

P34 GISの落石シュミレーションへの活用

- 落石経路の面的把握 -

○吉田武司, 金子智幸, 加登住誠, 藤澤泰雄(八千代エンジニアリング㈱)

1. はじめに

落石の危険のある浮石や転石が数多く分布する斜面において、経済的かつ安全な落石対策工を検討するためには、①落石が道路まで到達するか、②到達する落石は道路のどこに到達するかという落石の経路を面的に把握し、道路に到達する落石の衝突エネルギーを適切に把握することが必要である。

従来、落石は、落石対策便覧^{*1}の考え方により、対象斜面の地形から落石の経路を直線とし、その経路の始終点の座標から落石のエネルギーを算出していた。

しかしながら、落石の危険のある浮石や転石が数多く分布する斜面では、個々の浮石や転石に対する落石経路を地形に沿って検討するには多大な時間がかかるため、地形を簡略化して検討されていた。

そこで、落石経路を斜面の地形に沿って検討するために、GISを用いて、落石エネルギーを算出することを試みた。GISを用いることにより、落石エネルギーの計算に必要な条件を落石経路に沿って変化させることが可能となり、また、道路に到達する落石エネルギーの分布状況を面的に把握することが可能となった。GISは、「どこに何がある（どこがどのような状況にある）」といった情報を面的にかつ階層的に整理し、空間的な解析ができる。この特性を活かし、落石シュミレーションを効率よく行うことを試みた。

2. 落石シュミレーションのデータ作成と考え方

1個の落石エネルギーの計算は、式(1)を用いた。

$$E = (1 + \beta) \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right) m \cdot g \cdot H \quad \cdots (1)$$

ここに、

E：落石の運動エネルギー (KJ)

β ：回転エネルギー係数 (0.1)

μ ：等価摩擦係数

θ ：斜面勾配 (ラジアン)

m：落石の質量 (t)

g：重力加速度 (m/s²)

H：落石の落下高さ (m)

(落石対策便覧^{*1}より)

ここで、パラメータとなるのは、 μ ：等価摩擦係数、 θ ：斜面勾配、m：落石の質量、H：落石の落下高さである。

これらのパラメータを設定するために現地調査（浮石・転石の分布調査、地形・地質調査）を行い、浮石・転石の分布状況と質量、表面の地質、地形を把握し、浮石・転石

の分布位置、等価摩擦係数を区分するエリア、地形をモデル化した1m格子のメッシュを作成し、階層的に整理した。

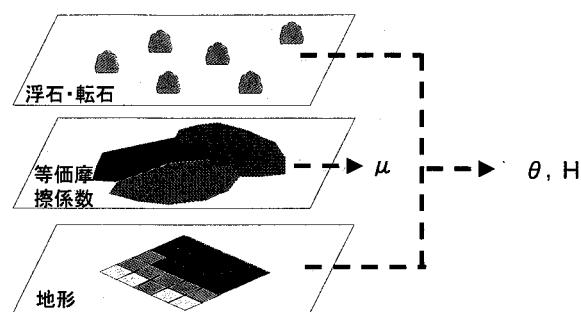


図-1 GISデータ階層のイメージ

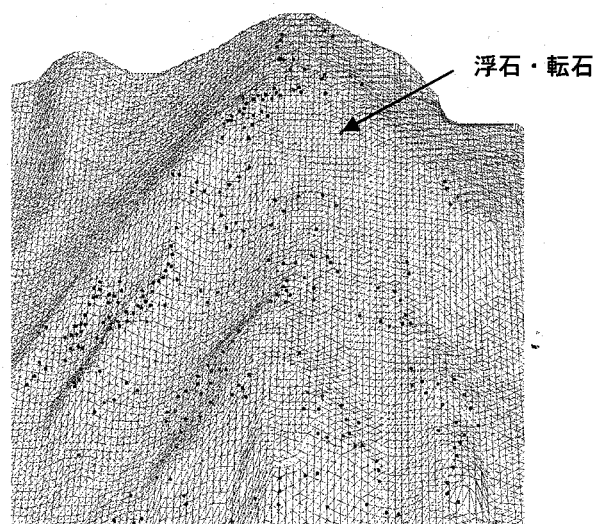


図-2 地形モデル(メッシュ)と浮石・転石の分布状況

1個の落石は、標高の低い方向へ落下していくと考え、以下の手順で落石エネルギーのパラメータを設定する。

- ① 浮石・転石のポイントデータと地形モデルを重ね合わせ、浮石・転石の位置(x, y座標)を含むメッシュを抽出し、そのメッシュの標高を浮石・転石の標高値とする。
- ② 当該メッシュに隣接するメッシュのうち標高が最も低くなるメッシュを抽出し、そのメッシュへ落石は落下していくと考え、落下先のメッシュの中心x, y座標および標高を取得する。
- ③ これで、落下の始点と終点の座標が分かるため、斜面勾配と落下の高さを算出することができる。
- ④ 落石経路と等価摩擦係数の区分エリアを重ね合わせ、落石経路に対する等価摩擦係数を設定する。

