

## 108 誘導機能をもつ雪崩減勢工

(財)砂防・地すべり技術センター ○ 岩釣 敬一, 安江 朝光  
岐阜県土木部 伊藤 彰彦, 泡原口 攻  
建設省土木研究所 下村 忠一, 藤沢 和範

### 1. はじめに

一般に、集落保護を目的とした雪崩防護施設は確実性のある発生区対策を第一義に考慮し、それが不可能な場合は走路や堆積区で対処する。しかし、対象となる発生区が急斜面、広大であったりして雪崩予防柵工の設置が困難である場合、また渓流型の雪崩等で雪崩の走路が明確に推定できる場合などでは、発生した雪崩を阻止、減勢、誘導するための防護施設が計画されることが多い。

表層雪崩の最遠到達見通し角度は、経験的に $18^\circ$ 程度といわれている。ここでは、集落の見通し角度が $22^\circ \sim 25^\circ$ という地形的な制約条件のなかで、誘導壁をもつ減勢工によって、最終的に集落背後の防護壁内に雪崩の主流を貯め込むという調査・計画・設計例について報告する。

### 2. 調査概要

対象とする集落は、岐阜県白川村飯島地区で、標高478m付近に位置し平年での現地の年最大積雪深は約200cmであり、昭和55年度には既往最大値の450cmを記録した豪雪地である。図-1に縦断図を、図-2に平面図を示す。集落のほぼ全体と国道156号が、見通し角 $18^\circ$ 以上の部分に位置するために、人家に到達した過去の経歴はないが危険性は極めて高いといえる。発生区域の通称ゾウゾウ谷は、大規模な沢状斜面であり、その地形から5つの雪崩経路が予想され、現地踏査からも過去に小規模な雪崩が何度もあったことが推定される。

#### 2. 1 対策工の検討

当地の雪崩の規模を概略推定すると、マスマグニチュード（質量階級） $M_M = \log_{10} m \approx 3.5$ 、ポテンシャルマグニチュード（ポテンシャル階級） $P_M = \log_{10} mg h \approx 7.2$ であり、雪崩量は中規模であるが比高差が大きくエネルギーは比較的大きい。（ただし、 $m \approx 3500 t, h=480m$ ）。

雪崩の走行区域での対策工として、（減勢工、誘導工、雪崩割り）+阻止工の組合せ又は阻止工のみの工法が考えられる。流下するエネルギーの大きさ

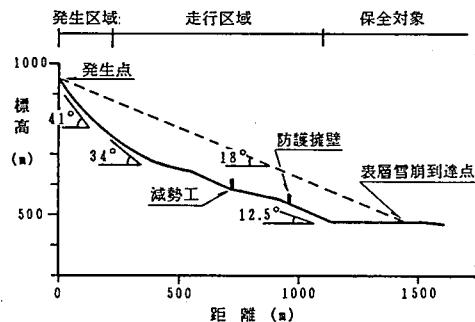


図-1 飯島雪崩縦断図(No. 6)

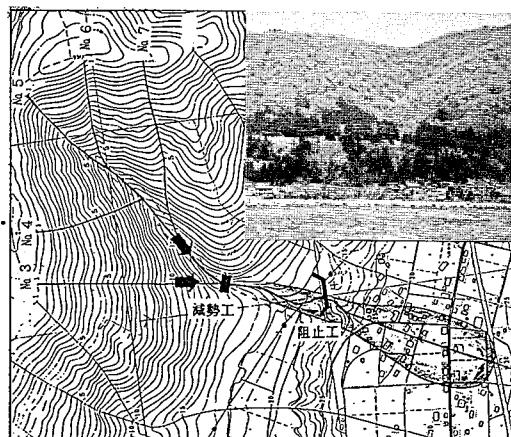
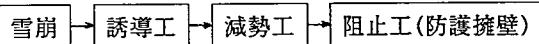
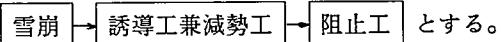


図-2 雪崩経路、到達予想図

を考慮すると、雪崩を集落背後の広場に分散堆積させ得れば最も得策であるが、沢出口と集落までの距離が近く困難である。そこで、5つの経路の収束する直下付近に減勢工を配置し、併せて誘導工によって沢出口まで誘導し、減勢した雪崩を阻止工背面に貯め込む計画とした。位置関係は原則的には、



となる。しかし、2方向からの雪崩を対象とするところから、減勢工上流側に誘導工を配置した場合、一方の雪崩に対する誘導工は他方の雪崩に対して阻止工的な働きをすることになる。即ち当地区の場合は誘導をも兼ねた減勢工が必要となる。位置関係は、



