

## 木製なだれ予防柵の開発（第2報）

### なだれ予防柵への積雪荷重の測定

中谷 浩\*, 長谷川益夫\*

## Development of Round-wood Snow Rake II. Measurements of Snow Load to Snow Rake

NAKATANI Hiroshi\*, HASEGAWA Masuo\*

In order to propagate round-wood snow rake, it is necessary to experimentally establish the snow rake security on durability and structural strength against snow load. For this purpose, the detailed data on snow load to snow rake is required to obtain due to lack of reports this point.

Therefore, the measurement of snow load to snow rake was conducted for three winter seasons by fixing an apparatus on a steel snow bridge. The snow load was estimated on the load caused by drifted snow on a wood block (10×10×80cm) placed on two load cells of the apparatus.

The results are follows:

- 1) The snow load to a snow bridge positively correlated with snow depth during the season of snow drifting, but no correlation was found during the season of snow melting between the two factors.
- 2) The snow load measured on the middle of the snow bridge was half of design snow load and that done on the lower part of the bridge was much higher than the design snow load.

Form these results, it is appropriate to estimate the snow load from snow depth, but basic data from experiments must be taken to establish reasonable design snow load for the roundwood snow rake.

木製なだれ予防柵を広範に普及していくためには、耐久性と構造物の強度に関する信頼性を確立することが重要である。そのためにはなだれ予防柵への積雪荷重を正しく知る必要があるが、積雪荷重を直接的に測定した報告は少ない。

そこで、鋼製なだれ予防柵に積雪荷重測定器を取付け3冬季間に亘って測定を行った。積雪荷重測定器は、2個のロードセル上に木材(10×10×80cm)を置き、そこに加わる積雪荷重を検出するものである。結果は以下のとおりである。

- 1) なだれ予防柵への積雪荷重は、増雪期には積雪深と極めて相関が高い。したがって、設計積雪荷重を積雪深との関係で設定するのは適当と思われる。しかし、融雪期には荷重の変動が激しく、積雪深との関係は明確ではない。
- 2) なだれ予防柵の中央における積雪荷重は、このなだれ予防柵の設計積雪荷重の半分程度だった。また、予防柵の下部では測定積雪荷重は設計荷重をはるかに上回っていた。積雪荷重の直接測定データを蓄積し、より妥当性の高い設計荷重を検討していく必要があろう。

---

1993年10月20日受理

\* 木材試験場

## 1. はじめに

スギ間伐材の需要開発を目的に治山事業への木材利用の拡大が試みられている<sup>1)2)</sup>。筆者らも富山県産スギ間伐材を用いた木製なだれ予防柵を開発し、平成元年度には施工され現在も実用に供されている<sup>3)</sup>。なだれ予防柵の木製化に対する最終的な評価は、植栽木が成林し、なだれ防止機能を発揮するのを待たなければならないが、今後、木製なだれ予防柵を普及していくためには、耐久性と構造物の強度に対する信頼性を確立することが重要であろう。構造物の強度に対する信頼性に関しては、構造躯体に対する安全性と設計に用いる積雪荷重の妥当性の2点に分けて考えられる。

なかでも積雪荷重については、新防雪ハンドブック<sup>4)</sup>の規定に基づき予防柵が設計されているが、これはスイスのなだれ防止工事標準仕様書の荷重規定をベースに日本での一部の荷重測定データを参考にして調整を加えたものである。しかし、なだれ予防柵への荷重測定の報告は少なく、まだ十分なデータがあるとは言えない。なだれ予防柵の合理的な設計を行うためには、積雪荷重の正しい評価方法を確立する必要があり、木製なだれ予防柵を今後、様々な条件下に普及していくためにも重要なことと考える。

## 2. 試験方法

なだれ予防柵への設計雪圧<sup>5)</sup>は雪圧論を基に、積雪グライドの実測値を用いて定められているが、なだれ予防柵への斜面雪圧の測定については、報告例はわずかであり、また圧痕計を用いているために、測定荷重の精度や荷重期間の影響等を考えると若干問題があるものと思われる。

