

H-21

石炭ガラの有効利用について ～粘性土を添加した石炭ガラの固化特性～

Effective use of coal waste ～Solidification characteristics of coal waste with added cohesive soil～

照沼勇人¹, ○高橋怜¹, 山田典大¹, 角佳英¹, 鎌尾彰司², 村上勇太³

HayatoTerunuma¹, *Ryo Takahashi¹, Norihiro Yamada¹, Yoshihide Kaku¹, Syouji Kamao², Yuta Murakami³

Abstract: Unconfined compression tests were conducted using coal waste and blast furnace cement type B to utilize the environmentally hazardous coal waste found in the re-development projects for construction works by JR East. This paper clarified the relationship between cement improved coal waste and the amount of coal waste added and unconfined compression strength. It was also found that the unconfined compression strength of the coal waste was decreased with increasing water content.

1. まえがき

JR 東日本では、全国で大規模開発事業等が計画・推進されている。これまで、環境部では車両センター等 JR 敷地での開発事業の際に、形質変更等に伴う法や条例に基づく土壌調査を実施してきた。調査の結果、過去の検修作業に伴う鉛や有機溶剤等の土壌汚染が確認されているほか、地中から蒸気機関車等で発生したと想定される石炭ガラが多量に確認され問題になっている。石炭ガラは、廃棄物のため埋め戻しができず、一般残土として処分できないため、莫大な処分費がかかり事業収支を圧迫している。このため、地中から確認されている石炭ガラの再利用等の検討を行うことが重要となっている^[1]。

本研究では、石炭ガラのセメント固化と強度の関係から建設工事利用を対象とし有効利用についての研究をし、路床で利用するには28日間養生した後、室内一軸圧縮強度 1000kN/m² が必要なため、これを研究目標とし配合量を再度検討して実験を行った。

2. 研究方法

2.1 使用試料

試料土は現場にて採取された石炭ガラに笠岡粘土を添加し、添加材として石炭ガラおよび高炉セメント B 種を加えた。なお、粘土を混ぜた理由として、

Table 1. Profiles of Coal waste and Kasaoka clay

| | Coal waste | Kasaoka clay |
|---|------------|--------------|
| Soil particle density ρ_s (Mg/m ³) | 2.44 | 2.87 |
| Liquid limit w_L (%) | NP | 54.7 |
| Plastic limit w_p (%) | NP | 33.7 |
| Plasticity index I_p (-) | NP | 21 |
| Natural water content w_n (%) | 31.7 | 4.65 |
| Ignition loss L_i (%) | 16.71 | 5.85 |

石炭ガラの液性・塑性が NP であることから、石炭ガラのみでは一軸圧縮強さの強度の発現が難しいと考えられるためである。また、今回の試験で使用する石炭ガラと笠岡粘土の特性値を Table1 に示した。

2.2 実験方法

本研究は、一軸圧縮試験 JISA1216 に規定する方法に準じて試験を行った。供試体の一軸圧縮強さを測定し、石炭ガラの添加率の変化に伴う強度変化を調査する。

2.3 供試体作成方法

供試体の作成方法に関しては、安定処理土の締固めをしない供試体作成方法を用いた^[2] 供試体は石炭ガラ、笠岡粘土、高炉セメント B 種に加水し均一にすることを目的として、ミキサーにより十分に攪拌させたものを用いた。直径 3.5cm、高さ 10cm のアクリル製のモールドを使用し、5層に分けて1層につき、100回タッピングを行い、供試体を作成した。また、養生期間 T_c は 28 日^[3]、養生温度については 20°C とする。

2.4 供試体作成条件について

作製した供試体は、安定剤添加率 $a_w=5\%, 10\%, 20\%$ 、養生期間は 28 日、石炭ガラ添加率 D_w は、0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% とした。また、初期含水比 w が 30%程度になると練り混ぜが困難になり、初期含水比 w が 60%を超えると供試体を作製することが困難なため、供試体を作製しやすい初期含水比 50%を供試体の作製に用いる。

1 : 日大理工・学部・土木 2 : 日大理工・教員・土木 3 : JR 東日本コンサルタンツ

2.5 安定剤添加率・石炭ガラ の定義

安定剤添加率・石炭ガラ の定義を以下に示す。
安定剤添加率 a_w の定義

$$a_w = \frac{m_s'(\text{セメント})}{m_s(\text{笠岡粘土}) + m_g(\text{石炭ガラ})} \times 100(\%)$$

石炭ガラ含有率 D_w の定義

$$D_w = \frac{m_g(\text{石炭ガラ})}{m_s(\text{笠岡粘土}) + m_g(\text{石炭ガラ})} \times 100(\%)$$

