

植生を考慮した落石シミュレーションによる危険度判定手法についての研究

金沢大学 学 ○照井 真司

金沢大学 正 榎谷 浩

1.はじめに

我が国は、環境条件が厳しいこと、生活基盤の整備に伴って新たな災害の可能性が発生したことなどから、近年では落石災害防止の必要性が高まり、落石に関する研究開発が求められるようになってきた。落石対策を行うに当たって、対象とする落石の規模や発生位置などの予測、防護施設位置における衝撃力、運動エネルギーなどが必要とされる。¹⁾

そこで本研究においては落石の運動形態についてより実用的なシミュレーション手法の確立を目指し、植生を考慮した手法を紹介する。植生が落石の運動エネルギー・回転エネルギー・落下経路にどのように影響を与えるか、また、落石と植生の衝突の際の弾性・塑性・破壊を考慮して落石がどのような挙動を示すかについて検討している。さらに、実斜面に対し本シミュレーションを用いてハザードマップを作成し、実際に生じた落石と検証している。

2. 植生の考慮

本研究では枝葉は考慮せず、木立の幹の太さを一定とした。また、すべての木立は全体座標系において $X-Y$ 平面に垂直に立っているものと仮定した。図-1 に木立のモデル化を示す。木の基本的なパラメーターとして木の高さ、木の直径、樹木密度を設定した。解析方法の詳細はここでは紙面の都合上省略する。

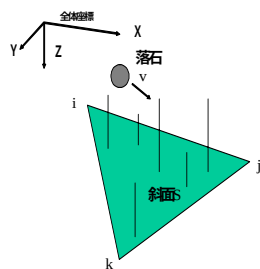


図-1 斜面上での植生の存在

落石と植生の衝突において、植生に損傷が生じる可能性がある。植生の破壊要因の一つとして、本研究では、落石の速度と衝突位置から便宜上、植生が弾性領域、塑性領域、破壊領域であるかを判定し、衝突後の速度を求めた。植生に影響を与えるモーメントは、植生は片持ち梁と衝突点に静的に荷重したと仮定し算出した。図-2 に仮定に基づいてモーメントが発生するイメージ図を示した。木の材料特性として、実際の植生と同じ特性を考えるのは非常に難しいので、図-3 のように、モデル化した。

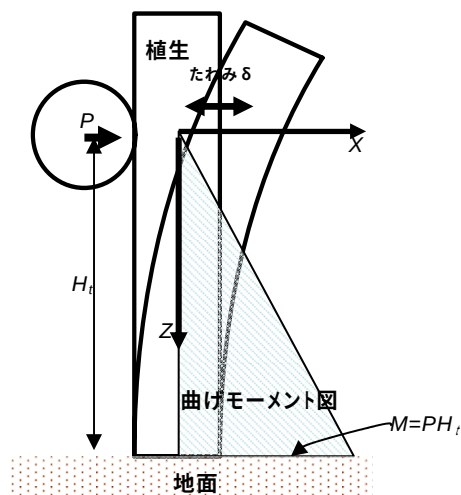


図-2 モーメント発生イメージ図

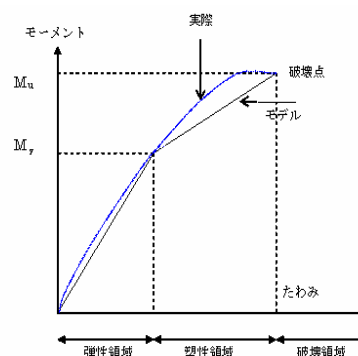


図-3 木の曲げモーメントたわみ関係

Key・Word 落石 衝突 植生設定

〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科 Tel.076-234-4603 Fax.076-234-4632

3. 解析結果および考察

解析対象とした斜面は、能登半島の外浦に位置する石川県珠洲市真浦地区である。この地域一帯は海岸まで山が切り立った、落石や崖崩れの多発地帯である。能登半島地震（3月25日）においても大規模な落石が発生し、既設のロックシェッド（八世乃同門、輪島市曾々木地区）が使用不能となっている。解析条件は落石半径 1.0 (m)、落石質量 11000(kg)、斜面と落石の反発係数 0.15、斜面と落石の摩擦係数 0.3²⁾、植生と落石の反発係数 0.1、植生と落石の摩擦係数 0.05。植生の高さ 5 (m)、植生の密度 0.01 (本/m)、植生の半径 0.1 (m) とした。また、正規分布に従うものとして標準偏差を、それぞれの条件に用いた。落石の初期位置を図-4 に示す5箇所として、各位置よりシミュレーションを 100 回行った。

