

石炭ガラの有効利用について
 ~石炭ガラを添加した粘性土の固化特性~

About the effective utilization of coal waste

~Solidification characteristics of coal waste with added cohesive soil~

阿部 勇人¹, ○飯田 諒¹, 鎌尾 彰司²

Hayato Abe¹, *Ryo Iida¹, Shoji Kamao²

Abstract: Unconfined compression tests were carried out using Kasaoka clay, coal waste, and stabilizer to utilize the environmentally hazardous coal waste found in the JR East development project for construction work. Changes in the amount of coal waste added were investigated. The unconfined compression test of coal waste. It was also found that the unconfined compression strength of coal waste decreased as the water content increased. As a future prospect, it is necessary to prepare the specimen not only by tapping method but also by compaction method, and to increase the strength by considering the most effective mixing ratio.

1. まえがき

近年では、全国で大規模開発事業等が計画・推進され、鉄道車両センター等の敷地で開発事業、形質変更等に伴う法や条例に基づく土壌調査が実施され、調査の結果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となっている。このため、石炭ガラの再利用等の検討を行うことが重要である¹⁾。

本研究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、路床で利用するには一軸圧縮強度 600kN/m²が必要なため、これを目標強度とし実験を行った。

2. 研究の方法

2.1 使用試料

試料は石炭ガラを使用し、添加材として笠岡粘土及び高炉セメント B 種を使用した。

笠岡粘土と石炭ガラの特性値を Table-1 に示した。

Table 1 Characteristic typical soil and material profiles

Sample name	Kasaoka Clay	Coal waste
Soil profile		
Soil particle density ρ_s (g/m ³)	2.87	2.44
Liquid limit w_L (%)	47.0	—
Plastic limit w_p (%)	16.8	—
Plasticity index I_p (-)	30.2	—
Water content w (%)	6.3	3.4
Ignition loss L_i (%)	4.7	18.8

2.2 実験方法

本研究は一軸圧縮試験 JIS A 1216 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の変化を調査する。また実施工での強度管理目標値は材齢 28 日

での一軸圧縮強度が 600kN/m²³⁾であるため、これを目指して実験を行った。

2.3 供試体作製方法

供試体の作成方法に関しては、安定処理土の締め固めをしない供試体作製方法を用いた²⁾。供試体は、笠岡粘土、石炭ガラ、高炉セメント B 種、練り混ぜ水を均一にすることを目的として、ミキサーにより 10 分間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、養生期間は 7 日³⁾、養生温度について 20° C とし、安定材添加率 15%、35%、では石炭ガラ添加率 0% から 250%まで作製し、安定材添加率 10%、25%ではそれぞれ石炭ガラ添加率 0%と 100%を作製した。

Table 2 Test conditions

		Stabilizer added ratio α_c (%)			
		10	15	25	35
Coal waste added ratio D_w (%)	0			w=50%	
	15		w=50%		w=50%
	25				
	50				
	100	w=50%	w=30%~60%	w=50%	w=30%~60%
	150				
	200		w=50%		w=50%
	250				

1: 日大理工・理工学部・土木 2: 日大理工・教員・土木

3. 結果と考察

3.1 石炭ガラ添加率と一軸圧縮強度の関係

含水比 $w=50\%$, 養生 $T_c=7$ 日, 安定材添加率 $a_c=15\%$, 35% の条件で行った. その理由として $w=50\%$, $a_c=35\%$ では高い強度を見込めつつ, 各試料が混ざりやすい. 石炭ガラ添加率 15% で一軸圧縮強度がピークに達することがグラフから読み取れる. グラフの全体像として石炭ガラ添加率を増加させていくにつれて一軸圧縮強度は小さくなるのがわかる. 安定材添加率 15% , 35% における供試体の多くは目標強度である 600kN/m^2 を満たす結果となった.

