

薬液注入材の強度発現メカニズムに関する研究

東京都市大学大学院 学生会員 ○中村 亮太

東京都市大学 正会員 末政 直晃

(株)大林組 非会員 滝浦 駿介

強化土エンジニアリング(株) 正会員 佐々木 隆光

1. はじめに

近年、薬液注入工法は液状化対策などの本設工として用いられている。この工法は既設構造物に損傷を与えることなく地盤を改良できることから、他の地盤改良工法に比べて優位性があり、適用される場合が多い。しかし、薬液注入改良体は薬液そのものが固化したものより高い強度を示すことは確認されているが、その強度発現メカニズムは明らかとなっていない。本研究では、薬液注入による改良効果の発現は砂の間隙中の薬液注入材の圧縮強度に加えて、薬液注入材の体積収縮に起因する土粒子骨格の拘束効果に依存すると提案し調査を行っている。そこで本報告では、ゲルの収縮圧力測定、引張試験を行うことで、ゲルの固化過程の計測を行い検討する。

2. 既往の研究

薬液は溶液状からゲル状へと変化する際に体積収縮し、ゲル化に伴い離れよう水が出ることが確認されている。佐々木ら²⁾は、収縮が大きい薬液であるシリカゾル(シリカ濃度 12%, 6%)において、体積変化測定を行い、その結果を図-1に示す。初期材令で、体積変化率は大きく収縮し、材令約 100 日を過ぎてからは 25~30%付近で収束する傾向を示している。

3. ゲルの収縮圧力測定

3-1. 実験概要

図-2に測定に用いた実験装置を示す。実験装置は、直径 5.0cm の二枚平衡のガラス盤(上部ガラス盤、下部ガラス盤)を有しており、このガラス盤間(層厚)を土粒子間隙と模擬している。上部ガラス盤にロードセル、マイクロメータを接合し、マイクロメータで上部ガラス盤の高さを調整することで層厚を決定し、そこに薬液を注入する。薬液が溶液状からゲル状になる際に、ガラス盤に引張応力が発生するので、その圧力を収縮圧力とする。また、直径 5.5cm のアクリル円筒を上部ガラス盤と下部ガラス盤を覆いこむように被せ、横方向の拘束を加えることで、ガラス盤間のゲルの横方向収縮を防いだ。薬液は活性複合シリカのシリカ濃度 9%、活性シリカコロイドのシリカ濃度 29%を採用した。なお、温度と湿度においては恒温恒湿槽内(温度 20℃、湿度 90%以上)に実験装置を静置しながら測定を行うことで、ゲルの乾燥収縮を防いだ。

3-2. 実験結果及び考察

図-3に活性複合シリカ 9%と活性シリカコロイド 29%の層厚 0.5mm の収縮圧力と材令の関係を示す。活性複合シリカは体積収縮の大きい注入材であるが初期材令でのゲルの強度が低い。ため収縮圧力にゲルが耐え切れず早期に剥離してしまった。活

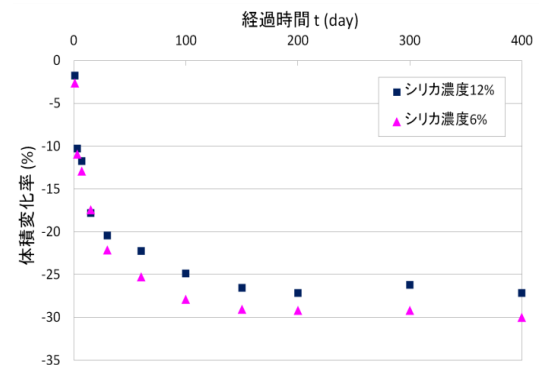


図-1 シリカゾルの体積変化率

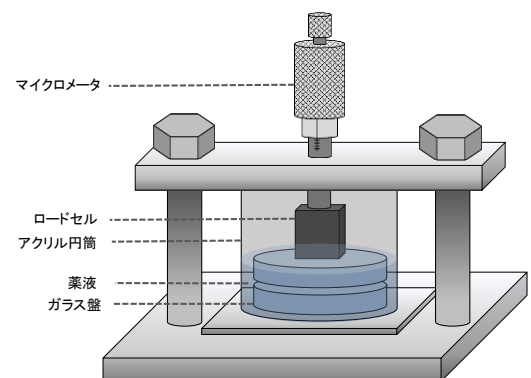


図-2 実験装置

キーワード 体積収縮, 強度発現メカニズム, 拘束効果

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 地盤環境工学研究室 TEL.03-5707-2202 g1418070@tcu.ac.jp

性シリカコロイドは初期材令で体積収縮するがその後は反応が収束する注入材であるため初期材令で収縮圧力が上昇したがその後は大きな変化が見られず剥離した。また、いずれのケースも材令0日付近で収縮圧力がわずかにマイナス値(膨張)を示した。これは注入材が液体状からゲル状に固化する過程で水和反応に使われた水分子が離れたためと考えられる。本報告では示していないが、収縮圧力は層厚が小さくなるほど増加する傾向が見られた。したがって、実地盤では土粒子間隙は0.5mmよりも小さいため、より大きな収縮圧力が発生すると考えられる。

