

東大工学部土木教室 正員 最上 武雄

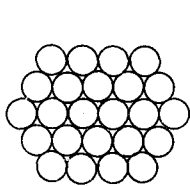
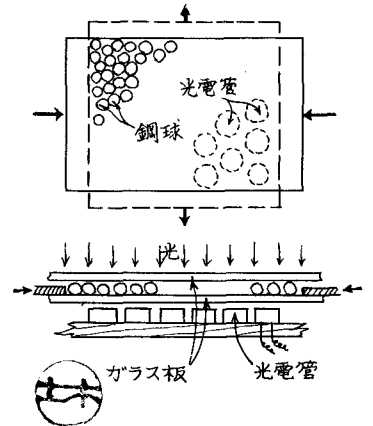
東大工学部土木教室 〇正員 今井 五郎

1. まえがき

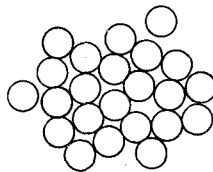
粒状体の破壊現象には 種々の要因が影響を与えていると思われるが、ここでは それらの内 粒子間摩擦を取り上げてみた。即ち 等径鋼球の一層矩形集合体に見られる 破壊現象を観察し、それに与える 粒子間摩擦の影響を 考察したのである。更に 最上の粒状体理論に現われる 定数 k と、粒子間摩擦との関係を求め、一般的な考察に及んだ。

2. 実験

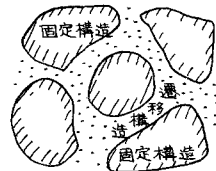
鋼球は 直径 2.37mm のものを使用した。装置は 右図に示した様なもので、28 の光電管が 各場所での間隙比を 測定するようになっている。実験は 大きく2部に分かれる。実験Ⅰは 粒子間摩擦の小さな球に対するもので、実験Ⅱは 表面を錆びさせて それを大きくした球に対するものである。更に実験Ⅰ,Ⅱ の各々は 球の充填状態により 3つのタイプに分かれている。Aタイプは 全面が最密充填(固定構造)、Cは 全面がルース(遷移構造)、Bは 固定、遷移両構造の混合、の各状態に在る。現実の粒状体では Aタイプに相当する様な集合体は 存在し難く、恐らく B,Cタイプの状態に 在るのだろう。この事は Smith 等の実験結果からも 推測されることである。



固定構造



遷移構造

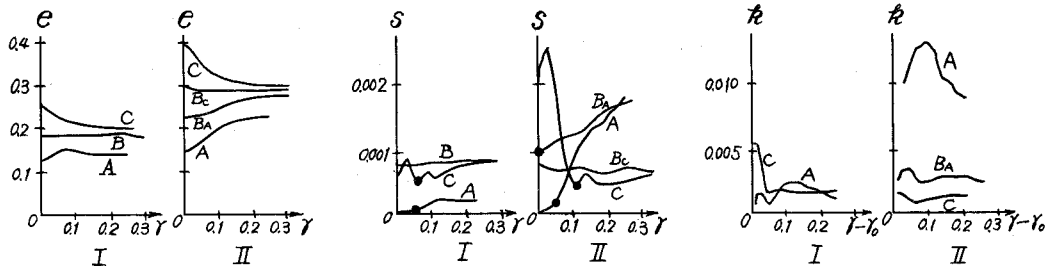


固定・遷移両構造混合体

3. 結果

次頁に示したグラフは、各タイプの 間隙比 θ 、間隙比の空間的分散 s 、及び定数 k の 剪断変形 γ に伴う変化を、粒子間摩擦の大小に分けて 図示したものである。 k の値は 最上理論の変換式 $S-S_0 = 2k(\gamma-\gamma_0)\theta(1+\theta)\log \frac{1+\theta}{\theta}$ より求めた。但し (γ_0, S_0) は (γ, S) の破壊時の値である。図中 $\bullet$ 印で示した。

剪断に伴って、固定構造のAタイプには 遷移構造の部分が生じ そこで遷る。Cタイプは 最初 一軸圧縮を受けて 遷移構造の中に固定構造の部分を生じ、その後 遷移構造部分で遷って 剪断変形を受ける。即ち どのタイプも 固定・遷移両構造の混合体に変化し、その中の 遷移構



造の部分で近くなる。この遷移構造の部分は 固定構造の部分よりも 間隙比が大きく、而も流動的で、粒状体の破壊とは 遷移構造部分の流動化 と考えられる。そして 粒子間摩擦の小さい場合、遷移構造は 細い線の形をとるが、その大きい場合には、面的なひろがりを持つようになる。以上の観察事項を基にすると、粒子間摩擦に依る 各タイプの $e-r$, $e-s$ 曲線の相異は 理解することが出来るだろう。

4. 考 察

粒子間摩擦の大きい場合、遷移構造の部分が 面的ひろがりを持つようになるのは、粒子同志の拘束が大きいので 粒子の回転が 広範囲に伝播せざるを得ぬからである。従って この場合 固定構造の中に 遷移構造を出現せしめるためには、より多くの抵抗に打ち勝たねばならない。逆に 粒子間摩擦の小さい場合には、粒子同志の拘束が小さいので 回転の影響は伝播し難い。従って、外的変形に対する粒状体の抵抗は 小さくなる。以上の事から、粒状体の構造変化に対する抵抗には 粒子間摩擦が大きな役割を演じていることが判る。

以上の事を踏まえて、構造変化に対する抵抗という面から 各タイプに 順番をつけると、II-A が最も大きく、II-Ba (Bタイプだが構造はAタイプに近い) がそれに続き、粒子間摩擦の小さい I の諸タイプと II-C等は 最後に位置づけられよう。そして ϕ の値は 丁度この順に小さくなっている。以上の事から ϕ は 粒状体の構造変化に対する抵抗の大きさを示す 一つの指標と考えられよう。その抵抗の大きい程 ϕ 値は大きくなるのである。更に 最上理論の結果の一つ $\sin \phi = \frac{\phi}{1+e}$ に示されている様に、 ϕ と ϕ が ほぼ同等の内容を持つとすると、粒状体の内部摩擦角も この抵抗を示す量として 把握することができよう。又 剪断変形に伴う ϕ 値の変化は II-A では激しいが、他のタイプでは ほぼ一定である。これは 現実的でないAタイプには 最上理論が適用され難いが、現実に近い他のタイプには 適用できる事を意味していると考えられる。

5. あとがき

構造変化に対する抵抗は、irregularity, 粒度分布 等によっても影響されよう。今後の課題である。

- 参考文献
- 1) Mogami, T., (1965), A statistical approach to the mechanics of granular material, Soil and Foundation, Vol. V, No. 2.
 - 2) Mogami, T., Imai, G., (1967), On the failure of the granular material, Soil and Foundation, Vol. VIII, No. 3.
 - 3) Smith, W.O. et al., (1929), Packing of Homogeneous Spheres, Phys. Rev., Vol. 34, pp. 1271~1274