## 2. 2 発生区の雪崩深さ ( $h_0$ ) の決定

発生する雪崩を乾雪表層雪崩と仮定した場合、発生区での雪崩深さを次の式で求める。

$$h_0 = (\Delta H + \Sigma f_s) / 2 \cdots (1)$$

ここで、 $\Delta H$  は、増雪量で、推定の雪崩発生日の積雪深  $H_1$  から、積雪深が増加し始めた日の積雪深  $H_0$  (滑り面形成日) を引いた値である。 $\Sigma f_s$  は増雪量  $\Delta H$  となった期間の累計降雪量である。図-3にそ

の模式図を、図-4に近隣4観測点のなかで、白川でのデータを示す。発生区の設計雪崩深さは、4観測点の平均をとり、標高補正をして、 $h_0 = 2.1m$  と決定した。

## 2. 3 各経路での雪崩条件

各経路での雪崩減勢工位置 (標高約585m) での雪崩速度と層厚は、表-1のようになる。

そこで、衝撃荷重最大となる経路NO. 6の値を設計条件として採用した。ここでは、経路途中の雪崩の深さの変化を、斜距離が100m増加すると深さは1m増加するモデルとしている。

すなわち、 $h = h_0 + S / 100 \cdots (2)$  とする。

## 3. 構造検討

### 3. 1 減勢工兼誘導工への雪崩の方向

減勢工に対して直角'に入射させるのが本来であるが、2方向からの経路を対象とする為に、雪崩流下方向に対して、 $30^\circ$  の入射角で減勢工と誘導工に衝突、誘導させる。誘導工の雪崩進路の変更角度は、一般に $15^\circ$  から $20^\circ$  以内といわれているが、本設計ではその効果を後述する模型実験によって確認する。水平面に対する入射角は、河床勾配 ( $\tan \theta = 1/5, \theta = 11.3^\circ$ ) と同一とした。

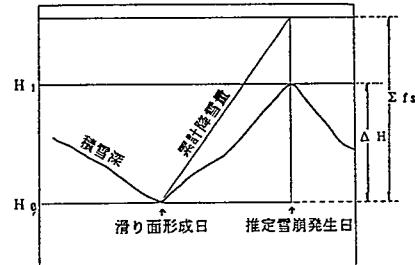


図-3 雪崩深さ ( $h_0$ ) 推定模式図

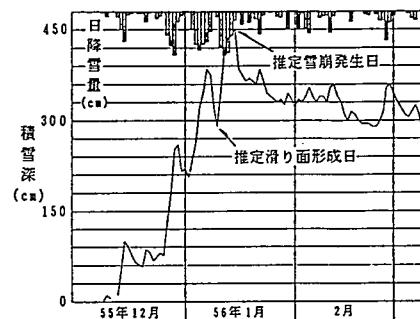


図-4 昭和55年度 白川 積雪推移図

経路NO	雪崩速度(m/s)	雪崩層厚(m)	摘要
3	32.7	7.2	衝撃荷重最大
4	43.1	8.7	
5	43.8	10.0	
6	44.9	10.1	衝撃荷重最大
7	46.0	9.4	

表-1 各経路の雪崩条件

### 3.2 雪崩デブリ条件(層厚, 密度)

雪崩直後の減勢工内に堆積したデブリの密度は、ほぼ雪崩の密度( $0.10\text{t}/\text{m}^3$ )と同等と考えられるが、その後デブリは積雪の密度( $0.35\text{t}/\text{m}^3$ )と同値になるまで圧密、沈降を繰り返し密度が増加するものとする。すなわち、

設計の為の デブリ層厚:  $\Delta H = 10.1 \times 0.10 / 0.35 \approx 2.90\text{m}$  とする。

### 3.3 雪崩減勢率と空隙率の設定

雪崩減勢工は、雪崩の速度を減速させそのエネルギーを減衰させる構造物であるので、雪崩通過後に雪崩減勢工内に堆積するものと考えられる。計算の上では集落まで到達しない為には、減勢率50%あればよいが構造が大きくなってくる。そこで、本地区では過去の実績を基に、減勢率30%, 空隙率60%と設定し、模型実験によって効果を確認することとした。

### 3.4 設計条件のまとめ

設計積雪深: 4.50m(既往最大値), 積雪密度:  $0.35\text{t}/\text{m}^3$ , 雪崩密度:  $0.10\text{t}/\text{m}^3$

雪崩層厚: 経路N03 7.20m, 経路N06 10.10m

雪崩速度: 経路N03 52.7m/sec, 経路N06 44.9m/sec

デブリ層厚: 2.90m(沈降後), デブリ密度:  $0.35\text{t}/\text{m}^3$ (沈降後)

雪崩入射角: 平面方向; 直角及び $30^\circ$ , 縦断方向;  $\tan\theta=1/5$ ,  $\theta=11.3^\circ$  (水平面に対して)

空隙率: 60%, 雪崩減勢率: 30%

減勢工高さ:  $4.5 + 10.1 = 14.6\text{m}$  (有効高=設計積雪深+最大雪崩層厚)

