

## 妙高・幕ノ沢で 2013 年 2 月に発生した乾雪表層雪崩の速度

○竹内由香里（森林総研十日町試験地）・和泉薫（新潟大）・池田慎二（土木研）・勝島隆史（富山高専）  
・平島寛行（防災科研）・伊東靖彦（土木研）・伊豫部勉（新潟大）・遠藤八十一・飯倉茂弘（鉄道総研）

はじめに 表層雪崩の発生や流下の解明に役立つデータセットを蓄積するために、大規模な雪崩が 2～3 年に 1 度の頻度で発生する妙高山域の幕ノ沢において、地震計、雪崩発生検知装置、ビデオカメラによる雪崩検知観測を 2000 年から継続している。これまでに流下距離が 2000 m を超える 7 件の大規模雪崩を観測することができ、2013 年 2 月の乾雪表層雪崩では、雪崩検知装置のポールが折れながらも、雪崩の速度を初めて測定することができた。本研究では 2013 年 2 月の表層雪崩を対象に、実測された速度と雪崩で検知ポールが折れる曲げ応力から計算した速度を比較し、雪崩層の厚さや密度について考察を行なった。また、標高約 1700 m の雪崩発生区の積雪を積雪変質モデルで推定し、雪崩のすべり面の雪質やその形成過程を調べた。

**方法** 雪崩発生検知装置<sup>1)</sup>の小型振動センサーを内蔵したポールを雪崩の走路上の上流と下流に 2 本立て、雪崩がポールに衝突した振動によるパルス信号を、同一のロガーの別のチャンネルに 0.1 秒インターバルで記録した。2 本のポールの振動データがそれぞれ最初に記録された時間差とポール間の距離（32 m）から雪崩の速度を求めた。一方、ポールは、雪崩により曲げモーメントを受けたときの最大曲げ応力が、曲げ強さを超えたときに折れるものとし、流れ層の厚さや密度を変えて速度を計算した。ポールは富士化工製の内径 100 mm の高強度 FRP パイプで、メーカーによると曲げ強さは 81.3～101.9 MPa である。ポールの長さは 6 m、折れた高さは 3.2 m および 3.3 m であった。幕ノ沢では 3/16 に雪崩検知装置近くにおいてデブリの断面観測を行ない密度や含水率を測定し、堆積区の上、中、下流 3 地点でデブリの積雪水量を測定した。デブリや雪崩で運ばれた枝葉が雪面に現れた 4/4 と 4/25 には雪崩の到達範囲を調査した。雪崩発生区の積雪は積雪変質モデル SNOWPACK を用いて、雪崩堆積区に近い気象観測点（標高 810 m）の気象データやアメダス（関山）のデータを入力して推定した。

**結果** 雪崩検知装置および幕ノ沢の地震計の記録により雪崩の発生日時は 2/16 19:09 と判明した。気象観測点（標高 810 m）で測定した雪崩発生時の気温は -8.4℃、積雪深は 363 cm であった。雪崩検知装置に 2 本のポールのデータが記録され始めた時間差は 2.0 秒であったので、ポール間の雪崩の速度は  $32 \text{ m} / 2.0 \text{ s} = 16.0 \text{ m s}^{-1}$  と求められた。雪崩検知ポールの近くのデブリの厚さは 102 cm、デブリの積雪水量から融雪水や雨水の浸透量（含水率から算出）を除いた雪崩堆積量は 451 mm であり、デブリの乾き密度は  $442 \text{ kg m}^{-3}$  であった。

**考察** 雪崩検知ポールが速度  $16 \text{ m s}^{-1}$  の雪崩から受ける曲げ応力を計算した。雪崩は雪煙層と流れ層の 2 層構造と考え、雪煙層の密度は  $3 \text{ kg m}^{-3}$  と仮定し、抵抗係数  $C_d$  は 1.2 とし流れ層の密度や厚さを変えて計算を行なった（図 1）。ポールのある雪崩堆積区の積雪深は通常、気象観測点より多い（1.4 倍ほど）ので 5 m と推定し、雪面上を進んだ雪崩がポールの雪面より上の部分（地上高 5～6 m）に当たってポールが折れたと考えた。計算によると、ポールが受ける曲げ応力は、高密度の流れ層の寄与が大きく、雪煙層のみで計算すると  $16 \text{ m s}^{-1}$  の速度ではポールが折れる曲げ応力に達しなかった。流れ層の密度を一般的な値（200～300  $\text{kg m}^{-3}$ ）とすると、流れ層の厚さが 0.4～0.5 m 以上あれば速度  $16 \text{ m s}^{-1}$  でポールの曲げ強さを超え、ポールが折れることがわかった。

### 参考文献

1) 飯倉ら(2000), 雪氷, 62, 367-374.

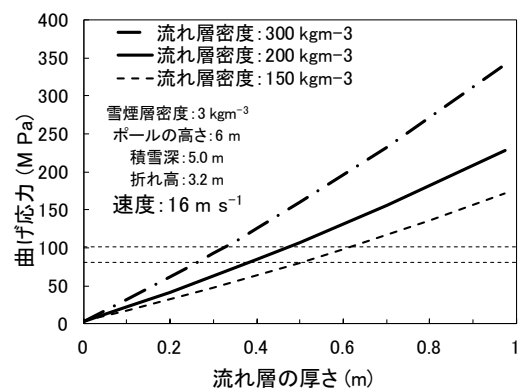


図 1 雪崩検知ポールが速度  $16 \text{ m s}^{-1}$  の雪崩から受ける曲げ応力。細い点線はポールの曲げ強さを示す。