

微生物代謝による改良土の一面せん断試験

山口大学大学院 学生会員

○小林 光

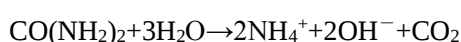
山口大学大学院 正会員

Md.Azizul Moqsud

1. はじめに

国土の7割を山地が占めている日本では、地震や豪雨によって斜面崩壊が頻繁に発生していることから、斜面崩壊に関する研究は精力的に行われている。本研究では次世代の地盤改良の方法として、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

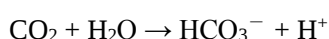


表-1 培養液の組成

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。¹⁾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 を用いて定圧一面せん断試験によって、内部摩擦角 ϕ_d 、粘着力 c_d を求めることにより、炭酸カルシウム法によるせん断特性を把握し、栄養液の添加条件による炭酸カルシウム析出量の関係を知ることを目的とした。

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層に分けてモールド(内径 60mm×高さ 60mm)に入れ、1層ずつランマで250回ずつ突き固め供試体は高さの誤差が $20\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 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(25mL)上部から浸透させた後に、1日に1回栄養液(25mL)を所定の日数浸透させる。今回は3日、5日、7日の養生条件で行った。栄養液を所定の日数浸透させた後、モールド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°C とし、振とう培養の設定は 130rpm とした。定圧一面せん断終了後、供試体を乾燥炉に入れ、乾燥質量 $m(\text{g})$ 抽出し、その中に含まれる CaCO_3 を強熱減量試験によって $m(\text{g})$ に対する CaCO_3 の析出率を求めた。豊浦砂の Li は 0.577% とする。

試験条件は、凍結保管した供試体を凍結状態で、自立する状態のまま速やかにせん断箱内に設置し自然解凍させた。自然解凍後、圧密過程を10分として、圧密終了後、上下せん断箱の隙間は 0.2mm とし、せん断速度は 0.2mm/min 一定とする。拘束圧は 50kN/m^2 、 100kN/m^2 、 150kN/m^2 として、せん断変位 7mm まで測定した。図-1,2に一面せん断結果を示す。(残留強度はせん断変位 7mm のせん断強度とした。)

キーワード 炭酸カルシウム法, 微生物, 地盤固化

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科建設環境系専攻

TEL (0836) 85-9011

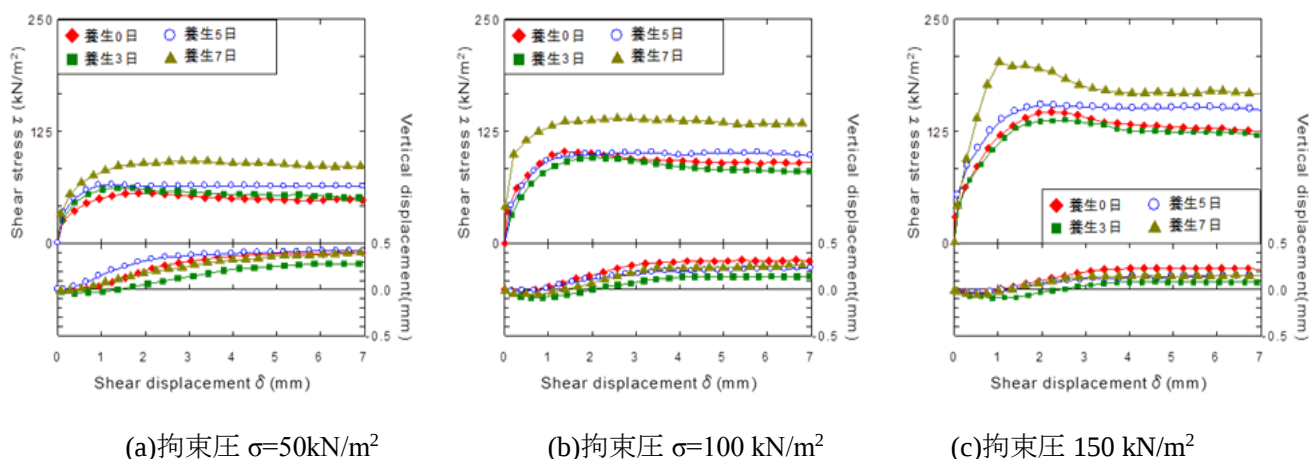


図-1 各拘束圧における定圧一面せん断試験結果

3. 試験結果および考察

図-1,2 より養生 3 日のせん断強度は養生 0 日より小さく、養生 3 日は CaCO_3 が析出していることがわかった。3 日では培養液・栄養液を浸透させるだけでと固化されるまでに時間が足りないと考えられる。表-3 から養生 3 日と養生 5 日の炭酸カルシウム析出が、あまり差がないことから時間が必要であると考えられる。養生 5 日では、図-2 左をみると養生 0 日と最大せん断強度が近似しているのが見られるが図-2 右の残留せん断強度では増加していることが分かる。図-1 を比べて見ると、養生 5 日は拘束圧

50kN/m², 100kN/m², 150kN/m² のせん断強度のピーク時と残留強度が近似の値を示していることが見られる。養生 7 日でも拘束圧 50kN/m², 100kN/m² でせん断

強度の最大時と残留強度の値が近似と確認でき、浸透による固化が不均質であり砂と礫（固化された砂）によって残留強度が増加したと考えられる。また、養生 5 日以降の粘着力 c_d と内部摩擦角 ϕ_d が大きくなっていることがわかり強度が増加傾向である。養生日数が増えると CaCO_3 の析出率が上がっていることが表-3 よりわかった。

4. まとめ

定圧一面せん断の結果から、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最大せん断強度と残留せん断強度の差が小さくなることが確認できた。ただし、養生日数が短いと固化が見られなかった。BP 培養液・栄養液の浸透により養生日数が増えると炭酸カルシウムが多く析出していることがわかった。

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

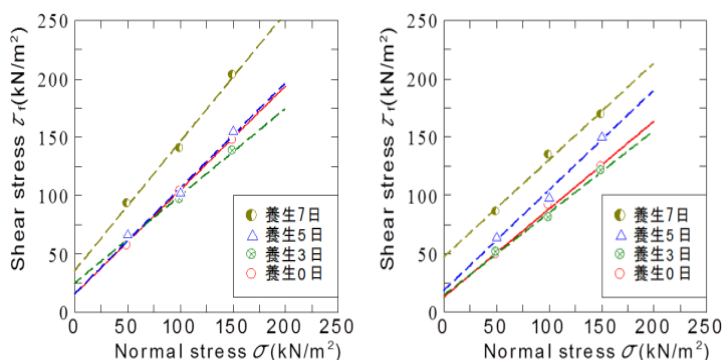


図-2 垂直応力とせん断強度の関係

(左：最大せん断強度，右：残留せん断強度)

表-3 養生日数における CaCO_3 析出率の平均

養生日数(Day)	3	5	7
炭酸カルシウム析出率(%)	6.33	6.65	7.97