

ばたの化学的特性に着目した地盤工学的有効利用

九州大学工学部 学○中野 直美 九州大学大学院 工学研究科 落合 英俊
九州大学大学院 工学研究科 正 大野 司郎 九州大学大学院 工学研究科 正 大嶺 聖

1. はじめに

九州地方には石炭採掘の際に生じた余剰土“ばた”が大量に存在する。ばたは焼化したり、粒度毎に分類すれば各種地盤材料として活用できるが、それらの利用法は莫大なコストがかかるとされている。一方で、大量のばたが管理されている「ばた山」は地域開発の妨げとなっていたり、ばたの化学的特性により様々な地盤環境問題が生じている。本研究では、ばたの化学的特性に着目し、大量のばたを活用する方法の一つとして海面埋立が有効であることを考察した。また、環境へ及ぼす影響を中心にその適性及び有効性を検討した。

2. ばたの特性

対象とする志免炭鉱ばた山に関する過去の調査結果^{1), 2)}によると、ばたは①硫酸塩土壌である②ばたからの浸出水は多種のイオンを含み、アルカリ性である③乾湿繰り返しにより粘土化する④細粒分が特に多く、水中への投入は濁水を生じる⑤圧密に長い期間を要する、という問題点が指摘されている。ばたの主要成分がモンモリロナイト系の粘土鉱物であるため、この①～⑤のほとんどが鋭敏な化学的影響を受けているものと考えられ、淡水環境から海水環境に変化した場合には①～⑤の特性も変化することが予想される。そのため、まず物性について真水と海水を用いコンシステンシー試験を行った。図1はその結果と既往の研究^{1), 2)}の結果を合わせて示している。海水環境の場合、液性限界、塑性指数が共に小さくなり、海水環境ではより塑性的な挙動になる傾向があることを確認した。そこで、上に挙げた5つの特性について海水環境に置かれたときの変化を検討する。

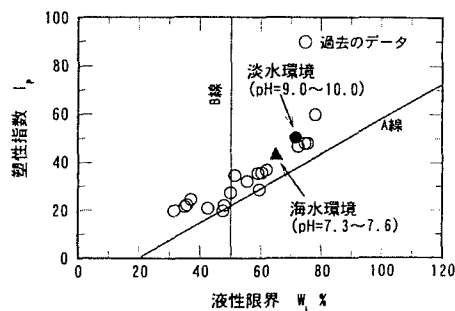
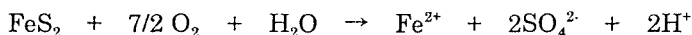


図-1 塑性図

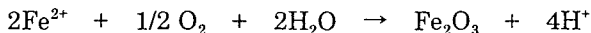
は①～⑤の特性も変化することが予想される。そのため、まず物性について真水と海水を用いコンシステンシー試験を行った。図1はその結果と既往の研究^{1), 2)}の結果を合わせて示している。海水環境の場合、液性限界、塑性指数が共に小さくなり、海水環境ではより塑性的な挙動になる傾向があることを確認した。そこで、上に挙げた5つの特性について海水環境に置かれたときの変化を検討する。

3. ばたの特性を利用した海面埋立としての適性

2.で示した特性①は、まず硫酸塩土壌となるメカニズムに着目する。ばた中に多く存在する硫化鉄が、水や空気中の酸素と共存している場合には不安定であり、次式のように容易に酸化される。



さらに、2価の鉄イオンは次式のように酸化される。



この反応で生成された硫酸イオンは硫酸塩として土中に存在しているため、ばたは硫酸塩土壌となる。現在のばた山では土中の硫酸塩が雨水や地下水に溶解し、これが地表に濃集することでコンクリート劣化の問題が起こっている。しかし、海面埋立では海水が硫酸イオンを含むため、硫酸塩は化学平衡により過剰には溶解せず、コンクリートに対しての強侵食性を大きく低減できるものと考えられる。ただし、地表面へ毛管現象により既存の硫酸イオンが濃集することに関しては防止策をとる必要がある。②の性質で浸出水がアルカリ性となる要因はばた中のイオンが溶出するためであり、海水中では硫酸イオンの場合と同様、過剰のイオンの溶出は抑えられ、浸出水のpHはあまり変化しない。図1に示したように、ばた山から採取した試料のpHを測定した結果、真水が9.0～10.0となったのに対し、海水は7.3～7.6という値となっている。このことから海水環境では中性土壌であることが明らかである。また、特性③は乾湿繰り返しのない条件下では生じない特性であるため、埋立地ではばたの造成部分が常に海水中にある状態であれば良いと判断できる。④については沈降試験、⑤については圧密試験で、真水と海水による比較を行った。試験の結果については