積雪荷重測定装置を写真1に示した。鋼製なだれ予防柵のバーに固定治具をとりつけ、長さ80cmの角材(幅はバーと同じ)に加わる荷重を2個のロードセル(能力1tf)で検出するものである。バーの面にこのような突出した部分があると、ブリッジ等を生じて雪の沈降圧の影響をうけ、測定雪圧が実際のものとは異なってくる可能性があるため、荷重測定器の周辺には測定面と同じ高さになるように木材を設置した。

荷重の測定は平成3年から平成5年の3冬季に実施した。斜面雪圧は柵の高さ、幅方向で異なるとき

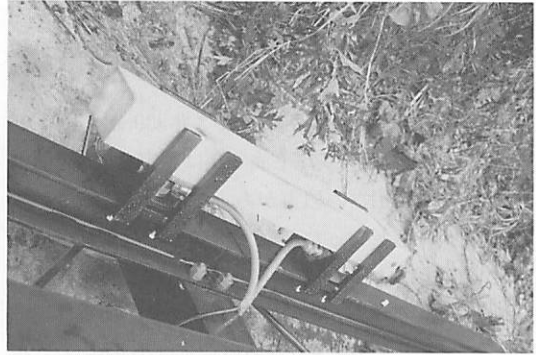


写真1 積雪荷重測定装置



写真2 積雪荷重測定装置の設置状況

れていることから、平成3年、4年は柵の高さ方向の荷重分布をみるために柵の上、中、下段のバーの3カ所、辺縁荷重の影響がない柵の中央部に荷重測定器をセットした。設置状況を写真2に示した。平成5年には斜面雪圧の横方向の分布を測定するために中段のバーに柵端、中間、中央部に連続的に設置した。荷重測定は1時間間隔で行った。

積雪荷重測定装置はいずれも富山県利賀村阿部当地内の同一の鋼製予防柵に設置した。この予防柵は設計積雪深3m、斜面角度35°タイプである。

なお、ここでの積雪荷重は、なだれ予防柵への主荷重となる柵面に直角な積雪荷重を測定していることになる。

## 3. 試験結果と考察

### 3.1 積雪深と積雪荷重の概況

各年の積雪の状況と積雪荷重の関係を図-1に示した。積雪深は試験地に近い利賀村、千束ダムの降雪、積雪データである。また積雪荷重は2個のロードセルに検出された荷重を合計し、荷重測定部の長

さ(80cm)およびバーの間隔(0.3m)で除した値であり、柵面に垂直な方向の雪圧となる。値は1日の平均値を示している。

各年次の最大積雪深は平成3年330cm、4年225cm、5年170cmであり、平成3年に測定なだれ予防柵の設計積雪深相当の積雪があったものの、他はいずれも小雪の年となった。柵下段の積雪荷重は平成3年には獣害によりケーブルが切断され2月中旬に記録が中断している。また、柵上段の積雪荷重は平成3年、4年とも記録された積雪荷重は小さかった。柵中段で測定された積雪荷重の最大は、平成3年1008kgf/m<sup>2</sup>、4年527kgf/m<sup>2</sup>、5年294kgf/m<sup>2</sup>であり、最大積雪深に対応して最大積雪荷重も減少している。積雪荷重の変動傾向は、時間的なずれはあるものの全体的には各年とも積雪深の変化とよく対応していると思われる。しかし、3月期以降のいわゆる融雪期においては荷重の変動が激しく、必ずしも積雪深の変化とは対応していないようである。例えば、平成3年3月中旬における荷重ゼロまでの急激な低減、平成4年3月初旬に荷重がゼロとなりその後下旬に最大荷重を記録、平成5年も荷重ゼロの状態からの中旬での最大荷重など、いずれの年も3月期は最深積雪を終え積雪深は減少に向かっているが荷重の変動は全く異なっている。これは、荷重測定部と雪の接触面で融雪が起これ、雪がブリッジ状になり雪圧が加わらなくなったり、あるいは逆に別の部分でブリッジが起きたために雪圧が急増したりするためと考えられる。平成4年3月下旬の最大荷重などは、積雪ブリッジの状態で荷重が増大したと考える方が妥当と思われる。したがって、融雪期の積雪荷重に関しては信頼性の点で問題があるように思われる。

