

炭酸カルシウムを添加し高温養生した形成粘土の特性と微視的構造

広島大学大学院 学生会員 ○竹信 正寛
 広島大学大学院 正会員 土田 孝
 広島大学大学院 学生会員 近井 玲子

1. はじめに

海底地盤の多くは、海底・湖沼の環境で数千年から数十万年の年月をかけて形成され、その堆積過程においては波浪条件や水温、生物遺骸の沈殿など種々の物理化学、生物的要因の影響を受けている。

本研究では、生物遺骸成分である炭酸カルシウムを実験試料である広島港出島粘土に添加し、温度条件・炭酸カルシウム含有量を変化させた実験を行い、圧密強度特性を調べた。また、走査型電子顕微鏡を用いて実験終了後の試料を観察し、さらに成分元素の定性的評価を行うことにより、温度条件・炭酸カルシウム含有率が粘土の微視的構造に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

実験試料は初期含水比を液性限界の 1.5 倍(145%)に調整したスラリー状の広島港出島粘土を用いた。表 1 に粘土の物理特性を示す。炭酸カルシウムを添加するものに関しては、実験開始前に気泡が極力入らないよう、まんべんなく混合し、試料の塩分濃度を 3% に調整した。表 2 に実験に用いた試料の炭酸カルシウム含有量を示す。ただし、表中の炭酸カルシウム含有量は、実験試料の乾燥質量に対する炭酸カルシウムの質量比である。(以下炭酸カルシウム含有量を C として表現する)

実験試料を、図 1 に示すアクリル円筒容器に初期高さが 15cm となるように投入し、その上から水深(地盤表面からの高さ)が 10cm となるように静かに蒸留水を注いだ。排水条件は両面排水であり、圧密期間は 10 日間である。高温履歴のものに関しては供試体作成後、温度を 70℃ で一定に保った恒温装置中で養生させ、圧密期間が終了する 1 日前に室温に戻すことにより、高温履歴を与えた。

試験中は、供試体沈下量を目測により 0.1mm 単位で読み取り、実験終了後に地盤の深度方向に対する含水比測定、ベーンせん断試験を行った。また、炭酸カルシウムを添加した試料については、液性限界試験を行った。

3. 実験結果

図 3 は地盤深さと土被り圧で正規化したせん断強度の関係である。凡例は左から<温度条件(常温=L, 高温=H)-炭酸カルシウム含有量-試験日数(10 日)>である。常温・高温履歴の両温度条件共、炭酸カルシウムを添加することにより非排水強度が増加したが、高温履歴を与えることにより、更にその増加が大きくなっている。特に地盤表層部での強度増加が著しいが、この傾向は自然海底地盤の特徴を再現している¹⁾。

図 4、図 5 は正規化含水比と非排水強度の関係である。正規化含水比は、含水比をその供試体の液性限界で除したものと定義した。炭酸カルシウムを添加した場合の液性限界については、添加量が多いほど液性限界が低下す

表 1 試料の物理特性

液性限界 W_L (%)	塑性限界 W_P (%)	塑性指数 I_P	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)
97.1	40.7	56.4	2.653

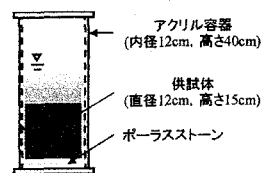


図 1 実験容器概要

表 2 実験パターン

温度条件	CaCO ₃ 含有量				
常温(20℃)	0%	3%	5%	10%	20%
高温履歴(70℃)					

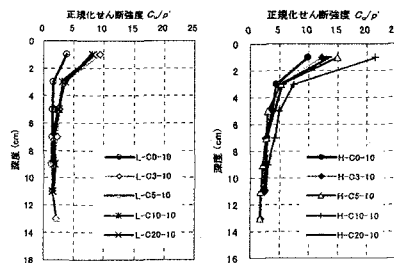


図 3 地盤深さ-正規化せん断強度関係

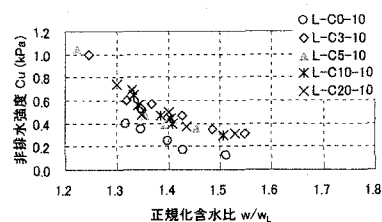


図 4 含水比-非排水強度関係(常温)

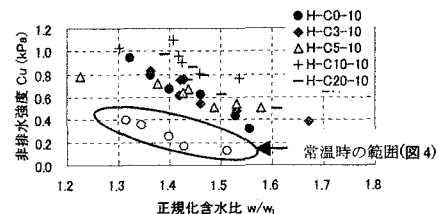


図 5 含水比-非排水強度関係(高温履歴)

るといふ結果が得られた。図のように、高温履歴を与えることにより、同含水比(間隙比)での強度が常温の場合と比較して明らかに上昇していることがわかる。

4. 走査型電子顕微鏡による実験試料の観察と成分元素の定性評価

ここでは、温度条件・炭酸カルシウム添加量が粘土の構造に与える影響を調べるため、上記の実験終了後の試料を用いて、走査型電子顕微鏡により供試体断面を撮影した。なお、撮影試料の作成に際しては、試料の体積変化を極力防ぐため、フリーズドライ法により作成した。

