

薬液ホモゲルの体積変化が薬液固結砂の密度分布に与える影響

早稲田大学 学生会員 ○小川航平

早稲田大学 フェロー会員 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

我が国は世界有数の地震大国であり、その地震による被害の原因の1つが液状化現象である。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。このような背景により、液状化対策は、様々な工法が開発されているが、締め固め工法のような従来の工法では、既存施設を撤去して施工を行う必要があるため、より経済的で大規模施工が可能な液状化対策工法として注目されているのが“薬液注入工法”である。この薬液注入工法は、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。この薬液注入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、強度の発現については、ホモゲルの収縮に着目した研究¹⁾があるが、未解明の点が多い。

本研究では、マイクロX線CTスキャナを利用し、固結砂をCTスキャンすることで、薬液ホモゲルの体積変化が、供試体内部の密度分布に与える影響を調査した。

2. 実験内容

2.1 供試体の条件

使用した砂は、珪砂4号。表1に示す配合の特殊シリカ系薬液（シリカ濃度8%）を用い、薬液浸透法によりφ5×10cm、Dr=80%の供試体を作製した。使用した珪砂4号の物理的性質を表2に示す。

表1 薬液配合表

A 液		B 液	
主剤	250 (ml)	硬化剤	23.75 (ml)
水	650 (ml)	pH 調整剤	16.25 (ml)
		水	60 (ml)

表2 珪砂4号物理的性質

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

2.2 実験概要

まず薬液ホモゲルの体積変化測定を行い、その後に表2に示す配合の薬液と東北珪砂4号を用いて作製した供試体についてCTスキャンを行った。

(a) 薬液ホモゲルの体積変化について

1) 薬液を、A液とB液を混合することにより作製する。この薬液のゲルタイムは6時間である。

2) それぞれの濃度の薬液を容積100mlのガラス製とプラスチック製のメスフラスコの50mlまで入れる。（質量で測定）

3) 薬液を入れたガラス製とプラスチック製のメスフラスコを20℃で保温状態にしたインキュベータの中に入れる。この際、水の蒸発を防ぐためにメスフラスコの上部にはふたをした。

4) ゲル化後、100mlの位置まで水を注ぎ、ゲルタイムの時間倍に細かく区切った時間で添加した水の体積を測定する。

5) 薬液ホモゲルの体積変化量は（全体の体積）－（添加した水の体積）で求めた。薬液ホモゲルの体積変化率(%)は(体積変化量)÷(初期に入れた薬液の量50ml)で求めた。

(b) マイクロX線CTスキャンについて

過去に、供試体に対してマイクロフォーカスX線CTスキャナを用いた例として、菊池ら²⁾、高橋ら³⁾が挙げられる。これらによるとCTスキャンにより得られるGL値と供試体密度には相関関係があり、供試体内部の密度分布を測定する手段として、マイクロフォーカスX線CTスキャナは有効であることが知られている。

このGL値と密度との相関関係を利用し、薬液ホモゲルの体積変化と薬液供試体内部の密度分布の変化の関係について検討を行った。

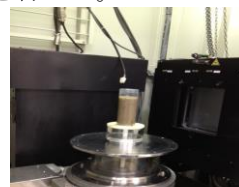


図1. マイクロX線CTスキャナ

3. 実験結果

(a) 薬液ホモゲルの体積変化特性

2.2 で示した試験方法により、薬液ホモゲルの体積変化測定を行った結果を図2に示す。図2より、ゲルタイムの2.5倍近くまで、ホモゲルが膨張し、その後、収縮していることが分かる。また、ガラス製のメスフラスコで測定した場合は、体積収縮率が2%以下に収まっているのに対し、プラスチック製の場合は、体積収縮率が10%程度と大きい値になっていることが分かる。この結果は、薬液ホモゲルにはSiが含まれている為、ガラスの場合、親和性が高くメスフラスコに付着し、収縮率が抑えられているためと考えられる。

