

坂 口 麗 紀 夫*

1. ま え が き

非鉄金属鉱山、非金属鉱山における廃滓（鉱石を採集した残滓）の処理については、鉱山保安法によって総括的に規制され、廃滓たい積場建設に当っては、鉱山保安規則により大綱を規定している。しかしながら、非鉄金属、非金属等は、それぞれ、廃滓の性状も異なっており、一律の基準では、たい積場建設に当って、種々困難を生じるので、各部門ごとにつきのような建設基準が設けられている。

(1) 捨石鉱さいたい積場建設基準
(昭和 29 年 11 月制定 昭和 34 年 3 月改訂)

(2) 捨石集積場建設基準 (昭和 34 年 8 月)

(3) 表土たい積場建設基準 (昭和 41 年 1 月)

これらの建設基準は、一般の土木技術者にとっても有益な事項が多いと思われるので、さきに昭和 33 年 5 月、非鉄金属鉱山における鉱滓かん止堤について、発表したが、今回は最近制定された石灰石鉱山等の表土たい積場についてその概要を述べる。

2. 概 説

石灰石鉱山等の地表鉱物を露地で採掘する場合、除去した表土は排棄たい積される。これらの表土のたい積をいかに安全かつ効果的に行なうかに関し、当初の建設に当って土質力学的に解析を行なえば、たい積場の崩壊流失等による災害を未然に防止することも、ある程度可能と考えられるに至り、昭和 39 年来建設基準の作成が進められ、今回制定されるに至った。

この基準の適用されるたい積場は、

- (1) 地表面からその直上の捨石のたい積面までの鉛直高が 10 m を越えるもの
- (2) 土留施設の高さが 5 m を越えるもの
- (3) 土留施設の外のり尻から捨石のたい積面までの高さの最大値が 30 m を越えるもの

* 正会員 旭構造技術(株)専務取締役
表土たい積場建設基準委員会委員

(4) (3) のほか、保安上必要があると認められるもの

となっており、ごく小規模なものを除いては、今後ほとんどのたい積建設にこの基準が適用される。

3. 表土たい積の方法

表土とは、金属、非金属、石灰石および耐火粘土等の採掘にともなって、除去を必要とする土および岩石を混えたものの総称で、たい積の方法にはつぎのような種類がある。

(1) 水平層状たい積

表土を下部から水平層状に積み上げてたい積する方法で、図-1 のよう

図-1 水平層状たい積

な形態となる。水平層状たい積の高さが 30 m を越える場合は、斜面の



勾配は 1 : 1.8 (29°-3°) 以下とする。

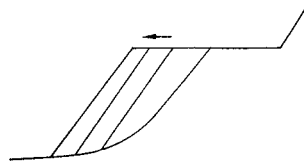
水平層状たい積では、下部から一層ずつ積み上げて行くので、たい積物も上方から投下しただけのものよりも良く締固められるから、比較的急勾配にたい積できる。またたい積にともない斜面の保護工事も行なうことも可能なので、斜面洗掘による恐れも防止できる。

(2) 撒き出したたい積

撒き出したたい積とは、表土のたい積頂面の水平部分を側方に次第に拡張するようにしてたい積する方法で、たい積高さが 30 m を越える場合は、斜面の勾配を 1 : 2 (26°-34°) 以下とする。撒き出したたい積では、たい積面

図-2 撒き出したたい積

を水平方向に広げてゆくから、たい積物は山はだにほぼ平行な層状をなしてたい積され、斜面勾配は下方では上方にくらべて、降雨等

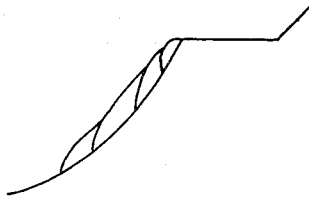


の影響でゆるくなる (図-2 参照)。

(3) 投下たい積

表土をたい積場の上部から投下し、これを斜面に沿って滑り落させ、下方にたい積する方法で、切羽が高所にあつて、土留施設までの山腹延長の長い場合等に多く用いられる(図-3 参照)。

