

# 海成粘土を用いたセメント固化処理土の固化過程における化学的性質と微視的構造

広島大学 学生会員 ○嘉敷浩靖  
 広島大学 正会員 土田 孝

## 1. 目的

沿岸部の建設事業で発生する大量の浚渫土に対してセメントを用いることで得られるセメント固化処理土が、様々な建設現場で有効利用されている。しかし、セメント固化処理土の強度発現は、使用する浚渫土や初期含水比に大きく依存し、化学的に強度が発現するメカニズムは明らかになっていない。本研究では、以上の背景から、高含水比の浚渫土を用いたセメント固化処理土において、養生時間と共に生じている化学反応と微視的構造の形成過程を調べることを目的としている。

## 2. 検討方法

表1にセメント固化処理土の供試体作製に関する諸条件を示す。また表2は試験に用いた徳山港粘土の物理的性質を示している。初期含水比( $w^*$ )は式(1)を用いて液性限界( $w_L$ )の1.5倍とし、セメント添加率( $c^*$ )は式(2)より計算した。式(1),(2)において  $m_{clay}$  は粘土の炉乾燥質量(kg)で  $m_{cement}$  はセメントの質量(kg),  $m_{water}$  は水の質量(kg)を表す。所定の養生時間で一軸圧縮試験, TG-DTA(示差熱熱重量)試験, 水銀圧入試験を行った。図1はTG-DTA試験の結果の1例( $c^*=30\%$ ,養生1日)である。110-440°Cの吸熱ピークでC-S-Hゲルなどのセメント水和物, 500°C付近で水酸化カルシウムが分解しており, それぞれの質量減少量をTG波形から計算した。セメント添加率20%以下のケースでは水酸化カルシウムによるピークが存在せず, セメント添加率30%の結果を参考に分析した。水銀圧入試験においては, 間隙量の測定値と配合条件から算出された間隙量の計算値が大きく異なっており, 試料が試験実施前の乾燥段階で乾燥収縮していると考えられる。そこで細孔径の大きさによって5つのグループに分け, 各細孔量が全細孔量に占める割合を計算し結果をまとめた。さらに0.1 $\mu\text{m}$ 以下の微細な細孔が占める割合に着目し考察した。

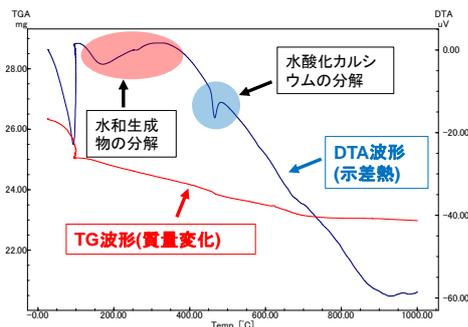


図1 TG-DTA試験結果の1例

表1 供試体作製と養生に関する条件

使用したセメント	普通ポルトランドセメント
セメント添加率( $c^*$ )	10%, 20%, 30%
初期含水比( $w^*$ )	1.5 $w_L$ (141.7%)
養生方法	水中
養生時間	0.5, 2, 5, 7, 10, 15 時間 1, 2, 3, 7, 28, 90 日

表2 徳山港粘土の物性値

液性限界	塑性限界	塑性指数	土粒子密度
94.6%	35.4%	59.1	2.64

$$(1) w^* = \frac{m_{water}}{m_{clay} + m_{cement}} \quad (2) c^* = \frac{m_{cement}}{m_{clay} + m_{cement}}$$

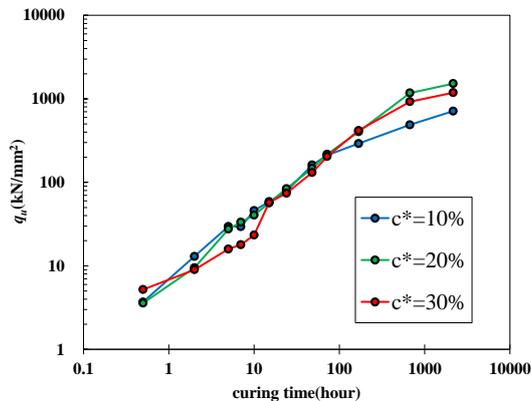


図2 一軸圧縮強度と養生の関係

キーワード 水和反応, ポゾラン反応, 水酸化カルシウム, セメント水和物

連絡先 〒730-0011 広島市中区基町10番3号広島県自治会館内 (公社)土木学会 支部研究発表会係

T E L 082-222-2376

### 3. 結果と考察

図2から養生と共に強度が増加していることがわかるが、養生28日以降の強度はセメント添加率30%より20%の方が大きい。本研究ではセメントの質量も考慮した式(1)より初期含水比を $1.5w_L(141.7\%)$ に統一しているが、セメントを無視した場合の含水比はセメント添加率によって異なる。セメント添加率が大きいケースほど含水比が大きく強度が発現しにくく、この初期含水比の調整が強度試験結果に大きく影響している。<sup>2)</sup>

