

寒冷地における融雪量の確率年評価

中央大学大学院 学生員 富澤 彰仁 中央大学大学院 学生員 呉 修一
中央大学大学院 フェロー会員 江花 亮 中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

わが国の土砂災害は梅雨期から台風期の豪雨によって発生する事が多く、土砂災害に対する警戒・避難態勢も、連続降雨量、時間最大降雨量などの降雨を対象として構築されている。しかしながら、寒冷地帯では融雪に起因する土砂災害が頻繁に発生し、多くの人命・財産が失われている。現行の土砂災害警戒・非難システムに融雪の効果は考慮されないのが現状である。本論文は、過去の融雪出水に伴い発生した擁壁崩壊事故を一例とし、水文・気象・地質特性の観点から融雪流出が擁壁崩壊に与える影響を定量的に検討し、寒冷地における融雪量を確率年の概念を用いて評価するものである。

2. 擁壁崩壊事故の概要及び発生地点における気象条件

擁壁崩壊事故の発生した箇所は、片側が急峻な山腹、他方は一級河川にはさまれた山間部道路の斜面である。法面防護工として法面擁壁とコンクリートブロック積擁壁が延長約70mの長さで施工されていた。その内の50m区間の法面防護工が崩壊し道路を埋没させた。事故発生当日は晴天であり、その年は近年稀に見る豪雪年であった事、擁壁箇所は集水しやすい地形であったこと等、擁壁崩壊事故の主要因は融雪流出であると考えられた。また、解析対象とした気象データは、事故発生現場（標高：357m）から西方約7km地点に位置する気象台観測所（標高：290m）のデータである。また年最大積雪深に関しては前年までの平均187cmに対し事故発生年が302cmと例年の約2倍を記録しており、豪雪年であったことが容易に推測できる。事故発生日までの降雪量[cm]、積雪深[cm]、日平均気温[℃]、降水量[mm]を図-1に示す。図-1に示されるよう、3月に入ってからの温度の急上昇に伴い積雪深が減少しており、これは融雪流出によるものと考えられる。

3. 融雪量の算出方法

本研究では事故発生前の温度の急上昇に着目し、3月3日～7日（事故発生日）における融雪量をDegree・Day法、積雪深の減少量から求める方法の2通りを用いて算出する。

(1) Degree・Day法

図-1に示す日平均気温を用い3月3日から3月7日（事故発生日）までの5日間における融雪量をDegree・Day法より求める。Degree・Day法とは、当該期間内における融雪に寄与するある一定温度以上の有効気温の積算値に融雪係数をかけ、算出する方法である。本論文では、融雪に寄与するのは0℃以上として計算を行った。融雪係数 k の値に関しては、日本においては時空間的にも変化するが、3～7程度の値をとると言われている¹⁾。よって、融雪係数 $k=3, 5, 7$ として融雪量を求めた。2月1日から3月7日まで求めた日融雪量[mm/day]、累積融雪量[mm]を図-2に示す。求めた結果より2月1日～3月7日までの累積融雪量は73.5mm～171.5mm、温度が急激に上昇した3月3日から3月7日（事故発生日）までに39.9～93.1mm生じ、これに、降雨量46mmを記録しているため、事故発生日までの5日間に斜面へと供給された水分量は85.9～139.1mm程度に相当することがわかった。

(2) 積雪深の減少量から求める方法

キーワード 融雪量、確率年、擁壁崩壊

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院 理工学研究科 Tel03 - 3817 - 1805

