

建設省 土木研究所 ○寺田 秀樹

酒井 洋一

下村 忠一

吉松 弘行

藤沢 和範

大浦 二朗

1. まえがき

雪崩対策としては、発生区における予防施設と流下・堆積区における防護施設とがある。このうち、集落を保全するための雪崩防護施設は、大規模な表層雪崩対策として期待されているが、その設計・施工法については不明な点が多い。

そこで、減勢工部材の配置間隔と速度減勢効果の関係および部材に作用する衝撃力等について明らかにすることを目的として、低温室内において基礎的実験を行ったので報告する。

2. 実験方法

新潟試験所低温実験施設内に設置した模型斜面において(図-1)、斜面上部から資料雪を流下させ、斜面下方に設置した模型(図-2)または擁壁に衝突させ、その際の衝撃力・速度等を測定した。

3. 研究結果

3. 1 杭に作用する力積と速度

これまでの調査結果^{1,2)}から、雪崩が減勢工に衝突する前後で衝撃力と速度については以下の関係がある。

$$\int_0^{t_1} P_B(t) dt = \int_0^{t_2} P_B(t) dt + \int_0^{t_3} P_A(t) dt \quad \cdots \text{式(1)}$$

P_B , t_1 : 減勢工衝突前の雪崩衝撃力及び時間

P_B , t_2 : 減勢工に作用する雪崩衝撃力及び時間

P_A , t_3 : 減勢工通過後の雪崩衝撃力及び時間

$$V_A = \frac{\int_0^{t_1} P_B(t) dt - \int_0^{t_2} P_B(t) dt}{W_A} \cdot g \quad \cdots \text{式(2)}$$

V_A , W_A : 減勢工を通過した雪崩の速度及び重量

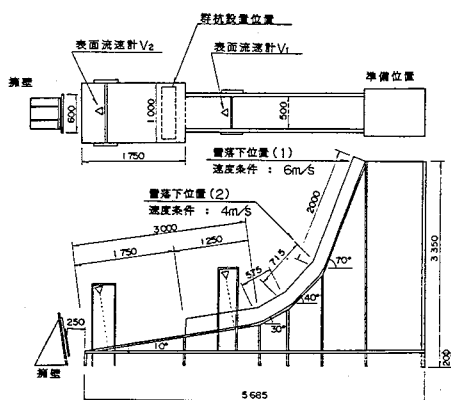


図-1 実験模型斜面

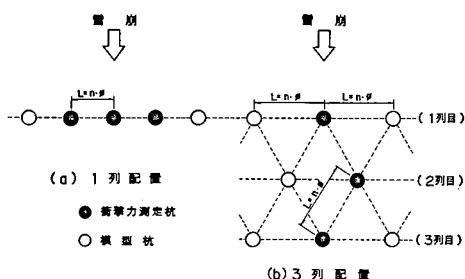


図-2 杭配置平面図

ここで、減勢工衝突前の力積に対して、減勢工に作用する力積の比を α とすると

$$\alpha = \frac{\int_0^{t_2} P_B(t) dt}{\int_0^{t_1} P_B(t) dt} \quad \dots \text{式 (3)}$$

したがって (2) 式は

$$V_A = \frac{(1 - \alpha) \cdot \int_0^{t_1} P_B(t) dt}{W_A} \cdot g \quad \dots \text{式 (4)}$$

また、 $\int_0^{t_1} P_B(t) dt = V_B \cdot W_B / g$ であるから、式 (4) は

$$V_A = (1 - \alpha) \cdot \frac{W_B}{W_A} \cdot V_B \quad \dots \text{式 (5)}$$

よって、力積比 α がわかれば、減勢工通過後の雪崩速度を算出することができる。

3. 2 部材特性と力積比

3. 2. 1 力積比

式 (3) において、 P_B を雪崩の流下断面に相当する大きさを持つ擁壁に作用する衝撃力とし、 P_B を n 本の柱からなる減勢工に作用する衝撃力と考えると、それぞれ以下のように表される。

$$P_B = \frac{\gamma_B}{g} \cdot V_B^2 \cdot A_B \quad \dots \text{式 (6)}$$

$$P_B = \frac{\gamma_B}{2g} \cdot V_B^2 \cdot A_B \cdot C \cdot \psi \quad \dots \text{式 (7)}$$

