

斜面条件を考慮した落石の跳躍量の推定法

(株) 第一コンサルタンツ 正会員 明坂宣行
正会員 右城 猛
正会員 ○ 山岡幸弘

1. はじめに

落石防護工の設計の実務では、斜面の地質や植生に関係なく落石の跳躍量を一律 2.0m とみなしている。

これまでに斜面を落下する落石の運動形態を解明する目的で、現場落石実験が実施されている。さらに、著者らは、著者らが直接あるいは間接的に関わった落石災害調査事例から、斜面上に残された痕跡をもとに落石の運動機構を解明し、落石の速度及び運動定数を逆解析によって求めた。

本論文はこれらの結果を踏まえ、落石の跳躍量の推定法について実用的計算式を提案するとともに、計算に用いる運動定数について示す。

2. 跳躍量の統計分析

これまでの現場落石実験で得られた跳躍量に関するデータから統計分析を行った。なお、実験データのうち数値データが入手できなかったものについては、落下高と跳躍量の関係を示すグラフから読みとって数値データに置き換えたものを使用した。

跳躍量のヒストグラムと累積度数多角形を作成すると図-1 のようになる。ヒストグラムの形状から跳躍量の分布は、菌原 B が正規分布に近いものの、他のデータは対数正規分布を示している。個々の実験のヒストグラムでは跳躍量と斜面特性の関係が把握しづらいことが解った。

そこで、岩盤斜面と崖錐斜面に区分してヒストグラムを描いた。その結果が図-2 である。岩盤斜面には菌原 A、高松、鳴門、山北の実験データを、崖錐斜面には菌原 B、広島の実験データを用いた。岩盤斜面での跳躍量の平均値は 1.43m、標準偏差は 0.815m である。一方、崖錐斜面では平均値が 0.83m、標準偏差が 0.504 である。岩盤斜面は崖錐斜面に比べ平均値で 0.6m、標準偏差で 0.31m 大きく、両者に明らかな相違が見られる。

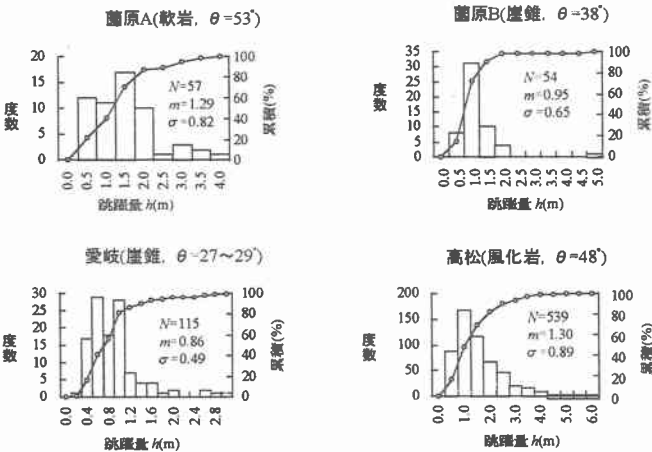


図-1 跳躍量のヒストグラムと累積度数多角形

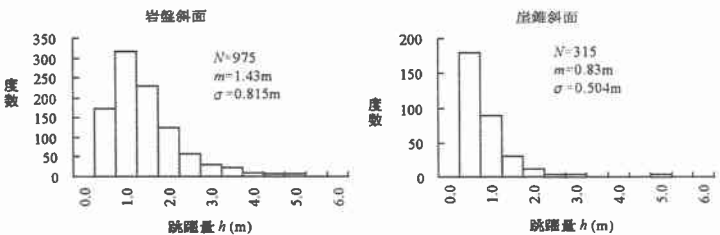


図-2 現場落石実験による跳躍量のヒストグラム

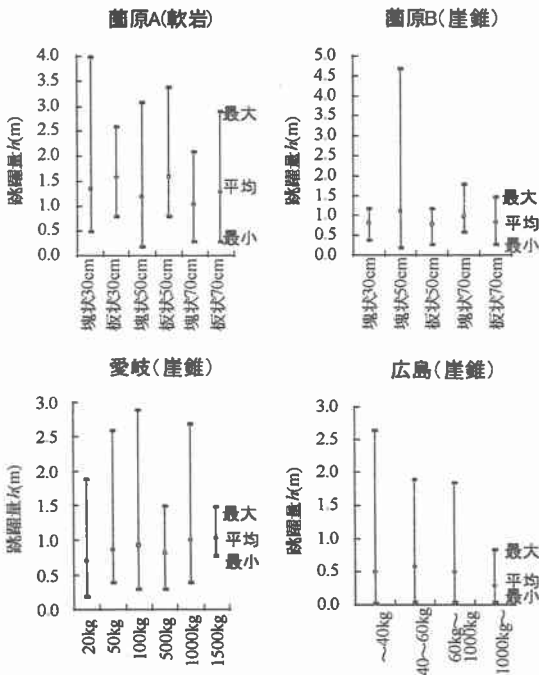


図-3 落石の形状、規模と跳躍量の関係

図-3 は落石の形状と大きさが跳躍量に及ぼす影響を調べたものである。跳躍量の平均値でみると、形状や大きさによって跳躍量が増えるとは言い難いことが解った。しかし、跳躍量のばらつきについては重量が大きくなるほど小さくなる傾向が見られる。

