

## 落石の軌跡に関する実験について

金沢大学工学部	正	榎谷 浩
金沢大学工学部	正	吉田 博
金沢大学工学部	学	○ 斎藤 武文
金沢大学工学部	正	藤井 智弘

## 1. まえがき

斜面を落下する石の運動は、斜面の状態、落石の形状、および寸法等、様々な要因により、解析することは非常に困難であるとされてきた。しかし、この落石の運動機構、特に落石の速度および跳躍量の推定方法を確立することは落石防護柵およびロックシェッドの設計において非常に重要な課題である。そこで著者らは、昭和62年8月に広島県高田郡甲田町の碎石場内において、実物大斜面により落石の斜面降下現象を観測し、観測結果より落石の速度および跳躍量の推定方法を確立する目的で落石実験をおこなった。

## 2. 落石実験の概要

## (1) 落石実験斜面

実験斜面は落下高さ60m、斜面勾配35度～43度の切り取り斜面であり斜面全体にわたって表面にガイスイが堆積しており、ところどころに巨レキが混ざっている(写真-1)。

## (2) 実験に用いた供試落石

供試落石は碎石場内より採集したもので、重量は約20kg～4000kgで形状は角状である(写真-2)。採集した供試落石は、見やすいように白色ペンキで着色をし斜面頂上の同一場所より、軽量の場合は人力で、それ以外は油圧式バックホウにより計84個落下させた。

## (3) 落下軌跡の観測方法

斜面の正面2方向、および斜面の側面1方向から8mmビデオカメラにより軌跡撮影をおこなった。また斜面には上下2方向に10m間隔で標識ボールを設置し解析の場合の目印とした。

## 3. 落石実験の結果

## (1) 落石の落下形態

落石の落下形態は、斜面に沿って回転したり滑ったりする線運動、そして、空中に飛出す跳躍運動の2種類に大別される(図-1)。本実験における落石の落下軌跡は、最初線運動を続け、ある地点で回転による遠心力や斜面の突起物への衝突により空中に飛出し、それ以降は跳躍運動を繰り返し斜面下端に到達するというケースがほとんどであった。また落下途中で巨レキに衝突し、くだけてしまうケースも少しあった。

## (2) 落石の速度

落石が斜面に衝突する直前の速度をもって落石の速度とし、本実験におけるその分布を示したのが図-2である。

落石の速度は一般に

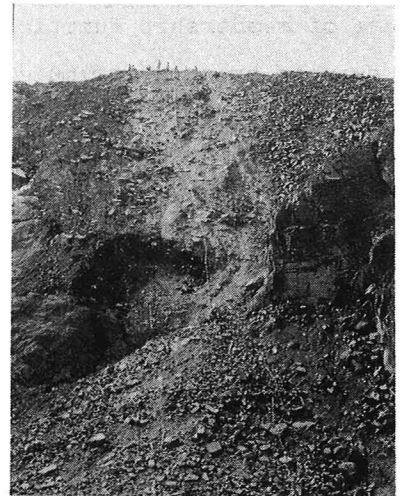


写真-1 落石実験斜面



写真-2 供試落石

$$V = \alpha \sqrt{2gH}$$

V：落石の速度， $\alpha$ ：残存係数，g：重力加速度

H：落下高さ

で表されるが、本実験での $\alpha$ の上限値は0.8である。  
 また過去におこなわれた、園原での落石実験<sup>1)</sup>(斜面B：  
 ガイスイ斜面、斜面勾配 約38度)での $\alpha$ の上限値は  
 0.85でありほぼ両者は等しいといえる。

