

道路斜面の危険度評価手法に関する研究(その2)－落石型崩壊を対象として－

神戸大学都市安全研究センター	正会員	沖村 孝
神戸大学都市安全研究センター	正会員	鳥居 宣之
神戸大学大学院	学生会員	萩原 貞宏
神戸大学大学院	学生会員	吉田 正樹

1. はじめに

別報¹⁾では、ある国道を対象として表層崩壊に着目し、崩壊危険度評価と崩壊が発生した場合の道路に及ぼす影響度の評価（道路被災度評価）をそれぞれ分けて行い、これらを総合評価することにより道路斜面の危険度を定量的に評価できる手法を提案している。本報では崩壊形態として落石型崩壊に着目し、道路斜面の落石型崩壊に関する危険度評価手法を提案する。

2. 落石危険度評価手法

本研究では、平成8年度に実施された道路防災総点検²⁾により危険斜面と判定された斜面を対象として、本手法を適用する。なお、本研究で対象とした国道は、花崗岩で構成されている急峻な斜面沿いを通っている。

(1) 崩壊危険度評価

まず評価対象斜面で現地調査を行い、どのような崩壊メカニズムで落石が発生するかを推定する。崩壊メカニズムとして、岩盤斜面上での節理の不連続などにより岩塊が抜け落ちる崩壊形態を「落石型崩壊」とし、それに応じた力学モデルとして「オーバーハング型」、「抜け落ち型」を定義する。また岩盤斜面上で節理岩塊などが地表面に浮き出し、回転もしくは滑動により落下する崩壊形態を「転落型崩壊」とし、それに応じた力学モデルとして「回転型」、「滑動型」を定義する。つぎに、現地調査により推定されたメカニズム毎に定義された力学モデルから安全率 F を算定する。その際、地盤定数の不確実性を考慮するため地盤定数を確率変数として扱う。なお、確率分布形は土の粘着力や、内部摩擦角、単位体積重量は正規分布で近似でき、粘着力と内部摩擦角は無相関であること、また解析において単位体積重量のばらつきの影響はきわめて小さいことが確かめられている³⁾。このことから、本研究では強度定数である粘着力と内部摩擦角のみを確率変数として正規乱数を発生させ安全率 F を算定し、この操作を N 回（全試行回数）行い、安全率が 1.0 を下回る回数 N' を全試行回数 N で除したものを破壊確率 P_f とする。

(2) 道路被災度評価

道路被災度評価では、図-1に示すように既設対策工設置位置での落石の跳躍高 H_r 、落石エネルギー E_r ならびに落石の飛越範囲 L_r を算定し、これらを既設対策工の高さ H_c 、対策工の可能吸収エネルギー E_c ならびに既設対策工の設置長さ L_c と比較を行うことより落石が道路へ影響を及ぼすか否かを定量的に評価する。落石の運動は、落石対策便覧⁴⁾によると跳躍量が斜面鉛直方向に 2 m 以下となっているが、斜面勾配が急変、もしくは著しい凹凸がある場合にはこの値を超えて大きく跳躍する可能性があると考えられる。このような問題点を改善するため、右城⁵⁾はモンテカルロ法を適用した確率論に基づいた質点系の落石シミュレーション手法（以下、落石シミュレーション手法と称す）を提案し、既往の現場落石実験斜面に適用した結果、落石の運動を精度良くシミュレーションできたとしている。よって本研究では、右城⁵⁾が提案している落石シミュレーション手法を用いて、既設対策工設置位置での落石の跳躍高 H_r ならびに速度 V_r を算定

