202－10　　ロック材料の相対密度について（第3報）

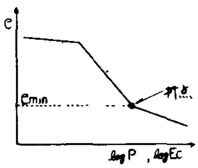
九州電力(株)総合研究所　正員　赤司六哉　高田 真
九州大学　工学部　正員　平田登基男
西日本技術開発(株)　正員　○相場 明

1. まえがき

砂，フィルダム用ロック材料などの粗粒材料では、せん断特性に影響を及ぼす要因の一つとして相対密度をあげることができる。粒子破砕量の少ない砂の場合は、最小間隙比（e_{min}）は振動締固めによって求められ、相対密度の算出は比較的容易であるが、ロック材料のような破砕性粗粒材料においては、粒子破砕を考慮に入れた相対密度を用いるのが望ましいということができる。そこで筆者らは、緑色片岩（CH級）と玄武岩（B級）の相似粒度を用いて、静的締固めあるいは動的（衝撃荷重による）締固めによってe_{min}を求め、そのe_{min}を用いた相対密度を定義した。[1] さらに、三軸圧縮試験データを相対密度で検討した結果、せん断特性をよく表わすことが判った。[2] 今回は、単純せん断試験，一面せん断試験でも検討を行なったので、その結果を報告する。

2 最小間隙比e_{min}と最大間隙比e_{max}

材料，粒度あるいは締固め方法の違いにかかわらず、図－1に示すような折点が現われる。この折点における間隙比をe_{min}と定義した。また、e_{max}は、締固め容器内に材料を静かに流し込んだ状態での間隙比とした。なお、e_{min}の求まる折点の締固め荷重は、静的締固めでは、緑色片岩が$P = 160 kg/cm^2$，玄武岩が$P = 200 kg/cm^2$であり、動的締固めでは、緑色片岩が$16 Ec$（$1 Ec = 5.625 kg \cdot cm/cm^3$），玄武岩が$32 Ec$である。表－1に、各材料，粒度の$e_{max}$および$e_{min}$の値を示す。



図－1　e_{min}の定義

表－1 各材料,粒度のe_{max}およびe_{min}

材料名	粒度 (mm)	e_{max}	e_{min} 静的締固めの	e_{min} 動的締固めの
玄武岩 (B級)	635～476	0957	0339	0321
	38.1～283	0928	0357	0340
	191～141	0960	0382	0365
	952～071	1046	0407	0390
	4.76～035	1182	0432	0415
緑色片岩 (CH級)	635～476	0.891	0310	0296
	381～283	0837	0319	0305
	191～141	0836	0330	0316
	952～071	0900	0341	0327
	476～035	1012	0352	0338

3. 相対密度によるせん断試験結果の整理

前回の報告では、三軸圧縮試験のデータを用いて、変形係数，破壊強度を相対密度D_Rと初期間隙比e_0によって検討したが、とくに変形係数において、D_Rによる整理では粒度，材料の違いによる値の差は極めて小さく、筆者らの定義した相対密度の有用性を確かめることができた。今回は、単純せん断試験，一面せん断試験の変形および強度特性を粒度，材料比較のかたちで、前回と同様に、D_R，e_0によって検討した。

3.1 粒度比較

図－2は、大型単純せん断試験（供試体直径$D=60cm$）の、せん断ひずみ0.02ラジアンにおけるせん断弾性係数$G_{0.02}$とe_0，D_Rの関係である（材料は玄武岩）。e_0による整理では、粒度による値の差は極めて大きいが、D_Rによる整理では、その差は小さく、一つの直線で結ぶことができそうである。図－3は、図－2と同一の試験，材料における、せん断ひずみ0.25ラジアンのせん断応力τとe_0，D_Rの関係であるが、ここでもD_Rによる整理の方が、粒度による値の差は小さくなってい

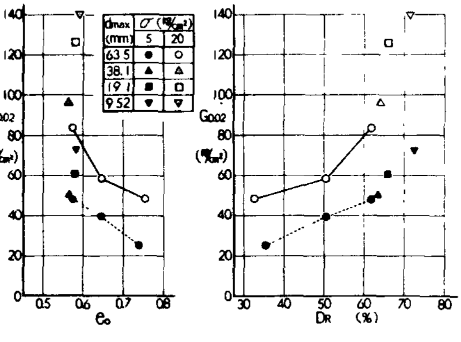


図-2 $G_{0.02}$ ～ e_0, D_R (大型単純せん断試験, 玄武岩)

る。また、ダイレイタンシーと相対密度とは密接な関係にあると予想できる。そこで、せん断ひずみ0.1ラジアンにおける高さ変化量ΔHとe_0, D_Rの関係をプロットしてみた（図－４）。ここでも、上に述べたことと全く同様の結果を得ることができた。

