

微生物代謝による地盤改良の強度特性

山口大学大学院 学生会員

○小林 光

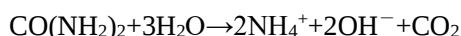
山口大学大学院 正会員

Md.Azizul Moqsud

1. はじめに

薬液注入工法は、前までは仮設工事の補助工法として用いられていた。しかし最近では薬液注入工法が元来持っている設備の簡便さや作業性の良さにより既設構造物直下の液状化対策など、恒久的な軟弱地盤対策工法としても用いられるようになってきた。薬液注入工法の新たな材料として、微生物代謝により土の間隙中に炭酸カルシウム(CaCO_3)を析出させて土を固化させる地盤改良技術である炭酸カルシウム法に着目してみる。炭酸カルシウム法とは、微生物を用い尿素分解作用による以下の反応を利用して、土の間隙中に炭酸カルシウムを析出させて地盤改良を行う技術である。

I. 尿素加水分解



II. 炭酸カルシウム析出反応

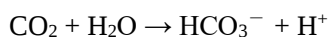


表-1 培養液の組成

Yeast Extract	20g
硫酸アンモニウム	10g
1.03M Tris	15.75g

(蒸留水 1L 当たり)

表-2 栄養液の組成

ニュートリエントブロス	3.00g
尿素	30.03g
塩化カルシウム(二水)	68.3g
塩化アンモニウム	10g
炭酸水素ナトリウム	2.12g

(蒸留水 1L 当たり)

炭酸カルシウム法を用いる際には、微生物の添加に加えて、カルシウム源の供給と微生物代謝の活性化のため栄養液の注入が必要となるが、その養生条件によって CaCO_3 析出量が変わることが既往の研究でわかっている。そこで、本研究では既往の研究より尿素分解作用により CaCO_3 を析出させるのに有効という知見²⁾が得られている *Bacillus Pasteurii* (ATCC11859) 以下 BP を用いて培養液・栄養液量を変えて力学特性の挙動の把握と EDS による炭酸カルシウム析出の観察を目的とした。

2. 試験方法および試験条件

試料は豊浦砂を用いた。改良土の供試体作製は、間隙比 0.75 を目標に湿潤突き固め法で締固め、試料を 5 層に分けてアクリル管(内径 50mm×高さ 140mm)に入れ、1 層ずつランマで突き固め供試体は高さ 100mm 誤差±0.1mm とし、目標間隙比に近づけた。作製した供試体に BP 培養液を間隙体積相当量(100mL)と 75mL, 125mL を上部から浸透させた後に、1 日に 1 回栄養液(75mL, 100mL, 125mL)を所定の日数添加する。栄養液を 7 日間添加させた後、アクリル管のまま供試体を凍結保管した。表-1, 2 に培養液・栄養液の組成を示す。培養条件は、BP を表-1 に示す培養液に溶かして 2 日間インキュベータ内で振とう培養させる。インキュベータ内の温度は 30℃とし、振とう培養の設定は 130rpm とした。圧裂引張試験終了後、供試体を乾燥炉に入れ、乾燥質量 $m(\text{g})$ 抽出し、塩酸に溶かし、吸引ろ過した後、強熱減量試験によって $m(\text{g})$ に対する CaCO_3 の析出率 P_{ca} を求めた。豊浦砂の Li は 0.577%とする。また、試験後の試料を EDS で観察する。

試験条件は、凍結保管した供試体を取り出して炉乾燥をして乾燥状態で高さ 50mm に成型し、上部から Case1, Case2 として圧裂引張強度試験を行う。圧裂引張強度試験では、一定速度(0.2mm/min)、図-1, 2 に圧裂引張強度試験の結果を示す。

