

固化材にスラグを用いた浚渫土固化体の強度特性

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

1. はじめに

港湾の整備や維持に伴う浚渫土砂は、新たな付加価値をつけ、リサイクルすることが求められている。我々の研究グループでは、これまでに「固化処理と高圧機械脱水を併用する高圧脱水固化」という新たな材料再生技術を開発し、重金属・環境ホルモンなどの有害物質を「吸着固化」し、浚渫土砂を「コンクリートの圧縮強度」に匹敵する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、これまでのセメントによる固化体作製技術を応用し、セメントの代わりに高炉スラグ微粉末および製鋼スラグを用いて固化体を作製し、その基礎的な強度特性を調べた。さらに、実験結果に基づき作製する固化体の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、アルカリ刺激材には製鋼スラグを使用した。試料の物理特性を表-1 に示す。高炉スラグ微粉末と製鋼スラグは、母材の乾燥重量に対する比率(以降、スラグ混合率と呼ぶ)で、10%、20%および30%とした。

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

初期含水比 $1.2w_L$ 、載荷圧 10MPa および高炉スラグ微粉末と製鋼スラグの比(以降、スラグ配合比と呼ぶ)をそれぞれ 9:1、7:3 および 5:5 で配合を行ったときのスラグ混合率と圧密終了時間の関係を図-1 に示す。実験結果は大きくばらついているが、スラグ配合比の違いによらず、スラグ混合率の増加にしたがい、圧密時間は短縮された。これより、浚渫土固化体の圧密時間にはスラグ混合率が関係することが分かる。

初期含水比 $1.2w_L$ 、載荷圧 10MPa およびスラグ配合比をそれぞれ 9:1、7:3 および 5:5 で配合を行ったときのスラグ混合率と一軸圧縮強度の関係を図-2 に示す。スラグ混合率を 10% から 20%に増加すると、一軸圧縮強度が増加した。また、さ

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	2.88	—	—	—
製鋼スラグ	2.88	9.19	—	—

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	製鋼スラグ
初期含水比	$1.2w_L$
スラグ混合率	10% 20% 30%
脱水圧力	10MPa
脱水条件	上下端周面排水
養生日数	28日間
養生条件	温度20℃ 湿度 $\geq 90\%$

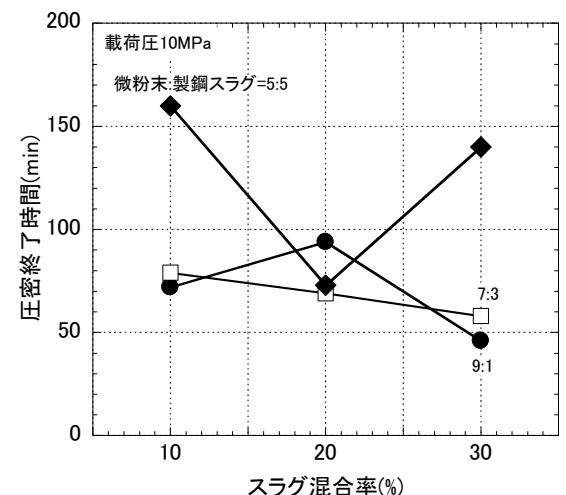


図-1 スラグ混合率と圧密終了時間の関係

らにスラグ混合率を 30%に増加すると一軸圧縮強度が増加した。これより、浚渫土固化体の一軸圧縮強度にはスラグ混合率が関係することが分かる。また、高炉スラグ微粉末の配合比を大きくすると一軸圧縮強度が増加した。しかし、一軸圧縮強度の値が準硬石の一軸圧縮強度(10MPa)に満たず、また、スラグ混合率を 10%~30%で変化させても大きく強度発現しないことから、スラグ混合率をさらに増加させる必要があるといえる。

初期含水比 $1.2w_L$ 、載荷圧 10MPa およびスラグ混合率をそれぞれ 10%、20%および 30%で配合を行ったときのスラグ配合比と一軸圧縮強度の関係を図-3 に示す。ばらつきはあるが、スラグ配合比を 5:5 から 7:3、さらに 9:1 と、高炉スラグ微粉末の割合を増加すると、一軸圧縮強度が増加した。これより、浚渫土固化体の一軸圧縮強度はスラグ配合比が関係することが分かる。

