

37 動態観測による雪崩調査

○独立行政法人土木研究所新潟試験所 秋山一弥
 国土交通省金沢工事事務所
 (前建設省土木研究所新潟試験所) 石田孝司

1. はじめに

雪崩調査は発生後の痕跡・被害調査が主体であることから、直接雪崩現象を把握すべく自然雪崩や爆破による人工雪崩の観測が行われ多くの知見が得られている。しかし、冬期間山岳地で調査・観測を行うには危険を伴う上に数多くの記録を捉えることは困難で、実際に雪崩現象を直接観測できる機会は極めて少ないのが現状である。

このため、新潟試験所では4県の協力を含め図-1に示した10箇所でITVカメラを用いた雪崩の動態観測を毎冬継続して行っており、警戒避難のための雪崩発生条件・流下規模の推定、気象記録と合わせた雪崩発生危険度予測や大型雪崩の運動・施設の効果検証を行っている。今回は12年3月までの観測結果について検討した内容について雪崩諸元関係を中心に報告する。

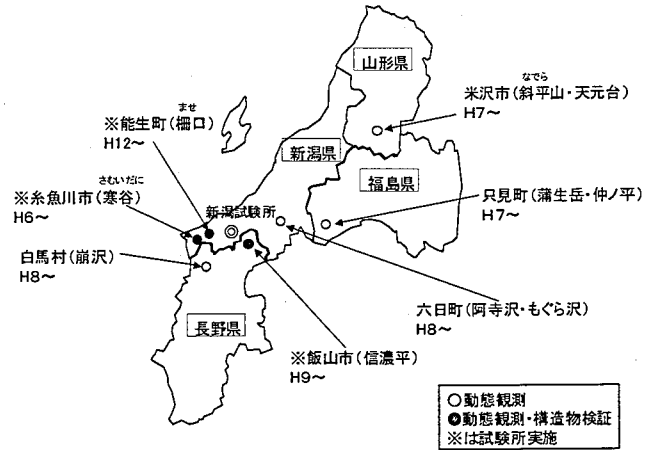


図-1 雪崩動態観測地

2. 雪崩動態の観測方法

観測方法は監視カメラによる土石流等の映像収集手法と基本的に同じであるが、雪崩発生・流下を正確に検知するセンサーが開発途中であり、発生箇所・流下範囲が不特定で対象斜面全体を広範囲に監視する必要があるため、雪崩の被害を受けない場所に監視カメラを設置し長時間録画が可能なタイムラプスビデオを用いて画像を記録している。映像記録は0.6~1秒間に1回とし、定期的にテープを交換して後日録画映像を再生することにより雪崩発生日時や雪崩形態・流下規模等を特定している。高感度カメラを利用した場合でも暗夜時および吹雪など悪天候時には斜面を監視することができないが、撮影可能な状態になると映像上で発生・流下跡を見ることができ、発生時期・速度以外の雪崩形態、位置等の諸元は判断可能である。一部の観測箇所においては、既設の雪崩防御施設(減勢工)に雪崩衝撃力測定用の圧痕計を設置するとともに施設を含めた画像監視により衝突する雪崩映像の記録を収集している。

3. 観測結果

12年3月までの観測で確認できた雪崩は小規模なものを含め419件(表層雪崩115、全層雪崩304)あり、このうち発生日時、発生・堆積域の標高、傾斜、平均速度等の諸元が全て判明したものは表層雪崩66、全層雪崩212件であった。雪崩発生斜面の形状は千差万別で、対象としている斜面はその一部であることを前提に以下の検討を行った。

