

Ⅲ-18 積雪荷重を考慮した地すべり斜面の検討

秋田商専 正員 ○伊 藤 顕
秋田県 工 藤 久 樹

1. まえがき

地すべりは、積雪期間の観測が困難なためにこの期間における挙動については余り知られていない。特に、融雪期における地すべり発生件数は、新潟県下だけでも40%を越す。1901～1960年までの東北地方の大規模な地すべりのうち、融雪期に発生したものは実に60%を占めていた¹⁾。これは春先の雪解け水が豊富なことと斜面積雪のグライドが影響して発生したこと等が考えられる。斜面積雪が地表上を滑る場合を“グライド”と呼ぶ。ここではその影響を考慮した地すべりの安定性について検討したことを報告する。

2. 積雪と地すべりについて

山地の土砂崩壊では雪が匍行して地盤を削剥し、地すべりに発展させることがしばしば見受けられる。特に多雪地帯では、雪の深さと地すべり発生件数との間には良い相関関係があることが指摘されているが²⁾、融雪期間についても同様の関係があると報告されている³⁾。また融雪速度や融雪の間隙水圧との関係で地すべりの発生について検討した研究⁴⁾もあるが、積雪荷重を考慮したものはほとんど見当たらない。ここでは、雪崩理論に應用されているHaefeliの雪圧論⁵⁾を基にした地面に働く積雪荷重を算定した地すべりの検討を次のように行う。

Haefeliは、斜面積雪が斜面下方向に作用する雪圧（クリープ）はRankineの応力条件とMohrの応力円から、斜面に直角な平面に作用する法線力を求めてそれを積雪深について積分し、次式を与えた。

$$S_s = (\gamma H^2 / 2) (1 - 2 \tan \psi \cdot \tan \beta) \cos^3 \psi$$

ここで ψ は地盤の傾斜角、 β は雪粒の傾斜方向に対する変位ベクトル（伏角）、 γ は雪の密度、 H は積雪深である。 ψ が大きくなれば S_s は次の斜面積雪移動圧（ S_k ）に比べて非常に小さい値となる。

$$S_k = \gamma H^2 K N_h / 2$$

ここで、

$$K = (\sin 2\psi / 3) \text{SQR}(2 / \tan \psi \tan \beta) \quad (\text{クリープ係数})$$

$$N_h = \text{SQR}(1 + 3n) \quad (\text{グライド係数})$$

n は地表すべり率でグライドがゼロの場合は $n=0$ で $N_h=1$ となる。結局、全雪圧（ S ）は S_s と S_k の和である。

$$S = (\gamma H^2 / 2) \{ (1 - 2 \tan \psi \tan \beta) \cos^3 \psi + (\sin 2\psi / 3) \text{SQR}(2 / \tan \psi \tan \beta) \cdot N_h \}$$

これは図-1に示すように、積雪層を地面に対して直角に切断した受圧面に作用する雪の圧力である。そこで、図の Q の成分の雪圧を SQ としてスイス国営工事示方書による算定方式を用いる。