図-3 投下たい積



投下たい積による場合、たい積の高さが 30 m を越える場合は斜面勾配を 1:2.5 (21°48') 以下とする。このたい積法では、切羽が高所にあり、山腹から投下された表土は地山にある程度以上の厚さにまでたい積すると、上方からの表土の重みで下方へ滑動する。地山の勾配の変わる部分では、たい積物の表面は波状となり、横断方向にきれつを生じ、このきれつからの浸透水によりたい積物は軟弱化し、かん止堤がなければ下方に流動の恐れがある。またこのたい積法では、表土を上方から投下するだけであるから締固めが行なわれず、したがって土のせん断強度等も弱く、たい積角度も急にできない。しかしながら、現状では施工の容易な点から、この方法が最も多く採用されている。

4. 排水施設

(1) 場外水排除施設

沢水、山腹水等がたい積場内へ流入すると、たい積物の含水比を変化させ、ひいてはたい積場の安定性に支障をもたらすこととなる。また流水の汚濁の原因ともなるので、これらの場外水はできる限り場内に流入しないように、山腹水路、沢水排水路等を設けて場外に排除する。

a) 沢水排水路

沢水排水路は、できる限りたい積場外に設けるのが望ましい。また流入口が洪水等で閉そくされないように、流入口の上流側に土砂止め、流木止め等の施設をする必要がある。

b) 山腹水路

山腹水路は流下水の捕集を目的とするので、なるべくたい積場に近接して設けるのが効果的である。

(2) 場内水排除施設

a) 表面排水路

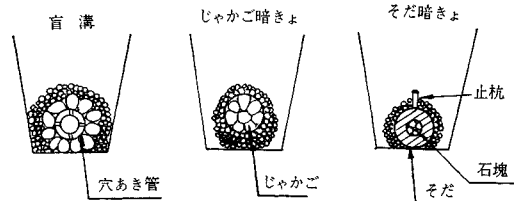
たい積場内の雨水、またはたい積物の上を流下する水を安全に排除するために、適当な表面排水路を設ける。また表面排水路を設けることが困難な状況の場合は、流

水の汚濁防止のため、貯溜施設を設ける。貯溜施設には、越水路を設けなければならない。

b) 盲溝

たい積場の下底には、湧水、浸透水を排除するため盲溝を設ける。盲溝の種類には、図-4 に示すようなものがある。

図-4 盲溝



c) 暗きよ

暗きよは場内水だけでなく、場外水をも場内を通して排除する場合に多く用いられる。たい積場に設ける暗きよは、一般に馬蹄形無筋のものが多いが、土質調査を十分に行なえば、ヒューム管、あるいはコルゲート管の使用も有利と考えられる。

5. 土留施設

(1) 土留施設の種類

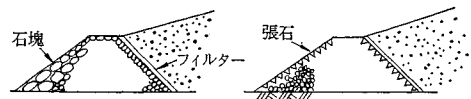
たい積場の土留施設はつぎの二つに大別される。

a) かん止堤

b) よう壁

かん止堤はたい積場特有のもので、図-5 に示すような構造である。またかん堤を構築する材料により分類すれば、つぎのような種類となる。

図-5 かん止堤



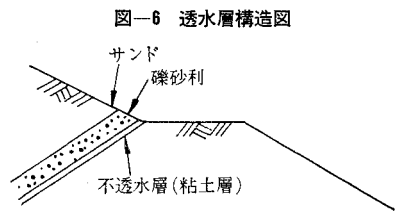
- ① 石塊かん止堤
- ② 石積かん止堤
- ③ 土かん止堤
- ④ コンクリートかん止堤
- ⑤ 混成かん止堤

