

CO₂の固定化に基づいた土の安定化処理 Soil stabilization treatment based on CO₂ fixation

上木場翔太* 中野晶子** ○金山素平**
Uekoba S.*, Nakano A.** and ○Kanayama M.**

1. はじめに

CO₂ガスは地球上のあらゆる生物の存在にとって不可欠で身近な物質であるが、大気中のCO₂の濃度増大は空気に混ざって広がり国境を越えてしまう環境公害であるため、全地球的な規模で、超長期的視野から多様な対策が求められている。農業・林業その他土地利用から排出されるCO₂ガス換算量は世界排出全体の25%に相当する試算を踏まえれば、地中への貯留、特に農業生産地域におけるC貯留の試みと技術開発が望まれる。本研究では、Caを主成分とする炭酸塩を利用した無機化学的プロセスによるCO₂固定化について検討した。

2. 試験方法

カキ殻生石灰を土に混合し、CO₂と反応させることでCaCO₃を土粒子間に析出させる。このCaCO₃が結合剤となった固化体を作製する。本研究においては、カキ殻生石灰のCO₂吸収量と強度特性を検討するため、バッチ試験とカラム試験を実施した(Fig.1)。カキ殻は細かく粉砕し、電気マッフル炉にて1000°Cで1時間燃焼しカキ殻生石灰を作製した。なお、カキ殻の燃焼によってカキ殻1.0gから平均0.423gのCO₂排出を確認した。



Fig.1 Batch test and soil column curing test

2-1 バッチ試験

試験管にカキ殻生石灰1.0gと炭酸水20または40mL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。なお、反応前後の質量の増加量をCO₂吸収量とした。

2-2 カラム試験と供試体の一軸圧縮試験による強度評価

土試料に対しカキ殻生石灰を質量比0.5および0.25でカラムに封入し、試料下部から炭酸水を通水した。養生日数はそれぞれ1, 3, 7日とした。混合比0.25において均質性の向上の試みとして、供試体下部に金属フィルターを用いて試験を実施した。通水前後のpH、Ca²⁺濃度、電気伝導度EC、CO₂吸収量を測定した。カラム試験後、土供試体を一日乾燥し、一軸圧縮試験を実施し土供試体の強度を測定した。

3. 試験結果と考察

3-1 バッチ試験

Fig.2に条件1, 2の試験結果を示す。pHの測定結果より、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。また、Ca²⁺濃度の測定結果より、初期にCa²⁺濃度の増加がみられるが、これも炭酸水とCaOの反応によりCa²⁺が生成したためである。Ca²⁺

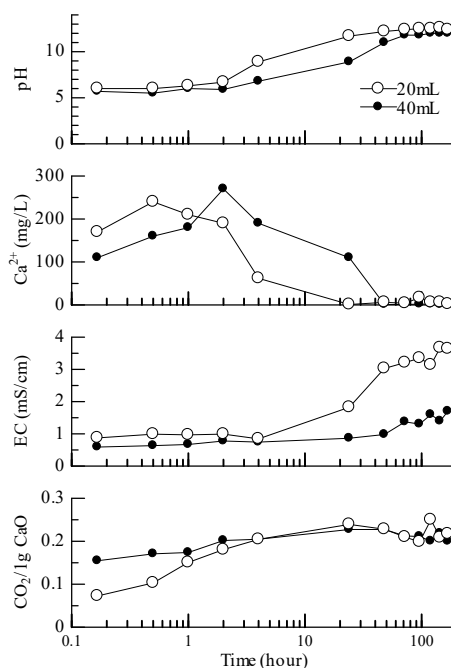


Fig. 2 Variation of each measured value in batch test

*宮崎県庁, **九州大学大学院農学研究院

*Miyazaki Prefectural Office, Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード: 廃棄カキ殻, CO₂, 安定化処理, 一軸圧縮強度, 炭酸カルシウム

は減少したが、これは CaCO_3 が析出したことを示している。また、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。アルカリ環境下にあることから CO_3^{2-} の形態が支配的となり、 Ca^{2+} と反応し容易に CaCO_3 が析出する場にあることが分かる。カキ殻生石灰 1.0 g あたりの CO_2 吸収量は、開始 4 時間まで約 0.2 g に増加し、その後ほぼ一定となる傾向を示した。 CO_2 回収率(カキ殻生石灰 1 g に対する CO_2 回収量 / カキ殻生石灰 1 g に対する CO_2 排出量)は、条件 1, 2 でそれぞれ 30.2, 29.1% と算出され、ほとんど差がなかった。

