

## 浚渫土砂を用いた固化処理土のセメント水和物量と強度特性

九州大学 学○高田義人 正 笠間清伸 杉村佳寿 古川全太郎 八尋裕一  
 沿岸技術研究センター 正 善功企 春日井康夫 藤村立行  
 日建設計 正 山崎誓也 片桐雅明  
 国土交通省九州地方整備局 正 北原政広 西野智之 石田道昭

### 1. はじめに

港湾の航路・泊地等の維持、船舶の大型化による海底増進に伴い浚渫土砂が発生しており、この浚渫土砂をリサイクルし、減量化・有効利用する技術が求められている。その方法の1つとして、浚渫土砂にセメントなどの固化材を混合し、高压脱水を行うことにより、高強度の固化処理土ブロックを作製する工法がある。これまで著者らは、XRD 試験を用いて高压脱水固化処理土ブロックの養生によるセメントの水和反応物の質量割合の変化に着目し強度分析を行ってきたり。

本文では、固化処理土における水和反応をより高精度に定量化するため TG-DTA 試験を行った。測定した固化処理土の化学的性質と一軸圧縮試験の結果から、養生による強度増加の発現特性を分析し評価した。

### 2. 実験概要

供試体を作製するために使用した母材は、新門司沖土砂処分場 (2 期) において浚渫された粘土 (以降、新門司沖粘土と呼ぶ) を用いた。固化材は高炉スラグセメント B 種を使用した。新門司沖粘土の物理特性は土粒子密度 2.634 g/cm<sup>3</sup>、液性限界 100.5%、塑性限界 57.9%である。表-1 に実験条件を示す。固化材添加率は、試料の乾燥重量に対して 10%とした。養生日数は 3 日、7 日および 28 日の 3 条件に設定した。初期含水比を液性限界の約 2 倍の 200%に含水比調整した新門司粘土と固化材を十分に攪拌した後、直径 50 mm、高さ 250 mm のモールドに気泡が残らないように充填し、5 MPa で加圧脱水し供試体を作製した。作製した供試体は温度 20 °C で水中養生した。所定の養生日数経過後に一軸圧縮試験 (JIS A 1203)および含水比試験 (JIS A 1203)を行った。

固化処理土の強度増加要因をセメントの水和生成物量から検討するために、一軸圧縮試験後の供試体から採取した試料をアセトンに浸して脱気を行い、水和反応を停止したものに対して TG-DTA 試験を行った。TG-DTA 試験とは、試料に熱を加え、設定した温度までの質量変化および基準物質との温度差を測定し、熱分解や蒸発、酸化、結晶化などを検知する試験である。測定条件を以下に示す。試料は乳鉢で細かく破碎し、75μm のふるいを通したものをを用いた。測定方法は、雰囲気：N<sub>2</sub> 300ml/min、設定温度：30-1000°C、ホールド：5 min、レート：20°C/min、サンプリング：0.2 s、パン：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とした。

さらに、セメント単体での水和反応率を調べるため、高炉スラグセメントと水のみを混合したセメントペーストについても同様の実験を行った。

TG-DTA 試験結果の取り扱いに関して、セメントの水和反応によって生成される Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> 以外のセ

表-1 実験条件

試料名	固化処理土	セメントペースト
母材	新門司沖粘土	
固化材名	高炉スラグセメントB種	
固化材添加率	10%	
初期含水比	200%	50%
脱水圧力	5 MPa	0 MPa
養生日数	3日、7日、28日	
養生条件	水中養生 (20°C)	密閉養生 (20°C、95%)

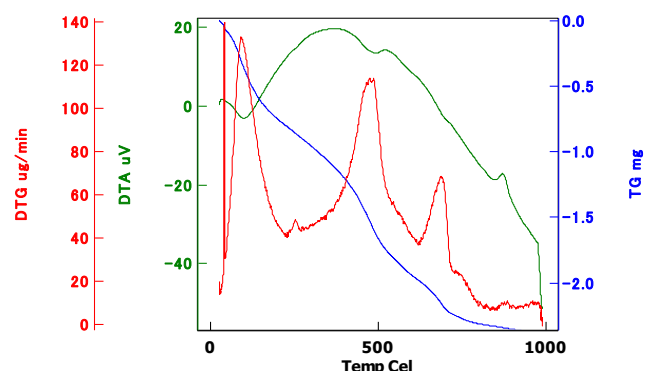


図-1 TG-DTA 試験の結果  
 固化処理土 (固化材添加率：10%、28日養生)

メント水和物は一般 110°Cから 440°Cの間で分解するといわれている<sup>2)</sup>。図-1 のような TG-DTA 試験の結果から、固化処理土とセメントペーストにおいて上記の範囲付近に吸熱ピークを確認したため、吸熱を開始した質量を基準に、Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量を算出し、各養生時間で比較することで評価した。(式-1)

$$\text{Ca(OH)}_2 \text{ を除く水和物分解量} = \frac{110 \text{ から } 440^\circ\text{C 付近の吸熱ピークの間で減少した質量}}{110 \text{ から } 440^\circ\text{C 付近の吸熱ピーク開始の質量}} \times 100 \quad (\text{式-1})$$

