

### ガス発生を考慮した土の固化処理方法の検討

## Examination of Soil Cementation Treatment in consideration of gas generation

○金野那奈美\* 金山素平\*\*  
Konno N.\* and Kanayama M.\*\*

### 1. はじめに

地盤改良において、一般的に採用されている材料はセメントなどの人工材料である。しかし、近年では環境保全や資源リサイクルなどの社会的関心が高まり、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。本研究は、新しい土の固化処理方法の開発とカキ殻の有効な活用方法の提案を目的とする。産業廃棄物であるカキ殻を使用し、養生中の固化処理土の破壊原因となるガスの発生を考慮した方法で土の固化処理を行い、固化処理土の強度に与える影響を実験的に検討した。

### 2. 試験方法

豊浦標準砂と粉砕したカキ殻（粒径 0.425~2mm）を Table 1 に示す質量比で混合し、試料とした。この試料をカラムに詰め、ポンプにより 85 倍希釈のリン酸溶液を循環させて養生し、固化を行った。養生中に発生したガスは、Fig.1 に示すようにリン酸溶液が入った開放状態のカラムから空气中へと拡散させた。Table 1 に示す頻度でリン酸溶液を交換し、循環するリン酸溶液の pH、Ca<sup>2+</sup>濃度、電気伝導度 EC、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>濃度を測定し、反応の進行を確認した。養生終了後、一軸圧縮試験による供試体の強度評価とデジタル顕微鏡による画像観察を行った。

### 3. 結果と考察

試験条件 G1 においては、ガス発生を考慮した養生方法の効果を検討するため、予備的な試験として検討した。Fig.2 の各種測定結果から、リン酸溶液交換後 1 日で反応がある程度落ち着くことを確認した。試験条件 G1 における一軸圧縮試験の結果とガス発生を考慮しない先行研究の結果を Fig.3 に示す。養生期間 7 日、14 日の供試体両方において、先行研究よりも強度が増加していることが分かる。しかし、養生途中でカラム下部における供試体のカキ殻が減少している様子を確認した。これは、リン酸溶液を流す方向が常に一定であることが要因として考えられる。リン酸溶液はカラム下部から

Table 1 Test condition

試験 No.	混合比 (砂 : カキ殻)	溶液交換頻度	養生日数
G1	1 : 0.3	2 日に 1 回	7, 14
G2	1 : 0.3	毎日	7, 14, 21, 28
G3	1 : 0.5	測定値を基準	7, 14

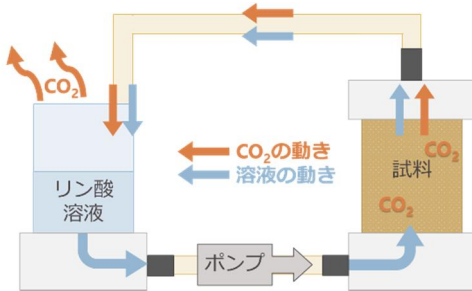


Fig.1 Curing method considering gas generation

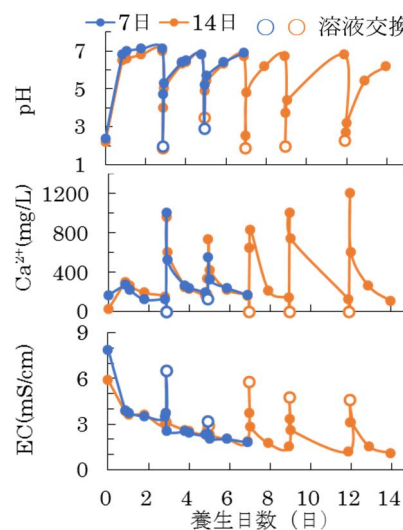


Fig.2 Measurement records in the column specimens under test condition G1

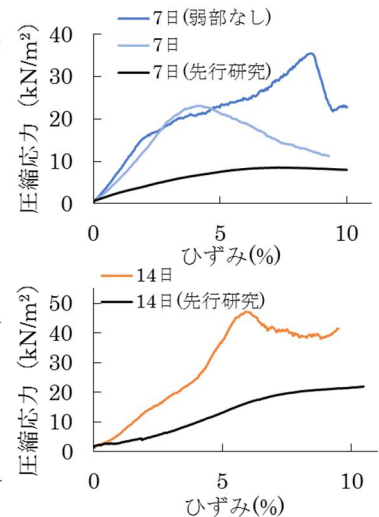


Fig.3 Unconfined compression test results of the specimens under test condition G1

\*岩手県庁, \*\*岩手大学農学部  
\*Iwate Prefectural Office, \*\*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

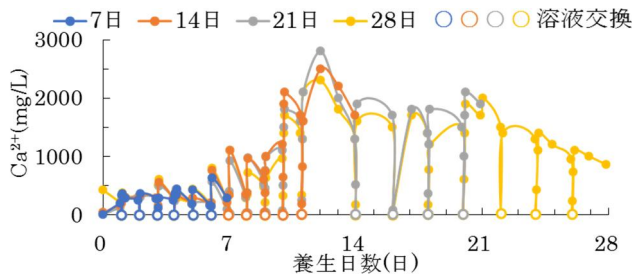


Fig.4 Ca<sup>2+</sup> concentration in the column specimens under test condition G2

