

ぼたの地盤工学的特性を考慮した有効利用法の検討

九州大学工学部 学生会員○小野裕介

九州大学大学院 F 落合英俊 正 安福規之 正 大嶺聖

1. はじめに

ぼたとは石炭の採掘に伴って地中から掘り出される粗悪な石炭、頁岩、砂岩などの碎屑物の総称であり、これらはぼた山として集積され、現在九州地方に集積量にして約 3 億 m³ も存在する。これまでもぼたを地盤材料として利用するために、盛土材、路盤材としての利用に関する研究が進められてきたが、ぼた中に含まれている硫酸塩によるコンクリート劣化崩壊や降雨による粘土化などが報告されており、実際に地盤材料として利用されたのは焼きぼたなどの良質な材料特性をもったものごく一部に限られ、多くのぼたは放置されたままとなっている。その一方で、近年、環境保全に対する社会意識の高まりを背景に、ぼたに起因するとみられるぼた山周辺の地下水汚染などの環境被害がとりざたされ、廃棄物処理の観点からぼたの有効かつ大量な利用が望まれている。本研究ではぼたがどのような地盤工学的特性を有するのを実験的に明らかにし、その物理的、化学的特性を考慮した有効利用法について検討する。

2. 細粒化の検討

実験は志免炭鉱ぼた山から採取した試料を用いて行った。その物理特性を表-1 に示す。問題とされる細粒化については JIS A 1204「土の粒度試験方法」に準じて粒度試験を行い検討した。試料は空気乾燥試料を用い、同一試料について次の 2 条件で試験を行った。

- a. 非水浸試料 (ふるい分析のみ)
- b. 一日水浸試料

実験結果を図-1 に示す。一日水浸した試料は非水浸試料に比べて著しく細粒分が多い。また、水浸後直ちに濁水を生じ、団粒化した粒子がほぐれる様子が観察された。この結果より、ぼたは水浸すれば容易に粘土化する性質の頁岩分を多く含有していることが確認された。

3. 溶出特性の検討

JGS 0241-2000「土の水溶性成分試験方法」に準じて溶出試験を行った。試料は同一含水比、同一質量で粒径を変えた次の 3 試料について行った。

- a. 原状 (粒径 10 mm 以下)
- b. 砂分+細粒分 (粒径 2 mm 以下)
- c. 礫分 (粒径 2 mm ~ 10 mm)

ここで c 試料は濁度にして 50 程度となるまで水洗いして

得られた試料である。実験結果を図-2 に示す。試料採取場所付近のボーリング(深さ 40m)の従来の値と比べて 1 オーダーほど小さな値となっているが、今回の実験においては表層近くで採取した影響も考えられる。また、c 試料において他の 2 試料と比較して硫酸イオン、ナトリウムイオンの溶出が少量である。特にコンクリートの腐食や水質汚染で問題となる硫酸イオンについては溶出がみられなかった。この結果より、これらのイオンは主にぼた中の粘土鉱物に吸着された形で存在しており、細粒分をカットすることで溶出が制御できることが分かる。水洗いが細粒分カットに有意であったことは pH 値の安定化が c 試料にみられること

表-1 ぼたの物理特性

土粒子比重 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	コンシステンシー			石炭分 含有率(%)
		液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数	
2.295	20.8	49.8	24.5	25.3	17.5

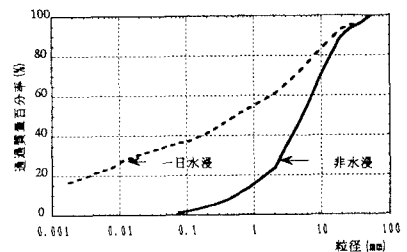


図-1 水浸による粒度変化

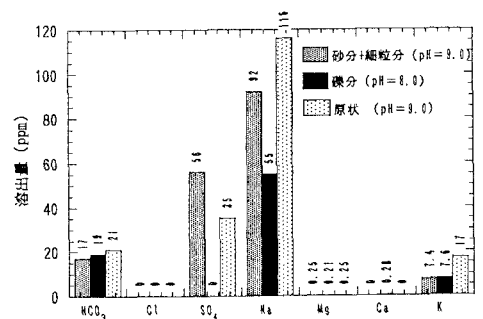


図-2 ぼたの溶出成分

からも確認される。また、Pb、Cd といった重金属イオンについては溶出は確認されなかった。以上の結果より、分級させることにより、粗粒分の礫材としての利用が期待できる。

