

## 灰埋立地内土質構造物への石炭灰有効利用について

○東北電力(株) 研究開発センター 正会員 成澤 謙伸  
東北電力(株) 研究開発センター 正会員 荒川 高而

## 1. はじめに

石炭火力発電所から発生する石炭灰の有効利用を図るため土工材料への利用について研究を進めており、本報告では、灰埋立地内の土質構造物(中間土堰堤と中間覆土)を構築する材料として石炭灰混合土を用いることで石炭灰の有効利用に寄与することを目的とし、強度特性等の性質を室内土質試験にて調査・検討した。

## 2. 使用材料

原土には火力発電所灰埋立地の中間土堰堤・中間覆土を構築する材料として使用されている現地発生土と山砂、石炭灰には同発電所から発生した原粉とクリンカアッシュを用いた。使用材料の物性を表-1に示す。

各材料は自然含水比状態で使用したが、原粉については発電所から灰埋立地に運搬する時、飛散防止のため加湿(含水比20%程度)するため本試験においても含水比20%に調整して使用した。

## 3. 要求性能

中間土堰堤の要求性能は「ダンプトラックの連続した走行が可能なこと」、「灰埋立地の斜面の安定を確保できること」、「石炭灰が飛散しないこと」であり、また中間覆土の要求性能は「ダンプトラックの連続した走行が可能なこと」、「原粉と同等以上の透水性を有すること」、「石炭灰が飛散しないこと」である。要求性能の一覧を表-2に示す。

## 4. 石炭灰混合土の配合条件

原土と石炭灰を表-3に示す添加率と含水比で混合した。添加率は要求性能を満足する範囲内でできるだけ大きい方が石炭灰有効利用の観点から有利であるため、100,300,700%の添加率を設定した。

ここで石炭灰添加率の定義は

(石炭灰乾燥質量 / 原土乾燥質量) × 100(%) である。

## 5. 試験結果

## (1) コーン指数試験

現地発生土に石炭灰を添加した結果を図-1に、山砂に石炭灰を添加した結果を図-2に示す。

現地発生土単独材では必要強度を下回る結果となった。灰埋立地内で発生した建設発生土は現地で処理しなければならないが、石炭灰を添加

表-1 材料の物性

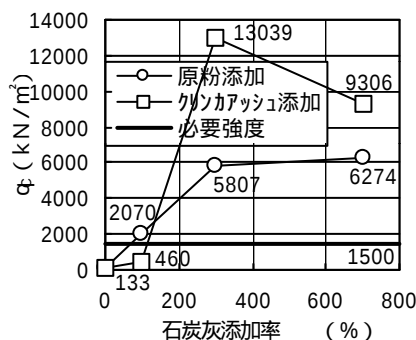
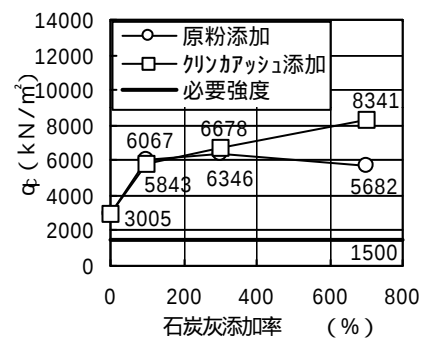
| 材料の物性                    | 原 土   |         | 石炭灰   |          |
|--------------------------|-------|---------|-------|----------|
|                          | 現地発生土 | 山 砂     | 原 粉   | クリンカアッシュ |
| 土質分類                     | シルト質砂 | シルトまじり砂 | シルト   | シルトまじり砂  |
| 土粒子の密度 g/cm <sup>3</sup> | 2.632 | 2.661   | 2.230 | 2.496    |
| 自然含水比 %                  | 28.2  | 8.2     | 0.3   | 21.6     |
| 礫 分 %                    | 19.7  | 0.1     | 0.0   | 31.5     |
| 砂 分 %                    | 41.1  | 87.2    | 7.4   | 60.4     |
| シルト分 %                   | 28.1  | 8.4     | 84.4  | 6.6      |
| 粘土分 %                    | 11.1  | 4.3     | 8.2   | 1.5      |
| 最大粒径 mm                  | 37.5  | 4.75    | 0.85  | 26.5     |
| 液性限界 %                   | 40.9  | NP      | NP    | NP       |
| 塑性限界 %                   | 24.9  | NP      | NP    | NP       |
| 最大乾燥密度 g/cm <sup>3</sup> | 1.526 | 1.766   | 1.310 | 1.335    |
| 最適含水比 %                  | 21.4  | 15.7    | 21.3  | 29.8     |

表-2 要求性能

| 構造物   | 要求性能           |                       |
|-------|----------------|-----------------------|
| 中間土堰堤 | コーン指数 $q_c$    | 1500kN/m <sup>2</sup> |
|       | 粘着力 $C_u$      | 13kN/m <sup>2</sup>   |
|       | 内部摩擦角 $\phi_u$ | 25°                   |
|       | 飛 散            | 飛散しないこと               |
| 中間覆土  | コーン指数 $q_c$    | 1500kN/m <sup>2</sup> |
|       | 透水係数 $k$       | 原粉と同等以上               |
|       | 飛 散            | 飛散しないこと               |

