

鹿児島高専 正会員 村田秀一
 鹿児島高専 学生会員 ○三宅利美
 鹿児島高専 学生会員 鶴永健一

1. まえがき

鉱山で採掘されて製錬された後残る鉱さいは、その粒径が小さいため、利用されることなく、堆積場に集積されているのが現状である。今日、この鉱さいの何らかの利用・処理が鉱山関係者から望まれている。過去においては、その粒子の硬さに着目してフィラー材やアスファルト道路のすべり止め剤として使用されたようである。しかし、その量はごく少量であったため、今後は工学的に土木材料として埋立地や宅地造成地等に使用されることが考えられる。しかし、鉱さいの工学的性質についてはまだ明らかにされていないようである。本文はまず鉱さいの堆積場における調査結果および種々の室内試験結果をもとに鉱さいの土質工学的性質について報告するものである。

2. 現位置調査結果

本実験で用いた鉱さいは三井串水野鉱山で採取されたものである。現場は、鉱山の山腹に、高さ6.7mの土堤を築き、その中に水搬によって鉱さいが500t/台搬入され堆積している。調査用に堆積場リョケ所においてスウェーデン式貫入試験とハンドオーガーを行って試料を採取した。また表層部においては、2.5mのピットを掘り、ノギス法で単位体積重量を測定した。貫入試験結果を図-1に示す。現場は一見、砂地のような感じであるが、全て粒子が細かく、サラサラとした感じで、異物を含む堆積していて掘削オーガーはいとも簡単に行えた。堆積層の厚さは約2.6mと推定される。貫入量1m当りの N_{60} は20~30と極めて小さな値である。また深さ方向による試料の変化はないが、水搬されているため、水平方向に層状に堆積していることが多い。地下水位以下の試料の採取はかなり困難でドロドロ状を呈していた。堆積場の様子を写真-1に示す。

3. 室内試験結果

まず、比重において平均2.660と母岩と同じ値を示している。粒度試験は、深さ1mごとに行ったが深さの差はない。その結果を図-2に示す。

2~0.074mmの砂分は2~3%とほとんどなく、0.074~0.005mmのシルト分が約90%と圧制的である。このような鉱さいは均一な粒子で成っている。 $C_u=6\sim10$

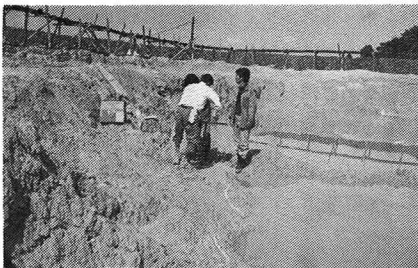


写真-1 堆積場の状況

深さ m	荷重 kgw	貫入量1m当りの 平均試験値 N_{60}	比重 Gs	含水比 W (%)	湿潤密度 (γ/cm^3)
2	50	20	2.656 2.669	21.54 29.51	1.743 1.763
3	100	30			
4			2.664 2.657	25.94 34.19	
5			2.657 2.664	36.21 35.11	
6			2.655 2.685	32.60 35.23	
7					
8					
9					