図-4 は、落石の全軌跡経路を示したものである。位置 2、3 そして 4 から落下した場合には斜面途中より大きく経路が分かれていることがわかる。それに対し、1 と 5 から落下した場合には、経路の広がり比較的小さいことがわかる。これは谷型斜面であることが原因として考えられる。図-5 は、斜面ごとに落石の運動エネルギー別に色分けして示したハザードマップである。運動エネルギーが 3000KJ 未満は青色で、3000KJ 以上 6000KJ 未満は黄色で、6000KJ 以上は赤色と三色に分類して示してある。

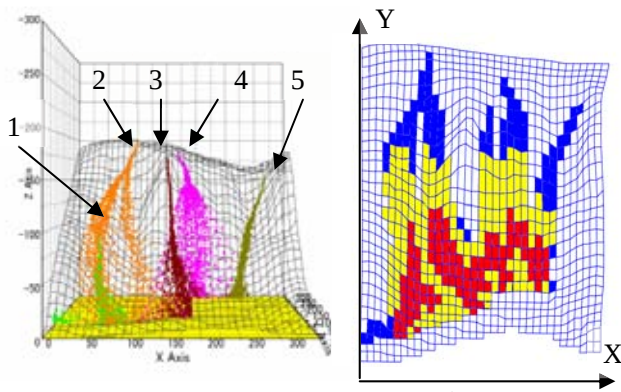


図-4 解析落石経路 図-5 ハザードマップ

2007 年 3 月 25 日の能登半島地震で、上述のように前もって予想していた場所にて実際落石が発生した。写真-1 は現場の斜面を示したものである。石の落下経路は現場の観察よりおよその経路を描いたものである。現場状況より、落石は、

質量が 4000(kg)程度、初期位置は x 座標が 150m, y 座標が 190m, z 座標が 150m と考えられたので、以上を条件として使用した。図-6 の赤は 3 次元解析による落下経路を示したものであり、青は災害での落石経路を示したものである。

解析結果は実際の落石経路にほぼ類似していることより、本シミュレーションは比較的良好に現象が再現したと考えている。

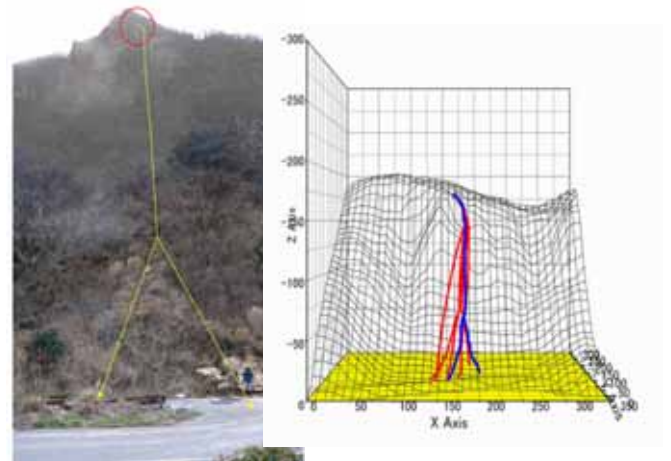


写真-1 落下経路

図-6 経路比較図

5. まとめ

落石の運動形態についてより実用的な危険度評価を目指し、開発しているシミュレーション手法について紹介した。また、能登半島地震前に行った落石の危険度評価が能登半島地震により発生した落石経路をうまく予想していたことを報告した。今後、さらに解析精度を高め危険度評価に役立てたいと考えている。

謝辞

辻 直志氏(アルスコンサルタント(株))には斜面に関していろいろご教示いただきましたことを感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 恩田恵一郎, 落石覆工の設計法についての一提案, 構造工学論文集, Vol.39A, pp1563-1572, 1992 年
- (2) 上条明洋・梶谷浩, 落石現象における反発係数と摩擦係数に関する基礎実験, 構造工学論文集 Vol.47A, 2001 年