

固化処理土の水和反応率と強度特性

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 重村洋平
日建設シビル 正 山崎誓也 片桐雅明
国土交通省九州地方整備局 正 林和司 西野智之 貞方貴宏

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、リサイクルすることが求められる。減量化・有効利用する方法の1つとして、浚渫土砂にセメントなどの固化材を混合し、高圧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、高圧脱水固化処理土ブロック作製時のセメントの水和反応率に着目し強度分析を行ってきた¹⁾。
本文では、固化処理土における水和反応と強度の関係を定量化するため、セメントの水和反応率を計測し、一軸圧縮強さとセメントの水和反応率の関係を分析した。

2. 実験概要

供試体を作製するのに使用した母材は、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/cm³、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、試料の乾燥質量に対して40%と50%とした。固化材添加率40%では初期含水比は150%で作製し、養生日数は1日、3日、5日、7日、14日、28日、56日および91日の8条件、固化材添加率50%では、初期含水比は200%で作製し、養生日数は3日、7日、28日および91日の4条件とした。
初期含水比に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100 mmのプラモールドに気泡が残らないように充填して作製した。作製した供試体は、ラップで密閉し、温度20℃、湿度95%で気中養生した。所定の養生日数経過後、セメントの水和反応で消費される供試体の自由水の定量化を目的として含水比試験（JIS A 1203）、供試体内部の水和生成物量の定量化を目的として750℃での強熱減量試験（JIS A 1226）および一軸圧縮試験（JIS A 1203）を行った。さらに、セメント単体での水和反応率を調べるために、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な実験を行った。

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		
初期含水比	150%	200%	40%
脱水圧力	0 MPa		
固化材	高炉スラグセメントB種		
固化材添加率	40%	50%	
養生日数	1日, 3日, 5日, 7日, 14日, 28日, 56日, 91日	3日, 7日, 28日, 91日	

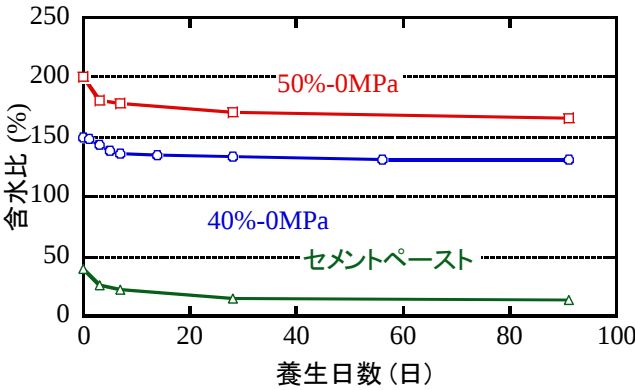


図-1 養生日数と含水比

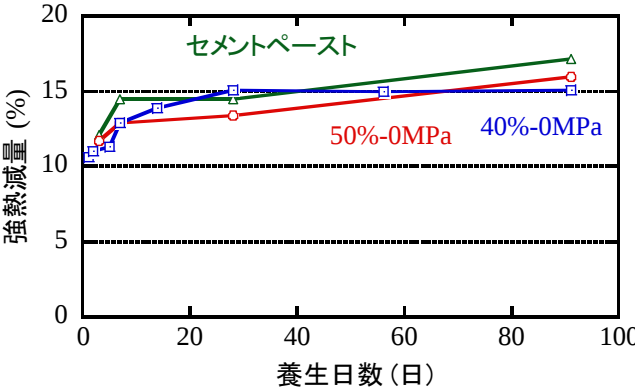


図-2 養生日数と強熱減量

3. 実験結果および考察

図-1 に養生日数と含水比の変化を示す。養生 91 日において、固化材添加率 40%における固化処理土の含水比は 18%減少、固化材添加率 50%では 34%減少、セメントペーストでは 26%減少した。固化処理土の含水比がセメントペーストと同様に減少する傾向にあることから、固化処理土においてセメントの水和反応が十分に行われたことがわかる。

図-2 に養生日数と強熱減量の関係を示す。養生 91 日において固化材添加率 40%における固化処理土の強熱減量が 4.5%増加、固化材添加率 50%では 4.2%増加、セメントペーストでは 5.0%増加した。養生による強熱減量の増加が同様の挙動を示したことから水和生成物の増加量は大きく変化しないと考えられる。