図-1 貫入試験結果

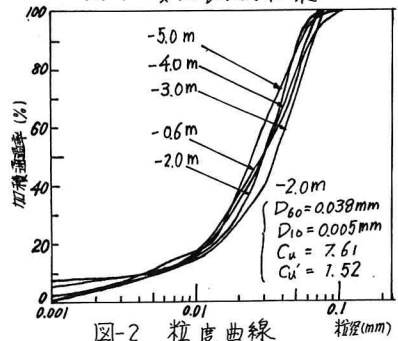


図-2 粒度曲線

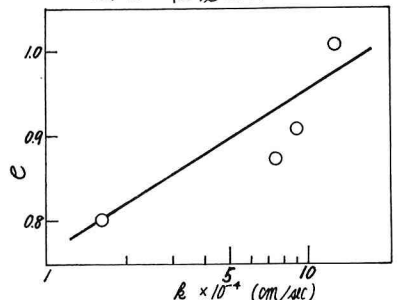


図-3 eとkの関係

また0.005mm以下の粘土分も約10%含み粘性土の性質を
持つものと考えられる。しかし細粒であることより、粒子
が硬く石英質であることが工学的な性質を大きく支配して
いるようである。そのため、液性限界や塑性限界試験を行
うことができずと判断される。また含水比については、
堆積深さ約2mまでは、乾燥が進み $w=20\sim22\%$ であるが、
2m以下においては、 $22\sim33\%$ の値を示している。シルト
質土であるため $w=36.5\%$ において飽和状態となり、 $w=20\%$
において、 $S_r=54.8\%$ 、 $w=33\%$ において $S_r=90.5\%$ であ
る。透水試験結果を図-3に示す。飽和密度 1.80 g/cm^3
($w=20\%$ 、 $e=0.78$)と密な状態で $\gamma_s=1.58\times10^{-4}\text{ cm/sec}$ が
得られた。このように粒径が小さいにもかかわらず透水性
は良好であると判断できよう。圧密試験より求めた値は
 $10^{-4}\sim10^{-6}\text{ cm/sec}$ である。突き固め試験結果を図-4に示す。
最大乾燥密度 $\gamma_{dmax}=1.42\text{ g/cm}^3$ ($\gamma_s=1.75\text{ g/cm}^3$)、最適含水比
 $w=22.5\%$ が得られた。堆積場において $\gamma_s=1.35\text{ g/cm}^3$ であるの
で $\gamma_d/\gamma_{dmax}=94\%$ になる。その状態の含水比は最適含水比
より大きく約32%である。鉱さいとシルスの混合土として
の突き固めの特性も図-4に示した。鉱さいだけでは材料と
して細粒であるため、その利用効率が少ないと考えられる
のでシルスと混合して、土木材料として利用可能でないか
を知る年がかりにした。鉱さいとシルスのなごみは良いが
その突き固め特性には大きな差がないことが明らかとな
った。

図-5は強度定数について示したものである。三軸圧縮
試験による応力-ひずみ曲線においては低拘束圧下ではピー
クがあらわれず高くなると共に明確なピークがあらわれる。
全体的な破壊挙動としてはゆるい状態の砂質土であった。
粒子が細かいにもかかわらず粒子が硬く、石英質であるた
め、 $\phi=30^\circ\sim38^\circ$ を示している。

図-6は圧密試験の結果を示す。圧密試験においては、初期間ゲキ比0.74、0.81、1.10の3種で行ったが、各
荷重に対し 10% の圧密に要する時間は数10秒であった。その結果圧密現象は、ほとんどなく初期間ゲキ比と終局
間ゲキ比とはそれほど変化せず、初期の状態に支配されることがわかる。ここでは種々の定数については省略す
る。このように鉱さいは粒子が細かく、硬く、均一であることでその工学的特徴は代表されるが土質工学的性質
は砂質土であることがわかった。今後はこのような材料を土木の分野に利用することができるよう研究を進
めるつもりである。

最後に本研究を進めるにあたり、三井水野鉱山の辻正吾工頭氏をはじめ関係者の方々に協力を受けた。ここ
で感謝の意を表す。

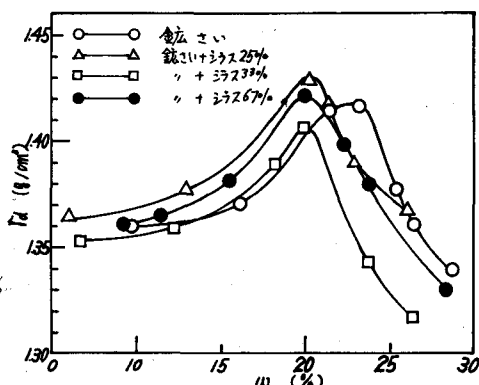


図-4 突き固め特性

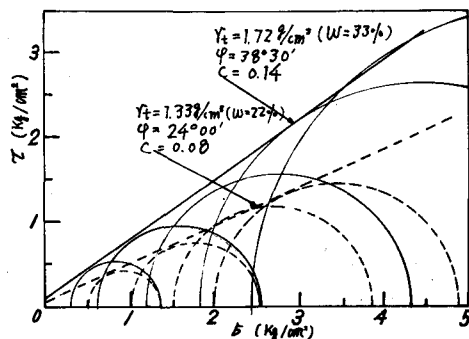


図-5 モーア-クーロンの破壊包絡線

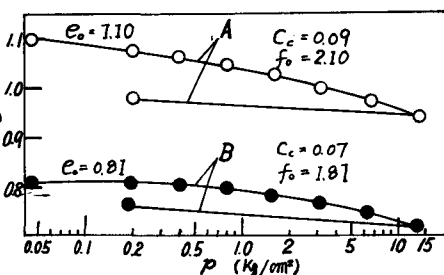


図-6 $e-\log p$ 曲線