

III-185 岩石のDEM定数決定のための落下反発試験

鳥取大学工学部 正員 ○藤村 尚
 鳥取大学工学部 正員 木山 英郎
 鳥取大学工学部 正員 西村 強
 鳥取大学工学部 正員 池添 保雄

1. はじめに

離散剛要素法（以下、DEMと略記する）が剛性要素の運動方程式を基礎とした解析法であるため、現実の地盤の実用解析法として認められるためには、解析対象の物性を表す接触定数の定め方¹⁾を検証しておくことが重要である。ここでは、粒子径のある程度大きな場合の接触定数決定の実用的な試験法として落下反発試験を試みた。

2. 実験方法

(i) 試験装置：落下反発試験装置は図-1に示すように試料の保持に工夫が必要となる。たとえば、鋼製のベアリングを試料とする場合には(a)のように電磁石を用いた懸垂型のものを、一方岩石試料には(b)のようにソレノイドを用いた側面からの支圧型による方法を採用している。試料が衝突する床材は硬鋼を用いているので試料の硬度と等しいか、それ以上の硬度を有している。

(ii) 試料：実験に用いた試料は金属試料としてφ2.5cmの精選されたベアリングとφ1.1cmのパチンコ玉を、一方、岩石試料としては鳥取産の花崗岩を使用した。この花崗岩は、密度 = $2.09(\text{gf}/\text{cm}^3)$ 、ヤング率 $E = 6.6 \times 10^5 (\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、ポアソン比 $\nu = 0.24$ 、圧縮強度 $\sigma_c = 2.45 \times 10^3 (\text{kgf}/\text{cm}^2)$ の値をもつ健全なものである。岩石試料はφ = 5.0と3.5cm、厚さ6mmの円盤状に整形したものを落下反発試験に供した。

3. 結果・考察

落下反発試験における両試料の挙動を開放写真で撮影した結果の一例を写真・1に示す。これらの写真から接触前の高さ H_1 と反発につづく跳ね返り後の高さ H_2 を読みとり、この値を用いて

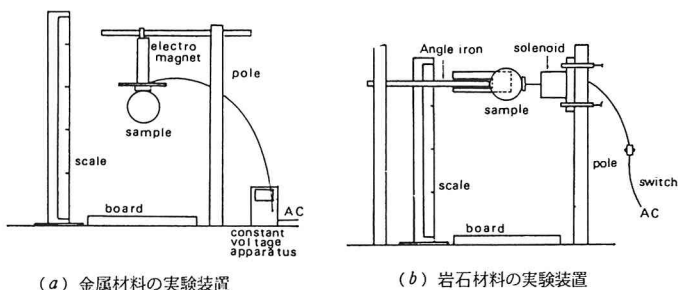
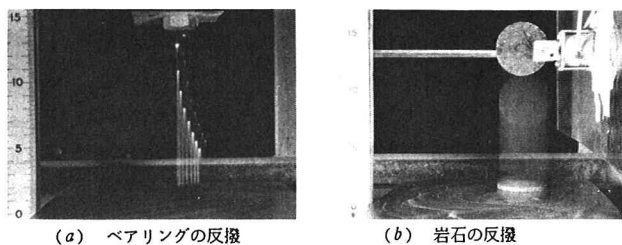


