

流動性と強度に着目したスラリー状石炭灰の混合水量の決定法

防衛大学校建設環境工学科

正○末次大輔, 正 宮田喜壽

1. はじめに

石炭灰を地盤材料として利用する方法の一つに、スラリー状にして埋立材や埋戻し材として利用する方法がある¹⁾。この方法では、常に適切な流動性と打設後に所定の強度を満たすスラリー状の石炭灰を作製する必要がある。一方、石炭灰の性質は燃焼する原炭の性質や燃焼条件等で大きく異なる²⁾。そのため、使用する石炭灰によって、石炭灰をスラリー状にする際の配合条件が変化する。多種多様な石炭灰が存在することを考えると、簡便かつ合理的な配合方法を確立する必要がある。本論文では、スラリー状の石炭灰の流動性と強度に着目し、数種類の石炭灰を使用して、石炭灰のコンシステンシー指標を用いた混合水量の決定法について検討した。

2. 実験の概要

本研究で使用した石炭灰は、国内の微粉炭方式の石炭火力発電所で排出された6種類のフライアッシュである。本研究では、石炭灰の流動性および強度特性は、それぞれフロー試験および圧密非排水三軸圧縮試験により調べた。フロー試験は、内径 80mm、高さ 80mm の円筒に、所定量の水を混合した石炭灰を満たした後、円筒を上方に引き上げ、広がった石炭灰の径を測定する方法で行った。石炭灰はシルト質で水と分離しやすい材料であるので、試料の作製から円筒への充填、円筒の引き上げまでの一連の操作をできる限り迅速に行った。圧密非排水三軸圧縮試験は上記6種類の石炭灰のうち、RS、DD および YP 灰を使用して行った。三軸試験に用いた供試体は、所定量の水を混合した石炭灰をモールド ($\phi=50\text{mm}$, $H=100\text{mm}$) に流し込み、7日間養生したものである。三軸試験は所定の圧力 (49, 98, 196, 294kPa の4ケース) で圧密した後、軸ひずみ速度 0.1%/min で載荷した。なお、本研究では、石炭灰と水との混合割合を混合比 $M_w(=m_w/m_s \times 100)(\%)$ で表す。

3. 実験結果と考察

6種類の石炭灰のフロー試験結果を図-1に示す。いずれの石炭灰においても、混合比 M_w が大きくなるにしたがいフロー値は大きくなる。同じフロー値を示すときの M_w は、石炭灰の種類によって大きく異なる。混合比の異なる RS 灰供試体の軸差応力 q と軸ひずみ ϵ_a 、過剰間隙水圧 Δu の関係を図-2に示す。スラリー状にする際の M_w が大きくなると、打設後の石炭灰供試体の密度が低下するため、せん断抵抗が小さくなる。このような結果は、圧密圧力や石炭灰の種類が異なっても同様である。軸差応力の最大値 q_f と混合比 M_w の関係を図-3に示す。いずれの石炭灰においても最大の q_f を示す M_w が存在し、その値は石炭灰の種類によって異なる。 q_f と M_w の関係は、圧密圧力が異なる場合においても同様である。以上の結果より、所定の流動性や強度を満たすためには、使用する石炭灰に応じた配合を行う必要がある。砂や粘性土の工学的性質を評価する際に、相対密度や液塑性限界といった指標がしばしば用いられる。石炭灰はシルト質であるため、これらの指標を適用することは難しい。そこで、石炭灰に水を加えたときの状態変化に着目して、新たに石炭灰のコンシステンシーを定義した³⁾。

