

養生の異方性がカキ殻固化処理土の強度に及ぼす影響

Effect of curing anisotropy on the strength of oyster shell solidified soil

○阿部成香* 金山素平**
○Abe N. * and Kanayama M. **

1. はじめに

現在様々な分野で環境保全の意識の向上が期待されている。地盤工学分野においても、環境保全の観点から資源リサイクルや環境負荷を与えない工法の開発が望まれている。本研究では、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、リン酸溶液を循環させてリン酸カルシウム化合物を析出させ固化性能を評価する。また、養生中に発生する二酸化炭素を効率的に排出するため、養生方法の改良を行い、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

試料には、粒度が揃い、実験における誤差の生じにくい豊浦標準砂と、カキ殻を 0.425～2mm に粉碎したものを使用した。この試料をカラムに詰め、リン酸水溶液を送液ポンプで通水して試験を行った。試験条件を Table1 に示す。溶液交換頻度は各種測定値の結果を基準に設定した。本研究で行った試験は、1)カラムによる供試体の養生、2)養生に用いたリン酸水溶液の pH、Ca²⁺濃度、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。カラム試験は Fig.1 に示すように、試料の入ったカラムを横向きに置いて、リン酸水溶液を送液した。

Table 1 Test condition

Test name	Mixture ratio (Soil : Oyster shell)	Solution exchange frequency	Curing period	Flow direction
PRE	1 : 0.3	Based on measurements	7, 14	Vertical, Horizontal
FIL-CY	1 : 0.3		7, 14, 21, 28	Horizontal
FIL-CON	1 : 0.5		7, 14	

Fig.1 に示すように、試料の入ったカラムを横向きに置いて、リン酸水溶液を送液した。

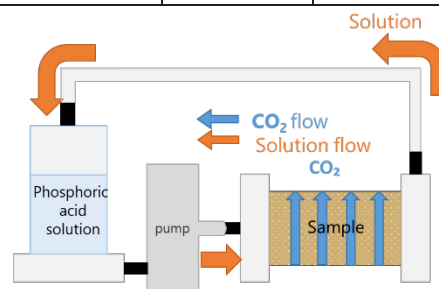


Fig.1 Curing method of horizontal flow

3. 結果と考察

試験条件「PRE」は、養生の異方性によって強度に変化があるかを検討するため、試料の入ったカラムを縦向きに置く養生方法（以下、縦型養生）と横向きに置く養生方法（以下、横型養生）で供試体を作製した。各種測定結果を Fig.2 に示す。養生 6 日目で各種測定値の変化が見られなくなった。pH が酸性の値となり、Ca²⁺濃度も下がりにくくなったことから、リン酸カルシウム化合物（以下、析出物）が析出しにくくなっていることが分かる。養生 6 日目まで Ca²⁺はリン酸水溶液交換直後に最大値の 1200mg/L 前後を示した。24 時間後には 60mg/L と低い値となり、析出物ができていることが分かる。各種測定値は、縦型養生と横型養生で相違は見られなかった。一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線を Fig.3 に示す。

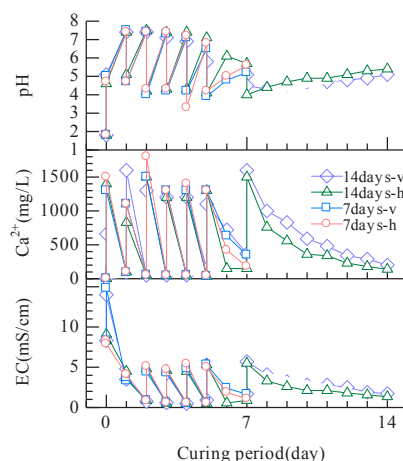


Fig.2 Measurement records in the column specimens under PRE condition

*岩手大学大学院総合科学研究科, **岩手大学農学部
* Graduate school, Iwate University, **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

養生期間 7 日間, 14 日間ともに横型養生供試体が縦型養生供試体の 4 倍の最大圧縮応力を示した。この相違は, 横型養生では縦型養生に比べてリン酸溶液の接触面積が大きくなり, 一様に固化が進行したことや, 高さが低くガスが抜けやすくなったためだと考えられる。(Fig.4) 一方, 横型養生ではガスが上面側に溜まること, 固化が進行するとリン酸溶液が同じ場所のみを通ること, また固化進行により間隙が少なくなり逆流が起こることから目標強度に達することはできず, 均質性も不十分であった。これらの結果を踏まえて, 試験条件「FIL-CY」, 「FIL-CON」では横型養生を採用し, ガス排出の更なる効率化のためにカラム内にフィルターを設置し供試体の均質化を目指した。また, 「FIL-CON」では, 循環させていた半分の量のリン酸水溶液を滞留させ供試体の更なる均質化を目指すとともに, カキ殻の割合を 0.5 に増やした供試体も作製し, カキ殻の比率を上げることで強度の増加を目指した。

試験条件「FIL-CY」, 「FIL-CON」の pH の測定値の変化を Fig.5 で示す。「FIL-CY」では, 養生 5 日目からは供試体内のリン酸水溶液が常に酸性の値となった。カキ殻の量が足りないこと, リン酸溶液の量が多いことが原因と考えられる。「FIL-CON」では養生期間中溶液交換から 24 時間後には中性の値となり, 養生終了まで同じ傾向を示した。また, 溶液が流れにくくなることもなかった。