4. 粘土バリアーとしての利用に関する検討

4.1 透水性について

標準圧密試験を行いばたの透水性について検討した。供試体は2mm ふり通過分の空気乾燥試料を液性限界の1.3倍程度に含水比調整したものを圧密リングに詰め込んだものを使用した。実験結果を図-3に示す。透水係数は間隙比により、オーダーにして $10^{-8} \sim 10^{-9}(\text{cm/s})$ の値をとり、ばたは地盤材料としては不透水性であるといえる。

4.2 汚染物質の吸着能力について

汚染物質を吸着する土の能力について物理的指標を得るためにバッチ平衡試験を行った。汚染物質には PbO 標準液を用い、試験はばた(2mm ふり通過分)、有明粘土、ベントナイト、カオリンの4試料について行った。実験は乾燥質量4gに相当する試料土に試料含水比を考慮して所定の濃度(100、300、600、800ppm)となるようにPbO水溶液を添加して全体を40mlとし、振とう機で2時間、150rpmの攪拌効果を与え、恒温室に24時間静置後、上澄み液を試験管に採取し、遠心分離機で20分間、5000rpmで遠心分離させ、上澄みを $0.45\mu\text{m}$ のろ紙でろ過した。以上のようにして得られた供試液のPb濃度を原子吸光分析装置により測定した。測定結果を図-4に示す吸着等温線により整理した。

ここに $q = (C_0 - C) V / M$

q : 土粒子1gあたりの吸着量 (mg/g) C : 平衡濃度 (ppm)
 C_0 : 初期濃度 (100、300、600、800ppm) V : 試料溶液の体積 (40ml)
 M : 試料土の乾燥重量 (4g)

図-4より、ばたは有明粘土と類似した吸着特性を有し、土粒子1gあたりの吸着量 $3(\text{mg/g})$ までは溶液中に汚染物質はほとんど存在せず(平衡濃度が0に近く)、粘土バリアーとして有効とされているベントナイトと同等の高い吸着能力が認められる。この結果よりばたの細粒分は高い重金属保持能力をもち、粘土バリアーとして有効な土粒子性質をもつことが分かる。

5. まとめ

- 1) ばたは水浸すると著しく細粒化するが、その場合でも礫分の割合が質量比で約40%を占めている。よって、その礫分を分級し、それぞれを利用することが有効と考えられる。
 - 2) ばたからの溶出による水質汚染は主としてその細粒分に起因し、溶出成分で特に問題とされる硫酸イオンについては細粒分カットによる溶出量の低減が確認され、粗粒分の礫材としての利用が期待される。
 - 3) 圧密試験により求めたばたの細粒分の透水係数は $10^{-8} \sim 10^{-9}(\text{cm/s})$ のオーダーであり、十分な遮水効果が期待され、バッチ平衡試験の結果よりばたは高い重金属吸着能力を有していることが確認された。
- 以上の結果より、ばたの細粒分は廃棄物埋立場などに用いる粘土バリアーとして有効であるといえる。

〔参考文献〕

- 1) 新舎他、「ばたの海面埋立材としての利用について」第15回土質工学研究発表会(1980)pp.153～pp.156
- 2) ばた山調査委員会、「国鉄志免炭鉱ばた山性状調査報告書」1992 pp.14、pp.17、pp.43
- 3) 藤本他、「土質遮閉層に用いる九州の特殊土の基礎的研究」土木学会西部支部講演概要集 2000 III・79
- 4) Yong et al「地盤と地下水汚染の原理」福江他訳 東海大学出版会 pp.201～pp.203

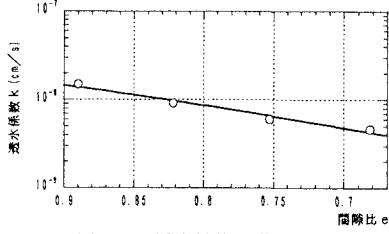


図-3 透水係数と間隙比関係

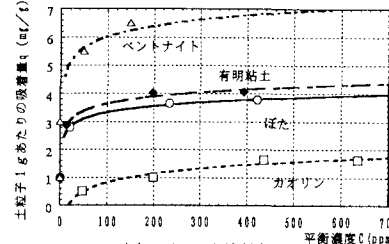


図-4 吸着等温線