### 3.2 積雪荷重の推定

図-1にみられるように積雪荷重は融雪期の極端な変動を除けば積雪深の変動傾向と比較的によく一致している。しかし、積雪深との間に数日間の時間的なずれが認められ、積雪荷重は中段では2ないし4日、下段では1週間から10日間遅れて積雪深の影響が現れている。比較的、積雪深の変化との対応が明確な増雪期のデータについて積雪深と荷重との関係を示すと図-2のとおりである。中段における積雪荷重(Pkgf/m<sup>2</sup>)と積雪深(Dcm)の関係は、測定年による明確な違いは認められず、2次曲線がよく一

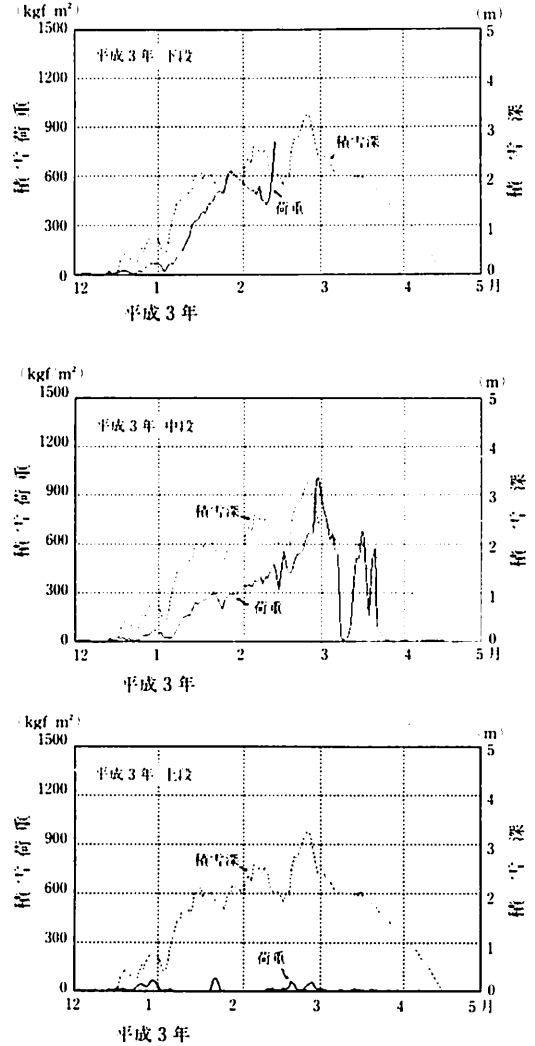


図-1-a 積雪荷重の状況(平成3年)

致している ( $P=0.015D^2-2.74D+225$ ;  $r=0.97$ )。

しかし、なだれ予防柵の設計ではあまり小さな積雪深は対象とならないこと、また設計荷重設定の容易さを考慮して、積雪深1.5m以上のデータに関して直線関係として表すこととした。下段における積雪深と積雪荷重の関係は、圧雪による雪質の変動影響が大きいことに加えて、積雪深の大きな時期のデータが不足しており、中段ほど明確な傾向は得られなかった。積雪荷重は積雪深と密接な関係にあり、今回のなだれ予防柵の条件下では次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \text{中段} \quad & P=4.16D-519 \quad : r=0.94 \quad \dots \dots (1) \\ \text{下段} \quad & P=5.77D-470 \quad : r=0.65 \end{aligned}$$

