

スラグ石灰混合浚渫土の圧密特性

九州大学工学部 学生会員○福島 一徳 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・泊地の拡幅や増進に伴い、大量の浚渫土砂が発生する。浚渫土砂は、一般的に含水比が高く、軟弱なものが多いため、盛土や埋立て材等に利用する場合、あらかじめ脱水処理や安定処理などを施す必要がある。一方、高炉スラグは、銑鉄を製造するさいに分離される副産物であり、全国でも年間二千数百万トンが生成されている。高炉スラグは潜在水硬性を有し、アルカリ刺激材的作用によって水と反応し、水和固化体を形成する。その高炉スラグを乾燥し、粉砕して製造される高炉スラグ微粉末は、JISに規定された混和材料として、建築・土木材料としても利用されている。

本文では、浚渫土砂を安定処理し、循環型社会の形成に必要なリサイクルによる新たな固化体を生み出すことを目的として、浚渫土砂の圧密特性や透水特性を改善するための基礎的実験を実施した。具体的には、母材の浚渫土砂に、高炉スラグ微粉末とそのアルカリ刺激材として消石灰を混合して供試体を作製し、定ひずみ速度圧密試験により圧密特性を調べた。

2. 実験概要

博多港で浚渫された土砂（博多港土砂）および関門で浚渫された粘土（関門粘土）を母材とし、消石灰と高炉スラグ微粉末を用いて実験を行った。博多港土砂および関門粘土の物理特性は、表-1に示す通りである。消石灰は、母材の乾燥重量に対する比率（以降、石灰混合率と呼ぶ）で10%添加した。また、高炉スラグ微粉末は、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15、30および45%添加した。さらに、定ひずみ速度圧密試験の載荷速度が及ぼす影響を調べるために、載荷速度を0.1および1%/minと変化させ、博多港土砂では、石灰とスラグを混合後の時間（以降、放置時間と呼ぶ）が及ぼす影響も調べるために、放置時間を0および24hと変化させた。実験では、軸圧縮圧力が5MPaになるまでの経過時間 t における軸圧縮圧力 σ_v 、圧密変位量 d_v 、供試体底面の間隙水圧 u_t 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

図-1に関門粘土において載荷速度 r を固定し、スラグ混合率を変化させた e - $\log p$ 曲線を示す。 e - $\log p$ 曲線の形状は、初期間隙比が非常に大きいため、間隙比が2.0までは急激な圧密が生じ、それ以降は従来の線形関係が得られた。スラグ混合率が15%の場合に比べて、スラグ混合率が30%および45%の場合は、圧密初期に間隙比の変化が起こるときの圧密圧力の値が約2倍となった。これは、スラグで処理することで水和反応により生成された固化体が初期の圧密を抑えているからだと考えられる。また、スラグ混合率30%と45%の場合にお

表-1 物理特性

	博多港土砂	関門粘土
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.686	2.697
液性限界 w_L (%)	68.1	95.0
塑性指数 I_p	32.5	59.1

表-2 実験条件

母材	博多港土砂, 関門粘土
石灰	消石灰
スラグ	高炉スラグ微粉末
石灰混合率	10%
スラグ混合率	15, 30, 45%
初期含水比	1.2 w_L (博多), 2.0 w_L (関門)
供試体寸法	直径60×高さ20mm
最大軸圧縮応力	5MPa
載荷速度 r	0.1, 1%/min
放置時間 t	0, 24h (博多)

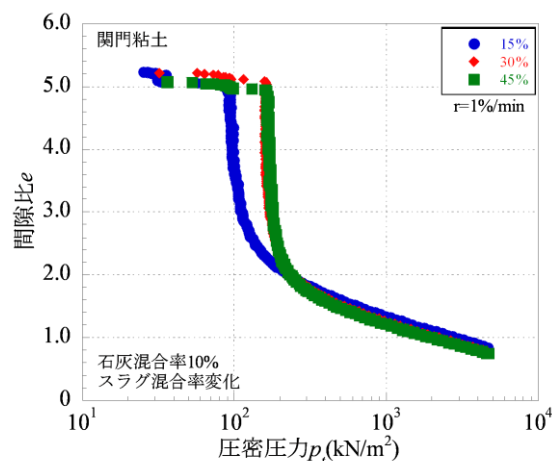


図-1 e - $\log p$ 曲線（関門粘土）

いては大きな違いが見られないことから、スラグ混合率 30% で水和反応が終了していると考えられる。

図-2 に各母材においてスラグ混合率を固定し、载荷速度を変化させた e -log p 曲線を示す。関門粘土では载荷速度が小さいほど初期の間隙比の変化が起こるときの圧密圧力が大きくなった。これは、载荷速度が小さいことで水和反応が進行し、初期の圧密を抑えるからだと考えられる。また、博多港土砂においては载荷速度が小さいほど圧密圧力が小さくなった。これは、载荷速度を遅くすることによって間隙水圧の上昇を抑え、透水性が増すことで、圧密初期において水和反応よりも排水による間隙比の減少が大きく影響したためだと考えられる。

