

焼却灰溶融スラグのベントナイト混合土としての活用試験

宇都宮大学大学院工学研究科 学生会員 ○柳田 翔
宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 今泉 繁良
宇都宮大学大学院工学研究科 非会員 猪狩富士夫

1. 研究目的

これまで溶融スラグは、焼却灰有効利用促進の観点から道路用骨材・コンクリート用骨材として有効利用されてきた。本研究では、徐冷溶融スラグの土質力学的特性を検証するために各種物理・力学試験を行なった。さらに、徐冷溶融スラグのベントナイト混合土としての遮土工への適用性を検証するために締め固め試験、一軸圧縮試験を行なった。

2. 徐冷溶融スラグの土質特性

スラグ製造工場から搬入した材料の 20mm ふるいを通過したものを今回の実験に使用した。その顕微鏡写真、粒径加積曲線、土質特性の一覧を、写真-1、図-1、表-1 に示す。なお、図-1 には呼び名 A-c 法で締め固めた前後の粒径分布を示してある。

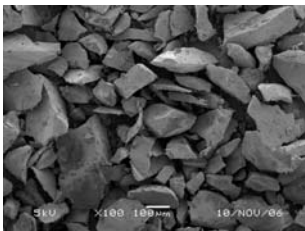


写真-1 SEM 画像

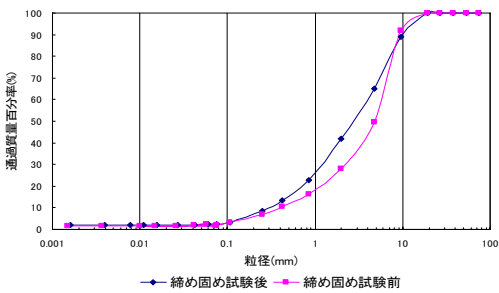


図-1 締め固め前後の粒径加積曲線

表-1 徐冷溶融スラグの土質特性

	徐冷溶融スラグ
礫分(%)	73
砂分(%)	26
細粒分(%)	1
均等係数 U_c	14.3
曲率係数 U_c	2.3
土粒子密度 ρ (g/cm ³)	2.734
液性限界 W_p (%)	NP
塑性限界 W_L (%)	NP
吸水率 Q (%)	0.333

表-1 からスラグの細粒分は 1%と少なく、工学的分類は砂質礫 (GS) に属する。粒度分布は、締め固め前で $U_c=14.3$ 、 $U'_c=2.3$ 、締め固め後で $U_c=13.3$ 、 $U'_c=1.4$ どちらも粒径幅が広い。

締め固め試験を JIS A 1210 に準拠し、呼び名 A-c 法で行なった。図-2 に締め固め曲線を示す。図-2 に示すように、最大乾燥密度、最適含水比を決定することができなかった。これは、細粒分が少なく、かつ粒子が水を含まないためである。

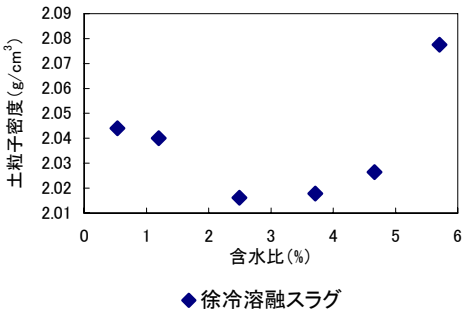


図-2 締め固め曲線

3. ベントナイト混合土の土質力学的性質

本研究ではベントナイトには米国ワイオミング産の Na 型ベントナイトを使用した。

ベントナイト添加率 $\alpha=5、10、15、20\%$ の条件で、徐冷溶融スラグベントナイト混合土の締め固め試験を行なった。締め固め曲線を図-3 に示す。添加率 5% ときの乾燥密度は $\rho_{dmax}=1.935(g/cm^3)$ となり、添加率が増加するにつれ最大乾燥密度は減少している。

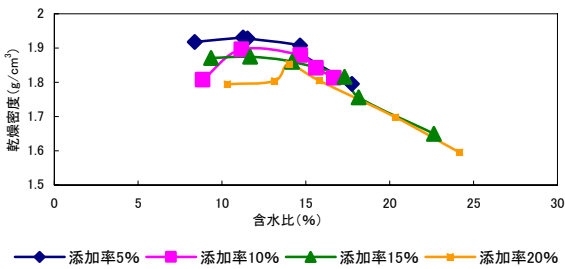


図-3 ベントナイト混合土の締め固め曲線

キーワード 溶融スラグ ベントナイト混合土 締め固め特性 透水特性

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科地域施設学研究室 TEL/FAX.028-689-6218

表-2 ベントナイト混合土の締め固め試験結果

添加率 α (%)	5	10	15	20
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.940	1.900	1.875	1.852
最適含水比 w_{opt} %	10.5	12.4	11.8	14.0

