

異なる傾斜角が一定の降雨量下におけるバイオセメント土に与える影響

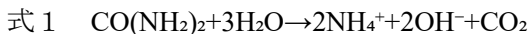
山口大学大学院 学生会員 ○郷地 拓哉
山口大学大学院 正会員 Azizul Moqsud

1. はじめに

現在の日本では、集中豪雨や地震などの発生により、土砂災害や土石流などの斜面災害が多く発生している。建設業界では、この斜面災害の防止策としてコンクリートやセメントなどが主に使われている。このコンクリートやセメントは工場などで生成される際に、世界の環境問題としてあげられる二酸化炭素を多く排出する。この二酸化炭素を多く排出することがない斜面災害の防止策として、微生物の代謝を利用したバイオセメンテーションという地盤改良技術が注目されている。このバイオセメンテーションの中でも炭酸カルシウム法について着目した。この炭酸カルシウム法というのは土壌中にあるカルシウムと微生物の代謝によって生成される二酸化炭素によって土粒子を結合させる働きがある炭酸カルシウムを生成させることによる地盤強化をはかる方法のことである。

2. 炭酸カルシウム法の仕組み

尿素の加水分解



カルシウム沈殿反応



図1 炭酸カルシウム沈殿反応

式1は尿素の加水分解により、二酸化炭素とアンモ

ニウムイオンに分解することを表している。

式2は二酸化炭素と水が反応して、炭酸水素イオンが生成され、その生成された炭酸水素イオンとカルシウムとが反応することにより、炭酸カルシウムが生成されることを表している。この炭酸カルシウムが土粒子間に生成されることで地盤の強度が期待できる。これが炭酸カルシウム法の仕組みである。

3. 実験材料および実験方法

3.1 実験材料

本実験では山口大学工学部の敷地内にある土を使用している。

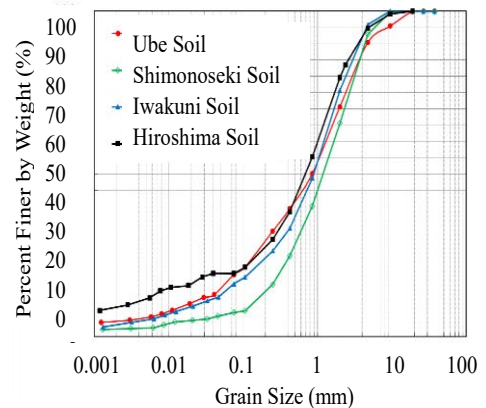


図2 中国地方における土の粒度分布

土中の微生物を増殖させ炭酸カルシウム法を行うために培養液と栄養液を作製する。培養液と栄養液の材料を表1に示す。

表1 培養液および栄養液の材料

培養液		栄養液	
蒸留水	500ml	蒸留水	500ml
Yeast Extract	10g	尿素	15g
硫酸アンモニウム	5g	塩化カルシウム	27.8g
1.03Mtris	7.875g	ニュートリエントプロス	1.5g
ペプトン	5g		

キーワード 微生物, バイオセメンテーション, 炭酸カルシウム法

連絡先 〒755-0097 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学 地盤工学研究室

TEL : 0836-85-7326

3.2 人工降雨実験

人工降雨実験で用いる供試体の大きさは縦240mm、横190mm、高さ15mmである。1日目にだけ培養液100ml注入し、栄養液は1日目から10日間所定の時間に100ml注入する。培養温度は25°Cに設定した。供試体は6個使用しバイオセメンテーションを行っている供試体が3個、バイオセメンテーションを行っていない供試体が3個である。実験条件は、降雨強度はすべて50~60mm/hに設定し、急傾斜地崩壊危険区域の条件である傾斜角30°以上を参考にし、傾斜角を30°、35°、40°に設定した。実験方法は、供試体の撮影を10分おきに行い、流出土を採取する。