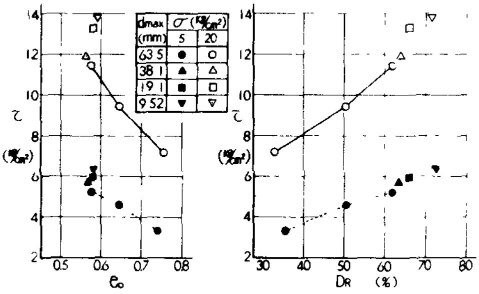
3.2 材料比較

図－５は 小型単純せん断試験（$D = 10^{cm}$）の$G_{0.05}$とe_0, D_Rの関係である（$d = 9.52 \sim 0.71^{mm}$の粒度）が、D_Rでは両材料の値の差は極めて小さい。つぎに、破壊強度の検討を行なう。図－６は、小型一面せん断試験（$D = 10^{cm}$）の破壊時のせん断応力τ_fとe_0, D_Rの関係を示した図である（$d = 4.76 \sim 0.35^{mm}$の粒度）。ここでも、D_Rによる整理の方が両材料の値の差は小さくなっているが、玄武岩がややτ_fは大きくなっている。前回の三軸圧縮試験の報告でも同様の結果であり、強度に関しては、材質の影響も大きいということができよう。また、図－７に水平変位5^{mm}における高さ変化率$\Delta H/H_c$とe_0, D_Rの関係を示す（小型一面せん断試験）。D_Rによる整理では両材料による差はほぼ認められず、ダイレイタンシーと相対密度の関係を理解することができる。

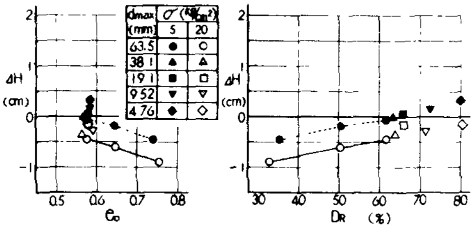
以上の結果から、つぎのことがいえる。

(i) 材料，粒度が異なっても、それぞれの相対密度を把握することができれば、変形特性の解明は比較的容易である。

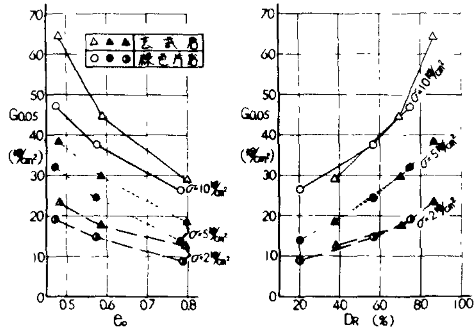
(ii) 強度特性に関しては、相対密度の影響ももちろん大きいが、材質など他の影響因子とともに、検討する必要がある。



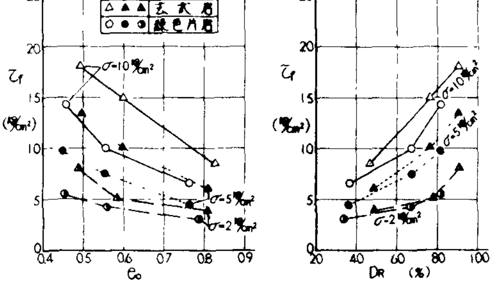
図－３ せん断ひずみ0.25ラジアンの$\tau \sim e_0$, D_R（大型単純せん断，玄武岩）



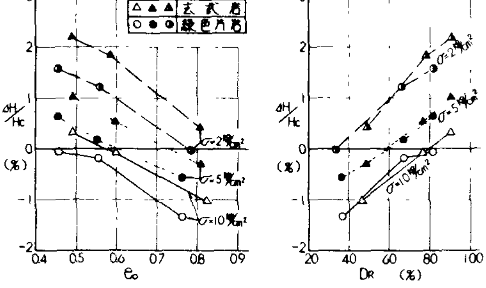
図－４ せん断ひずみ0.1ラジアンの$\Delta H \sim e_0$, D_R（大型単純せん断，玄武岩）



図－５ $G_{0.05} \sim e_0$, D_R（小型単純せん断，$d = 9.52 \sim 0.71^{mm}$）



図－６ $\tau_f \sim e_0$, D_R（小型一面せん断，$d = 4.76 \sim 0.35^{mm}$）



図－７ 水平変位5^{mm}の高さ変化率$\Delta H/H_c \sim e_0$, D_R（小型一面せん断，$d = 4.76 \sim 0.35^{mm}$）

（参考文献）

1) 赤司ほか：「ロック材料の相対密度について（第１報）」，昭和53年度土木学会西部支部研究発表会（1979）

2) 赤司ほか：「ロック材料の相対密度について（第２報）」，第14回土質工学研究発表会（1979）