上部に向かって流れており、カラム下部に位置するカキ殻に高濃度のリン酸溶液が接触することでカキ殻が溶出したと推測する。これらの結果から、試験条件 G2 ではカラム下部 1cm に詰める試料のカキ殻混合比を 0.5 に増やし、リン酸溶液を毎日交換することとした。

試験条件 G2 の Ca<sup>2+</sup>濃度 (Fig.4) に関して、養生日数の増加とともにリン酸溶液交換後のピーク値が上昇し、溶液交換から 2 日経過しても 1000mg/L 以上の値を示したことから、養生日数の増加に伴ってリン酸カルシウム化合物が析出しにくくなっていると考えられる。Fig.5 はデジタル顕微鏡で撮影した 28 日養生供試体の画像である。供試体の断面と側面を比較すると、側面の方がより多くのリン酸カルシウム化合物が析出していることが分かる。これらは、カラム内におけるリン酸溶液の通過が、比較的間隙の大きい供試体とカラム内壁の間に偏ってしまったことが原因であると考えられる。また、Fig.6 に示すように養生日数の増加に伴って強度は増加し、28 日養生供試体の最大圧縮応力は 116.9 kN/m<sup>2</sup> となった。しかし、試験条件 G1 と同様にカラム下部でカキ殻の減少を確認した。これらの結果を踏まえて、試験条件 G3 ではカラム全体にカキ殻混合比 0.5 の試料を詰め、溶液交換は Ca<sup>2+</sup>濃度を基準とし、500mg/L 未満に低下してから行った。

試験条件 G3 の一軸圧縮試験結果を Fig.7 に示す。養生期間 14 日の K-5 の最大圧縮応力はそれぞれ 119.3 kN/m<sup>2</sup> であった。ガス発生を考慮しない先行研究における一軸圧縮試験結果 (Fig.3) より大幅に強度が増加している。

また、リン酸カルシウム化合物の析出量を確認するため、試験条件 G3 における試験では養生前と養生後に供試体の質量を計測した。Table 2 に示す計測結果から、養生日数の増加に伴うリン酸カルシウム化合物の析出量の増加が確認され、析出量は 5.8~9.8g であった。

#### 4. まとめ

本研究では、ガス発生を考慮した土の固化処理方法について検討した。一軸圧縮試験の結果から、ガス発生を考慮しない先行研究よりも強度が増加することを確認したため、リン酸溶液を循環させる方法は、ガスの発生を考慮した土の固化処理方法として有効であると考えられる。しかし、リン酸溶液を循環させることにより、カラム下部に位置するカキ殻に高濃度のリン酸溶液が接触し続け、カラム下部でカキ殻が減少し、弱部が形成された。また、カラム内におけるリン酸溶液の通過が供試体とカラム内壁との間へ偏ったことにより、供試体内部において固化が進行せず、側面と比較して強度が発現しにくいことが分かった。このような弱部の形成は強度低下につながるため、試料を均質に固化できるように養生方法を改善する必要がある。

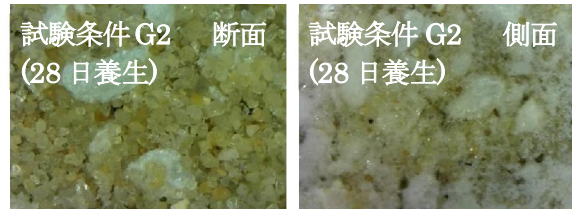


Fig.5 Picture of inside specimens under test condition G2

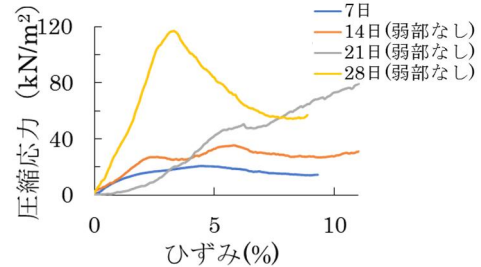


Fig.6 Unconfined compression test results of the specimens under test condition G2

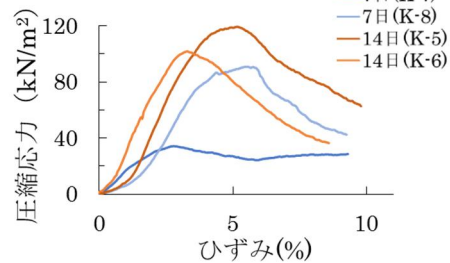


Fig.7 Unconfined compression test results of the specimens under test condition G3

Table 2 Mass measurement for test condition G3

養生期間	7日		14日	
カラム番号	K-7	K-8	K-5	K-6
養生前(g)	182.42	178.11	183.23	182.93
養生後(g)	188.31	183.87	193.06	191.03
増加量(g)	5.89	5.76	9.83	8.10