

吹払式防雪柵の下部間隙閉塞と防雪機能の関係について

— 縮尺模型を用いた風洞実験による検討 —

Relationship between bottom gap closure and snow control function of a blower snow fence

— Examination by wind tunnel experiments using a scale model —

山崎貴志, 住田則行, 岸寛人, 石川真大 ((独) 土木研究所 寒地土木研究所)

Takashi Yamazaki, Noriyuki Sumita, Norihito Kishi, Masahiro Ishikawa

1. はじめに

道路の吹雪対策施設の一つに、吹き払い柵とも呼ばれる吹払式防雪柵がある。この防雪柵は柵の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、道路除雪でよけられた雪や降積雪などにより柵の下部間隙が閉塞すると、防雪機能（吹き払い効果）が低下し、路面上に吹きだまりができやすくなると考えられている¹⁾。

吹き払い効果を維持させるために下部間隙の除雪を行うことも多いが、下部間隙の除雪には大きな労力が必要となる。そこで、効率的な除雪を行うためには、吹き払い効果が低下する適切なタイミングで除雪を行う必要があるが、そのためには下部間隙閉塞と吹き払い効果低下の関係がわかっていなければならない。しかしながら現状ではその関係は明らかとなっていない。

本稿では吹払式防雪柵の下部間隙閉塞と吹き払い効果低下の関係を調査するため、下部間隙閉塞率による柵下流の風速及び模型雪粒子速度への影響について縮尺模型を用いた風洞実験により検討した。

2. 実験条件

実験には寒地土木研究所の風洞実験装置（図-1）を使用した。測定洞内の風速分布は風速調整装置で調整しており、鉛直方向風速分布を図-2に示す。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 0.15²⁾）に近似するよう調整している。

実験に使用した吹払式防雪柵の模型縮尺は100分の1とした（柵高 33 mm, 下部間隙高さ 10 mm）。防雪柵の下部間隙閉塞率は下部間隙に板を挿入することで調整し、0%, 25%, 50%, 75%, 100%の5段階とした（図-3）。実験を行った風速は、地面からの高さ 400 mm における風速を実験風速として、7 m/s, 4 m/s, 2 m/s, の3風速とした。

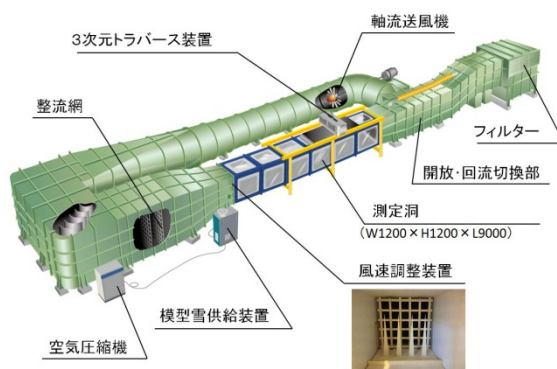


図-1 風洞実験装置

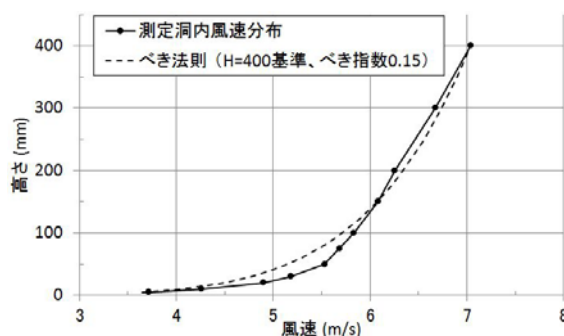


図-2 測定洞内風速分布（鉛直方向）

3. 熱線風速計による風速計測

(1) 計測条件

計測に使用した熱線風速計は日本カノマックス株式会社 IHW-100, プローブはI型プローブを使用した. 計測は 200 Hz で約 10 秒間 (2048 データ) 行い, その平均値を風速とした. 風速計測位置を図-4 に示す. 図-4 は風洞ほぼ中心線上における立面図である.