ここで、Pは積雪荷重(kgf/m<sup>2</sup>)、Dは積雪深

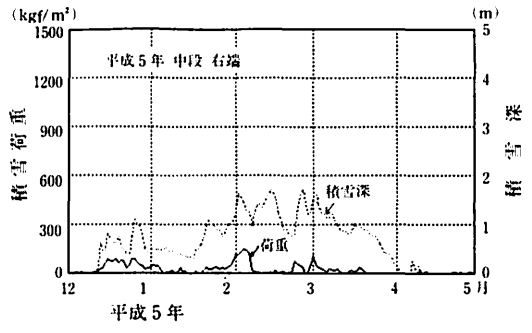
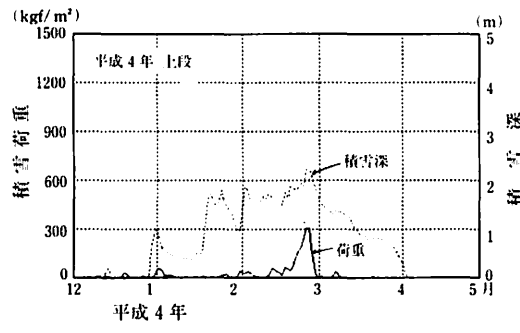
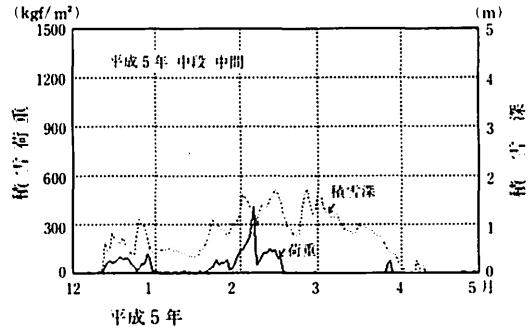
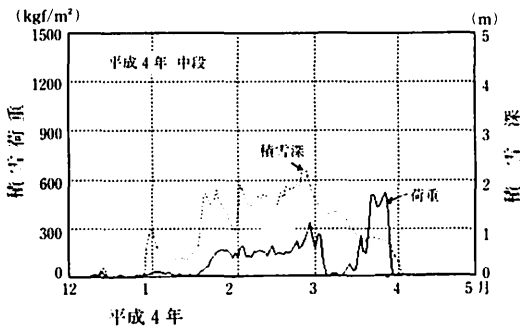
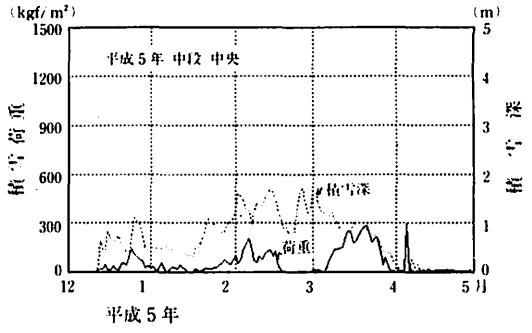
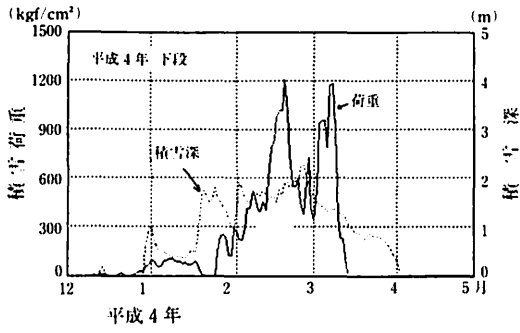


図-1-b 積雪荷重の状況 (平成4年)

図-1-c 積雪荷重の状況 (平成5年)

(cm),  $r$ は相関係数。

なお、柵上段では設計積雪深までの降雪のあった平成3年では殆ど記録されておらず、平成4年では積雪が少なかったにも関わらず300kgf/m<sup>2</sup>の負荷が認められているが、データ数が少なく積雪との関係は明らかではない。

柵の水平方向の荷重分布に関しては、平成5年に測定を試みたが、小雪のため積雪荷重が小さく違いが現れるまでには至らなかった。

### 3.3 設計雪圧の検討

柵面への積雪荷重は、柵高さ方向、水平方向において異なっていることが指摘されている。なだれ予防柵への設計雪圧はHaefeliの雪圧論を基に、積雪グ

ライド係数の測定結果を用いて誘導されており、これによって得られた柵への全雪圧を柵面積で除して平均雪圧として与えられている。さらに、柵の水平方向に関しては断続配置の柵では柵間を移動する雪による引張り荷重を辺縁荷重として柵両端の一定長に加え、柵高さ方向については柵下部に付加荷重(平均雪圧の25%)を加えることにより柵面における雪圧の分布の影響を調整している。

今回のなだれ予防柵の設計積雪深である3m積雪時に柵に垂直な面に受ける雪圧は外挿になるが(1)式から、下段1260kgf/m<sup>2</sup>、中段728kgf/m<sup>2</sup>が得られる。一方、このなだれ予防柵の柵面に垂直な方向の設計用の平均雪圧は1450kgf/m<sup>2</sup>である。柵中段の積雪荷重

