

九州電力株式会社 総合研究所 正会員 赤司六哉
 “ “ 正会員 高田 真
 西日本技術開発株式会社 正会員 ○桐場 明

1. まえがき

ロックフィルダムの安全性の検討は、建設当時はもちろんであるが、ロック材料の経年変化による劣化の問題もあわせて考慮する必要がある。また、この問題に関する研究も最近着手されるようになってきた。九州電力では、A揚水発電所を計画中であり、その上部池ダムにはロックフィルダムを予定している。このダムの建設地点は標高700~800mであり、冬季には氷点下になることも珍しくない。筆者らは、このダムのロック材料に予定されているものを利用して、経年変化による劣化現象をとうえる一方法として凍結融解試験を実施している。その結果の一部（凍結融解作用を受けたロック材粒子の破碎、三軸圧縮試験によるせん断強度定数および変形係数の低下など）はすでに報告してきているが¹⁾、今回は、いろいろな試験条件による凍結融解作用を受けたロック材粒子の破碎試験を追加したので、その結果を報告してみた。

2. 使用したロック材料とその物理的性質

今回使用したロック材料は、ダムサイト地点の調査横坑内ズリを採取したもので、岩種は一部アプライトを含む黒色片岩および緑色片岩であり、岩級は²⁾、電力中央研究所の判定方式では、B、CH およびCMの三種類に分類できる。その表見比重、絶対比重および吸水量を各粒径別に表-1に示す。

表-1 使用材料の比重および吸水量

粒 径 (mm)	黒色片岩(B)			緑色片岩(CH)			黒色片岩(CM)			緑色片岩(CM)		
	表見比重	絶対比重	吸水量%	表見比重	絶対比重	吸水量%	表見比重	絶対比重	吸水量%	表見比重	絶対比重	吸水量%
635-508	2.93	2.95	0.4	2.80	2.83	0.7	2.65	2.78	2.6	2.54	2.71	4.1
508-381	2.93	2.95	0.4	2.80	2.85	0.9	2.68	2.78	2.2	2.58	2.72	3.7
381-254	2.91	2.95	0.7	2.75	2.81	1.4	2.67	2.77	2.3	2.53	2.72	4.3
254-191	2.91	2.95	0.7	2.77	2.85	1.6	2.64	2.76	2.6	2.50	2.74	5.7
191-952	2.89	2.94	0.9	2.78	2.88	2.0	2.64	2.78	3.0	2.51	2.75	5.8
952-476	2.84	2.95	2.0	2.71	2.85	2.9	2.58	2.78	4.5	2.47	2.76	7.2
基本粒度 の平均値	2.90	2.95	0.8	2.76	2.85	1.7	2.65	2.77	2.8	2.52	2.73	5.2

3. 試験に用いた粒度

採取したロック材料の63.5mm以上および4.76mm以下の粒径をカットした基本粒度と、緑色片岩のCH7ラスの均一粒度（今回使用した均一粒度は、粒径63.5~50.8, 50.8~38.1, 38.1~25.4および25.4~19.1mmの範囲をもつもの）とについて凍結融解試験を実施し、各岩級別、各均一粒度別に粒子の破碎の検討を行なった。なお、図-1は、試験に用いた各々の粒度を描いたものである。

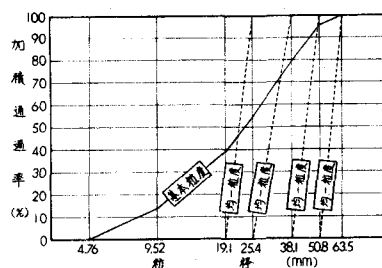


図-1 試験粒度

4. 凍結融解試験の方法

気乾状態($\omega = 0.2\%$)のロック材料を $\phi 30\text{cm}$ 、 $H 70\text{cm}$ のモールドを使用し、1層7cm程度に締固め圧25%で約1分間静的に締固める。基本粒度では、10層(約70cm)に締固めて供試体を作成し、均一粒度では、供試体下部を6層(約40cm)に締固め、その上方約30cmを全く締固めない状態、すなわち粒度変化のない材料を配列して供試体を作成する。それを、ロック材粒子を飽和させる意味で24時間水浸させた後、50サイクル凍結融解試験を行なった。また、緑色片岩CH7ラスについては、基本粒度で300サイクル凍結融解試験を追加し、さらに、締固め圧を変化させた（一部手突きによる締固め）50サイクル凍結融解試験もあわせて実施した。その項目の一覧を表-2に示す。凍結融解試験はすべて供試体

