

融雪流出が擁壁崩壊に与える影響評価

中央大学大学院 学生員 ○呉 修一 (株) 協和コンサルタンツ 東京事業部 正会員 酒井 孝
(社) 福島県建設産業団体連合会 正会員 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

寒冷地における法面保護工法に関して、各種の凍結・融解対策は施されているが、融雪流出に伴う地下水圧の影響は十分に考慮されているといえない。そのため融雪流出が主要因と考えられる斜面崩壊等の事例は数多く報告されており、融雪を考慮した法面保護対策工法等の設計法の確立が重要となっている。本報文は、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、法面の安定性を検証したものである。

2. 擁壁崩壊事故の概要

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。事故発生当時は晴天であり、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に位置していたこと等、総合的にみて擁壁崩壊事故の主要因は融雪流出であると考えられた。

3. 事故発生地点における気象条件

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 5km 地点に位置する気象台観測所（標高：290m）のデータである。降雪量は過去 8 年間の平均 768cm に対して事故発生年は 1328cm に達し、平年の約 2 倍の降雪量を記録している。年最大積雪深に関しても前年までの平均 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 月に入ってから温度の急上昇に伴い積雪深が減少しており、融雪流出が生じたものである。2 月中の積雪深の減少は気温が 0℃以下の状態で生じており、圧縮沈下によるものとする。

4. Degree・Day 法を用いた融雪量の計算

図-1 に示す日平均気温を用い 3 月 1 日から 3 月 7 日（事故発生日）までの 7 日間における融雪量を Degree・Day 法より求める。Degree・Day 法とは、融雪に寄与するのはある一定の温度以上の気温であり、当該期間の有効気温を積算したものに融雪係数をかけ求める方法である。ここで、融雪に寄与するのは 0℃以上とした。融雪係数 k の値

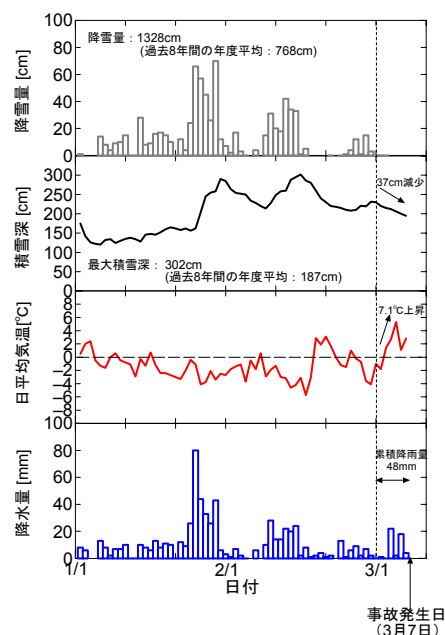


図-1 降雪量，積雪深，日平均気温，降水量の時系列
(1/1～3/7，気象台観測所のデータ)

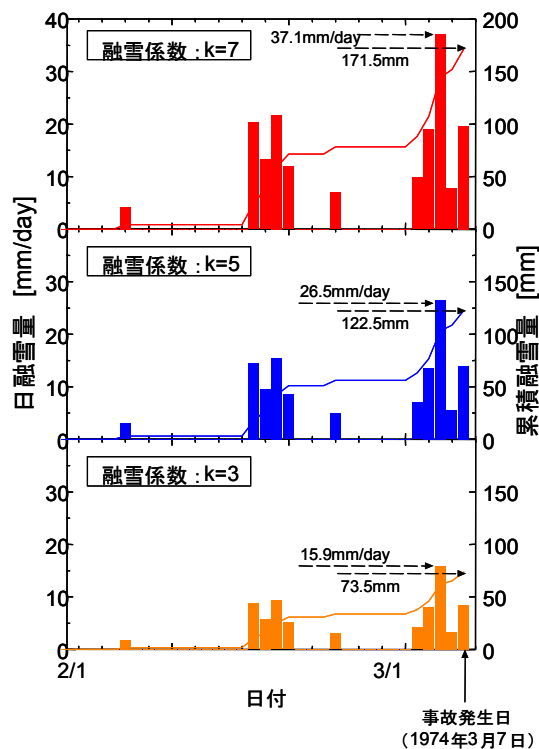


図-2 Degree・Day 法より求めた
累積融雪量[mm]及び日融雪量[mm/day]

キーワード：寒冷地，融雪流出，壁面崩壊

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 Tel03-3817-1805

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 $k=3, 5, 7$ として計算を行った。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、事故発生当日までの1週間（3月1日～3月7日）に39.9～93.1mm生じ、最大の日融雪量として15.9～37.1mm/dayが生じることがわかった。これに、降雨量48mmを記録しているため、事故発生日までの一週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。

