# 新しいタイプの道路防雪柵についての風洞実験による防雪機能調査 Investigation by wind tunnel experiments about snow control function of new-type snow fence

山﨑貴志,住田則行,渡邊崇史((国研) 土木研究所 寒地土木研究所)
Takashi Yamazaki, Noriyuki Sumita, Takashi Watanabe

#### 1. はじめに

道路の吹雪対策施設の一つである吹き払い柵は路側に設置される防雪柵であり、設置に新たな用地取得を必要としないことから広く普及している。吹き払い柵は、下部間隙から吹き抜ける強い風で路面上の雪を吹き払うことを機能とするため、道路除雪による堆雪や積雪などで下部間隙が閉塞した場合や、主風向に対して柵が直交していない斜風の場合には防雪機能(吹き払い機能)が低下すると考えられている¹).そこで、当所では下部間隙の閉塞による防雪機能の低下を緩和するとともに、斜風に対しての防雪機能を向上させる、新しいタイプの路側設置型防雪柵の開発に向け検討を行っている.

本稿では、新しいタイプの路側設置型防雪柵の開発にあたり、縮尺模型を用いた風 洞実験を行い、その防雪機能について調査を行ったので報告する.

#### 2. 風洞実験

#### (1) 実験模型

本稿で検討した新しいタイプの路側設置型防雪柵(以降,「新型柵」という.)の形状は,下部間隙が閉塞した場合に吹き払い機能を維持するのではなく,吹止柵のように風上側に雪を多く捕捉するよう機能することを意図し,防雪板 1 枚で構成するものとした.模型の縮尺は 1/100 とした.また,比較のため吹き払い柵の模型も用いた(図 1).

## (2) 風洞実験装置

実験には当所の風洞実験装置(図 2)を使用した. 測定洞内の風速分布は, 上空ほど風速が増す自然の風を模擬 するため, べき法則(べき指数は田 園地帯を想定した 0.15<sup>2)</sup>)に近似す るよう風速調整装置で調整している.

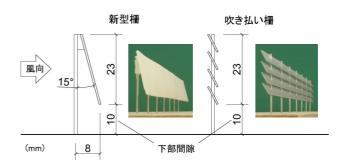


図1 防雪柵模型

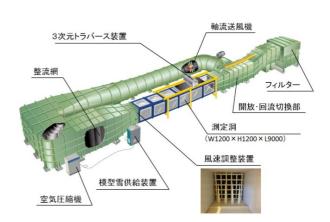


図2 風洞実験装置

#### (3) 実験条件

老川ら³) は、建物近傍を対象とした吹雪風洞実験を行う場合に、移動臨界摩擦速度比、安息角、ストークスパラメータの相似パラメータについて適合させることが重要としている。これらを適合させるため、模型雪として活性白土を使用した。模型雪は測定洞上流のノズルから圧縮空気とともに 230g/min で風洞内に供給し、人工的な吹雪を発生させている。

実験風速は、上記相似則のほか、予備実験により吹きだまりが形成されやすいことを確認した、7m/s (地面からの高さ 400mm での風速) とした.

## (4)吹きだまり計測

防雪柵周辺に発生する吹きだまり(図 3)の状況を調査するため、吹きだまりの高さを計測した.模型雪の供給時間を 15 分間とし、発生した吹きだまりの高さをトラバース装置に取り付けたレーザー距離計で計測した.計測ラインは風洞中心線上とし、5mm間隔で計測した.

#### (5) 風速計測

風速の計測は単線式の熱線風速計により行った.サンプリング周波数 200Hz で計測時間は1箇所あたり10秒間とし,得られた計測値の平均を計測結果とした.計測ラインは風洞中心線上で地面からの高さ5mmとし,10mm間隔で計測した.

#### (6)流速計測

後述する斜風実験において、流れ場を確認するため、PIVによる流速の計測を行った(図4). PIVはトレーサーの動きを撮影した画像の解析から流速を計測する方法で、面的に流れ場を把握できるものである.トレーサーは模型雪の活性白土とし、計測面は地面からの高さ5mmとした. 画像は毎秒



図3 吹きだまり例

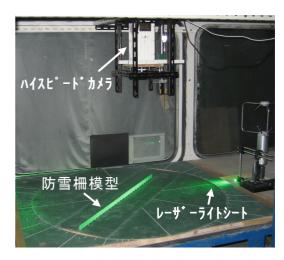


図4 PIV 計測状況

2,000 枚で 5 秒間撮影した. この 10,000 枚の画像を用い, 2 枚 1 組から得られる 5,000 組の解析値を平均したものを計測結果とした. なお, トレーサー粒子の動きは空気の流れと完全には一致せず, 計測結果は風速ではなくトレーサー粒子の速度となるため, ここでは風速とは区別して流速としている.

#### 3. 実験結果

#### (1)吹き払い柵との比較

新型柵の防雪機能を従来の吹き払い柵と比較するため、吹きだまり計測と風速計測を行った。また、下部間隙が堆雪などにより閉塞した場合を想定し、堆雪模型により下部間隙を閉塞させた条件でも実験を行った。吹きだまり計測の結果を図 5、風速計測の結果を図 6に示す。これら以降の図における防雪板下端からの水平距離 x や吹きだ

まり高さhは,防雪柵高さH=33mmで無次元化した.また,風速比・流速比とは,各地点における風速・流速を防雪柵が無い場合の同一地点における風速・流速で除した値である.

