

クリンカアッシュの材料特性

(株) エネルギア・エコ・マテリア 正会員 ○入江功四郎 澄川 健 内田裕二  
 復建調査設計 (株) 正会員 若槻好孝  
 山口大学 正会員 兵動正幸

1. 目的

クリンカアッシュは砂質土と比較して軽量でせん断強度が大きく透水性も良い。これに加えて材料費が安価であるため、これまで盛土材、埋土材、裏込め材、排水材など種々の用途に利用されてきた。しかし、その材料特性は著者らの知る限り、いくつかの文献<sup>1), 2)</sup>に概略的に示されているものの統括的に評価されたものはないのが現状である。クリンカアッシュは、石炭火力発電所で生成された人工材料であることから、自然土とは粒子の構造や化学成分が異なる。このため、土木材料として使用する際には、土質試験等により物理特性や力学特性を把握する必要がある。また、これを公表することで土木構造の設計者により受け入れやすくなるものと考えられる。そこで、本文では、(株) エネルギア・エコ・マテリアで取り扱っている計 15 発電所で産出されたクリンカアッシュを対象とした土質試験結果から、その材料特性を考察した。

2. 物理特性

粒子密度は図-1 に示すように 1.9~2.5 g/cm<sup>3</sup>の範囲にあり、一般の無機質土と比較して粒子そのものが軽量であることが分かる。図-2 にA, B, C, Oの発電所における粒度分布の重ね合わせを示す。クリンカアッシュは、礫分を 10~70%程度、砂分を 60~90%程度含み、これらが主体であることから砂質土に分類される材料である。粒度分布は全体に一定の範囲に収まっているが、発電所ごとに多少の分布の違いが認められる。また、細粒分は 30%以下の範囲にあることがわかる。

3. 力学特性

(1) 締固め特性

図-3 はA, B, C, Oの発電所の締固め曲線の重ね合わせを示している。クリンカアッシュの最大乾燥密度は 0.8~1.3g/cm<sup>3</sup>、最適含水比は 15~60%の範囲にあり、一般の砂質土と比較すると最大乾燥密度が小さく、最適含水比が大きめの値となっている。これはクリンカアッシュの粒子自体が軽量であること、粒子が多孔質であり保水性が高いことから締固め密度に影響しない水分を保有していること、および細粒分含有率が影響しているものと考えられる。

各試料の最大乾燥密度に対する 80 および 90%の乾燥密度を求め、それぞれの自然含水比をかけた密度が各締固め度における自然状態の湿潤密度となる。各締固め度における湿潤密度を発電所ごとに図-4 に示す。同図より、締固め度(D)=80%

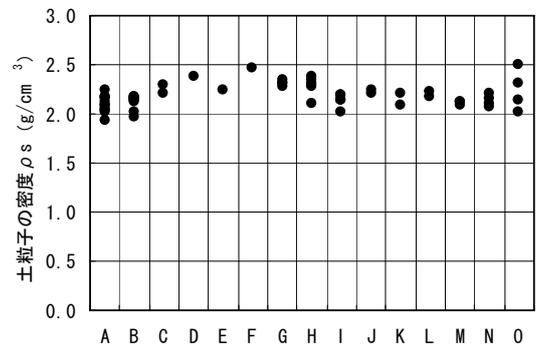


図-1 発電所ごとの粒子密度

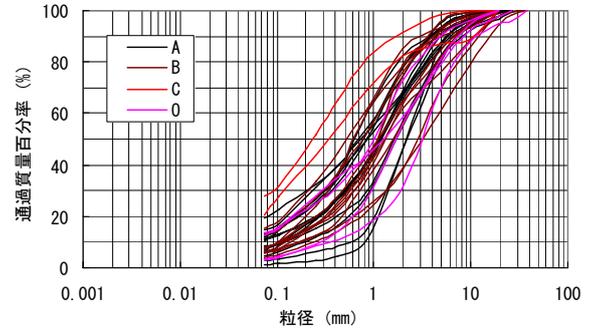


図-2 発電所ごとの粒度分布 (A, B, C, O)

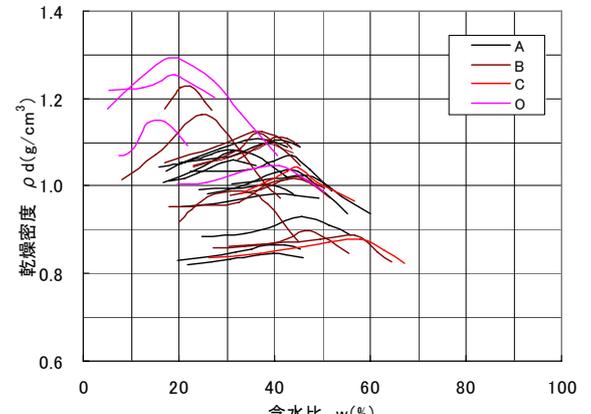


図-3 発電所ごとの締固め曲線 (A, B, C, O)

キーワード 石炭灰, クリンカアッシュ, 物理特性, 力学特性

連絡先 〒730-0042 広島市中区国泰寺町1丁目3番32号 (株) エネルギア・エコ・マテリア 技術部 082-523-3510

では 1.3g/cm<sup>3</sup>, D=90%では 1.4g/cm<sup>3</sup>程度の湿潤密度が上限となることがわかる。

(2) 静的強度特性

静的強度は、A, B, C, O 発電所の D=80%, 90%の供試体に対して圧密排水三軸試験(CD 試験)により求めた。図-5 には、A 発電所産試料のモール円と包絡線および各モール円のセカントアングルラインを示している。

