

九州電力(株)総合研究所

正会員 赤司六哉

“ “

正会員 高田 真

面日本技術開発(株)

正会員 ○相場 明

1. まえがき

フィルダム用ロック材のせん断強度特性を室内試験で得ようとする場合、その使用最大粒径は、試験機の規模によって制限され、現場の工学的諸特性を十分表現しているとはいえない。現場の大粒径との対応を室内で得る一つの方法として、異なる粒度・粒径を用いて試験を行ない、そのせん断強度特性に及ぼす影響を解明することが考えられることから、九州電力(株)では、粒度・粒径を変化させて各種せん断試験を実施し、結果の検討を行っている。本報告は、主に三軸圧縮試験結果を用いて、せん断強度における粒度効果について検討したものである。

2. 使用した材料および粒度

試験に使用した材料は、玄武岩、緑色片岩および黒色片岩であり、電力中央研究所の岩盤分級基準によれば、玄武岩はB級、緑色片岩はCH級、黒色片岩はCM級にそれぞれ分級できる。各材料の比重および吸水量を表-1に示す。

また試験粒度は、基本粒度($d_{max} 63.5\text{mm}$, $d_{min} 4.76\text{mm}$)を標準として、その最大粒径を変えた相似粒度(以下相似粒度とよぶ)と数種の比較的均一な粒径(以下均一粒度とよぶ)を用いている。粒度曲線を図-1に示す。

3. 三軸圧縮試験の方法

三軸圧縮試験は、供試体直径30cm、高さ70cmの大型試験と供試体直径10cm、高さ25cmの小型試験を実施した。供試体は気乾状態の材料を締固めて作成し、試験条件を圧路排気(C.D. Test)としている。側圧は、0.5, 2.0および6.0 kg/cm^2 を標準とし、せん断速度は0.5%/minとした。なお小型試験の使用最大粒径は、19.1mmとしている。

4. 試験結果およびその考察

図-2は、小型試験による $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon$ 、 $\sigma_1/\sigma_3 \sim \epsilon$ を、ほぼ同一初期間ゲキ比の相似粒度で比較したものである。玄武岩(B級)および緑色片岩(CH級)では、どの粒径でも同様な曲線を描くが、黒色片岩(CM級)では $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon$ において、小粒径になるにしたがって、その曲線の立上りはシャープで、しかもピークが明確に現われ、また、 $\sigma_1/\sigma_3 \sim \epsilon$ においても、粒径によって異なった曲線を描いている。この両者の傾向の違いは、図-3

表-1 各材料の比重および吸水量

材料	粒度範囲 (mm)	玄武岩(B級)		緑色片岩(CH級)		黒色片岩(CM級)	
		比重	吸水量 (%)	比重	吸水量 (%)	比重	吸水量 (%)
照収 粒度	101.6~793	—	—	2.84	2.89	0.9	—
	63.5~4.76	2.75	2.84	1.8	2.82	2.88	1.2
	38.1~2.83	2.75	2.85	2.1	2.79	2.87	1.7
	19.1~1.41	2.74	2.86	2.4	2.75	2.86	2.4
均一 粒度	9.52~0.71	2.74	2.86	2.6	2.70	2.85	3.3
	4.76~0.35	2.73	2.86	2.6	2.67	2.84	3.7
						2.49	2.75

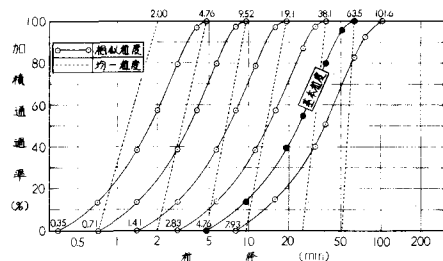
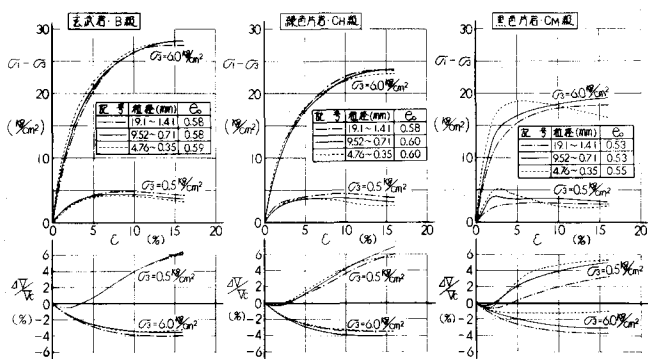


図-1 試験に用いた粒度

図-2 小型試験による $(\sigma_1 - \sigma_3) \sim \epsilon$, $\sigma_1/\sigma_3 \sim \epsilon$ (相似粒度)

でよくわかる。図-3は、初期間ゲキ比 $e_0 = 0.6$ における、主応力比 $(\sigma/\sigma)_f \sim$ 相似粒度の最大粒径 d_{max} 、および圧縮ひずみ1%の終線変形係数 $E_{1.0} \sim d_{max}$ の関係を示したもので、玄武岩および緑色片岩では、その関係において明確な傾向を認めることはできないが、黒色片岩では、小粒径のものは $(\sigma/\sigma)_f$ 、 $E_{1.0}$ は増大する。また、相似粒度を用いた大型試験は、玄武岩、緑色片岩で実施したが、小型試験と同様に明確な傾向をとうえることができなかった。(図-4に大型試験による $(\sigma/\sigma)_f \sim d_{max}$ 、 $E_{1.0} \sim d_{max}$ を示す)