写真1～3はそれぞれ、常温(C=0%)、高温履歴(C=0%)、高温履歴(C=10%)の試料のSEM写真である。倍率はそれぞれ1000倍である。写真からわかるように、温度条件により間隙の大小に若干の差は見られるものの、全体として大きな差は認められなかった。

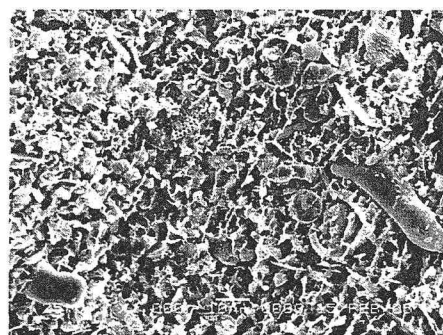


写真1 常温 C=0%

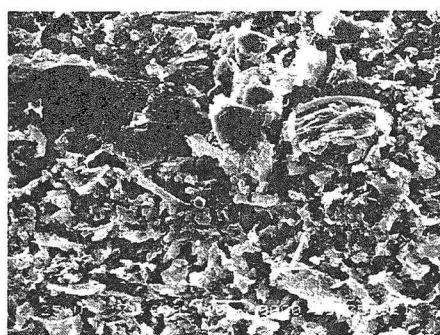


写真2 高温履歴 C=0%

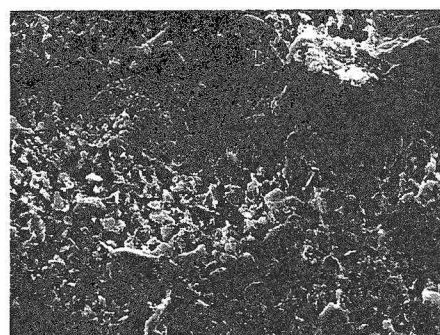


写真3 高温履歴 C=10%

次に撮影した粘土試料を用いて、成分元素の定性評価を行った。図6は常温条件C=0%、高温履歴C=10%の試料に含まれる元素の多少を相対的な量としてグラフに示したものである。全体的な傾向として、Si、Al、Oなどの元素が多くを占めているということが判断でき、また炭酸カルシウムを添加した分、図6(b)のグラフにおいてはCaの相対量が多くなっている。しかし、高温履歴を与えたことによる他の構成元素については変化は見られなかった。

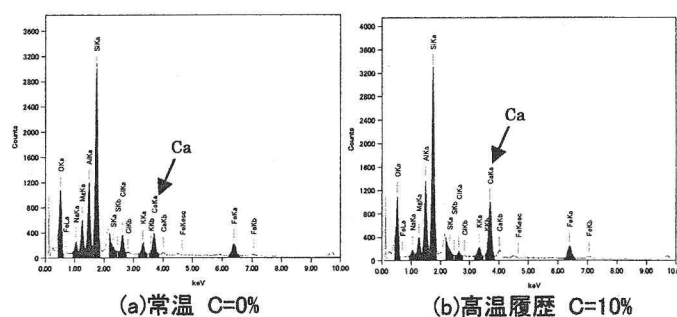


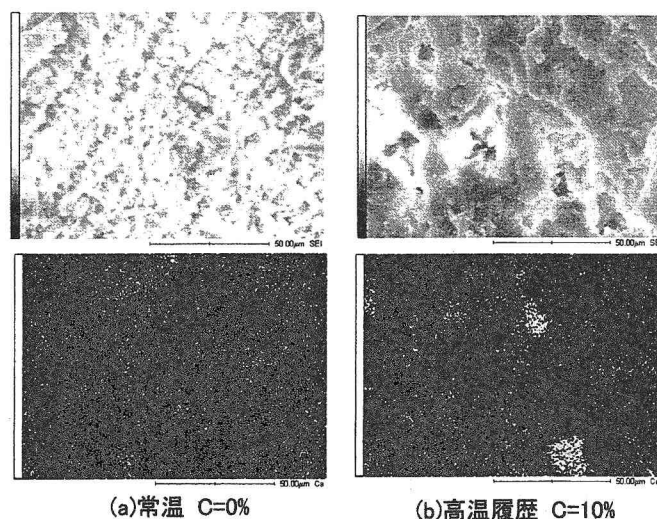
図6 成分元素の定性評価

図7はSEM画像中のCaの分布を示したものである。このように炭酸カルシウムを10%添加した高温履歴の試料を見ると、Caの分布が試料全般に増加するのではなく、ある場所に局所的に分布していることが観察された。また、分布形状を見ると、Ca含有量の大きな部分が新たな結合を構成するような傾向は見られなかった。

5. まとめ

広島港粘土に炭酸カルシウムを添加すると強度が大きくなる傾向がある。高温履歴を与えることにより、更なる強度増加傾向を示した。しかし、炭酸カルシウムが粘土の構造に与える影響は、SEM画像・成分元素の定性的評価からは明瞭に判断できなかった。

参考文献 1)土田 孝, 湯 怡新: 粘性土のセメンテーションによる強度発現メカニズム, 港湾技術研究所報告, 第38巻, 第2号, pp97~129, 1999



(a)常温 C=0% (b)高温履歴 C=10%

図7 SEM画像とCaの分布形態