

なだれ防止林の雪崩防止機能について

J R 東日本 安全研究所 正会員 島村 誠
 J R 東日本 安全研究所 鈴木 博人
 M T S 雪氷研究所 西村 寛

1. はじめに

なだれ防止林は、雪崩から線路を防護する目的で設置された樹林帯である(写真1)。

なだれ防止林は、その樹幹が斜面上の積雪の滑落を抑止する効果をもつとされている。しかし、なだれ防止林は生物の集合体であるため、その成立に関与する立地環境因子が複雑であり、また生長が緩慢なため、従来その効果の定量的な評価事例は少ない。そこで、本研究では過去の雪崩発生件数の推移データに基づく長期的かつマクロな評価及びFEMによる定量的評価を試みた。

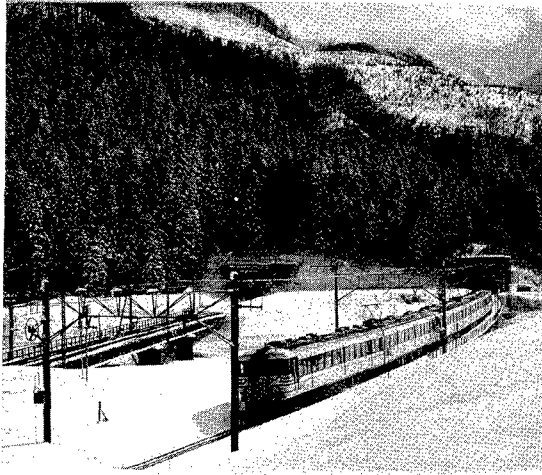


写真1 なだれ防止林 上越線土合・土樽間

2. 雪崩発生の観測データに基づく評価

旧国鉄新潟鉄道管理局(現J R 東日本新潟支社)管内の上越線における雪崩発生件数の推移を図1に

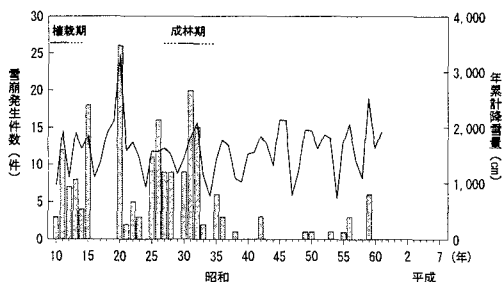


図1 上越線の雪崩発生件数の推移と越後湯沢における年累計降雪量

示す。この線区ではなだれ防止林の設置が昭和10年前後に大々的におこなわれたが、図1からこれらのなだれ防止林が成林した時期(植栽後約20年)と雪崩の発生が顕著に減少し始める時期がよく一致することが分かる。

このように、なだれ防止林の効果は少なくとも20年程度のタイムスパンで捉えないと正しく評価できないが、長期的にみるとその効果は極めて劇的である。

3. 雪崩防止機能の定量的評価

3. 1 現在の評価方法と課題

なだれ防止林の雪崩防止機能は、林を構成する個々の林木の樹種、樹齢、形状、本数密度、配置等の林況要素に依存していることが経験的に知られている。しかし、測定の煩瑣をさけるため、現在の鉄道林施業標準(1986)では地上高1.2mにおける樹幹の断面積を単位林地面積当たりで合計した値である胸高断面積密度(m^2/ha)のみによって、なだれ防止林を評価するよう定めている。

しかし、通常の林分に対する概略的な評価法としてはこれでよいが、厳密には胸高断面積密度が等しくても、太い立木が疎らに生えている林と細い木が密集している林とでは雪崩防止効果は自ずと違うはずである。しかし、このことは未だ十分に確かめられていない。

3. 2 雪崩防止機能のFEM解析

そこで、なだれ防止林の雪崩防止機能を定量的に評価するために、三角形メッシュによる2次元有限要素法解析をおこなった。シミュレーションは、林内の積雪を2次元平板として取り扱い、樹木間の積雪変位と応力の2次元分布を算出した。シミュレーションの内容は、次の通りである。

(1) 積雪モデル

積雪の挙動は、積雪を積雪深と積雪密度が一定の一つの層とみなして、積雪を粘性体とし、圧縮粘性係数 μ とポアソン比 ν が積雪密度に依存して決まるとするモデルを用いて計算した。

$$\mu = \mu_0 \exp(b\rho) \quad \mu_0, b: \text{係数}$$

[小島(1957), 篠島(1967)]

$$\nu = 0.014 \exp(a\rho) \rho \quad a: \text{係数}, \rho: \text{密度}$$

[Mellor(1974), Ohizumi(1986)]