全ての試験の横型 7 日間, 14 日間養生供試体の一軸圧縮試験の結果を Fig.6 に示す。フィルターを付けた「FIL-CY」, 「FIL-CON」の供試体は, フィルターを付けない「PRE」の供試体に比べ, 小さなひずみで最大圧縮応力が出ており, より均質な供試体であることが分かる。全ての一軸圧縮試験を通して最も強度が高かったのは「FIL-CY」の 14 日間養生であったため, 14 日より長い養生期間ではカキ殻や析出物が溶出して析出は少なくなったと考えられる。「FIL-CON」では, リン酸溶液の量を少なくし, 滞留したことで反応が進みにくく, 強度はあまり出なかった。

全ての試験の横型 7 日間, 14 日間養生供試体の一軸圧縮試験の結果を Fig.6 に示す。フィルターを付けた「FIL-CY」, 「FIL-CON」の供試体は, フィルターを付けない「PRE」の供試体に比べ, 小さなひずみで最大圧縮応力が出ており, より均質な供試体であることが分かる。全ての一軸圧縮試験を通して最も強度が高かったのは「FIL-CY」の 14 日間養生であったため, 14 日より長い養生期間ではカキ殻や析出物が溶出して析出は少なくなったと考えられる。「FIL-CON」では, リン酸溶液の量を少なくし, 滞留したことで反応が進みにくく, 強度はあまり出なかった。

全ての試験の横型 7 日間, 14 日間養生供試体の一軸圧縮試験の結果を Fig.6 に示す。フィルターを付けた「FIL-CY」, 「FIL-CON」の供試体は, フィルターを付けない「PRE」の供試体に比べ, 小さなひずみで最大圧縮応力が出ており, より均質な供試体であることが分かる。全ての一軸圧縮試験を通して最も強度が高かったのは「FIL-CY」の 14 日間養生であったため, 14 日より長い養生期間ではカキ殻や析出物が溶出して析出は少なくなったと考えられる。「FIL-CON」では, リン酸溶液の量を少なくし, 滞留したことで反応が進みにくく, 強度はあまり出なかった。

4. まとめ

本研究では, 養生の異方性がカキ殻固化処理土の強度に及ぼす影響を実験的に検討した。一軸圧縮試験の結果から, 試料の入ったカラムを横向きにした養生方法では, 縦向きにした養生方法の約 4 倍の強度を示したため, 養生の異方性は強度に影響を及ぼすといえる。しかし, 養生日数が増えると酸性のリン酸溶液によってリン酸カルシウム化合物もカキ殻も溶け出してしまい, 不均一な供試体となってくることで, 砂:カキ殻が 1:0.3 では強度が不十分な供試体となることが分かった。最適なリン酸溶液の希釈倍率や量, カキ殻の比率や粒径を検討し, バッチ試験で基礎的な研究を行う必要がある。

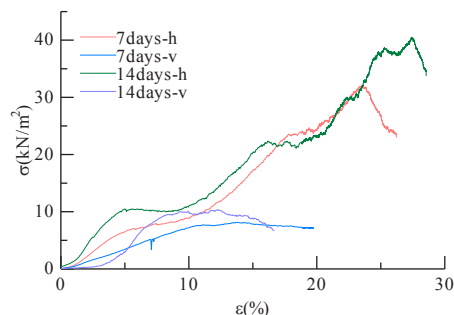


Fig.3 Unconfined compression test results of the specimens under PRE condition

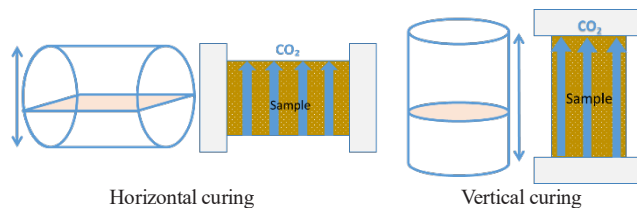


Fig.4 Contact area of solution and gas flow

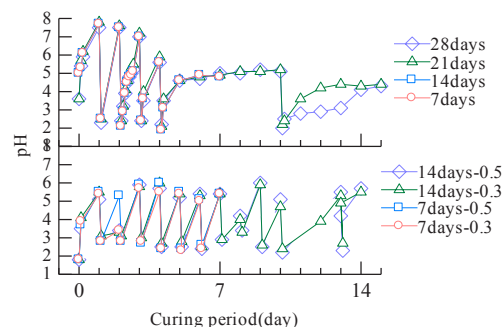


Fig.5 pH value in the column specimens under FIL-CY and FIL-CON condition

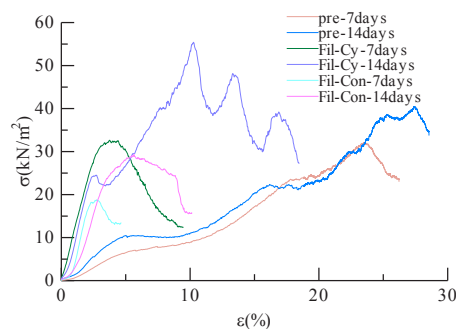


Fig.6 Unconfined compression test results of the specimens under all test condition