

105 斜面における積雪の崩落に関する実験

建設省土木研究所○藤澤 和範

下村 忠一

はじめに

人家、集落に被害を及ぼす雪崩は一般に流動距離が長い。流動距離の大小は等価摩擦係数を用いた検討が既になされており、ボリュームの大きい雪崩は遠くまで到達することがわかっている。ここで問題になることはどの様な条件の時にボリュームの大きな雪崩が発生するかということである。ここではボリュームに関係する要素として発生面積と発生厚さのうち、発生厚さに焦点を当てて研究を実施する。

1 研究目的

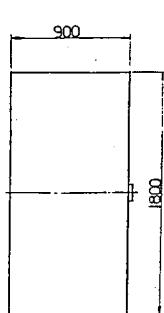
斜面における積雪の崩落条件を明らかにする。

2 研究方法

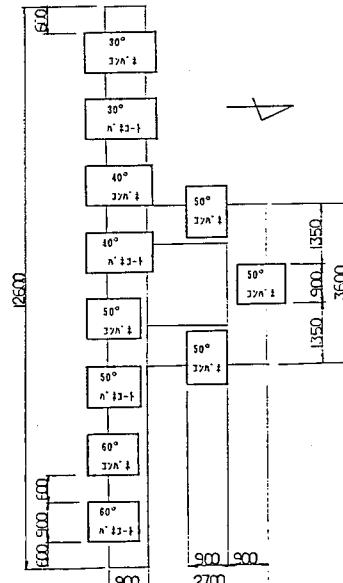
新潟試験所構内に勾配の異なる斜面を設置して、積雪の進行状況を観察すると共に崩落の発生時刻、その時の積雪厚さ等について調査を行うものである。

3 実験の概要

一連の降雪毎に積雪の崩落した時間とその時の積雪厚さ等を調査するため、構内に図-1に示す模型斜面を設置した。



詳細図



平面図

図-1 実験施設平面図・詳細図

実験は一連の降雪毎に行い、斜面上の積雪の崩落条件について検討した。実験の開始は新潟試験所の降雪予測データおよび天気予報より決定した。実験の観測日時は下記の通りである。

実験1：1月 8日 10:00～16:006時間

実験2：1月30日 9:30～21:3012時間

実験3：2月 1日 6:00～2月 3日 10:40 ...52.7時間

実験4：2月19日 9:00～17:008時間

実験5：2月23日13:30～2月24日10:3021時間

4 実験結果

4. 1 崩落時の状況

積雪の崩落前に発生する亀裂の発生状況の一例を図-2に示す。バネコートのキレの入り方は各々一定ではなかったが、最初のキレの発生箇所は最上部か中央部のものが多かった。中央部のキレ発生は多数見られたが、雪尺が取り付けてあることに起因していることも考えられるため今後検討する必要がある。実験では積雪の進行と共に発生する上部と左右のまくれ雪をカットし雪尺等の影響が出ない様にしていた。

コンバネの崩落状況は1月9日60°南向きと2月19日の50°東向き斜面で斜面全体に及ぶ積雪の崩落があった。しかし崩落後の斜面には一部付着した雪が見られたが、膜面には冰板の付着は見られなかった。斜面方向の違いによる膜面の状態を2月3日の9:40に観測した。斜面勾配の違いと斜面方向の違いによって膜面状態にも違いが見られた。コンバネ斜面の積雪が融け出すと、全体が徐々に滑り上部に斜面が現れ、下端は巻き垂れ状になって来る。

4. 2 斜面勾配と崩落までの時間

斜面方向が同一（南向き）のバネコート斜面では、斜面勾配が増すほど崩落までの時間が短くなる傾向であった。また、斜面勾配の違いによる崩落までの時間差は一連の降雪における観測ではありませんなく、0.4~1時間以内であった。

図-3に斜面勾配と崩落までの時間を各実験毎に示したものである。

4. 3 斜面勾配と崩落時の積雪厚さ

斜面勾配と崩落時の積雪厚の観測結果を図-4に示す。バネコート斜面では崩落時の積雪厚は斜面勾配が大きくなるにつれて小さくなる傾向がある。

4. 4 斜面勾配と積雪厚変化・積雪状況

時間経過に伴う積雪厚の変化は降雪の強度に

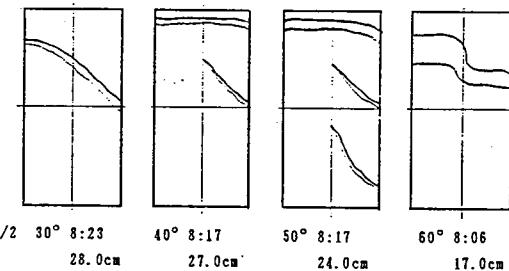
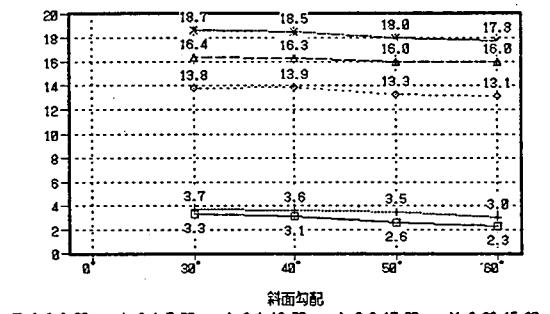