4. ゲルの引張り試験

4-1. 実験概要

引張試験は図-2と同様の装置を使用し、所定の材令となった時、マイクロメータを回転させることで上部ガラス盤を引き上げ測定した。なお、引き上げ速度は0.01mm/1.0minである。ここで、ゲルは材令に伴い引張強度が変動することが考えられる。すなわち、ゲルの引張強度と収縮圧力の関係性を示すには、所定の材令ごとに引張試験を行い、同一材令時での比較をしなければならない。そこで、表-1に示すような実験ケースで測定を行った。なお、活性複合シリカは材令14日以降、活性シリカコロイドは材令7日以降にゲルが剥離してしまったために、それ以降の測定はできなかった。

4-2. 実験結果及び考察

図-4(a)に活性複合シリカ、シリカ濃度15%、層厚0.5mm、図-4(b)活性シリカコロイド、シリカ濃度29%、層厚0.5mmの応力とひずみの関係を示す。応力の初期値はその材令までに生じた収縮圧力の値である。両ケースでひずみに対し、応力は比例の関係で上昇した。これより、フックの法則が成り立ち、その関係も同図に示した。弾性限界を超えたあとの応力経路は0kPaまで急低下したことから、極限引張強度と破断強度の一致を確認できた。ここで、x軸にマイナス域を示している理由は、フックの法則により導いた応力-ひずみ線において、応力が0kPaを示すときのひずみを確認するためである。このひずみは、ガラス盤が固定されていないと仮定したときの、ゲルの収縮により発生したひずみであると推測している。

5. まとめ

拘束効果に着目してゲルの収縮圧力測定及び引張試験を行った。結果より薬液改良体の強度発現には土粒子間隙内のゲルの体積収縮による拘束効果が大きく関わっていることが分かった。

《参考文献》

- 1) 島田俊介, 米倉亮三, 和田貴子, 陣内直樹: 活性複合シリカグラウトの開発, pp1125-1126, 第37回地盤工学研究発表会論文集, 2002
- 2) 佐々木ら: 薬液注入材の体積変化に伴う拘束効果に関する検討, 第50回地盤工学研究発表会, D-10, 297, pp.595-596, 2015

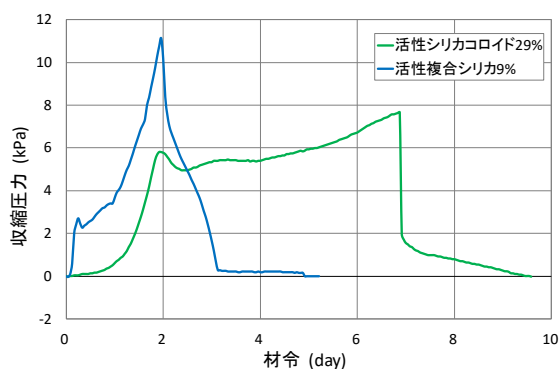
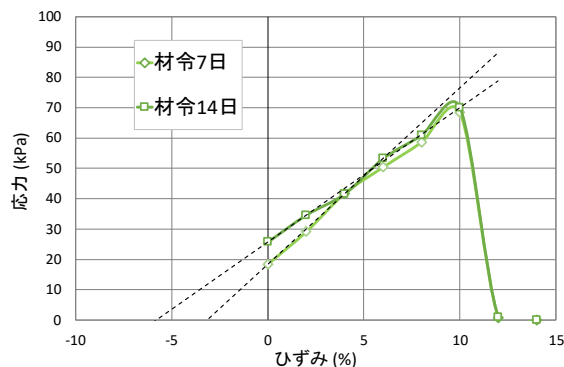


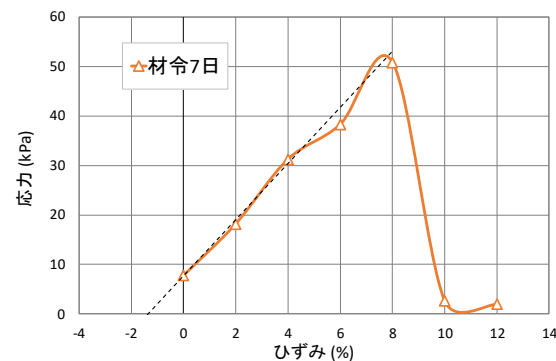
図-3 層厚 0.5mm 収縮圧力

表-1 実験ケース

実験ケース	シリカ濃度(%)	層厚(mm)	材令(day)
活性複合シリカ	15	0.5	7
			14
活性シリカコロイド	29	0.5	7



(a) 活性複合シリカ層厚 0.5mm



(b) 活性シリカコロイド層厚 0.5mm

図-4 応力とひずみの関係