

北海道網走市由来の微生物を用いた地盤改良技術に関する研究

富山県立大学 学生会員 ○伊藤 留寿都
富山県立大学 正 会 員 畠 俊 郎

1. はじめに

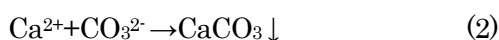
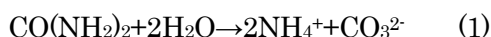
近年、地震に伴い発生する液状化現象が問題となっており、東日本大震災による被害を皮切りに戸建て住宅の液状化対策がますます重要視されている。さらに建設分野でも温室効果ガス排出量の削減など、地球温暖化問題への対応が求められている。本研究では従来の技術よりも温室効果ガス排出量の削減が期待されるとともに、新しい液状化対策技術として注目されている微生物固化を利用した地盤改良技術である炭酸カルシウム法の実用化にむけた検討を行った。

2. 目的

微生物代謝を利用した地盤改良技術の実用化においては、外来微生物の使用が困難という点があげられる。この課題を解決する手法として原位置微生物の活用に着目した。微生物固化を利用した地盤改良技術の日本全土における実用化を最終目標とし、本研究では日本の北端として北海道網走市を設定した。網走市内の土壌中に生息するウレアーゼ活性陽性微生物の単離および液状化強度改善効果を検証した。同時に、効果が明らかとされている *Bacillus pasteurii* についても検証を行い、結果の比較を通じて原位置微生物を利用する提案技術の有効性について検討した。

3. 研究方法

本研究で着目した微生物固化では、微生物の代謝によって尿素の加水分解を発生させ、炭酸カルシウムを砂の間隙中に析出させる。式(1)、(2)に化学反応式を記す。式(1)中の加水分解において、微生物の酵素活性値が重要となる。



本研究では純水で飽和した豊浦砂、北海道網走市内土壌中から単離した微生物により固化した豊浦砂、固化能力が明らかとなっている *B. pasteurii* を用いて固化した豊浦砂の3種類について試験を実施した。表-1に

試験ケース一覧、表-2に固化溶液の組成、表-3にLCRメーターを用いて測定した菌体の酵素活性値をそれぞれ記す。作成した供試体で土の繰返し非排水三軸試験(DA=5%)を行い、各供試体の繰返し応力振幅比、繰返し載荷回数を求めた。さらに R_{L20} (液状化強度比)を求め、液状化強度の改善効果を比較した。また、試験後の供試体についてHCl(0.5mol/L)を用いて酸分解を行った。酸分解前の砂重量と酸分解後の砂重量の差から砂重量に対する CaCO_3 析出率を求め、液状化強度と CaCO_3 析出率の関係について考察した。

表-1 試験ケース一覧

	CASE A	CASE B
菌種	北海道網走市 由来の微生物	<i>Bacillus pasteurii</i>
砂種	豊浦砂	
相対密度	Dr=50%	
供試体高さ	100mm	
供試体直径	50mm	
固化溶液 通水回数	3回	
通水間隔	72時間/回	

表-2 固化溶液の組成

試薬名	重量
Nutrient Broth	0.3g
NH_4Cl	1.0g
NaHCO_3	0.21g
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	1.80g
CaCl_2	3.33g
純水	100ml

表-3 菌体の酵素活性

	北海道網走市 由来の微生物	<i>Bacillus pasteurii</i>
酵素活性値(U/L)	28	654

4. 研究結果

(1)液状化特性の比較

CASE A および B の繰返し載荷回数が同等となるケースについて比較した応力ひずみ関係を図-1 に記す。図より、CASE A,B とともに徐々に軸ひずみが増して液状化する傾向が認められた。以上より、微生物由来の CaCO_3 析出促進による固化効果が得られていると推察される。また、CASE A と比較して CASE B は密な砂の強度に近い傾向が認められた。このことから、今後供試体作成時に使用した微生物種による力学特性の違いについて検討していく必要がある。次に、各試験 CASE における $\text{DA}=5\%$ 時の繰返し載荷回数とせん断応力比の関係を図-2 に記す。図より、既往の研究より有効性が明らかとなっている *B.pasteurii* を用いた CASE B について最も液状化強度改善効果が期待できる結果となった。CASE A も同様に液状化強度の改善効果が認められたが、CASE B を若干下回る結果となった。原因として、CASE A に用いた北海道網走市内土壌中から単離した微生物の酵素活性値が低いことが考えられる。

