

雪崩の3次元運動シミュレーションと構造物への衝撃力評価

金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 金沢大学工学部 正会員 池本敏和
 金沢大学工学部 学生 ○多田成宏

1. まえがき

近年、住宅地の建設やスキー場の開発・拡大などに当たって、雪崩危険地帯の決定がますます必要かつ重要になってきた。雪崩の防止策としては雪崩防止施設の設置などが考えられるが、同施設がその機能を充分発揮するためには、雪崩がどこで発生し、どのような経路をたどって、どこで止まるかを予め明らかにしておかなければならない。そこで本研究では、雪崩が地形の影響を受けるどのような運動走路をとるのかを数値計算し、雪崩防護工設置のための基礎資料を得るために検討を行なった。

2. 雪崩の運動

雪崩の慣性効果による走路のそれは、雪崩防止施設の設置の際には無視し得ないものとなる。このことを考慮して、雪崩の走路や到達距離などを考える上で比較的単純であり、有効であると考えられる3次元の納口モデルを用いて雪崩運動の解析を行なった^{1), 2)}。納口モデルでは抵抗係数 μ と δ の2つのパラメタによって、雪崩に作用する抵抗力 R を次式のように表している。

$$R = \mu N + \delta m V^2$$

ここに N は地形面からの拘束力、 m は雪崩の質量、 V は雪崩の速度である。本解析では、雪崩を質点モデルと置き Runge-Kutta-Gill法による数値計算により解を求めた。

3. 解析例および考察

北陸ある地区で昭和38年の豪雪時に発生した雪崩を例に運動解析を試みる。実地形を利用した解析では10m間隔の格子を考え、雪崩がその格子の中に入ったときは格子の4点の標高を比例配分することで、雪崩の標高を求めて、解析を行なった。図1は対象地区的地形図である。地元民の説明によると、雪崩の発生点はA点付近、到達点はB点付近であり、雪崩はB点の山側の家屋を破壊し、B点付近の家の軒先で止まったとのことであった。A点とB点との見通し角は約30度であり、この辺はあまり木が育たない場所である。また、同地区の解析を Voellmy 式を用いて既に行なった結果によれば、雪崩の最大速度は18 m/sec程度であった。³⁾ μ と δ の組み合わせのなかで当時の雪崩の走路とほぼ一致し最大速度が18 m/sec程度になるものは、 $(\mu, \delta) = (0.2, 0.0151 [1/m])$ であり、このときの解析結果例を図2に示す。一般には雪崩がどこで発生するかを限定できないことから、図1に示した範囲に10,000箇所の発生点を考え、雪崩の走路や防護

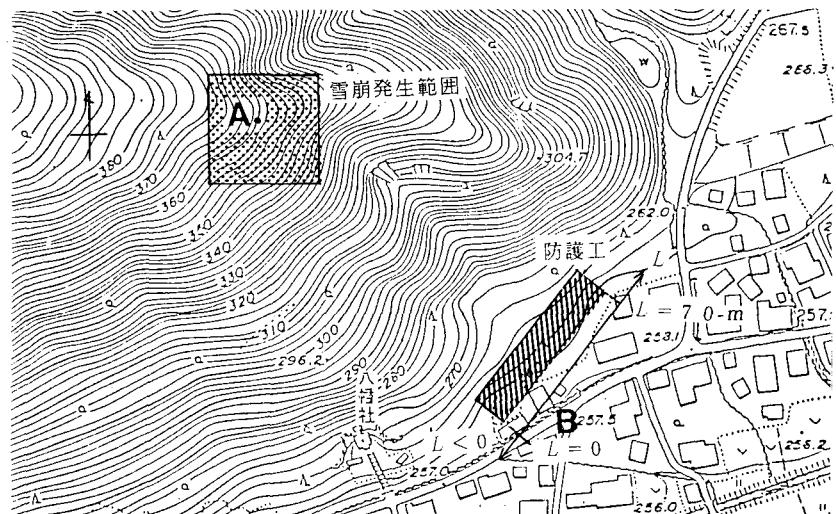


図1 解析対象地区的地形図

工へ到達するときの速度（防護工に対して垂直成分）を求めた。結果を図3に示す。図1に示すように防護工は $L = 0 \sim 70\text{m}$ に作られているが、 $L = 27 \sim 38\text{m}$ の位置で最大速度、平均速度とともに大きくなっている。このあたりの標準偏差が大きい原因として、雪崩発生点や走路の違いなどが考えられる。このように求めた雪崩到達位置での最大速度をもとに防護工の設計耐力を算定すると、単位面積当たり 4.77 tf/m^2 の力（雪崩の単位体積重量を 0.42 tf/m^3 と仮定した場合⁴⁾）となり、この程度の力を見積れば防護工は雪崩に対して安全であるといえる。