表-3 配合条件

| 原 土              | 石炭灰        | 原粉添加率(%)<br>(含水比20%) | クリンカアッシュ添加率(%)<br>(自然含水比) |
|------------------|------------|----------------------|---------------------------|
| 現地発生土<br>(自然含水比) | 添加しない      | 0                    | 0                         |
|                  | 原粉添加       | 100,300,700          | 0                         |
|                  | クリンカアッシュ添加 | 0                    | 100,300,700               |
| 山 砂<br>(自然含水比)   | 添加しない      | 0                    | 0                         |
|                  | 原粉添加       | 100,300,700          | 0                         |
|                  | クリンカアッシュ添加 | 0                    | 100,300,700               |

図-1 現地発生土の  $q_c$ 図-2 購入砂の  $q_c$ 

キーワード：石炭灰、埋立地、有効利用、土質構造物、室内土質試験

東北電力(株)研究開発センター 〒981-0952 仙台市青葉区中山7丁目2番1号 TEL 022-278-0356 FAX 022-278-2176

することで必要強度を満足でき、建設発生土の有効利用も図ることができる。また 700%まで添加率を上げても必要強度を得ることができた。

## (2) 三軸圧縮試験 (UU)

現地発生土に石炭灰を添加した結果を図-3, 図-4に, 山砂に石炭灰を添加した結果を図-5, 図-6に示す。

現地発生土単独材では, 粘着力は必要強度を満足したが, 内部摩擦角は必要強度を下回った。また山砂単独材では, 内部摩擦角は必要強度を満足したが, 粘着力が必要強度を下回った。いずれの場合も石炭灰を添加することで必要強度を得ることができた。

しかし, 山砂に原粉を添加した場合, 添加率を 700%にすると内部摩擦角が必要強度を下回る結果となった(図-6参照)。その理由としては原粉自体はシルト主体の粒度分布であるため山砂よりも内部摩擦角が小さく, 原粉の添加率が高くなるほど原粉単独材(含水比 20%)としての内部摩擦角に近づくためであると考えられる。

## (3) 透水試験

各材料単独材の透水係数と石炭灰添加率 300%の場合の石炭灰混合土の透水係数を図-7に示す。中間覆土に用いる石炭灰混合土に求められる透水係数は原粉と同等( $k=2.9 \times 10^{-5}$  cm/s)以上であるが, 現地発生土単独材の透水係数は原粉よりも1オーダー低く中間覆土には適さない。しかし, 石炭灰を混合することにより, 石炭灰と現地発生土の中間の透水係数となり原粉と同程度の透水性を確保することができた。またクリンカアッシュは粒度分布が砂分主体なので原粉よりも透水係数の改善効果が高い。

山砂や山砂に石炭灰を添加した場合は十分な透水性があることが確認できた。

## 6. おわりに

石炭灰有効利用を図るため, 灰埋立地内土質構造物を構築する材料として石炭灰混合土を利用するための検討を室内土質試験で行った。強度的には一部, 原粉の添加率を 700%まで上げると必要強度を下回る場合もあったが, 全体的には石炭灰を添加すると強度が増大し, また添加率を 700%まで上げて必要強度を満足する場合がほとんどであった。また透水係数についても十分な透水性を確保することが確認された。

今後は, 石炭灰混合土を中間覆土に用いるために飛散の定量評価を行うとともに, 盛土試験を実施し施工方法を検討する予定である。

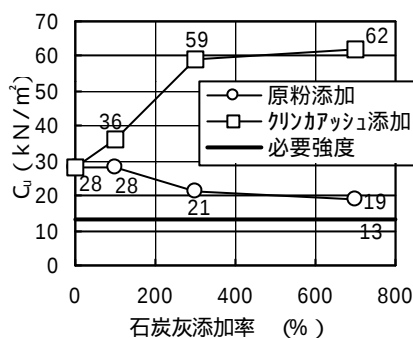


図-3 現地発生土の  $C_u$

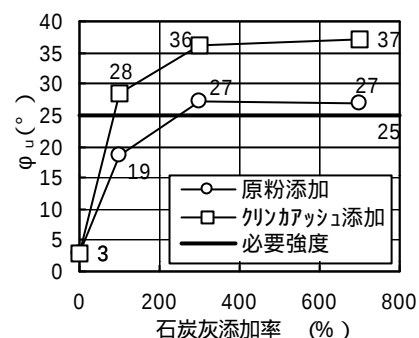


図-4 現地発生土の  $\phi_u$

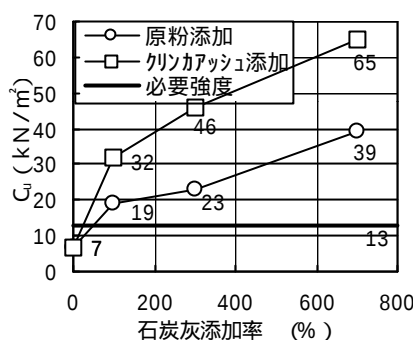


図-5 購入砂の  $C_u$

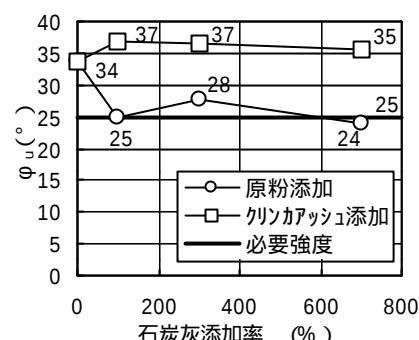


図-6 購入砂の  $\phi_u$



図-7 石炭灰混合土の透水係数