γ : 雪崩の密度

A_B : 雪崩の流下断面に相当する擁壁の面積

A_B : n 本の柱からなる減勢工の断面積

C : 柱の抵抗係数

ψ : 柱の閉そく効果率

そこで、雪崩が減勢工に作用する瞬間を考えると、

$t_1 = t_2$, $\gamma_B = \gamma_B$, $V_B = V_B$ であり、また、 $A_B / A_B = f$ で

あるから、式 (3) に式 (6), (7) を代入し、単位時間を考えると

$$\alpha = \frac{f \cdot C \cdot \psi}{2} \quad \dots \text{式 (8)}$$

したがって、力積比 α は、充そく率 (f)、部材の抵抗係数 (C) および部材の設置間隔により生ずる閉そく効果率 (ψ) より求めることができる。

3. 2. 2 充そく率と力積比

実験で求められた抵抗係数 (図-3, 4) と閉そく効果率 (図-5) を用い、式 (8) から力

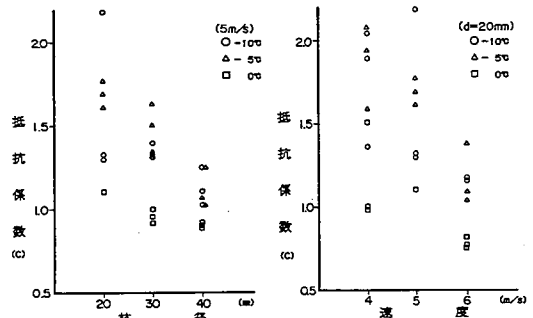


図-3 杭径と抵抗係数

図-4 速度と抵抗係数

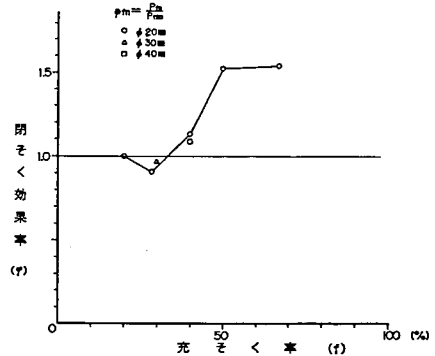


図-5 充そく率と閉そく効果率

積比 (α) を求め、実験値と比較したのが、図-6である。これから、全体としては計算値は実験値の傾向と一致していることがわかる。

なお、計算値全体が小さ目な値となっているのは、抵抗係数 (C) を求めるのに、雪崩密度として流下前の密度を用いているためと考えられる。また、充そく率 67% の値が特に小さいのは、杭前面に堆雪を生じるため、衝撃力に対してはクッションとなり、その結果、閉そく効果率 (ψ) が小さな値となっているためと考えられる。

3. 3 部材配置と力積比

3. 3. 1 配置列数と力積比

図-2 (b) に示す方法で杭を設置した場合に、各々の列毎に作用する力積値を加算して示したのが図-7である。

これから、部材に作用する力積は、列数が増えると増大するが、3列については、充そく率が15%程度以下では、ほとんど増大しないことがわかる。

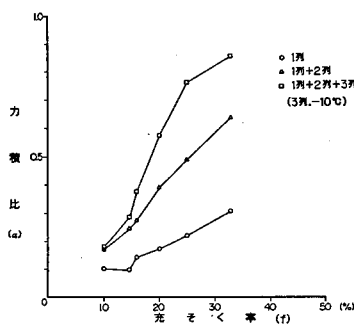


図-7 配置列数と力積比

3. 3. 2 配置列と

衝撃力・力積

衝撃力と力積値について、杭の中心間隔別に1列目に対する2列目の比および2列目に対する3列目の比を求めたのが図-8である。

1列目と2列目の比を見ると、杭間隔が4倍(充そく率25%)から7倍(充そく率14%)の場合は、2列目に作用する力は2割から3割増大している。これは、雪崩流のうち1列目の杭によって押し分けられた流れが、2列目の杭に直進してくる流れと合わされるため、雪崩層厚または雪崩密度あるいは両者が増大するためと考えられる(図-9)。また、10倍間隔については、各杭が独立に機能しているため、1列目と2列目の間で差異は生じていない。

2列目と3列目の比を見ると、全般的に杭に作用する力が減少しており、1列目と2列目の作用により、雪崩速度が減少しているものと考えられる。また、6倍間隔(充そく率17%)よりも設置間隔が広がると、衝撃力の減少割合に比べて力積の減少割合が大きくなる。これは、3列目の杭に雪崩が作用する時間が減少するためである。

