

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○山田 かりん  
広島大学大学院工学研究科 学生会員 高町 茉莉  
広島大学大学院工学研究院 国際会員 一井 康二

1. はじめに

一般の液状化試験では複数の供試体を必要とするため、供試体の性質が同様であることが前提となる。しかし、実地盤では、同一の地盤から試料を採取し供試体を作成しても、供試体はそれぞれ異なった性質を示すことがある。この理由は、土粒子の堆積状態や、地盤内の細粒分の分布状態の違いなどの供試体の性質の違い、特に微視構造の違いが考えられる。例えば、同じ材料で、同一の相対密度となるよう供試体を作成しても、供試体の作成方法や堆積方向によって液状化強度が変化することが知られている<sup>1)2)</sup>。つまり、液状化試験を行う前に供試体の性質の同一性を確認することは重要であると考えられる。しかし、堆積状態や地盤内の細粒分の分布状態によって生じた供試体の性質の違い、特に微視構造の違いを把握する手法は未だ提案されていない。

そこで本研究では、供試体の作成方法及び堆積した地盤の向きの違いが土の吸水性と保水性に与える影響を計測し、供試体の微視構造を非破壊的に計測する手法の確立を目指す。

2. 実験方法

土の吸水性試験では、図 1 に示す供試体ケースを用いて実験を行った。供試体ケースは内寸で 1 辺が 9.5cm の立方体であり、底面に直径 3mm の穴を 6 箇所開けて、そこから給排水できるように加工してある。以下に実験手順について述べる。まず、図 2 に示すように、水をはった水槽内に供試体を設置し、10 分間隔ごとに供試体質量を計測した。この時、供試体が吸水が行う過程で水位が低下してもそのままにして計測を行った。測定終了後は、供試体を炉乾燥に入れ十分放置した後、質量を計測し、各測定時間での供試体質量及び炉乾燥後の供試体質量から、各測定時刻での含水比を算出した。本実験の全実験ケースを表 1 に示す。ここで、表に示す“Type”とは供試体作成フローの違いを示している。Type 1 は供試体ケースに直接、砂を堆積させて供試体を作成した場合、Type 2 は供試体を作成した後、飽和させて凍結させた場合、Type 3 は砂槽に砂を堆積させて飽和させた後、凍結し、切り出した場合を指す。

土の保水性試験では、土の保水性試験の 1 つである土柱法を行い水分特性曲線を作成した。図 3 に示すように、内径 5.6cm、高さ 5cm の円筒をテープで繋ぎながら、円筒中に空中落下法と水中落下法で砂を堆積させ、供試体を作成した。

表 1 実験ケース

| Case   | Type   | 供試体作成方法 | 向き   |
|--------|--------|---------|------|
| Case 1 | Type 1 | 空中落下法   | そのまま |
| Case 2 |        | 水中落下法   | そのまま |
| Case 3 | Type 2 | 空中落下法   | そのまま |
| Case 4 |        | 水中落下法   | そのまま |
| Case 5 | Type 3 | 空中落下法   | そのまま |
| Case 6 |        |         | 横向き  |
| Case 7 |        | 水中落下法   | そのまま |
| Case 8 |        |         | 横向き  |

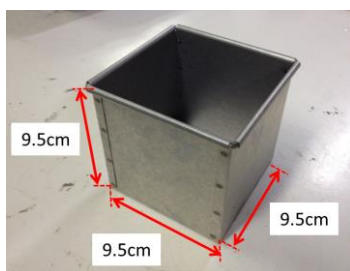


図 1 供試体ケース

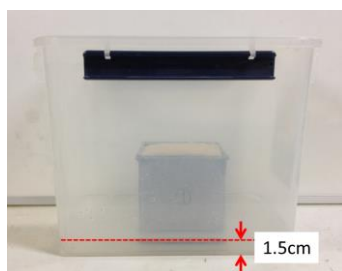


図 2 土の吸水性試験風景

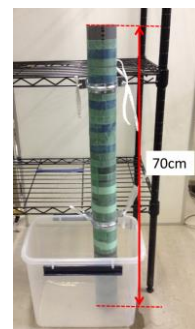


図 3 土の保水性実験装置  
(土柱法)

