

防衛大学校建設環境工学科 正 末次大輔 正 宮田喜壽

F 木暮敬二 学○中村史則

1. はじめに

産業廃棄物である石炭灰を有効活用するために、地盤工学分野においても様々な技術について検討されている。石炭灰をスラリー化して使用する方法は、高い密度で地盤を造成でき締固めを必要としないので、石炭灰を水中に埋め立てて地盤を造成する際には有効な工法である¹⁾。石炭灰スラリーの流動性は含水量が大きく変化し、スラリー化して造成される石炭灰地盤の力学特性はその流動性の違いによって変化すると考えられる。本研究では、石炭灰スラリーの流動性とその力学的特性との関係を調べるために、流動性の異なる石炭灰スラリーで作製した供試体について非排水三軸圧縮試験を行った。本文ではその結果について考察する。

2. 実験概要

本研究で用いた石炭灰は、国内の火力発電所から排出された単味燃焼灰（フライアッシュ）である。供試した石炭灰の物理化学的性質を表-1に示す。石炭灰スラリーは、気乾状態の石炭灰に所定量の水を加え、ホバートミキサーで攪拌して作製した。三軸試験に供する供試体は、石炭灰スラリーを円筒形型枠（ $\phi=50\text{mm}$, $H=100\text{mm}$ ）に流し込み、その後室温で7日間養生して作製した。非排水三軸圧縮試験は、等方圧密後（ $p_0'=49, 98, 196, 294\text{kPa}$ ），軸ひずみ速度 $0.1\%/min$ で行った。

表-1 使用した石炭灰の物理化学的性質

粒子密度 $\rho_s (\text{t/m}^3)$	2.155	
均等係数 U_c	3.45	
平均粒径 $D_{50}(\mu\text{m})$	10	
化学成分組成 (%)	SiO ₂	56.1
	Al ₂ O ₃	20.9
	MgO	7.1
	Fe ₂ O ₃	1.3
	CaO	9.8

3. 実験結果と考察

3. 1 石炭灰スラリー作製条件と養生後の状態

攪拌時の含水比の大きさに応じて、石炭灰-水の混合体は以下に示すような3つの状態に変化する。

- 1) 団粒化が顕著で流動性を示さない状態、
- 2) 均一なスラリー状態、
- 3) 石炭灰と水の分離が顕著になる状態。

今回の実験においては、状態1と状態2の境界の含水比が約40%、状態2と状態3の境界の含水比が約60%だった。

40~60%の含水比で作成した3種類の石炭灰スラリーにお

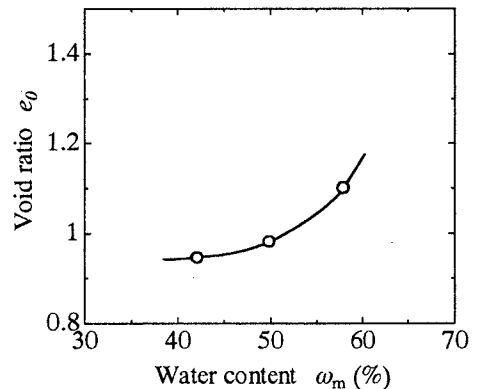
いて、スラリー作製時の含水比 w_m と室温で7日間養生した後の間隙比 e_0 を図-1に示す。スラリー作製時の含水比が小さいものほど、養生後の間隙比が小さくなる。次節では、 $w_m=42\%$ を Sample A, $w_m=50\%$ を Sample B, $w_m=58\%$ を Sample C と名付けて、各供試体の強度特性について考察する。

3. 2 非排水三軸圧縮試験の結果

スラリー作製時の含水比 w_m が異なる各供試体の $p_0'=98\text{kN/m}^2$ 時の軸差応力 $q (\text{kN/m}^2)$ とせん断ひずみ $\gamma (\%)$ の関係を図-2に示す。ここに、軸差応力 $q=\sigma_1-\sigma_3$, $\gamma=\varepsilon_a$ (σ_1 : 軸応力, σ_3 : 側圧, ε_a : 軸ひずみ) である。

キーワード：廃棄物、石炭灰、流動化、三軸圧縮試験、

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL: 0468-41-3810 FAX: 0468-44-5913