以下に述べるが、①～⑤の検討より、ぼたは海水環境下に比べ淡水環境下においてそれ自身の化学的特性によって、地盤環境の問題を著しくさせる傾向にあることがわかった。

4. 沈降試験

粒度試験で行う沈降分析を利用し、真水と海水を用い比較を行った。試料は 2mm 以下で、表 1 のように条件を変化させ、得られた結果を図 2 に示す。図の縦軸の沈降距離とは、1 リットルのシリンダーに真水、または海水だけ入れて浮ひょうを浮かべたときの浮ひょうの有効深さを基準として、その値と浮ひょうの読みの差を示している。海水のほうが沈降速度は速いことが明らかで、濁水は軽減されることがわかった。これは、土粒子が海水のイオンの凝集効果により沈降が促されていることが推察される。

5. 圧密試験

供試体は $425\mu\text{m}$ ふるい通過分のぼたで、真水、海水を用い液性限界近くに含水比を調節したものを圧密リングに詰め込み、作成した。得られた結果を図 3, 4, 5, 6 に示す。圧縮量はほとんど差がないものの、圧密係数、透水係数は海水の方で大きな値が得られた。これは、イオンの影響で細粒分が凝集したためであると考えられる。このことから海水環境下のぼたの圧密沈下は淡水環境下のものよりも速やかに終了することがわかった。

6. 結論

ぼたの周辺環境に及ぼす影響は、淡水環境よりも海水環境において低減される。

特に、海水環境下にあるぼたは問題とされる硫酸塩土壌にはなりにくい。また、細粒分を多く含むぼたは、海水環境下においてイオンの凝集効果のため、濁水の軽減、圧密促進が見られる。したがって、ぼたは海水環境での利用に適しており、産業副産物としての海面埋立への利用は有効であるといえる。

表 1 試料の条件

	試料の質量	含水比	投入後
No.1	50g	0%	振とう
No.2	100g	0%	振とう
No.3	50g	0%	静置
No.4	50g	20%(自然含水比)	静置
No.5	50g	70%(液性限界)	静置

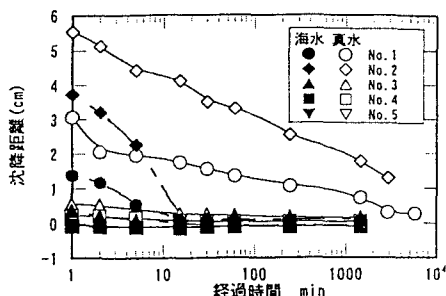


図-2 沈降分析結果

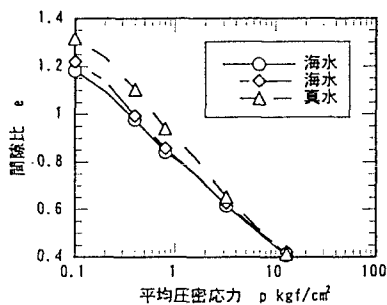


図-3 e - $\log p$ 曲線

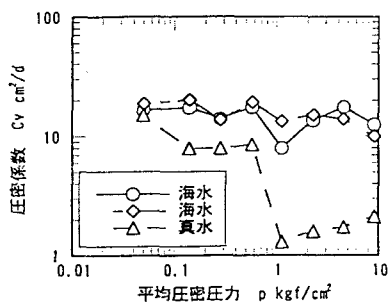


図-4 圧密係数

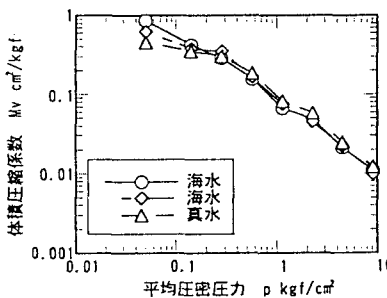


図-5 体積圧縮係数

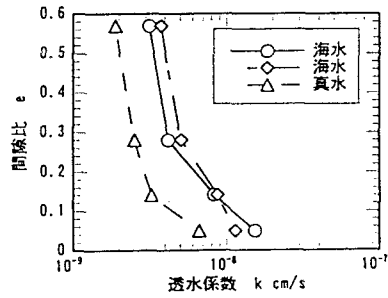


図-6 透水係数

参考文献 1)九州大学出版会 九州・沖縄の特殊土 4. ぼた 1983 2)ぼた山調査委員会 国鉄志免炭鉱 ぼた山調査報告書 平成5年3月