キーワード 炭酸カルシウム法、微生物(*Bacillus Pasteurii*)、地盤固化

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科地盤工学研究室 TEL (0836) 85-901

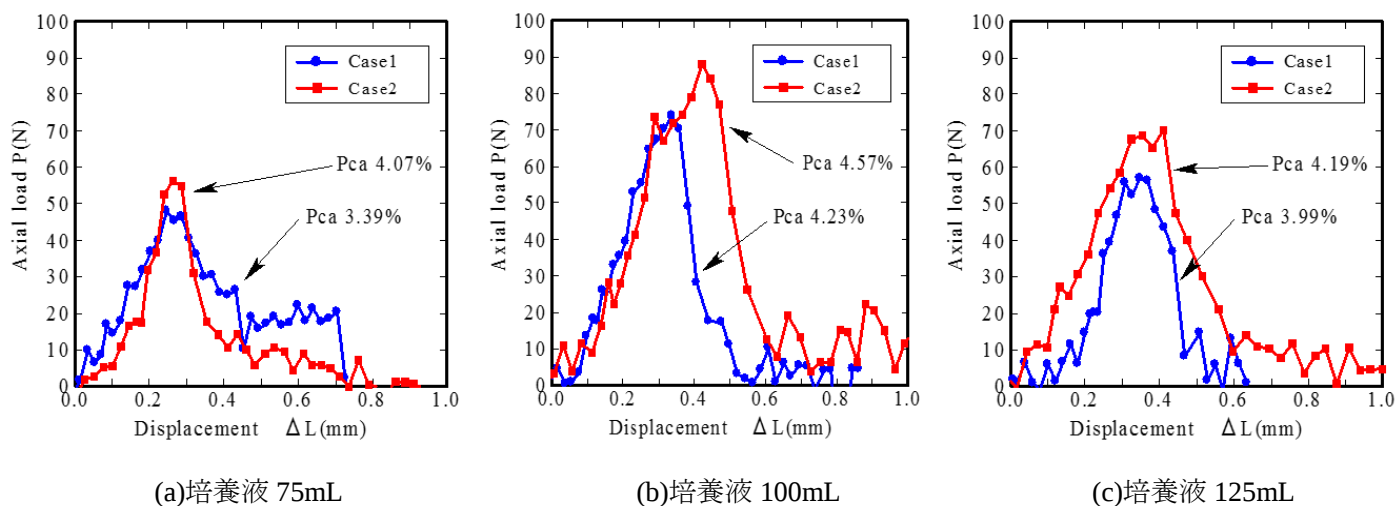


図-1 各培養液量における圧裂引張強度試験結果

3. 試験結果および考察

図-1 から培養液・栄養液 75mL, 100mL, 125mL のどちらも Case1(上部)より Case2(下部)が高い値となった。下部に近づくとも CaCO_3 の析出率 Pca の値が高い傾向がみられた。培養液を上部から添加したため、上部よりも下部に BP が多く存在していたと考えられる。また、培養液・栄養液量からみても、間隙相当量(100mL)が高い強度が得られていた。粒子に付着する BP は間隙相当量よりも多く添加しても粒子に付着せずに流れたため間隙相当量(100mL)が高い値となったと考えられる。図-2 から CaCO_3 の析出率が高くなるほど圧裂引張強度が高くなる傾向であることがわかった。また、 CaCO_3 析出率 Pca4%を超えると強度の増加が大きくみられた。写真-1, 2 から CaCO_3 が粒子間と表面に分布していることと大きさの違いがあることがみてとれた。砂の強度増加は、砂粒子表面における CaCO_3 の付着による粒子間摩擦の増加とともに、粒子表面形状の変化によるものだと考えられる。 CaCO_3 は養生時間をかけることで表面に付着している CaCO_3 が大きくなり、粒子間に触れ合い強度がより増加すると考えられる。

4. まとめ

圧裂引張試験の結果から、微生物代謝を利用した炭酸カルシウム法で炭酸カルシウムを析出させて固化した土は強度向上が期待でき培養液・栄養液の間隙量相当だと効果が大きいと確認できた。EDS によって CaCO_3 が粒子間と表面に分布しており大きさが不均一だと確認できた。

参考文献

- (1)林 和幸, 只信 沙也加, 安原 英明, 岡村 未対:炭酸カルシウム結晶析出による砂の力学的特性の改善効果, 土木学会論文集 C Vol.66 No.1, pp31-42, 2010
- (2)Sébastien D., Marc P., Bénédicte M. and Francois G: Experimental and numerical modeling of bacterially induced pH increase and calcite precipitation in saline aquifers, Chemical Geology, Volume 265, pp45-53, 2009

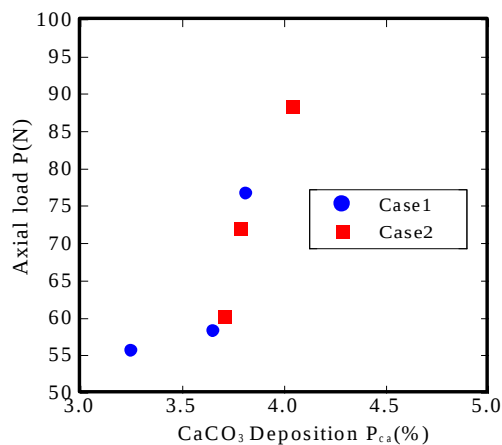


図-2 ピーク強度と Pca の関係

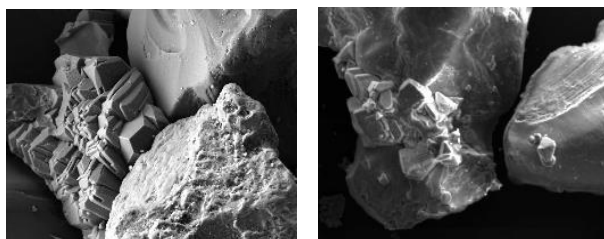


写真-1 試験後の乾燥試料(×500)

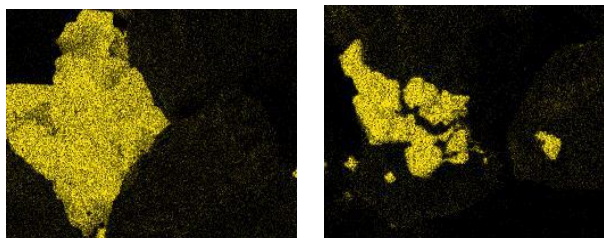


写真-2 炭酸カルシウム分布