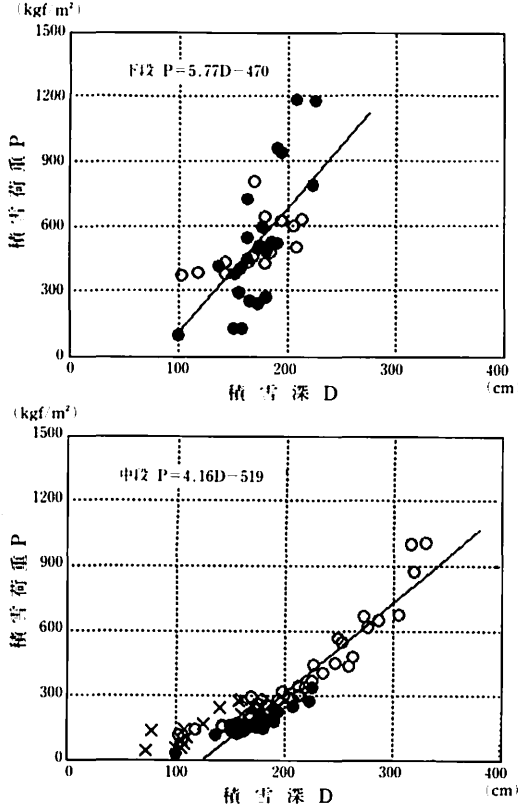


図-2 積雪荷重と積雪深の関係(降雪期)

注) ○:平成3年, ●:平成4年, ×:平成5年

がこの平均雪圧に相当すると考えると、柵中段の積雪荷重は設計雪圧の半分程度にすぎず、設計雪圧がかなり大きく設定されているものと思われる。一方下段では、設計荷重は平均雪圧にその25%が付加荷重として加えられるが、測定された下段積雪荷重は中段のその73%増にも及んでいる。ただし、積雪荷重の大きさは設計荷重を下回っており、なだれ予防柵の安全性の点では問題は無いが付加荷重の設定方法に検討の余地があるものと思われる。

今回の積雪荷重測定は1つのなだれ予防柵条件に関して3冬季間行ったのみであり、これだけでは現在の荷重設定方法に対して全体的な評価を下すことはできない。しかし、なだれ予防柵の設計荷重と実際の積雪荷重にはかなり大きな差があることが明らかになった。したがって、より合理的ななだれ予防

柵の設計のためには、積雪荷重の直接的な測定方法を確認し、様々な条件下での荷重測定を行うことにより、適正な設計雪圧荷重を設定していく必要があるものと思われる。

#### 4. おわりに

なだれ予防柵に加わる積雪荷重を3冬季間に亘って測定し次のような結論を得た。

1) 積雪荷重は増雪期では積雪深の変化とよく対応して変動しているが、融雪期には荷重の変動が激しく、正しい積雪荷重測定を得られなかった。今回の荷重測定方法に改良を加える必要が認められた。

2) 増雪期の積雪荷重は積雪深との関係が強く、また年による違いは認められない。したがって、なだれ予防柵の設計荷重の設定は従来のように積雪深に応じて行うのが妥当と考えられる。

3) 測定された積雪荷重は設計用の平均雪圧の半分程度に過ぎず、構造物の安全性の面からは問題がない。しかし、柵下段は荷重値は設計値より小さいものの、平均雪圧からの増加割合は、設計で想定しているものよりはるかに大きかった。なだれ予防柵の合理的設計のためには、今後とも積雪荷重の直接測定データを蓄積し、設計荷重を適正なものにしていく必要が示唆された。

なお、本実験は木製なだれ予防柵設計調査事業として富山県治山課の委託を受けて行ったものであり、同課および砺波農地林務事務所治山課の多大な協力に対し謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 長野県林務部：中小径木利用工種設計事例集，長野県，1-77 (1989)
- 2) 北海道林務部治山課：木で山をまもる，社団法人北海道治山協会，1-95 (1991)
- 3) 中谷浩，長谷川益夫ら：木製なだれ予防柵の開発，富林技研報，6，39-49 (1992)
- 4) 日本建設機械化協会：“新防雪ハンドブック”，森北出版，p.184-190 (1983)