

斜面材料の違いが落石運動に与える影響に関する実験的研究

鳥取大学 学生会員 ○北迫 勝也
 鳥取大学 正会員 河野 勝宣
 鳥取大学 フェロー会員 西村 強
 鳥取大学 池添 保雄

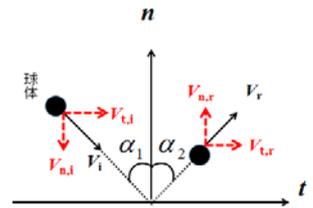
1. はじめに

落石防災対策においては、落石運動の予測が重要である。落石運動を予測するために、落石と地表面の接触時の特性を把握することが重要であり、その特性を示すパラメータとして落石の平面衝突前後の法線方向速度比 R_n および接線方向速度比 R_t に注目する。本研究では落石を球体と仮定し、高速度カメラを用いた室内模型実験を行った。衝突斜面の傾斜角度および材料の違いが、実験から得られた R_n および R_t 、エネルギー等に与える影響について報告する。

2. 衝突前後速度比、角速度およびエネルギーの算出法

球体の平面衝突運動(図-1)における R_n および R_t は式(1)および(2)のように表される。

$$R_n = -\frac{V_{n,r}}{V_{n,i}} \quad (1) \quad R_t = \frac{V_{t,r}}{V_{t,i}} \quad (2)$$



本研究は、傾斜角度 α_1 の斜面を用い、球体を一定の高さから斜面に向かって自由落下させることにより、入射角度 α_1 を有することのできる模型実験を行った。

岩石斜面衝突前後の速度、角速度は北迫ら(2014)¹⁾に基づいて算出した。砂斜面における入射速度は岩石斜面の式と同様である。反射速度および角速度は、法線方向移動距離の最下点(図-2)における時刻以降の最大値を採用した。

図-1 球体の平面衝突運動

球体にすべりが生じる場合の回転エネルギー E_R と並進エネルギー E_V との比 L およびすべりが生じない場合の回転エネルギー E'_R と並進エネルギー E'_V との比 L' は、式(3)および(4)で算出される。

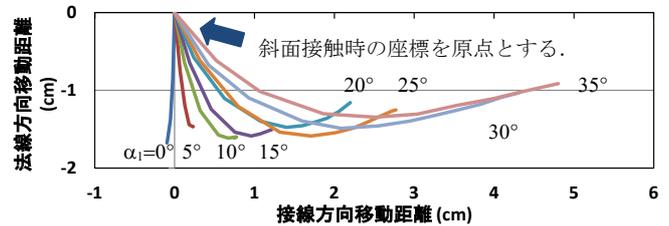


図-2 砂斜面衝突後の法線および接線方向移動距離の関係(アルミナボール直径 30mm)

$$L = \frac{E_R}{E_V} = \frac{I\omega^2}{mV_r^2} \quad (3) \quad L' = \frac{E'_R}{E'_V} = \frac{2}{5} \frac{\tan^2 \alpha_1}{R_n^2 + R_t^2 \tan^2 \alpha_1} \quad (4)$$

ここで、 I は慣性モーメント、 m は球体の質量である。

3. 室内模型実験

室内模型実験では、球体を平面に自由落下させ、高速度カメラを用いて岩石および砂斜面衝突時の球体の挙動を撮影した(図-3A, B)。球体の材質はアルミナ(密度: 3.75g/cm^3)とメノウ(密度: 2.68g/cm^3)を使用し、球体の直径は 20mm と 30mm である。また、衝突平面は花崗岩と鳥取砂丘砂($425\mu\text{m}$ ふるい通過分かつ $250\mu\text{m}$ ふるい残留分を使用し、相対密度は $86\pm 1\%$ である。)を使用した。平面衝突時の傾斜角度(入射角度 α_1) は、岩石斜面の場合は $0^\circ \sim 70^\circ$ ($\alpha_1 \leq 20^\circ$ は 5° 間隔, $\alpha_1 \geq 30^\circ$ は 10° 間隔), 砂斜面の場合は $0^\circ \sim 35^\circ$ (5° 間隔) とした。本実験で使用した高速度カメラは $1/3000$ 秒のシャッタースピードを有している。CAD ソフトを用いて撮影画像より球体の移動距離、回転角度を読み取った(図-3A, B)。