(2) CaCO_3 析出率の比較

微生物種の違いが結晶析出に与える影響を明らかにすることを目的として行った酸分解から得た各供試体の砂重量に対する CaCO_3 析出率の値を表-4 に記す。表より、微生物種による CaCO_3 析出率に大きな差が無いことが明らかとなった。これによりカラム通水時において結晶析出前に固化溶液が流出するなどし、供試体が不均質に固化してしまったことが考えられる。

5. まとめおよび今後の課題

今回の試験では、北海道網走市内土壌中から単離した微生物による液状化強度の改善効果が認められたが、その効果は *B.pasteurii* をわずかに下回る結果となった。その理由として着目した CaCO_3 析出率について比較・検討したものの、大きな差は認められなかった。以上のことから、微生物固化に用いる微生物の酵素活性が供試体中における CaCO_3 の析出場所に影響を与えていると推察される。さらに、微生物種により供試体内へ注入した後の動向に違いがあり、その移動場所の違いや偏りが CaCO_3 析出場所へ影響を与えている可能性も考えられる。以上の状況を踏まえ、供試体を上部、中部、下部に区分し、それぞれについて酸分解

を行い、均質な固化効果を得る注入法などについてさらなる検討を進めていく計画である。また、供試体作成時に使用した微生物種による力学特性の違いについて検討するため、変形特性を求めるための土の繰返し非排水三軸試験、CD 試験を通じて物性値を求め、数値シミュレーターを行い液状化対策への有効性を確認する計画である。

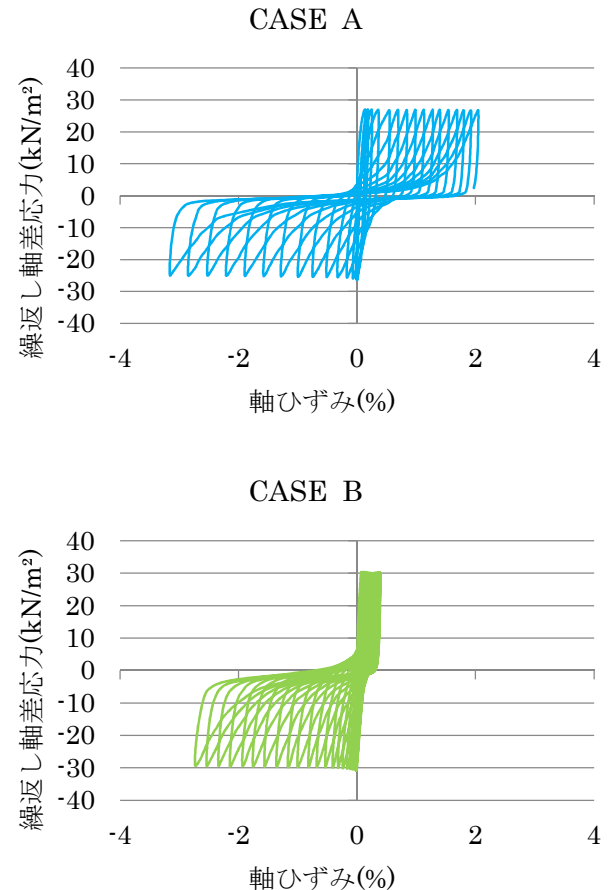


図-1 応力ひずみ関係

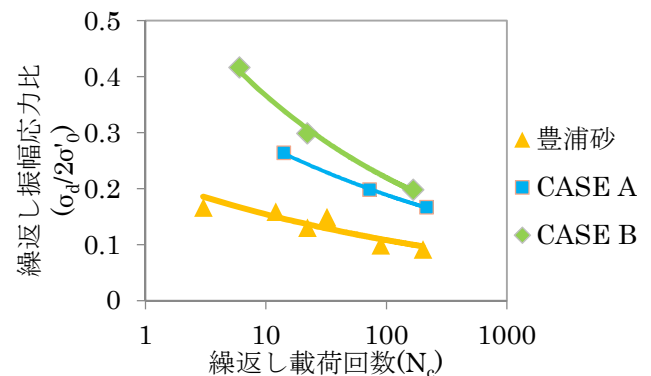


図-2 液状化強度曲線

表-4 砂重量に対する CaCO_3 析出率

	CASE A	CASE B
CaCO_3 析出率(%)	2.044	2.038