ここに、

- m_s' (セメント): 高炉セメント B 種 (g)
- m_s (笠岡粘土): 笠岡粘土の乾燥質量 (g)
- m_g (石炭ガラ): 石炭ガラの乾燥質量 (g)

3. 結果と考察

3.1 安定剤添加率と一軸圧縮強度の関係

安定剤添加率 $a_w=5\%$, 10% , 20% と変化させ、28 日間強度の変化を比較するグラフを石炭ガラ添加率 $D_w=30\%$, $D_w=50\%$, $D_w=70\%$ の 3 種類を Figure1 に示す。本研究では石炭ガラ有効利用のために実施していることから、石炭ガラ添加率 $D_w=20\%$ 以下は Figure1 には反映させなかった。また、本条件において、石炭ガラ添加率 $D_w=80\%$ 以上では供試体が不安定であったため、供試体が安定した石炭ガラ添加率 $D_w=30\% \sim 70\%$ の間でデータの検討を行った。

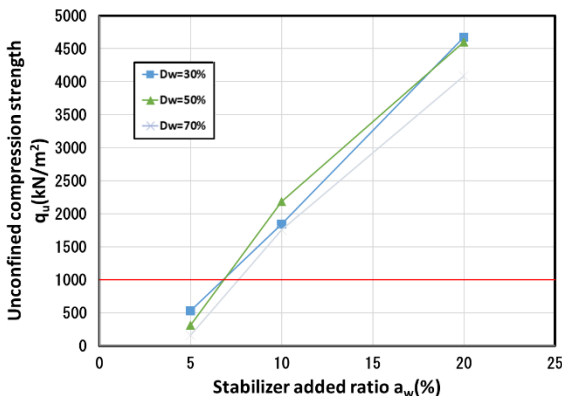


Figure 1 . Relation between a_w and q_u

3.2 石炭ガラ添加率と一軸圧縮強度の関係

Figure2 は縦軸を一軸圧縮強度、横軸を石炭ガラ添加率とし、安定剤添加率 $a_w=5\%$, 10% , 20% における石炭ガラ添加率 D_w を $0\% \sim 100\%$ で変化させたときの強度増減を示した。この図から目標強

度 1000kN/m^2 (28 日間養生) に達成するかを、検討した。

Figure2 より、安定剤添加率 $a_w=5\%$ における 28

日間強度では石炭ガラ添加率 $D_w=0\% \sim 100\%$ の間では目標強度である 1000kN/m^2 を達成することができなかった。安定剤添加率 $a_w=10\%$ における 28 日間強度は、石炭ガラ添加率 $D_w=0\% \sim 90\%$ まで目標強度である 1000kN/m^2 を超える。強度の変化としては石炭ガラ添加率 $D_w=20\% \sim 60\%$ までは一軸圧縮強度は増加していくが、石炭ガラ添加率 $D_w=60\%$ を境に一軸圧縮強度が減少していく。図 4 より安定剤添加率 $a_w=20\%$ においては、目標強度 1000kN/m^2 を超えていることがわかる。

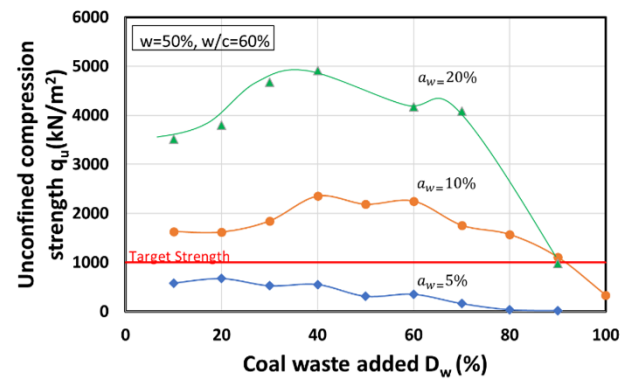


Figure 2. Relation between D_w and q_u

4. まとめ

以上の結果より、一軸圧縮試験における目標強度について把握することができた。今後の展望として、発生土利用基準に基づき、土質区分ごとの適用用途標準が定められているため、締め固めた土のコーン指数試験を行い検討することを考えている。また、石炭ガラを用いて作成した材料が路盤材として用いることによる評価評価を行うため、CBR試験による評価も予定している。

5. 参考文献

[1]JR 東日本コンサルタンツ株式会社：車両センター等に埋設されている石炭ガラの再利用等の検討について
[2]社会法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 p426-434
[3]国土交通省鉄道局 監修 鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物 平成 25 年改編
[4]国土交通省：発生土利用基準について