

VI-1 クリンカアッシュの軟弱地盤上の河川堤防盛土材としての適用試験

(株)四電技術コンサルタント ○正会員 藤川 聡
(株)四電技術コンサルタント 正会員 久保慶徳
四 国 電 力 株 式 会 社 正会員 岩原廣彦
四 国 電 力 株 式 会 社 菊池文孝

1. はじめに

石炭火力発電所のボイラー内の燃焼によって生じる石炭灰の一種であるクリンカアッシュは、透水性が高く、軽量かつ十分な強度を有するという特性があり、軽量盛土材として利用されつつある。

一方、土木工事では、細粒分の多い不良土が建設残土として数多く発生する。一般に、これらは透水性が極めて低いため、その性質を利用した堤防等への遮水材への流用の可能性がある。

平成 14 年と平成 15 年に、石炭火力発電所から発生するクリンカアッシュと建設残土の有効利用という観点から、クリンカアッシュと粘性土を混合させ、軟弱地盤上の河川堤防の盛土材としての適否について、室内土質試験レベルで確認を行う機会が得られたので、その結果について述べる。

2. クリンカアッシュの特性

クリンカアッシュとは、石炭火力発電所のボイラー内の燃焼によって生じた石炭灰の粒子が相互に凝集し、多孔質な塊となって、ボイラー底部に落下・堆積したものを脱水・粉碎した礫質砂である。

室内試験に使用したクリンカアッシュの特性を下記に述べる。

クリンカアッシュの単位体積重量は、約 $11 \sim 13 \text{ kN/m}^3$ と非常に軽量である。土粒子の密度は約 2.6 g/cm^3 、粒度特性は礫分約 30～50%、砂分約 40～60%、細粒分 15%未満で、土の工学的分類は(細粒分混じり)礫質砂に分類される。締め固め特性は、最適含水比が約 39%と高く、最大乾燥密度が約 1.1 g/cm^3 と低く、粒度特性とは対称的に粘土に近い締め固め特性を有している。自然含水比状態での標準締め固め(2.5kg ランマー、25 回/3 層)に対する透水係数は 10^{-3} オーダーと、透水性は砂と同程度の高い排水性を有しており、また、高いせん断強度(内部摩擦角 $\phi=37^\circ$)を有している。

3. 粘性土の特性

クリンカアッシュと混合させる粘性土は、河川工事に伴い発生した建設残土で、細粒分の異なる 2 試料を使用した。

平成 15 年の試験試料(H15)は、細粒分が 74.6%と大半を占める材料で、自然含水比(55.2%)が液性限界($w_L=62.9\%$)に近く、粒度特性、コンシステンシー特性より、土の工学的分類は高液性限界粘土(CH)」に分類される。

平成 14 年の試験試料(H14)は、細粒分が 56.4%を占める材料で、自然含水比(24.9%)が塑性限界($w_P=25.3\%$)より低く、粒度特性、コンシステンシー特性より、土の工学的分類は「礫混じり細砂質粘土(CLS-G)」に分類される。

いずれの材料も細粒分含有率が 50%を超えており、堤防盛土材として単独で使用した場合、乾燥によってクラックの発生しやすい材料である。

4. 混合土の試験結果

クリンカアッシュと粘性土の混合比を、①クリンカアッシュ：粘性土＝9：1、②クリンカアッシュ：粘性土＝8：2、③クリンカアッシュ：粘性土＝7：3 に設定し、混合土の透水試験、三軸圧縮試験(CD)、単位体積重量試験などを実施した。なお、平成 14 年は、クリンカアッシュ：粘性土＝5：5 の混合土についても同様の試験を実施している。

1) 粘性土混合率と透水係数の関係

粘性土混合率と透水係数の関係を図 1 に示す。なお、試験は試料の含水比を最適含水比に調整し、実施した。

図 1 によれば、透水係数は粘性土混合率の増加にともない低下し、細粒分含有率の高い試料 H15 の

方がその低下割合は大きい。

したがって、クリンカアッシュへの粘性土の混入は透水性低下に効果があり、細粒分含有率が高い粘性土ほどその効果は高いと判定できる。

堤防の盛土体としては、ドレーン層を設置するとしても、透水係数は $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 以下が要求される。透水係数を $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 以下を満足するためには、試料 H15 の場合、粘性土の混合は 30% 以上が必要といえる。

なお、透水係数が最低値を示す時の混合土の単位体積重量は、試料 H14 で 15.5 kN/m^3 、試料 H15 で 16.6 kN/m^3 であり、一般的な堤防盛土材 (20 kN/m^3) と比較して約 2 割程度軽量である。