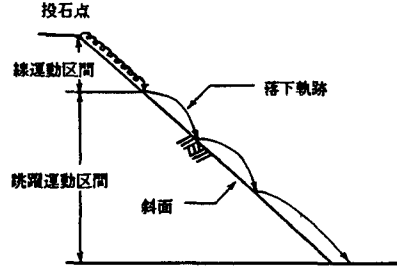


図-1 落石の落下形態

(3) 落石の跳躍量

落石が跳躍運動をした場合の最大跳躍量の分布を示したものが図-3である。この図よりあきらかなよ  
 うに最大跳躍量は約2mに収束しているといえる。また、園原での落石実験(斜面B：ガイスイ斜面、斜  
 面勾配 約38度)では落下高さ30mで最大跳躍量は、約2mに収束しており、本実験と同じ傾向を示  
 しているといえる。

4. まとめ

斜面の土質及び傾斜角度という点で、園原での落石実験(斜面B)と非常に条件が類似している本落石  
 実験では、その速度および最大跳躍量という点でほぼ同様の傾向を示した。今後、傾斜角度等、条件の異  
 なったガイスイ斜面で落石実験を行ない、そのデータ蓄積をおこなうならば、ガイスイ斜面に対する落石  
 の運動機構のよりよい推定方法が確立されるであろう。なお著者らは園原での落石実験でのデータを用い  
 た落石の運動のシミュレーション手法を確立しており、目下、本実験結果を加えたシミュレーションをお  
 こなっている。

参考文献

- 1) 日本道路公団  
 : 落石実験調査報告  
 書、昭和48年11  
 月
- 2) 日本道路協会  
 : 落石対策便覧、昭  
 和58年7月
- 3) 四国建設コン  
 サルタント：落石の  
 飛跳高の推定、第1  
 回落石の衝撃力およ  
 びロックシェッドの  
 設計に関するシンポ  
 ジウム論文集、金沢  
 大学工学部土木工学  
 科構造力学研究室編  
 p88-91、昭和  
 61年7月

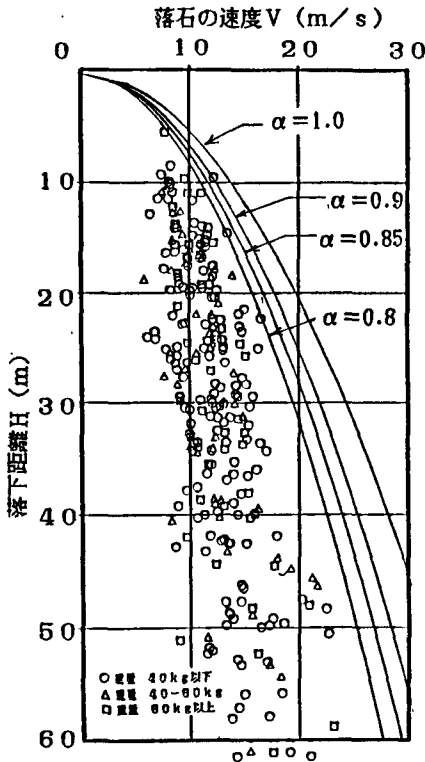


図-2 落石の速度分布図

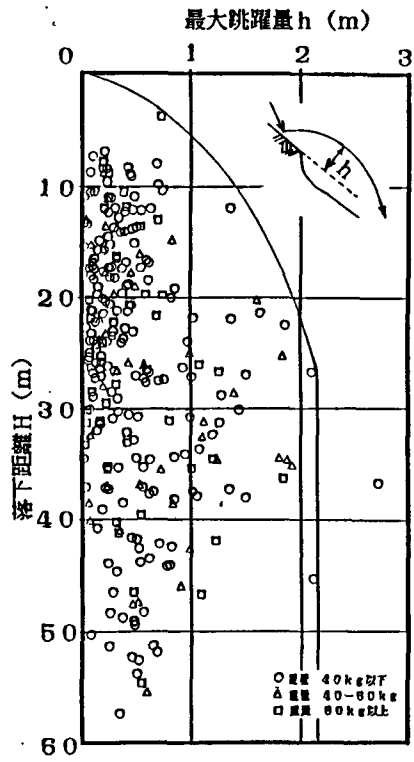


図-3 落石の最大跳躍量分布図