

少量のセメントを添加した海成粘土の強度発現に関する研究

広島大学 学生会員 ○平本 真也
 広島大学 正会員 土田 孝
 広島大学 学生会員 平原 毅

1. 目的

物理化学的影響, 生物学的影響を受けながら地質的年代を経て堆積した粘土は室内再構成粘土と強度変形特性の違いがあることが認識されている. 竹信ら¹⁾は海成粘土に少量のセメントを混合した試料の圧密試験を実施し, 自然粘土が有する高位な構造を有する程度再現できることを示した. 本研究では同様の方法を用いてセメンテーションによる構造を有する粘土を作成し, その強度変形特性を検討した.

2. 実験概要

広島港出島粘土(液性限界 103.51%, 塑性指数 45.15%, 粘土分 27.2%, シルト分 72.8%)を使用し, 粘土に少量のセメントを添加することで自然地盤のセメンテーションを再現した. 竹信らによると広島港出島粘土に乾燥重量比 5%のセメントを添加し一定の圧力で 1~14 日間養生することにより過圧密比が 1.4~2.2 となることを示した. またセメント添加による圧密特性の変化はみられないとしている. 本研究では乾燥重量比 5%とし, セメントを添加した粘土を一定の圧力で予備圧密し, この試料を用いて等方圧密三軸圧縮試験を実施し, 強度変形特性を調べた. また, セメントを添加せず, 応力履歴によって過圧密比を変化させた条件で一連の三軸圧縮試験を実施し, 応力履歴による過圧密とセメンテーションにより見かけの過圧密状態となった粘土の強度変形特性を比較検討した. 三軸圧縮試験の実験条件は表 1 に示すようにとり, 応力履歴による過圧密状態と, セメントを添加したことによる過圧密を再現し, 比較した.

表 1 実験条件

セメント添加 なし	予圧密(kPa)	圧密圧力(kPa)	
	98	49	98
		196	98
	196	49	98
		98	196

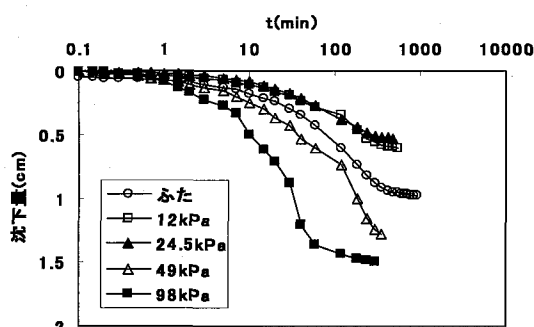
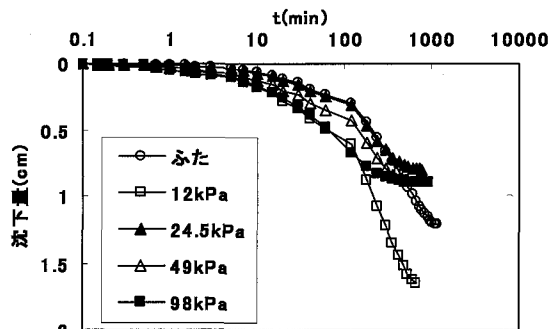
セメント添加率 5%	予圧密(kPa)	圧密圧力(kPa)	養生日数(day)
98	49	3	7
		14	

3. 実験結果・考察

(1) 練り混ぜ時の気温の違いによる強度増加の発現の違い

含水比 150%の粘土スラリーに水に溶いたセメントを同じ手順で添加し試料を作成したが, 三軸圧縮試験において, セメント添加による強度増加が発現した場合と, 発現が認められなかった場合がみられた. 強度増加が発現した場合としなかった場合の予備圧密中の沈下曲線をそれぞれ図 1, 図 2 に示す.

図 1 より強度増加がみられたときは, 予備圧密初期の段階で沈下が小さく, 最終的に間隙比が高い状態で試料が作成されている. これらの違いが生じた原因を検討したところ, 強度増加がみられたときは練り混ぜ時の気温が低かったことが分かった. 実験は恒温室内で実施したが, 練り混ぜに使用した大型真空ミキサーは外気温に影響される場所にあり, 試料ごとに練り混ぜ時の温度に差が生じたのである. 練り混ぜ時の気温が低い場合, セメントの固化が遅れるため, 水に溶けたセメントが粘土粒子の間を浸透し, 試料全体に広がって構造を形成したと推定されるがこの点についてはさらに検証する必要がある.

