

建設省土木研究所○竹淵 仁一

浅井涌太郎

寺本 和子

工藤 賢二

## 1. はじめに

北陸地方や東北地方などの豪雪地帯では、毎年のように雪崩によって民家が破損されたり、死者が出るなどの惨事が報告されている。これらの雪崩災害を防止するために、雪崩防止施設が各地で施工されている。しかしながら、雪の性質の多様さや雪崩運動機構の複雑さのために、まだ明確でない点が多い。特に防護施設の一種である雪崩減勢工については、ほとんど研究がなされていない。

そこで、本実験は模型斜面を用いた雪崩実験を行い、雪崩が減勢工に衝突する時の雪崩衝撃力を知ると共に、雪崩減勢工が雪崩に及ぼす減勢効果を究明するものである。なお、雪崩材料としてパーライトと人工雪を用いた双方の実験を行ったが、ここではパーライトを使用した実験を主に報告する。

## 2. 実験装置及び実験方法

図 1 に実験の概要を示す。実験装置は流下斜面、流導壁、崩壊箱及び擁壁からなる。流下斜面は雪崩材料であるパーライトが流下する斜面であり、その両側には流導壁が設けられている。崩壊箱は前面の扉が両開きできる構造になっており、パーライトがその中に詰め込まれている。流下斜面下端には擁壁が設置される。

実験は、先ず崩壊箱に含水比50%に調合したパーライト25KG(0.1M<sup>3</sup>)を詰め込み、崩壊箱を斜面上端に設置する。また、各種の減勢工部材を減勢工設置位置に設置する。実験は崩壊箱の前面の扉を開くことによって開始する。前面の扉を開くとパーライトは流下し、斜面下流側に設置した減勢工部材に衝突する。衝突時の流速

は4M/S前後であり、部材に作用する衝撃力はロードセルにより計測される。減勢工部材に衝突したパーライトは飛散や方向を変え、斜面下流端に設置した擁壁に順次衝突する。パーライトが擁壁に作用する衝撃力はロードセルにより計測される。また、減勢工部材の前後には表面流速計が取り付けられ、流下したパーライトの流速が計測される。層厚や衝突時の飛散状況はビデオにより撮影され、判読される。

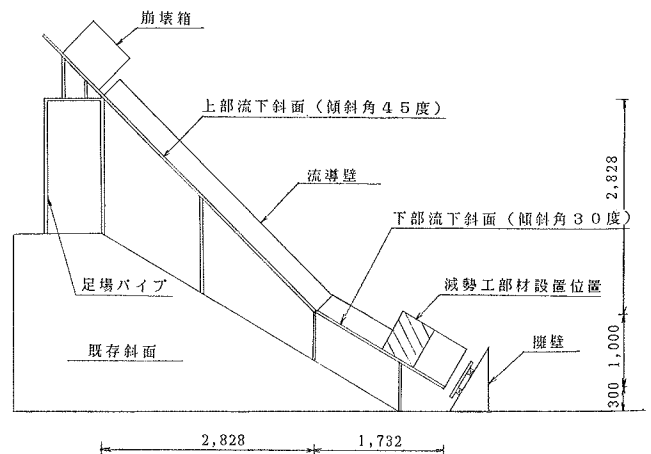


図 1 実験の概要

項目 部材種類	部材形状	部材径 (MM)	部材設置位置 (MM)	項目 部材種類	部材形状	部材径 (MM)	部材設置位置 (MM)
擁壁	—	—	—	水平部材 2本	丸・角	13 19 28	
鉛直部材 1本	丸・角	13 28 38		複合部材 1列	丸・角	13 28	
鉛直部材 2本	丸・角	13 28 38		複合部材 2列	丸・角	13 28	
水平部材 1本	丸・角	13 19 28					

表1 実験ケース

### 3. 実験ケース

雪崩模型実験は鉛直部材、水平部材及びそれらを組み合わせた複合部材の各種の減勢工部材について行われた。表1に実験ケースを示す。

### 4. 実験結果及び考察

#### 4.1 擁壁

擁壁に作用する雪崩衝撃力は4個のロードセルにより計測された。図2にそれらの合計値を示す。図中に示す棒グラフは雪崩衝撃力が発生した時刻から0.25秒間毎の雪崩衝撃力の平均値である。本実験ではこの平均値を用いて0.25秒間の雪崩衝撃力を評価した。

一般に、擁壁に作用する流体力は次式により評価される。

$$P_c = \frac{\gamma}{g} \cdot A \cdot V^2 \quad \text{式(1)}$$

$\gamma$  : ながれて来た雪の密度 (T/M<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (M/SEC<sup>2</sup>)

$A$  : 作用面積 (M<sup>2</sup>)

$V$  : 衝突する雪崩速度 (M/SEC)