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 土の吸水性試験

図 3 は空中落下法で供試体を作成した場合（Case 1）における実験結果と、水中落下法で供試体を作成した場合（Case 2）における実験結果の比較である．これより、水中落下法で作成した供試体は空中落下法で作成した供試体に比べて、含水比の上昇速度が大きいことが見てとれる．これは、空中落下法で供試体を作成した場合は土粒子の間隙の大きさが均一に形成されるのに対し、水中落下法で作成した場合は土粒子の間隙の大きさにばらつきが生じるためだと考えられる．

図 4（a）に空中落下法で供試体を作成した場合（Case 1, Case 3, Case 5）における実験結果を示す．また、図 4（b）に水中落下法で供試体を作成した場合（Case 2, Case 4, Case 7）における実験結果を示す．ここで、Case 1, Case 2 は供試体ケースに直接、砂を堆積させて供試体を作成した場合、Case 3, Case 4 は供試体を作成した後、飽和させて凍結させた場合、Case 5, Case 7 は砂槽に砂を堆積させて飽和させた後、凍結し、切り出した場合である．図 4（a）（b）より、Case 1 と Case 3, Case 2 と Case 4 では実験結果にそれほど違いが見られない．これより、空中落下法、水中落下法のどちらの方法で供試体を作成しても、飽和させて凍結させたことによる供試体への影響は小さいと考えられる．また、Case 1, Case 3 と Case 5 の実験結果にはそれほど違いが見られないのに対し、Case 2, Case 4 と Case 7 では実験結果に違いが見られる．これは、砂槽から供試体を切り出す際に、土粒子が乱れたことが影響していると考えられる．水中落下法で供試体を作成した場合、図 3 より推定したように土粒子の間隙の大きさにばらつきが生じ、間隙の小さい部分があると考えられる．そして、供試体の切り出しの際に、この間隙の小さい部分が、土粒子が乱されたことでなくなってしまい、Case 7 では含水比の上昇速度が抑えられた可能性が考えられる．

図 5（a）に空中落下法で供試体を作成した場合（Case 5, Case 6）における実験結果を示し、図 5（b）に水中落下法で供試体を作成した場合（Case 7, Case 8）における実験結果を示す．ここで Case 5, Case 7 は供試体の向きがそのままの場合の実験結果であり、Case 6, Case 8 は供試体の向きが横向きの場合の実験結果であって、供試体の向きの違いによる土の吸水性の違いを比較している．図 5（a）（b）より、空中落下法、水中落下法のどちらの方法で供試体を作成しても、供試体の向きがそのままの場合より、横向きの方が含水比の上昇速度が大きいことが見てとれる．これは、図 6 に示すように、土粒子間の間隙が水平方向に広がっていることが原因であると考えられる．つまり、供試体を横向きにすることで、吸水方向に対し土粒子間の間隙が狭くなりサクションが大きくなることで、含水比の上昇速度が大きくなったと考えられる．

