

VI-291

なだれ防止林のなだれ抑止機能に関する評価方法の提案

JR 東日本 新潟支社 正会員 櫻井 一樹

JR 東日本 安全研究所 正会員 田母神宗幸

㈱M T S 雪氷研究所 西村 寛

1. はじめに

全層なだれを対象とするなだれ防止林のなだれ抑止機能を樹幹の胸高断面積密度 (m^3/ha)¹⁾ を用いて評価している。しかし、この密度の基準値には立木間隔が考慮されておらず、立木が疎ら、密に関係なく胸高断面積密度が同じであれば、なだれ抑止機能も同じという不合理が生じる。

そこで立木周辺の亀裂と「積雪のグライド速度」等の現地観測を行い、2次元有限要素法における解析パラメータを決定し、斜面上積雪の変形挙動を再現する“シミュレーションモデル”を構築した。このモデルを用いて、積雪をこれまでの剛体としてではなく粘弾性体として扱い、より実態に則したなだれ防止林の立木間隔についての検討を行った。

2. 新評価方法の構築手順

(1) 評価基準の考え方

林内積雪の移動が安定しているか否かについては、立木周辺に亀裂ができれば不安定、なければ安定していると考えることができる。そこで新評価方法では、次の2条件を満足する立木間隔を求め、機能評価の基準値を作ることにした。

第1条件：立木側方の積雪内に亀裂が発生しないこと。

第2条件：立木が積雪の移動圧により倒伏しないこと。

(2) 立木側方での亀裂発生に関する分析

J R 只見線の斜面における平成9年2月～4月に行った観測結果に基づき、立木側方で亀裂が発生する条件を以下の手順にしたがって分析した（写真1）。



写真1 立木周辺の亀裂（雪割れ）

Step1; 融雪期における積雪のグライド速度（立木 10 本×周辺 6 点）を実測し、この現地実測データを再現するように“シミュレーションモデル”の解析パラメータ（粘性係数、摩擦係数等）を設定した。

Step2; 全立木（No.1～10）について、隣木間距離（水平方向 ΔX 、斜面方向 ΔY ）を実測し、“シミュレーションモデル”を用いて全立木周辺の積雪に生じる応力分布を計算し、引張応力の最大値とその発生位置（立木側方）を確認した（図1、2）。

Step3; 全立木（No.1～10）周辺での亀裂発生状況に関する観測結果とシミュレーションから、積雪内に亀裂が発生する最小の引張応力度、すなわち境界値（約 $3 \text{ tf}/\text{m}^2$ ）を得た（表1）。

Step4; 境界値を既往文献中の積雪破壊強度と比較しその妥当性について照査した。

(3) 立木の倒伏に関する分析

立木に作用するグライド力（F）を“シミュレーションモデル”を用いて、様々な斜面傾斜（ θ ）、積雪深（H）、積雪密度（ ρ ）、立木径（ ϕ ）、水平方向立木間距離（ ΔX ）、斜面方向立木間距離（ ΔY ）について求めた。この結果、グライド力（F）は、一定の傾斜、積雪密度の条件下では、積雪深（H）と立木径（ ϕ ）との積の関数とみなすことができ、かつ F と $\phi \cdot H$ の間にはほぼ直線関係が見られた。この結果を用いて、立木の投影単位面積当たりのグライド力（ $F/\phi \cdot H$ ）と ΔX 、 ΔY との関係を求めることができた。

キーワード：なだれ防止林、FEM解析、グライド測定

連絡先：東京都千代田区有楽町2丁目10番1号 東京交通会館7階 JR東日本 安全研究所

TEL: (03)3211-1118 FAX: (03)5219-8678

3. 新評価法による抑止機能の評価

前述の分析結果から、第1と第2の条件に対する評価が容易に行える評価図を作成した。図3に1例として、斜面傾斜角40度、樹種ブナ（樹径20cm）の評価図を示す。

(1) 第1の条件に対する評価

立木側方の積雪内部で発生する引張応力度が 3 tf/m^2 になった場合に亀裂が生じるものとし、この立木間隔をなだれを予防できる間隔の上限値として図示したものである。立木間隔がこの値より狭いことがなだれを予防するための第1の条件である。

(2) 第2の条件に対する評価

立木に作用する単位面積当たりのグライツ力 ($F/\phi \cdot H$) から、立木に作用する積雪のグライツ力 ($F/\text{本}$) を求め、立木の倒伏抗力 ($F_r/\text{本}$) と比較する。すなわち、 $F_r > F$ であることがなだれを防止するための第2の条件である。

