

(5) 粒状体の粒子形状の解析について

東北大学工学部 正 員 佐武正雄
東北大学工学部 正 員 岸野石規
東北大学工学部 学生員 宮島保樹

1. まえがき

粒状体の力学的性質を調べる上で、粒状体を構成する個々の粒子の形状の特性を把握することは重要であると考えられる。従来、このような観点から粒子形状の定量的表現方法に関する提案がいくつかなされてきたが、これらの表現方法と粒状体の力学的性質との関連は必ずしも明確ではないように思われる。著者らは種々異なる粒子モデルについて、画像読取装置およびコンピュータによるデータ処理を介して粒子形状の表現方法の検討を行ない、また一面せん断試験により、新たに提案した粒状体の定量的表現方法と力学的性質との関係について考察したので、その結果について述べる。

2. 解析方法

i) 読取り 画像読取装置(オプティカルライザー PPA-250型)を用いて2次元粒子モデル形状のデータ(縦10mm、横0.8mmおきに濃度値をデジタル化したもの)を読み、そのデータをもとに粒子の重心および図-1に示すような粒子の周辺上の点(n コとする)の座標値を求め、先ず以下に記す量の計算を行った。

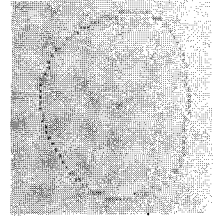


図-1 粒子の周辺上の点

r_i : 重心Gから粒子周辺上の点までの距離($i=1, \dots, n$)

A : 粒子の面積

r_a : 平均径 (r_i の平均値)

d_{max} : 粒子の最大径

L : 粒子の周長

d_{min} : 粒子の最小径

ii) 形状パラメータの計算 上に求めた量より下に記した5種類のパラメーター(C_k , S_k は著者の提案)の比較検討を行なうこととした。

$$C_k = (a_k^2 + b_k^2) / a_0^2 \quad (\text{ただし } k=1, 2, 3, \dots, a_k, b_k \text{ はフーリエ係数}^*)$$

$$S_k = \left\{ \sum_{k=2}^K \left[\sum_{i=1}^n (|r_a - r_i|)^k / n \right]^{1/k} \right\} / K \quad (\text{特に } S_2 \text{ は粒子径の平均径の標準偏差に相当})$$

$$\alpha = d_{max} / d_{min} \quad (\text{細長比})$$

$$\beta = r_a / (L / 2\pi) \quad (\text{平均径} \cdot \text{周長相当径比}^{\text{3)})}$$

$$\gamma = A / (\pi d_{max}^2 / 4) \quad (\text{面積} \cdot \text{外接円面積比})$$

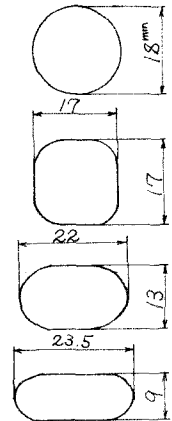


図-2 2次元粒子モデル

* 重心Gを原点とする極座標(r, θ)において、 $r=r_i(\theta)$ は周期 2π の関数であり、このフーリエ解析より a_k, b_k が求まる。²⁾

3. 実験

図-2に示すような2次元粒状体の粒子モデル4種(いずれも塩化ビニル管を整形し、補強材として中に石こうをつめたもの)を対象とし、図-3に示すようなせん断試験装置(一边の長さが400mmの正方形で、材質はすべて塩化ビニル)により試験を行なった。実験は粒子配合11種、拘束圧(P)2種の合計22通り行ない、一つの場合につき10回ずつ繰り返して、せん断強度を求めた。なお、せん断強度としては試験装置の可動荷役板が4mm変位し

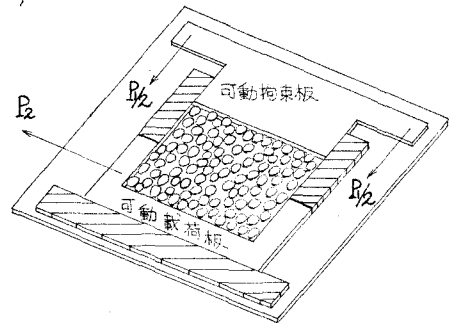


図-3 一面せん断試験装置

たときの荷重強度 (B_2) を採用し、10回の試験結果のうち、上下1コづつ、あるいは著しく間がキ地の異なるものを取り除き、残りのコの平均とその配合のせん断強度として採用した。