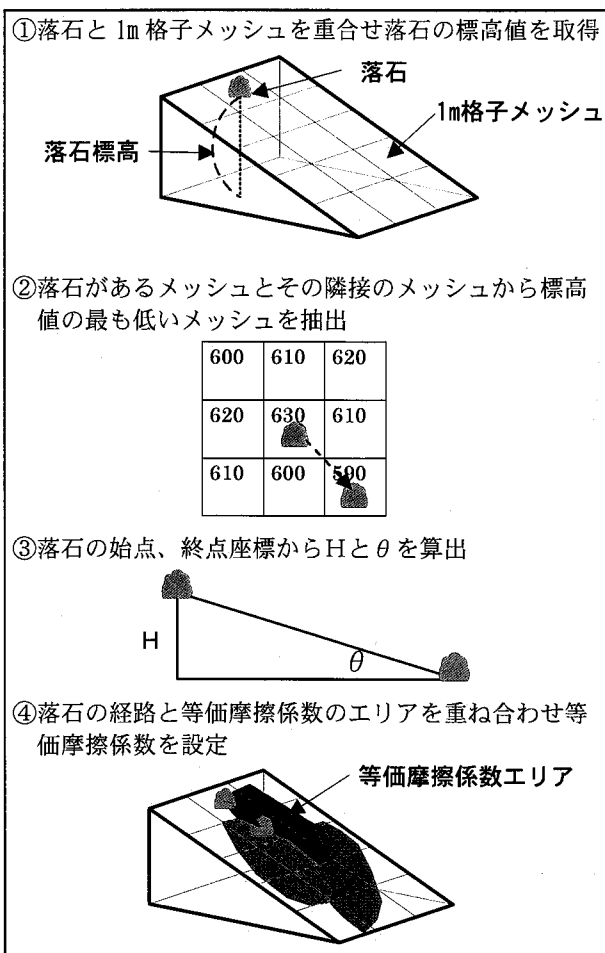


図-3 落石エネルギーのパラメータの設定方法

設定したパラメータより1個の落石の1mメッシュ間の落石エネルギーを算出する。この処理をメッシュごとに繰り返し、落石エネルギーの累積を計算終了地点での落石エネルギーとする。累積の落石エネルギーが、0以下になるか、道路端に到達した時点で計算を終了する。

これを全落石分繰り返す。

$$E = \sum_{i=1}^n (1 + \beta) \left(1 - \frac{\mu_i}{\tan \theta_i}\right) m \cdot g \cdot H_i$$

n : 落石経路のメッシュ数

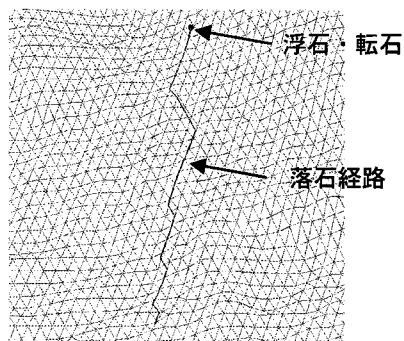


図-4 メッシュから抽出した落石経路

3. 落石シミュレーションにGISを用いた効果

落石の質量は、落石の経路により変化するものではないが、それ以外の等価摩擦係数、斜面勾配、落石の落下高さ

は、落石の経路により変化していくものである。その際、GISのオーバーレイ機能(重ね)を活用し、落石の経路に合わせたパラメータを設定しながら落石のエネルギーを算出することができ、現地の地形・地質に沿った落石シミュレーションが可能となった。また、シミュレーションの結果を視覚的に分かりやすい資料(落石経路および落石エネルギーの面的把握)を作成することができ、落石対策の検討において、有効な基礎資料を得ることができた。

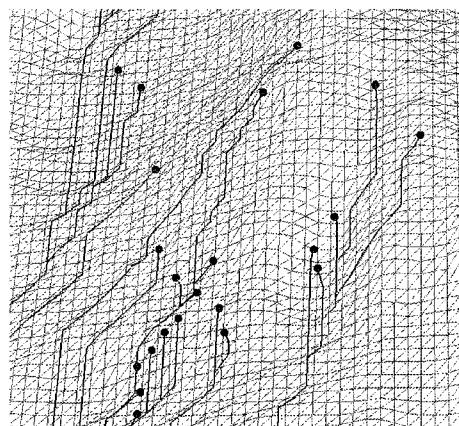


図-5 落石経路の面的把握

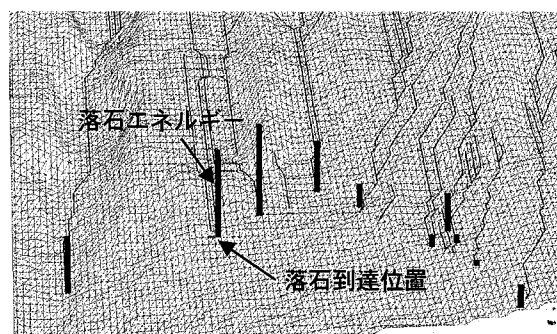


図-6 落石エネルギーの面的把握
(落石の到達位置に対する落石エネルギーの棒グラフ)

4. まとめ

今回求めた落石エネルギーを従来手法と比較すると、従来手法による計算結果の方が相対的に大きくなる傾向が見られた。よって、従来手法で落石のエネルギーを算出すると落石対策工が過大設計となる可能性があると考えられ、今回のような、現地調査結果を十分に活かしたシミュレーション手法が有効であると考えられる。

今後の課題としては、落石対策便覧に従った落石の衝突エネルギーの計算において重要なパラメーターとして等価摩擦係数がある。この等価摩擦係数により、衝突エネルギーは大きく左右される。今回は、角礫を主体とした崩壊堆積物が分布する斜面とそのほかの斜面にわけ、等価摩擦係数を別々に設定した。より精度の高い衝突エネルギーの算出には、落石実験を行い、その結果をもとに等価摩擦係数を決定することが必要と考えられる。

— 参考文献 —

1) 日本道路協会 落石対策便覧(2000)