

IV-430

斜面の凹凸が落石運動に及ぼす影響に関する基礎実験

鉄道総合技術研究所 正会員 布川修 正会員 村石尚 正会員 杉山友康
正会員 佐溝昌彦 正会員 安藤和幸

1. はじめに

斜面上を落下する落石の軌跡をより精度良く把握できれば、落石危険斜面の中間または線路際に効果的な対策を施工することができる。しかし、斜面の断面計測では表現できないような斜面上の凹凸が、落石運動に与える影響については定かではない。そこで、図1に示すように落石が斜面上に沿って移動している途中に凹凸がある場合を考え、その凹凸が落石運動に及ぼす影響に関する検討を、落石模型実験の結果を基に行ったので報告する。なお、本実験は運輸省の補助金による、「自然災害制御技術の開発」の一環として進められている。

2. 落石模型実験

実験の概要を図2に示す。実験は、図1に示した落石運動を模擬するため、模型斜面上に設置した模型凹凸から斜面長で1m及び0.5m上部を初期位置として、球状の模型落石を凹凸に向かって転がすことで行った。模型落石は、稲田石で作成した直径100mm、質量1.4kgの球体を使用した。模型斜面は木材と木板で作成し、その上面にアルミ板を張り合わせた。形状は長さ3m、幅0.9mである。実験ケースを表1に示す。図2、表1に示すとおり、斜面角度を2種類、凹凸の種類を3種類、初期位置を2種類パラメータとして実験を行った。また、落石の軌跡を得るために、模型落石の挙動を模型斜面側面からデジタルビデオで撮影し、撮影したビデオ画像の解析を行った。

3. 実験結果と考察

撮影したビデオ画像の解析によって得られた模型落石の軌跡の例を図3に示す。図から、模型落石は凹凸で衝突した後、斜面から離れる軌跡を描き、その軌跡は凹凸種類によって異なる。ここ

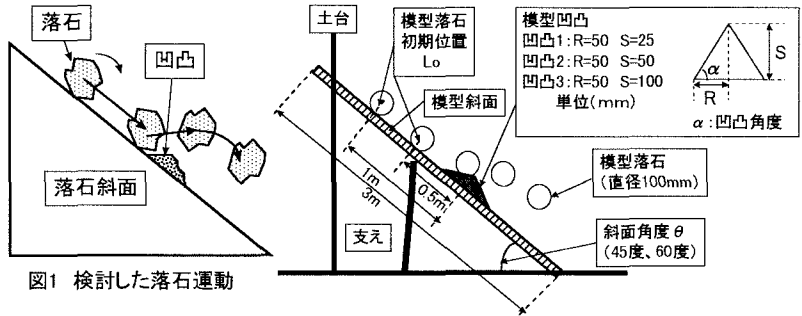


図1 検討した落石運動

図2 実験概要

表1 実験ケース

実験ケース	斜面角度 θ	凹凸種類 (凹凸角度 α)	模型落石初期位置 L_0
ケース1	45度	凹凸1 ($\alpha=27$ 度)	$L_0=1$ m
ケース2	45度	凹凸2 ($\alpha=45$ 度)	$L_0=1$ m
ケース3	45度	凹凸3 ($\alpha=63$ 度)	$L_0=1$ m
ケース4	45度	凹凸2 ($\alpha=45$ 度)	$L_0=0.5$ m
ケース5	45度	凹凸3 ($\alpha=63$ 度)	$L_0=0.5$ m
ケース6	60度	凹凸1 ($\alpha=27$ 度)	$L_0=1$ m
ケース7	60度	凹凸2 ($\alpha=45$ 度)	$L_0=1$ m
ケース8	60度	凹凸3 ($\alpha=63$ 度)	$L_0=1$ m
ケース9	60度	凹凸1 ($\alpha=27$ 度)	$L_0=0.5$ m
ケース10	60度	凹凸2 ($\alpha=45$ 度)	$L_0=0.5$ m
ケース11	60度	凹凸3 ($\alpha=63$ 度)	$L_0=0.5$ m

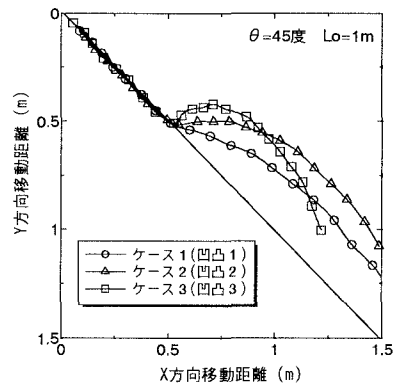


図3 模型落石の軌跡

キーワード：落石 軌跡 模型実験

(財) 鉄道総合技術研究所：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-28 Tel 042-573-7263 Fax 042-573-7398

