

落石危険度評価に関する一考察

金沢大学 正 ○榎谷 浩

1. まえがき

落石は、道路、鉄道などに被害を及ぼす斜面災害の中で、発生頻度の比較的大きい現象である。落石衝突時の発生衝撃力、防災構造物の衝撃挙動については、よく研究され、防災構造物の新しい設計法の提案もなされている。しかしながら、偶発的現象であるため、事例データの集積が困難であり、落石発生の予知も一般に容易ではない。また、発生し斜面を落下する落石の運動形態など落石対策に必要とされる事項についても十分には明らかにされていない。ここでは、ロックシェッドなどの各種落石防護構造物に対して、より合理的で安全性が明らかな新しい設計を適用するにあたり必要とされる事項を落石の危険度評価を中心として考察する。

2. 防護構造物の設計について

落石は偶発荷重であるため、安全性の合理的な実質的な確保を考えると要求性能を満たす新しい設計方法が望ましいと考えられる。構造物の耐衝撃性に関する研究が、鋭意進められており、衝撃荷重や破壊挙動は部材レベルでは、明らかにされつつある。ロックシェッドなどの重要防護構造物では、落石衝突時の致命的破壊（構造崩壊）は避けなければならないが、どのような落石に対しても全く損傷が生じないことが現実的で合理的なこととは言い難い。このため、各種終局限界状態に対する許容される損傷度の具体的設定が必要である。ロックシェッド以外にも防護柵、防護壁防護網、防護壁、補強度壁など多種多様な対策工が存在、あるいは提案されている。これらは、異なる目的や設計概念に基づいて開発発展してきたものもあるので、統一的に扱おうとすると混乱を招くおそれがある。このような混乱を避け、合理的に取り扱うことのできる設計ガイドラインなどの作成も求められているのが現状である。

現在、2段階設計法によるロックシェッドなどの重要防護構造物に対しては、新しい耐衝撃設計の考え方が提案されている。レベル2の終局限界状態に対する安全性の照査は落石対策便覧式などによる最大荷重のピーク値およびエネルギー基準により行うことが考えられる。これは破壊モードが比較的簡単に予想され、エネルギー

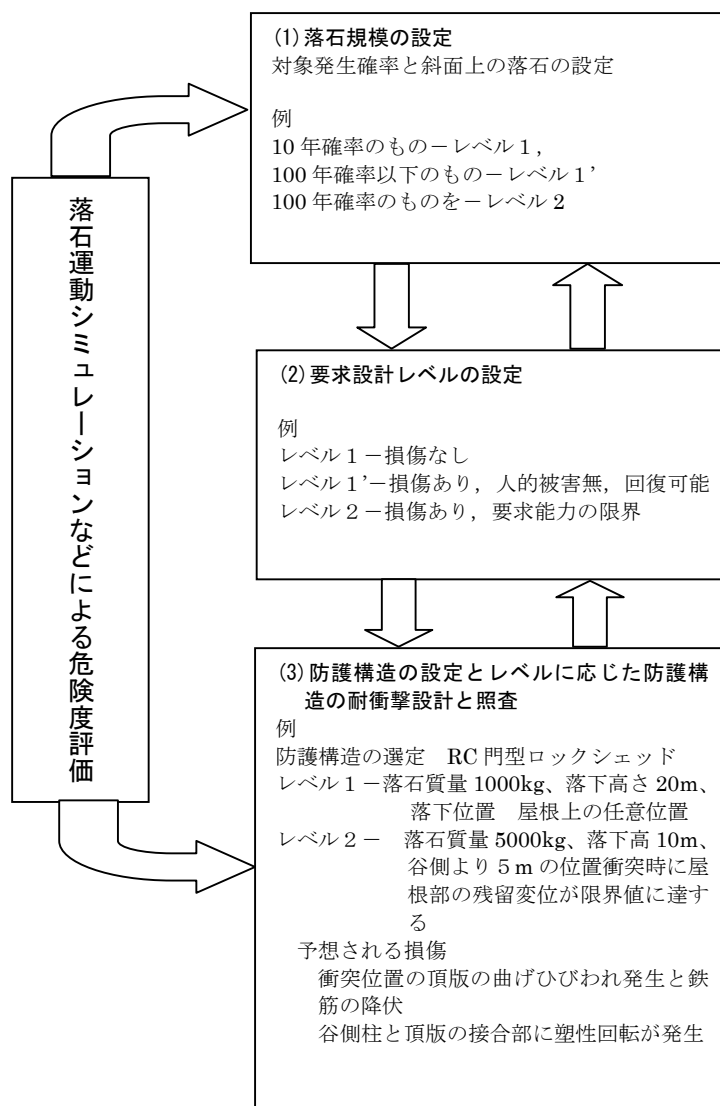


図-1 落石の危険度評価と防護工設計

キーワード 落石 危険度 設計 シミュレーション

連絡先 〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 金沢大学土木建設工学科 Tel 076-234-4603 Fax 076-234-4632

ギー一定則が仮定できる場合には、適用可能と考えられる。ロックシェッドの実物破壊事例や破壊実験事例が少ないため、終局限界状態については不明な点もあるが、敷砂を用いた鋼製ロックシェッドの簡単な実物大はりを対象に塑性域も含め伝達衝撃力と応答、伝達エネルギーについての研究もある。

3. 落石シミュレーションと危険度評価

新しい設計法の実現に向けて (1) 落石規模の設定, (2) 要求設計レベルの設定, (3) 防護対策の選定と防護構造物の耐衝撃設計手順の概念を図-1に示す。過去の落石事例から経験的に設計対象とする落石条件設定が困難な場合でも、現場の斜面調査結果

