

はじめに

砂やレキなど粒状体の応力・歪関係を定める研究が精力的に行なわれている。筆者はその関係そのものを扱うのではなく、破壊に至るまでの全ヒズミ量が示す性質について、従来の実験データを基に考察を進めている。その際、 $\gamma_f = (\epsilon_1 - \epsilon_3)_f$ と $\kappa_f = (\epsilon_1 + \epsilon_3)_f$ なる2このヒズミ量が、通常の三軸圧縮テスト ($\sigma_2 = \sigma_3$) の整理にとって大切であると考えている。さて、 $\gamma_f \cdot \kappa_f$ のそれぞれは良く知られているように、供試体の初期密度や拘束圧の大小によって異なる値をとる。一般に密度の小さい程、そして拘束圧の大きい程、破壊時の $\gamma_f \cdot \kappa_f$ 値は大きくなる。今回は、この問題について多少調べて得た結果を報告し、考察を加えてみた。採用させて頂いたデータは前回のそれと同じである。¹⁾

破壊時の主ヒズミ差 γ_f

図-1は、 γ_f と破壊時の平均主応力 $p_f = (\sigma_1 + 2\sigma_3)_f / 3$ の関係を示したもので、 γ_f 、 p_f ともに対数表示してある。低拘束圧のデータとして、龍岡と DUNCAN²⁾ らのものを、高拘束圧に対するものとして馬場崎³⁾ らのデータを送んだ。中間に LEE⁵⁾ らのものを送んだ。多少のバラツキはあるが、 p_f の大きくない範囲で $\log \gamma_f$ と $\log p_f$ がほぼ直線関係にあると見て良い。すなわち、この範囲で γ_f は p_f^n に比例すると見て大過ないようである。ところが、ある値以上の p_f に対しては γ_f は一定値に収束し、密度による差があらわれなくなる。密度による γ_f の差は、ある p_f の値以下の範囲で生じ、ゆるい砂ほど大きな γ_f を示す。

破壊時の主ヒズミ和 κ_f

全く同様の整理を κ_f に対して行なったものが図-2に示されている。図-1と同じ傾向を示していることが知れる。それは、先に報告した¹⁾ γ_f と κ_f の間に直線相関が存在するというものの根拠ともなっている。さて、 $\gamma_f \sim p_f$ と同様に、ある p_f 値以上で κ_f は密度に無関係な一定値に収束している。これは高拘束圧の下では初期密度の差や構造の差が消失してしまっていることを示すのだろう。また、当然のことながら、密度の小さい砂は大きな κ_f 値を示している。しかし、その砂の種類による差は、密結めの砂よりも小さいことが伺える。

さて、 κ_f は一種のせん断時の圧縮量の大小を示すと考えられる。 κ_f 、 γ_f 共に p_f に対して同様の傾向を示しているので、同一の破壊時せん断ヒズミ γ_f に対して、破壊時の κ_f がどの程度になっているかを表わす量 $M_f = \kappa_f / \gamma_f$ を定義すると、 M_f はせん断破壊時の圧縮量を示すインデックスとなる。

$M_f = \kappa_f / \gamma_f$ について

図-3は M_f と p_f との関係を示す対数プロットしたものである。図-1、図-2に比して、バラツキの程度が小さくなっている。傾向は $\kappa_f \sim p_f$ のそれに相似している。当然ゆるい砂の M_f は大きい、ここで注目したいのは、 p_f の増加

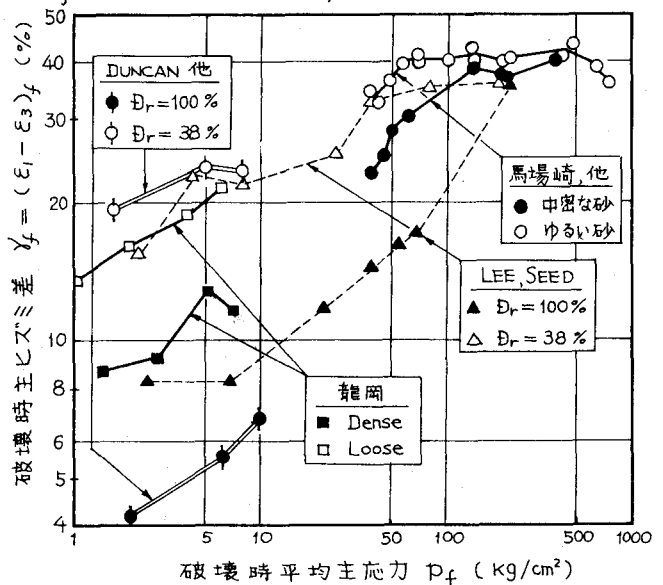


図-1 破壊時の $\gamma_f \sim p_f$ 関係

に対する M_f の増加率である。龍岡の密詰砂の M_f の増加率は極めて大きく、DUNCAN のデータに示されるそれは小さい。これは、拘束圧の増大によって、セリ断破壊時の圧縮量がどの程度増加するかの相異を表わし、粒子破碎の難易と密接な関係をも有するものと考えられる。おそらく、粒子破碎の難な粒状体ほど p_f に伴う M_f の変化が小さいであろう。