以上の実験結果から、供試体の作成方法及び堆積方向の違いによる供試体の微視構造の違いは含水比の上昇速度に影響を及ぼすことが明らかになった．

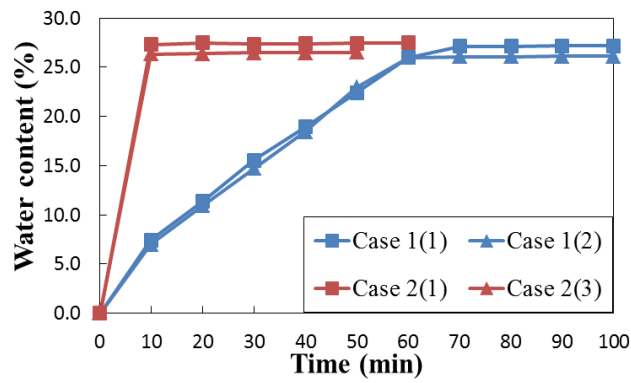
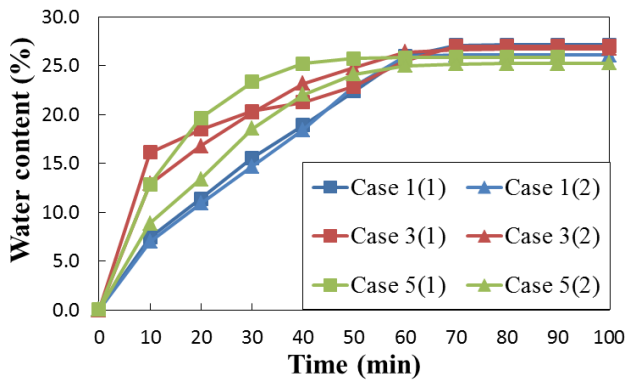
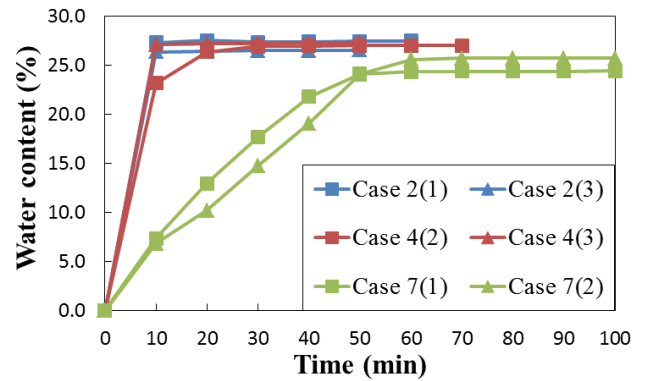


