

苫小牧工業高専 正員 池浦 勲

1. まえがき

粒状土のせん断挙動に及ぼす粒子破碎の影響に関しては北郷¹⁾や三浦²⁾らによつて研究され、表面積変化で表示した粒子破碎量が供試体に加えらるる全エネルギーやせん断強度と密接な関連を有することが示されている。今回それらにならつて火山灰の三軸圧縮試験を行ない、Rowe の応力～ダイレタンシー理論によつてマサツヤダイレタンシーに消費される成分を除いたエネルギーに着目して若干の考察を加えたのでここに報告する。

2. 実験方法

試料は苫小牧市内で採取した原試料を表-1 に示す粒径に水中でフルイ分け気乾させたものである。比重が一般の火山灰より大きな値を示すのは、火山灰中に存在する黒色の鉱物のためと思われる。試験は側圧一定の排気三軸試験であり、供試体はモールド外縁と軽打して締固めた。試験終了後(軸ヒズミ $\varepsilon_1 = 15\%$)に供試体全量をロータツプふるい振とう器で5分間振とうさせたときの所定フルイ目の通過量と、同様に締固めて側圧を加えただけの場合の通過量を求めた。

粒 径 (mm)	本報での 仮称	比重 G_s
0.42~0.84	細粒土	2.96
0.84~2	中粒土	2.87
2~4.76	粗粒土	2.43

表-1 試料

3. 実験結果と考察

(1) 応力とダイレタンシー： 図-1 は $\sigma_3 = 1 \text{ kg/cm}^2$ の場合の主応力比 σ_1/σ_3 とダイレタンシー比 D.I. $= -d\varepsilon_r/d\varepsilon_1$ (ε_r , ε_1 : 体積ヒズミ, 軸ヒズミ) の関係を示す。図示していない他の σ_3 ($0.5 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$) においても Rowe の式を平行移動した型の次式が得られた。 $\sigma_1/\sigma_3 = (1 + \text{D.I.} + C) \tan^2(45^\circ + \phi_\mu/2)$, $\phi_\mu = 30^\circ \sim 40^\circ$ ①
ここで定数 C は細～中～粗粒土の順に、また σ_3 が大きくなるにつれて大きな値となった。

(2) 破碎エネルギー： 三軸応力下で $d\varepsilon_1$, $d\varepsilon_r$ 変形する間の供試体のエネルギー変化は次式で示される。

$$dE = (\sigma_1 - \sigma_3)d\varepsilon_1 + \sigma_3 d\varepsilon_r \quad \text{--- ②}$$

dE が粒に向マサツヤダイレタンシーに消費される dE_f と再配列や破碎に使われる dE_c とから成り、前者が Rowe の式で尽きれるとするとヒズミ ε_1 , ε_r までの供試体の単位体積当りの仕事は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} E &= \int (\sigma_1 - \sigma_3) d\varepsilon_1 + \sigma_3 \int d\varepsilon_r \\ E_c &= \int (dE - dE_f) = \left\{ \int \left(\frac{\sigma_1}{\tan^2(45^\circ + \frac{\phi_\mu}{2})} - \sigma_3 \right) d\varepsilon_1 + \sigma_3 \int d\varepsilon_r \right\} \quad \text{③} \\ E_f/E &= \left\{ P / \tan^2(45^\circ + \frac{\phi_\mu}{2}) - 1 \right\} / (P - 1) \\ P &= \int (\sigma_1/\sigma_3) d\varepsilon_1 / \int (1 + \text{D.I.}) d\varepsilon_1 \end{aligned}$$

再配列効果を見捨て E_c を破碎エネルギーとみなすと E_c/E は破碎効果の相対的な大きさを表わしその増減は σ_1/σ_3 , $1/(1 + \text{D.I.})$ の増減に一致する。図-2 に試験後の E_c/E と破壊時の $(\sigma_1/\sigma_3)/(1 + \text{D.I.})$ の関係を示す。

