

固結効果に着目したスラグ石灰混合浚渫土の圧密特性

九州大学大学院 正会員 ○笠間清伸, 善 功企, 八尋裕一
港湾空港技術研究所 正会員 春日井康夫

1. はじめに

港湾や泊地の拡幅や増進に伴い発生する浚渫土砂の効率的な減容化や再資源化を進める方法が求められている。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、あらかじめ脱水処理や安定処理などを施す必要があるが、その透水性も悪く、含水比を低下させるには多くの時間を要する。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、その性質として潜在水硬性を有し、アルカリ刺激材の作用によって水と反応し、水和固化体を形成する。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、浚渫土砂の排水性を改善するため、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。また、その結果を土粒子間に作用する固結効果に着目して分析した。

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 r を 0.1 および 1%/min と変化させ、石灰とスラグを混合後の時間（以降、養生時間と呼ぶ）が及ぼす影響も調べるために、養生時間 t_c 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_t 、圧密変位量 d_t 、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

図-1 に、 $r=1\%/min$ において、各条件の最大間隙水圧を比較したものを示す。スラグと石灰の混合により、最大で未混合時の約 1/5 に間隙水圧を抑えることができた。また、各母材ともに、24h 養生後の間隙水圧の上昇が大きかった。これは、スラグの水和反応が進行し切って生成した固化体が、排水を妨げていることが考えられる。

図-2 に、 $r=1\%/min$ および $t_c=0h$ のときの関門粘土における $e-\log p$ 曲線を示す。 $e-\log p$ 曲線の形状は、初期間

表-1 物理特性

	博多港土砂	関門粘土
土粒子密度 $\rho_s (g/cm^3)$	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	$1.2w_L$ (博多), $2.0w_L$ (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
養生時間 t_c	0, 24h

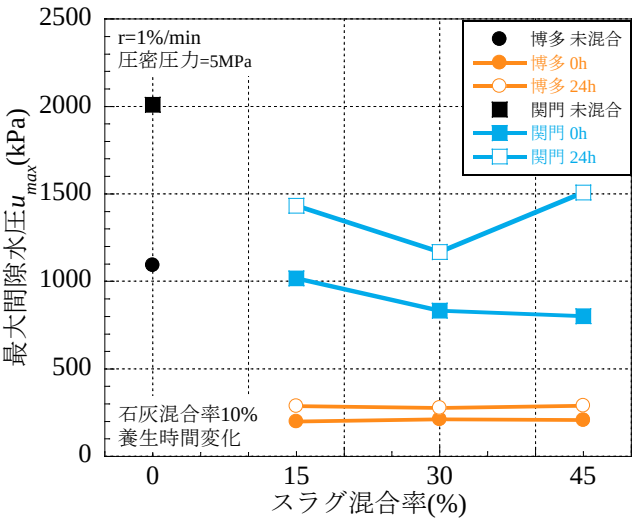


図-1 最大間隙水圧

圧密, セメント, 固結力

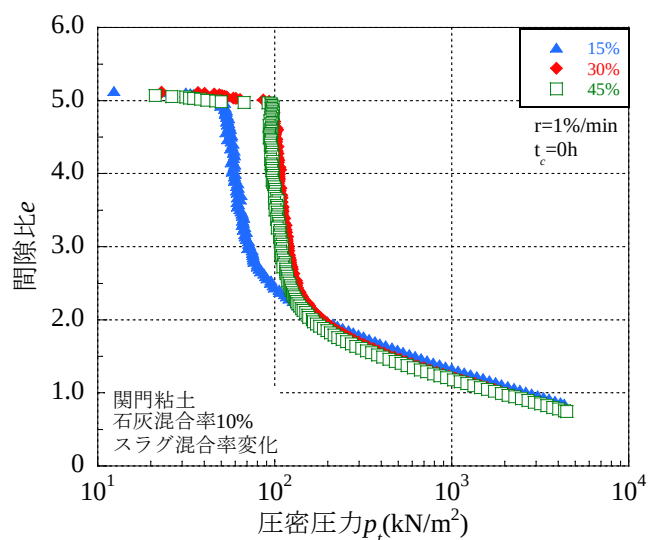
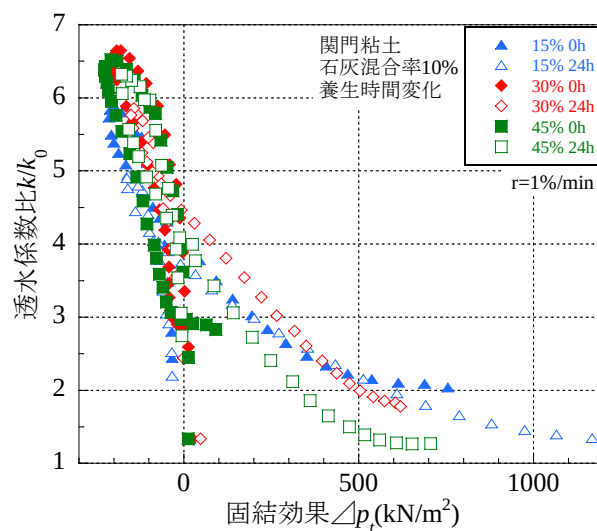
図-2 e-log p 曲線 (関門)