図-1 落下反発試験装置



写真・1 試料の挙動

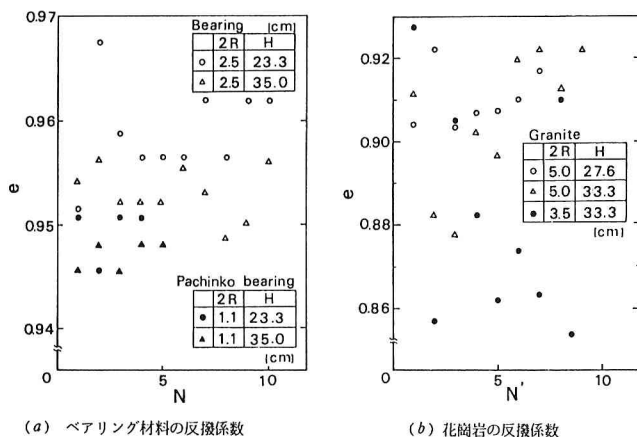


図-2 反発係数

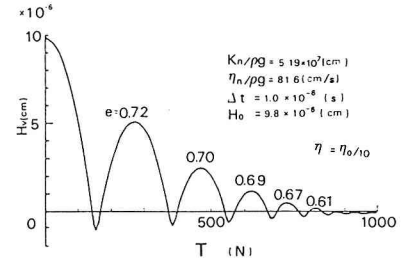
得られた反発係数 $e = \sqrt{H_j/H_i}$ の結果を図-2に示す。なお、(a)は、 e と跳ね返り回数 N 、(b)は、当初の反発係数 e と試料番号 N' を示している。金属材料の反発係数は、初期高さ H の大きさによる差違もありみられず、その値は0.95付近にある。しかしパチンコ玉の e の値はベアリングのものに比べてわずかに小さい値を示している。このことは、おそらくパチンコ玉の衝撃による床材の凹等が関係しているものと考えられる。一方、金属材料と比してヤング率が小さい岩石試料の e の値は0.9 付近に分布しており、バラツキが大きい。また、その反発係数は、試料の初期高さや直径 $2R$ が大きくなると僅かに小さくなる傾向がある。これは、衝撃力の増加とともに、接触部の塑性変形や破壊など非弾性反発の要素が増大することによる。とくに大きな接触圧を生じる場合には、DEMで用いる材料定数 k をヤング率 E のみの関数とした式¹⁾が不完全であることを示している。

次に、実験で得られた反発係数を媒介として、解析に用いる材料定数 k 、 η ならびに時間増分 Δt の実測値への適合性を検討する。一球の落下反発運動の解析例として、花崗岩試料の実測ヤング率 E により算定した $R=1.0\text{cm}$ の場合における推奨値 $k_n/\rho g = 5.19 \times 10^7 \text{cm}$ と $\eta_n/\rho g = 8.16 \times 10^2 \text{cm/s} (= \eta_o/\rho g)$ 、 $\Delta t = 1.0^{-6} \text{s}$ を設定した。この要素を高さ $H = 9.8 \times 10^{-6} \text{cm}$ から床面に向けて自由落下させその挙動を図-3に示す。ここでは、要素の粘性定数 η として推奨値 η_o を基準にそれよりも小さい $\eta_o \times 1/10$ と $\eta_o \times 1/100$ の場合についてもDEM解析した。同じく、ヤング率 E を 750kgf/cm^2 と極端に小さく仮定した場合の粒子挙動を図-4に示す。このように、いずれも η_n を小さく ($\eta < \eta_o$) とすることによって要素は大きい振動を示し、 e は1.0 に近づいている。

以上のように、一球の落下反発運動の解析を通じて、岩石試料の落下反発試験における反発係数の実測値(例えば写真・2参照)を媒介として、両解析とも実測値への適合性は十分認められる。

参考文献

- 1) 木山・藤村：カンドルの離散剛要素法を用いた岩質粒状体の重力流動の解析，土木学会論文報告集，No.333，pp.137～146



(a) $\eta = \eta_o/100$

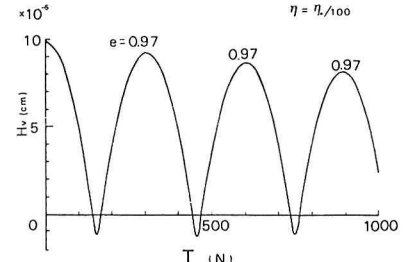
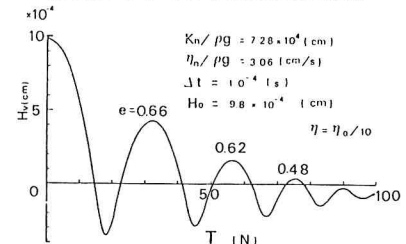


図-3 要素の自由落下運動
(実測ヤング率より算定した場合)



(a) $\eta = \eta_o/100$

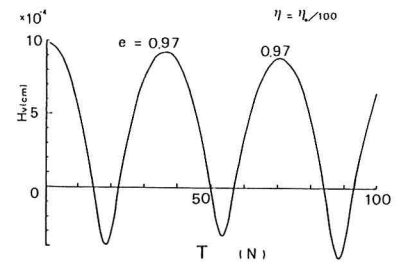
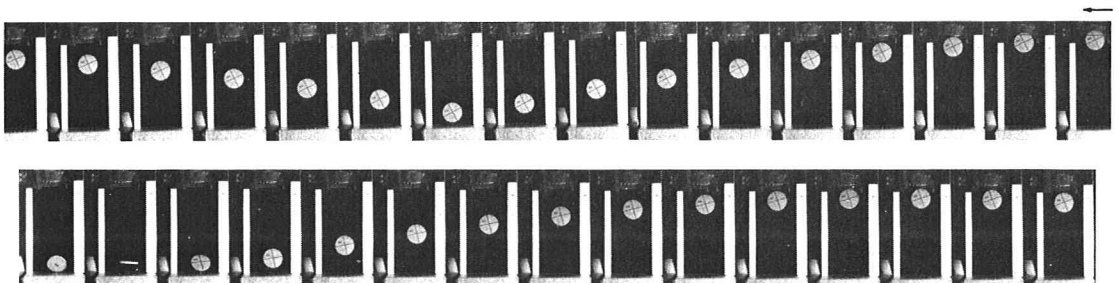


図-4 要素の自由落下運動
(ヤング率を極端に小さく仮定した場合)



写真・2 岩石試料の反発挙動