

石炭がらの土木材料等への有効利用の検討

JR 東日本 正会員 ○丸子 文之
JR 東日本 正会員 大塚 隆人
JR 東日本 正会員 佐々木 愛

1. はじめに

蒸気機関車の運行によって発生した石炭がらは、過去には土木材料等として広く使用されていたことから、鉄道沿線の地中に埋設されていることが多く、工事の際に出土することがある。近年では、石炭がらが産業廃棄物の燃え殻に該当することから、廃棄物として処理されている。また、土木材料等へ使用するにあたっての力学的特性や品質管理について明確な基準が定められていない。そこで、石炭がらを再利用することによる環境負荷の低減を目的に土木材料等への適用性を検討した。

2. 石炭がらの材料特性

過去の文献を調査すると、各種試験を実施し、石炭がらの材料特性を調査した文献が多々あり、それらを取りまとめて整理することとした。表-1 は含水比を 3.0%とした場合の砂と石炭がらを比較したものである。砂に比べると石炭がらは乾燥密度が半分程度で、間隙比が 2 倍程度大きく、非常に軽い材料であることがわかる。表-2 に道路用砕石として実施した試験結果を示す。吸水量が大きく、比重が小さいことから、砕石(G)とは異なった取り扱いが必要な材料と言える。

図-1 に繰返し載荷試験のヒステリシスループを示す。石炭がらは初期に粒子が破碎されるため、沈下量は大きいですが、それ以降の圧縮度は極めて小さい。弾性復元量も小さく、クリープ減少も小さい。また、かなり圧縮された状態であっても、 $1\times10^{-5}\text{m/s}$ と透水性が高いことも確認できた。これらの条件から、石炭がらは転圧や締固め時にしっかりと破碎すれば、土質分類的には砂(S)に近い性質であると考えられる。

表-1 砂と石炭がらの物性値比較表¹⁾

	含水比 (%)	湿潤密度 (t/m ³)	乾燥密度 (t/m ³)	真比重	間隙比	飽和度 (%)
砂	3.0	1.9	1.46	2.65	0.815	97.5
石炭がら	3.0	1.1	0.85	2.20	1.590	41.5

表-2 道路用砕石試験結果²⁾

石炭がら	呼び名 (大きさmm)	表乾 比重	吸水量 (%)	すり減り 減量 (%)
	4号(30~20)	1.49	10.1	40.5
	5号(20~10)	1.51	11.1	39.3
	6号(10~5)	1.67	9.7	35.2

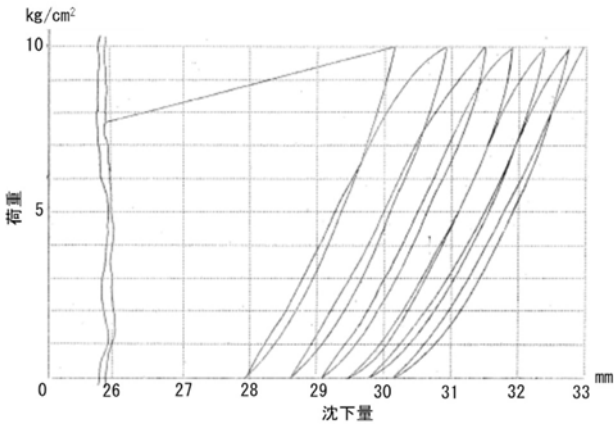


図-1 繰返し載荷試験結果³⁾

キーワード 石炭がら、産業廃棄物、有効利用
連絡先 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋 1 丁目 1 番 1 号 東日本旅客鉄道（株） TEL 022-266-9663

3. 石炭がらの有効利用に向けた課題

石炭がらの混じった土質は場所により性状が異なるため、物性値が一樣ではないことを念頭に出土する場所ごとに調査する必要がある。また、石炭がらは単位体積重量が小さいため、利用にあたっては、軽い材料である点を考量して設計する必要がある。例えば、地下函体上に盛土を施工する場合、上載荷重が小さくなるため、地下函体の浮き上がりに配慮する必要がある。