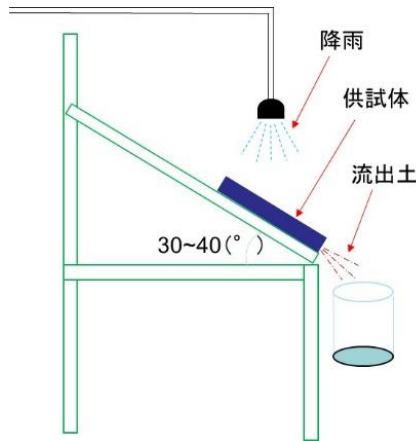


図3 人工降雨実験の概略図

3.3 SEMとEDS

SEMは走査型電子顕微鏡で、炭酸カルシウムが土壌に沈着しているかどうかを撮影するために使用し、EDSは、SEMで撮影した写真から元素情報を分析し、カルシウムが生成されているかどうかを確認するエネルギー分散型X線分光装置である。人工降雨実験で用いた供試体の土試料を使用する。

3.4 Thermogravimetric Analysis Method (TGA法)

TGA法は、炭酸カルシウムが500°C~800°Cの温度範囲で分解されることを利用して炭酸カルシウムの含有率を算定する方法

- (1) 試料の初期重量の計測(A)、1時間500°Cにしたときの重量(B)、その後1時間800°Cにしたときの重量(C)

- (2) 二酸化炭素の原子量に対する炭酸カルシウムの原子量の比を適用する。(2.274)

$$CCC(\%) = \frac{(C - B)}{A \times 2.274}$$

CCC(%) : Calcium Carbonate Content

4. 結果と考察

4.1 人工降雨実験

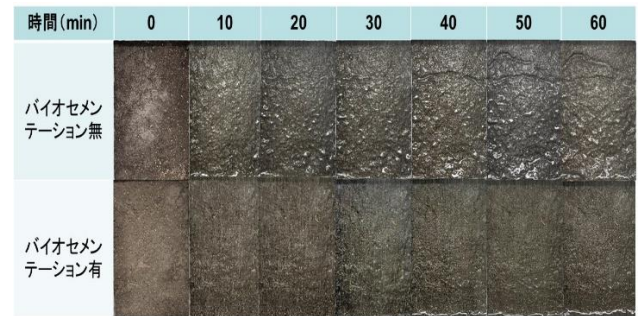


図4 傾斜角30°での人工降雨実験結果

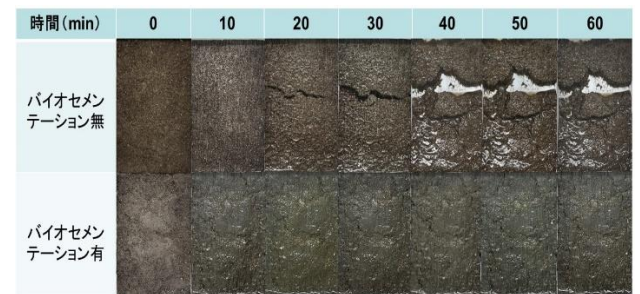


図5 傾斜角35°での人工降雨実験結果

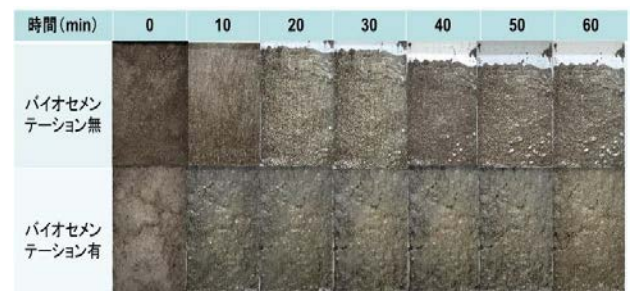


図6 傾斜角40°での人工降雨実験結果

図5、図6からバイオセメンテーションを行っていない供試体は、傾斜角35°、40°で開始30分以内に目立った崩壊を示したのに対し、バイオセメンテーションを行っている供試体は傾斜角30°、35°、40°のいずれも目立った崩壊を示さなかった。次に人工降雨実験における流出土を図7に示す。

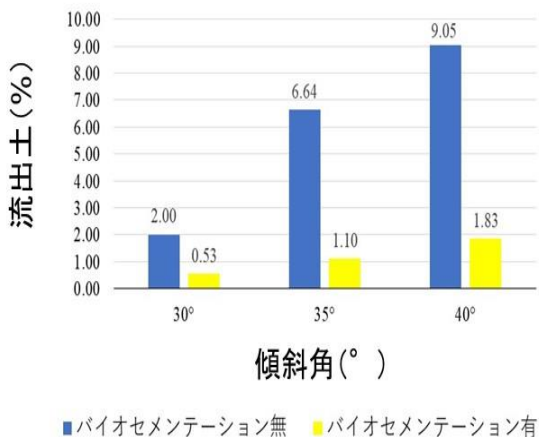


図7 人工降雨実験における流出土

図7から傾斜角 30° の場合 1.47%、傾斜角 35° の場合 5.54%、傾斜角 40° の場合 7.22%減少しておりどの傾斜角でも流出土が減少していることが確認できる。