一般に、粗粒材料では、同一間ゲキ比であっても、小粒径になるにしたがい、相対密度は大きくなることから、セン断強度は、同一間ゲキ比の場合、小粒径のものは大きくなると考えられている。黒色片岩の試験結果は、この考え方で十分説明がつくが、玄武岩および緑色片岩には適用できない。そこで、間ゲキ比の取扱について考えてみる。本論文の間ゲキ比の算定は、 $e = \text{飽和比重} / \text{乾燥密度} - 1$ で行なってきたが、この方法による e は、粒子間の空ゲキと粒子内の空ゲキとをトータルした表現となる。実際にセン断強度に影響を与えるのは、粒子間のみの空ゲキを対象とした間ゲキ比であると考えられるので、上記の方法による算出では問題があろう。粒子間のみの空ゲキを対象とした間ゲキ比は、 $e = \text{飽和比重} / \text{表観密度} - 1$ で求められ(かりに、この方法で求めた間ゲキ比を e' としておく)、この間ゲキ比 e' で整理をすれば、

図-5のようになる。図-5は、小型試験の相似粒度による $e' = 0.5$ における $(\sigma/\sigma)_f \sim d_{max}$ と $E_{1.0} \sim d_{max}$ であり、玄武岩、緑色片岩と同様に黒色片岩でも粒径による強度の差は小さくなって

いる。すなわち、セン断強度を間ゲキ比で整理する際には e' を用いたほうが現場への対応において、有利な判定資料になるということができよう。

均一粒度による試験は、大型試験、小型試験ともに、玄武岩を用いて行なった。図-6に、小型試験による $(\sigma/\sigma)_f \sim d_{max}$ を示すが、 e_0 、 e_0' のどちらで整理を行なっても明確な傾向をとうえることができなかった。これは大型試験結果においても同様であった。参考資料として図-7に供試体直径60cmセン断高さ32cmの単軸セン断試験による玄武岩の相似粒度を用いた $e \sim d_{max}$ を示しておく。

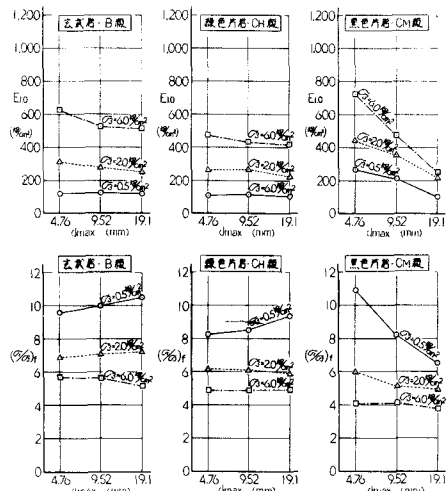


図-3 $e_0 = 0.6$ における $(\sigma/\sigma)_f \sim d_{max}$ 、 $E_{1.0} \sim d_{max}$ (小型試験・相似粒度)

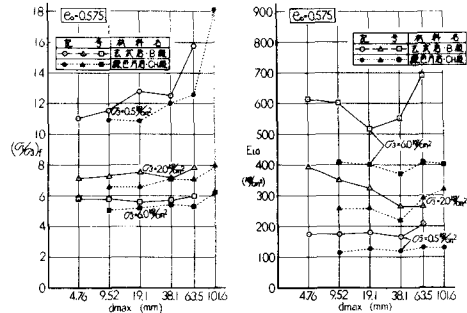


図-4 大型試験・相似粒度による $(\sigma/\sigma)_f \sim d_{max}$ 、 $E_{1.0} \sim d_{max}$

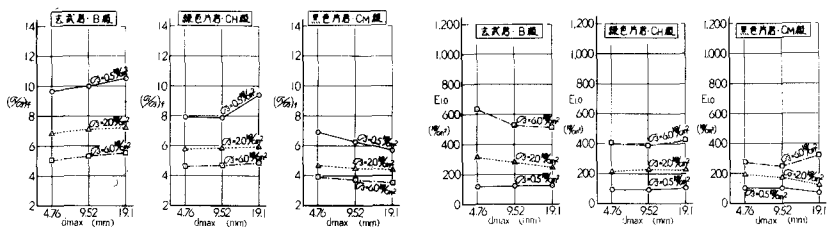


図-5 $e' = 0.5$ における $(\sigma/\sigma)_f \sim d_{max}$ 、 $E_{1.0} \sim d_{max}$ (小型試験・相似粒度)

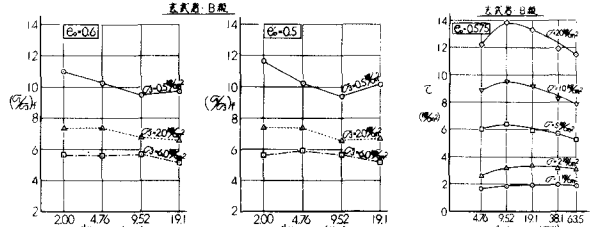


図-6 小型試験・均一粒度による $(\sigma/\sigma)_f \sim d_{max}$

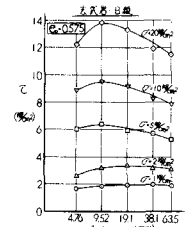


図-7 単軸セン断試験による $e \sim d_{max}$ (相似粒度)