

薬液ホモゲルの体積変化が薬液固結砂の土粒子移動に与える影響について

薬液 ホモゲル CT スキャン

早稲田大学 学生会員 ○門田桃子

早稲田大学 国際会員 赤木寛一

早稲田大学 学生会員 仲田泰大,森拓之

ケミカルグラウト(株) 川村淳,渡邊陽介

1. はじめに

日本では地震が多く発生し、その地震により大きな被害が生じている。2011年の東日本大震災においては、埋め立て地を中心とした液状化の被害は甚大であった。近い将来、首都直下地震が懸念される中で、液状化対策は急務であるといえる。そのような液状化対策の工法のひとつとして、薬液注入工法がある。薬液注入工法とは、薬液が砂粒子間の水と置き換わりながら浸透し、地盤を固結させる工法である。この工法における固結砂の強度についてはバラつきが生じることが多く、強度発現についてはホモゲルの収縮に着目した研究¹⁾があるが、未解明な点が多い。

昨年度に行った研究²⁾では、薬液ホモゲルの体積変化に伴い薬液改良体の体積変化が確認された。そこで本研究では、X線CTスキャンを使用し、薬液改良体の中の微小な鉄球の動きを追うことで薬液ホモゲルの体積変化が薬液固結砂の土粒子移動や強度に与える影響について調査することを目的とする。

2. 薬液ホモゲルの体積変化が改良供試体の形状変化に及ぼす影響

まず、薬液ホモゲルの体積変化測定を行い、その後に薬液改良供試体についてCTスキャンを行った。使用した東北珪砂4号の物理的性質と薬液の配合は表1、表2に示す。また、供試体は薬液浸透注入法³⁾により作製し、 $\phi 5 \times h 10\text{cm}$ 、 $\text{Dr}=80\%$ とした。薬液のゲルタイムは6時間である。

表1 東北珪砂4号の物理的性質

土粒子密度 (g/cm^3)	2.62
最大間隙比 e_{max}	0.713
最小間隙比 e_{min}	0.469
D_{50} (mm)	0.85

表2 薬液の配合表 (ゲルタイム6時間)

A液	B液
主剤 250(ml)	反応剤 23.75 (ml)
水 650 (ml)	添加剤 16.25(ml)
	水 60 (ml)

薬液ホモゲルの体積変化測定を行った結果を図1に示した。なお、マイナス側が膨張、プラス側が収縮を表している。図1より、ゲルタイムの2.5倍(経過時間15時間)近くの経過時間までホモゲルが膨張し、その後は収縮していることが確認できる。

次に薬液改良供試体におけるCTスキャンの結果を図2に示す。図2は、供試体の各断面で観察された体積変化率をゲルタイム比の経過時間ごとに表したものである。図1と図2を比較すると、ゲル化初期に膨張し、その後収縮する挙動が類似しており、薬液ホモゲルの体積変化が薬液固結砂供試体の形状変化に与える影響を確認することができた。

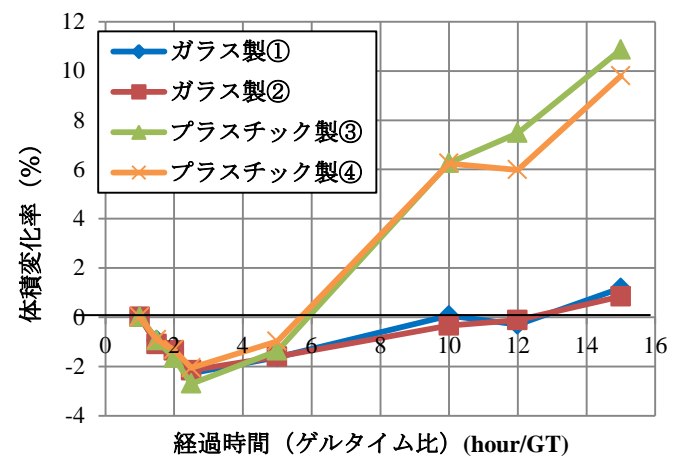


図1 体積変化率と経過時間の関係 (ホモゲル)