2) 粘性土混合率と内部摩擦角・粘着力の関係

粘性土混合率と内部摩擦角・粘着力の関係を図 2 に示す。図 2 によれば、内部摩擦角 ϕ は、粘性土混合率の増加に伴い低下し、細粒分含有率の高い試料 H15 の方がその低下割合は大きい。これは、細粒分増加に伴う粗粒土粒子間の摩擦抵抗の減少によるものと考えられる。試料 H15 の場合、粘性土混合率 30% の場合の内部摩擦角は 26° で、一般的な堤防盛土体の強度としては十分な値である。一方、粘着力は、粘性土混合率の増加にともない上昇し、細粒分含有率の高い試料 H15 の方がその上昇割合は大きい。これは、混合により細粒分が増加し、粒子と吸着水の物理化学的作用が活性化するためと考えられる。

5. まとめ

透水性の大きいクリンカアッシュに粘性土を混合させ、軟弱地盤上の河川堤防の盛土材として適用が可能かどうかを、室内試験レベルで検証を行った。

その結果、含水比を最適含水比に調整した混合土で透水性を $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 以下にするための粘性土混合率は、H15 で 30% 以上、H14 で 50% 以上にする必要があり、このときのせん断強度はそれぞれ $\phi = 25.8^\circ$ 、 $c = 46.3 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi = 33.6^\circ$ 、 $c = 24.7 \text{ kN/m}^2$ と一般的な堤防盛土材と同等もしくはそれ以上のせん断強度を有する。また、このときの単位体積重量は、それぞれ 16.6 kN/m^3 、 15.5 kN/m^3 と一般的な堤防盛土材 (20 kN/m^3) と比較して約 2 割程度軽量である。

クリンカアッシュと粘性土の混合材は、遮水性のある材料として、強度の面においても問題はなく、河川堤防盛土材として適用が可能と判断される。ただ、今回の試験では、クリンカアッシュの特性を生かした軽量化の効果はやや小さかった。このため、今後は、石炭灰の一種である細粒分に富んだフライアッシュ等を混合させ、より軽量で透水性の低い盛土材への流用に向けて試験を行っていきたいと考えている。

クリンカアッシュを用いた混合土は通常の盛土材と同様に締固め施工が可能のため、土構造物との追従性が良く、また、材料入手が容易なことから修復・改良も簡便であり、軟弱地盤上の河川堤防盛土材として有望なものと考えられる。

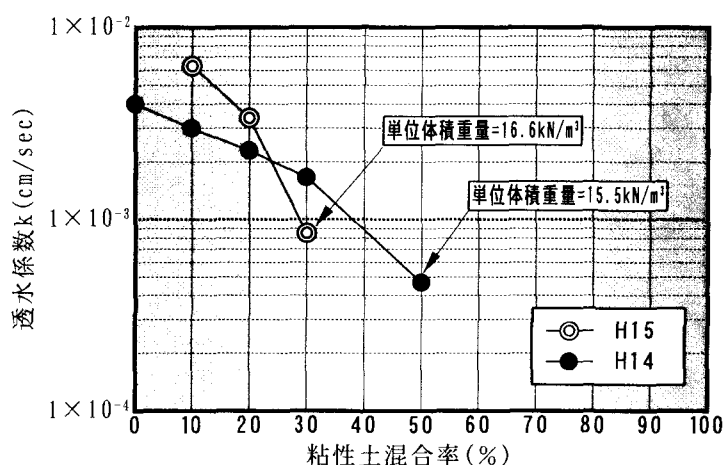


図1 粘性土混合率と透水係数の関係図

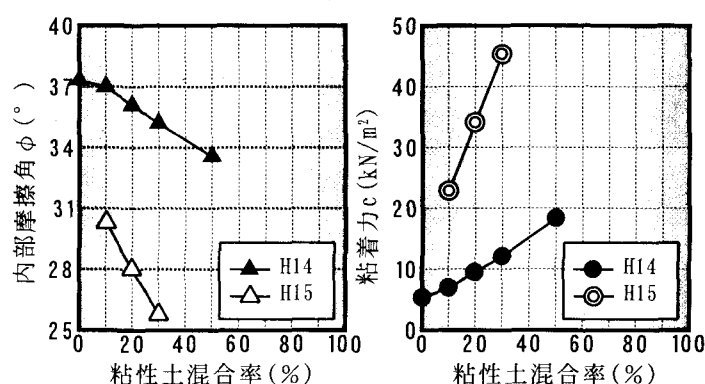


図2 粘性土混合率と内部摩擦角、粘着力の関係