

寒冷地における熱収支法を用いた融雪量と確率年評価

中央大学理工学部 学生員 ○畠山 哲臣
中央大学大学院 フェロー会員 江花 亮

中央大学大学院 学生員 新谷 勇樹
中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

わが国の地形は山地と丘陵地帯が 70%を占めており、自然の斜面が多く平坦な土地が少ないという特徴を有している。そのような条件のもと、日本に多く存在する自然の斜面は人為的な理由によるもの以外に、時間による風化、台風、地震や豪雪などの自然災害により、斜面崩壊や地滑りが発生している。そのため災害に対する警戒・避難体制が多数構築されている。寒冷地域においては融雪が原因で起こる土砂災害が頻発し、多くの人命・財産が失われている。しかし、現行の土砂災害警戒・避難システムには融雪の効果が考慮されていないのが現状である。著者らは従来から寒冷地における新しい法面保護設計手法の構築を目的とし、融雪量を確率年の概念を用い、法面・擁壁に影響を与える外力の一つとして評価することを提案している。本論文は、融雪量を算出する手法として気温・風速・日射等の多くの気象因子を考慮する熱収支法を用いて融雪量を算出し、確率年評価を行い算定対照地点において比較したものである。



図1 気象観測台の位置図 (Yahoo地図)

2. 融雪量の算出

本研究では寒冷地における斜面及び擁壁崩壊を防ぐことが目的であり、降雨と共に融雪量を設計外力として評価することを提案している。融雪量を一つの設計外力として評価するためには、正確な融雪量の算定が必要である。積雪表面では日射量・大気放射・気温・風速等の様々な要素によって熱交換が行われた結果融雪が起こる¹⁾。積雪域では日射量の大部分は反射され各熱収支量は小さい。しかし、積雪内部では熱伝導率と熱容量が共に小さいが、積雪表面の温度変化が激しくなる様々な要因によって融雪に与える影響は変化する。熱収支法は融雪の影響因子として時々刻々と変化している気温・日射・風速などの多くのデータを用いる方法である。熱収支法の式を以下に示す。

$$Q_s + Q_{Melt} = Q_G$$

$$Q_G = (1 - Al)I_s + L_d \downarrow - \varepsilon_s \sigma T_s^4 - H - IE + Q_B + Q_R$$

ここに、 Q_s : 積雪の温度を上昇させるエネルギー、 Q_{Melt} : 融雪に使われるエネルギー、 Q_G : 積雪層が表面と底面から得る正味のエネルギーであり、 Al : 積雪表面のアルベド、積雪表面のアルベドは日平均気温を用いて算出しており、日付ごとに算出したアルベドを適用している²⁾。 I_s : 斜面全天日射量、 $L_d \downarrow$: 下向き大気放射量、 $\varepsilon_s \sigma T_s^4$: 上向き長波放射量、 H : 顕熱伝達量、 IE : 潜熱伝達量、 Q_B : 積雪底面から入ってくる地中伝導熱、 Q_R : 雨の熱量、顕熱伝達量のバルク係数: 2×10^{-3} 、潜熱伝達量のバルク係数: 2.1×10^{-3} 、

射出率: 0.97, Stefan-Boltzmann 定数: $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ とし、降雨による熱量に関しては、降雨時に発生する潜熱の影響が大きく降雨自体の熱量は微小なことから今回は考慮しない。また斜面全天日射量は天頂角、緯度、太陽の赤緯、太陽の南中からの時角、太陽・地球間の距離とその平均値を用いて算出した。上式より熱収支法で融雪量を算出する際、風速、日照時間、日射量など多くのデータが必要となる。これらのデータは気象庁の気象観測データを用いて算出している。そして、必要とするデータが全て得られる青森県青森、秋

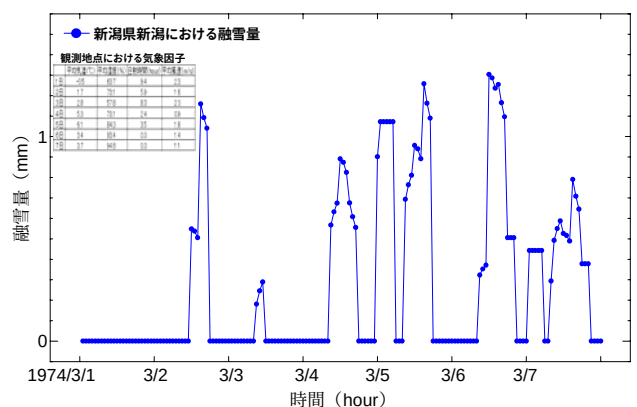


図2 熱収支法から求めた融雪量の時系列

田県秋田, 岩手県盛岡, 山形県山形, 新潟県高田の対象 5 地点(図-1)で, 期間を 1965~2008 年の 3 月 1~7 日の融雪量を算出した。熱収支法より算出した融雪量の時系列と日ごとの累積融雪量の比較を図-2, 3 に示す。その結果, 日照時間や風速, 気温などを含む気象因子の値が小さい場合においてもアルベドの値が小さいと融雪量は大きくなり, 熱収支法はアルベドの値が大きく影響を与える。また図-2 に示される新潟県上越市の 3 月 5 日と 3 月 7 日の夜間における融雪に関しては, その時間帯の気温が他の日に比べ高いことがわかった。これより, 熱収支法を用いてこのように融雪量を算出された。