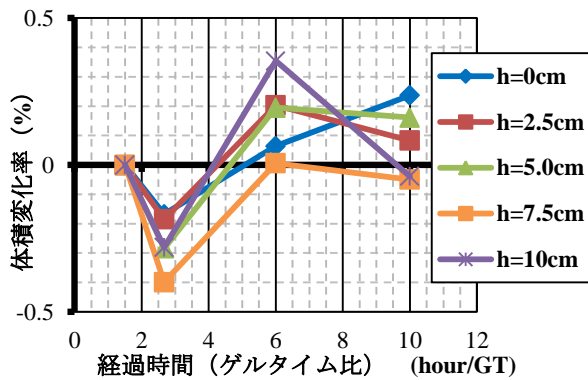
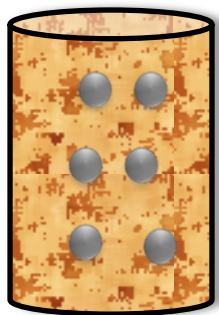


図2 体積変化率と経過時間の関係 (薬液固結砂)

3. 実験の概要

昨年度の研究ではホモゲルの体積変化に伴う供試体の体積変化について調査したが、個々の土粒子の移動状況についてまで解明することが出来なかった。そこで、図3に示すようにサンドゲル中に土粒子と密度の異なる物体(鉄球:直径1mm)をマーカーとして設置して、ホモゲルの体積変化に伴うマーカーの動きを追った。珪砂だけでなく、ガラスビーズにおいても同様に鉄球を入れたガラスビーズ供試体を作製しCTスキャンを行い、マーカーと土粒子との接触条件下のホモゲル体積変化に伴うマーカーの動きと、マーカーとガラスビーズとの接触条件下のホモゲル体積変化に伴うマーカーの動きを比較する。なお、東北珪砂4号、東北珪砂4号に相当する大きさのガラスビーズ(ここではガラスビーズ4号とする)を使用した。



供試体内に上中下と3段に
2つずつ物体を入れる。
物体:鉄球(直径1mm)

図3 鉄球を入れた薬液改良体概略図

供試体は水中落下法³⁾で $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ 、 $\text{Dr}=60\%$ として作製し、CTスキャン前に脱型し、供試体をラップで覆った。薬液は昨年度と同様に表2の配合で作製した。薬液のゲルタイムは6時間である。珪砂、ガラスビーズの供試体ともに、ゲルタイム1倍からCTスキャンの撮影を始め、1時間ごとに撮影した(日中の10時~17時)。本研究で用いたCTスキャン装置を写真1に示す。

画像解析にあたっては、供試体下部のマーカーを不動点とし、上部・中部のマーカーの動きを追う予定である。

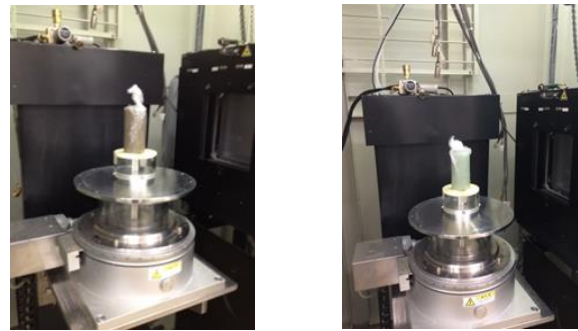


写真1 CTスキャンの様子

(左:珪砂 右:ガラスビーズ)

珪砂とガラスビーズを比べると、摩擦の少ないガラスビーズの条件下でマーカーが大きく動く予想される。同時に、実地盤は珪砂の供試体に近いため、実地盤におけるホモゲルの体積変化の影響は少ないものと予想される。また、珪砂の供試体においてマーカーの動きが鮮明に撮影できていなかった場合、ガラスビーズの供試体におけるマーカーの動きを追うことで珪砂におけるマーカーの動きを検討する。以上のような手法で、ホモゲルの体積変化が土粒子の移動に与える影響について調査、解析を進めている。写真2は、ガラスビーズ供試体の横断面画像の一例である。

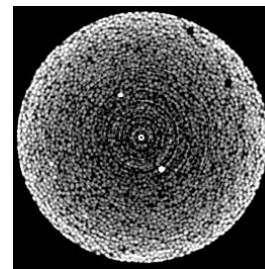


写真2 ガラスビーズ供試体の横断面画像の一例

4. 謝辞

本研究のX線CTスキャン実施にあたり、港湾空港技術研究所の水谷氏、篠永氏のご支援、ご指導を賜ったことを記し謝意を表します。

5. 参考文献

- 1) 末政、島田ら“低シリカ濃度の薬液を用いた改良体の強度増加メカニズム”土木学会第61回年次学術講演会 2006.09
- 2) 仲田、赤木ら“薬液ホモゲルの体積変化が薬液固結砂の力学性状に与える影響について”第49回地盤工学研究発表会 2014.07
- 3) 森、赤木ら“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”第10回地盤工学会関東支部発表会 2013.09