

微生物固化における供試体内の溶存酸素量の変化に関する研究

富山県立大学 学生会員 ○伊藤 留寿都
同上 正 会 員 畠 俊郎

1. はじめに

近年、地震に伴った液状化被害が深刻化しており、地震大国である日本では様々なケースに対応した液状化対策技術が必要とされている。現在、液状化対策の有効な手段として地盤改良工法が多く用いられており、一般的に宅地の地盤改良には固結工法が用いられ、表土をセメントで固める表層改良やセメント杭を土中に形成する柱状改良等が用いられている。しかし、これらの工法はセメントを使用するため、温室効果ガスの排出や六価クロムの発生等、環境への負荷が問題となっている。そこで本研究では従来のセメントを用いた地盤改良工法よりも環境への負荷が小さいと考えられており、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に着目した。

2. 目的

微生物固化試験においては、固化処理を行う際に均質な固化効果を得ることが課題となっている。しかし、供試体内部での微生物の動向は明らかになっておらず、均質な固化を行うための手法を得るためには供試体内部での微生物の動向は必要なデータだと考えられる。そこで、本研究では微生物固化試験を行う際の供試体内部での微生物の動向を把握することを目的とし、酸素モニター（Firesting O₂）を用いて供試体内部の溶存酸素量から供試体内部での微生物の動向の推察を行った。供試体内部での動向は微生物種によって差があると考えられる。そこで本研究では、多くの微生物固化試験で用いられており、外来種である *Bacillus pasteurii* と富山県液状化マップより液状化危険度が高い地点として選定した富山県射水市の土壌中から単離した微生物について検証を行い、微生物種による供試体内部での動向の違いについて検討した。富山県液状化マップを図-1 に記す。

3. 試験方法

本研究で着目した炭酸カルシウム法では、微生物の代謝によって尿素有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(a)、(b)に化学反応式を記す。式(a)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。

↙ ウレアーゼ活性陽性微生物による尿素有加水分解

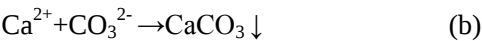


表-1 試験ケース一覧

	CASE A	CASE B
微生物種	富山県射水市由来の微生物	<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	
固化溶液通水間隔	72 時間/回	

表-2 固化溶液組成

試薬名	重量
Nutrient Broth	0.30g
NH ₄ Cl	1.00g
NaHCO ₃	0.21g
CO(NH ₂) ₂	1.80g
CaCl ₂	3.33g
純水	100ml



図-1 富山県液状化マップ

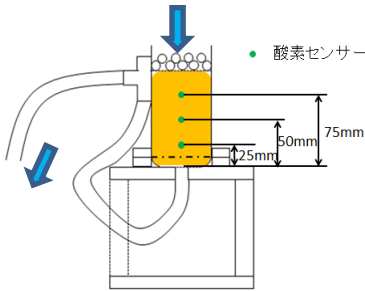


図-2 酸素センサー設置箇所

本研究では富山県射水市内土壌中から単離した微生物により固化した豊浦砂，外来種である *Bacillus pasteurii* を用いて固化した豊浦砂の2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 に固化溶液の組成をそれぞれ記す．供試体内部の下端から 25, 50, 75mm の位置に酸素センサーを設置し，供試体の上部，中部，下部における微生物の動向の把握を行った．酸素センサー設置個所を図-2 に記す．溶存酸素量(mg/l)の計測は固化溶液通水後，0, 1, 3, 7, 15, 27, 48, 72 時間後に行った．また，試験後の供試体を乾燥後，電子顕微鏡 (KEYENCEVE-8800) を用いて砂粒子の表面観察を行い，微生物種と供試体内部での動向，析出した炭酸カルシウムの特徴の関係性について考察した．

4. 試験結果

(1) 溶存酸素試験

各供試体の酸素濃度の推移を図-3 に記す．図より，どちらの供試体も上部の段階で多くの酸素が消費され，中部や下部では酸素濃度初期値が低く，大きな減少はみられないことがわかった．このことから，通水後，酸素濃度が高い上部において微生物が活発に活動し固化を行っている と推察される．

(2) 電子顕微鏡を用いた砂粒子の表面観察

各供試体の結果を図-4 に記す．図より，どちらも砂粒子表面に付着する形で炭酸カルシウムが析出していることがわかった．また，CASE A の供試体は炭酸カルシウムの結晶サイズが大きく (約 $50\mu\text{m}$) 数が少ないのに対して，CASE B の供試体は，結晶サイズは小さい (約 $5\mu\text{m}$) が数は多いといった特徴が見られた．

