

CO₂ ガスを固定化した土の強度特性

Strength characteristics of soil with fixed CO₂ gas

照井紀之* ○石生有希** 中野晶子** 金山素平**
 Terui N.*, Ishiko Y.**, Nakano A.** and Kanayama M.**

1. はじめに

現在、環境保全や資源の有効利用等に対する社会的関心の高まりにより、周辺環境に配慮した地盤改良技術の開発が望まれている。本研究では、廃棄カキ殻と CO₂ を有効活用した土の固化処理方法を提案する。具体的には、カキ殻の燃焼処理の必要性を検討するためにバッチ試験を行った。また、カラム試験により最適な養生条件の検討と強度試験を行い、走査型電子顕微鏡(以下 SEM)やエネルギー分散型 X 線分光法(以下 EDS)を用いた固化供試体の構造観察を行った。

2. バッチ試験

試験方法 試験管にカキ殻 1g と炭酸水 20mL を加え、任意の時間における pH、Ca²⁺濃度、電気伝導度 EC、CO₂ 吸収量を測定した。CO₂ 吸収量を測定するため、反応後に溶液を濾過し、炉乾燥後の質量を測定した。試験条件は Table 1 に示す。

結果と考察 Fig.1 の pH 測定結果より、条件 I で初期に値の増加がみられるが、これは炭酸水と CaO の反応により、OH⁻が生成したためである。条件 II では、2 日目以降にわずかに値が上昇するのみであり、pH の変化が小さいことがわかる。Ca²⁺濃度の測定結果より、条件 I で初期に値の減少がみられるが、これは CaCO₃ が析出したことを示している。条件 II では、初期は反応が起こらず高い値のまま推移し、2 日目以降緩やかに減少した。電気伝導度 EC の測定結果より、条件 I の電気伝導度 EC は増加傾向にあることから、溶液中の物質のイオン化が進んだと判断できる。また、CO₂ 吸収量は条件 I ではカキ殻 1g あたり 0.2~0.3g、条件 II ではおおむね 0g という結果が得られた。以上の結果を総合的に判断し、十分な炭酸カルシウム析出のためには、カキ殻の燃焼処理は必要である。

3. カラム試験

3-1 最適な混合比の選定のためのカラム試験

試験方法 試料には、豊浦標準砂と粒径 0.075mm に粉碎し、燃焼処理を行ったカキ殻を使用した。最適な混合比は、一軸圧縮強度と CO₂ 吸収量の結果から総合的に判断することとする。混合比選定のための試験条件は Table 2 に示す。

試験結果と考察 条件 III, IV は熱によるカラムの変形が起こり、一軸圧縮強度および CO₂ 吸収量の測定結果を得られなかった。条件 V~VIII の一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線を Fig.2 に示す。条件 VII において最大強度 557kN/m² が得られた。その他の条件においても軟弱地盤の改良土として適応可能な 100kN/m² 以上の

Table 1 Test conditions for batch test

Case	Shell	Period	Solution	CO ₂ Absorption
I	Combustion	7 days	Carbonated	0.25 g
II	No treatment		Water	0.06 g

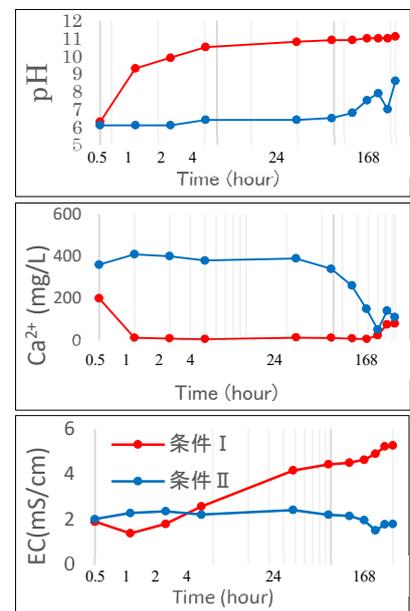


Fig.1 Variation of each measured value in batch test

Table 2 Test conditions for mixing ratio selection

Case	Mixing ratio Oyster : Sand	Period	Solution	CO ₂ Absorption
III	1 : 0	7 days	Carbonated Water	—
IV	1 : 0.75			—
V	1 : 1			14.81 g
VI	0.75 : 1			17.00 g
VII	0.5 : 1			12.42 g
VIII	0.25 : 1			9.81 g

*岩手県庁, **九州大学大学院農学研究院

*Iwate Prefectural Office, Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード: 廃棄カキ殻, CO₂ガス, 一軸圧縮強度, SEM, EDS

強度が得られた。CO₂吸収量は、条件VIが17.00gで最も高く、順に条件Vの14.81g、条件VIIの12.42g、条件VIIIの9.81gとなった。カキ殻の混合比が増加するとCO₂吸収量は増える傾向にある。以上の結果を総合的に判断すると、最適な混合比は0.5 : 1であった。

3-2 炭酸水養生と水養生の比較のためのカラム試験

試験方法 試験試料は3-1と同じで、混合比は0.5 : 1とし、炭酸水または水を使用した供試体の一軸圧縮強度とCO₂吸収量を比較する。試験条件をTable 3に示す。

