

クリンカアッシュの粒子性状と締固め特性について

(株)エネルギー・エコ・マテリア	正会員	○中村	芳弘
復建調査設計(株)	正会員	若槻	好孝
山口大学大学院	正会員	吉本	憲正
山口大学大学院	正会員	兵動	正幸
中国電力(株)	正会員	吉岡	一郎

1. はじめに

クリンカアッシュは、石炭火力発電所から生成される石炭灰の一種であり、石炭中の粘土に起因した無機物がボイラ内でガラス溶融し、ボイラ内面に付着したものをボイラ下部の水槽で急冷したものである。その後、砂や礫の大きさに破砕機で粉砕したものが製品として販売されている。このクリンカアッシュは、軽量でせん断強度および透水性が高いことから、盛土材、路盤材およびドレン材等の土工材料として利用が進められているものの、その材料特性については十分に解明されていない現状がある。そこで、本稿ではクリンカアッシュの粒子特性とその締固め特性について検討を行うことを目的とした。

2. 使用材料

試験に供したクリンカアッシュは、西日本の6発電所から採取したC.A. a~fを用いており、その粒子形状の代表例を写真-1に示す。この写真から、クリンカアッシュの粒子には、空隙が多く存在し、この空隙は、上述のガラス溶融物が約1,500℃程度の高温状態でボイラ底部の水槽に落下し、急冷・硬化する際に生成されたものである。また、クリンカアッシュの表面が角張っているのは、硬化したクリンカアッシュの塊を破砕機により、粒径が約20mm以下になるよう粉砕しているためである。このように、クリンカアッシュは、自然砂と異なる粒子形状であることが外観からも容易に確認することができる。

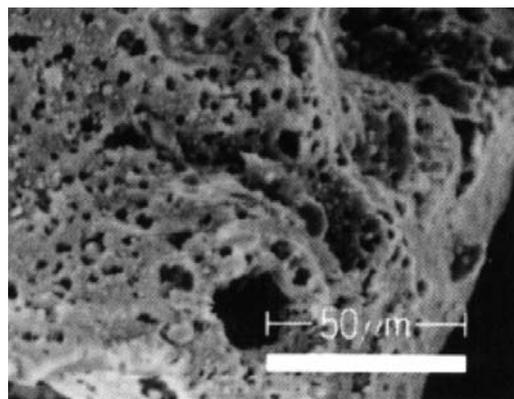


写真-1 クリンカアッシュ粒子の代表例

本検討では、クリンカアッシュとの比較材料として天然の破砕性材料であるU-Masado（宇部まさ土）、P. I. Masado（ポートアイランドまさ土）、Silica_{0.18-2.0}（シリカ砂）およびToyoura（豊浦砂）を対象とした。なお、Silicaの添字の0.18~2.0は、シリカ砂の粒径(mm)の範囲を示している。

3. 試験方法

(1) 粒子密度

粒子密度試験は、JIS A 1202に準拠し、9.5mmふるいを通過した粒子を対象として行なった。

(2) 粒度分布

粒度分布試験は、JIS A 1204に準拠して行なった。

(3) 締固め試験

試験には、C.A. a~fのクリンカアッシュを使用した。比較のため自然砂であるU-Masadoも用いている。なお、U-Masadoは2mmふるい通過分の試料を使用している。また、試験はJIS A 1210に準じて実施した。

キーワード クリンカアッシュ、粒度分布、締固め

連絡先 〒730-0042 広島市中区国泰寺1-3-32 エネルギー・エコ・マテリア TEL 0823-523-3510

4. 試験結果と考察

(1) 粒子密度と粒度分布

表-1に物理定数を示す。この表よりクリンカアッシュは、他の自然土と化学成分は大きく変わらない¹⁾が、粒子密度は1.95~2.24 g/cm³とかなり小さい。これは、粒子内部の空隙構造の影響と考えられる。図-1に用いた試料の粒径加積曲線を示す。図中には、全国15箇所の石炭火力発電所のクリンカアッシュの粒径加積曲線¹⁾の範囲を破線で示している。クリンカアッシュは、礫分28~56%、砂分36~63%程度含むことから礫質土や砂質土に分類され、均等係数U_cは、13~36の範囲にあり、「粒径幅の広い」材料であることがわかる。