減勢工型式: 誘導・減勢工併用形, 設置位置: 標高585m付近

### 3.5 基本構造形式の比較検討

次の第1案～第5案について、概算工事費、地山との取合、雪崩に対して、安定性、施工性に関して検討を行い、施工実績、地形との取合い、雪崩に対する効果、施工性等総合的に優れる第2案の鋼製格子式を採用することにした。本形式は、新潟県棚口での実績もあり、実験資料も比較的そろっている。構造概要図は当日発表する。

	第1案 RCスリット式	第2案 鋼製格子式	第3案 鋼製アーチ式	第4案 鋼製棚式	第5案 鋼製枠式
工事費	△	◎	○	×	△
支柱間隔	7.0m	5.0m	20m	7.0m	5.0m
地形との取合	掘削量大 基礎大	1, 3, 4, 案より すぐれる	上流側掘削が もっとも大	上流側掘削量 中	1, 3, 4, 案より すぐれる
雪崩に対して	入射方向によ ってはすり抜 けるおそれあ る。有効高は 中位 2面減勢	2面減勢・有効 高中位	入射方向の確実 性高い。堅壁が 誘導効果をもつ て有効高はもつとも よい。1面減勢	1面減勢、入 射方向の確実 性あり。有効 高は中位。	2面減勢、有 効高は、もつとも 高い
安 定 性	面外荷重に5 箇中もつとも 不安定。	面外荷重に若干 の不安があるが 特に問題なし。	変形に対する終 局強度に不安が ある。	面外荷重に若干 の不安があるが、 特に問題なし。	面外荷重に若干 の不安があるが、 特に問題なし。
施 工 性	太径の鉄筋に はクレンジング が必要だが架設 は他案より楽	上・下部とも比 較的他案より楽	支点補強のため 上・下部同時施 工	上・下部とも 比確的他案よ り単純	上部工のボル ト締め多い 下部は普通

表-2 基本構造形式の比較表

## 4. 模型実験

### 4. 1 目的と実験概要

鋼製格子式減勢工の減勢率、誘導壁の位置と高さ、誘導率等の確認、決定の為に、人工雪をもちいて低温室内（-10°C）での模型実験を実施した。

#### （1）実験概要

実験斜面：斜面長さ7m、高さ3m、斜面幅40cm、斜面はFRPを貼りつけ

実験資料：人工雪（アイス・スライサーで作成）、粒径2mm（密度0.5t/m<sup>3</sup>）

相似則：表-3に示す

	实物	模型	相似則
雪崩速度	50m/s	5m/s	5/50=1/10
誘導工高さ	10m 15m 40m	10cm 15cm 40cm	0.1/10=1/100 0.15/15=1/100 0.4/40=1/100
雪崩流下幅			

表-3 模型実験相似則

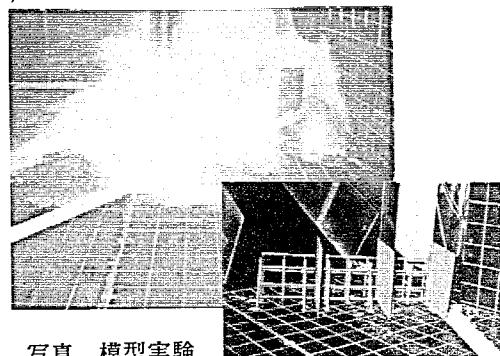


写真 模型実験

### 4. 2 模型実験結果

結果を表-4に示す。表で所定の減勢率（30%）を満足するのは、誘導工高さH=15cm、誘導工数n=3、誘導工高さH=20cm、誘導工数n=3であるので、誘導工数をn=3とした。誘導工高さは高さと減勢率に関する一次回帰式を求め、30%を満たす値を算出し安全をみてH=13cm（設計値13m）とした。

また、H=13cmの時の誘導率は59.8%となるので残りの40.2%は誘導されず直進することになる。

この誘導されない雪崩は、運動計算によって、集落背後の台地で停止することを確認した。

### 5. 構造決定

以上の検討から、誘導壁をRC造、減勢工を鋼製钢管構造（高力ボルト接合）とした構造を決定した。左岸側の誘導壁は、右岸に比して斜面勾配45°の一様斜面であるので誘導壁は設置せず、若干の整形にとどめた。全体一般図及び構造は当日に示す。

終わりに、本調査・設計にあたり多大な御協力を賜った国際航業㈱合津敏一氏、㈱アルゴス上石動氏に対し心から謝意を表します。

誘導工高さ	誘導工数	速度減勢率	誘導率	堆雪率
10cm	1	-	16.4%	9.2%
	2	24.0%	42.5	15.1
	3	27.6	57.5	38.0
15	1	-	-	-
	2	27.2	56.2	25.5
	3	32.4	62.3	28.3
20	1	1.8	17.3	10.4
	2	29.6	59.6	16.0
	3	35.4	62.7	35.6

表-4 実験結果