

薬液注入材の体積収縮に着目した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 ○滝浦 駿介
 東京都市大学 正会員 末政 直晃
 東京都市大学大学院 学生会員 石川 喜章
 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、大規模地震に向けた液状化対策や耐震補強などの本設用途として薬液注入工法を採用する場合が増えてきている。薬液注入工法は既設構造物を破壊す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¹⁾。しかし、薬液注入改良体が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、ゲル化に伴い離しょ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下降(収縮)し、材令約 100 日をを超えてからは 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、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、ガラス盤に引張の力が発生し、そのとき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。薬液は体積収縮の大きいシリカゾルを用いており、シリカ濃度 12%、6%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°C、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にシリカ濃度 12%、図-4にシリカ濃度 6%の収縮圧力と材令の関係を示す。いずれのケースにおいても、ゲルの収縮に伴い大きな収縮圧力が発生し、最大収縮圧力に達したあと急激に低下する傾向を示した。材令に対する収縮圧力の上昇経路はシリカ濃度で異なり、シリカ濃度 6%のケースは直線的に上昇してい

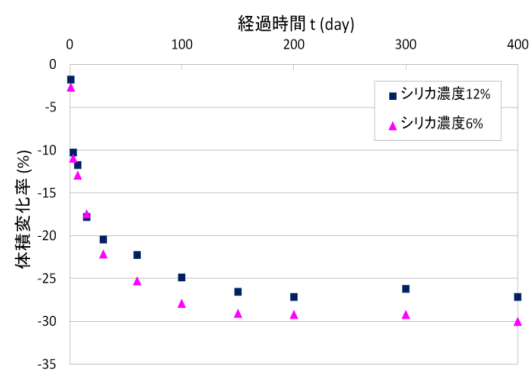


図-1 シリカゾルの体積変化率

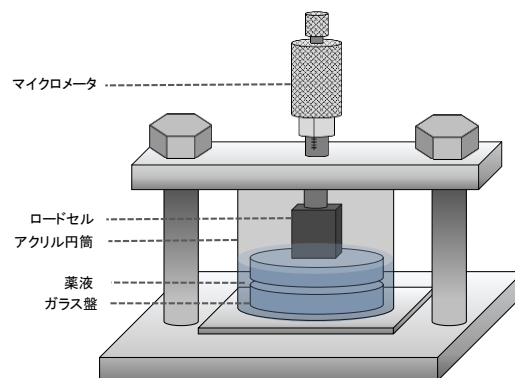


図-2 実験装置

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 E-mail:g1581703@tcu.ac.jp

るのに対し、シリカ濃度 12%のケースは材令の経過に伴い、徐々に緩やかとなる傾向を示した。また、シリカ濃度 12%のケースは最大収縮圧力に達した後は約 0kPa まで急低下した。それに対し、シリカ濃度 6%のケースは収縮圧力が急低下した後も徐々に収縮圧力は上昇し、いずれのケースも約 10kPa 付近で収束した。破断材令は、両ケースで層厚が小さくなるほど概ね遅くなる傾向を示した。このことから、注入改良体でも土粒子間隙が小さいほど恒久性は増すことが考えられる。

4. ゲルの引張り試験

4-1. 実験概要

実験装置は図-2 と同様の装置を使用した。所定の材令となったら、上部ガラス盤を、マイクロメータを回転させることで引き上げ、ガラス盤間に注入されているゲルの引張強度を測定するものとする。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、実験ケースとして、シリカ濃度は収縮圧力測定において破断までの材令が長くなる傾向を示したシリカ濃度 12%を採用し、同様の理由で層厚の小さい 0.5mm, 1.0mm を採用した。材令は 3, 7, 14, 28 日において測定を行ったが、層厚 1.0mm においては約 11 日以降に破断してしまうため、それ以降の材令に対して実験を行うことができなかった。

4-2. 実験結果及び考察

図-5 に層厚 0.5mm, 図-6 に層厚 1.0mm 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。全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。しかし、層厚 0.5mm の材令 3 日のケースのみ、弾性限界を超えた後も、応力は生じ塑性変形を示した。これより、シリカ濃度 12%のゲルは、材令初期において延性材料である可能性があり、その後の材令は脆性材料であると考えられる。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。

《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

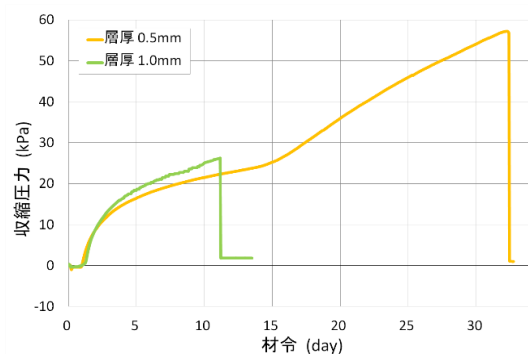


図-3 収縮圧力経時変化(シリカ濃度 12%)

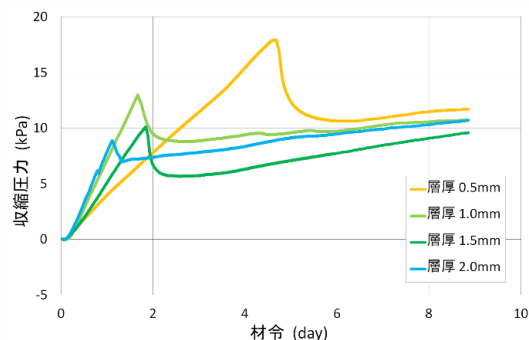


図-4 収縮圧力経時変化(シリカ濃度 6%)

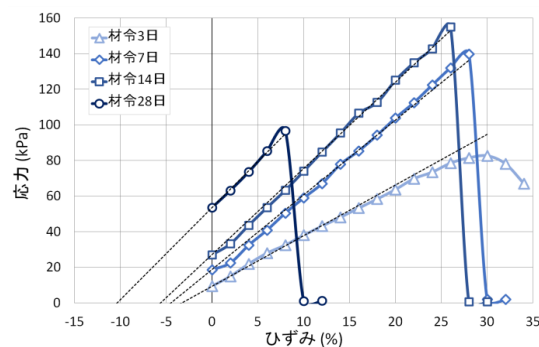


図-5 応力とひずみの関係(層厚 0.5mm)

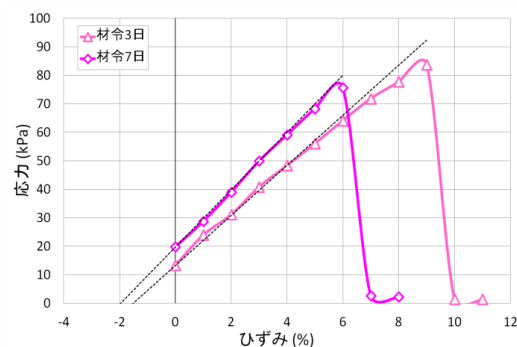


図-6 応力とひずみの関係(層厚 1.0mm)