

斜面勾配から見た落石危険箇所の抽出法

中部大学大学院 学生会員 ○浅野 憲雄
中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫 山田 公夫

1. はじめに

全国では、年間 2,000 件以上の管理瑕疵を伴う落石災害が発生している。このような落石災害に対して行われる落石対策検討は、落石危険箇所からの落石挙動に主眼をおいて検討されているのが現状である。このため、特定した落石危険箇所からの落石挙動解析手法の研究は進んでいると考えられる。しかしながら、落石発生源の特定については、専門技術者による現地調査から判定しているのが現状であり、山地が大半を占める我が国では落石危険箇所の見逃しも多い。本研究では、地形要因から自然斜面中の落石発生源を特定する方法について提案することを目的としている。

2. 落石災害の因子

落石災害が発生する要因としては、下記のような素因と誘因が考えられる。

- | | | |
|----|---|---|
| 素因 | { | 地形要因：斜面勾配，斜面形状など
地質要因：岩質，風化，破碎状況など
その他：表層特性（植生）など |
| 誘因 | { | 気象条件：豪雨，積雪，気温変化など
外力条件：地震，風力による外力など |

図1 落石発生の要因分類

本研究では、落石発生源を特定する要因として、地形図でも分類が容易で GIS 化しやすい、地形要因の斜面勾配に着眼し、落石発生源の特定手法の検討を行った。これは、これは落石発生源が、本質的に斜面勾配が急峻な岩盤露頭であることから着目した結果である。

3. 自然斜面における岩盤露頭の条件

自然斜面において岩盤が露出するためには、表土層が形成されない条件下にあることが必要である。このため、岩盤を覆う表層が崩壊すると考えられる自然斜面における表層崩壊の危険性を示すもので、斜面勾配を求める。杉井¹⁾らが提案している式(1)は、斜面表層土層の有無を判定できるものである。

$$F_s = \frac{aZ^2 + bZ + c}{dZ^2 + eZ + f} \quad (1)$$

ここに、

$$\begin{aligned} a &: \gamma(D \sin \theta + \cot \theta / 2) \tan \phi \\ b &: \{c \cot \phi + H(\gamma_{sat} - \gamma)\} \cot \theta + \{DH(\gamma_{sat} - \gamma) + E\gamma\} \sin \theta \\ &\quad + c \tan \phi \\ c &: \{EH(\gamma_{sat} - \gamma) - cL\} \sin \theta + H^2 \cot \theta (\gamma_{sat} - \gamma) / 2 \tan \phi \\ d &: (\cos \theta + k_h \sin \theta) D \gamma \\ e &: (\cos \theta + k_h \sin \theta) \{DH(\gamma_{sat} - \gamma) + \gamma E\} + c(\cot \theta + k_h) \\ f &: (\cos \theta + k_h \sin \theta) \{EH(\gamma_{sat} - \gamma) - cL\} \\ D &= -\cos \theta \{1 + k_h \cot \theta + (k - \cot \theta) \tan \phi\} \\ E &= L \cos \theta \{(\sin \theta + k_h \cos \theta) - (\cos \theta - k_h L \sin \theta) \tan \phi\} \end{aligned}$$

崩壊斜面長: L (m), 崩壊斜面深さ: z (m), 斜面傾斜角: θ °, 土の飽和単位体積重量: γ_{sat} (kN/m³), 湿潤単位体積重量: γ (kN/m³), 水中単位体積重量 γ_{sub} (kN/m³), 粘着力: c (kN/m²), 内部摩擦角 ϕ である。