3. 融雪量の確率年評価

河川治水計画を策定する際に確率年の概念を用いて降雨量や流量を評価することは一般的に広く行われているが, 擁壁・法面設計する際に融雪量に対して確率年を用いて評価した事例は少ない。これは融雪量を算出する際に, 土地の形態・斜面勾配・対象地点の標高や気象条件により変化する気温・日射・風速・地熱など影響因子の様々な要因があるため定量的評価が難しいからである。しかしながら積雪地域では, 台風や豪雨のみならず融雪期に斜面・法面の崩壊が発生し, 重大な事故をもたらすことが度々ある。そこで, 上記のように多くの気象因子を用いる熱収支法で融雪量を算出し, 本章により推定することが困難な外力としての融雪量を確率年の概念を用い定量的に評価する。確率年を評価するにあたり Gumbel 確率紙を使い 2 章で算出した融雪量のプロットに対してよく表現していた分布型である Gumbel 分布を用いて求めた。結果を図-4 に示す。例えば青森県青森においては 1965~2008 年における選定期間(3 月 1 日~3 月 7 日)での算出した融雪量が 94mm であり, そのときの確率年が 70 年であることがわかった。現在の法面保護対策において融雪は設計外力の一つとして考慮されていないが, 本研究により積雪の多い寒冷地において土砂災害などを引き起こす外力の一つとして融雪量を確率年の概念を用い定量的に評価することが可能になった。

4. まとめ

本稿は寒冷地において融雪量を算出し確率年評価を行い比較したものであり, 得られた知見を以下に示す。

- (1) 融雪量算出において, 日照時間や風速, 気温などの気象因子が小さい値であってもアルベドが小さい値の場合でも融雪量は大きくなることがわかった。また日射がない時間帯における融雪に関しては, 気温が他の日と比較し高いことがわかっており, 放射収支量がなくても気温が高いと融雪が起これることがわかった。
- (2) 融雪量を設計外力の一つとして, 定量的評価を行うことは難しいとされているが, 確率年の概念を用いることによって定量的に評価することが可能になった。例えば, 青森県青森においては, 融雪量を 70 年確率と想定したときに一週間の累積融雪量として 94mm 程度であることがわかった。

参考文献

- 1) 近藤純正: 水環境の気象学 地表面の水収支・熱収支, pp240-249, 1994.
- 2) 新谷勇樹, 富澤彰仁, 呉修一, 江花亮, 山田正: 寒冷地における降水量・融雪量の確率年評価, 第 34 回関東支部技術研究発表会, II-024, 2007.

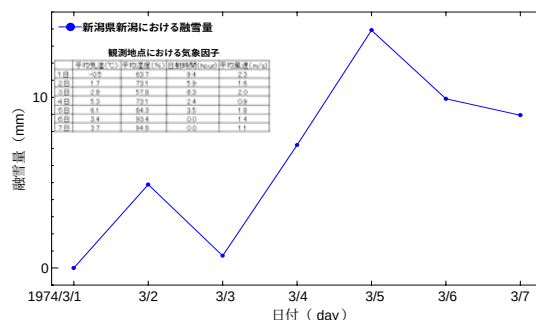


図-3 熱収支法から求められた日ごとの累積融雪量

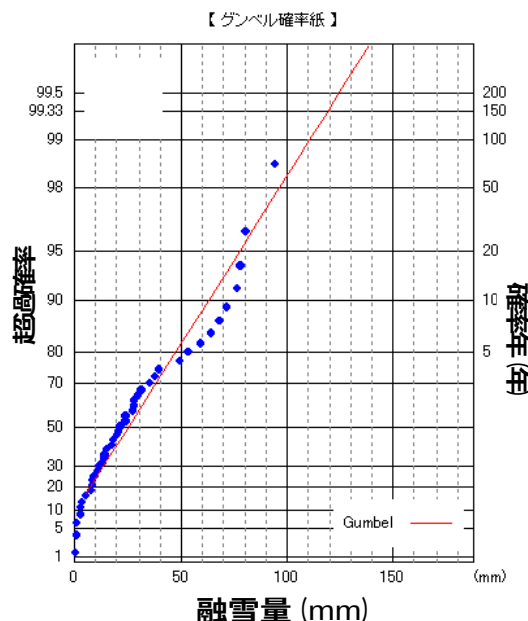


図-4 青森県青森における融雪量の確率年