3.1 雪崩の到達距離と落差

土砂の場合、崩土の到達距離は崩壊規模が大きいくほど到達距離は長くなる傾向にあり、雪崩に関しても落差が概ね1000m以下の場合には表層雪崩で $L=2H$ 、全層雪崩で $L=1.8H$ (ただしLは斜距離である雪崩の実走距離)の関係があり、落差が1000mを越える大規模なものはこの関係より外れ実走距離が長くなる傾向が指摘されている¹⁾。動態観測の結果に近県の大規模雪崩事例のうち資料のあるものを含めて、雪崩の落差と到達距離(水平距離)の関係を見たものが図-2である。落差が概ね500m前後より傾向をはずれてより到達距離が長くなっている。落差500m以下の事例により落差と到達距離の関係を求めたところ、

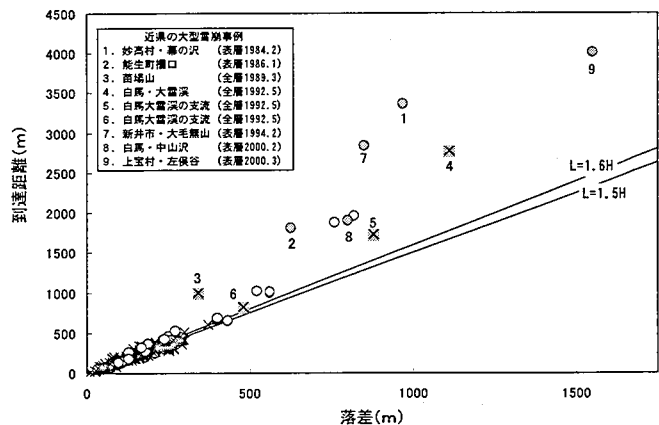


図-2 雪崩落差と到達距離

回帰直線は表層 $L = 1.6H$ 、全層 $L = 1.5H$ （実走距離ではそれぞれ $1.9H$ 、 $1.8H$ ）で相関係数はいずれも 0.94 以上であった。ある程度までの規模においては到達距離が雪崩形態に関わらず落差と単純な関係にあるといえる¹⁾。図-2の中で1~9の事例はいずれも到達距離が 1000 m を越える面発生の乾雪表層雪崩もしくは湿雪全層雪崩である。動態観測の事例で到達距離が長くなったものは表層雪崩でわずか5件ほどであるが、1事例のみ点発生であるほかは面発生の雪煙を伴う表層雪崩であった。

大規模な雪崩の場合、雪崩発生量が増加すれば流動性が増して到達距離が長くなり、発生量が増大すると等価摩擦係数 (H/L) が小さくなることが指摘されている²⁾。動態観測では雪崩量そのものを求めることは困難であるが、 H/L と落差との関係を見ると（図-3）、表層雪崩・全層雪崩とも落差 500 m を超え到達距離が伸びる雪崩の等価摩擦係数は $0.29 \sim 0.56$ の範囲にあり、落差 500 m 以下の事例と比較すると、表層雪崩ではおおよそ 0.5 付近で分離されるが、全層雪崩は明瞭でなかった。

3.2 発生域勾配と見通し角

発生域の勾配は、表層雪崩 $35 \sim 50^\circ$ 、全層雪崩 $30 \sim 55^\circ$ がほとんどで、一般的に雪崩が発生しやすいといわれている勾配と一致していた。雪崩の到達点から発生点を見上げた仰角（見通し角）は表層雪崩では 18° 、全層雪崩で 24° が下限になる高橋の経験則が知られている。図-4に動態観測から算出した見通し角と到達距離の関係を示す。一部の雪崩は見通し角の最小勾配を下回っていた。見通し角と到達距離に関しては、表層雪崩のみでは見通し角が小さいほど到達距離は長くなる傾向にあるが、全体的に有意な関係とはいえず、見通し角は雪崩の最大到達距離を示す目安として用いることはできるものの、見通し角によって各雪崩の到達距離を求めることはできないことを示している^{1) 3)}。

