

Assessment of the hazard from rock fall on a highway  
高速道路上での落石災害のアセスメント

評価の段階：リスク分析

キーワード：Rock Fall, Risk, Hazard, Highway, British Columbia

概要

1982年、British Columbia (B.C.) 高速道 99 号の "Argillite Cut" で発生した車両への落石事故（死者 1 名、負傷者 1 名）で、被害者側は地方運輸省と高速道路管理者に対し損害賠償請求で勝訴した。カナダ最高裁は、適切な維持管理がなされていない状況で地方省は高速道路の利用者に発生する危険性のリスクは予め予知できたものであり、さらに管理作業では落石による傷害防止を進めることにより発見が可能であったと判断した。

本論では、この切取り斜面に面する区間での落石による車両支障および死亡事故の発生確率を求めるために行われた検討が紹介されている。その算出結果では、当該区間で一度だけの利用者と毎日定期的に利用する場合の死亡する確率はそれぞれ  $6 \times 10^{-8}$  と  $3 \times 10^{-5}$  / 年であった。また、この "Argillite Cut" で危険にさらされた住民が落石により死に至る 1 年あたりの確率は  $8 \times 10^{-2}$  であった。この確率は、各種の産業や大規模事業における一般的なリスクのレベルより高いものであった。

【道路上での落石災害形態】

- 走行車両に直接落下した岩塊が衝突
- 停車中の車両に落下岩塊が衝突
- 走行車両が道路上に落下した岩塊に衝突
- 道路支障による遅延、迂回等の経済損失
- 道路構造物の損傷

【問題点】

リスクの評価を正確に行うためには落石の発生頻度に関する情報が不可欠であるが、ここでは道路管理者側から公表された落石災害の記録が不完全であることがわかった。

公表された落石発生回数（2.2 回 / 年：ただし径 0.15m 以上の大きさ、等の条件）

【落石発生回数の調査手法】

落石発生の情報を補完する記録として落石が多発する斜面区間のアスファルトの落石衝突跡を利用した (Figure 1)。その結果、4.75 年経過した延長 393m のアスファルト上に 84 個の落石の衝突跡が確認された。このうち、道路の走行面上に達していないもの、1 度の発生時に複数の衝突跡が残される等を調査結果から検討し、上限で 73、最適解で 43 件の落石が車両と衝突する可能性があるものとした。これは 1 年に上限 15.4 件、最適解で 9.1 件となる。

また、道路上に止まる可能性がある岩塊については、小型車両の最小クリアランスを 0.15m とし、これをクリアできる最小の球状岩塊の体積は 180cm<sup>3</sup> となることから、1 年当たりの落石は 2.0 個から 2.4 個と計算される。

### 【危険度評価】

#### 計算条件

車両の危険度を評価するために、通行状態と落石の発生条件を単純化している。

通行車両は、落石と無関係に時間的および空間的に均一の分布とし、それぞれの車両はすべて同一の車両長とした。

落石は通行車両と無関係に当該区間に沿って時間、空間的に均一に発生することとした。

### 【計算結果】

この仮定より、岩塊と車両が衝突する確率を二項定理に基づいて、落石災害形態 ~ について

年間に 1 台かそれ以上の車両に事故が発生する確率、 $P(A)$  と、年間に特定の 1 車両に事故が発生する確率  $PAV$  を計算した (Table1)。

さらに、この結果といくつかの仮定により死亡事故に至る確率を求めている。

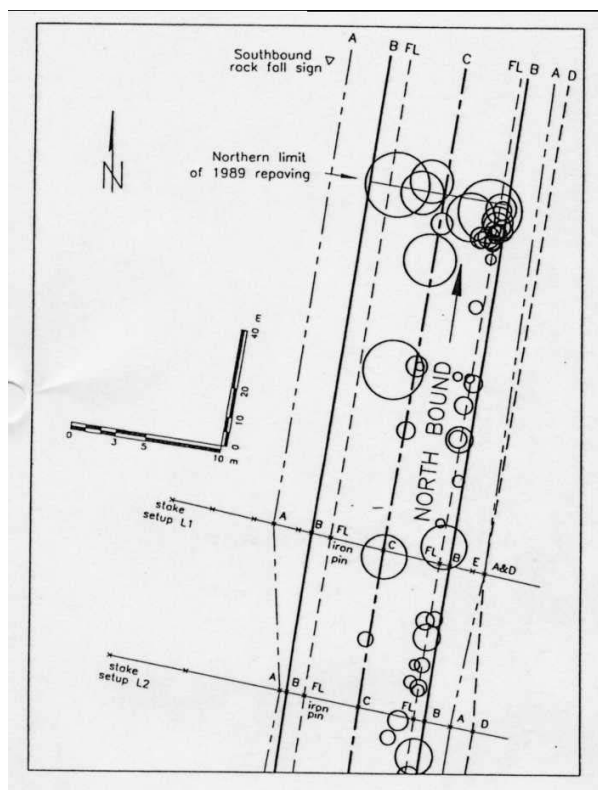


Figure 1 Mapping of the rock fall impact mark in the asphalt of the northern half of the Argillite Cut

Table1 Probability of an accident at the Argillite Cut assuming different rock fall frequencies.

