

高圧脱水処理したスラグ石灰混合浚渫土の強度特性

九州大学大学院 学生会員○竹下 知希 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸
九州大学大学院 フェロー 善 功企 九州大学大学院 正会員 春日井 康夫
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 八尋 裕一

1. はじめに

港湾の航路・泊地等の維持浚渫や船舶の大型化による海底増深などに伴う浚渫土砂は、これまで土砂処分場で受け入れてきたが、処分場の容量はほぼ飽和状態にある。我々の研究グループは、固化材としてセメントを加えた浚渫土砂を「高圧脱水固化」することで、コンクリートの圧縮強度に匹敵する材料強度まで高強度化できる技術シーズを得た。しかし、近年セメントが海洋環境へ与える悪影響が懸念されており、漁業関係者からセメント使用に対する反対の声も挙がっている。

本文では、セメントの代わりに結合材として高炉スラグ微粉末を、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性を引き出すためのアルカリ刺激材として消石灰を用いて、高圧脱水固化したスラグ石灰混合浚渫土を作製し、その強度特性を調べた。さらに、最も効率的な配合の作製条件を検討した。

2. 実験概要

使用材料：供試体を作製するために用いた母材は、博多港で浚渫された土砂(以降、博多港土砂と呼ぶ)である。固化材として、結合材には高炉スラグ微粉末、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性を引き出すためのアルカリ刺激材には消石灰を使用した。試料の物理特性および粒径加積曲線をそれぞれ表-1 および図-1 に示す。高炉スラグ微粉末および消石灰は、母材の乾燥重量に対する比率(以降、スラグ石灰混合率と呼ぶ)で、20%、30%、40%、50%および60%とした。また、母材の乾燥重量に対する高炉スラグ微粉末の比率をスラグ混合率とし、消石灰の比率を石灰混合率と呼ぶ。

供試体作製方法：母材と固化材を初期含水比が $1.2w_L$ %となるように加水調整し、十分攪拌混合させた後、 $\phi 50\text{mm} \times h 250\text{mm}$ のモールドに試料を充填した。その後、定圧載荷試験機によって 10MPa で定圧載荷し、供試体を作製した。排水条件は、上下端周面排水とした。載荷中には、沈下量および脱水時間を測定した。圧密終了は 3t 法で決定し、そのときを圧密度 100%とした。圧密終了後、モールドから脱型した供試体を 28 日間恒温湿潤状態で養生し、一軸圧縮試験(JIS A 1216)により一軸圧縮強度を測定した。実験条件を表-2 に示す。

3. 実験結果および考察

石灰混合率と一軸圧縮強さの関係を図-2 に示す。図の凡例はそれぞれ、スラグ混合率が 1%~10%、11%~20%、21%~30% および 31%以上の場合を表す。石灰混合率 4%未満では、スラグ混合率の増加にかかわらず、一軸圧縮強さは小さくなった。これは、結合材として用いた高炉スラグ微粉末が潜在水硬性を発揮できていない、すなわち、消石灰のアルカリ刺激

表-1 試料の物理特性

	密度 (g/cm^3)	自然含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性指数
博多港土砂	2.686	68.36	68.13	32.5
高炉スラグ微粉末	2.91	-	-	-
消石灰	2.2	-	-	-

表-2 実験条件

母材	博多港土砂
結合材	高炉スラグ微粉末
アルカリ刺激材	消石灰
スラグ石灰混合率	20% 30% 40% 50% 60%
初期含水比	$1.2w_L$
脱水圧力	10MPa
脱水条件	上下端周面排水
養生日数	28日
養生条件	温度20℃ 湿度 $\geq 90\%$

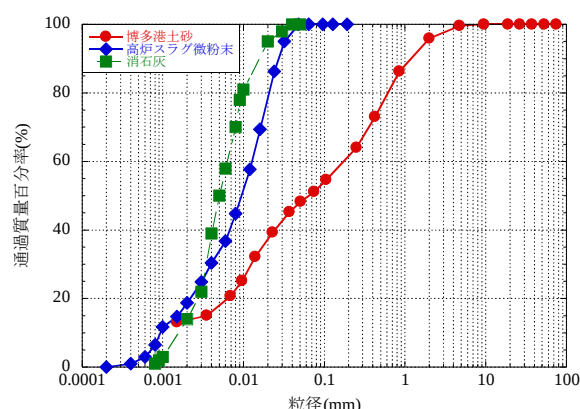


図-1 粒径加積曲線

が不十分であると考えられる。一方、石灰混合率 4%以上の場合、一軸圧縮強さは、石灰混合率の増加にかかわらず、各条件のスラグ混合率でそれぞれ一定値に収束することから、石灰混合率 4%以上で、高炉スラグ微粉末を十分にアルカリ刺激していると考えられる。これより、スラグ石灰混合浚渫土の強度発現には、石灰混合率が 4%以上必要であると考えられる。

前述より、石灰混合率 4%以上の場合のスラグ混合率と一軸圧縮強さの関係を図-3 に示す。スラグ混合率の増加に伴い、一軸圧縮強さが増加した。これより、スラグ石灰混合浚渫土の一軸圧縮強さには、スラグ混合率が関係することが分かった。また、スラグ混合率 15%以上では、一軸圧縮強さがほぼ 10MPa 以上となり、準硬石相当の一軸圧縮強さとなった。図-2 および図-3 より、スラグ石灰混合浚渫土は、スラグ混合率 15%以上および石灰混合率 4%以上で、準硬石以上の一軸圧縮強さを得ることが考えられる。また、スラグ石灰混合浚渫土の一軸圧縮強さの最大値は、スラグ混合率 54%および石灰混合率 6%のときで、14.7MPa となった。