東日本大震災では石炭がらが混じった盛土で液状化が生じている。液状化した盛土から採取した試料の液状化試験結果を表-3に示す。液状化抵抗率 1.0 以下、液状化指数 20 以上と液状化しやすいことが確認された。地下水位が高い箇所などへ利用する際は、液状化判定を実施してから設計する必要がある。

表-3 液状化試験結果⁴⁾

深度(m)	液状化抵抗率 FL	液状化指数 PL
1.0	0.25	21.09
2.0	0.18	
3.0	0.15	

4. 石炭がらの有効利用の実績

近年、建築物の埋戻しや工事用の作業ヤードに石炭がらを含む発生土を利用した実績がある。建築物の埋戻しでは、国交省の発生土利用基準に基づいて各種試験を実施し、工学的分類が GS-F、GFS であり、コーン指数が 800kN/m² 以上あったため、第 1 種・第 2 種建設発生土として利用可能であることを確認した。合わせて、土壤汚染対策法に則った溶出試験で環境基準値を超過していないことを確認している。これらの結果を元に行政と協議し、環境省の通知にある「有価物該当性の判断基準」から総合的に判断し、産業廃棄物ではなく有価物として工事範囲内で再利用することが認められた。

工事用の作業ヤードについては、大型クレーンの荷重に耐えうる必要があったため、セメント系固化材による改良で必要強度を確保して利用した。また、室内配合試験では、セメント等を混合することで鉄道の路床改良で要求される一軸圧縮強度 1.0MN/m² 以上となることも確認している。

5. まとめ

石炭がらの材料特性は、単位体積重量が小さく、透水性が高い。一度破碎すれば、繰返し荷重による圧縮度は極めて小さく、土質分類的には砂の性質に近いことがわかった。ただし、地下水位が高い場所へ利用する際は液状化の可能性があるため、留意する必要がある。今回の検討を踏まえ、石炭がらを埋戻しや盛土材に有効利用する際の検討フローを図-2に示す。今後、検討フロー図を基に施工実績を蓄積し、検証を進めていく。

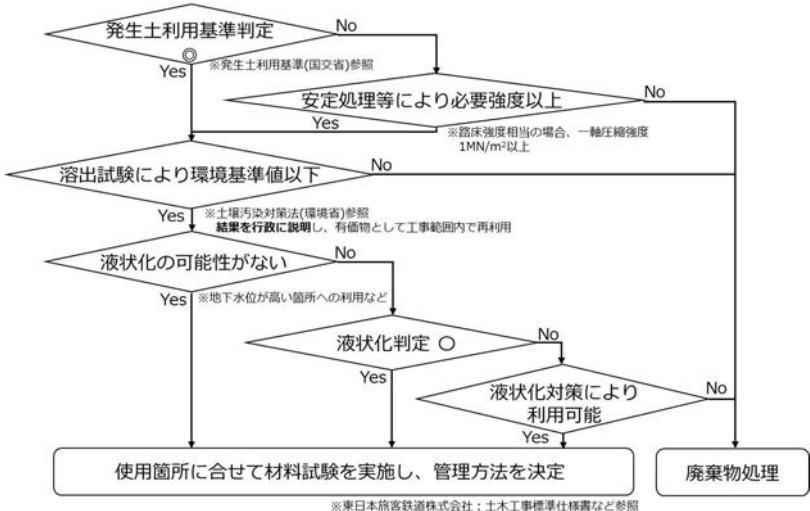


図-2 検討フロー

参考文献

1) 北方他：炭がら盛土の実態調査報告，鉄道技術研究所依頼試験 57-128，1957.10
2) 内田他：道路用碎石試験について，材料，公益社団法人日本材料学会，1966.8
3) 北方他：炭がらの力学的性質の研究，鉄道技術研究所研究番号 S064-1，1957.1
4) 工藤他：石炭焼却灰を含んだ鉄道盛土材料の液状化抵抗特性，土木学会第 68 回年次学術講演会，2013.9
5) 国土交通省：発生土利用基準について，国官技第 112 号・国官総第 309 号・国計営第 59 号，2006.8