5. 擁壁崩壊事例での検証

図-3に崩壊したブロック積み擁壁の断面図を示す。擁壁崩壊箇所の地形は、崩壊斜面の山腹に段丘が発達していると同時に、地下には河川に向かって傾斜した難透水層がすべり面に近い傾斜で分布していた。このような地形地質から、浸透水は難透水層に沿って流れ、すべり面を形成しやすい条件であった。崩壊（すべり）の原因と法面保護の対策工を検討するため、地質測量調査等を行ってすべり面、石積み擁壁背面の地盤定数（強度・透水係数等）を確認した。また崩壊の主要因と考えられる水圧分布は不飽和浸透理論に基づく流出計算を行い求めた。上記4.の検討から斜面に供給された水分量として降雨強度15mm/dayの矩形降雨を倒壊斜面に1週間与え、斜面末端境界条件を不透水とし壁面を想定した（図-4）。擁壁背面の水圧分布は7日間で7.2m上昇する結果となった。このような浸透流解析の考えは昨今、堤防の安全性評価で使用されてきてはいるが、当時は一般的でなかった。これらの結果を基にJanbu法等の安定計算を用いてすべりの原因を検討した。斜面の安定計算の結果、石積み擁壁は地下水位が無い状態ですべりに対する安全率は1.2の所要安全率を示しているが、擁壁背面に過大な水圧が作用すると安全率が1.0未満となって石積み背面地盤がすべり破壊を生じることが分かった。

6. まとめ

- 1) 擁壁背面地盤の崩壊の原因となる融雪量をDegree・Day法を用い定量的に算定し、この結果をすべり安定計算に反映した。
- 2) その結果、融雪流出量によるのり面の安定性を定量的に把握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，pp. 54-55, 1997.
- 2) 能登繁幸，川西是，根守克巳：融雪期における道路のり面の崩壊とその対策，寒地技術シンポジウム論文報告集 pp. 304-309, 1985.

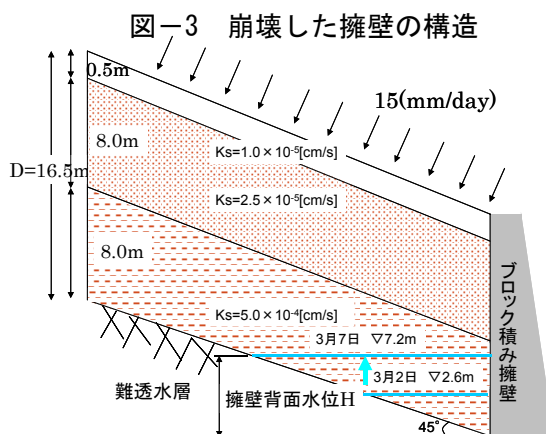
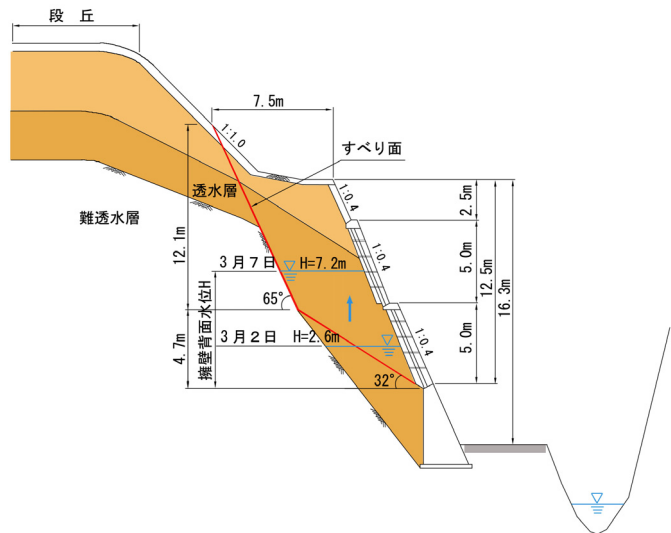


図-4 浸透流解析断面モデル図

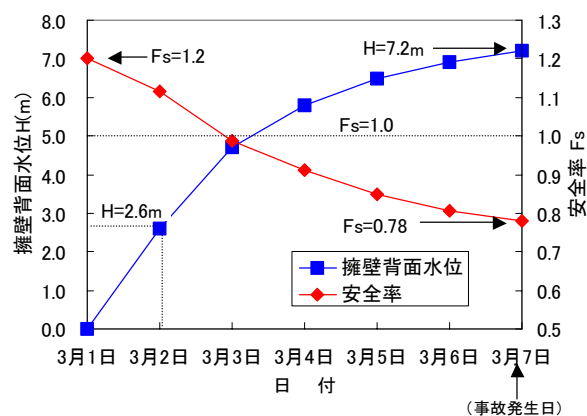


図-5 擁壁背面水位と安全率