図 1 予備圧密中の沈下曲線
(強度増加が発現した時)図 2 予備圧密中の沈下曲線
(強度増加が発現しなかった時)

(2) 試料の強度特性

過圧密比を変化させ、セメントを混合しない広島港粘土の三軸圧縮試験を実施した。実験では 98kPa で圧密・養生したもの、49kPa で圧密しせん断した。図 3 に 7 日養生した場合のセメンテーションによる強度増加が発現したときとしなかったときの応力-ひずみ曲線を示した。図 3 より、セメントを添加し一定圧密応力で圧密・養生した粘土試料で三軸圧縮試験を行うと、セメントを添加していないものに比べて、破壊ひずみが小さく、変形係が大きく、最大軸差応力が大きい、といった高位な構造を有する自然粘土の特徴がみられた。一方、強度増加がみられない場合は、セメントを添加しない試料と同様の応力ひずみ関係を示した。

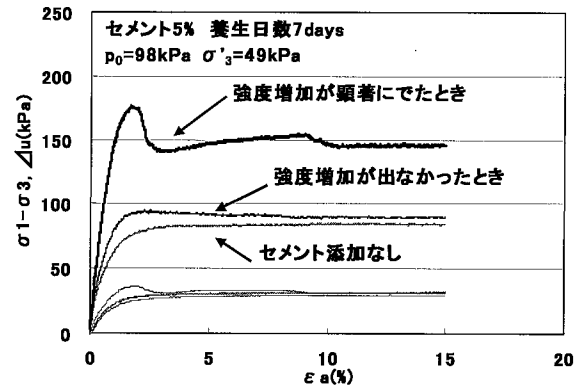


図 3 応力-ひずみ曲線

図 4 にセメントを添加した試料の応力経路図を示した。セメントを添加し強度増加が発現した試料は、セメントを添加しなかった場合の 2.2 倍の強度を示した。図 5 は圧密圧力と強度増加率 Su/p_c の関係である。図中には応力履歴により過圧密状態になった試料の強度増加率とセメントを添加することにより過圧密状態になった試料の強度増加率を示した。応力履歴により過圧密となった粘土の強度増加率は式(1)で表されることが知られている²⁾。また、セメンテーションによって見かけの過圧密を示す粘土の場合は、膨脹による低下のない式(2)が提案されている³⁾。図 5 においてセメント添加により強度増加が顕著にみられた場合は、(2)式がほぼあてはまっており、実験室内でセメンテーション構造を持つ粘土試料を再現することができたといえる。

$$(Su / \sigma'_{3c})_{OC} = (Su / \sigma'_{3c})_{NC} \cdot OCR^A \quad (1)$$

$$(Su / \sigma'_{3c})_{OC} = (Su / \sigma'_{3c})_{NC} \cdot OCR \quad (2)$$

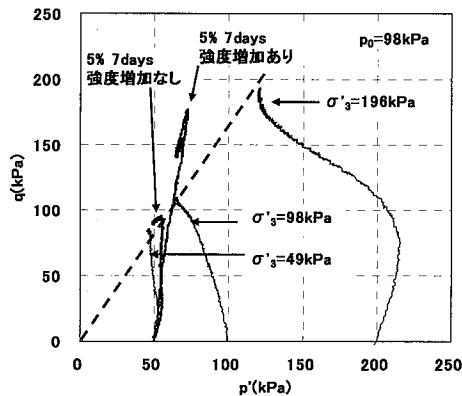


図 4 応力経路図

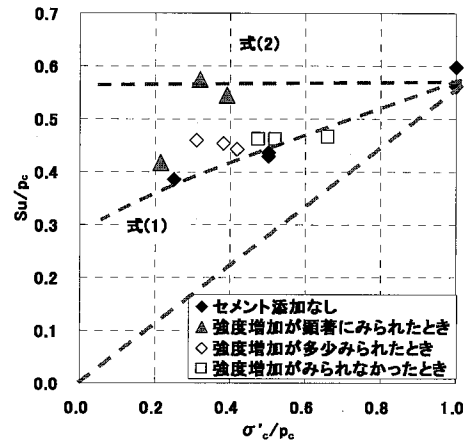


図 5 圧密圧力と強度の関係

4. 結論

本研究では、セメントを粘土試料に添加することでセメンテーションによる高位な構造を有する粘土を室内で再現することを試みた。高位な構造を有する自然粘土の応力-ひずみ関係、強度-過圧密比関係と同様の性質を示す試料が作成できたと考えられるが、セメント添加による強度が発現するときとしないときがみられ、今後強度が発現する原因を詳しく調べていく必要がある。

参考文献

- 1) 平原・土田・竹信(2006)：セメンテーション強度発現過程における粘土の圧縮特性に関する研究
- 2) Mitachi, T. and Kitago, S. : Change in undrained shear strength characteristics of saturated remolded clay due to swelling, Soils and Foundation, Vol.16, No.1, pp.45～58 (1976)
- 3) Kishida, T., Hanzawa, H. and Nakanowatari, M. (1983)