

## 供試体の作製方法が薬液固結砂の性状に及ぼす影響について

浸透注入法 一軸圧縮強度 水中落下法

早稲田大学 学生会員 ○森拓之  
早稲田大学 国際会員 赤木寛一  
早稲田大学 学生会員 小川航平、仲田泰大  
ケミカルグラウト(株) 川村淳

### 1. はじめに

我が国は世界有数の地震大国であり、近年日本各地で大規模な地震による被害が発生している。その中でも、1995年の阪神淡路大震災や2011年の東日本大震災における液状化の被害は甚大なものであった。このような背景から、さまざまな液状化防止対策について考案・検討がなされており、既存施設直下地盤の液状化対策においても、薬液注入工法が有効であるとされている。その改良効果については室内試験用供試体を用いて、その性能を把握している。

しかしながら、薬液改良供試体作製において、従来は水中落下法で供試体を作製していたが、既往の研究<sup>1)</sup>で供試体の飽和度・一軸圧縮強度においてばらつきが確認され、薬液改良体の十分な検証が困難であった。そこで、本研究では、脱気を行うことにより十分飽和度を高められる薬液浸透法により供試体を作製することで、従来の水中落下法で作製した供試体との性状を比較・検討をし、供試体作製方法が性状に及ぼす影響の確認、さらには供試体作製方法の検討を目的とした研究を行った。

### 2. 試験内容

#### 2.1 供試体の条件

供試体の作製は、プラモールド(φ5cm×10cm)を用いて行った。薬液については、特殊中性・酸性薬液を用いた。また、供試体作製に使用した東北珪砂4号の物理的性質を表1に、薬液の配合を表2に示した。

表1 東北珪砂4号物理的性質

土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.62
最大間隙比 e <sub>max</sub>	0.736
最小間隙比 e <sub>min</sub>	0.469

表2 薬液1L当たりの配合表

A液		B液	
主剤	250 (ml)	反応剤	25 (ml)
水	650 (ml)	添加剤	10 (ml)
		水	69 (ml)

#### 2.2 実験手順

##### ・供試体作製方法

①作製する供試体寸法をφ5×10cmとし、目標相対密度から珪砂投入量(重量)を定める。

②φ5×16cmの亚克力製モールド底に薬液注入口から珪砂がこぼれ落ちていかないように網を敷く。

③量り取った珪砂を水中落下法により、供試体の高さが10cmになるように投入する。このとき、相対密度は80%となるようにした。

##### ・浸透注入方法

脱気を行うことにより十分に飽和度を高めることができ、写真1のように下部から薬液を浸透させて供試体を作製するものである。なお、図1に水中落下法を参考のために示す。

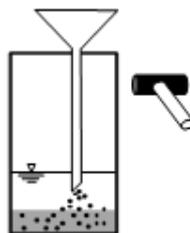


図1 水中落下法



写真1 浸透注入の様子

### 3. 実験結果

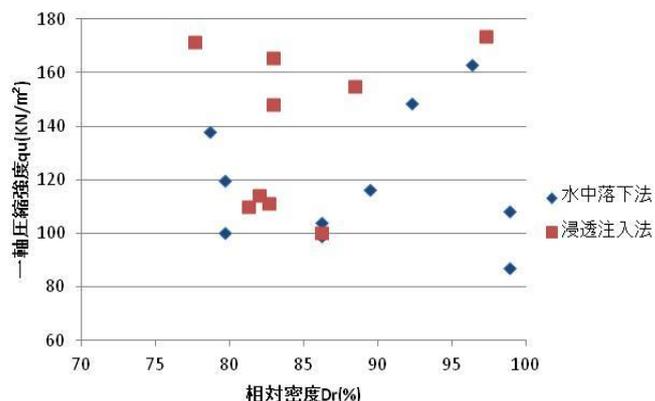


図2 相対密度と一軸圧縮強度の関係

図2は相対密度と一軸圧縮強度の関係を表したものである。水中落下法で作製した供試体と浸透注入法により作製した供試体において、一軸圧縮試験を行いそのデータを比較した。この結果から、相対密度のばらつきは同等であるが、浸透注入法の方が高い強度を得られることが確認出来た。一方、水中落下法により作