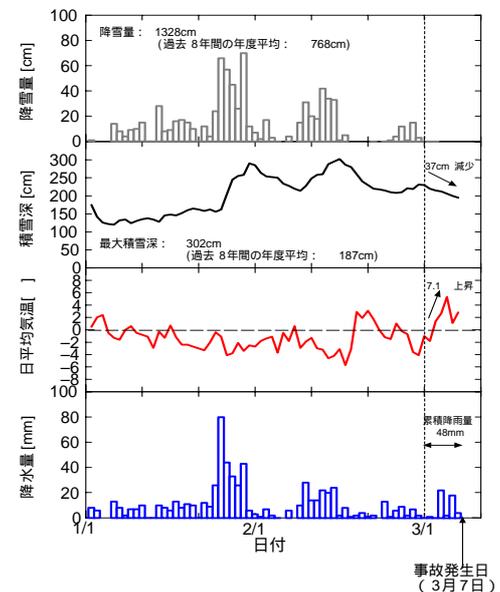


図-1 降雪量、積雪深、日平均気温、降水量の時系列（1974年1/1～3/7、気象台観測所のデータ）

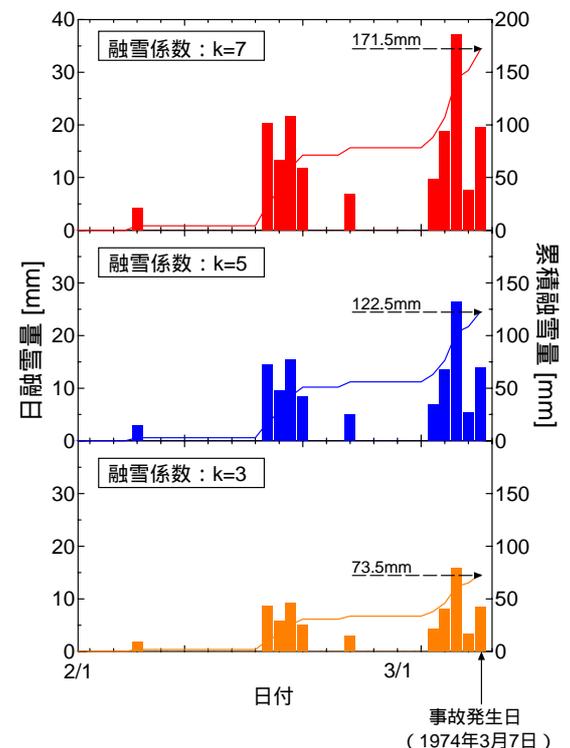


図-2 Degree・Day法より求めた累積融雪量[mm]及び日融雪量[mm/day]

図-3は1974年2月24日～3月7日における金山(標高324m, 斜面崩壊地点から東へ約7km)の積雪深, 日平均気温, 降水量の時系列である。これより2月24日～28日にかけて金山では26mmの降水があり, その時の積雪深の増加が36cmであることがわかる。金山の気温が0以下であったことから, この降水は雪である。この時の雪の密度は降水量(26mm)を積雪深の増加分(36cm)で除すことにより求めることができ, これを新雪の密度とする。また, この期間で積もった雪は2月28日～3月2日にかけて積雪深が11cm減少した。気温が0以下であったことから, この積雪深の減少は雪の圧密に寄与すると考え, 雪の質量が一定であるとする降雪直後の新雪の質量と雪の圧密による積雪深の減少量の関係から雪の圧密後の密度を求めることができる。求めた結果より, 気温が急激に上昇した1974年3月3日～3月7日において, 28.3mm～29.8mmの融雪が生じていることがわかった。また, Degree・Day法により求めた融雪量と比較すると同期間内において融雪量に差が生じていることがわかる。熱収支法を用いた融雪量の算定や, 標高の異なる地点における融雪量との比較によりさらなる考察が必要となる。

