

固化材と脱水材を併用した浚渫土の高強度固化処理検討

五洋建設株式会社

正会員

○江守 辰哉

五洋建設株式会社

正会員

上野 一彦

北海道大学大学院

正会員

渡部 要一

北海道大学大学院

非会員

和泉 大志

1. はじめに

現在，国内の港湾工事に伴って年間約 2,000 万 m³ の浚渫土が発生しており，浚渫土の処分場が慢性的に不足している．浚渫土の有効利用方法の 1 つとして固化処理工法が挙げられるが，一般的な固化処理土の一軸圧縮強さは大きくても 2～3MPa 程度である．また近年では，浚渫土の更なる有効利用を目指して，高压フィルタープレスによる機械脱水¹⁾や低含水比に調整した浚渫土を用いた固化ブロック作成手法²⁾などによる 10MPa 以上の高強度固化処理土の提案がされている．本稿では生石灰が有する化学的な脱水作用に着目し，浚渫土とセメントに生石灰を添加して固化処理土を作製したので，その強度特性とフレッシュ性状について報告する．

2. 石灰による土質改良原理³⁾

石灰系土質改良材による改良効果は，短期的な効果として消化吸水反応による含水比低下，中長期的な効果としてボゾラン硬化反応による強度増加が挙げられる．特に生石灰は，消化吸水反応と反応時の発熱による蒸発により含水比を大きく低下させることが一般に知られており，含水比低下後の含水比 w は式(1)により求められる．

$$w = \frac{w_0/100 - 0.76 \cdot a/100}{1 + 1.36 \cdot a/100} \cdot 100$$

式(1)

ここに， w ：低下後の含水比(%)， w_0 ：初期含水比(%)
 a ：土の乾燥重量に対する生石灰添加率(%)

また，初期含水比 $w_0=114\%$ （液性限界の 1.5 倍相当）に加水調整した名古屋港粘土に生石灰を添加した際の生石灰添加率と処理土含水比の関係を図-1 に示す．図中の点線は式(1)から求められる含水比の理論値を示しており，プロットは実測値を示す．図-1 から本実験に使用する名古屋港粘土においても，式(1)で求められる含水比の理論値と同等の値を示すことから，本実験において生石灰による含水比低下量の予測が可能であることが示された．

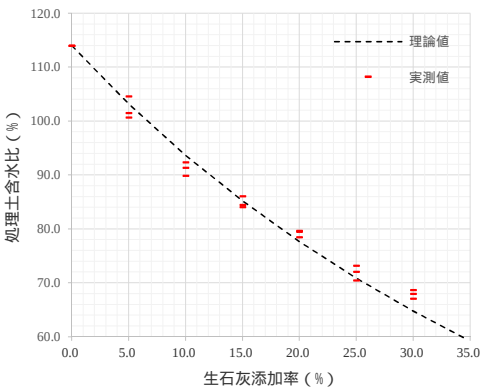


図-1 生石灰添加率と含水比低下量の関係

3. 実験概要

3.1 実験試料

本実験には原料土として名古屋港粘土，固化材として高炉セメント B 種，脱水材として生石灰を用いた．名古屋港粘土の物理特性を表-1 に示す．一般に正規圧密状態にある海成粘土の含水比は浚渫により加水されて液性限界の 1.0～1.3 倍程度になることが多いことから，本実験においても，浚渫時の含水比を再現して実験試料として用いた．

表-1 名古屋港粘土の物理特性一覧

土粒子密度 ρ_s		2.686 Mg/m ³
粒度	砂	14.75 %
	シルト	37.15 %
	粘土	48.10 %
液性限界 w_L		75.8 %
塑性限界 w_p		35.3 %
塑性指数 I_p		40.5
強熱減量 L_i		7.5 %

キーワード 固化処理土，浚渫土，高強度，生石灰，消化吸水反応

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設株式会社技術研究所 TEL:0287-39-2116

3.2 検討内容および実験方法

1)固化処理土の強度特性に関する検討

強度特性に関する検討として，セメントおよび生石灰の添加量を変えて材齢 28 日における一軸圧縮強さの確認を行った．本実験で作製した固化処理土の配合表を表-2 に示す．供試体は「セメント系固化材による改良体の強さ試験方法（JCAS L 01）」に準拠して作製と養生を行った．また，混合手順は，まず原料土とセメントを混合攪拌した後，生石灰を添加してから再度混合攪拌した．

2)固化処理土のワーカビリティに関する検討

生石灰の脱水作用が比較的早期から生じることから，混合手順が固化処理土のワーカビリティに影響を与えることが懸念されたため，セメントと生石灰の混合手順を変えて配合試験を行った．固化処理土の混合仕様を表-3 に示す．固化処理土のワーカビリティは，「セメントの物理試験方法（JIS R 5201）」に準拠したフロー試験から得られるフロー値により評価した．