図-3 に博多港土砂において载荷速度 r を固定し、スラグ混合率に加えて放置時間を変化させた場合の、初期の間隙比の変化が起こり始めるときの圧密圧力を示す。24 時間放置することで、圧密圧力の値が約 1.5 倍となった。これも、放置することによる水和反応の進行が関係すると考えられる。また、スラグ混合率が大きくなると圧密圧力が小さくなった。これは、博多港土砂ではスラグを一定量を超えて過剰に混合すると、混合後の粒度を悪くすることが原因だと考えられる。

図-4 に各母材において载荷速度 r を固定し、スラグ混合率を変化させた場合に、圧密圧力が 1MPa に達した時の圧密係数の値を示す。未処理の場合に比べて、各母材ともにスラグで処理することで圧密係数の値が約 2.4~2.9 倍となった。これは、水和反応によって固化体が生成されることにより、排水性が増したためだと考えられる。また、スラグ混合率の変化による圧密係数の変化は各母材ともにあまり見られなかった。

4. まとめ

今回の実験結果から得られた圧密特性をまとめると以下のようなになる。

1. 水和反応の進行が起こり、水和固化体が生成されると、初期の圧密を抑えるために e -log p 曲線は右側へシフトし、関門粘土では、スラグ混合率が大きくなると初期間隙比変化時の圧密圧力の値は約 2 倍となった。
2. 载荷速度が小さくなると、初期間隙比変化時の圧密圧力は、関門粘土では水和反応の進行により大きくなったが、博多港土砂では排水性が増すことで小さくなったと考えられる。
3. 博多港土砂では、24 時間放置することで圧密圧力が放置前の約 1.5 倍となった。
4. 各母材ともに、母材をスラグで処理することで圧密係数の値が未処理時の約 2.4~2.9 倍となった。またスラグ混合率による変化はあまり見られなかった。

【参考文献】 1) 田尻隼也, 笠間清伸, 善功企, 春日井康夫, ひずみ速度に着目したスラグ混合浚渫土の圧密特性, 第 10 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.501-504,2012.10.

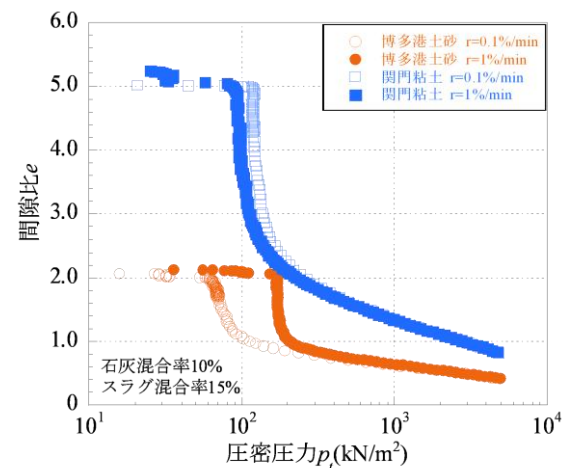


図-2 e -log p 曲線 (载荷速度変化)

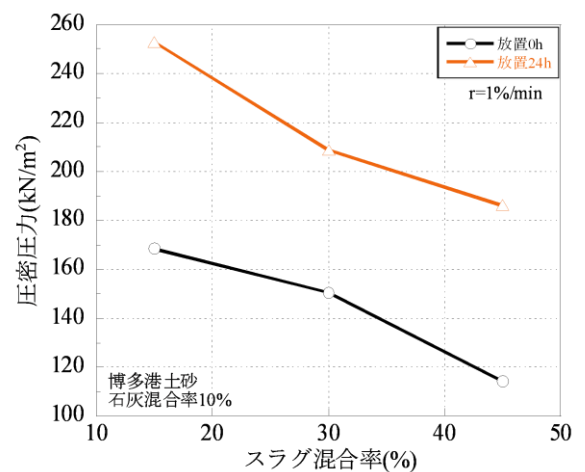


図-3 圧密圧力 (初期間隙比変化時)

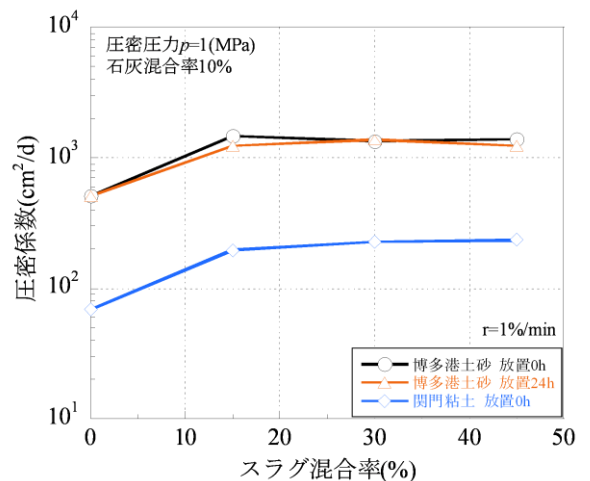


図-4 圧密係数 (スラグ混合率変化)