図-2 亀裂の発生状況

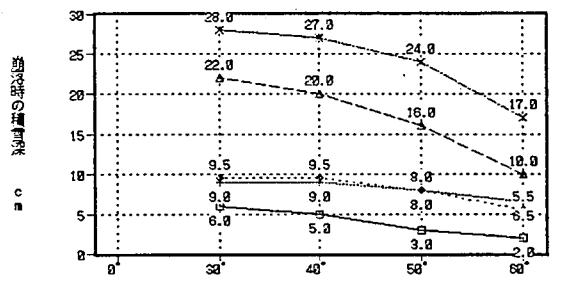
材質：バネコート



□ 2/2 9:00~ + 2/1 7:00~ ◊ 2/1 19:00~ ▲ 2/2 17:00~ × 2/23 15:30~

図-3 斜面勾配と崩落までの時間の関係

材質：バネコート



□ 2/2 9:00~ + 2/1 7:00~ ◊ 2/23 15:30~ ▲ 2/1 19:00~ × 2/2 17:00~

図-4 斜面勾配と崩落時の積雪深の関係

材質：バネコート
2/2 9:00~11:00

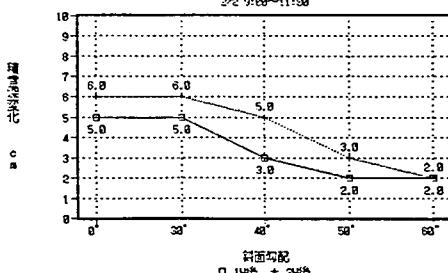


図-5-1 斜面勾配と積雪厚さの時間変化

よって必ずしも一定にはならない。気象条件によっては積雪の減少もあるし、コンバネの様に長時間にわたっての観測では斜面勾配によって観測途中に崩落も見られた。

積雪厚の変化は斜面勾配によって異なる。パネトでは斜面勾配が大きくなるにつれて積雪厚は小さくなる傾向がみられる(図-5)。

斜面の向きによる積雪厚の変化について観てみると、2月1日6:00～2月3日10:00までの観測では2月2日1:00から東向きの積雪厚が増えた。その原因を明らかにするため構内の気象データを調べた。斜面方位によって積雪厚に変化が現れる原因として風向・風速の変化が考えられる。2月1日6:00から風向NE～ENE・風速2m/s程度であったものがちょうど2月2日1:00から無風状態になっている(図-6)。2月23日13:30～の観測では東向き斜面の積雪厚が多くなったが、構内の気象データが欠測のため風向、風速の影響かどうか判断できなかった。

4.5 崩落時の膜面温度等と積雪厚

崩落時の膜面温度を調べたところ全ての場

合、0℃より高かった。しかし崩落時の膜面温度と積雪厚の関係には顕著な傾向は見られなかった。また気温と積雪厚についても調査したが顕著な傾向は観られなかった。

4.6 剪断力と外気温・膜面温度

剪断力は斜面積雪が崩落する上で重要な要因である。パネトとコンバネの崩落時の剪断力を比較すると表-1のようになりパネトの方が剪断力が小さいことが分かる。パネトの膜面は塗装してあるため融雪水が浸透せず、かつ滑面であるため滑り易い。また積雪下面と膜面との間で凍着があるものの氷板は薄く凍着が弱い。したがって、外気温の上昇にともない剪断力が低下し雪崩し易くなる(図-7)。一方コンバネは膜面に塗装がないため融雪水が浸透し易く、膜面と積雪下面との凍着が強く、生成される氷板も厚い。

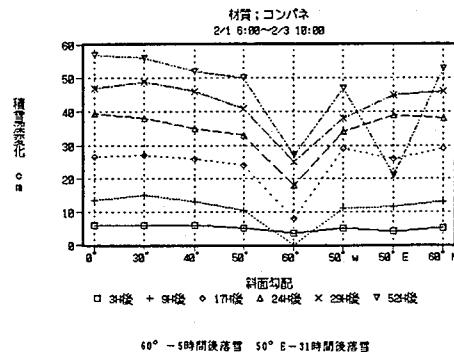


図-5-2 斜面勾配と積雪厚さの時間変化

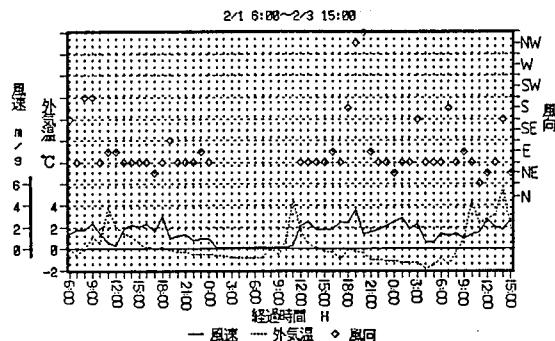


図-6 構内の気象データ

表-1 崩落時の剪断力の比較

崩落日時	材質	剪断力 (gf/cm²)
2月 1日 10:00	パネト	1.5
2月 3日 8:40	パネト	10.0
2月24日 8:30	パネト	2.0
		平均 4.5
2月 1日 11:00	コンバネ	7.5
2月 2日 13:00	コンバネ	15.0
2月19日 10:00	コンバネ	8.5
		平均 10.3