次に、ベントナイト各添加率ごとの最大乾燥密度を用いて、マクロ間隙比¹⁾を次式で計算した。 α はベントナイト添加率(%）、 β はベントナイト膨潤率、 ρ_s は土粒子密度(g/cm³)、 ρ_b はベントナイト密度(g/cm³)、 $\rho_{dmax\alpha}$ はベントナイト各添加率の混合土の最大乾燥密度(g/cm³)である。

$$e_m = \frac{\frac{1+\alpha/100}{\rho_{dmax\alpha}} m_s - \frac{\alpha/100}{\rho_b} m_s}{\frac{m_s}{\rho_s}} - 1 = \rho_s \left(\frac{1+\alpha/100}{\rho_{dmax\alpha}} - \frac{\alpha/100 \cdot \beta}{\rho_b} \right) - 1$$

表-2 に各ベントナイト混合土の最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm³)とマクロ間隙比 e_m を示した。

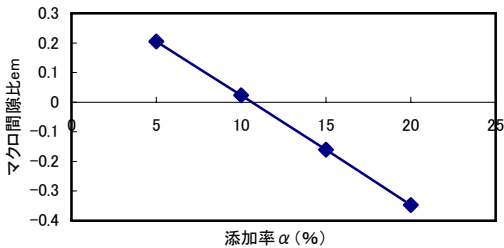


図-4 各添加率とマクロ間隙比 e_m の関係

図-4 は添加率とのマクロ間隙比 e_m の関係を示したものである。図-4 において $e_m=0$ になる時のベントナイト添加率を限界添加率 α_{cr} (%)と定義すると、徐冷溶融スラグでは $\alpha_{cr}=11\%$ となる。

3. ベントナイト混合土の一軸圧縮試験

ベントナイト混合土の一軸圧縮強度を調べるために、各ベントナイト添加率の最適含水比で締め固めた供試体を用い、JIS A 1216 に準拠して毎分 1%の圧縮ひずみの条件で、一軸圧縮強度 q_u (kN/m²)を求めた。

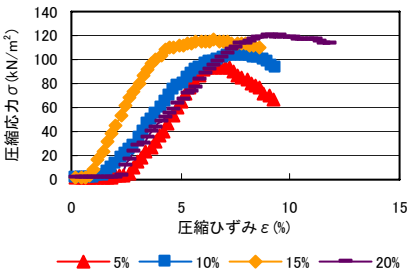


図-5 各ベントナイト添加率での応力-ひずみ曲線

図-5 は各ベントナイト添加率での応力-ひずみ曲線を示したものである。初期段階で応力-ひずみ曲線が下に凸となる原因として、供試体上面と加圧版の密着が不十分であったこと、スラグの形状が尖鋭であることなどが考えられる。初期ひずみ補正をした後、曲線に関する変形係数 E_{50} を求め、その結果を表-3 に示した。

表-3 各ベントナイト添加率における変形係数 E_{50}

添加率	5%	10%	15%	20%
E_{50} (MN/m ²)	2.342	2.263	3.869	2.489

添加率 15%の変形係数が他の値に比較して大きい、変形係数の値は 2.2～2.5(MN/m²)と考えられる。

図-6 は一軸圧縮強度 q_u (kN/m²)とベントナイト添加率の関係を示したものである。なお、ベントナイト添加率 0%の供試体は、自立せず試料作成が不可能であった。

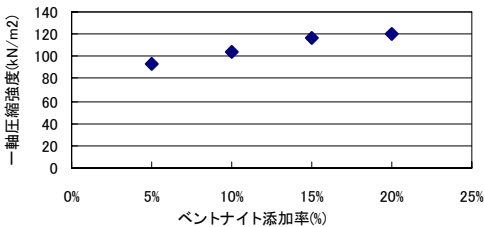


図-6 一軸圧縮強度と添加率の関係

一軸圧縮強度はベントナイト添加率が 15%までは比例関係であるが、添加率 15%と 20%の一軸圧縮強度の差はあまり見られなかった。添加率 15%以上では、スラグ粒子同士の間隙が過剰にベントナイトで満たされるためと考えられる。

また、一軸圧縮強度は添加率 8%で 100(kN/m²)程度である。 $q_c=5 q_u^{(2)}$ の関係を用いると、コーン指数(q_c)は 500(kN/m²)となり、15ton級ブルドーザが走行可能なトラフィカビリティを満たす。

4. 今後の研究予定

徐冷溶融スラグを用いたベントナイト混合土の遮水工への適用性を評価するために、ベントナイト添加率=0、5、10、15、20%に変化させて透水試験を実施し透水特性の評価を行なう。

5. 参考文献

1) 大塚昂「しらすや凝灰質砂岩破碎砂を用いたベントナイト混合土の透水特性」第 33 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 2006
2) 社団法人地盤工学会「地盤の調査実習書」(p90)