図-4 は跳躍量の平均値と平均斜面勾配の関係、図-5 は跳躍量の平均値と速度残存係数の平均値の関係を示したものである。直線で回帰させると、平均斜面勾配の寄与率は 0.5 であるのに対して、速度残存係数の寄与率は 0.76 と高い。このことは、跳躍量は落石の速度に依存していることを意味するといえよう。

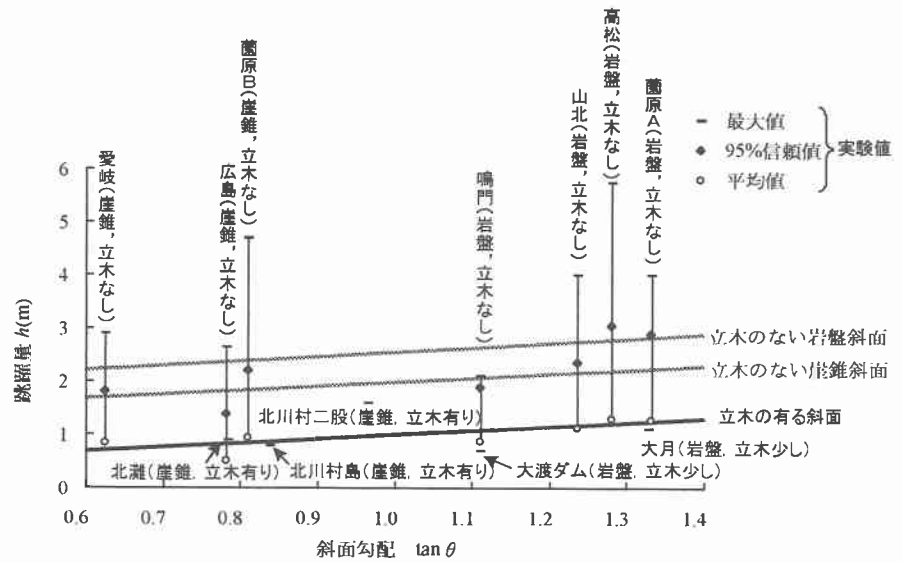


図-6 提案式による計算値と実測値の比較

る場合は標準偏差を考慮し、現場落石実験値の 95% 信頼値が得られるようにした。

図-6 は提案式によって得られる跳躍量と現場落石実験あるいは落石災害斜面で得られた跳躍量とを比較したものである。提案式を用いると実測値の 95% 信頼値をほぼ包含する跳躍量を算定することが可能である。

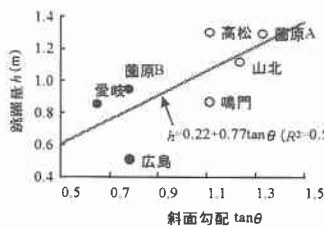


図-4 平均斜面勾配と跳躍量の関係

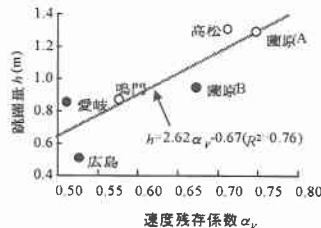


図-5 平均速度残存係数と跳躍量の関係

3. 跳躍量の合理的な推定法

跳躍量は斜面勾配よりも速度残存係数との相関性が強いが、推定式の簡便化を図るため斜面勾配 $\tan \theta$ をパラメータとしてを用いると、跳躍量は(1)式で推定することができる。

$$h = 0.22 + 0.77 \tan \theta + \Delta h$$

ただし、

$$\left. \begin{array}{ll} \text{立木がある場合} & \Delta h = 0 \\ \text{立木がない場合} & \begin{array}{ll} \text{崖斜面} & \Delta h = 1.0\text{m} \\ \text{岩盤斜面} & \Delta h = 1.6\text{m} \end{array} \end{array} \right\} (1)$$

ここに、 h は跳躍量(m)、 θ は斜面の平均傾斜角である。

(1)式で $\Delta h=0$ とおいて求まる跳躍量は、現場落石実験から得られた跳躍量の平均値である。立木があ

4. まとめ

跳躍量は斜面勾配、立木の抵抗の影響を受けることを明らかにし、跳躍量を簡便に推定する回帰式を提案した。そして、現場落石実験および落石災害斜面調査結果と対比した結果、工学的に十分な精度で跳躍量の予測が可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 吉田博・右城猛・榎谷浩・藤井智弘: 斜面性状を考慮した落石覆工の衝撃荷重の評価, 構造工学論文集, Vol.37A, 1991年3月
- 2) 日本道路公団東京支社・建設企画コンサルタント: 落石実験調査報告書, 1973年11月
- 3) 日本道路公団名古屋管理局・建設企画コンサルタント: 愛岐落石防止柵耐衝撃力測定実験報告書, 1973年9月~11月
- 4) 右城猛・村上哲彦: 落石の飛躍高の推定, 第1回落石の衝撃力およびロケットの設計に関するシンポジウム論文集, 1983年7月
- 5) 吉田博・榎谷浩・右城猛・藤井智弘: 斜面上の落石の運動形態に関する研究, 落石防災研究会, 1989年8月
- 6) 土井鐵徳: 落石の発生に関する調査, 落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会構造工学委員会衝撃問題研究小委員会, pp45~51, 1991.3.
- 7) 高橋克好: 東名高速道路(改築)供用線に近接した法面工事での安全管理, 基礎工, pp82~88, 1992年7月