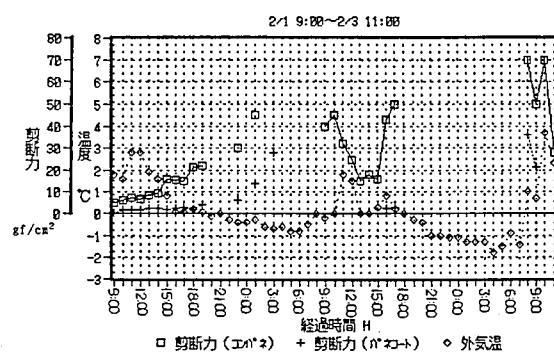


図-7 外気温と剪断力の関係

また膜面が粗いため凍着の有無に係わらず摩擦抵抗が大きく滑雪しにくいことが予想される。本実験の斜面は90cm×180cmと斜面が小さく、板厚が12mmと薄いため膜面は外気温の影響を受け易い。特に斜面の外周部分が外気温の影響を受け易いと思われる。図-7から経時的な剪断力の変化が分かる。外気温が低くなると剪断力が急激に上昇する。その最大値はコンバネで70.0gf/cm²でパネコートで28.0gf/cm²であった。ただ、高い剪断力の時の測定では膜面から剝がれず氷板の上面から剝がれるため測定値は低めになる。外気温の低下とともに剪断力の上昇率はコンバネが高い。また、外気温の上昇とともに剪断力の低下も顕著である。

膜面温度はマイナスになることはないが外気温の変化と同様の上昇、下降の傾向を示した。外気温の上昇にともない積雪下面の融雪が始まり、融けた水は積雪内部に浸透するがその一部は斜面との境界を流れる。パネコートはパニア板の表面を塗装してあるため水の板への浸透はなく斜面下端からの融雪水の流下も早い。一方コンバネは材料そのものへの浸透があ

り斜面表面を流下する融雪水の量も少ない。

このような違いからコンバネの方が凍着しやすく膜面付近に氷板が生成されやすくなるものと思われる。

剪断力と膜面温度との関係は図-8に示すように膜面温度の上昇にともない剪断力は低下する。剪断力の上昇はパネコート・コンバネとも膜面温度が0°Cに近づくと急激に上昇し、0°Cを保っている状態では時間の経過と共に剪断力も増加する。

4. 7 斜面方向と崩落時の積雪深

斜面方向の違いによる落雪の状況を調べた。方法として斜面勾配50°のコンバネの斜面の向きを東西南北の4方位に向け落雪の状況を観測した。方位による斜面積雪の崩落は、パネコートの滑雪性が悪いこともあって崩落の発生したケースが少なく、十分な検討を行うまでの資料が収集できなかった。崩落の観られたものは、東向き斜面であり崩落が2回観測された。

まとめ

- ①滑雪は一度も夜間に起こらなかった。日中に融雪した水が夜に凍着し滑雪が起こらないと思われる。
- ②日中の外気温の上昇にともない膜面温度も上昇し、積雪下面の凍着した氷の融解が始まる。
- ③パネコートの滑雪状況は斜面上部または中央部にキレが入り滑雪が始まる。
- ④パネコートでは斜面勾配の違いによる崩落までの時間の違いは1時間以内であった。
- ⑤実験では全ての滑雪は膜面から発生し、積雪内部の弱層からの滑雪は見られなかった。
- ⑥斜面材質の違いによる滑雪状況の変化を調べるにはパネコートとコンバネの摩擦抵抗値の差が大きくコンバネの斜面の落雪の観測事例が少ない。また斜面方向による滑雪の違いについても落雪事例が少くないため検討できなかった。今後、摩擦抵抗のそれほど大差のない材質を用いた実験を検討する必要がある。
- ⑦膜面温度に関しては熱電対を各斜面に貼付けた自動観測を今後検討する必要がある。

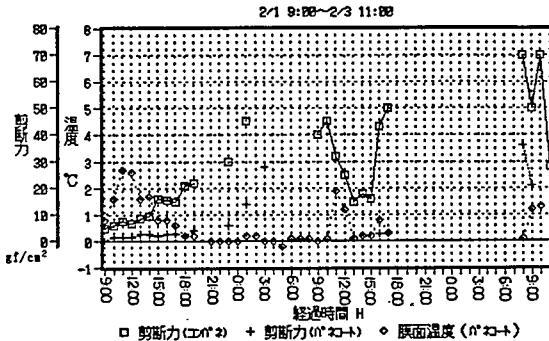


図-8 膜面温度と剪断力の関係