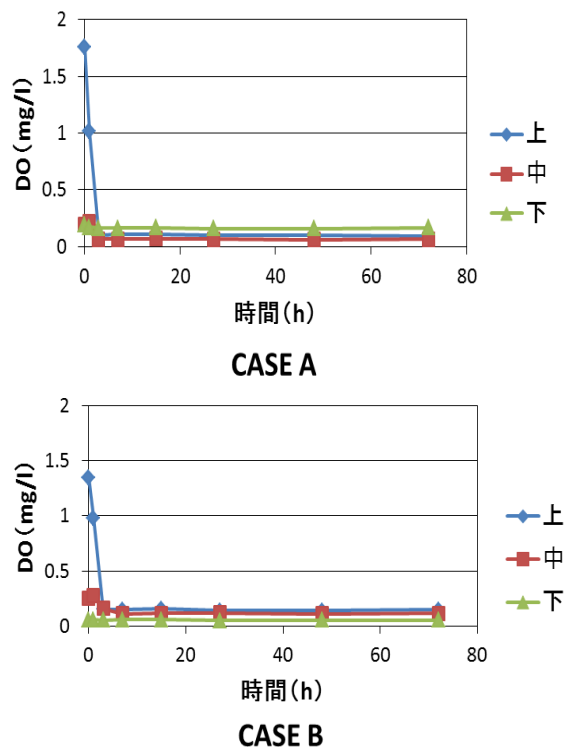


図-3 酸素濃度の推移

5. まとめ

今回の試験結果から，富山県射水市由来の土壌微生物と *Bacillus pasteurii* はどちらも供試体上部の酸素濃度減少量が多いことから，供試体上部において微生物が活発に活動していると推察される．このことから，供試体上部が重点的に固化されていると推察される．また，富山県射水市由来の微生物は析出した炭酸カルシウムのサイズが大きく数が少ないのに対して，*Bacillus pasteurii* はサイズが小さく数が多いといった特徴がみられた．このことから，微生物の動向が同じであっても，析出される炭酸カルシウムは微生物種によって形状等の特徴が異なると推察される．今後の課題として，今回の試験で得られた結果をふまえて固化溶液を下から上に向かって通水するなど，供試体上部だけでなく全体が均質に固化される方法に対する検討とあわせて，微生物種が炭酸カルシウムの形状や密度等の特徴へ与える影響について明らかにしていくことがあげられる．

参考文献：国土交通省北陸地方整備局，公益社団法人地盤工学会北陸支部：「富山県内液状化しやすさマップ」，

http://www.hrr.mlit.go.jp/ekijoka/toyama/pamphlet/toyama_map_full.pdf (参照 2016 年 12 月 02 日)

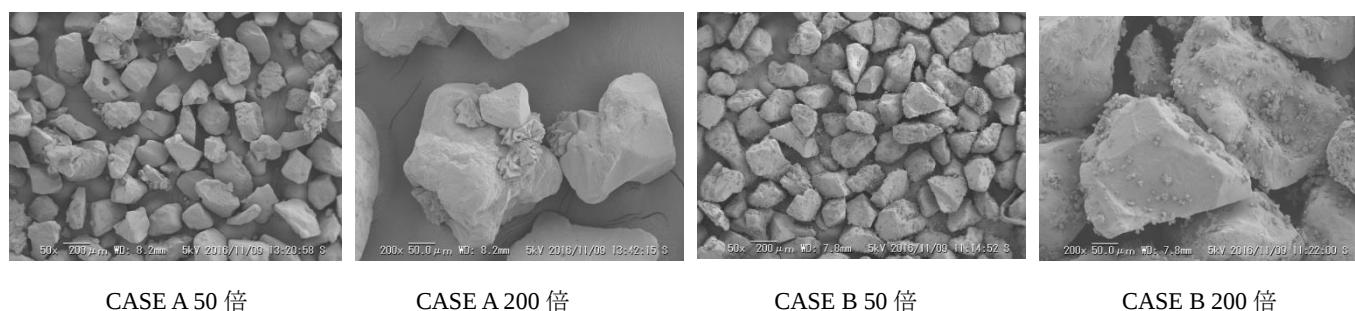


図-4 電子顕微鏡を用いた砂粒子表面観察結果