$$SQ = (a / N_h \cdot \tan \psi) \cdot S \quad (\text{tf/m})$$

ここで、

$$a = (1 - 2\nu) / 2(1 - \nu),$$

$$\nu = 0.4\gamma$$

a は雪質に関する比で $0.2 < a < 0.5$ の範囲にあり、

ν は積雪の粘性ポアソン比（圧縮）である。

なお、雪の沈降力はこの SQ に含まれると仮定する。

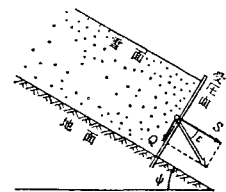


図-1. 斜面雪圧の2成分

3. 計算例

豪雪地帯で融雪期において顕著なヒズミ累積が認められる秋田県由利町前郷字蛇端見地内の地すべりを事例に取り上げる。この地すべりは、本荘市を河口にもつ子吉川の中流域右岸に注ぐ小支溪の上流部に位置し、斜面長400m、幅60～70m、斜面傾斜角 $10 \sim 28^\circ$ である。リングセン断試験によって $c' = 1.139 \text{ tf/m}^2$ 、内部摩擦角 $\phi' = 10.2^\circ$ が得られている。この地すべりは、すべりブロックが4つ(I～IV)に分かれ、おもな移動層は中央に位置するIブロックで、深さ16mの位置に風化度の顕著な畑村層と呼ばれる地層(凝灰角礫岩、凝灰岩の粘土)が存在し、N値が12以下で透水性が大きい。これを仮想すべり面と考えてこの長大な斜面にJanbuの非円形解析法を用いて安定性を検討する。この時、斜面傾斜角 ψ を $12^\circ 10'$ 、積雪密度 γ を 0.35 tf/m^3 として、上の雪圧論によって積雪荷重(SQ)を求めてみた。それが図-2である。Hは積雪深であるが、これが大きくなるとグライド係数による積雪荷重にも大きな差がでている。雪が無い場合と3m積もってグライドした場合(グライド係数 $N_h = 2.5$)とでは、この斜面の安全率(SF)は、低水位(LWL)と高水位(HWL)で各々図-3に示すようになる。グライド係数を考慮することによって明らかに安全率が小さくなっている。この場合、SFはおよそ7%減少していた。これには雪を単に分布荷重として加算したのではなく、雪の挙動が地盤を下へズリ落とす効果も作用して地すべりを引き起こすことが考慮されている。

【参考文献】

- 1) 渡辺: 東北地方における地すべりと気象の関係, 地すべり学会東北支部特別講演会資料, 1987.
- 2) 土質工学会: 土砂災害の予知と対策, P. 59, 1985.
- 3) 中峠他: 新潟県における融雪地すべり発生回数と連続融雪期間, 雪氷, V. 42, N. 2, 73-79, 1983.
- 4) 小川他: 地すべり地での間ゲキ水圧の挙動, 地すべり学会第22回研究発表予稿集, 158-159, 1983.
- 5) R. Haefeli: Creep and Progressive Failure in Snow, Soil, Rock and Ice, Proc. 6th Int'l Conf. SMFE, 3, 134-148, 1965.

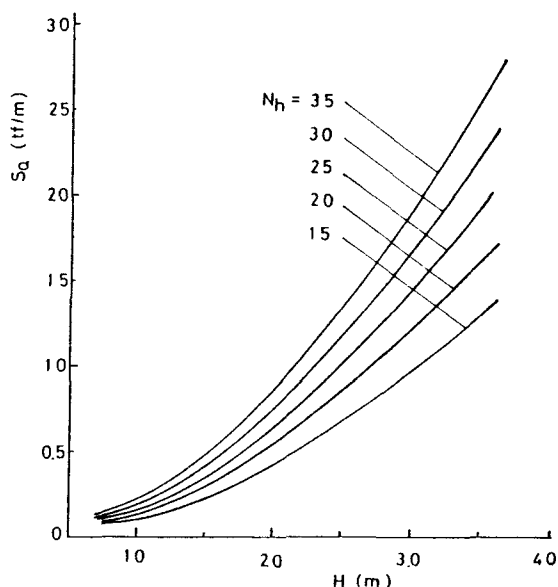


図-2. グライド係数を考慮した積雪深による積雪荷重

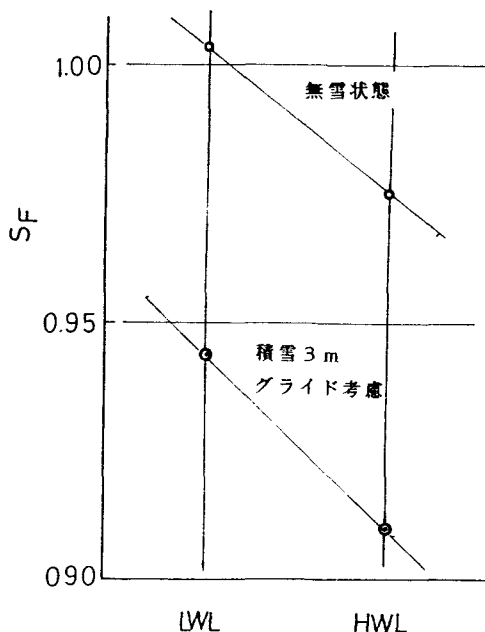


図-3. 積雪による地すべりの安全率の変化