

微生物代謝を用いたバイオグラウト改良砂の繰返し三軸試験

強化土エンジニアリング(株)

正会員 ○市川 智史

同上

フェロー会員 島田 俊介

同上

正会員 小山 忠雄

同上

正会員 寺島 麗

北海道大学

正会員 川崎 了

同上

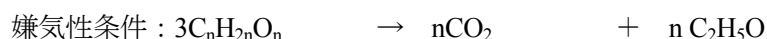
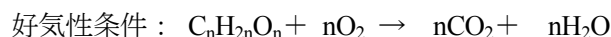
広吉 直樹

1. はじめに

筆者らは、薬液注入における地盤改良分野において、微生物の代謝活動を利用したグラウト（以下、バイオグラウト）を開発している。既報では、微生物代謝によりシリカ（以下、バイオシリケート）をゲル化させたこと¹⁾ならびに微生物を加えることで、従来法より pH 調整剤の添加量を少なくしても、同等の一軸圧縮強度及び固結時間を持つこと²⁾を報告した。本報では、液状化対策工に適用することを目的として、繰返し三軸試験を行ったので報告する。

2. 微生物によるバイオグラウトのゲル化について

微生物、栄養源、水からなるバイオグラウトは、微生物代謝により以下の反応式により生成された CO₂ によりバイオシリケートがゲル化する。



3. 薬液の作製

表 - 1 に示した配合で薬液を作製した。

表 - 1 バイオグラウト配合²⁾

バイオシリケート	30ml
微生物MO	2g
栄養源N	3g
pH調整剤	2ml
水	168ml

(溶液 200ml あたり)

4. 繰返し三軸試験

豊浦砂 (Dr=60%) に配合した薬液を加え、直径 50mm、高さ 100mm の供試体を作成し、フィルム（ポリ塩化ビニリデンフィルム）で密封し、蓋付プラスチックケース内 (20℃) で 28 日間養生した。

その供試体を三軸室にセットし (写真 - 1)、背圧 $u=98\text{kPa}$ 、初期有効応力 $\sigma'_0=98\text{kPa}$ 、周波数 0.2Hz の正弦波形で繰返し载荷を行い、繰返し応力振幅比を変化させて試験を行った。液状化強度は繰返し回数 $N=20$ 回で両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に到達したときの繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$ を液状化強度比 R として検討することとした。

相対密度 60% の豊浦砂 (未改良の場合) の液状化強度比 R がおよそ 0.2 であるので、繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$ を 0.3, 0.5, 0.6, 0.7 の 4 ケースで試験し、バイオグラウトで固結したときの液状化強度を求めた。

5. 試験結果

いずれのケースも 200 回繰返し応力を载荷させても両振幅ひずみ DA は 5% に到達しなかった。図 - 1 に 20 回 ($N=20$) 及び 200 回 ($N=200$) 繰返し载荷させたときの両振幅ひずみ DA と繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$ の関係を示す。繰返し応力比 0.7 において、20 回繰返し载荷したときの両振幅ひずみ DA が 2.5% 程度、200 回繰返し载荷したときには DA が 4.5% 程度と

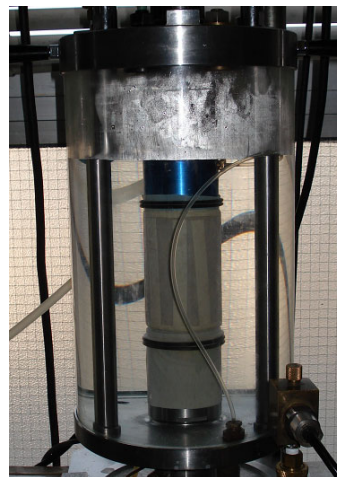


写真 - 1 供試体設置状況

キーワード：薬液注入、地盤改良、バイオグラウト

連絡先：〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 強化土エンジニアリング株式会社 TEL03-3815-1687 FAX03-3818-0670

なった。液状化強度比 R は 0.2 より大きくなることより、バイオグラウトで固結した供試体は、固結しない場合より液状化強度が高いことを示した。

図-2 に両振幅ひずみ DA が 1% から 3% に到達した際の繰返し回数 N と応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$ の関係を示す。折れ線の間隔は十分あり、 DA の増加に伴い必要となる繰返し载荷回数が段階的に増加していることが示されている。微小ひずみが生じてからひずみが急増しないことを確認した。