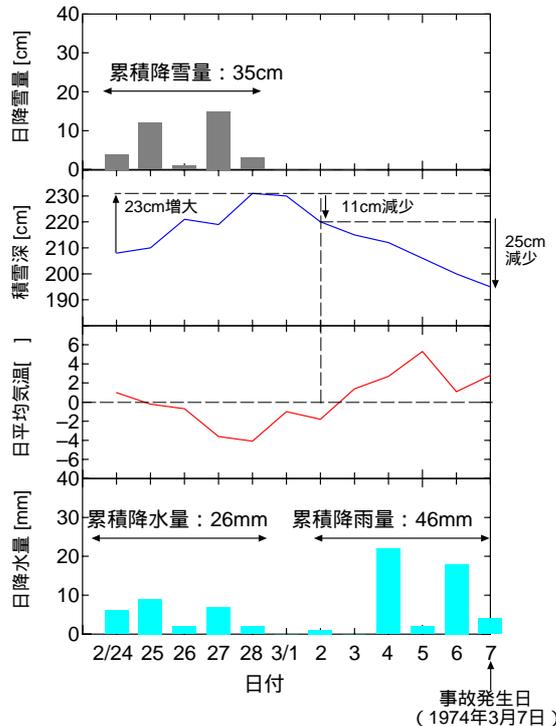


図-3 2/24～3/7までの降雪量, 積雪深, 日平均気温, 降水量の時系列(1974年)

4. 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事は一般的に広く行われている。しかしながら, 融雪量に対して確率年を用いて評価した事例は少ない。これは融雪量の影響因子として気温, 日射, 風速, 地熱等, 多くの要因が影響するため定量的評価が難しいためである。しかしながら積雪地域では, 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。このような斜面崩壊は, 降雨を伴わない天候下で発生する事が多く, 融雪水が地盤内へ多量に供給されることに起因して発生するものと考えられている。そこで, 上記のように, 融雪量は積算気温や積雪深の減少量で表現可能であることから, ここでは推定の困難な融雪量を確率年の概念を用い評価する。確率年を評価するにあたり融雪量の超過確率は Hazen プロットを用いて求めた。図-4は Degree・Day法及び, 積雪深の減少量から求めた融雪量の確率年である。これより, 各方法において算出した1965～2005年における当該期間(3月3日～3月7日)での融雪量が最大でも約100mmであり, その時の確率年が80年であることがわかった。現在, 法面保護対策において融雪に伴う地下水水位の上昇は考慮されていない。融雪量を確率年の概念を用い評価し, その融雪量に対して流出計算, 斜面の安定計算を行うことにより想定すべき地下水水位, すなわち擁壁背面に作用する水圧を算出することが可能となる。これにより, 融雪量の確率年評価が寒冷地における斜面・法面崩壊を考える上で重要な指標になり得ることを示した。

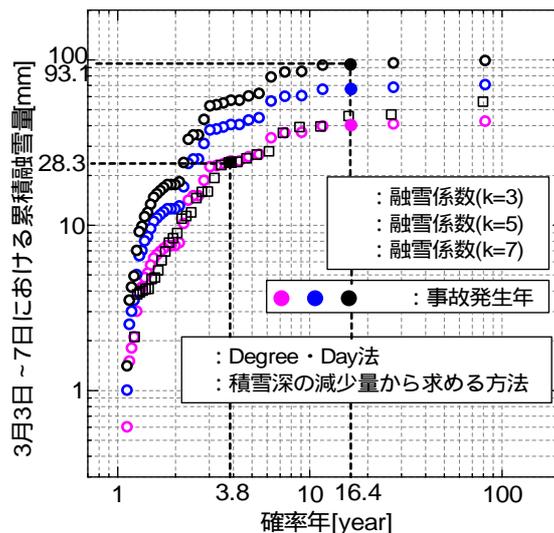


図-4 Degree・Day法及び積雪深の減少量から求めた累積融雪量の確率年

5. まとめ

本論文は, 寒冷地における融雪を考慮した法面保護設計手法の構築を目的とし, 融雪量の確率年評価を行ったものである。以下に得られた知見を述べる。

- (1) 擁壁背面地盤の崩壊の原因となる融雪量を Degree・Day法, 積雪深の減少量から求める方法の2通りを用い定量的に算定した結果, 事故発生年である1974年3月3日～7日において最小で30mm程度, 最大で100mm程度の融雪が生じ, 例えば80年確率の融雪量を考える場合, 100mm程度の融雪量を考慮すべきことがわかった。
- (2) 融雪量を確率年を用い評価するという新たな考えを提案した。これにより寒冷地の法面保護対策において現在は考慮されていない融雪量を定量的に評価することが可能となった。

参考文献

1) 太田岳史: 水文・水資源ハンドブック, 水文水資源学会編集, pp54 - 55, 1997。