4. 実験結果

1)固化処理土の強度特性

水固化材比と一軸圧縮強さの関係を図-2 に示す．生石灰を添加したほとんどのケースにおいて固化材のみを添加するケースよりも強度が増加する傾向が確認できた．これは，生石灰のポゾラン硬化反応による強度増加であると考えられる．特に高含水比においては，生石灰の脱水効果により強度改善の程度が大きくなる傾向にあり，含水比が高い状態にある浚渫土に対して有効な改良方法であることが示された．

一方で，生石灰添加量が過剰な場合では，固化材のみを添加したケースよりも強度が低下したものもある．これは，生石灰の消化吸水反応により，セメントの水和反応に供する水分が不足し，固化不良が生じたためであると考えられる．

2)固化処理土のワーカビリティ

水固化材比，水粉体比，フロー値，一軸圧縮強さを表-4 に示す．フロー値が大きい順に，「セメント→生石灰」「セメントのみ」「生石灰→セメント」となった．同程度の強度を目標にした場合，生石灰を添加したケースはセメントのみのケースよりも粉体量（セメント+生石灰）を低減することができ，水粉体比が大きくなるので，練混ぜ直後のワーカビリティの改善効果を確認することができた．しかし，実施工時のサイクルタイムにおいても同様にワーカビリティが改善されるか不明であるため，今後確認をする必要がある．

5. まとめ

セメントに加えて生石灰を添加することによる強度およびワーカビリティの改善効果を確認した．特に高含水比の場合の強度改善効果は著しく，浚渫土の固化処理において非常に有効であることが示された．今後は脱水量上限値の設定方法の提案や実施工に反映した際の問題点の抽出をしていく予定である．

参考文献

1)豊里亮喜ら：高圧脱水固化処理した関門航路浚渫土の強度特性，土木学会年次学術講演会公演概要集，Vol.72，III-417，2017．
2)新舎博ら：浚渫粘土を原料とした高強度固化処理ブロックの製造実験，土木学会論文集 C（地圏工学），Vol.75，No.1，62-75，2019．
3)日本石灰協会：石灰による地盤改良マニュアル（第7版），p.17，2018．

表-2 固化処理土の配合仕様一覧

	原料土含水比 (%)		固化材 添加量 (kg/m ³)	生石灰 添加率 (%)	水固化材比
CASE1-1	60.0	0.8w L	350.0	0.0	1.5
CASE1-2	80.0	1.1w L	350.0	0.0	2.0
CASE1-3	100.0	1.3w L	300.0	0.0	3.0
CASE1-4	80.0	1.1w L	300.0	3.0	2.3
CASE1-5	80.0		350.0	3.0	2.0
CASE1-6	80.0		400.0	3.0	1.7
CASE1-7	80.0		300.0	5.0	2.3
CASE1-8	80.0		350.0	5.0	2.0
CASE1-9	80.0		400.0	5.0	1.7
CASE1-10	80.0		300.0	10.0	2.3
CASE1-11	80.0		350.0	10.0	2.0
CASE1-12	80.0		400.0	10.0	1.7
CASE1-13	100.0	1.3w L	200.0	3.0	3.7
CASE1-14	100.0		250.0	3.0	3.0
CASE1-15	100.0		200.0	5.0	3.7
CASE1-16	100.0		250.0	5.0	3.0
CASE1-17	100.0		200.0	10.0	3.7
CASE1-18	100.0		250.0	10.0	3.0

表-3 混合仕様一覧

	水固化材比	水粉体比	混合手順	
			1	2
CASE2-1	2.0	2.0	原料土+セメント 攪拌3分	攪拌2分
CASE2-2	2.3	2.1	原料土+セメント 攪拌3分	+生石灰 攪拌2分
CASE2-3	2.3	2.1	原料土+生石灰 攪拌2分	+セメント 攪拌3分

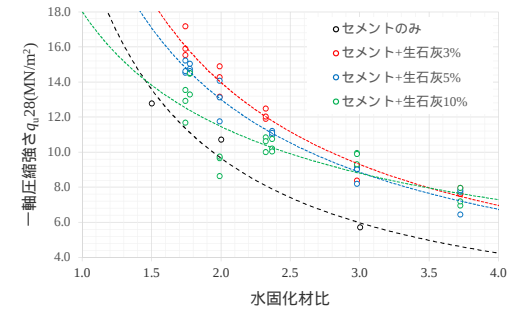


図-2 水固化材比と一軸圧縮強さの関係

表-4 フロー値一覧

	水固化材比	水粉体比	フロー値 (cm)	強度(参考値) (MN/m ²)
CASE2-1	2.0	2.0	110.0	11.0
CASE2-2	2.3	2.1	125.5	12.5
CASE2-3	2.3	2.1	105.0	10.1