図-3 に各養生日数における一軸圧縮強さを示す。養生 91 日において一軸圧縮強さは、固化材添加率 40%で 2.21 MPa 増加、固化材添加率 50%で 1.60 MPa 増加した。この結果から、固化処理土の一軸圧縮強さは養生の経過とともに一様に増加することがわかる。また、図-2 から強熱減量の増加と同様の挙動を示すことから、固化処理土の一軸圧縮強さの増加はセメントの水和反応率の増加と強い相関があると考えられる。

図-4 に固化処理土の見かけの水和反応率と一軸圧縮強さの相関を示す。見かけの水和反応率は、強熱減量試験で測定した結合水を 100%水和した時の理論結合水量²⁾で割ることで計算した。(式-1)

$$\text{見かけの水和反応率 } x = \frac{\text{結合水量}}{100\% \text{ 結合した時の理論結合水量}} \times 100 \quad (\text{式-1})$$

養生 91 日において見かけの水和反応率は、固化材添加率 40%で 69%増加、固化材添加率 50%で 63%増加した。また、一軸圧縮強さと水和反応率の関係は固化材添加率 40%で決定係数 0.93、固化材添加率 50%で決定係数 0.84 と相関が強く、一軸圧縮強さ q_u と見かけの水和反応率 x は式-2、式-3 の関係にあることが明らかとなった。

$$\text{固化材添加率：40\%} \quad q_u = 1.42 \times 10^{-2} \times x^{1.1658} \quad (\text{式-2})$$

$$\text{固化材添加率：50\%} \quad q_u = 1.92 \times 10^{-5} \times x^{2.7971} \quad (\text{式-3})$$

4. まとめ

- (1) 固化材添加率 40%と 50%の固化処理土の含水比は、養生 91 日でそれぞれ 18%と 34%減少した。
- (2) 固化材添加率 40%と 50%の固化処理土の強熱減量は、養生 91 日においてそれぞれ 4.5%と 4.2%増加した。
- (3) 固化材添加率 40%における固化処理土の一軸圧縮強さと見かけの水和反応率には $R^2 = 0.93$ の強い相関があり、見かけの水和反応率が 69%増加すると、一軸圧縮強さが 1.6 MPa 増加した。固化材添加率 50%では、 $R^2 = 0.84$ の強い相関があり、見かけの水和反応率が 63%増加すると、一軸圧縮強さが 1.6 MPa 増加した。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP19H02233 と JP19H02239 の助成を受けたものです。

〈参考文献〉

- 1) 上野和敏, 笠間清伸, 中川康之, 根木貴史, 南正治, 善功企, 春日井康夫, 片桐雅明：水和反応率に着目した高圧脱水固化処理土の一軸圧縮特性, 環境地盤工学シンポジウム, 2019.
- 2) 森本丈太郎・魚本健人：初期高温養生したポルトランドセメントの水和に関する研究, コンクリート工学高年次論文報告集 Vol.17, No.1, pp.651-654, 1995.

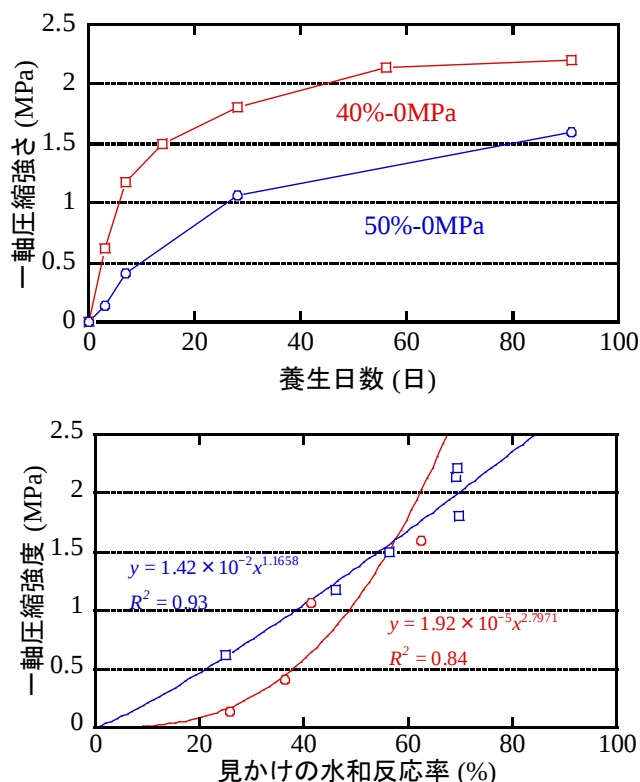


図-4 見かけの水和反応率と一軸圧縮強さ