Type of accident	Reported rock falls, 2.2/year	Best estimate from rock impact marks, 9.1/year	Upper bound from rock impact marks, 15.4/year
<b>Stationary vehicle, falling rock</b>			
$P(A)$ (per 0.5 h stop)	$5.5 \times 10^{-5}$	$5.7 \times 10^{-5}$	$5.7 \times 10^{-5}$
$PAV$ (per 0.5 h stop)	$1.4 \times 10^{-6}$	$5.6 \times 10^{-6}$	$9.1 \times 10^{-6}$
<b>Moving vehicle, falling rock</b>			
$P(A)$ (per year)	$2.9 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-1}$	$1.9 \times 10^{-1}$
$PAV$ (per trip)	$1.7 \times 10^{-8}$	$6.7 \times 10^{-8}$	$1.1 \times 10^{-7}$
<b>Moving vehicle, fallen rock</b>			
$P(A)$ (per year)	$5.6 \times 10^{-1}$	$5.6 \times 10^{-1}$	$5.6 \times 10^{-1}$
$PAV$ (per trip)	$3.2 \times 10^{-7}$	$3.2 \times 10^{-7}$	$3.2 \times 10^{-7}$

【考察および結論】

当該区間での落石発生確率といくつかの一般に許容し得るリスクのレベルを比較検討した (Figure 2) . その結果, 一回の道路使用での死亡する確率は  $6 \times 10^{-8}$  のオーダー, 日常的な通勤者では  $3 \times 10^{-5}$ /年であり, これは火災や水の事故により死亡するリスクに匹敵する. また, 当該区間における死亡事故の原因となる落石発生の年確率は  $8 \times 10^{-2}$  であった.

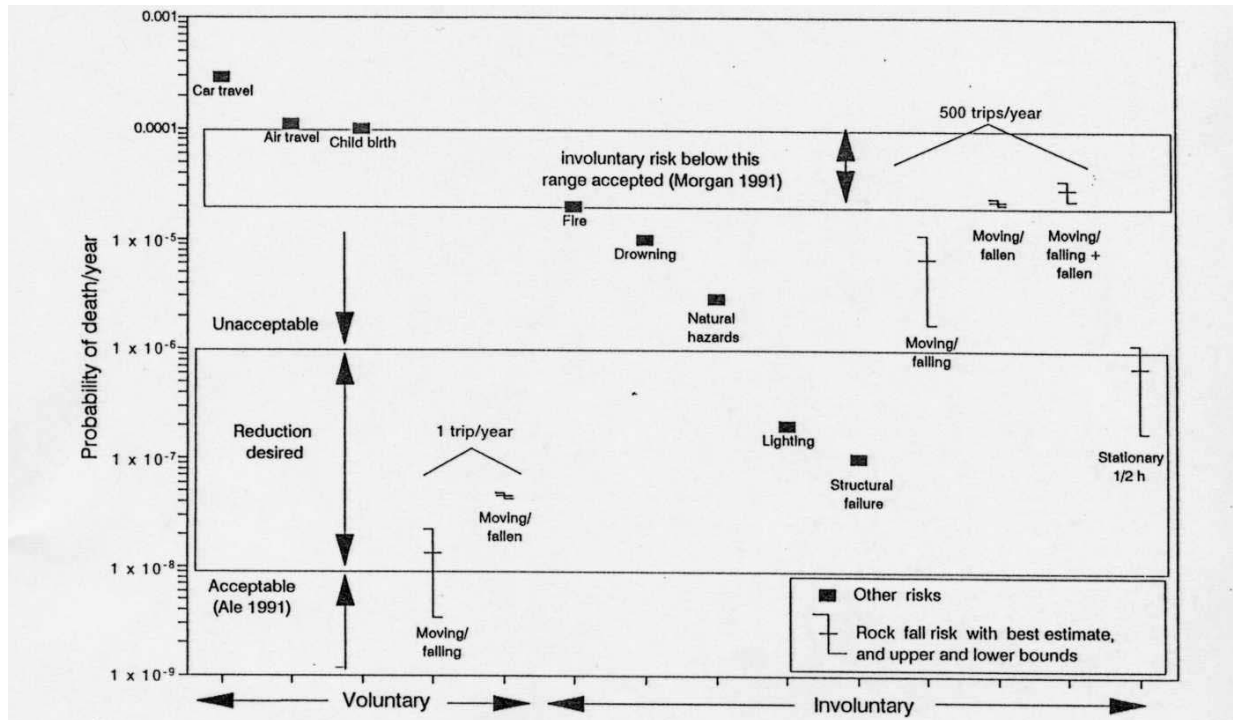


Figure 2 Probability of death of an individual in the Argillite Cut compared with the risk of involuntary and voluntary activities.