また、Ca(OH)<sub>2</sub> が分解されるという 500°C付近、CaCO<sub>3</sub> が分解される 750°C付近で吸熱ピークが確認できたため、同様に水和物生成量を計算した。(式-2)

$$\text{水和物生成量} = \frac{\text{吸熱ピークの間で減少した質量}}{\text{加熱前の質量}} \times \text{各水和物の熱分解式による補正} \times 100 \quad (\text{式-2})$$

### 3. 実験結果および考察

図-2 に養生日数と TG-DTA 試験から算出した水和物生成量の変化を示す。養生 28 日で固化処理土における水和物生成量は、Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量が 5.7%増加、Ca(OH)<sub>2</sub> が 12.0%増加、CaCO<sub>3</sub> が 2.4%増加した。一方、セメントペーストは Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量が 11.7%増加、Ca(OH)<sub>2</sub> が 10.9%増加、CaCO<sub>3</sub> が 1.9%増加した。この結果から、110°Cから 440°C付近における吸熱反応において、土粒子鉱物の有無に関わらず Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量は同様の増加傾向を示すことがわかった。また、セメントの混合量が低いにも関わらず固化処理土の水和生成物量がセメントペーストと大きく差がない水和物が存在した。これは固化処理土において、TG-DTA 試験の結果から計算した水和物生成量の値が土粒子鉱物の脱水反応による質量変化を含むと考えられる。

図-3 に固化処理土の一軸圧縮強さと各パラメータの相関関係を示す。固化処理土の一軸圧縮強さと最も相関が強いのは Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量であり、決定係数 0.94 であった。また、一軸圧縮強さ  $q_u$  と

Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量  $x$  は (式-3) の関係にあることが明らかとなった。

$$\text{固化材添加率: } 10\% \quad q_u = 0.58x \quad (\text{式-3})$$

### 4. まとめ

- (1) 固化材添加率 10%の固化処理土では Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量は養生 28 日で 5.7%増加し、セメントペーストでは 11.7%増加した。
- (2) 固化材添加率 10%の固化処理土では一軸圧縮強さと Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量は  $R^2 = 0.94$  の強い相関があり、Ca(OH)<sub>2</sub> と CaCO<sub>3</sub> を除く水和物分解量が 5.7%増加すると、一軸圧縮強さが 4.1 MPa 増加した。

〈参考文献〉

- 1) 高田義人・笠間清伸・杉村佳寿・古川全太郎・八尋裕一・善功企・春日井康夫・重村洋平・山崎誓也・片桐雅明・北原政宏・西野智之・貞方貴宏：浚渫土砂を用いた高压脱水固化処理土ブロックの化学組成に着目した強度推定、第 15 回地盤改良シンポジウム、2022。
- 2) 嘉数浩靖・土田孝・姜庚吾・湯怡新：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、公益社団法人地盤工学会中国支部論文報告集、地盤と建設、Vol.35、No.1、pp.85-92、2017。

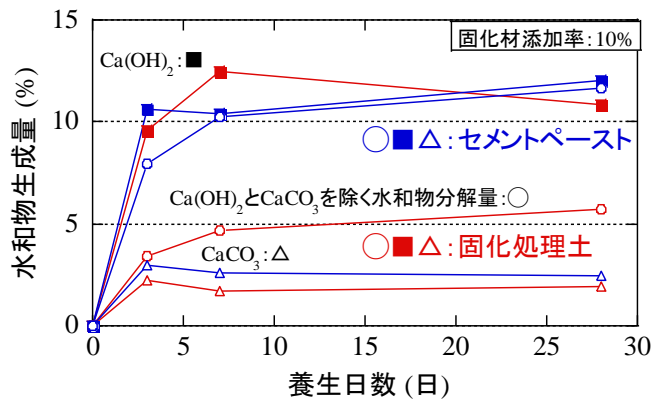


図-2 養生日数と水和物生成量

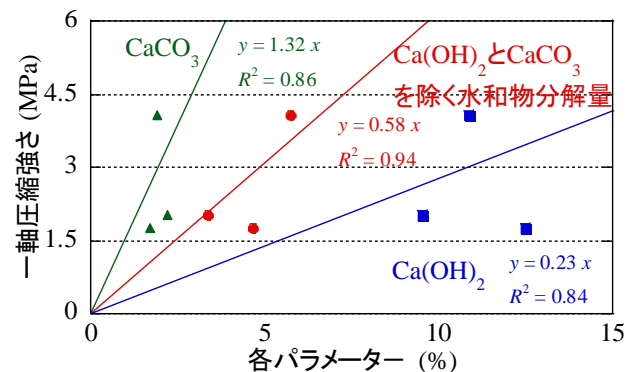


図-3 一軸圧縮強さと水和物生成量の相関関係