よう壁にはつぎの種類がある。

- ① 石積よう壁
- ② コンクリートよう壁

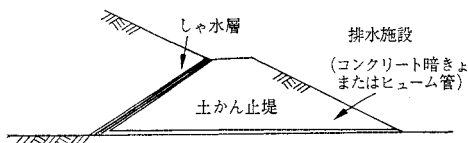
たい積場の土留施設の特徴は、コンクリート重力かん止堤の場合を除いて、背後にたい積されるものが粘土質のもので脱水しにくく湿潤性のものが多いので、土の強度の低下、ひいてはたい積場の安定性の低下をきたすの

で、たい積物中の水分を極力排除できるような構造とすることである。かん止堤の透水性の悪い場合（たとえば土かん止堤）、堤体が安定であるために、かん止堤の上流側でたい積場内からの浸透水を排除し、下流側では上流側からの土圧に十分耐え、浸透水による飽和を防ぎ、浸潤線を低下せしめるよう留意する。浸潤線の低下には、サンドパイル工法等は非常に有効である。しゃ水層の構造を図-6に示す。



しゃ水層の厚さは30cm以上とする。またしゃ水層を設けた場合、下流側のかん止堤には、図-7に示すような排水施設を設ける。

図-7 排水施設



6. たい積場の安定

たい積場の土留施設は、水圧、土圧、地震力等の外力に対して安全でなければならない。必要に応じて動水圧、氷圧、揚圧に対しても検討することを要する。また、たい積場全体として安全度を検討せねばならない。たい積場は、完了後の安全性とともに、下流側に人家、その他重要な建造物のある場合は、たい積の途中についても、安定度を確かめねばならない。たい積場の斜面の安定計算は、通常円形滑り面法によって行ない、基礎地盤内の安定性については、土質に応じ、適当な方法を選定する。

7. たい積場の設計・施工

(1) たい積場設計に必要な調査

たい積場を建設する場合に必要な調査事項は、建設する箇所の地盤調査、湧水、流水の調査、たい積物の土質調査等である。

(2) 排水施設の設計・施工

a) 流出量

場外水および場内水排除施設の通水能力を決定するた

め、沢水および山腹水等の流出量を算定する。この場合、流出係数、平均降雨強度が問題となる。

流出係数については、建設位置の状況に応じて決定されるが、基準では0.8以上をとることとなっている。また、地形等により土砂流を考慮する必要のある場合は、流出係数を1.0あるいはそれ以上にとる。

平均降雨強度は、設置位置がおおむね狭小な場合が多いので、流達時間内の平均降雨強度をとる。

b) 水路

水路は、開きよと暗きよに区分される。開きよは山腹水の捕集流下に、暗きよは場内を縦断して河底に設けられることが多い。

暗きよの一種に盲溝があることは前述のとおりであるが、盲溝を設ける場合、上部の土砂が直接盲溝から流出しないよう、また土砂中の粘土質等によって盲溝構成材料の間げきがつまって排水が悪くならないよう、粒度を調整したろ過層で盲溝を被覆する。

ろ過層の構成は、前述のかん止堤上流側に設けるしゃ水層に準じて行なう。

(3) 土留施設の設計・施工

たい積場の土留施設は、たい積物の水分をできるだけ排除するに適した構造とすることが望ましい。特に背後にたい積される土砂が粘土質の場合、浸潤線をできるだけ下げないように考えなければならない。つぎに、代表的な各種の土留施設について述べる。

a) 石塊かん止堤

石塊かん止堤ののり面は、上流側では土砂によって埋没されるが、かん止堤ののり面勾配は、石塊の息角程度を標準とする。下流側は地震等を考慮して、地震時息角程度とする。

b) 土かん止堤

土かん止堤は、堤体が安定であるために、かん止堤の上流側でたい積場内からの浸透水を排除し、下流側では上流側からの土圧に耐え、かつ浸透した水によって飽和することを防ぎ、浸潤線をできるだけ低下せしめるよう設計する。