1) 包絡線に基づく静的強度

図-6 は包絡線に基づく粘着力と内部摩擦角を発電所ごとに示している。これらの粘着力は 0~50 kPaの範囲で大きくばらついているが、内部摩擦角は 35° 前後に分布している。

また、締固め度別で見た場合、D=90%よりも D=80%の方が粘着力が小さめの傾向にある。粘着力は盛土の円弧すべり計算や土圧の計算結果に大きく影響するパラメーターである。このため、粘着力をどう扱うかは、今後の検討課題である。

2) セカントアングルライン

図-5 に示したセカントアングルは拘束圧が大きくなるほど小さくなり、粒子破碎の影響を示唆している。この傾向は他の全ての試料でも同様であった。これらの結果から、包絡線から得られるばらつきの大きい粘着力を見込むよりも、 $\sigma_3=200$  kPa におけるセカントアングルを設計時の内部摩擦角として設定する方が良いものと考えられる。この考えに基づき各発電所における  $\sigma_3=200$  kPaのときのセカントアングルをプロットしたのが図-7 である。同図より、D=80%およびD=90%のいずれの場合においてもセカントアングルは 35° 以上あることがわかる。なお、このセカントアングルの現時点での適用範囲は、拘束圧 200 kPa, 盛土高さで 15m程度までであり、これより大きな拘束圧による粒子破碎の影響については、今後の検討課題である。

4. まとめ

本文では、クリンカアッシュの物理特性、締固め特性、静的強度特性などの力学特性について考察した。ただし、これらの力学特性には、クリンカアッシュの粒子形状、破碎性、細粒分含有率、多孔質性などが影響しているものと考えられる。

今後は、単粒子破碎試験、真円度や扁平率などを調べ材料特性への影響度合いを明らかにするとともに、クリンカアッシュの利用マニュアルを作成する予定である。

参考文献

- 1) 環境技術協会, 日本フライアッシュ協会: 石炭灰ハンドブック, 2005.
- 2) 高橋, 梅原ら: 電力石炭灰の土質特性(その1), (その2), 第30回土質工学研究発表会, pp. 757-764, 1995.

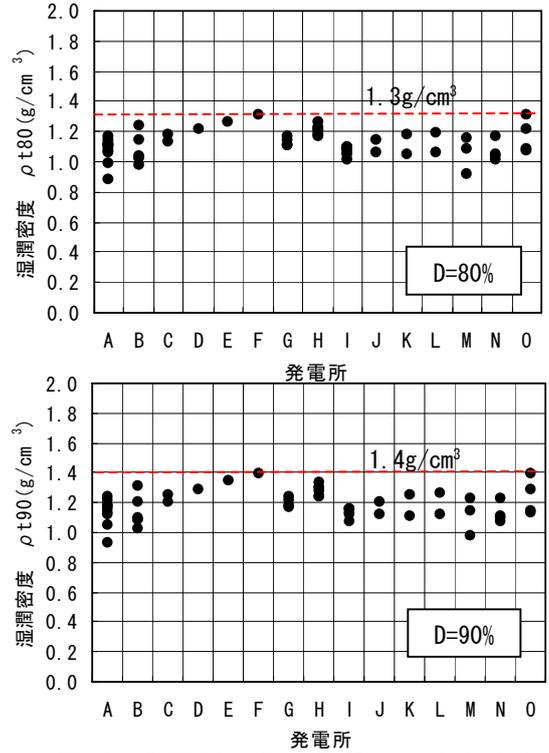


図-4 発電所ごとの湿潤密度 (A, B, C, O)

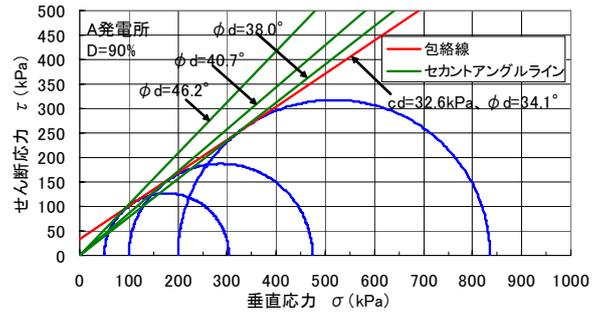


図-5 モール円 (A 発電所産試料)

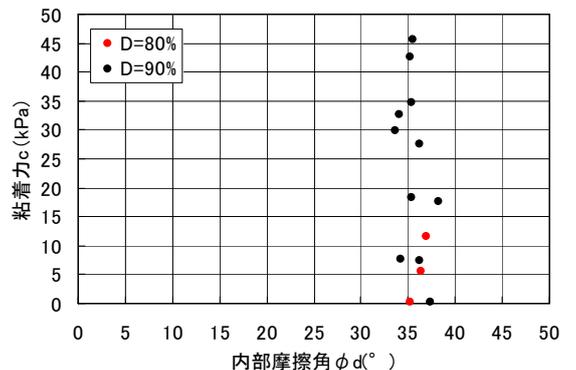


図-6 包絡線に基づく粘着力と内部摩擦角の関係

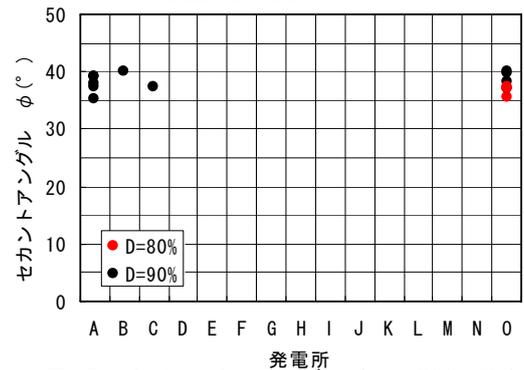


図-7 セカントアングル ( $\sigma_3=200$  kPa)