試験結果と考察 条件VII, IXの一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線をFig.3に示す。条件IXが34kN/m²と条件VIIと比較してかなり低い値を示し、軟弱地盤の改良土として適応可能な100kN/m²に満たない結果となった。CO₂吸収量は、条件IXが4.16gと条件VIIの12.42gに満たない結果となった。条件IXの結果より、カキ殻と水の反応は弱いためCO₂吸収量が少なく、一軸圧縮強度も低いことがわかった。以上の結果より、強度発現およびCO₂吸収量の増加には炭酸水養生が効果的であると判断した。

4. SEM および EDS による固化供試体の構造評価

カラム試験の結果から、最適な混合比および養生条件で作製された条件VIIの供試体の構造観察を行った。

Photo.1(a)は、条件VIIにおけるSEM画像とケイ素の元素分析の結果であり、中央に位置する大きな塊は砂粒子であると判断できる。

Photo.1(b)の炭素の元素分析の結果より、砂粒子表面および間隙中に炭酸カルシウムが均等に析出していることがわかる。このように、カキ殻と炭酸水の反応により析出した炭酸カルシウムが、土の間隙を埋めることによって強度増加が起こっていると推察する。

Photo.2は一軸圧縮強度が最も小さい条件IXのSEM画像である。条件VIIと比較すると、砂粒子の周辺に炭酸カルシウムが全く析出していないことが分かる。したがって、砂粒子間隙の炭酸カルシウムの析出量が、一軸圧縮強度に大きく関わっているといえる。

5. まとめ

本研究では、廃棄カキ殻とCO₂を有効活用した土の固化処理方法を検討した。カキ殻の燃焼処理を行うことで炭酸水との反応が促進され、より多くのCO₂を吸収することがわかった。また、供試体の一軸圧縮試験結果から、カキ:砂の混合比が0.5 : 1、通水溶液が炭酸水、養生日数が7日間の条件が、最適な条件であることがわかった。SEM, EDSによる固化供試体の構造観察から、砂粒子の間隙に析出する炭酸カルシウムの量が一軸圧縮強度に関係していることがわかった。

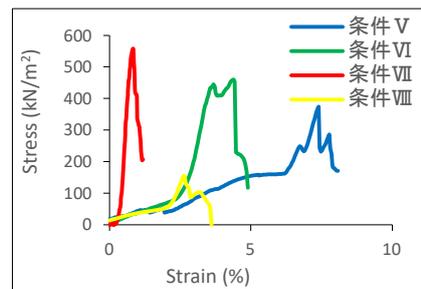


Fig.2 Stress-strain curves from cases V-VIII

Table 3 Test conditions for solution selection

Case	Mixing ratio Oyster : Sand	Period	Solution	CO ₂ Absorption
VII	0.5 : 1	7 days	Carbonated Water	0.25 g
IX			Water	0.06 g

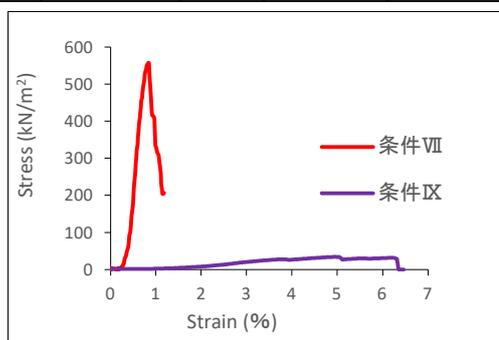


Fig.3 Stress-strain curves from cases VII-IX

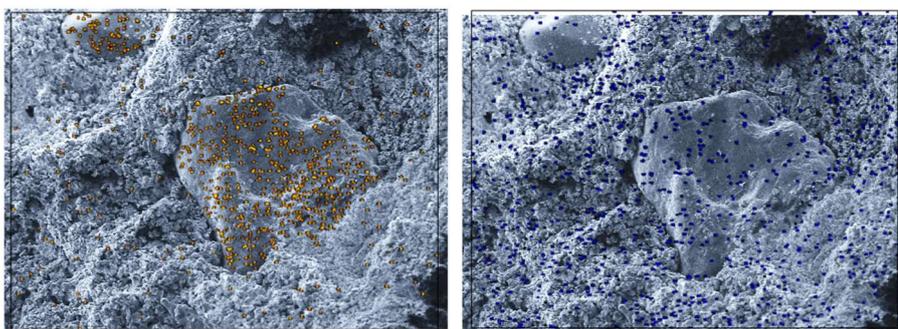


Photo.1 SEM images and EDS analysis from cases VII, left: (a) Silicon elemental mapping, right: (b) carbon elemental mapping

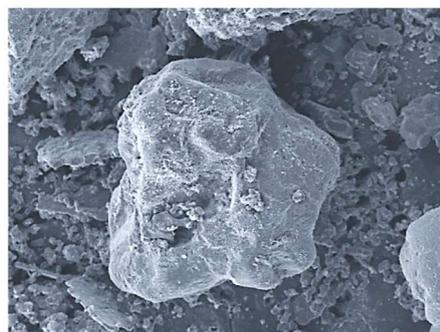


Photo.2 SEM images from cases IX