(3) 破碎エネルギーと破碎量： 粒子破碎量の表示は比表

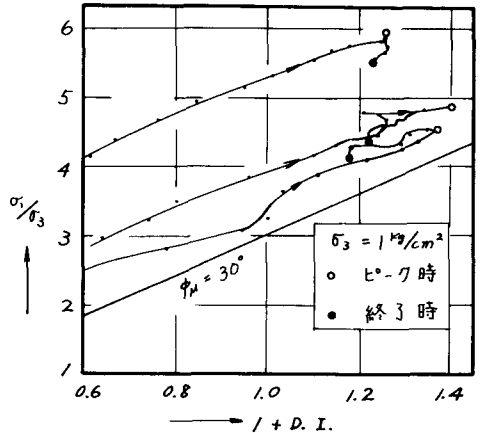


図-1

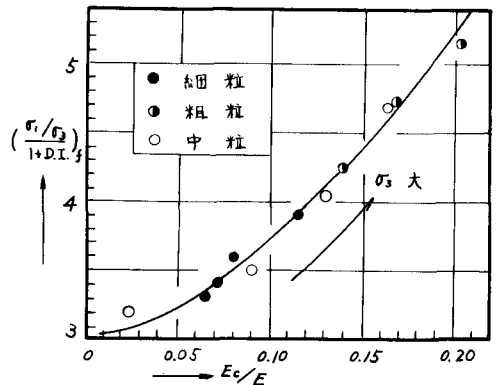


図-2

面積 S の変化を基本にした。 S は形状係数を一定、破碎後の最小粒径を 74μ として計算で求めた。破碎法則 $dE = -C \frac{dD}{D^n}$ (dE : 破碎エネルギー, D : 粒径) のなかで, $n=2$ とする Rittinger 則は S と E が比例することを, $n=1$ とする Kick 則は破碎前後の比表面積の比の対数と E が比例することを示す。今回の実験では E_c と $\log S/S_0$ (S_0, S : 破碎前後の S) は E_c が小さい ($\sigma_3 \leq 3 \text{ kg/cm}^2$) 間は比例した。これに対し E_c と $(S-S_0)$ の関係は E_c の極く小さい部分でも緩やかな曲線となっており, 破碎量をエネルギーの大小で捉えるには $\log S/S_0$ を破碎量とみるほうが好都合と考えられる。図-3 には E_c/E (破碎効果と仮称する) と破碎量の関係を示した。

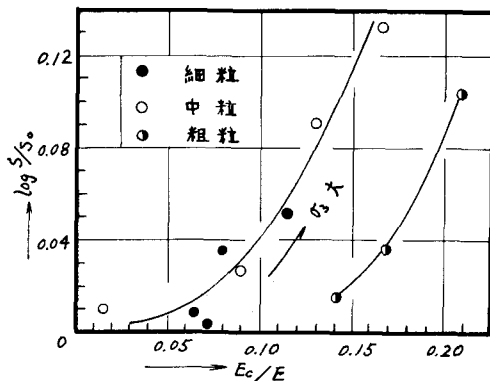


図-3

(4) 破碎量とダイレタンシー: 粒子破碎は間ガキを埋めるように生じ, ダイレタンシーを小さくする結果となろう。このことは図-4 の試験後の破碎量と破壊時の $D.I.$ の関係に示される。

(5) 破碎とせん断強度: 図-5 に $(\sigma_1/\sigma_3)_f$ と試験後の $\log S/S_0$ の関係を示す。図-2 から図-5 までを合せることによって破碎が強度に及ぼす影響について次のようにまとめた。

- σ_3 の増大につれて $(\sigma_1/\sigma_3)_f$ は著しく減少する (図-5) がこれは σ_3 の増大による破碎効果の増大 (図-3) 以上にダイレタンシー効果の減少 (図-4) による影響が大きいためである。 $(\sigma_1/\sigma_3)_f / (1 + D.I.)$ は σ_3 の増大につれて増加する。
- 粗粒土ほど大きな強度を示す (図-5) のは, 粗粒土の破碎効果が他より大きく (図-3), 破碎によるダイレタンシー減少の影響を上廻るためと解される。

4. まとめ

今回は各ヒズミでの破碎量のデータが十分とれなかったために, 破壊時から試験終了に至るまでの破碎性状の変化を捉えることが出来ず, 破壊応力と試験後の破碎量を定性的に結びつけるに止まった。また, E には可逆的エネルギー変換されているはずであるが今回は無視している。今後補充実験, 考察を加えていきたい。終りにこの試験に關して, 本校卒業生沼田辰巳君の協力を得たことを記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 北郷繁, 神谷光彦ほか; 火山灰土のせん断特性におよぼす粒子破碎の影響, 土質工学会連支部技術報告資料 No. 16, 1976
- 2) 三浦哲哉, 山内豊聡; 砂のせん断特性に及ぼす粒子破碎の影響, 土木学会論文集 266号, 1977
- 3) Lee, K.L. and Seed, H.B.; Drained Strength Characteristics of Sand, Proc. ASCE, Vol. 93, SM6, 1967
- 4) 井伊谷鋼一編; 粉体工学ハンドブック, 朝倉書店, 1967

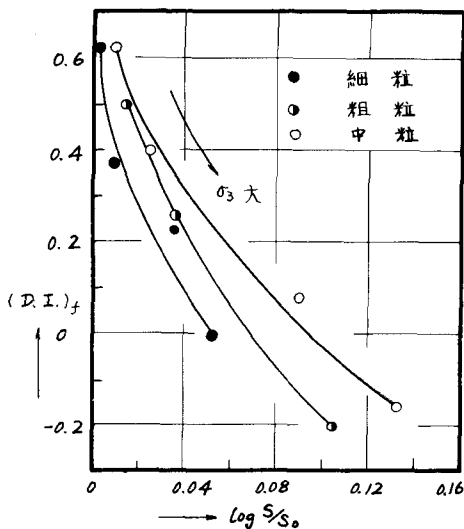


図-4

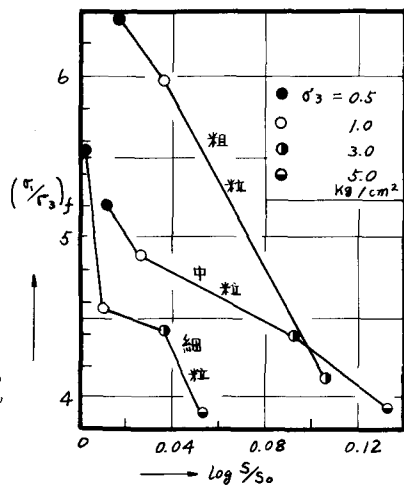


図-5