(2) 計測結果

柵上流 400 mm における風速を基準風速として, 各計測点での風速を, 同じ高さにおける基準風速で除した値を風速比とした. 風速比が 1 以上であれば, その計測点における風速が基準風速 (柵がない場合の風速) よりも速いということになる.

下部間隙閉塞率 0 %, 実験風速 7 m/s での風速比の分布を図-5 に示す. 柵の下流側は風速比が低くなっているが, 地面付近では風速比が 1 以上と高くなっており, 地面付近の風速は吹き払い効果に大きく影響すると考えられるため, 吹き払い効果が生じていると考えられる.

地面に最も近い高さ 5 mm における風速比を下部間隙閉塞率ごとに示した図を図-6 に示す. 柵からの距離 75 mm の範囲においては, 閉塞率 50 % 以下では, 閉塞していない状態に比べて明らかな風速低下はみられない.

閉塞率 0 % と 50 % での高さ 5 mm における風速比を実験風速ごとに示した図を図-7, 8 に示す. どちらも実験風速が異なっても風速比の分布はほぼ同様であった.

4. PIV による模型雪粒子速度計測

(1) 計測条件

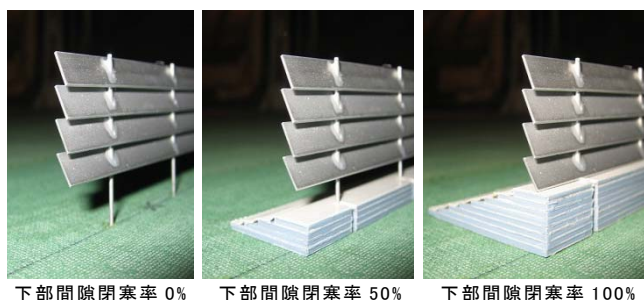


図-3 吹払式防雪柵模型 (縮尺 1/100)

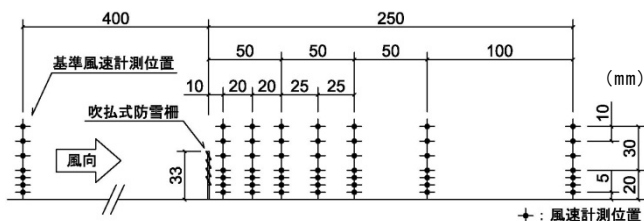


図-4 風速計測位置

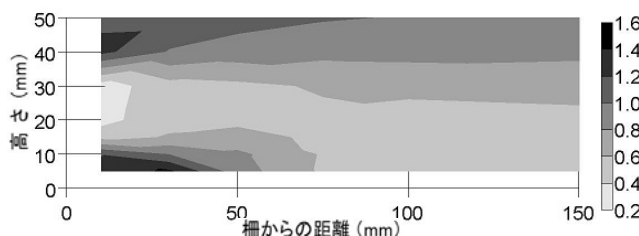


図-5 風速比分布(閉塞率 0%, 実験風速 7m/s)

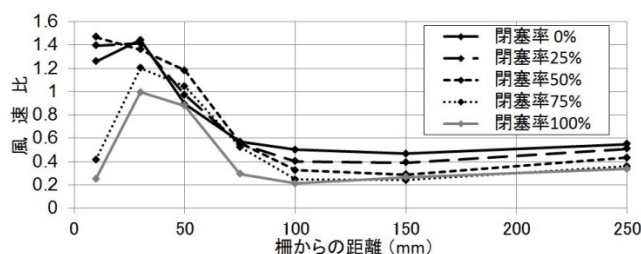


図-6 風速比(h=5mm, 実験風速 7m/s)

