

Ⅲ－14 落石の運動機構に関する実験的検討

愛媛大学工学部（フェロー） 八木 則男
 愛媛大学工学部 （正） 二神 治
 (株)芙蓉調査設計事務所 （正） ○中村 雅夫
 愛媛大学工学部 （正） 芳ノ内 信也

1. はじめに

落石が発生すると、道路などの構造物を破壊し交通を遮断するなどの甚大な被害をもたらす。このため、落石対策を行って落石による災害が起きないように努めてきた。しかし、落石は斜面の勾配・凸凹・地質や落石の形状・寸法などの影響を非常に受け複雑な運動をするため、落石の運動を予測するのは困難である。合理的かつ実用的に落石対策を行うためには落石の運動機構を解明することが望まれている。

本研究では、モデル斜面を用いることによって様々なケースにおける落石の運動を再現し、落下速度・跳躍量および落石防護工などの設置範囲を決定する上で必要な拡がり角度（平面的落下経路における投石位置から見た拡がりの角度）などの測定を行い、そして、測定して得られた落下速度や跳躍量などに影響を与えるパラメータの推定を行った。

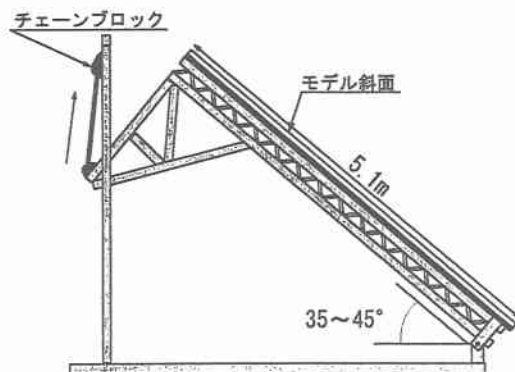
2. 実験方法

モデル斜面を図－1 に、供試落石を図－2 に示す。斜面は長さ 5.1m、幅 1.2m のコンクリート（層厚 60mm）斜面で、斜面勾配を最大 45° まで上昇させることが可能である。コンクリート斜面と比較実験を行うために、斜面上に含水比を 10%程度に調節したまさ土（層厚 100mm）を 1.7tf/m³ で敷き詰めた実験も行った。供試落石は球体と立方体をコンクリートで製作し、また比較実験を行うために岩石を球形および扁平な形のものを合わせて 10 種類用意した。

本実験では落石の運動をデジタルカメラ（シャッター速度：1/1000 秒）で撮影し、その後パーソナルコンピュータ（処理速度：1 コマ 1/30 秒）を用い、1 コマずつコマ送りをするによって解析を行った。

実験には以下のパラメータを用いた。

- ・斜面勾配…35, 40, 45°
- ・斜面状態…コンクリート斜面，まさ土斜面
- ・供試落石…球，立方体，岩石
- ・供試落石重量…0.3, 0.6, 1.2kg



図－1 モデル斜面

 	球体 (半径mm)	32	40	50	 	球形
	立方体 (一辺mm)	52	64	80		扁平
	重量(kg)	0.3	0.6	1.2	岩石 重量 0.2～1.3kg	

図－2 供試落石

3. 実験結果および考察

落石の落下速度と落下高さの関係を図－3 に示す。供試落石が球の場合、落下速度のばらつきが小さく、また落石重量別にみてもほとんど差がないことが確認された。これに対し岩石の場合、落下速度のばらつきが大きく、扁平な形のもののほど滑り運動を行うため落下速度が小さい値を示すものが確認された。このことは速度残存係数に着目してみても言える。各パラメータ別速度残存係数を表－1 に示す。斜面の状態あるいは勾配の変化によって速度残存係数も変化しているが、最も速度残存係数に影響を与えているのは落石の形

表-1 各パラメータ別速度残存係数

斜面勾配	供試落石形状	コンクリート斜面	まさ土斜面
35°	球体	0.82	0.76
	立方体	0.62	0.60
	岩石	0.42	0.48
40°	球体	0.83	0.79
	立方体	0.75	0.66
	岩石	0.50	0.50
45°	球体	0.84	0.80
	立方体	0.76	0.68
	岩石	0.64	0.62