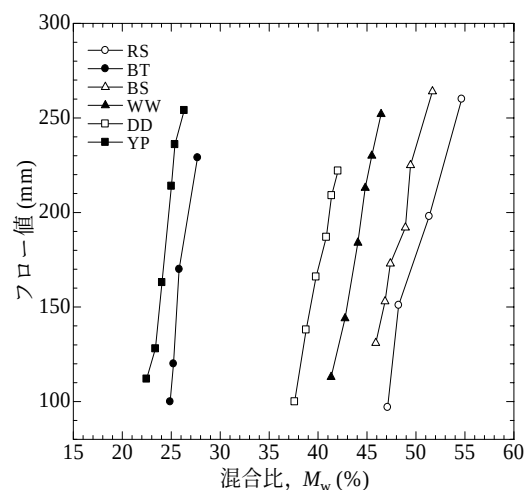


図-1 フロー試験結果

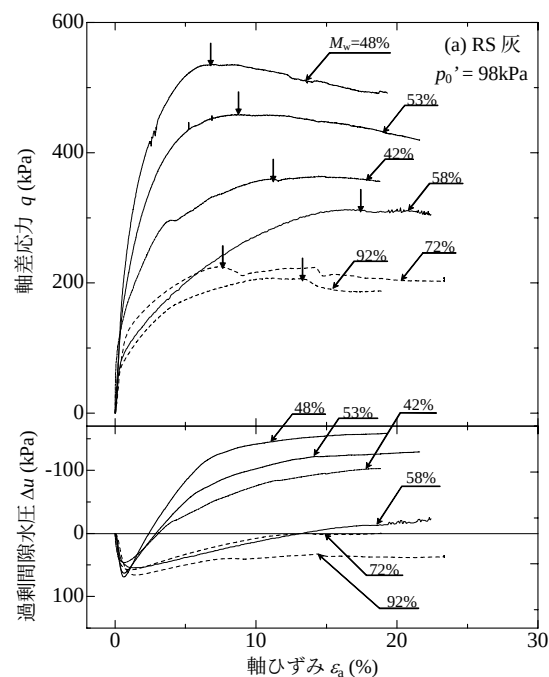


図-2 三軸圧縮試験結果

キーワード：石炭灰, 流動性, 強度, コンシステンシー

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 TEL: 046-841-3810 FAX: 046-844-5913

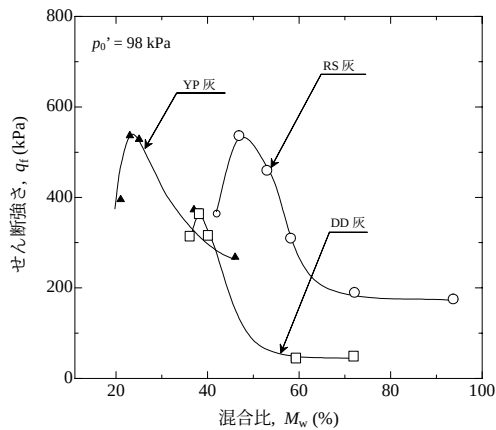
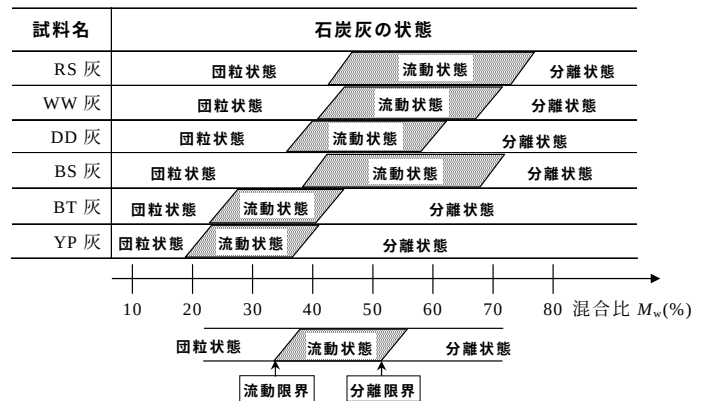
図-3 q_t と M_w の関係