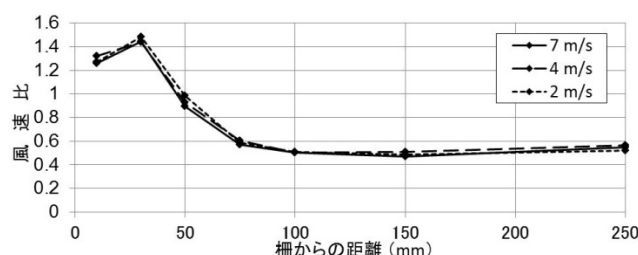


図-7 風速比(h=5mm, 下部間隙閉塞率 0%)

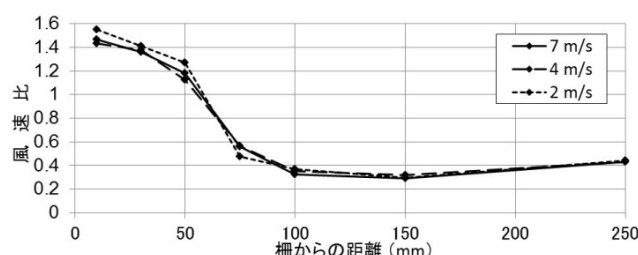


図-8 風速比(h=5mm, 下部間隙閉塞率 50%)

計測に使用したレーザーシートは株式会社日本レーザー DPGL-2W (出力 2 W)、ハイスピードカメラは株式会社フोटロン SA-2、計測ソフトは株式会社ライブラリー Flow-PIV とした。

トレーサーとして本実験装置で模型雪として使用している活性白土を使用し、撮影は画素数 2048×512 ピクセルで毎秒 2000 枚、5 秒間とした。計測に用いた画像は 10000 枚 5000 組で、乱流による流れの乱れの影響を極力排除するため、5000 組でそれぞれ計測した結果を平均したものを計測結果とした。レーザーの地面への照り返しが強いと地面付近の計測が難しくなるため、照り返しを軽減させる目的でレーザーを低い位置から照射した (図-9)。なお、トレーサーは空気の流れと完全には一致していないので、計測結果は風速ではなく粒子の速度となる。

(2) 計測結果

実験風速 7 m/s における下部間隙閉塞率ごとの計測結果を図-10、実験風速 4 m/s における計測結果を図-11 に示す。なお、図の空白部分は欠測である。

実験風速 7 m/s において、下部間隙閉塞率 50 % 以下では、柵下流の地面付近で強まった流速が柵から離れるに従い徐々に低くなっているが、地面付近での逆流は生じていない。下部間隙閉塞率 75 % では、柵下流の地面付近での逆流が生じ始めている。

下部間隙閉塞率 100 % では、柵下流の地面付近での流速が弱く、柵からの距離 75 mm 以上の地面付近で逆流が生じており、下部間隙閉塞率 75 % での逆流よりも強い逆流が生じている。