状であることが確認された。つまり、落石の形状も落下速度に影響を与える重要なパラメータの1つであると言える。

落石の跳躍量と落下高さの関係を図-4に示す。コンクリート斜面の場合、落下高さの増加に伴い跳躍量も増加するが、まさ土斜面の場合は跳躍量が増加するものの一定値に収束することが確認された。また、落石重量別にみると、コンクリート斜面では落石の重量が跳躍量に影響を及ぼしていないが、まさ土斜面では落石の重量の増加に伴い跳躍量の最大値は減少することが確認された。これは落石が斜面へ衝突する際のエネルギー損失が原因として考えられる。まさ土斜面では衝突時に斜面が塑性変形を起こすことから、落石の重量の増加に伴い次の跳躍運動へ移行する際の斜面から受ける抵抗力が増加してエネルギー損失が大きくなり、跳躍量の最大値が減少したと考えられる。

供試落石に立方体を用いた場合の拡がり角度を図-5に示す。コンクリート斜面・まさ土斜面とも落石の重量あるいは斜面勾配の増加に伴い拡がり角度が減少することが確認された。また最大でも40°を越えないことも確認された。

4. まとめ

本研究では、モデル斜面を用いた落石実験を行い、斜面の状態・勾配や供試落石の形状・重量を変えた場合の落下速度・跳躍量および拡がり角度について述べた。また今後の落石問題として、落石の回転が運動に与える影響も大きいのではないかと考えられるので、落石の回転と運動の関係を検討する必要があると考えられる。

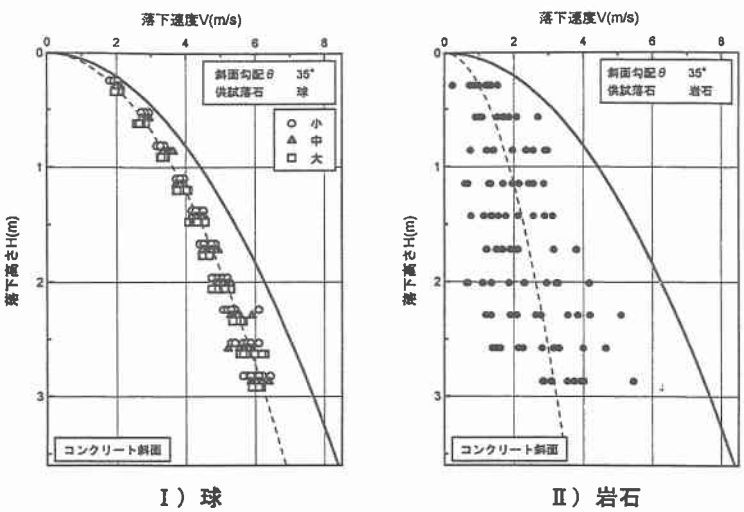


図-3 落石の落下速度と落下高さの関係

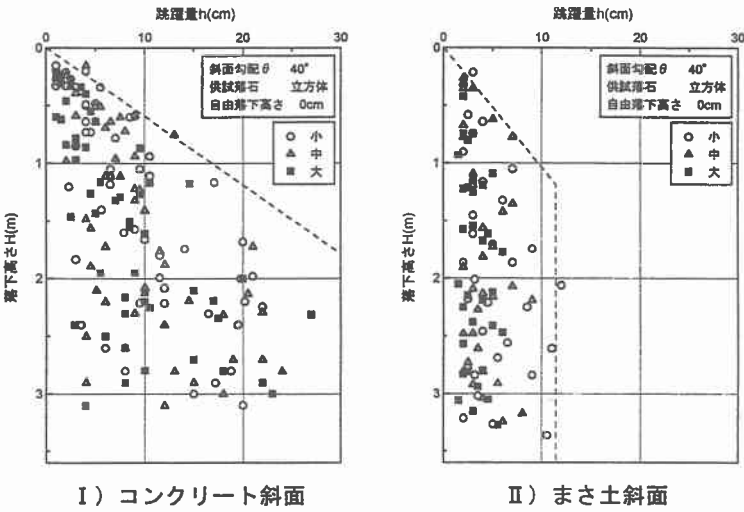


図-4 落石の跳躍量と落下高さの関係

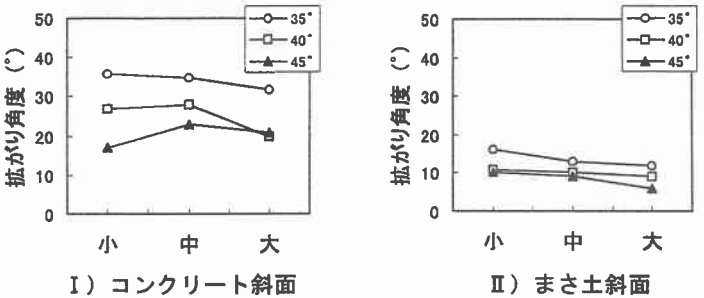


図-5 落石（立方体）の拡がり角度