

薬液ホモゲルの体積変化と薬液固結砂の強度発現との関係

早稲田大学 学生会員 ○岩崎 光紀

早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一

ケミカルグラウト(株) 正会員 川村 淳 渡邊 陽介

1. はじめに

近年、我が国では大規模な地震が発生し大きな被害に遭っている。その被害として液状化現象が大きな問題となっている。1995年に発生した兵庫県南部地震や一昨年の東日本大震災においても、液状化による甚大な被害がもたらされた。そこで既存施設直下地盤に適用でき、経済的で大規模施工が可能な液状化対策工法として薬液注入工法が注目されている¹⁾。この薬液注入工法における固結砂の強度発現についてはホモゲルの収縮に着目した研究²⁾があるが、まだまだ未解明な点が多いというのが現状である。そこで、本研究では薬液ホモゲルの体積変化測定を行うことにより、薬液ホモゲルの体積変化の挙動を解明するとともに、薬液ホモゲルの体積変化と薬液固結砂の強度発現との関係についても実験的検討を行った。

2. 実験内容

(1) 供試体条件

本研究では表 1,2 に示す配合で特殊中性・酸性薬液を作製した。配合 1 のゲルタイムが約 12 時間で、配合 2 は約 56.5 時間と設定した。

表 1,2 に示した薬液と表 3 と表 4 に示す硅砂 4 号とそれと粒径は等しいが内部摩擦角の小さいガラスビーズを用いて薬液改良供試体を作製した。薬液改良供試体の大きさは $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ で、相対密度が 80% となるように水中落下法によりプラモールド中の薬液に投入して作製した。

(2) 実験概要

まず、表 1,2 に示した配合で作製した薬液ホモゲルを用いて体積変化測定を行った。次に、硅砂 4 号とガラスビーズを用いて作製した薬液改良供試体の一軸圧縮強度試験を行い、ホモゲルの体積変化と固結砂の強度発現との関係を考察した。

(a) ホモゲルの体積変化測定

薬液は溶液状からゲル化物質へと変化する際に体積変化を起こす可能性があり、ゲル化に伴い水(離しょう水)が出るのが考えられる。本研究では薬液ホモゲルの体積変化の挙動を解明することを目的とする。また、測定する容器の材料をガラス製、プラスチック製メスフラスコの 2 種類を用いることにより、材料の違いが測定結果に及ぼす影響について調査した。

実験では、表 1,2 の配合に基づき薬液を作製した。容積 100ml のメスフラスコに作製した薬液を 50ml 入れる。薬液を入れたメスフラスコを 20℃で恒温養生した。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。そして、ゲル化後に 100ml の位置まで水を注ぎ、所定の時間(ゲルタイムの倍数となるように設定した時間)経過後に添加した水の質量(m_w)=ゲル化した薬液と水の入ったメスフラスコの質量(m_0) - 水を捨て薬液のみが入っているメスフラスコの質量(m_1)で求め、それにより添加した水の体積(V_w)= m_w / ρ_w を算出する。この結果として、薬液ホモゲルの収缩量 = (全体の体積 100ml) - (V_w) を求め、体積収縮率(%)を(収缩量)÷(初期に入れた薬液の体積 50ml)で求めた。

表 1. 薬液 1ℓ 当りの配合表(配合 1)

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

表 2. 薬液 1ℓ 当りの配合表(配合 2)

A 液		B 液	
主剤	250(ml)	反応剤	30(ml)
水	250(ml)	添加剤	10(g)
		水	464(ml)

表 3. 硅砂 4 号の物理的性質

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.62
平均粒径 D_{50} (mm)	0.85
最大間隙比 e_{\max}	0.713
最小間隙比 e_{\min}	0.469
内部摩擦角 ϕ' (°)	36

表 4. ガラスビーズの物理的性質

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.51
平均粒径 D_{50} (mm)	0.85
最大間隙比 e_{\max}	0.713
最小間隙比 e_{\min}	0.496
内部摩擦角 ϕ' (°)	24

キーワード 薬液注入, 薬液ホモゲル, 体積変化, 一軸圧縮強度

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 西早稲田キャンパス58 号館205 号室 TEL 03-5286-3405

(b) 一軸圧縮強度試験

ホモゲルの体積変化と固結砂の強度発現との関連性を解明するために、表1の配合の薬液と表3と表4に示した硅砂4号とガラスビーズを用いて薬液改良供試体を作製し、モールド内で養生させゲルタイム倍の数となるように設定した時間経過後に一軸圧縮試験を行った。