図 3 供試体作成方法による違い

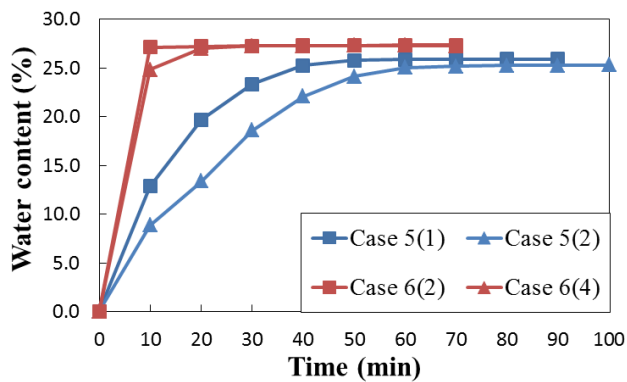


(a) 空中落下法

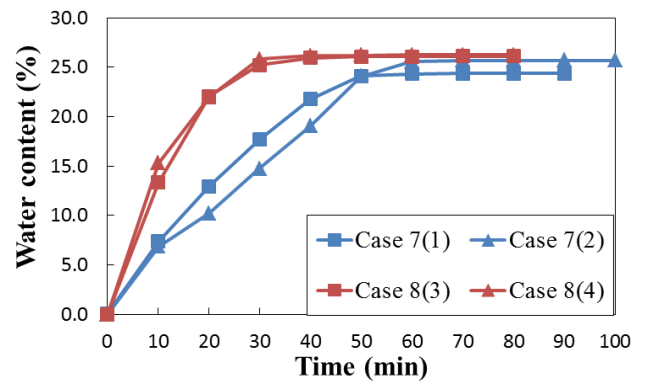


(b) 水中落下法

図 4 供試体作成フローによる違い



(a) 空中落下法



(b) 水中落下法

図 5 供試体の向きによる違い

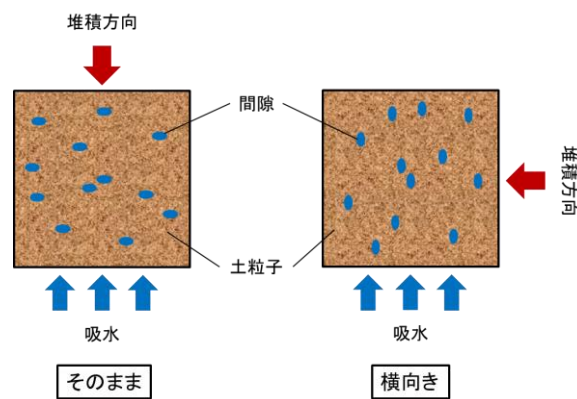


図 6 間隙の異方性のイメージ図

### 3.2 土の保水性試験

図 8 に実験より得られた水分特性曲線を示す。図 8 より、水中落下法で作成した供試体は、空中落下法で作成した供試体と比べて保水力が小さくなるが見てとれる。これは、水中落下法で供試体を作成した場合に、間隙の大きさにばらつきが生じ、間隙の大きい部分で排水が早く進んだためだと考えられる。また、本実験では、土柱法の実験結果を用いて間隙分布の推定を行った。図 9 に推定された間隙分布を示す。これより、水中落下法で作成した供試体は、空中落下法で作成した供試体と比べて間隙径が大きいと推定できる。これは、水中落下法で作成した供試体は、空中落下法で作成した供試体に比べて液状化強度が小さくなること<sup>1)</sup>と整合する。以上の実験結果から、供試体の作成方法による供試体の微視構造の違いは土の保水性に影響を及ぼすことが明らかになった。

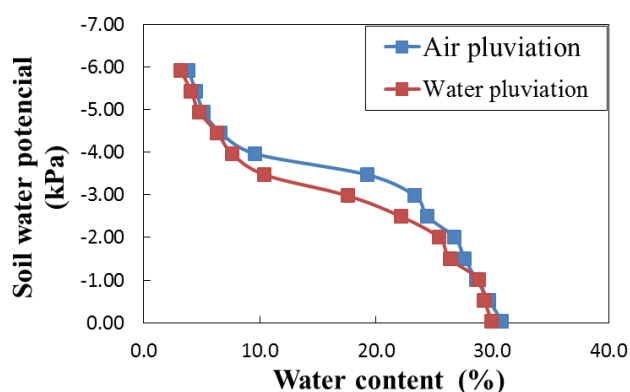


図 8 水分特性曲線

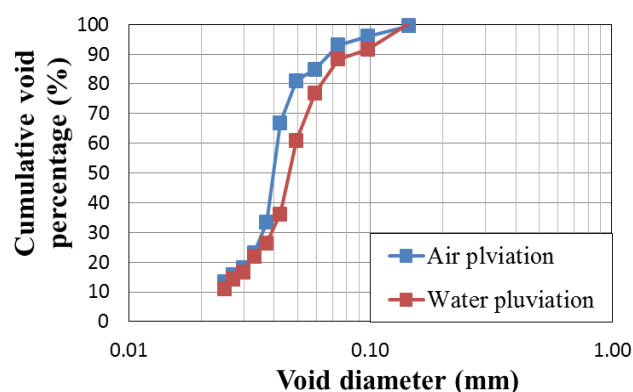


図 9 推定された間隙分布

### 4. まとめ

土の吸水性試験から、空中落下法で作成した供試体は、水中落下法で作成した供試体に比べて吸水速度が大きくなることが明らかになった。また、空中落下法、水中落下法のどちらの方法で供試体を作成しても、供試体の飽和、凍結によって吸水速度は変化しないが、水中落下法で供試体を作成した場合は、切り出しによって吸水速度が小さくなった。さらに、空中落下法、水中落下法のどちらの方法で供試体を作成しても、供試体を横向きに変えると吸水速度が大きくなった。

土の保水性試験から、水中落下法で作成した供試体は、空中落下法で作成した供試体に比べて排水が早く、保水力が小さいことが明らかになった。また、水中落下法で作成した供試体は、空中落下法で作成した供試体に比べて間隙径が大きいことが推定され、これは既往の研究と整合した。

以上より、供試体の作成方法及び地盤の堆積方向による供試体の微視構造の違いは、土の吸水性と保水性に影響を与えることが確認され、吸水性や保水性から供試体の微視構造を非破壊で評価できることが分かった。

### 5. 参考文献

- 1) 下井田貴史，木下貴夫，佐藤研一，吉田信夫：供試体作成方法に着目した砂の液状化特性.土木学会西部支部研究発表会，1997. 3.
- 2) 山下聡，土岐祥介，三浦清一：異方圧密履歴による構造異方性砂の液状化挙動の変化. 土木学会論文報告集，1990，vol.51，no.2，p.167-178