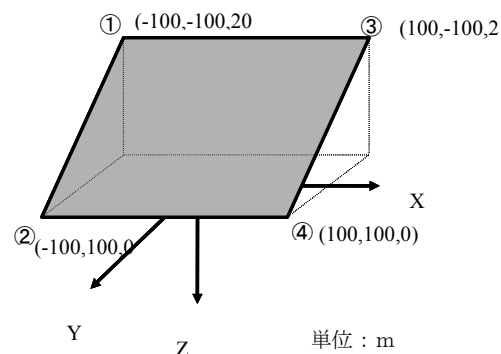


図-2 シミュレーションに用いた

を参考に発生確率を設定し、落石運動の数値シミュレーション手法の結果が、各設計レベルで設定すべき落石規模や防護対策工の選定に合理的な決定に役立てることが可能である。

著者らが開発した3次元落石運動シミュレーションプログラムを適用した斜面を示したのが図-2である。この斜面は、高さ200m、幅200mで傾斜45度の平面斜面であり、斜面には樹木が一様にあ

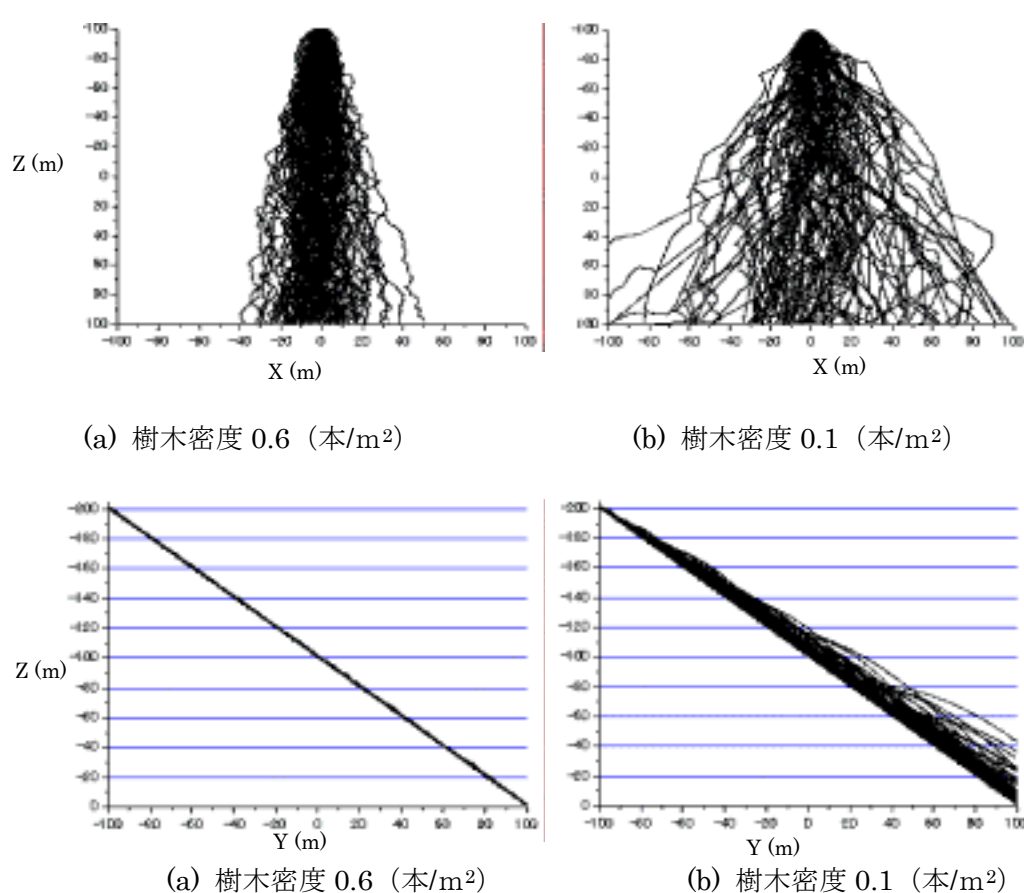


図-4 落石の軌跡 (Y-Z 平面)

るものとする。標準状態として樹木の高さはすべて5m、木の半径は0.6m、樹木密度は0.6 (本/m²) を仮定した。落石半径は0.3m、質量1000kg、斜面角度は45度、落石の斜面衝突時反発係数は0.8、落石と斜面の摩擦係数は0.1、ばね定数は $k=10^6$ (N/m)、落石が木に衝突時の反発係数は0.2、落石と木の摩擦係数は0.1とした。図-3は落石の軌跡を樹木密度を0.1 (本/m²) と変化させた場合あわせて示したものである。また図-4は横方向から軌跡を示したものである (Y-Z 平面)。以上より、樹木の密度が低いと樹木との衝突回数が減り、斜面との衝突が軌跡分布を支配し、より幅広く分布し跳躍量も増加している。

4. まとめ

本報告では、落石対策のために建設される防護工の設計に求められている事項を取り上げ概説した。落石外力や衝撃荷重下での構造物の挙動は、解明されつつあり、今後、ここで紹介したような危険度評価を合理的に行うことができれば、新しい技術を取り入れたより安全性が明確で保証された防護構造物の設計が可能である。

謝辞 秦哲嗣氏（大鉄工業株式会社）には卒業研究時に計算にご協力頂いた。ここに記して深謝する。