初期含水比 $1.2w_L$ 、載荷圧 10MPa、スラグ混合率をそれぞれ 10%~30%およびスラグ配合比を 9:1、7:3 および 5:5 で配合を行ったときの水スラグ重量比と一軸圧縮強度の関係を図-4 に示す。水スラグ重量比は、養生後の供試体内の水重量と高炉スラグ微粉末と製鋼スラグ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/スラグ配合比を表わす。ばらつきはあるが、水スラグ重量比の減少にしたがい、一軸圧縮強度が増加した。これより、浚渫土固化体の一軸圧縮強度には水スラグ重量比が関係することが分かる。

4. 結論

本文では、固化材にスラグを用いた浚渫土固化体のスラグ混合率とスラグ配合比に着目し、圧密終了時間および一軸圧縮強度の特性を考察した。得られた結論を以下に示す。

- 1) スラグ混合率が 10%~30%のうち、30%のとき、最も圧密終了時間は短縮される。
- 2) スラグ混合率が 10%~30%のうち、30%のとき、最も一軸圧縮強度が大きくなる。
- 3) スラグ混合率が 30%以下では大きく強度発現せず、強度をより増加するには、スラグ混合率を増加する必要がある。
- 4) スラグ配合比が 9:1 のとき、最も一軸圧縮強度が大きくなる。
- 5) 水スラグ重量比がおよそ 0.6 のとき、最も一軸圧縮強度が増加した。また水スラグ重量比の減少に伴い、一軸圧縮強度が増加した。またスラグ配合比において、高炉スラグ微粉末の割合を増加すると水スラグ重量比が減少する。

【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)松永久宏ら：鉄鋼スラグを利用した海洋ブロック，土木工学会誌, Vol.89, No.12, pp.65, 2004.3) 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.

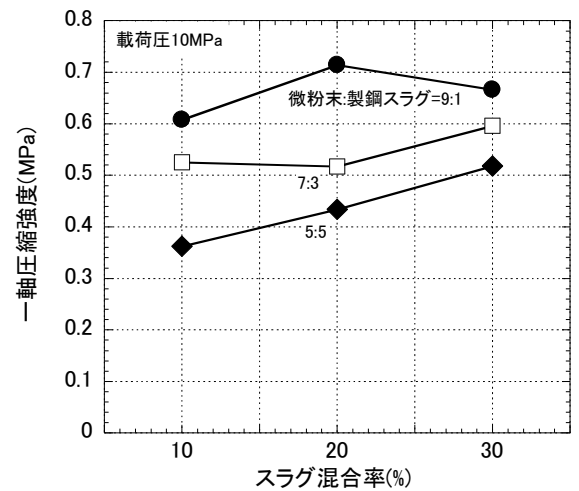


図-2 スラグ混合率と一軸圧縮強度の関係

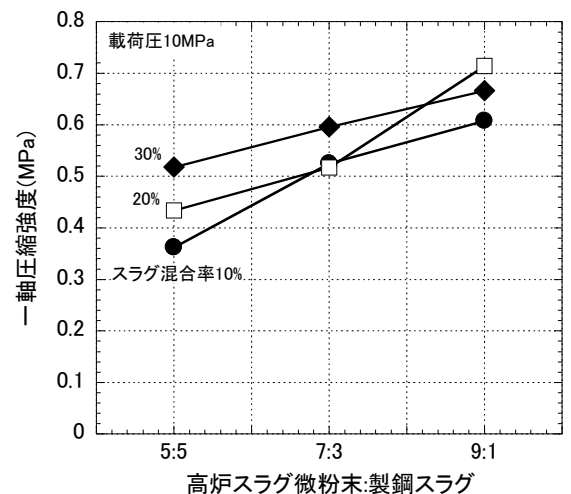


図-3 スラグ配合比と一軸圧縮強度の関係

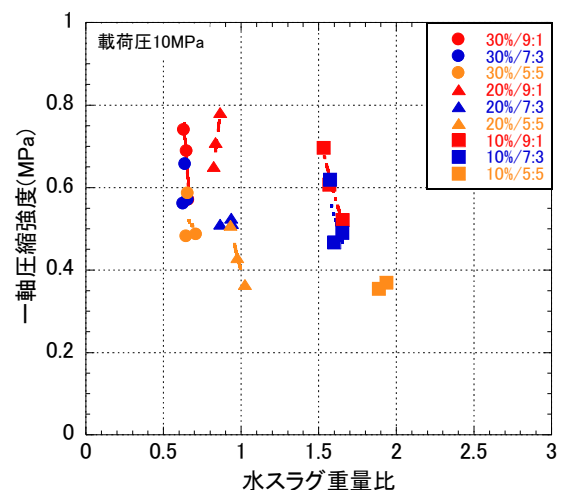


図-4 水スラグ重量比と一軸圧縮強度の関係