表-1 クリンカアッシュおよび自然砂の物理定数

	ρ_s (g/cm ³)	d_{50} (mm)	U_c	e_{max}	e_{min}
C.A. a	1.954	2.228	13.8	1.776	0.948
C.A. b	2.066	0.562	16.9	1.510	0.860
C.A. c	2.079	1.174	16.5	1.423	0.772
C.A. d	2.092	2.563	36.4	2.019	1.086
C.A. e	2.197	1.147	15.2	1.528	0.868
C.A. f	2.240	1.628	13.5	1.572	0.902
U-Masado	2.587	1.010	9.45	0.932	0.487
P.I.Masado	2.624	0.546	7.00	0.967	0.491
Silica _{0.18-2.0}	2.655	0.736	2.20	0.936	0.588
Toyoura	2.643	0.200	1.20	0.973	0.635

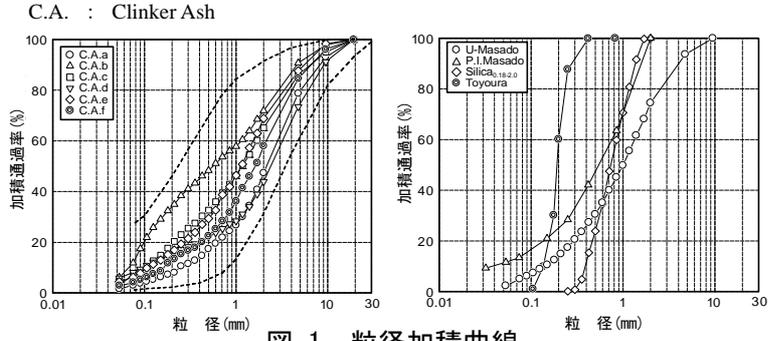


図-1 粒径加積曲線

(2) 締固め特性

図-2に締固め曲線を示す。この図から、クリンカアッシュは、U-Masadoのように締固め曲線のピークが明確では無く、なだらかな曲線となっている。このことは、クリンカアッシュの締固め性能が含水比に大きく影響されず、締固め管理が容易な材料であることを示している。また、最大乾燥密度 ρ_{dmax} はU-Masadoが1.78g/cm³であるのに対して、クリンカアッシュの最大乾燥密度は、0.97~1.16g/cm³の範囲と非常に小さな値を示しており、軽量材としての活用が可能な材料であることがわかる。一方、最適含水比 w_{opt} は、U-Masadoが14%であるの対して、クリンカアッシュは36~48%と高く、これは粒子内部の空隙による保水効果の影響と考えられる。

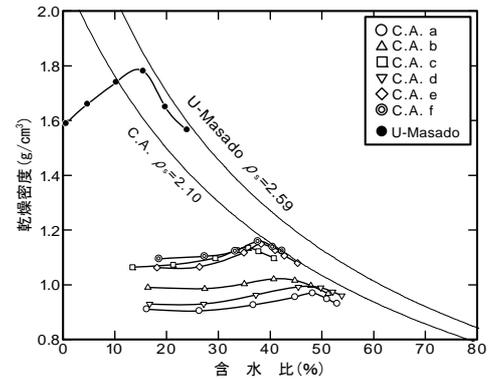


図-2 締固め曲線

図-3に最大乾燥密度と粒子密度の関係を示す。締固め密度に影響する因子は、粒子密度、粒度分布などが考えられるが、クリンカアッシュは、粒子密度との間に最も良い相関があった。これは、締固め曲線がなだらかなため、粒子自体の密度が最大乾燥密度に直接的に影響を及ぼしたためと考えられる。

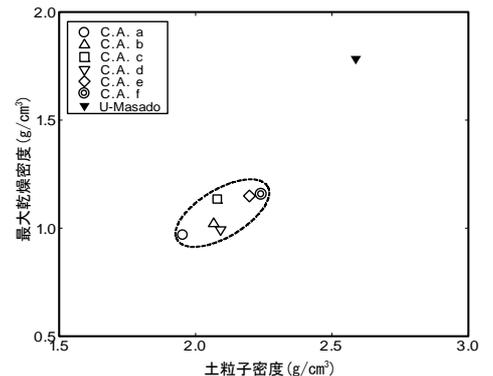


図-3 土粒子密度と最大乾燥密度の関係

5. まとめ

本研究により得られた結論をまとめると以下のとおりとなる。

- 1) クリンカアッシュの粒子密度は他の自然砂に比べ小さい。これは、粒子の内部にある外部と連結していない閉じた空隙構造の影響と考えられる。
- 2) クリンカアッシュの締固め曲線は、なだらかな曲線となっており、締固めが含水比に大きく影響されず、締固め管理が容易な材料であることを示している。

【参考文献】

- 1) 若槻好孝, 田中 等, 内田裕二, 入江功四郎, 兵動正幸, 吉本憲正: クリンカアッシュの材料特性と適用性の検討, 地盤工学ジャーナル, Vol. 2, No. 4, pp. 271-285, 2007.