(b) マイクロX線CTスキャン試験結果

CTスキャンによって得られた供試体位置下から0、2.5、5、7.5、10(cm)各々の断面でのGL値の平均を図3に示す。

図3を見ると供試体位置0(cm)でのGL値は、時間の経過に伴いあまり変化が無いが、供試体上部では、ゲルタイム2.5倍付近までGL値が増加し、その後減少している。これは、膨張し、その後収縮する薬液ホモゲルの挙動によるものと思われる。供試体上部では、薬液ホモゲルの収縮に伴い、供試体上部の密度が下がっていると考えられる。

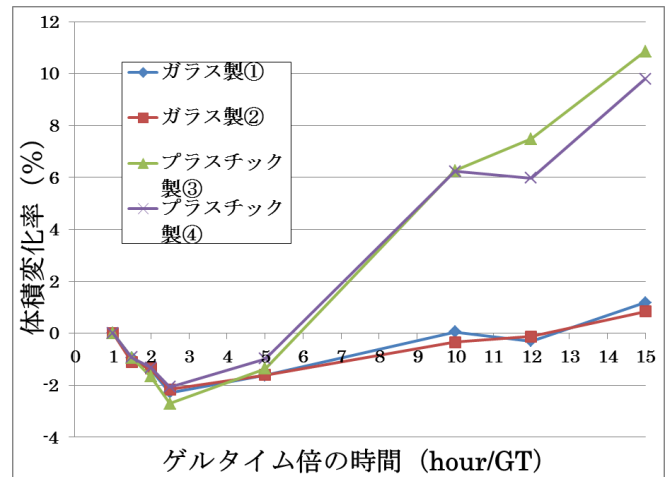


図2. 体積収縮率とゲルタイム倍の時間の関係

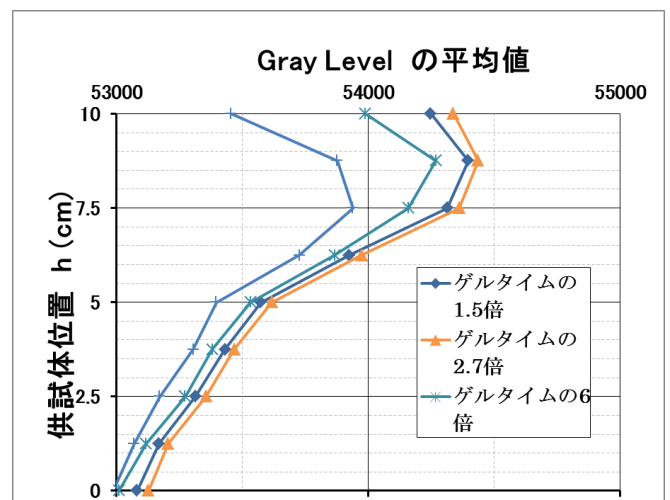


図3. 供試体位置とGL平均値の関係

4 まとめ

本研究は、薬液ホモゲルの体積変化が、薬液固結砂の密度変化に及ぼす影響を、薬液ホモゲルの膨張・収縮試験とCTスキャンにより実験的に検討したものである。これにより得られた知見は以下のようにまとめられる。薬液固結砂は、薬液ホモゲルの膨張と収縮に伴い供試体上部で密度の変化が起きていることが分かった。薬液固結砂の強度試験でよく見られる結果のばらつきは、この供試体下部と上部の密度変化の違いによるものと考えられる。

5 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、水谷氏、篠永氏のご配慮、ご招待を賜ったことを記し謝意を表します。

6 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年9月
- 2) 菊池、水谷ら “マイクロフォーカスX線CTスキャナの地盤工学への適用性の検討” 港湾空港技術研究所資料
- 3) 高橋、川尻ら “締固め方法がシルト質土の内部構造に及ぼす影響について” 第46回地盤工学研究発表会 p345-346 2011年7月