図2の雪崩の走路を見ると、C点付近で雪崩の走路が交わっていることがわかる。すなわちこのあたりに雪崩の防護施設を設けることによって、防護工に到達する多くの雪崩を防止することができる。C点付近を通過する雪崩を防止できたと仮定した場合の、雪崩到達位置に対する速度の分布を図4に示す。図4に注目すると $L = 28 \sim 43\text{m}$ の位置で最大速度が小さくなってしまっており、 $L = 38 \sim 43\text{m}$ の位置では、標準偏差も小さくなっている。この場合の雪崩到達位置での最大速度をもとに防護工の設計耐力を算定すると、単位面積当たり 3.47 tf/m^2 の力となり、上述の場合と比較すると約 1.3 tf/m^2 の設計値の減少を見積もれることがわかった。

4.まとめ

本解析では低抵抗係数 μ 、 δ は一定であると仮定し、雪崩の速度が 18 m/sec となるようにした。しかし、実際の全層雪崩速度は $10 \sim 30\text{ m/sec}$ の値となるので⁵⁾、 μ と δ もその範囲内ではばらつくと考えられる。また雪崩の密度など確率論的にしか取り扱えない部分についての検討結果は、講演時に発表する。今後は、雪崩防護工の信頼性設計のための基礎資料を得よう努める予定である。

参考文献

- 1) 納口恭明：モデル地形における雪崩の運動走路、国立防災科学技術センター研究報告書、第31号、pp. 153-174、1983. 11.
- 2) 納口恭明：実際の地形上での雪崩の運動走路 I、国立防災科学技術センター研究報告書、第38号、pp. 147-168、1987. 3.
- 3) 北浦勝・池本敏和：流動係数の評価誤差が雪崩の3次元運動に及ぼす影響、第5回雪工学シンポジウム、pp. 55-58、1989. 1.
- 4) 日本建設機械化協会：新防雪工学ハンドブック、p. 89、1977. 12.
- 5) 雪崩対策研究会：雪崩とその対策、p. 51、1987. 12.

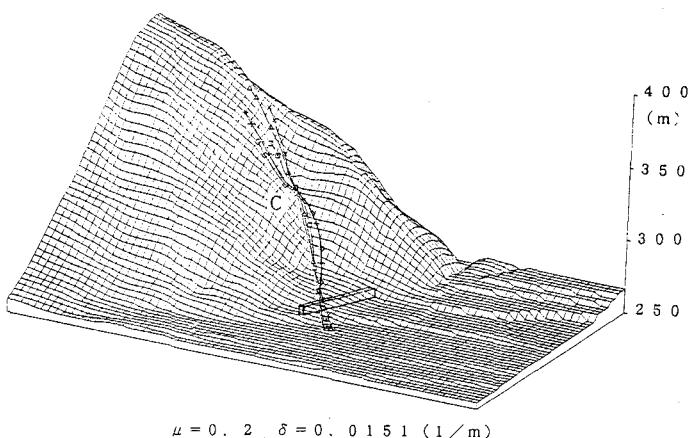


図2 雪崩の経路

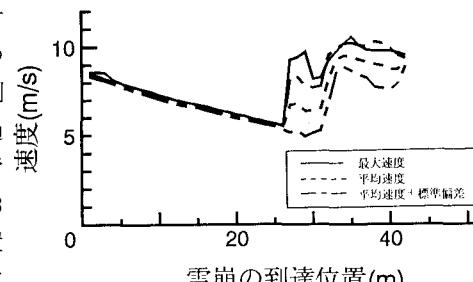


図3 到達位置における雪崩速度

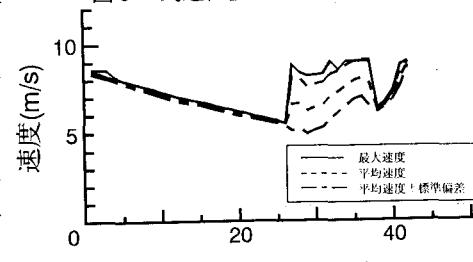


図4 到達位置における雪崩速度
(C点に防護施設を設けた場合)