キーワード 落石, 法線方向速度比, 接線方向速度比, 室内模型実験

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学大学院工学研究科 TEL0857-31-5297

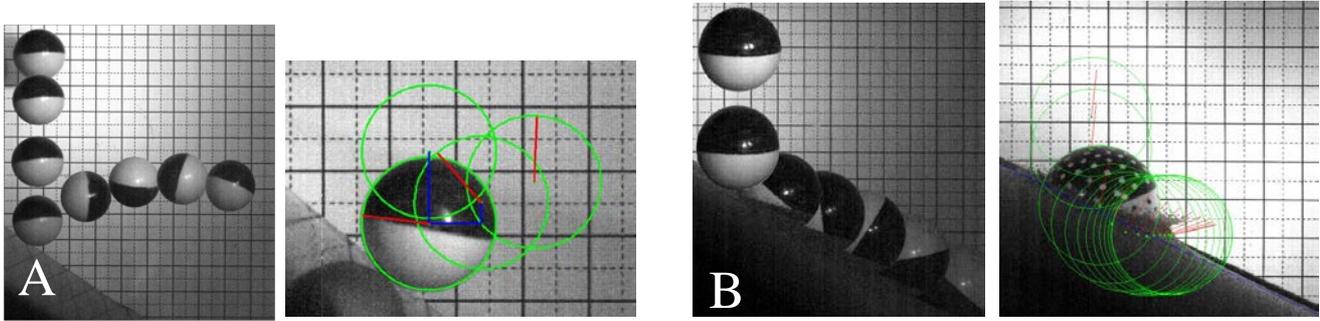
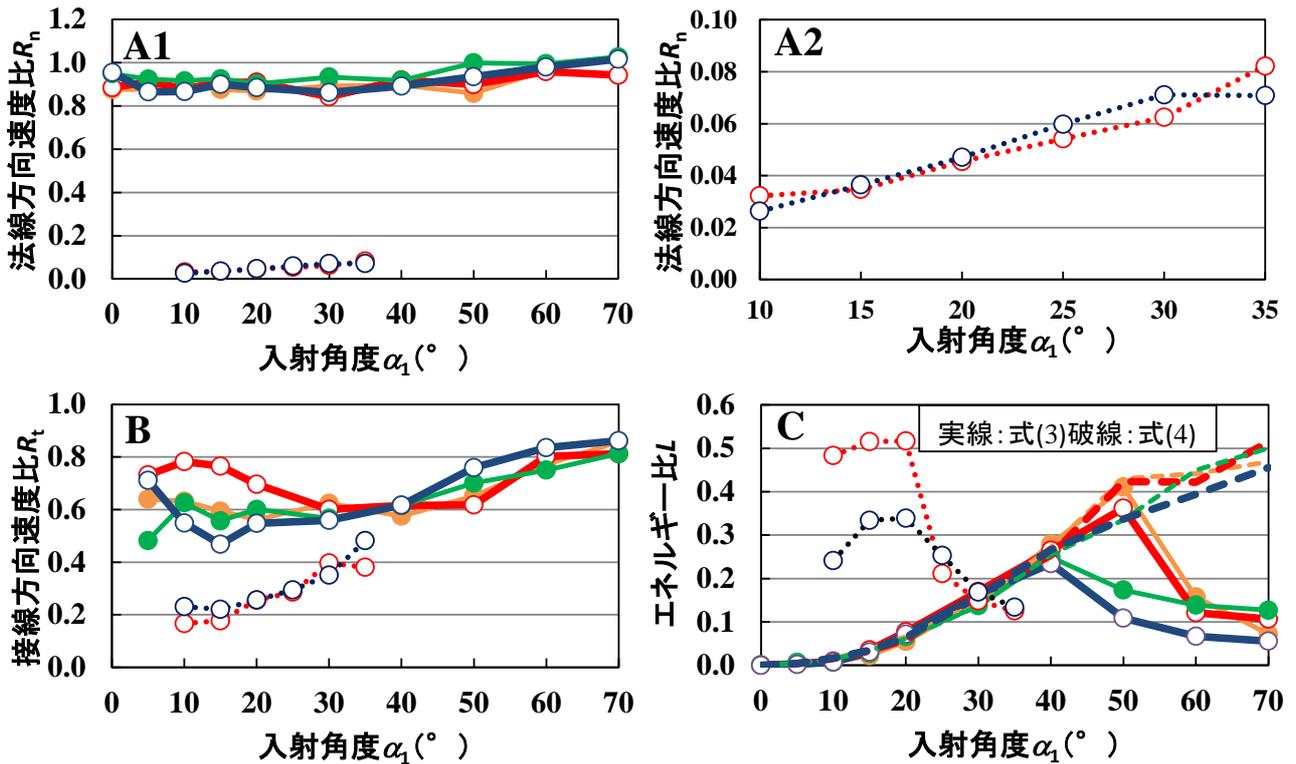


図-3 高速度カメラで撮影した落石運動軌跡と球体の座標および回転角度の読み取り方法 (A: 岩石斜面, B: 砂斜面) (背景は 1cm 方眼紙を使用)

4. 実験結果

図-4 のプロットは 3 回行った実験の平均の値である。球体が岩石斜面に衝突した時の R_n は入射角度が変化しても一定の傾向を示したが (図-4A1), 砂斜面の場合は増加傾向を示した (図-4A2)。 α_1 が 10° 以降の砂斜面の R_t は増加傾向を示し, 岩石斜面は $\alpha_1=40^\circ\sim 50^\circ$ から増加傾向となった (図-4B)。また, 岩石斜面の R_t は増加傾向を示した角度から図-4C の実線の値が大きく減少した。砂斜面は, $\alpha_1=20^\circ$ からエネルギー比の値が減少した。岩石斜面と砂斜面とでは R_n および R_t の値が異なっており, 斜面材料を変化することにより落石運動が変化することを室内模型実験より確認できた。



アルミナボール	岩石斜面	直径20mm	—●—	メノウボール	岩石斜面	直径20mm	—●—
	砂斜面	直径30mm	—○—		砂斜面	直径30mm	—○—

図-4 入射角度と法線・接線方向速度比, エネルギー比の関係

参考文献

1) 北迫勝也, 河野勝宣, 西村 強, 池添保雄: 落石衝突時の並進速度変化と回転運動に関する室内模型実験, 第 49 回地盤工学研究発表会平成 26 年度発表講演集, 2014.