図-4 固結効果と透水係数 (関門)

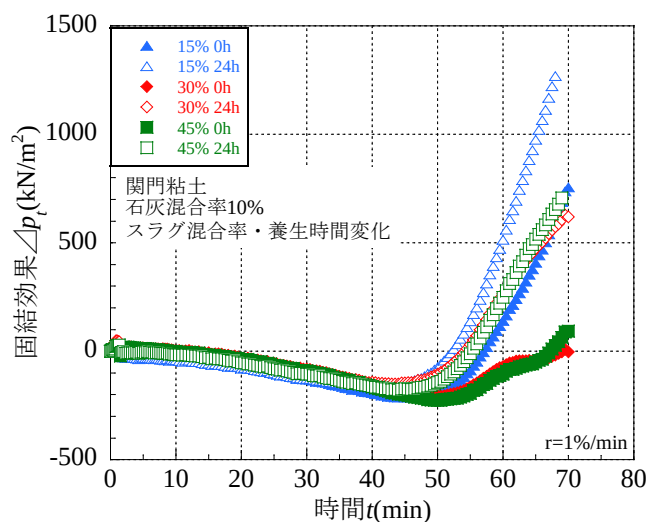


図-3 固結効果の時間変化 (関門)

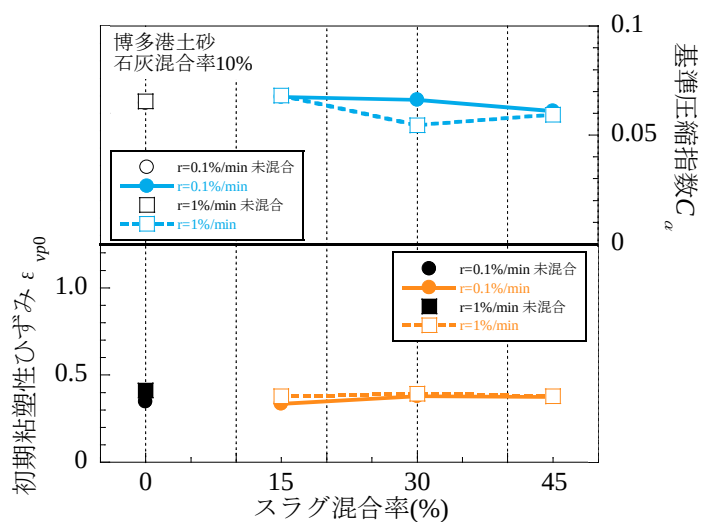


図-5 基準圧縮曲線 (博多)

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。

図-3 に、 $r=1\%/min$ のときの関門粘土における固結効果の時間変化を示す。ここで、固結効果は、同時刻における混合土と未混合土の圧密圧力の差 Δp_t として計算した。載荷後約 50 分までは固結効果が負の方向に増大しており、これは土粒子間を吸着させるような力が発生し、圧密圧力の増加を抑えていると考えられる。50 分以降は、スラグの凝結・水和反応が進行するため、固結効果は正の方向に増大したと考えられる。また、固結効果はスラグ混合率 15%において大きく表れていることがわかった。さらに、どのスラグ混合率においても、24h養生後の固結効果が大きく、約 500~600kN/m²の増加がみられた。

図-4 に、図-3 で示した固結効果と透水係数の関係を

示す。ただし、透水係数は未混合時の透水係数で割ることで正規化した。固結効果が負の方向に増大するときは透水係数が急激に大きくなり、正の方向に増大すると透水係数が小さくなった。スラグの凝結が進行することで透水性が悪くなっていると考えられる。

4. まとめ

今回の研究より得られたスラグ石灰混合浚渫土の圧密特性は、以下ようになる。1) スラグと石灰の混合により、間隙水圧の上昇を最大で約 1/5 に抑えることができる。2) 混合後 24h 養生することで、約 500~600kN/m²の固結効果が現れるが、固化が進行すると透水性が悪くなる。

【参考文献】1) 那須智彦, 善功企, 笠間清伸, 林晋: 定ひずみ速度圧密試験によるセメント混合浚渫粘土の高圧脱水特性, 第 35 回地盤工学研究発表会, pp1249~1250, 2000.