図 5 より、下部間隙が閉塞していない 場合,  $x/H = 0\sim3$  程度の範囲では, 新型 柵と吹き払い柵に明確な差がないため, 同程度の吹き払い機能があると考えられ る. 下部間隙が閉塞している場合, 吹き 払い柵では吹きだまりが生じない範囲が 狭くなり吹き払い機能が低下しているの に対し, 新型柵では吹きだまりが生じて いない. 本実験装置における模型雪粒子 の多くは自然の吹雪と同様に防雪柵高さ よりも低い位置を移動する $^{4)}$ ため、1枚 の防雪板で構成される新型柵では、下部 間隙閉塞時には多くの雪粒子が柵を通過 せずに、柵風上側に大きな吹きだまりが 発生し、柵風下側に吹きだまりが形成さ れなかったと考えられる.

図 6 より、下部間隙非閉塞時は吹き払い柵と新型柵に大きな差はなく、下部間隙閉塞時は新型柵では風を遮断していることがわかる.

### (2) 斜風に対する防雪機能比較

吹き払い柵は斜風時に吹き払い機能が低下すると考えられている<sup>1)</sup>. そこで、斜風時における吹き払い機能について新型柵と吹き払い柵の比較を行った. 本実験で使用している単線式熱線風速計はめ、PIVによる流速計測を行った. 柵は起め、でよる流速計測を行った. 柵はありに対して90°,67.5°,45°となるよう設置した(図7). また、斜風時の吹き払い機能を高めることを意図して防雪板の形状を波形にした柵(以降、「波形柵」という. 図8)についても同様の実験を行った. 計測結果を図9、10に示す.

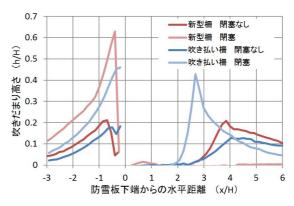
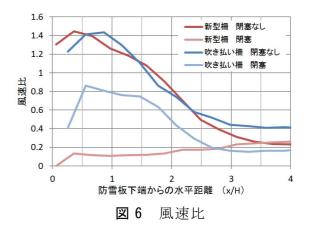


図5 吹きだまり高さ



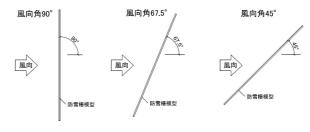


図 7 防雪柵模型設置平面図

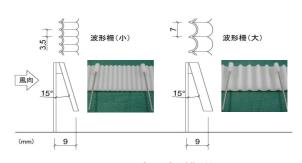


図8 波形柵模型

図 9 より、風向角 67.5° において、新型柵は吹き払い柵に比べて最大流速で約 8%高く、x/H=2.8 程度までの範囲で吹き払い柵より流速が高くなっている。また、波形柵は、新型柵に比べて流速が高く、波形が大きいほうがより高くなっている。

図 10 より, 風向角 45° において, 新 型柵は吹き払い柵に比べて最大流速で約 8%高いが、x/H=1.8程度以遠では吹き払 い柵よりも流速が低くなっている. また, 波形柵は、風向角 67.5° の時と同様に新 型柵に比べて流速が高く,波形が大きい ほうがより高くなっている. 吹き払い柵 の吹き払い機能が及ぶ範囲は $x/H = 2\sim3$ 程度とされ1),この範囲において,風向 角 67.5°の斜風時では新型柵は吹き払い 柵よりも吹き払い機能が高くなっている が, 風向角 45° の斜風時では新型柵の優 位性は明確ではない. また, 防雪板を波 形の形状にすることにより斜風に対する 吹き払い機能を高めることができ、その 効果は波形が大きいほど高くなっている が、実柵を検討する場合には製作等の問 題から波形の大きさは限られたものとな ると考えられる.

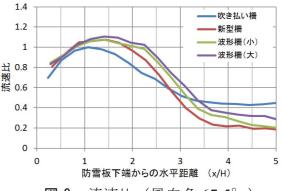
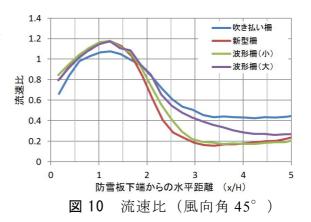


図 9 流速比 (風向角 67.5°)



## 4. まとめ

新しいタイプの路側設置型防雪柵の開発に向けて、縮尺模型を用いた風洞実験を行った結果、今回検討した防雪板 1 枚で構成される新型柵は、下部間隙非閉塞時には吹き払い柵と同程度の吹き払い機能があり、下部間隙閉塞時には吹き払い柵とは異なる機能により柵風下側の吹きだまりを抑制することがわかった。また、防雪板の形状を波形とすることで斜風時における吹き払い機能が向上すると考えられる。しかしながら、下部間隙閉塞後は柵風上側への吹きだまりが大きくなることから、柵埋没などについても考慮しなければならない。

今後は実験条件を増やして風洞実験を継続するとともに実柵による実験を行い、新しいタイプの路側設置型防雪柵の開発に向けた検討を進めていく予定である.

#### 【参考・引用文献】

- 1) 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所, 2011: *道路吹雪対策マニュアル(平成23 年改訂版)第2編 防雪柵編*.
- 2) 財団法人日本建築センター、2008: 実務者のための建築物風洞実験ガイドブック.
- 3) 老川進, 苫米地司, 石原孟, 2007: 建物近傍の雪吹きだまりの風洞相似則に関する 考察, 日本雪工学会誌, 23, 2, 13-32.
- 4) 山﨑貴志,住田則行,石川真大,2013:風洞実験による道路防雪林の防雪・防風機 能調査,国土交通省北海道開発局第56回(平成24年度)北海道開発技術研究発表会.