表-2 試験項目の一覧

○は試験実施

粒 度 構 成	粒 径 (mm)	特 性 (注)	50CYC				300CYC	
			B	CH	CM	CH	B	CH
基本 粒 度	635-476	25	○	○	○	○	○	○
	42			○				
均 一 粒 度	635-508			○				
	508-381			○				
	381-254	0		○				
	254-191			○				
	635-508			○				
	508-381			○				
	381-254	25		○				
	254-191			○				

内を清水で満たして、供試体内の間ゲキ水とロック材粒子自体（粒子は飽和状態）の凍結融解を繰返すもので、凍結と融解の切換えは氷点温度の設定によって行ない、その設定温度は、凍結側で -10°C 、融解側で $+4^{\circ}\text{C}$ であり、1サイクルの所要時間は15～16時間である。

5. 試験結果

5.1 基本粒度による凍結融解試験結果

図-2は、各岩級別の締固め³⁾および凍結融解による破砕率を表わしたものである。図中の圧は、締固め圧 25kg/cm^2 での破砕率を示したもので、良質な材料のBおよびCHクラスでは破砕率は小さく、比較軟質な材料のCMクラスでの破砕率が大きいのは当然であるが、図中の中央の50サイクル凍結融解での破砕率および図中の右の締固めと凍結融解とをトータルした破

砕率については、同じCMクラスでも黒色片岩は、B、CHクラスと大差なく、緑色片岩は極めて大きな値を示しており、経年変化による劣化は、よりきびしいものと考えられる。また、図中の右の破砕率と表観比重の関係を示したものが図-3であり、ある程度の相関がみられるようである。

図-4は、緑色片岩CHクラスの締固め後（締固め圧 25kg/cm^2 ）および50サイクル、300サイクル凍結融解後の粒径加積曲線を描いたものであり、図-5は、凍結融解サイクル数と破砕率および 2mm 通過率との関係をとったものであるが、300サイクルという多くの凍結融解作用を受けて、なお粒子の破砕は活発であり、しかも細粒分含有量（ 2mm 通過率）が約30%に増加していることを考えれば、ロック材粒子の劣化は長期にわたって進行していくものとみることができる。

図-6は、緑色片岩CHクラスの締固め圧を変化させた50サイクル凍結融解試験による破砕率を表わしたものである。図中の中央が凍結融解による破砕率であるが、締固め度の小さい 0.05Ec の破砕率は、他と比較して小さい値を示している。これは、粒子内に発生するクラックの影響と思われる。つまり、ある程度の締固め圧をロック材粒子に与えると粒子は破砕するとともに、粒子内にクラックを生じ、これが凍結融解作用を受けることによって、粒子を破砕させるものと考えられる。