3. 3. 3 見通し充そく率と力積比

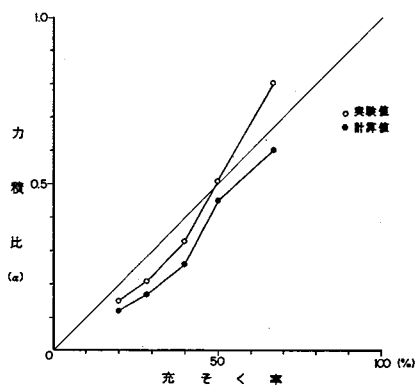


図-6 充そく率と力積比

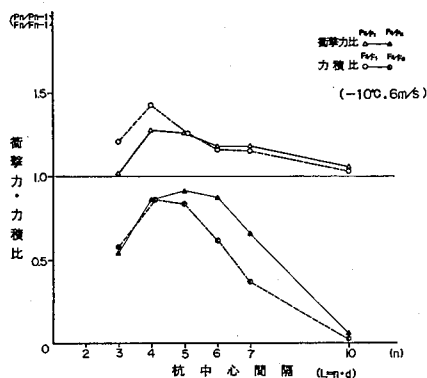


図-8 杭中心間隔と衝撃力・力積比

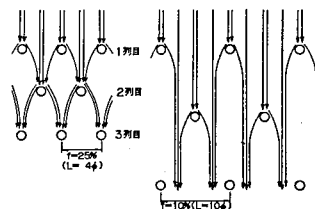


図-9 杭の配置間隔と雪崩の流下状況

複数列の配置の減勢工について、前2列分の力積比を、見通し充そく率に対してプロットしたのが図-10である。これから、充そく率50%程度以下では、前2列の力積比は、同じ充そく率を持つ1列配置の力積比とはほぼ一致することがわかる。

3. 4 配置列数と速度減勢比

複数列の減勢工の場合には、前2列分の力積比は、その見通し充そく率と同じ充そく率を持つ1列配置の力積比と同様であり、3列目以降には、見通し充そく率が40%程度以上の場合、2列目に作用した雪崩流が順次作用するため、 n 列 ($n \geq 2$) の減勢工を通過した雪崩の速度減勢比 ($A_{dn} = V_n / V_0$) は、式(5)より次式で表せる。

$$A_{dn} = (1 - \alpha)^{n-2} \cdot (1 - \alpha') \cdot \frac{W_B}{W_A} \quad \dots \text{式(9)}$$

α' : 見通し充そく率から求められる力積比

図-11に見通し充そく率を変えた3列配置の場合を、図-12に1列毎の充そく率が20% (杭間隔5倍) の減勢工について5列配置までの場合を求め、実験で得られた値とともに示した。

計算値は実験値の傾向と一致していることがわかる。ただし、図-11において、見通し充そく率が30%程度以下 (杭間隔6倍程度以上) で計算値の方が小さくなっている。これは、実験ではこの程度の間隔の場合には3列目の杭に雪崩が作用する確率が少ないのに対し、計算上は同様に作用しているためである。

4. 今後の問題点

縦杭タイプの減勢工

図-11 見通し充そく率と速度減勢比

と横桁中心型の減勢工のうち1列配置のものについては、今回の方法で速度減勢効果を求めることができると考えられる。しかし、横桁中心型の場合、雪崩を水平に分断し、空中に飛散させる効果の評価方法等について検討を加えるとともに、現地実験等により部材の特性値や減勢効果等について検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 竹淵仁一, 浅井湧太郎他 雪崩減勢工に関する模型実験 昭和62年度砂防学会研究発表会概要集
- 2) 嶋 丈二, 吉松弘行他 雪崩減勢工に関する模型実験(II) 昭和63年度砂防学会研究発表会概要集

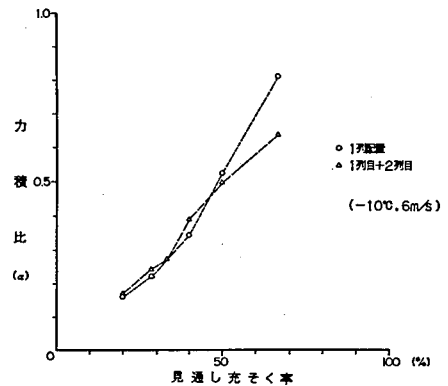


図-10 見通し充そく率と力積比

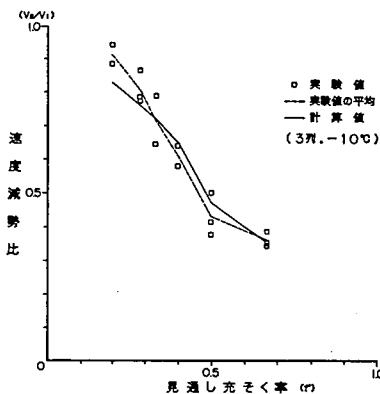


図-11 見通し充そく率と速度減勢比

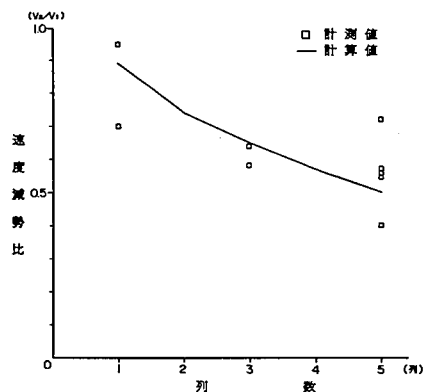


図-12 列数と速度減勢比