4. 結果及び考察

求めた5つの形状のパラメーターのうち、先ず C_k により粒子群をいくつかのグループに分け、次に各グループ内での分類を他のパラメーターで行なうこととした。図-4は形状解析を行なった粒子の内代表的な5つの粒子について C_k の値を示した。同図に示すように C_k の最大値を与える k の値と最大値により5グループに分類した。図-5はAグループに属する12コの粒子について、 S_{10} 、 α 、 β 、 γ の値を示したものである。この図からわかるように、 C_k の値により分類すれば後の三者の値を加味した分類を行なうことができるものと考えられる。また S_{10} は粒子の双味や回転しやすさをよく表現しているパラメーターと考えられるので、各グループ内での分類にはこれをを用いることとすれば、上述の C_k と併せて個々の粒子をかなり細かく分類できると考えられる。

次に粒状体全体の定量的表現を行なう試みとして、粒状体を構成する粒子の S_{10} と加え合せ、その総面積で割った値 (Σ) を求めた。 Σ とせん断強度との関係を示したのが図-6である。同図から解かるように、 Σ とせん断強度との間にはかなりの相関が認められ、粒状体の定量的表現として Σ がかなり有効であると考えられる。

5. あとがき

本文では2つの粒子形状のパラメーター C_k 、 S_{10} により個々の粒子形状が良好に分類されることを示した。また粒状体の定量的表現方法について提案し、それと粒状体のせん断強度との関連について調べた。粒状体の定量的表現方法としては、他にも種々考えられるが、特に4で述べた C_k の影響を考慮に入れることも必要と思われる。今後、更にこれらの表現方法と粒状体の多様な力学的性質との関連について研究を進めたいと考えている。

なお、この研究は昭和50年度文部省科学研究費(試験研究(2)、課題番号085022)の補助を受けたものであることを付記する。

参考文献 1) 最上武雄, 土質力学, p. 896~904, 1969

2) 佐武正雄, 田畑久賢, 菊地定, 粒状体の形状測定とせん断強度との関係, 第28回土木学会年次学術講演会講演概要集第3部, p. 88~90, 1973

3) 橋本淳一郎, 神保元二, 和出良一, 粒状体の形状特性に関する研究, 材料 第24巻, 第262号, p. 38~42, 1975

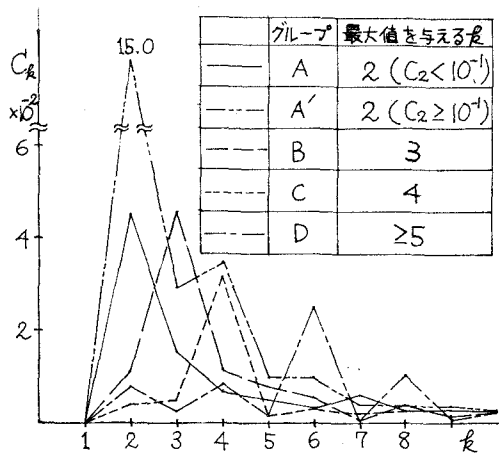


図-4 5グループの代表的な C_k の値

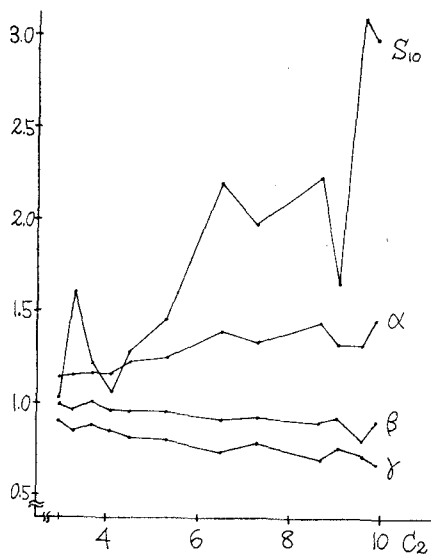


図-5 Aグループ内の各パラメーターの関係

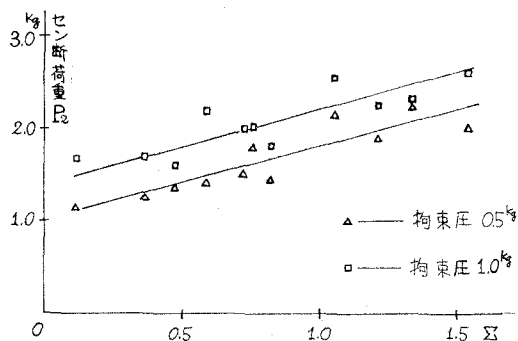


図-6 セン断強度と Σ の関係