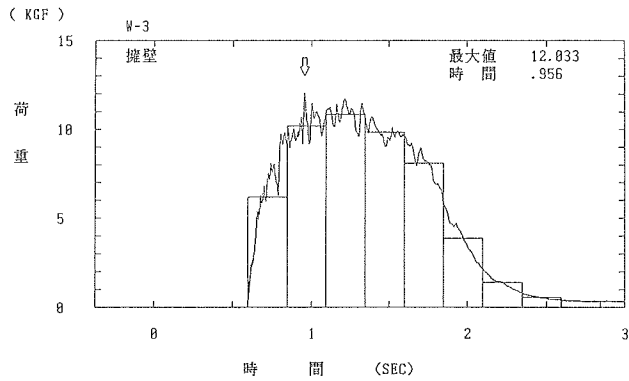


図2 擁壁に作用する雪崩衝撃力

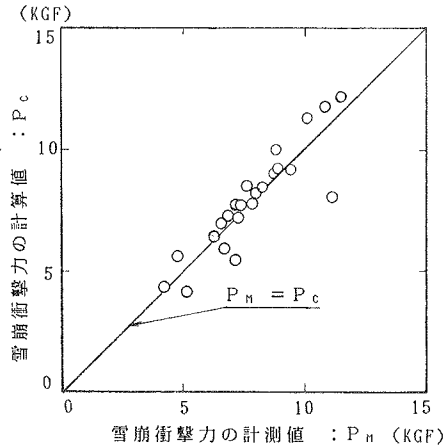


図3 雪崩衝撃力の計測値と計算値 (擁壁)

図3に雪崩衝撃力の計測値と式(1)による計算値を示す。同図より両者は一致し、擁壁に作用する雪崩衝撃力は流体力により評価される。尚、人工雪においても同様の結果が得られた。

#### 4.2 鉛直部材

鉛直部材に作用する雪崩衝撃力は鉛直部材に取り付けた2個のロードセルにより計測された。図4に鉛直部材に作用する雪崩衝撃力の一例を示す。

一般に、一様な流れの中に比較的簡単な物体が置かれた時の物体に作用する流体力は、次式により評価される。

$$P_c = \frac{\gamma}{2g} \cdot A \cdot V^2 \cdot C \quad \text{式(2)}$$

ここに、Cは抵抗係数を示す。図5に本実験で得られた抵抗係数を示す。尚、抵抗係数は次式により求められる。

$$C = \frac{2g}{\gamma \cdot A \cdot V^2} \cdot P_H \quad \text{式(3)}$$

ここに、 $P_H$ は鉛直部材に作用する雪崩衝撃力の計測値である。同図より角形状の抵抗係数は丸形状のものよりも大きく、形状による衝撃力の特性が現れている。また、両者の抵抗係数は部材の直径が大きくなるにつれて減少している。両者の抵抗係数を双曲線により現し、その漸近線を求めると、角形状では $C = 1.83$ 、丸形状では $C = 1.05$ となる。角形状の場合、その径が無限に大きくなると、その抵抗係数は擁壁の抵抗係数( $C = 2.0$ )と一致する。この事から上記の $C = 1.83$ はほぼ妥当な値を示すものと思われる。また丸形状の抵抗係数は「海洋鋼構造物設計指針(案)」では $C = 1.0$ が推奨されている。これは波力によるものであるが、本実験で求められた抵抗係数は上記の推奨値と一致する。尚、人工雪においても同様の抵抗係数が得られた。