図3はセメント水和物の析出量と養生の関係である。粘土のみの結果も示しており、ここでは水酸化カルシウム以外のセメント水和物を評価している。一般にセメントの水和反応とポズラン反応で生成されるC-S-Hゲルなどのセメント水和物は養生の進行に従って増加するといわれている。本ケースではセメント添加率30%と10%においては養生と共に増加傾向にあるが、セメント添加率20%の結果では養生後期で減少傾向にある。粘土本来の燃焼特性や測定上の問題があり、今後検討すべき課題である。図4は水酸化カルシウムと養生の関係である。養生3日以降の生成量の減少傾向は水和反応の際に生成された水酸化カルシウムがポズラン反応によって消費されたと考えられる。

図5と図6は細孔径が $0.1\mu\text{m}$ 以下の微細な細孔が全細孔量に占める割合と養生の関係である。セメント添加率10%と20%のどちらの結果においても養生と共に水和反応やポズラン反応の進行に起因して生成される水和物が間隙を置換していき組織が緻密化していく様子が確認された。特に養生7日以降の細孔径分布の変化が顕著である。

### 4. 結論

- 水和生成物の生成量と養生の関係からセメント添加率30%では増加傾向にあったもののセメント添加率が20%では増加傾向になかった。
- 水酸化カルシウムの析出量と養生の関係から養生3日以降ポズラン反応が活発に起きている。
- 乾燥段階における試料の収縮の影響が大きく、間隙量の測定値と計算値が大きく異なった。
- 細孔径が $0.1\mu\text{m}$ 以下の微少な細孔が全細孔量に対して占める割合が養生とともに増加していた(特に養生7日以降)。

### 参考文献

- 1) Alejandra Tironi, Monica A. Trezza, Alberto N. Scian, Edgardo F. Irassar, Thermal analysis to assess pozzolanic activity of calcined, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 117, pp. 547-556, 2014
- 2) 土田 孝, 湯 怡新, 嶋川 奈津美, 安部 太紀: 高含水比の海成粘土を原料土とするセメント固化処理土の強度発現過程に関する研究, 地盤工学ジャーナル, Vol. 8, No. 1, pp. 53-70, 2013

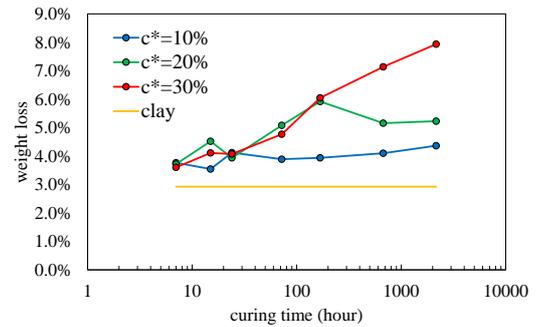


図3 セメント水和物と養生の関係

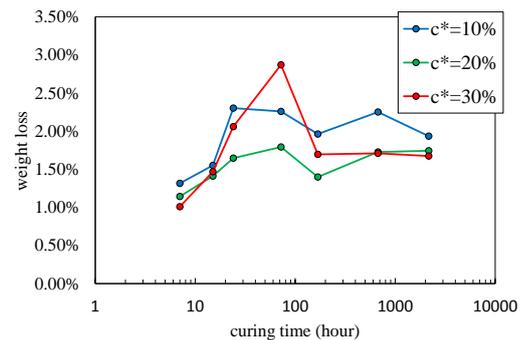


図4 水酸化カルシウムと養生の関係

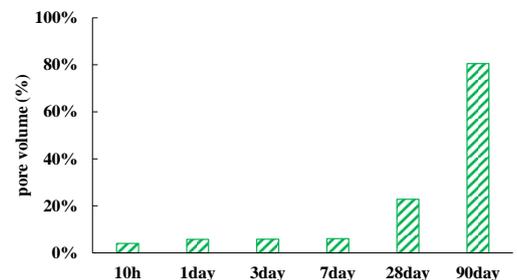


図5  $0.1\mu\text{m}$ 以下の細孔量の割合( $c^*=10\%$ )

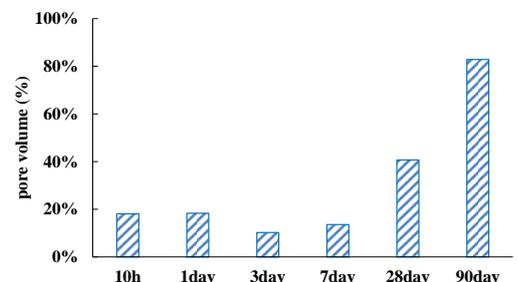


図6  $0.1\mu\text{m}$ 以下の細孔量の割合( $c^*=20\%$ )