3-2 カラム試験と供試体の一軸圧縮試験による強度評価

土カラム養生試験結果の一例として混合比 0.50 の結果を記すと、通水前後の溶液の pH, Ca^{2+} 濃度 (mg/L), 電気伝導度 EC (mS/cm) はそれぞれ 3.6 から 11.5, 0 から 405, 0.058 から 9.62 と変化した。混合比 0.25 においても同様の傾向であった。試験管試験の結果と同様に、アルカリ環境下、高 EC 値、豊富な Ca^{2+} の存在が確認できたことから、土供試体内に CaCO_3 が十分に析出したと推察できる。

Fig.3 に一軸圧縮試験の結果から応力ひずみ曲線を示す。破壊ひずみは 1.5~2.8%, 一軸圧縮強度は 89~352 kN/m² の値となった。混合比 0.5 および 0.25 とともに養生日数の増加に伴って最大圧縮強度が増加する傾向が観察された。また、混合比 0.25 の供試体の方が混合比 0.5 の供試体より高い圧縮強度を示す傾向にあることが分かった。これは、本手法の CaCO_3 の析出による強度発現には最適な混合比があることを示している。混合比 0.25 においてはすべての供試体で軟弱地盤の改良土として適用可能な 100 kN/m² 以上の値が得られた。

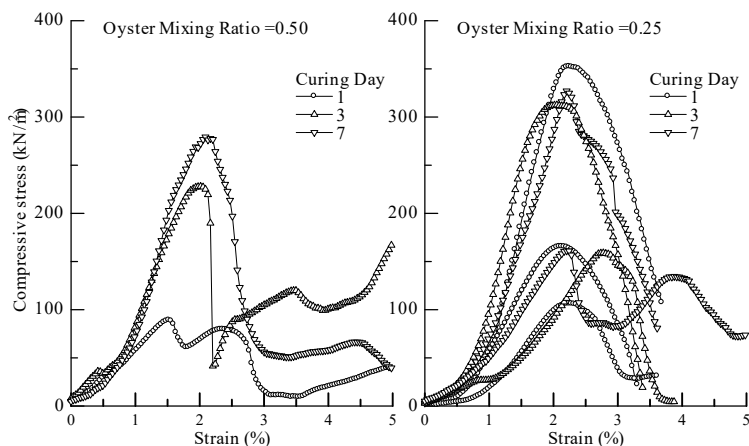


Fig. 3 Stress strain curves of the specimen prepared in this study

CO_2 回収率と一軸圧縮強度、変形係数 E_{50} の関係を Fig.4 に示す。一軸圧縮強度、変形係数 E_{50} と CO_2 回収率の相関係数は、それぞれ 0.72 と 0.60 であり、正の相関が確認された。これは、本手法による供試体の強度発現が供試体中の間隙の CaCO_3 による充填であることを表す結果である。この結果を踏まえれば、より多くの C を貯留することによって、本手法を適用した作製物、構造物、改良地盤の強度が増大することが予想される。

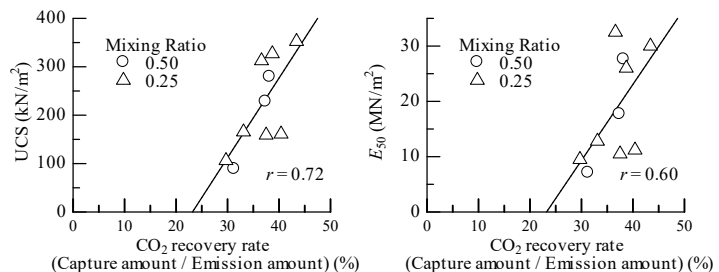


Fig. 4 Relationship between unconfined compressive strength UCS, deformation coefficient E_{50} and CO_2 recovery rate

本試験で得られた CO_2 回収率の平均値は 34.6%, 標準偏差は 7.8%, 最大値は 43.4% であった。最大回収率 43.4% を使用した CO_2 排出の簡易的試算を行うと、カキ殻 1 t から生石灰製造時に排出される CO_2 は 423kg, 本固化手法を適用した際の排出 CO_2 は最終的に約 239 kg となり、1 t のセメント製造時の CO_2 排出量の 770 kg と比較するとかなり低い値となり、 CO_2 の固定化に基づいた新しい土の安定化処理技術となる可能性を有することが分かった。

4. まとめ

本研究では、廃棄カキ殻と CO_2 を有効活用した土の安定化処理方法を検討した。カキ殻生石灰を使用して CO_2 を固定化し、炭酸カルシウムとして土粒子間に析出させることが可能で、軟弱地盤の改良土として適応可能な強度が得られることを確認した。得られた CO_2 回収率は 30~43% の範囲にあり、カラム供試体の強度・剛性と正の相関関係にあることが分かった。今後は CO_2 回収率の増加、供試体の均質性の改善、最適な混合比の選定について検討が必要である。