一軸圧縮強さが 10MPa 以上のスラグ石灰混合浚渫土の水スラグ石灰重量比と一軸圧縮強さの関係を図-4 に示す。水スラグ石灰重量比は、養生後の供試体内の水の重量と高炉スラグ微粉末と消石灰の重量の和の比として定義した。図の凡例はスラグ混合率/石灰混合率を表す。水スラグ石灰重量比がおおよそ 0.45 では、一軸圧縮強さがおおよそ 11MPa となり、水スラグ石灰重量比がおおよそ 0.35 では、一軸圧縮強さがおおよそ 14MPa であった。これより、スラグ石灰混合浚渫土の一軸圧縮強さを増加させるには、水スラグ石灰重量比を小さくすることが重要であることが分かった。

4. まとめ

- 1) 高炉スラグ微粉末の潜在水硬性を引き出すためには、石灰混合率を 4%以上にする必要がある。
- 2) 石灰混合率 4%以上の時、スラグ混合率を 15%以上にすると、スラグ石灰混合浚渫土の一軸圧縮強さは 10MPa 以上となり、準硬石相当の一軸圧縮強さとなる。
- 3) スラグ石灰混合浚渫土の一軸圧縮強さを増加させるには、水スラグ石灰重量比を小さくすることが重要である。

【参考文献】1)笠間清伸ら：高圧脱水固化処理による汚染粘土の強度増加と有害物質の溶出低減効果，土木学会論文集 C，Vol.63 No.2，pp.544-552，2007.6. 2) 篠崎晴彦ら：高炉水砕スラグの硬化特性と地盤改良工法への適用，土木学会論文集 C，Vol.62，No.4，p.858-869，2006.12. 3)藤井隆史ら：鉄鋼スラグ水和固化体の変形に関する研究，土木学会論文集 E，Vol.63，No.3，pp.468-484，2007。

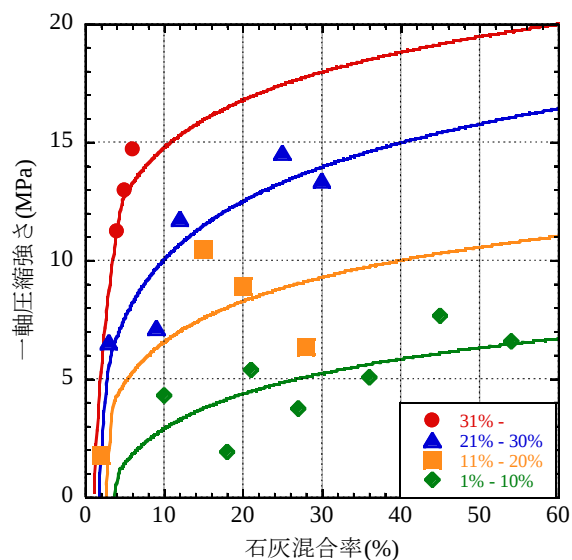


図-2 石灰混合率と一軸圧縮強さの関係

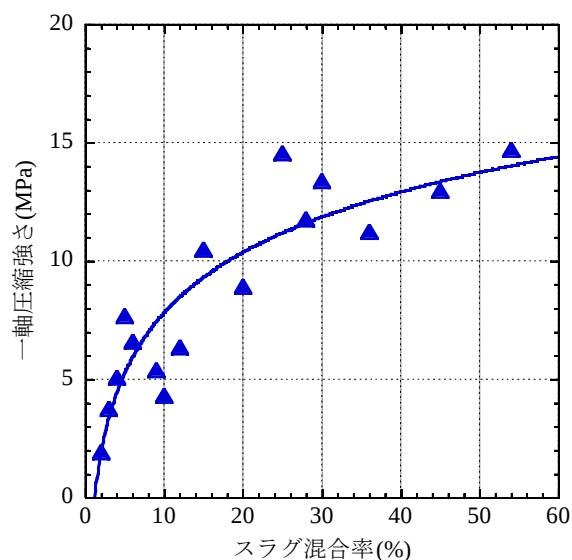


図-3 スラグ混合率と一軸圧縮強さの関係

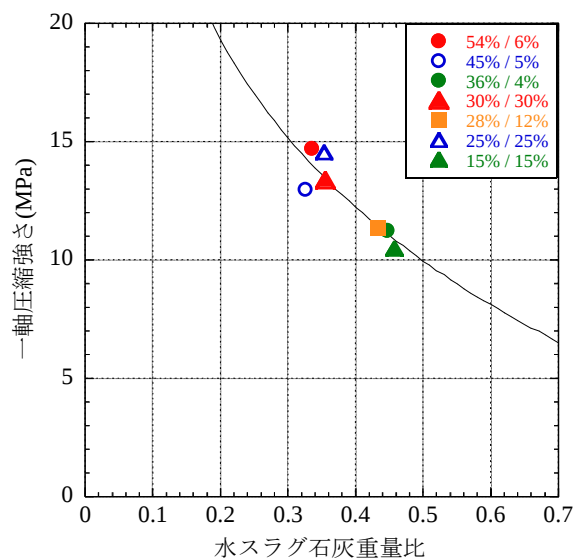


図-4 水スラグ石灰重量比と一軸圧縮強さの関係