

## カキ殻を用いた土の固化処理技術に関する研究 Study on Solidification Treatment of Soil Using Oyster Shell

○金山素平\*, 藤井芽衣\*\*, 工藤基\*\*, 進藤あきほ\*, 八矢園子\*  
Kanayama M.\*, Fujii M.\*\* , Kudo M.\*\* , Shindo A.\* , Hachiya S.\*

### 1. はじめに

現在、農業農村工学・地盤工学分野において、環境保全や資源リサイクルなどの社会的関心が高まり、より環境負荷の少ない新たな材料を用いた地盤改良技術の実現が期待されている。本研究では、新しい土の固化処理技術の開発を目的とし、産業廃棄物として処理されるカキ殻の主成分である炭酸カルシウムに着目した。カキ殻とリン酸を用いたリン酸カルシウム化合物の析出による土の固化処理技術を検討し、その固化性能を評価するため基礎的な室内実験を行った。

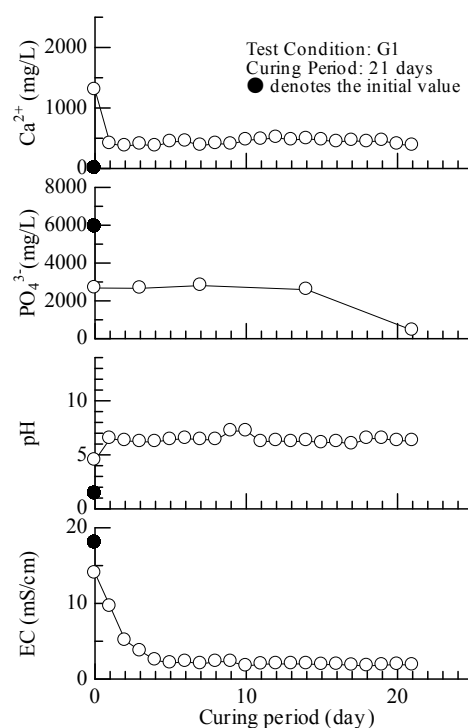
### 2. 試験方法

本研究で使用した土試料は豊浦標準砂である。粒度が揃い、不純物が少ない豊浦標準砂は実験における誤差が生じにくいため採用した。カキ殻に関しては、岩手県陸前高田市の漁港のカキ剥き身作業施設から排出され、1年以上野積みされた殻を使用した。ハンマーを使用し殻を大まかに砕いた後、粉砕機により細かく粉砕した。粉砕後のカキ殻は、ふるい分けにより粒度をそろえた。本試験では2mmふるいを通過し、0.425 μmふるいに残留したものを試料として使用した。上記の豊浦標準砂とカキ殻を四分法により混合したものを試験試料とした。また、リン酸は、林純薬工業(株)の試薬特級を蒸留水で希釈して使用した。

本研究で行った試験は、1)カラムによる供試体の養生、2)養生に用いた供試体内のリン酸イオン  $\text{PO}_4^{3-}$ 濃度、カルシウムイオン  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度、pH、電気伝導度 EC の測定、3)カラム試験で養生した供試体の一軸圧縮試験による強度定数評価、4)デジタル顕微鏡を用いた供試体の構造骨格の観察である。試験条件を **Table 1** に示す。

### 3. 結果と考察

カラム試験による混合質量比が異なる供試体の養生の一例として、試験条件 G1 (21日養生) の溶液測定の結果を **Fig. 1** に示す。全ての試験において、カラムにリン酸水溶液を注入した直後は、カキ殻とリン酸水溶液が反応し  $\text{CO}_2$  ガスが発生した。注入直後  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度は 1500~2000 mg/L まで増加し、養生日数が増加するにつれ値が 350 mg/L 程度まで減少した。 $\text{PO}_4^{3-}$ 濃度は初期濃度約 6000 mg/L から約 1000 mg/L まで急激に減少し、その後の日数の増加



**Fig.1** Variations of  $\text{Ca}^{2+}$  concentration,  $\text{PO}_4^{3-}$  concentration, pH and EC in the column specimens under test condition G1

**Table 1** Test Condition

Test Case (Number of sample)	Mass Mixing ratio (Oyster : Sand)	Number of injections of phosphoric acid aqueous solution	Curing Period
G1(5)	1:1	Once a day	1, 3, 7, 10 and 21 days
G2(4)	1.5:1		1, 3, 7 and 10 days
G3(5)	0.5:1		1, 3, 7, 10 and 21 days

