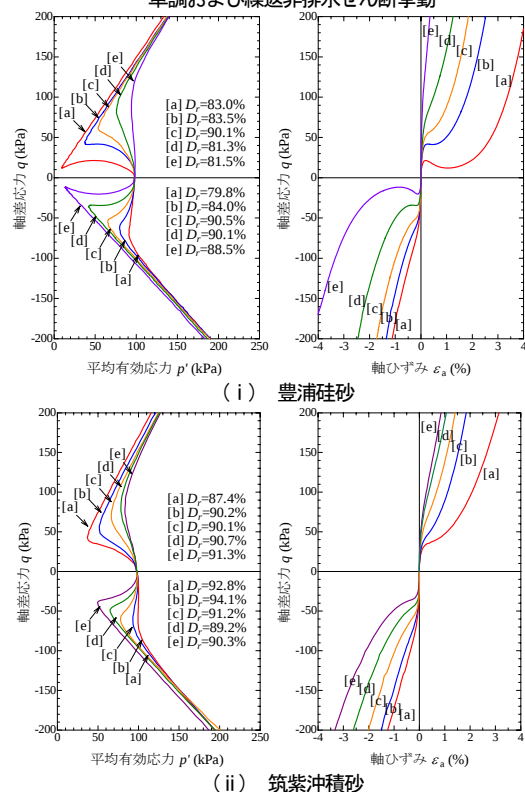


図-3 液状化履歴を受けた砂の単調非排水せん断挙動

状化しやすいと言われているが、相対密度を合わせて実験を行った結果、両振幅軸ひずみが5%までに達するまでの繰返し回数ほぼ同程度であったため、粒度の良さと液状化のし易さは一般にいわれるほど単純ではないことが分かる。

4. 液状化履歴を受けた砂の単調非排水せん断挙動

図-3に各試料の液状化履歴を受けた状態での単調非排水せん断挙動を示す。両試料共に液状化中には異方性が連続的かつ規則的に変化していることが分かる。停止位置の移動に合わせて挙動の変化を追っていくと、点[a]では伸張側に発達した異方性がその後のひずみ履歴を通して徐々に弱まり、点[c]で一旦等方的な挙動を示し、点[e]では圧縮側に点[a]と同程度まで発達していることが分かる。また、豊浦硅砂の点[a]や[e]で停止した場合の挙動に着目すると、圧縮側と伸張側の差が大きくなっているため、高位に異方性が発達していることが分かる。一方、筑紫沖積砂では異方性の発達は見られるものの、豊浦硅砂ほど高位に発達していないことが分かる。このように、同じ砂質土でも異方性の高位に発達する試料とさほど発達しない試料がある。なお、以下に示す実験結果においても確認できるように、豊浦硅砂の点[a]や[e]で停止した場合のように高位に異方性が発達している場合には、あるせん断方向で非常にゆるい砂に似た挙動を示すため、非常に低い液状化抵抗を示す¹⁾。

5. 液状化履歴を受けた砂の繰返し非排水せん断挙動 (再液状化挙動)

最後に、液状化試験を計5回繰り返した結果について示す。各回の液状化試験を同図の丸印の位置で停止し、応力制御状態に切り替えてから等方応力条件下で一旦排水した後、次の液状化試験を行った。供試体作成時の目標相対密度は60%である。図-4に両試料の再液状化挙動を示す(各回の供試体の相対密度は図中に示す)。豊浦硅砂では、最終的な液状化履歴の与え方(液状化試験の停止位置)に応じて液状化抵抗が著しく増減している。2回目や4回目に低い液状化抵抗を示しているのは1つ前のせん断において、除荷した直後(図-2の点[a]に近い状態)に液状化試験を停止したことにより、異方性が高位に発達しているからである。一方で、3回目のように、1つ前の液状化試験を図-2の点[c]に近い状態で止めた場合には、液状化終了時に比較的等方的な状態になるために、密度の増加からだけでは説明できないほどに液状化抵抗が増加している。また、再液状化抵抗の増減が異方性と密接に関連していることは、有効応力が2回目のように伸張側で大きく減少する場合もあれば、4回目のように圧縮側で大きく減少する場合もあることから分かる。このように、豊浦硅砂のように異方性の発達しやすい試料では、異方性の影響が密度の影響を上回って表れることで、液状化抵抗が著しく増減する。これに対し、筑紫沖積砂のように比較的異方性の発達しにくい試料では、同様な履歴を受けても、豊浦硅砂ほど顕著に液状化抵抗が増減していない。これらのことから、異方性の発達のしやすさは、液状化抵抗にとって非常に重要な因子になっていることが分かる。なお、どちらの試料も液状化中の変形のしやすさには、密度増加の影響が素直に表れて、徐々にひずみが生じにくくなっている。

6. まとめ

本報告では、同じ砂質土でも異方性の発達しやすい試料と発達しにくい試料があることを示した。また、異方性の発達しやすい試料では液状化終了時の異方性の発達状態に応じて液状化抵抗が著しく増減するのに対し、一方、異方性の発達しにくい試料では液状化抵抗の多少の増減はあるものの、さほど変化しないことを示した。

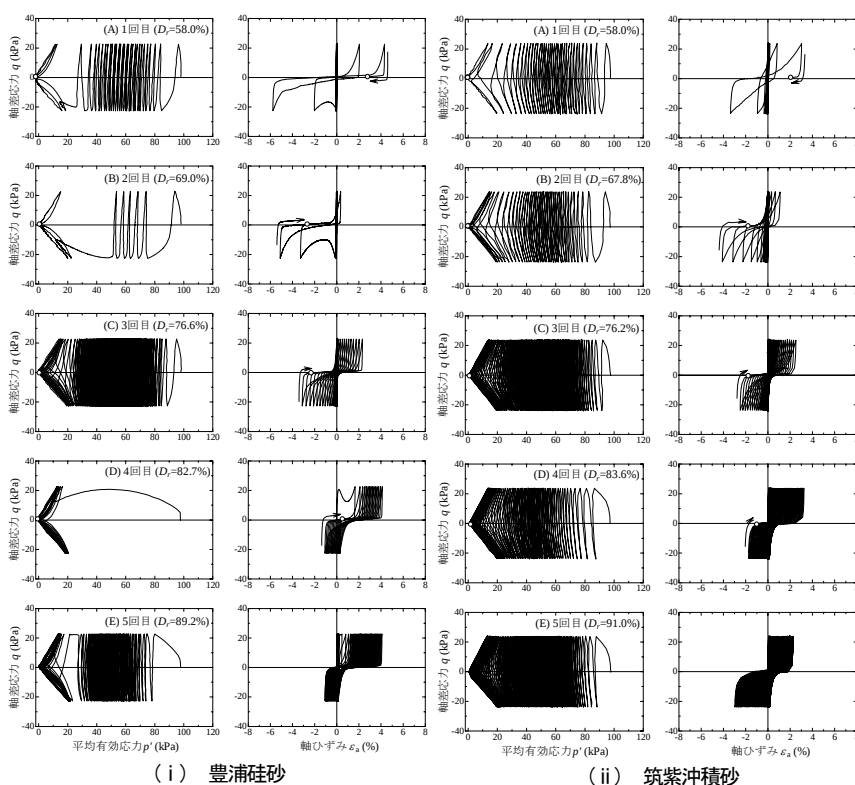


図-4 各試料の再液状化挙動