

カキ殻を用いた土の固化処理技術に関する研究

Examination for cementation of soil using waste oyster shell

工藤基*, ○藤井芽衣**, 金山素平**

Kudo M. *, Fujii M. **, Kanayama M. **

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

本研究で行った実験は、カラム試験による供試体の固化、固化に用いたリン酸溶液濃度、カルシウムイオン濃度、pH、電気伝導度 EC の測定、カラム試験で固化した供試体の一軸圧縮試験による強度評価である。

カキ殻を粉砕機により粉砕し、ふるい分けにより粒度をそろえた。本実験では 0.425mm ふるいに残留したカキ殻と、豊浦標準砂 ($\rho_s = 2.640\text{g/cm}^3$) を四分法により混合したものを試料とした。

カキ殻と標準砂の混合質量比の違い、リン酸溶液の注入回数の違いが強度に与える影響を確かめるため、試験条件を変え 4 回実験を行った。各グループの試験条件を Table.1 に示す。それぞれカラムに試料を詰め、ポンプでリン酸溶液 (85 倍希釈) を送液した。注入後のリン酸溶液はカラム上部から回収し、各値を測定した。養生日数を 4 パターン (1, 3, 7, 10 日間) 設けた。

所定の養生期間を経た供試体を、カラムから取り出し、万能圧縮試験機にて一軸圧縮試験を行った。供試体の 15% ひずみの時点で試験を終了とした。供試体強度の目標値として、軟弱土の地盤改良に用いることが可能な一軸圧縮強さ $q_u = 100\text{kN/m}^2$ と設定した。



Photo.1 Column test for curing

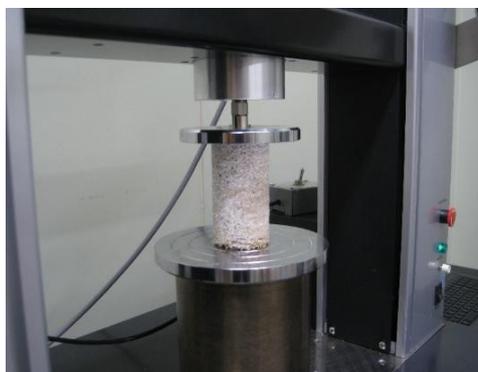


Photo.2 Unconfined compression test

Table.1 Test condition of each group

	試料の混合比	リン酸溶液の希釈倍率	リン酸溶液の注入回数
グループ1	カキ殻:標準砂=1:1	85倍	K-1→1回、K-2→2回、K-3→3回
グループ2	カキ殻:標準砂=1:1	85倍	各カラム毎日通水
グループ3	カキ殻:標準砂=1:1	85倍	各カラム毎日通水
グループ4	カキ殻:標準砂=1.5:1	85倍	各カラム毎日通水

*青森県庁, **岩手大学農学部

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

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

養生日数, リン酸溶液の注入回数, カキ殻の混合率の違いが供試体の強度に及ぼす影響を検討した. また, 供試体の強度がリン酸カルシウム化合物の析出によるものであることを確かめるため, ブランク試料を用いて一軸圧縮試験を行った. 試験後の供試体は, デジタル顕微鏡を用いて, リン酸カルシウム化合物の析出による構造骨格の変化を観察した.

3. 結果と考察

Fig.1 は, グループ 3(10 日養生)の溶液測定の結果である. カラムにリン酸溶液を注入した直後は, カキ殻とリン酸溶液が反応し, 大量の気泡が発生した. この気泡は反応の副産物である CO_2 である. Ca^{2+} イオンはリン酸注入初日に値が 1700mg/L まで上昇し, 養生日数が増加するにつれ値が 400mg/L 程度まで減少した. pH については, 注入前のリン酸溶液は $\text{pH}1.3$ と強い酸性を示したが, 養生日数が増加するに伴い, $\text{pH}6.2$ と中性側に値が落ち着いた. 電気伝導度 EC は, 溶液中のイオン量を示す. 電気伝導度 EC は, 注入前のリン酸溶液は 18mS/cm という値を示したが, 養生日数が増加するにつれ, 2.0mS/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, グループ 3(10 日養生)の一軸圧縮試験結果を Fig.2 に示す. 圧縮応力 σ が直線的に増大し, 明瞭なピーク値を示している. 得られた一軸圧縮強度は 157.1kN/m^2 , 破壊ひずみは 7.67% であった.