4. 検証

石川ら²⁾は東北地方の積雪深 1.5~2.0mの地域での調査を行い、数多くのデータから経験的になだれ発生防止に必要な立木密度と間隔を求めている。この結果と新評価方法から求まる間隔とを比較したところほぼ同じような値になった。このことから本手法の妥当性の検証が基本的にはできたと考えている。

5. 研究成果

本研究から明らかになった実用上重要な事項を整理すると以下の通りである。

- (1) 普通に管理されている鉄道林（800 本/ha 以上）であれば、なだれ抑止機能を有する。
- (2) 立木の配列については、おおよそ傾斜方向1に対して水平方向2の間隔割合が、合理的な立木間隔となる。
- (3) 現行評価基準値である胸高断面密度 25 (m^2/ha) における立木間隔の適用上限値を明確にできた。

6. おわりに

新評価手法については、現行の評価手法を補足するものとしてなだれ防止林の保守管理に活かしていく。また、今後摩擦係数の実測など詳細な現地観測データを得て、評価方法の改良を行っていくことを考えている。

参考文献

- 1) JR 東日本、鉄道林施業標準、1987 年 4 月
- 2) 石川政幸、なだれ防止林の立木密度、雪氷、31 巻 1 号（1969 年）、P14~18
- 3) 櫻井一樹他、雪崩防止林の雪崩防止機能に関する新しい評価方法、平成 9 年度日本雪氷学会全国大会予稿集、

No266

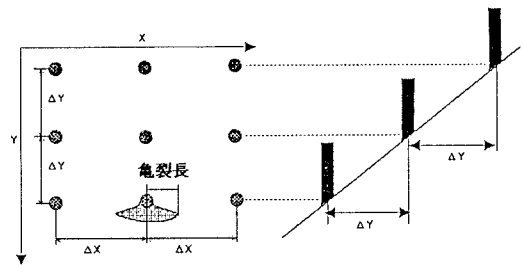


図1 シミュレーションでの立木配置

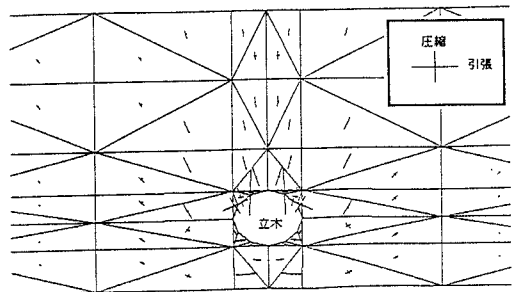


図2 シミュレーションによる積雪内応力図例

表1 亀裂長と積雪に生じる応力度

立木No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
斜面平均傾斜(度)	32	32	30	32	36	35	25	23	27	29
積雪密度 (kg/m ³)	400	393	380	383	390	387	387	400	397	410
積雪深さ (m)	1.87	1.89	1.61	1.51	2.02	1.93	1.69	1.92	1.71	1.69
立木直径 (m)	0.76	0.43	0.41	0.33	0.27	0.3	0.19	0.48	0.56	0.12
立木配列 ΔX(m)	12	8	16	8	6	5	16	4	4	10
ΔY(m)	8	8	8	12	8	8	8	5	10	5
亀裂長(cm)	100	100	155	110	75	50	0	0	0	0
圧縮応力度(tf/m ²)	6.5	6.5	4.6	6.4	8.7	6.6	2.3	0.2	1.8	3.1
引張応力度(tf/m ²)	-5.1	-4.8	-5.0	-5.5	-6.8	-5.3	-2.6	-0.1	-1.7	-3.1

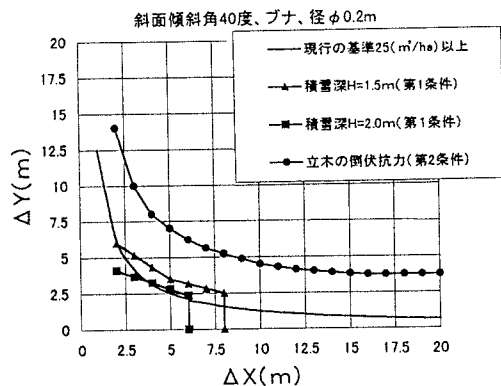


図3 なだれ防止に必要な立木間隔