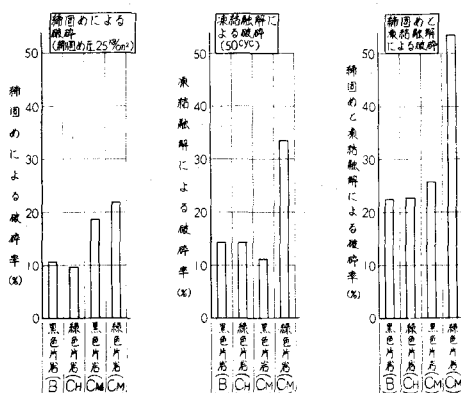


図-2 各岩級別の破砕率

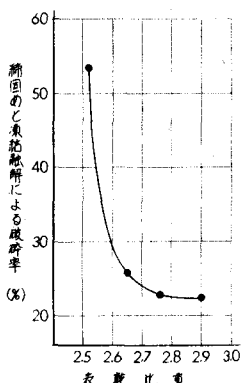


図-3 表観比重と破砕率の関係

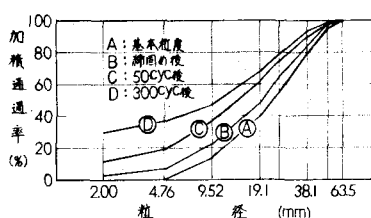


図-4 各試験後の粒径加積曲線

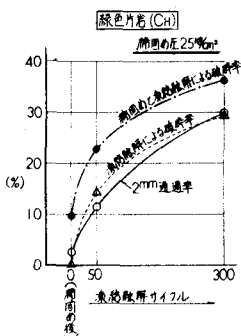


図-5 サイクル数と破砕率・ 2mm 通過率

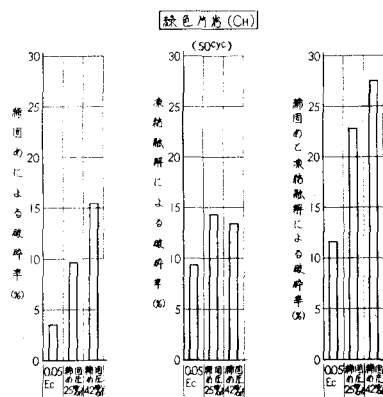


図-6 締固め圧の違いによる破砕率

5.2 均一粒度による凍結融解試験結果

図-7は、均一粒度(緑色片岩・CH)による50サイクル凍結融解試験後の粒径加積曲線である。左図と、右図の内篩固め後(篩固め圧25% σ_{pi})とを比較することによって、粒子の破碎のしかたが、凍結融解によるものと篩固めによるものとは、かなり異なっていることが確かめられる。つまり、前者では、その粒径範囲のうち下位の粒径のフルイ通過率が、均一粒度の粒径が小さくなるにつれて増加しているが、後者では逆の傾向がみられる。さらに、同粒径の均一粒度と比較すれば、その通過率は、後者がはるかに大きな値を示すが、2mm通過率では、同様な値であるが、むしろ前者が大きな値を示している。このことは、粒子破碎のしかたが、凍結融解では粒子の表面ハワ離に起因し、篩固めでは粒子割裂によるものと考えられる。図-8は、篩固めおよび凍結融解試験後の各粒径区別の残留率を表わしたもので、破碎した粒子は、篩固めでは、どの粒径区別でも比較的多くの残留率を示し、凍結融解(篩固めなし)では、すぐ下位の粒径区別と2mm以下に多く分布し、その中間にはあまり分布していない。つまり、篩固めによる粒子割裂と凍結融解による粒子の表面ハワ離とをよく表現した図であるといえる。5.1および5.2をまとめると、つぎのことがいえる。

1) 軟質なロック材料ほど、凍結融解作用による劣化が著しい。2) ロック材粒子は、凍結融解の繰返し回数を増やしても、なお破碎を続ける。3) ロック材粒子の破碎のしかたは、篩固めでは割裂し、凍結融解では表面ハワ離が主である。

6. おわりに

本文は、ロック材料の劣化現象をとらえる一方法として凍結融解試験を行ない、それによる粒子の破碎について述べたが、現在、凍結融解後の三軸圧縮試験を実施して、その強度特性・変形特性の検討を行っており、また、他の項目についての定量的な試験も追加する予定であり、その結果はあらためて発表するつもりである。

(参考文献)

- 1) 赤司他、フィルダム用ロック材料の凍結融解試験について；土木学会西部支部 研究発表会論文集（昭和48年度）
- 2) 電力中央研究所地質部；電研式岩盤等級分類基準の再検討とその集約
- 3) Marsal, R. J. "Large Scale Testing of Rockfill Materials" Proc. ASCE, SM2, 1967

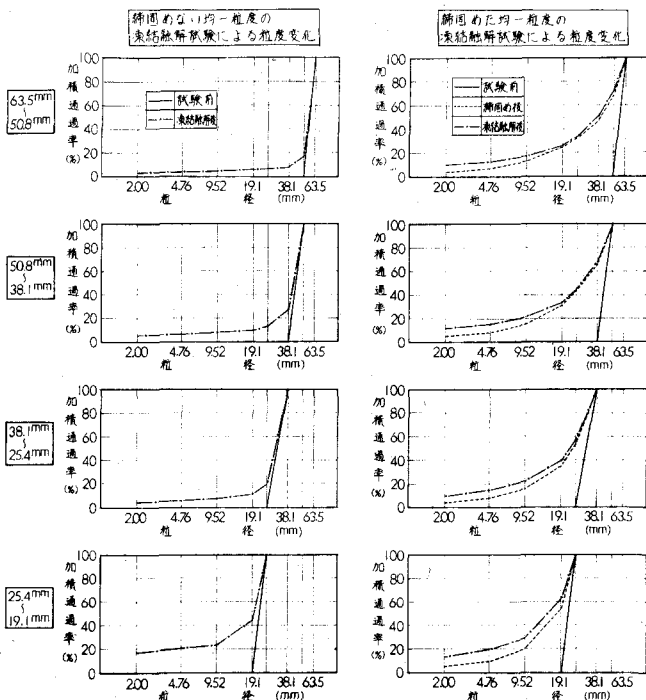


図-7 均一粒度による篩固め後および凍結融解後の粒径加積曲線