製した供試体の一軸圧縮試験の際に供試体上部がすぐに破壊してしまうケースが多く見られた。

目標相対密度を 80% に設定していること考慮すると、浸透注入法は目標の 80% 付近に集中していることが確認出来る。

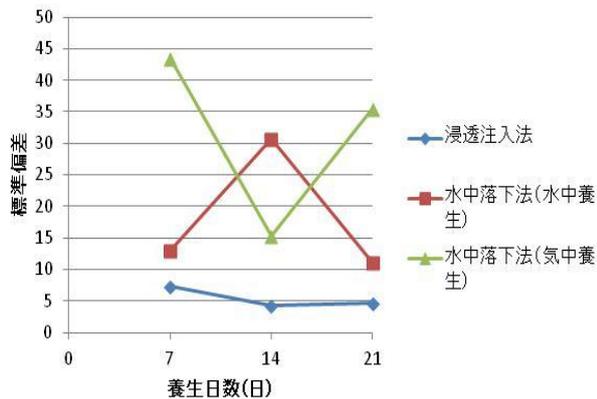


図3 養生日数と標準偏差の関係

図3は養生日数と標準偏差の関係を表したものである。浸透注入法、水中落下法（水中養生）、水中落下法（気中養生）の各項目において養生日数が7日、14日、21日の時の供試体各3本で一軸圧縮強度を測定し、ばらつきを表す数値である標準偏差として示した。その結果、浸透注入法では一軸圧縮強度にばらつきが少なく、安定した強度発現をしている事が確認出来た。一方、水中落下法（水中養生）、水中落下法（気中養生）においては、最大一軸圧縮強度は高い数値を示しているが、強度にばらつきが見られ、安定した強度発現は確認出来なかった。

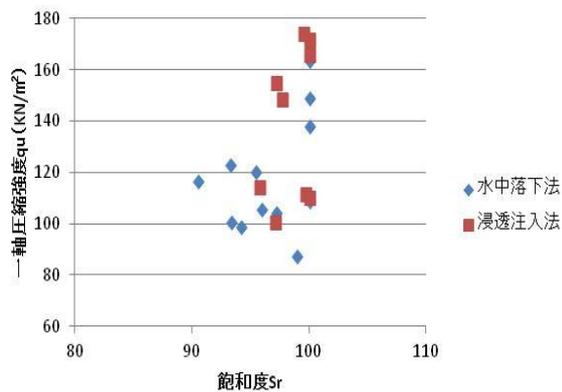


図4 飽和度と一軸圧縮強度の関係

図4は飽和度と一軸圧縮強度の関係を表したものである。水中落下法により作製した供試体と浸透注入法により作製した供試体を比較した。この結果から、浸透注入法で作製した供試体はほぼ全ての供試体で飽和度 95%~100% の結果が得られた。また、一軸圧縮強度の平均値は浸透注入法が 138.9(KN/m<sup>2</sup>)、水中落下法が 121.5(KN/m<sup>2</sup>)となり、浸透注入法の方が高い値を得られた。

#### 4. X線 CT スキャン実験

上記の実験とは別に、薬液固化供試体について X 線 CT スキャン実験を行っている。室内試験のばらつきの要因として、薬液ホモゲルの固化に伴う体積変化によって砂粒子の分布にばらつきがあると仮定し、供試体内の砂粒子の分布状況が三次元的に表現でき、かつそれが固化過程に伴いどのように変化していくかを把握することが出来る実験である。

この試験でスキャンした画像を見ても、水中落下法により作製した供試体の下部の砂粒子の方が密になっていることは明らかであった。

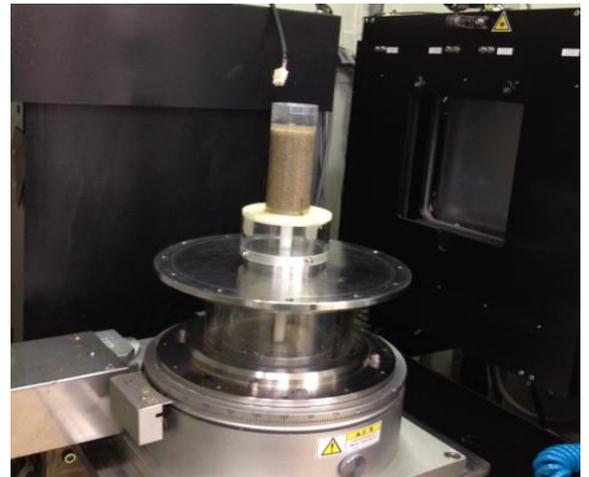


写真2 X線 CT スキャン実験の様子

#### 5. まとめ

今回の実験的検討から得られた知見は以下のよう  
に要約できる。

- (1) 浸透注入法により作製した供試体と水中落下法により作製した供試体を比較し、前者は安定した強度発現と、目標とする相対密度、飽和度を概ね達成することが出来た。
- (2) X 線 CT スキャンの結果からも供試体上部の緩さは明らかであった。今後、スキャンにより薬液ホモゲルの膨張収縮による砂粒子の挙動を観察して、薬液改良体の強度発現メカニズムを解明していく予定である。

#### 6. 謝辞

本研究に際して試験装置のご利用をご快諾頂き、様々なご指導を賜りました港湾空港技術研究所の皆様、また実験の際にご協力を頂いたケミカルグラウト株式会社の皆様に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 岩崎、赤木：薬液ホモゲルの収縮とサンドゲルの強度発現の関連性について、第9回地盤工学会関東支部発表会、2012