図-1 e_0 と w_m の関係

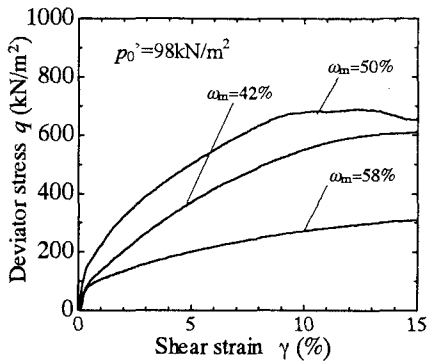


図-2 $q-\gamma$ 関係

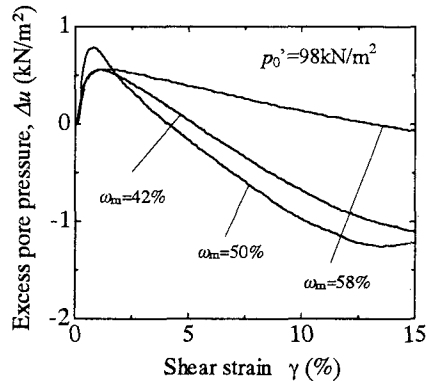


図-3 $\Delta u-\gamma$ 関係

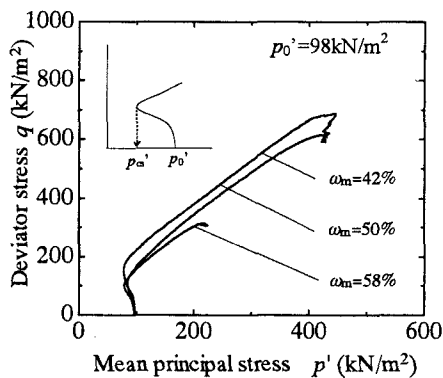


図-4 有効応力経路

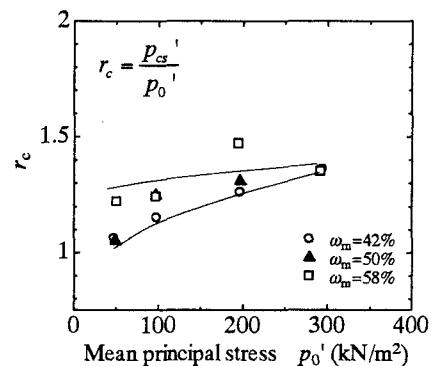


図-5 r_c-p_0' 関係

Sample A および Sample C はせん断変形に伴って単調に q が増加するが、Sample B はピーク値を示し、せん断抵抗が最も大きい。すなわち、スラリー作製時の含水比には最適値が存在する。過剰間隙水圧 Δu (kN/m²) とせん断ひずみ γ (%) との関係を図-3 に示す。各供試体とも、間隙水圧は正の最大値を示した後、減少して、最終的には負の値へ変化する。高いせん断抵抗を示した Sample B は、せん断初期の正の間隙水圧が最も大きく、せん断の最終段階での負の間隙水圧も最も大きい。一方、せん断抵抗が小さかった Sample C は、間隙水圧の変化割合が最も小さい。よって、高いせん断抵抗を示すときほど、ダイレイタンスが顕著であるといえる。各供試体の $p_0' = 98 \text{ kN/m}^2$ 時の有効応力経路を図-4 に示す。各供試体はせん断変形の進行に伴って p' が減少し、 p' が増加に転じる変曲点が存在する。その点以降は、 q , p' ともに増加する。変曲点における p' を p_{cs}' とすると、 p_{cs}' の値は、 ω_m の最も大きな Sample C が最も小さく、Sample A と Sample B はほとんど同じ値をとる。 $r_c = p_{cs}' / p_0'$ を定義し、 r_c と p_0' との関係を図-5 に示す。 r_c は各供試体とも p_0' が大きなものほど大きな値を示す。また、 p_0' が小さい領域では、 ω_m が高いものほど r_c が大きくなるが、 p_0' が大きくなると各供試体の r_c はある一定の値に漸近していく傾向にある。

4. まとめ

本研究の知見をまとめると以下のようになる。(1)スラリー作製時の含水比が小さいものほど、養生後の間隙比が小さくなる。(2)スラリー作製時の含水比には、最も強度を増加させる最適値が存在する。(3)石炭灰スラリーで作製した供試体の r_c は、圧密圧力 p_0' が大きくなるとスラリー作製時の含水比にかかわらず、一定値に漸近する傾向にある。

参考文献：堀内澄夫：石炭灰の水域埋立てへの利用に関する研究，茨城大学学位論文，1996