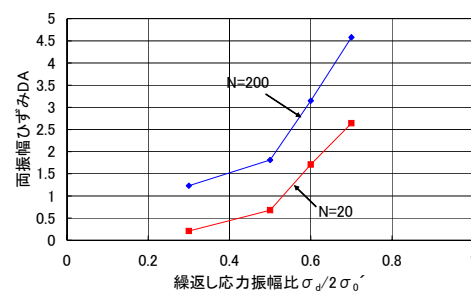


図-1 両振幅ひずみと繰返し応力比

6. 一軸圧縮強度との比較検討

液状化対策工を目的とした薬液注入工は広く利用され、液状化に関する研究もなされている。風間ら³⁾は、活性シリカ系の薬液供試体に対して、液状化強度比は一軸圧縮強度と直線関係であることを示している(図-3)。この図と本実験結果を比較すると、本供試体の一軸圧縮強度はおよそ 250kN/m^2 である²⁾ので、液状化強度比 R は 0.9 程度となることが推測できる。図-1 の試験結果では繰返し応力振幅比を増加すると両振幅ひずみ DA が増加している傾向を示している。 $N=20$ のケースをそのまま延長させると繰返し応力振幅比が 0.9 付近で両振幅ひずみ DA が 5% に到達することが想定され、バイオグラウトでも図-3 に示した活性シリカ系の薬液供試体と同程度の液状化強度を持つことが考えられる。

本実験では未改良砂の液状化強度より大きいことを確認するため、応力振幅比 0.2 から段階的に増加させたが、今後は図-3 に示されている一軸圧縮強度との関係と詳しく検討するために、さらに応力振幅比の高いケースや一軸圧縮強度の異なるケースに関して試験する予定である。

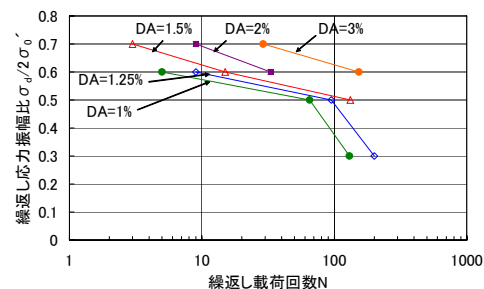


図-2 両振幅ひずみと繰返し回数

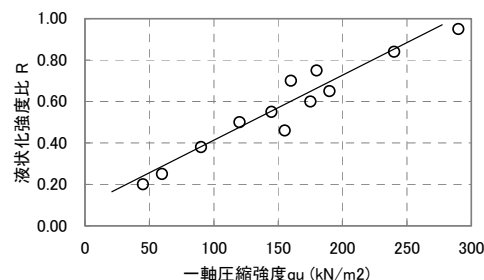


図-3 一軸圧縮強度と液状化強度比の関係³⁾

7. まとめ

微生物代謝を用いたバイオグラウト改良砂に対する繰返し三軸試験から以下の結果が得られ、液状化強度が充分あることを示した。

- ・ 繰返し応力比 0.7 以内では両振幅ひずみ DA は 5% 以下に収束し、改良していない供試体より大きい液状化強度を有することを確認した。
- ・ 繰返し回数の増加に対して、両振幅ひずみ DA は緩やかに増加し、微小ひずみが生じてからひずみが急増しないことを確認した。

謝辞

武蔵工業大学、地盤環境工学研究室の方々には本実験を手伝って頂き、深く謝意を示します。

参考文献

- 1) 小林元, 川崎了, 広吉直樹, 恒川昌美, 金子勝比古: 微生物代謝による活性シリカコロイドのゲル化に関する基礎的研究, 第 41 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.777-778, 2006.7.
- 2) 寺島麗, 島田俊介, 小山忠雄, 川崎了, 広吉直樹: 微生物代謝を用いたバイオグラウトの開発, 第 42 回地盤工学研究発表会発表講演集, 2007.7.
- 3) 風間広志, 社本康広, 天利実, 桂豊: 特殊シリカ系薬液注入改良土の液状化強度特性, 第 40 回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.763-764, 2005.7