\*岩手大学農学部, \*\*青森県庁

\* Faculty of agriculture, Iwate University, \*\* Aomori Prefectural Government

キーワード: カキ殻, 標準砂, リン酸カルシウム化合物, 一軸圧縮強度

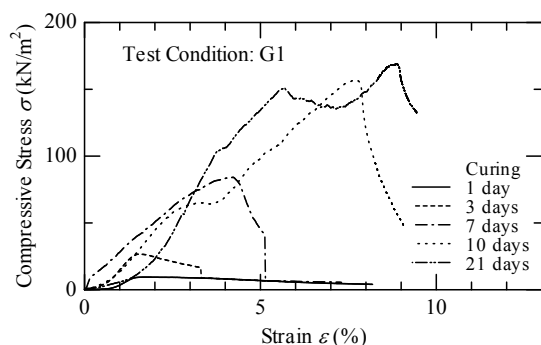


Fig.2 Unconfined compression test results of the specimens under test condition G1

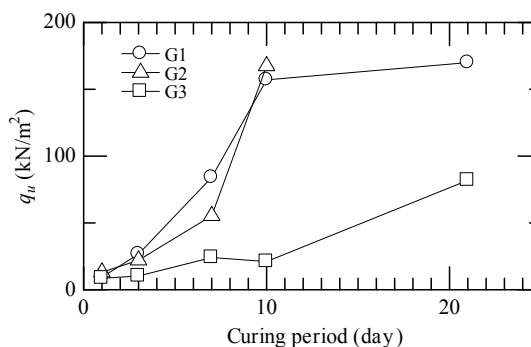


Fig.3 Relationships between curing period and unconfined compressive strength of specimens



Photo.1 Picture of inside specimens under test condition G2

とともに  $\text{PO}_4^{3-}$ 濃度は減少を示した. 注入前のリン酸水溶液は  $\text{pH}1.4$  と強い酸性を示したが, 養生日数が増加するに伴い,  $\text{pH}6.0$  から  $7.0$  と中性側の値を示した. 注入前のリン酸水溶液の  $\text{EC}$  は  $18\text{mS/cm}$  であったが, 養生日数が増加するにつれ,  $1.7\text{mS/cm}$  程度まで減少した. 以上の測定結果から, カキ殻とリン酸の反応が進み, リン酸カルシウム化合物が析出していることが分かる.

強度試験の一例として, G1 の一軸圧縮試験結果を Fig.2, 全供試体の一軸圧縮強度  $q_u$  を Fig.3 に示す. Fig.2 から圧縮応力  $\sigma$  は明瞭なピーク値を示し, 養生日数が増加するに伴い  $\sigma$  が増大する傾向にあることが分かる. Fig.3 において, 全ての供試体の一軸圧縮強度は養生日数の増加に伴い増加していることが分かる. 養生日数を 10 日以上とした G1 および G2 の供試体の強度は, 目標強度とした  $100\text{kN/m}^2$  を大きく上回る結果となった. G3 の供試体に関しては目標強度を達しておらず, 養生日数 10 日においても低い強度を示した. しかし, 養生 21 日において著しい強度増加が確認されたことから, カキ殻混合比が小さい試料に関しては養生日数を長く設定することによって更なる強度増加が期待される.

一軸圧縮試験終了後の破壊した供試体を用いてデジタル顕微鏡による画像観察を行った. その一例として, 試験条件 G3 の供試体内部の画像を Photo.1 に示す. 拡大倍率を約 15 から 20 倍に設定して撮影した画像である. 養生 1 日の供試体において, 粉碎したカキ殻の角張った形状が確認でき, 砂粒子, カキ殻粒子の間には多くの間隙が存在することが分かる. 養生 3 日の供試体では, カキ殻粒子の溶解が確認でき, 砂粒子, カキ殻粒子が半透明状の析出物を介して結びつく様子が分かる. 養生日数が 7 日および 10 日に達すると, 観察画像内の間隙は析出物によって埋められ, 密で複雑な構造骨格を形成することが分かる. 特に, 10 日養生の供試体においては多くの析出物が確認された.

#### 4. まとめ

本研究では, カキ殻とリン酸を用いたリン酸カルシウム化合物の析出による土の固化処理技術を検討し, 室内実験を行った. カラムによる養生試験結果を考慮すると, 間隙を閉塞した析出物はリン酸カルシウム化合物である可能性が高く, 画像観察より養生日数の増加とともにリン酸カルシウム化合物が供試体のより多くの間隙を閉塞することが確認された. 一軸圧縮試験結果から, 養生日数が増加するに伴い, 供試体の圧縮応力が増大した. カキ殻の質量混合比を 1 以上, 養生日数を 10 日以上とした場合, 供試体は  $150\text{kN/m}^2$  以上の高い強度を示すことが分かった. 供試体の強度増加は析出物による間隙の閉塞化に起因すると考えられるが, 今後の試験データの集積と詳細な検討が望まれる.