図6に流下したパーライトが鉛直部材及び擁壁に及ぼす

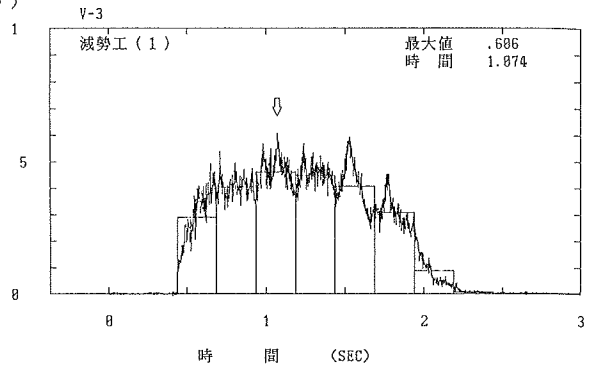


図4 鉛直部材の雪崩衝撃力

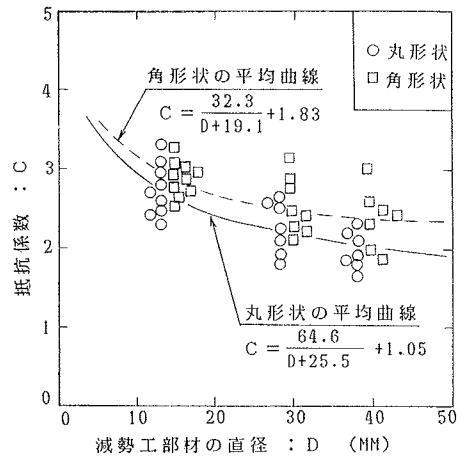


図5 抵抗係数

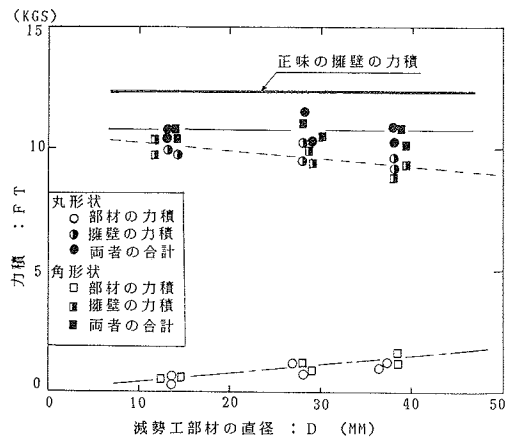


図6 減勢工及び擁壁の力積  
(鉛直部材1本)

力積を示す。同図より部材が受ける力積はその径が大きくなるにつれて増加し、擁壁の力積は減少する。しかし、両者の力積の和は一定であり正味の擁壁の力積とほぼ一致する。これより次式が成り立つ。

$$\int_0^{T1} F1(T)dT = \int_0^{T2} F2(T)dT + \int_0^{T3} F3(T)dT \quad \text{式(4)}$$

F1, T1 : 減勢工衝突前の雪崩衝撃力及び継続時間

F2, T2 : 減勢工に及ぼす雪崩衝撃力及び継続時間

F3, T3 : 減勢工通過後の雪崩衝撃力及び継続時間

### 4.3 水平部材

ビデオにより観察された水平部材への衝突状況を図7に示す。同図に示すように、パーライトは水平部材を設置することによって層厚が増し、衝突時の密度は低下する。そこで、パーライトが水平部材に作用する衝撃力として次式を提案する。

$$P_c = \frac{\gamma}{2g} \cdot A \cdot V^2 \cdot C \cdot L \quad \text{式(5)}$$

式(5)のL値は、次式により計算される。

$$L = \frac{2g}{\gamma \cdot A \cdot V^2 \cdot C} \cdot P_H \quad \text{式(6)}$$

ここに、 $P_H$ は水平部材に作用する雪崩衝撃力の計測値である。図8に本実験で得られたL値を示す。図中には図7に示した層厚の比( $H_1/H_2$ )も併せて示す。これより、L値は形状による差はなく、部材径が大きくなるにつれて減少する。また、層厚の比( $H_1/H_2$ )とL値は一致する。このことから水平部材に与える衝撃力は、水平部材の設置によるパーライトの層厚変化(密度低下)により低減される。尚、人工雪でも同様の実験を行ったが、パーライトのような層厚変化はみられず、水平部材に与える衝撃力は式(2)により評価された。

図9に流下したパーライトが水平部材及び擁壁に及ぼす力積を示す。同図より式(4)が成立する。尚、式(4)に示す運動量保存則はここに示されなかった他の実験ケースにも成立する。また、人工雪においても式(4)は成立する。

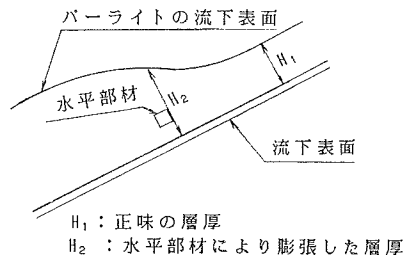


図7 水平部材設置によるパーライトの密度変化

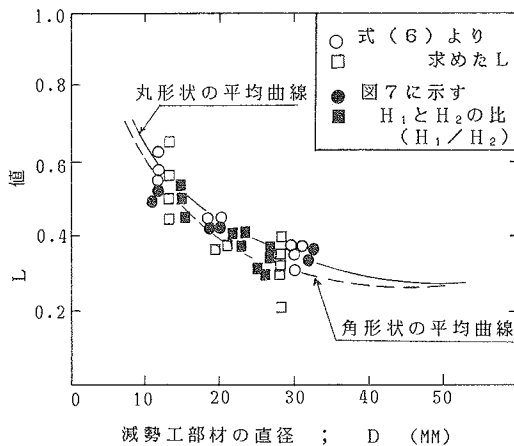


図8 L値

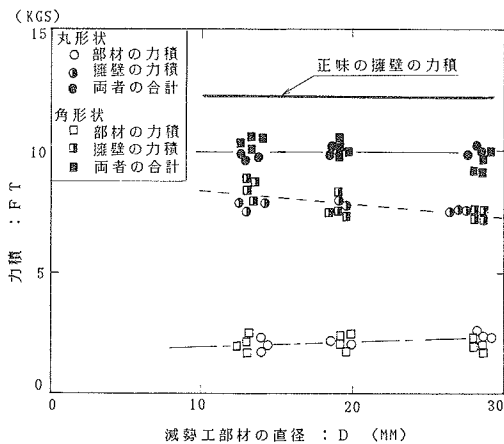


図9 減勢工及び擁壁の力積