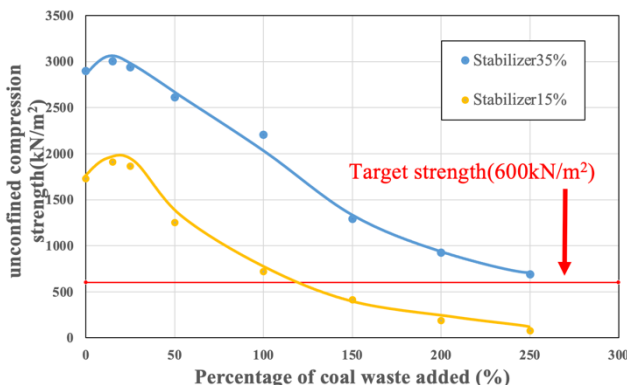


Figure 1. Relationship between percentage of coal waste added and unconfined compression strength

3.2 含水比と一軸圧縮強度の関係

安定材添加率 $a_c=35\%$, 石炭ガラ添加率 $D_w=100\%$, 150% , 養生 $T_c=7$ 日における含水比と一軸圧縮強度の関係を以下に示す. 含水比 $w=30\%$, 40% , 50% , 60% で変化させ, 石炭ガラ添加率 $D_w=100\%$, 150% の2種類のグラフを作成した. 供試体作成において含水比 $w=30\%$ 辺りから練り混ぜが困難になり, 60% を超えると供試体が自立しなかったため, 含水比は Figure 4 の範囲で行った. 含水比を増加させるにつれて一軸圧縮強度は小さくなるのがわかる.

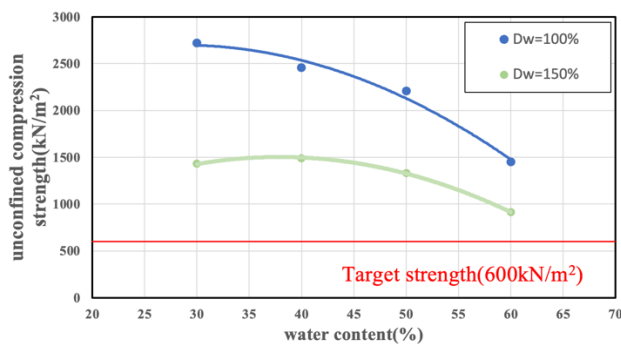


Figure 4 Relationship between water content and unconfined compression strength

ここで安定材添加率 a_c は, 石炭ガラと笠岡粘土の和とセメントの比であり, 石炭ガラ添加率 D_w は石炭ガラを笠岡粘土の百分率で示したものである.

3.3 安定材添加率と一軸圧縮強度の関係

含水比 $w=50\%$, 石炭ガラ添加率 $D_w=0\%$, 100% , 養生 $T_c=7$ 日における, 安定材添加率 a_c と一軸圧縮強さ q_u の関係を以下に示す. 3.1 では安定材添加率 $a_c=10\%$, 15% , 25% , 35% で変化させ石炭ガラ添加率 $D_w=0\%$, 100% の2種類のグラフを作成した.

安定材添加率を増加させるにつれて一軸圧縮強度は大きくなるのが分かる. また, どちらも安定材添加率を増加させていくと一軸圧縮強度はある一定値に収束していくことが予想される. 粘土のみの場合は安定材を 35% に増やすと約 2 倍の強度を発現したことがわかる. 石炭ガラ添加率 100% の場合は安定材 35% に増やすと約 6 倍の強度を発現した. このことから石炭ガラを加えることで安定材の反応が促進し強度が増加したと考えられる.

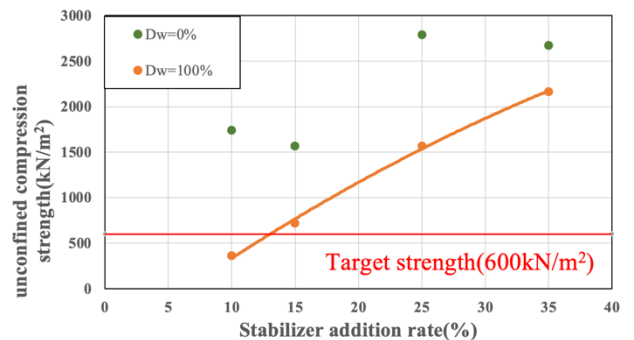


Figure 6 Relationship between Stabilizer added ratio and unconfined compression strength

4. まとめ

本研究の実験結果より, 石炭ガラ添加率を増加させていくにつれて一軸圧縮強度は減少していくことが分かった. また強度については, 基準値 (600kN/m^2) を, 大きく上回っており, 最適な石炭ガラの検討をする必要がある.

[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) 谷古宇ら 令和 2 年度 卒業研究「石炭ガラの有効利用に関する研究」