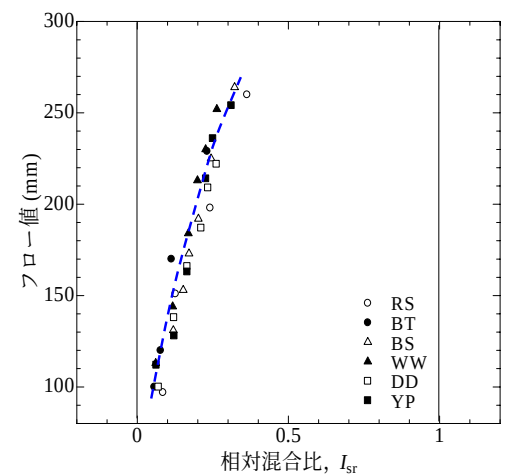
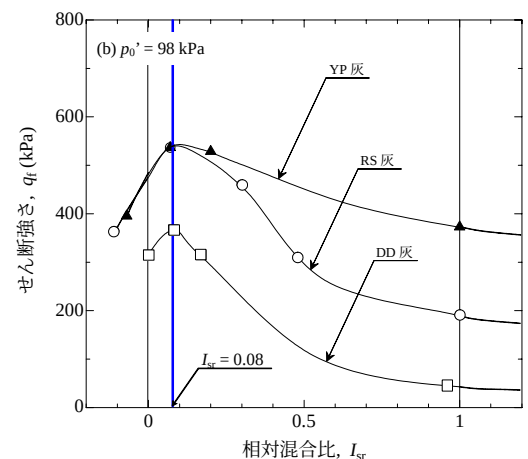
図-4 石炭灰の状態の分類

石炭灰に水を加えたときの状態は、団粒状態、流動状態および分離状態の3つに分類できる。各石炭灰の状態を分類すれば、図-4のようになる。団粒状態と流動状態の境界の混合比を流動限界 M_{wf} 、流動状態と分離状態の境界の混合比を分離限界 M_{wg} と定義する。これらはそれぞれ石炭灰が飽和に達したときの状態、水の分離が顕著に現れ始める状態として求めることができる。この定義によれば、石炭灰の性質の違いやスラリー状の石炭灰の状態を表現することが可能となる。

先に示した実験結果を踏まえると、石炭灰をスラリー状にして使用する場合には流動状態で使うことが現実的である。流動状態における相対的な混合比を相対混合比 I_{sr} とし以下のように表す。

$$I_{sr} = \frac{M_w - M_{wf}}{M_{wg} - M_{wf}} = \frac{M_w - M_{wf}}{I_s} \quad (1)$$

ここで、 I_s は流動状態における混合比の幅を示すものである。相対混合比が $I_{sr}=0$ になるときは、流動限界を示し、 $I_{sr}=1$ になるときは分離限界を示す。6種類の石炭灰におけるフロー値と相対混合比 I_{sr} の関係を図-5に示す。フロー値と I_{sr} の関係は、石炭灰の種類にかかわらず、一義的な関係となる。次に、せん断強さと相対混合比の関係を図-6に示す。それぞれの石炭灰のせん断強さと相対混合比の関係は、ほぼ同じ形状を示す。さらに、最大のせん断強さを示すときの I_{sr} の値は、石炭灰の種類によらず、 $I_{sr}=0.08$ となる。例えば、使用する石炭灰の最大の q_t を発揮するスラリー状石炭灰を作製する場合には、 $I_{sr}=0.08$ となる量の水を混合すればよい。そのときの流動性はフロー値で約130mmに相当する流動性を示す。なお、 M_{wf} と M_{wg} については、簡便にかつ迅速に求める方法を別途提案している。したがって、新たに定義した石炭灰のコンシステンシー指標を用いれば、石炭灰の流動性ならびに強度特性を一義的に評価でき、合理的な配合が可能となる。

図-5 フロー値と I_{sr} の関係図-6 q_t と I_{sr} の関係

4. まとめ

本研究では、スラリー状の石炭灰の流動性と強度特性に着目し、石炭灰のコンシステンシー指標を用いた混合水量の決定法について検討した。その結果、石炭灰の流動性ならびに強度特性を一義的に評価でき、合理的な配合が可能となることを示した。

参考文献

- 1) Horiuchi, S. et al: Soils and Foundation, 35(1), pp.1-10, 1995.
- 2) 手塚ら：第4回石炭利用技術会議講演概要集, pp.72-84, 1994.
- 3) 末次ら：土木学会論文集, No.771/III-68, pp.111-120, 2004.