

破碎を伴う落石現象に関する遠心模型実験

(独) 労働安全衛生総合研究所 正○伊藤和也 正 豊澤康男
東京工業大学大学院 正 日下部治

1. はじめに

落石は道路、鉄道、住宅等へ影響を及ぼす斜面災害の中でも発生頻度の比較的高い災害現象の一つである。しかし、落石現象は多くの場合突発的に発生するものであり、現象の解明に直接役立つ具体事例の集積が難しい¹⁾。また、斜面上を落下する落石の運動形態や衝突現象など、落石対策の計画・設計に必要な事柄についても、多くのパラメーターにより複雑に振る舞うため未だ十分には解明されていないのが現状である²⁾。そこで、本研究では多くのパラメーターが自明となり、応力条件を等価にすることが出来る遠心模型実験を用い、破碎を伴いながら衝突と跳躍を繰り返す落石現象について、その運動形態・衝突現象の解明を行った。

2. 実験方法

本研究の実験装置全景を図-2に示す。最大8回の落石を発生させることが出来る落石発生装置から模型落石を落下し、模型斜面を落体する模型落石の衝突・跳躍現象を高速度ビデオカメラ(5000コマ/秒)により撮影している。なお、模型斜面は斜面勾配を任意に可変することが可能となっているが、自然斜面での落石現象にて様々な落石形態を発生するとされている40度となるように調整した。実験は50Gの遠心加速度場にて行った。また、使用した模型落石は、図-3に示すような破碎しない状態を再現したφ20mmのアルミニウム球(右)と石膏と豊浦砂を重量比1:3で配合して作成した混合試料(中:矩形, 左:球体)である。これらを、表-1に示すような実験ケースで全14ケース行った。

3. 実験結果および考察

図-5は高速度ビデオカメラにて撮影された映像を1/250秒ごとに多重露光した代表的な落石軌跡のストロボ写真である。まず、アルミニウム球の落石運動は、回転運動(rolling)のみであることがわかる。また、徐々に速度が増加する等加速度運動となっていることがわかる。石膏と豊浦砂の混合試料球の落石軌跡は斜面から落下する際の破碎の有無で2種類に大別することができる。まず、破碎が生じなかった混合試料球の落石軌跡はアルミニウム球と同様に回転運動を中心として落下している。斜面と接した際に微粉碎しているが、これは混合試料球作製用モールドの注入口部分が若干凸凹していたためである。一方、破碎が生じた混合試料球の落石軌跡はアルミニウム球や破碎が生じなかった混合試料球の落石軌跡とは大きく異なり、回転運動から一部分が破碎して飛散している。破碎する際には回転時の遠心力も付与しており、大きな跳躍となっている。また剥離した混合球は、その形状が凸凹となり、隅部を支点として跳躍するため、大きく跳躍する傾向が見られた。矩形タイプの混合試料落石模型は、1回転した後、接触面積が大きい面が下となり斜面との摩擦を受けながら滑り落ちていく軌跡を示した。

4. まとめ

本報では落石の破碎の有無や落石形状の違いが落石軌跡に与

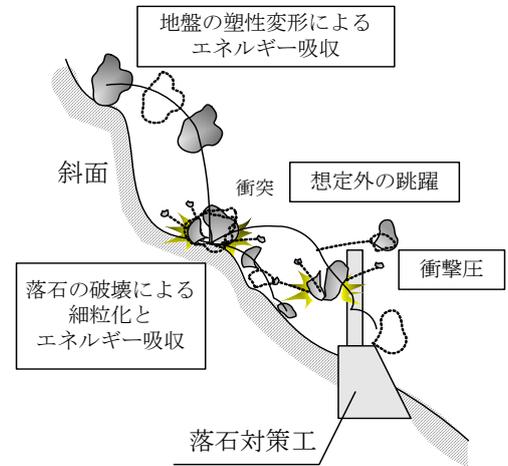


図-1 想定される落石の運動形態

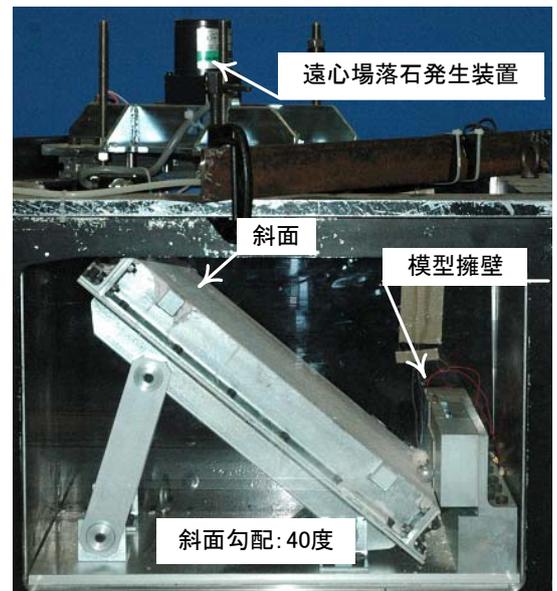


図-2 実験装置全景



図-3 落石模型落石模型(左:石膏(25%)豊浦砂(75%)混合球, 中:石膏(25%)豊浦砂(75%)混合矩形, 右:アルミニウム球)

Key Words: 落石, 遠心模型実験, 物理モデル, 破碎

連絡先: (独)労働安全衛生総合研究所 産業安全研究所 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 TEL&FAX 042-494-6214

表-1 実験ケースと落石運動の特徴

No. Case	1	2	3	4	5	6	7	8
RF-01	【B-2】 回転 微砕	-	【B-4】 回転→破砕 →回転	【B-5】 回転→破砕 →跳躍	【R-1】 計測失敗	【R-3】 回転 →滑落	【AL】 回転	【B-3】 回転 微砕
RF-02	【B-4】 分解→ 跳躍・衝突 →破砕	【B-5】 回転 微砕	【B-6】 回転 →破砕→ 跳躍・衝突	【B-7】 半球状に 破壊 (跳躍量大)	【B-8】 回転 微砕	【R-4】 滑落	【AL】 回転	-

※ここで、番号はモールド打設 No を示す

記号 B: 豊浦砂+石膏（重量比 3:1）混合球体

R: 豊浦砂+石膏（重量比 3:1）混合躯体

AL: アルミニウム球



アルミ球



石膏+豊浦砂（重量比 1:3）【球体・破砕無し】



②石膏+豊浦砂（重量比 1:3）【球体・破砕有り】



③石膏+豊浦砂（重量比 1:3）【矩形】

図-4 落石の軌跡

える影響について遠心模型実験を行い、基礎的な検討を行った。その結果、(1)球形タイプの模型落石は破砕しないケースでは落石形態は回転運動のみであったが、破砕する場合には回転運動から跳躍運動に変化する場合も見られた。また、(2)破砕した破片は大きな跳躍を示した。矩形タイプの模型落石は運動開始後にわずかに跳躍・回転運動した後、すべり落ちていくすべり運動に遷移していた。今後、落石運動に影響を与える様々なパラメーターについても実験を行い、より高精度な落石シミュレーション手法の開発に努める予定である。

最後に、本研究は文部科学省科学研究費補助金(萌芽研究，課題番号 16656145，研究代表者：伊藤和也)の補助を得て実施したものである。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 松尾修：講座 落石対策 1. 講座を始めるにあたって，土と基礎，pp. 39-40，Vol. 50，No.1，2002.
- 2) (社)日本道路協会：落石の運動挙動とそのシミュレーション手法に関する検討報告書-，丸善，422p，2002.