3. 実験結果

(a) ホモゲルの体積変化測定

図1と図2に配合1と配合2の薬液ホモゲルの体積変化挙動をメスフラスコの内容器別に示した。図1と図2から薬液ホモゲルの体積変化はゲル化して初期の段階で一度膨張し、その後収縮していることが読み取れる。この体積膨張は水和に使われていた水分子が離れたために起こったと考えられる。図から、配合1においてはプラスチック製メスフラスコの方が体積の膨張、収縮ともに大きな値を示していることが分かる。配合2においては膨張はガラス製の方が大きな値を示しているが、収縮においてはプラスチック製の方が大きな値を示している。このことから、体積収縮時には薬液ホモゲルと同じシリカ分から構成されるガラス容器に比べて、材料組成の異なるプラスチック製の方が大きな値を示すといえる。

(b) 一軸圧縮強度試験

図3に硅砂4号とガラスビーズを用いて作製した薬液改良供試体の一軸圧縮強度の測定結果を示す。図1と図3から分かるように一軸圧縮強度の値は硅砂4号、ガラスビーズともにホモゲルの体積収縮が生じるゲルタイム0~20倍付近に関しては増加が見られ、体積変化が安定したゲルタイム20倍以降については硅砂4号がほぼ一定であり、ガラスビーズは顕著に強度低下していることが読み取れる。また、一軸圧縮強度 q_u を硅砂骨格に働く見かけの拘束圧 U_s とガラスビーズ骨格に働く見かけの拘束圧 U_g を $U = \frac{q_u}{2} \cdot \left(\frac{1 - \sin \phi'}{\sin \phi'} \right)$ の式³⁾に代入して算出すると右のようになる。

表5から硅砂4号とガラスビーズの拘束圧は多少のズレはあるものの概ね近い値を示していることがわかる。

4. まとめ

ここでは、特殊中性・酸性薬液ホモゲルの体積変化と薬液固結砂の強度発現の関係について実験的に調査することを目的とした。実験的検討から得られた成果は以下の通りである。

- 1) ホモゲルの体積変化測定において、プラスチック製のメスフラスコの方が収縮において大きな値を示す。
- 2) 薬液ホモゲルの体積変化の挙動はゲル化した初期の段階においては一度膨張し、その後収縮する。
- 3) 一軸圧縮強度の値はホモゲルの体積収縮が生じる期間は増加が見られ、体積変化が安定した期間においては硅砂4号がほぼ一定であり、ガラスビーズは顕著に強度低下している

5. 参考文献

- 1) 財団法人沿岸開発技術研究センター “浸透固化処理工法技術マニュアル” pp1. 2003
- 2) 末政、島田、佐々木: “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
- 3) 小川: “ホモゲルの体積収縮に基づく薬液固結砂の強度発現について” 土木学会第67回年次学術講演会、2006年9月

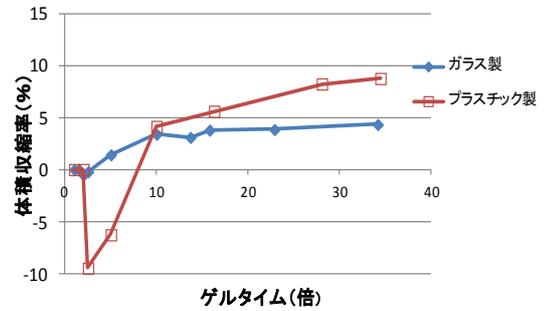


図1. 容器別に比較した体積変化(配合1)

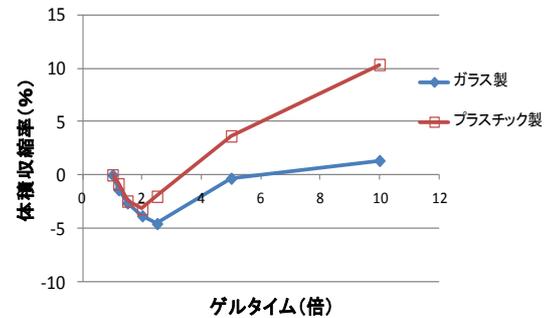


図2. 容器別に比較した体積変化(配合2)

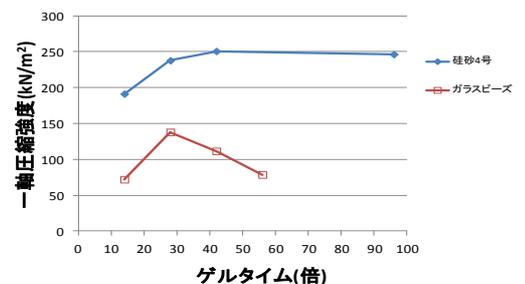


図3. 経過日数ごとの一軸圧縮強度

表5. 硅砂4号とガラスビーズの拘束圧

ゲルタイム倍	14倍	28倍	42倍
拘束圧 U_s	67.1	83.5	88
拘束圧 U_g	52.6	100.7	81.4