4.2 SEM と EDS

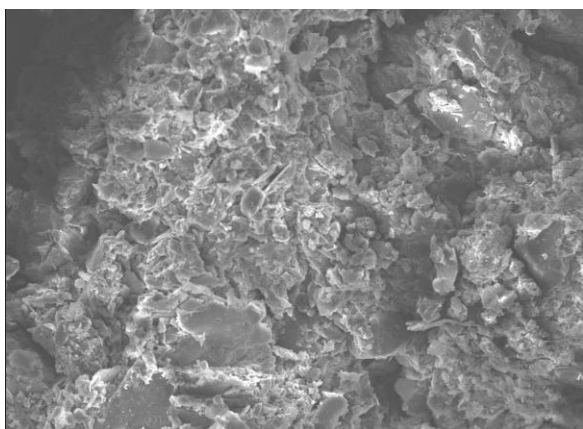


図8 SEMによる土試料表面

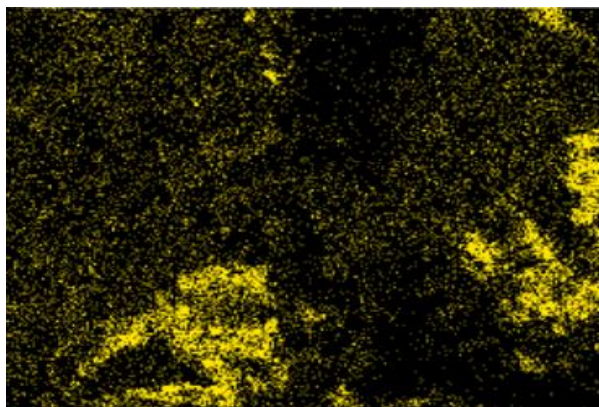


図9 SEMで撮影した写真のカルシウム存在箇所

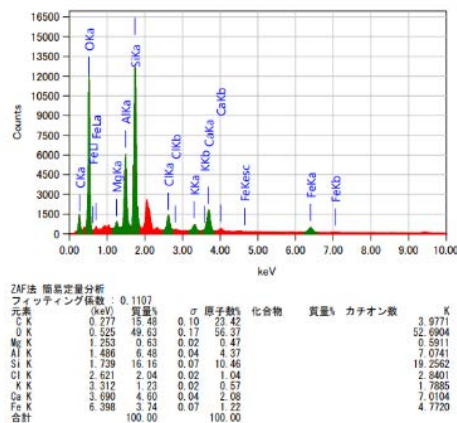


図10 EDSデータ

図10からカルシウム質量が全体の4.60%を占めていることから炭酸カルシウム法によって炭酸カルシウムが析出されていることが確認できる。

4.3 Thermogravimetric Analysis Method (TGA法)

A=11.51 g、B=9.39 g、C=8.60 gの値から CCC(%)=3.02 であった。

したがって、炭酸カルシウムが析出されていることが確認できた。

5. 結論

人工降雨実験の結果から、傾斜角 30°、35°、40° の場合バイオセメンテーション処理を行うことによって、供試体の崩壊を防ぎ、流出土を抑えることができた。したがって、表層の崩壊を防ぐ、流出土を抑えるという観点からだと、急傾斜地崩壊危険区域ではバイオセメンテーションを実施すべきなのではないかと考える。また、SEMとEDS、そしてTGA法の結果から今回の実験では炭酸カルシウム法が適用されていることが確認できた。

参考文献

Moqsud, M.A. (2021). Slope soil stabilization through biocementation by native bacteria in Chugoku region, Japan. International Journal of GEOMATE. Volume 21, Issue 83, pp. 36-42.

Bhutange.P.S. Chakrabarti.T., (2020). Studies on efficacy of biocementation of cement mortar using soil extract. Journal of Cleaner Production. Volume 274