で、図4に示すように「跳躍距離 L_j 」、「跳躍高さ H_j 」を定義し、各ケースでこれらの値を求めた。跳躍距離 L_j と跳躍高さ H_j の関係を、斜面角度、模型落石初期位置が同じケースごとに、図5 ($\theta=45$ 度)、図6 ($\theta=60$ 度) に示す。これらの図から、それぞれ凹凸2のケースで最大の跳躍高さとなっている。また、斜面角度と凹凸種類が同じ場合を比較すると（図面上の同じマーク）、模型落石初期位置 $L_0=1\text{m}$ の実験データで描かれる曲線は、模型落石初期位置 $L_0=0.5\text{m}$ のケースと相似形を示しているようである。そのため図7に示すように、斜面角度 θ 、凹凸種類が同じケースをグラフ上に図示し、それぞれのケースでの最大の跳躍高さとなる点が原点を通る一本の直線上に示されると仮定した。また、図

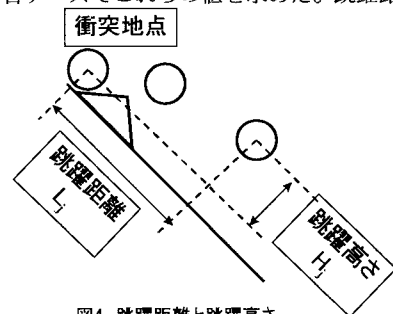
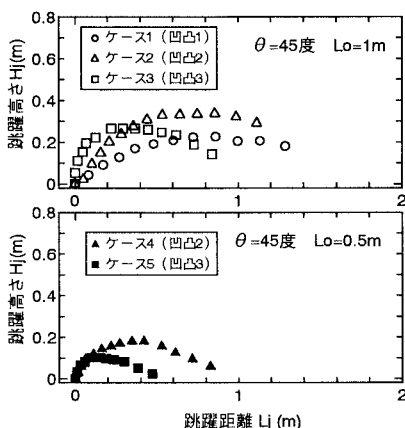
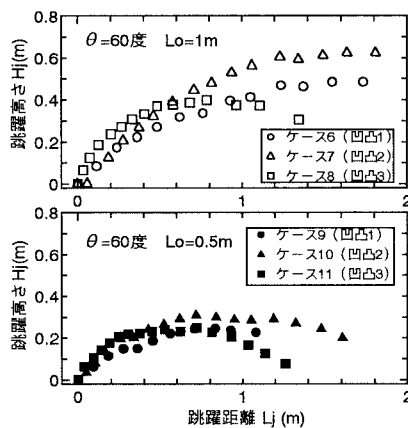


図4 跳躍距離と跳躍高さ

に示すようにこの直線の角度を斜面上での跳躍角度 β と定義した。水平に対する凹凸面の角度 γ ($=\theta-\alpha$) と斜面上での跳躍角度 β の関係を図8に示す。この図から今回の実験の範囲では、地表面に対する凹凸面の角度 γ と跳躍角度 β の関係は曲線で表されと考える。


図5 跳躍距離と跳躍高さの関係 ($\theta=45$ 度)

図6 跳躍距離と跳躍高さの関係 ($\theta=60$ 度)

4. おわりに

落石模型実験によって、落石が斜面に沿って運動している途中に凹凸がある場合、その凹凸が落石運動に与える影響についての基礎検討を行った。その結果、今回の実験条件、及び実験範囲内のことではあるが以下のことが分かった。

1) 斜面角度、模型落石初期

位置に関わらず、凹凸種類2つまり凹凸角度45度の場合、他の凹凸角度よりも跳躍高さが大きい。

2) 水平に対する凹凸面の角度から衝突後の跳躍高さが最大となる点の方向を概算できそうである。

今後はこれらの基礎実験に加え、実際の落石の軌跡データを分析するなどして落石の軌跡をシミュレートできる手法について開発する予定である。

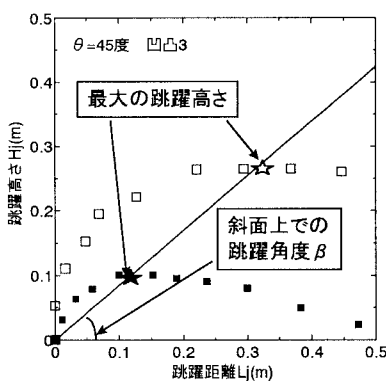
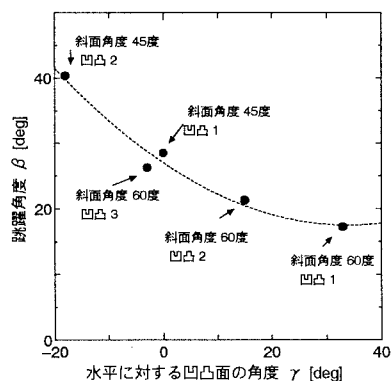

図7 跳躍角度 β の定義


図8 水平に対する凹凸面の角度と跳躍角度の関係