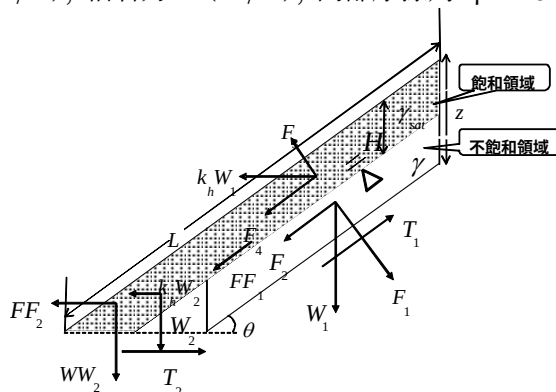


図2 斜面内の力のモデル図

式(1)を用いて、自然斜面における表土層が失われる斜面勾配を検討してみる。検討では、表土層厚を表層崩壊が発生しやすい $z=2.0$ m と仮定し、一般的な強度定数として粘着力 $c=4.0$ kN/m², 内部摩擦角 $\phi=25^\circ$ と仮定した。なお、自然斜面における表土層は、植生などに覆われることで見かけの粘着力を有するため、今回の検討では $c=4.0$ kN/m² と一般の値よりやや過大に見込んだ。検討結果を図3に示す。図3より、表土層の安全率は、斜面勾配 $45 \sim 50^\circ$ 付近を極小値となり、安全率 $F_s < 1.0$ となっている。

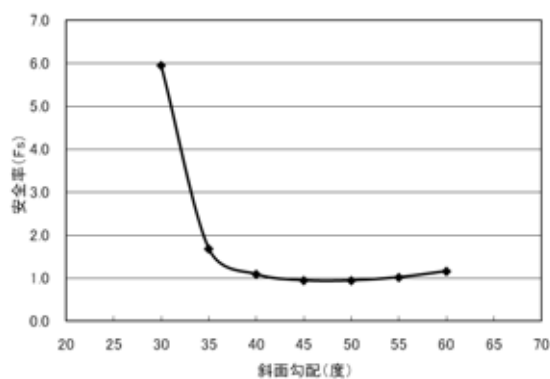


図3 斜面勾配と安全率の関係

このことから、やや過大な粘着力を有する表土層であっても、斜面勾配 50° 前後で表層崩壊し、基盤（岩盤）が露出すると考えられる。

4. 落石被害の多い道路の落石危険箇所の選定

岐阜県北部の山岳地帯は、地形的に隆起条件にあるため、落石災害が多発している。平成 8 年度に道路防災総点検が実施され、落石危険箇所が抽出された。しかし、当時の調査手法の問題で高標高部における落石発生源の把握は行われなかった。そのため点検で抽出された箇所以外でも落石被害が生じているのが現状である。

このような状況を踏まえ、本研究では、2m メッシュ DEM を GIS 上で三次元的に図化し、落石発生源となる斜面勾配 50° 以上の岩盤露頭分布状況を求めた（赤色で表示）。次いで、作成した岩盤露頭分布図に落石危険箇所等位置を上書きしたもののが図 4 である。図 4 より、検討区間約 30km のなかで、既存の落石危険箇所（76 カ所）のほかにも、道路防災総点検から抽出漏れとなった落石発生箇所（13 カ

所）の上方斜面に 50° 以上の岩盤露頭が存在することが判明した。

一般に公開されている 10m メッシュデータでは、当該区間で落石発生源となっている比高差 5m 未満の岩盤露頭を精度よく表現できなかったが、本研究に用いた 2m メッシュ DEM は、精度よく岩盤露頭を表現可能である。2m メッシュ DEM は、GIS 化した時点の精度として一般的な落石発生源である比高差 5m 未満の岩壁（急崖部）を確認でき、落石危険箇所の抽出に利用できる精度を有するものと考えられる。

5. おわりに

本研究は、落石の素因である斜面勾配に着眼し、落石危険箇所の分布状況との関係を検討した。その結果、落石危険箇所と岩盤露頭部の分布が、よく一致していることが判明した。よって、精度のよい DEM を用いた地形図で落石危険箇所を抽出することが可能となった。

今後は、落石の危険度の指標となる岩盤の地質（破碎状況など）についても研究を進め、落石危険度を表示できるように研究を進める。

謝辞 本研究は、中部大学特別研究（D）の援助を受けた。また、単位標高メッシュは、岐阜県道路維持課の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】1) 浅野憲雄・杉井俊夫・山田公夫：豪雨・地震時における斜面の安定性評価システムの構築，土木学会第 65 回年次学術講演会，2010. 2) 杉井俊夫，山田公夫，浅野憲雄：地震時における山地災害危険度評価法に関する検討，総合工学(中部大学総合工学研究所紀要)，pp.93-98, 2010.



図4 落石危険箇所と岩壁路頭分布図