図-3 の教えるところは、ある p_f 値以下では

$$M_f = \frac{K_f}{\gamma_f} = A(p_f)^m$$

が成り立つということである。A は密度に関係し、 m は密度と粒子破碎の難易に関係すると考えて良いだろう。上式は、破壊時のヒズミ関係と、破壊時の拘束圧との関係を表現している。 $m=0$ は $M_f = A$ (定数) を示し、粒子破碎のない剛体粒子で構成された粒状体の破壊時関係を示すものと考えられる。

ところで、Rowe の stress-dilatancy 式 $\sigma_1/\sigma_3 = -2K d\varepsilon_3/d\varepsilon_1$ を $d\gamma, dK$ に変換し、 $\Gamma = \gamma/\gamma_f$ として γ を正規化してやると

$$M_f = \int_0^1 \frac{K}{K + \sigma_1/\sigma_3} d\Gamma - 1$$

が得られる。 M_f は単なる便宜的な量ではなく、或る程度の物理的根拠をもっていることが知れよう。

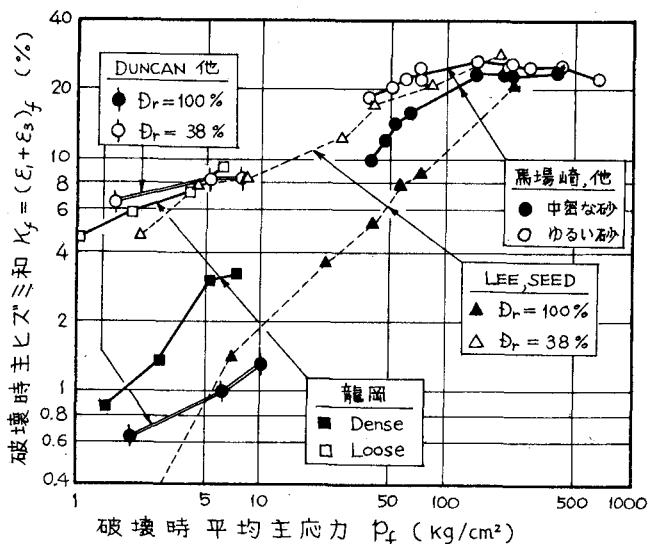


図-2 破壊時の $K_f \sim p_f$ 関係

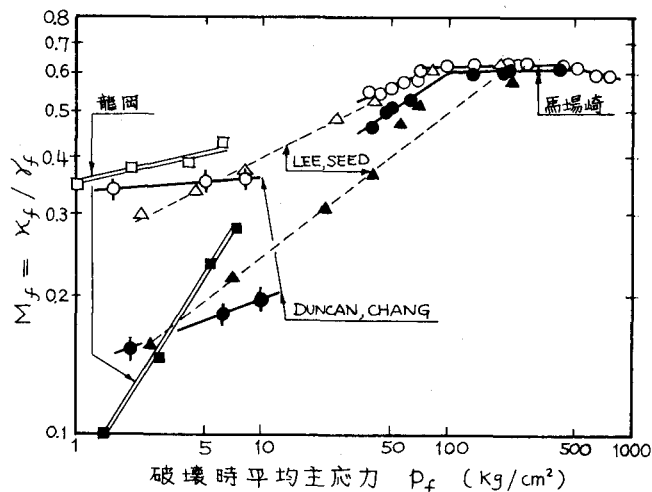


図-3 $M_f \sim p_f$ 関係図

おわりに 多くのデータを整理してみると、 γ_f 、 K_f の夫々を別個に扱うよりも、 M_f を扱う方がデータのバラツキははるかに小さいようである。セリ断に関するヒズミ γ_f と圧縮に関するヒズミ K_f が相互に関連していることの証左であろう。両者を統一して扱うことが大切に見える。このことは、先に報告した $K_f - \gamma_f$ の直線相関の存在からも言えることである。常日頃ご指導を頂き、気軽に discussion に応じて下さる最上教授ならびに意見交換をして下さる土研の龍岡氏、電力中研の徳江氏に感謝致します。

- 1) 最上・今井 「三軸圧縮試験における砂の破壊時ヒズミ関係」(1975) 第10回土質工学研究発表会
- 2) 龍岡 「三軸セリ断装置による砂の変形特性の基礎的研究」(1972) 博士論文
- 3) 馬場崎・大木・鈴木 「高圧下における土の性質に関する研究」(1973) 第8回土質工学研究発表会
- 4) DUNCAN・CHANG "Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soils" (1970) ASCE, SM5, Sept.
- 5) LEE・SEED "Drained Strength Characteristic of Sands" (1967) ASCE, SM6, Nov.