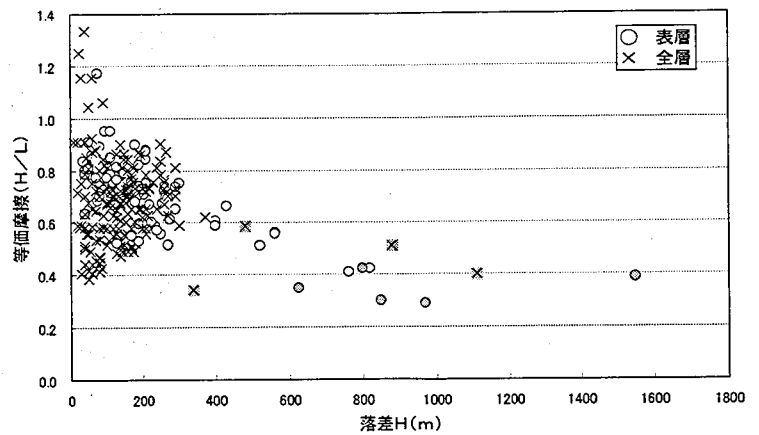


図-3 雪崩落差と等価摩擦

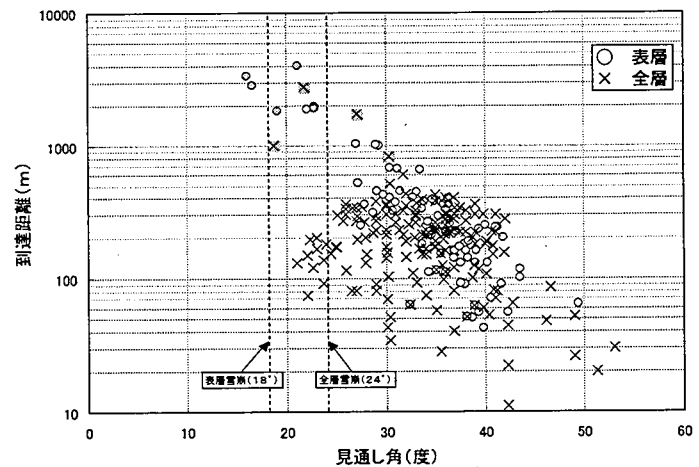


図-4 見通し角と到達距離

4. おわりに

動態観測により多数の雪崩を記録することができたが、大規模雪崩の発生事例が少ないために構造物の効果検証には至っていない。現在雪崩発生危険度予測、大規模雪崩の運動等について検討しているところであるが、画像より全ての雪崩発生時期を特定できない上に気象記録は近傍観測所の値を標高補正せざるを得ず、予測式の精度向上には限界があること、コマ撮り画像・遠方からの監視では規模の大きい雪崩が数多く発生しない限り詳細な雪崩の挙動、運動機構の解明が困難であること、さらに再生画像より雪崩発生が判明したとしても発生時の積雪断面や物性値の資料を得ることができないなど数多くの問題が残されている。

このため、昭和 61 年に被害が発生し現在でも多数の雪崩が発生している能生町柵口地区の権現岳東斜面において、山頂より標高別 3 箇所に気象観測機器を設置し、雪崩振動をトリガーとした発生前後の近景・遠景画像の自動録画、発生の自動通報が可能である総合的な観測システムを 12 年度に整備し運営のための記録収集を開始した。今後はこれと合わせて動態観測箇所においても気象観測、映像記録手法を改良し観測を継続していきたい。

（文献）

- 1) 松田 宏、藤本隆彦、武士俊也、網木亮介：雪崩到達距離に関する考察，雪氷，56 巻 3 号，1994
- 2) 和泉 薫：大規模雪崩の流動性，新潟大災害研年報，第 7 号，1985
- 3) 石田孝司：雪崩動態観測結果の報告と事業への活用に向けて，地すべり研究，第 43 集，1999

（謝辞）

雪崩動態観測は山形県（米沢建設事務所）、福島県（南会津建設事務所）、新潟県（六日町土木事務所）、長野県（姫川砂防事務所）の協力を得て実施していることを記し、ここに感謝の意を表します。