Fig.3 は, 一軸圧縮試験から求まる一軸圧縮強度を養生日数に対して示した図である. この結果から, 養生日数, リン酸溶液の注入回数を増やすことで, 供試体の強度が増加することが分かる. カキ殻の混合率の違いと, 供試体の強度の変化については, 今回の実験では明確な差異がみられなかった. 強度試験において, グループ 3, グループ 4 の 10 日養生供試体で, 目標強度である $q_u = 100\text{kN/m}^2$ を達成することができた. このことから, カキ殻を用いた土の固化処理技術は, 強度増加の観点において, 有効な手法であると考える.

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. カラム試験について, 溶液測定の結果および強度試験の結果から, カラム内で, カキ殻とリン酸溶液が反応し, リン酸カルシウム化合物が析出することを確認した. また, 析出したリン酸カルシウム化合物が供試体の強度増加に寄与していることを確認した. 一軸圧縮試験結果から, 安定した強度を有する供試体を作製するという点に関して, カキ殻:標準砂 = 1:1 が最適であると判断した.

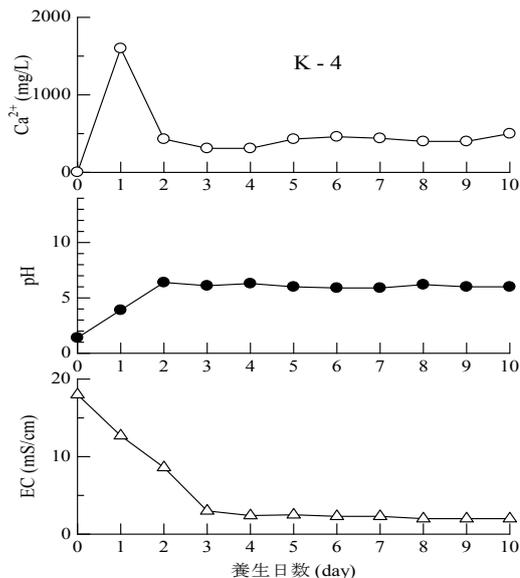


Fig.1 Results of Ca^{2+} , pH and EC in solution

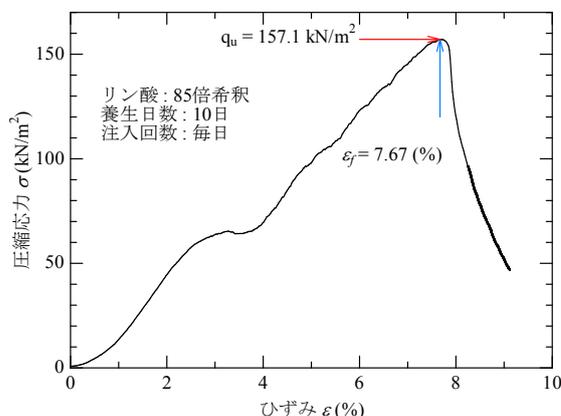


Fig.2 Result of unconfined compression test

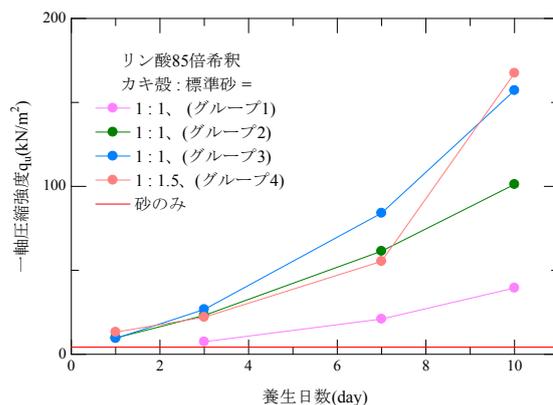


Fig.3 Variations of strength for specimens with elapsed day