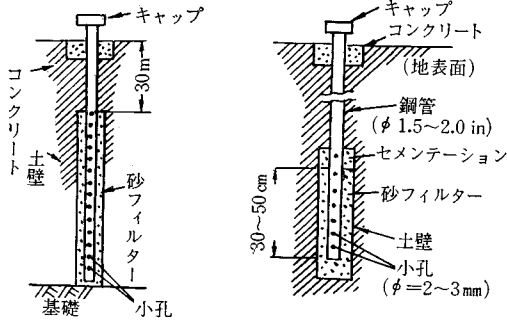
c) コンクリートよう壁

コンクリートよう壁を設計する場合、地盤支持力が不足するときは杭打ち基礎とするが、杭打ち基礎については、杭の水平抵抗を検討せねばならない。その他安定度の検討は一般よう壁と同様である。

d) 石積工の設計・施工

石積工は原則として高さ5m以内とし、練積とする。石積の基礎は、岩盤以外の場合、状況に応じ台子胴木、コンクリート、または栗石基礎とする。

図-8 浸潤線調査管



8. たい積場の管理

保安上必要なたい積場には、浸透水、斜面の移動量、その他の計測施設を設ける。

(1) 浸透水測定管

測定管は、堤体の最大横断面付近に沿って1列、また左右両岸の地山に沿っておおの設ける。図-8 にその一例を示す。

(2) 斜面移動量の測定装置

測定標は、堤体の移動にともなうのみ動くような構造とする。図-9 に一例を示す。

図-9 移動量測定装置

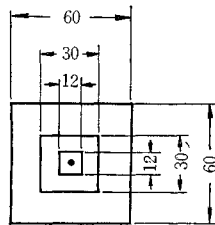
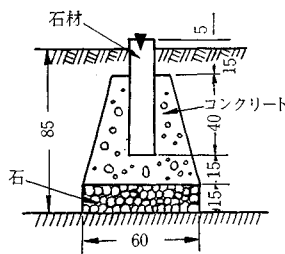


表-1 たい積高さ

たい積高さ	箇所数
10 m 未満	4
10~30 m "	18
30~50 m "	22
50~70 m "	13
70~100 m "	3
100 m ~	5
計	65

注) たい積方法

- 1) 水平層状たい積 1カ所
- 2) 撤き出したい積 1カ所
- 3) 他は投下たい積

表-2 たい積勾配

たい積勾配	箇所数
20° 未満	8
20°~30° "	17
30°~40° "	32
40°~50° "	4
50° ~	2
計	63

9. 表土たい積場の現状

現在稼働中のたい積場について、約65カ所について石灰石鉱業協会において、調査した結果を取りまとめたものを表-1, 2 に示す。

10. むすび

以上で表土たい積場の建設管理に関して、概要を述べたが、元来たい積場の建設に要する費用は、他日不測の事故等で(当初の設備不完全なため)多額の出費を必要とする場合も往々にして生ずるのであるが、当初の建設費はできる限り切詰められるのが一般の状況であろう。それゆえにできる限り有効適切な施設を造ることが、鉱山土木技術者に課せられた任務である。しかも、その施設は、一見単純なようで、あらゆる土木分野にわたる多岐多様のもので、決して軽視されるものとは考えられない。このような環境のもとにおかれた技術者の労苦は、一方ではない。今後技術の進歩とともに、災害を少しでも少なくするよう努力されんことを切望してやまない。

参考文献

- 1) 坂口麗紀夫: 鉱山における廃滓かん止堤について, 土木学会誌, 43-5, 昭 33-5, pp. 25~29

COASTAL ENGINEERING IN JAPAN, VOL. 9

標記の図書が土木学会より刊行されました。本書には最近の海岸工学の研究状況がわかりやすい英文で記述されており、参考資料としてのみならず論文を英文でままとめる上にも参考になると思いますのでご利用下さるようおすすめします。

体 裁: B5判 180ページ

定 価: 1500 円

送 料: 100 円