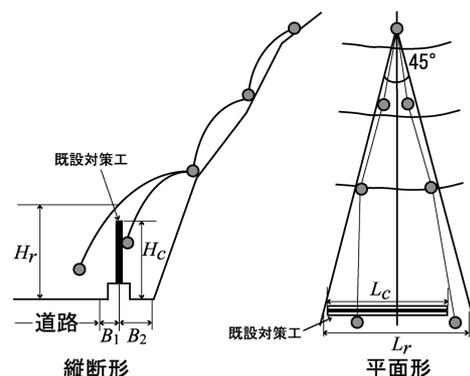


図-1 道路被災度評価に用いたパラメータの定義

キーワード 道路斜面、落石型崩壊、崩壊危険度評価、道路被災度評価

し、さらに速度から落石の運動エネルギー E_r を算定することとする。まず、落石シミュレーションを N_a 回行うとし、落石の跳躍高 H_r が既設対策工の高さ H_c を上回る回数を N_1 とする。つぎに、落石の跳躍高 H_r が既設対策工の高さ H_c 以下の場合で、かつ落石の運動エネルギーが既設対策工の可能吸収エネルギーを上まわる回数を N_2 とする。また、落石の飛散範囲については、落石対策便覧⁴⁾ よると一般に最大 45° の広がりをもつとされている。そこで、その広がりを確率的に取り扱い最大 45° 広がるように正規乱数を N_b 回発生させ、既設対策工設置位置での落石の飛散範囲 L_r が対策工の設置長さ L_c を上まわる回数を N_3 とする。これら 3 つの被災パターンから被災確率 P_d を式 (1) より算定する。なお、落石の飛散範囲 L_r が対策工の設置長さ L_c を上回れば、落石の跳躍高 H_r 、落石の運動エネルギー E_r に関係なく被災するとして、既設対策工の設置長さ L_c を落石の飛散範囲 L_r が越える確率を独立として扱っている。さらにこの被災確率 P_d に、道路災害に伴い発生する損失 C (落石の規模) を掛け合わせることで被災ポテンシャル D_p を算定する。

$$P_d = \frac{N_3}{N_b} + \left(1 - \frac{N_3}{N_b}\right) \left(\frac{N_1 + N_2}{N_a}\right) \dots (1)$$

(3) 総合評価

総合評価としては、破壊確率 P_f と被災ポテンシャル D_p の積からリスク R を算定し、その値の大きなものを対策優先順位の高い斜面と考える。リスク R は崩壊危険度評価と道路被災度評価を合わせた指標であり、これにより、落石崩壊発生に対する危険性と崩壊が発生した場合の被害規模といったものを合わせて考えることができる。

3. 適用結果

本研究では、ある国道を対象地として 8 斜面に対して本手法を適用した。破壊確率 P_f 、被災ポテンシャル D_p ならびにリスク R の算定結果を表 - 1 に示す。破壊確率 P_f の算定結果より、対象斜面内において No.6-1 が最も崩壊の発生危険度が高く、ついで No.4, 1 という結果となった。また被災ポテンシャル D_p の算定結果から、崩壊が発生した場合に道路に生じる損失が最も大きい斜面は No.6-1 であり、ついで No.4, 5 という結果となった。さらに、リスク R の算定結果より総合評価結果としては、No.6-1 が最も危険度が高く、ついで No.4, 1 という結果となった。また、No.5 と No.3 を比較すると、No.5 は No.3 より破壊確率 P_f が小さいが、被災ポテンシャル D_p は No.3 より大きいため、リスク R としては No.5 の方が大きくなっている。これは、被災ポテンシャル D_p が大きく影響しているためであり、道路のような保全対象物がある斜面において、崩壊危険度と道路被災度の両者を考慮したリスク R という指標を用いることは有効であると考えられる。従って、リスク R を用いて対象斜面内における防災対策優先順位判定を行うと、No.6, 4, 1, 5 の順で対策がなされるべきであるといえる。

表-1 破壊確率 P_f 、被災ポテンシャル D_p 、リスク R の算定結果

斜面 No. / 算定値	1	2	3	4	5	6-1	6-2	6-3
破壊確率 P_f	0.055	0.001	0.015	0.110	0.005	0.430	0.020	0.025
被災ポテンシャル D_p	0.015	0.021	0.002	0.221	0.047	3.852	0.000	0.000
リスク R	8.5×10^{-4}	2.1×10^{-5}	3.0×10^{-5}	2.4×10^{-2}	2.3×10^{-4}	1.7	0.0	0.0
防災対策優先順位	3	6	5	2	4	1	7	7

4. まとめ

本研究では道路斜面における定量的な落石の危険度評価手法の提案を行った。今後は、落石発生に与える外力の影響を考慮に入れることにより、より精度の高い道路斜面の危険度評価手法を提案したいと考えている。

参考文献 1) 鳥居宣之ら：道路斜面の危険度評価手法に関する研究 (その 1) - 表層型崩壊を対象として - , 第 57 回年次学術講演会講演概要集, 2002. , 2) (財)道路保全技術センター：平成 8 年度道路防災総点検要領 [豪雨・豪雪等], 160p. , 1996. , 3) 松尾稔：地盤工学 - 信頼性設計の理論と実際 - , 技法堂出版, 407p. , 1984. , 4) (社)日本道路協会：落石対策便覧, 422p. , 2000. , 5) 右城猛：剛性擁壁の合理的な土圧評価法と落石の運動に関する研究, 愛媛大学学位論文, pp.146 334, 1997.