(2) 数値計算の設定条件

積雪密度 : 200kg/m^3
 積雪深 : 2m
 斜面傾斜角 : 35°
 滑りの形態 : 全層（底面の摩擦係数 0.2 ）
 樹木配置 : 正三角形ちどり配置
 樹木径 : $3.7\text{cm} \sim 44.7\text{cm}$ （形状は正方形）
 樹木間距離 : $0.6\text{m} \sim 7.2\text{m}$

シミュレーションのメッシュパターンは、図2の通りである。

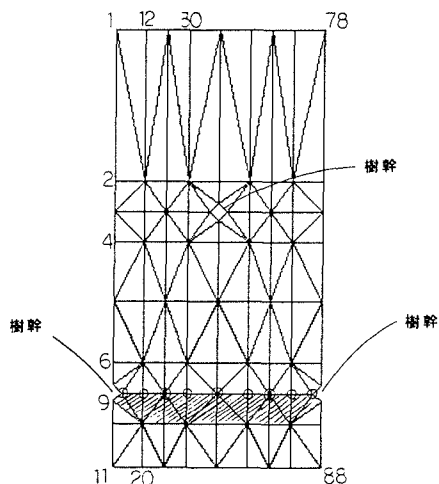


図2 シミュレーションのメッシュパターン
 数字：節点No
 ○印及び斜線：解析に用いた節点と要素

(3) 計算結果

図3は、樹齢20年のスギの人工林（胸高直径 11.2cm ）において、胸高断面積 $35\text{m}^2/\text{ha}$ （樹間距離 1.8m ）という条件の下での樹間における積雪の1日当たりの移動量である。樹木が積雪の移動を妨げ、樹木と樹木の間の中央が最も大きく移動する状況が表現されている。

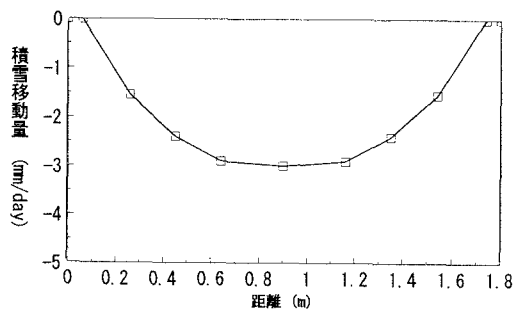


図3 樹木間の積雪移動量

図4は、樹木と樹木の間の積雪内部応力である。

引張り応力の最大値は、樹木近傍で現れている。このモデルでは、この値が積雪の破壊強度を超えると雪崩が発生するものと考えられる。

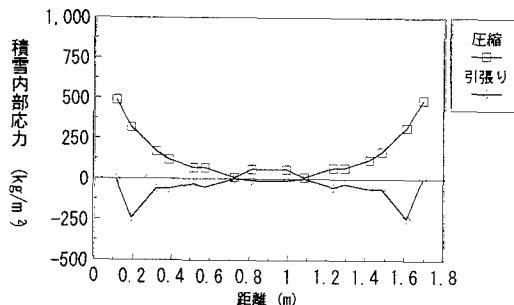


図4 樹木間の積雪内部応力

図5は、樹齢を一定にして胸高断面積を変化（樹間距離を変化）させた場合の積雪最大移動量と最大積雪内部応力である。これらは、胸高断面積密度が $35\text{m}^2/\text{ha}$ 程度を下回ると急激に減少して雪崩防止機能が低下することを示唆している。

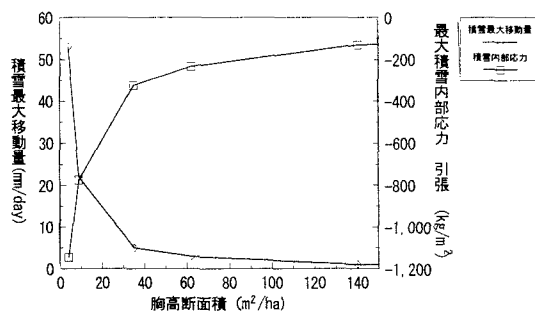


図5 樹木間の積雪最大移動量と最大積雪内部応力

4. 今後に向けて

FEMによる数値計算に加えて実際の林内の積雪挙動観測をおこない、両者の結果を比較することで、なだれ防止林の雪崩防止機能を定量的に評価し得る手法を確立したいと考えている。

参考文献

- 1) 雪にいでむ，国鉄新潟鉄道管理局，1987
- 2) 鉄道林施業技術標準解説，国鉄施設局，1986
- 3) 小島賢二，低温科学物理編，1957
- 4) 篠島健二，低温科学物理編，1967
- 5) Mellor Malcom, Journal of Glaciology, 1974
- 6) Ohizumi Mistuo, Inst. Low Temp. Sci. Contribution Ser.A, 1986