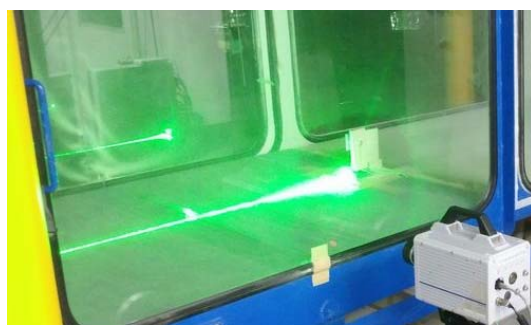


図-9 PIV 計測状況

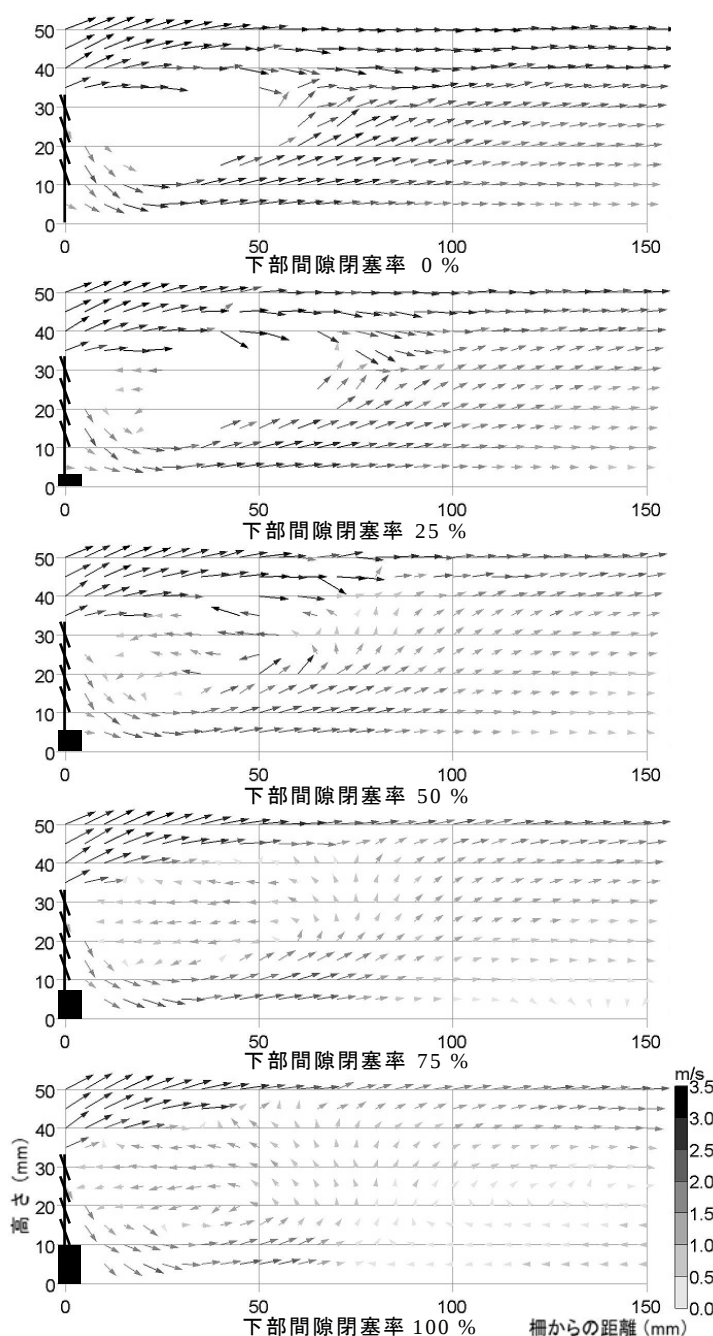


図-10 流速分布 (実験風速 7 m/s)

実験風速 4 m/s では、実験風速 7 m/s での結果に比べ全体的に流速は低くなっているが、下部間隙閉塞率 50 %以下で地面付近の逆流が生じていないことや、下部間隙閉塞率 75 %で地面付近の逆流が生じ、下部間隙閉塞率 100 %で逆流域が柵に近づくことなど、実験風速 7 m/s での結果と同様な結果となっている。

実験風速 2 m/s での結果はここでは図示していないが、実験風速 7 m/s 及び 4 m/s での結果と同様な結果となっている。

5. まとめ

吹き払い効果に影響が大きいと考えられる地面付近の風速について、柵に近い範囲内では、下部間隙閉塞率 50 %以下では明確な低下はみられないことから、吹き払い効果が維持されていると考えられる。

また、PIV による模型雪粒子速度計測により以下のことがわかった。

下部間隙閉塞率 50 %以下では、閉塞率上昇に伴い吹き払い効果は弱まるものの、地面付近での逆流が生じていないため、吹き払い効果が維持されていると考えられる。下部間隙閉塞率 75 %では地面付近での逆流が生じ始めており、吹き払い効果はかなり弱まると考えられ、さらに、下部間隙が完全に閉塞すると逆流域はより柵に近づき逆流が強くなるため、道路上に吹きだまりが生じやすくなると考えられる。

これらの傾向は実験風速 2～7 m/s の範囲において風速によらず同様となった。

【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 3 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.

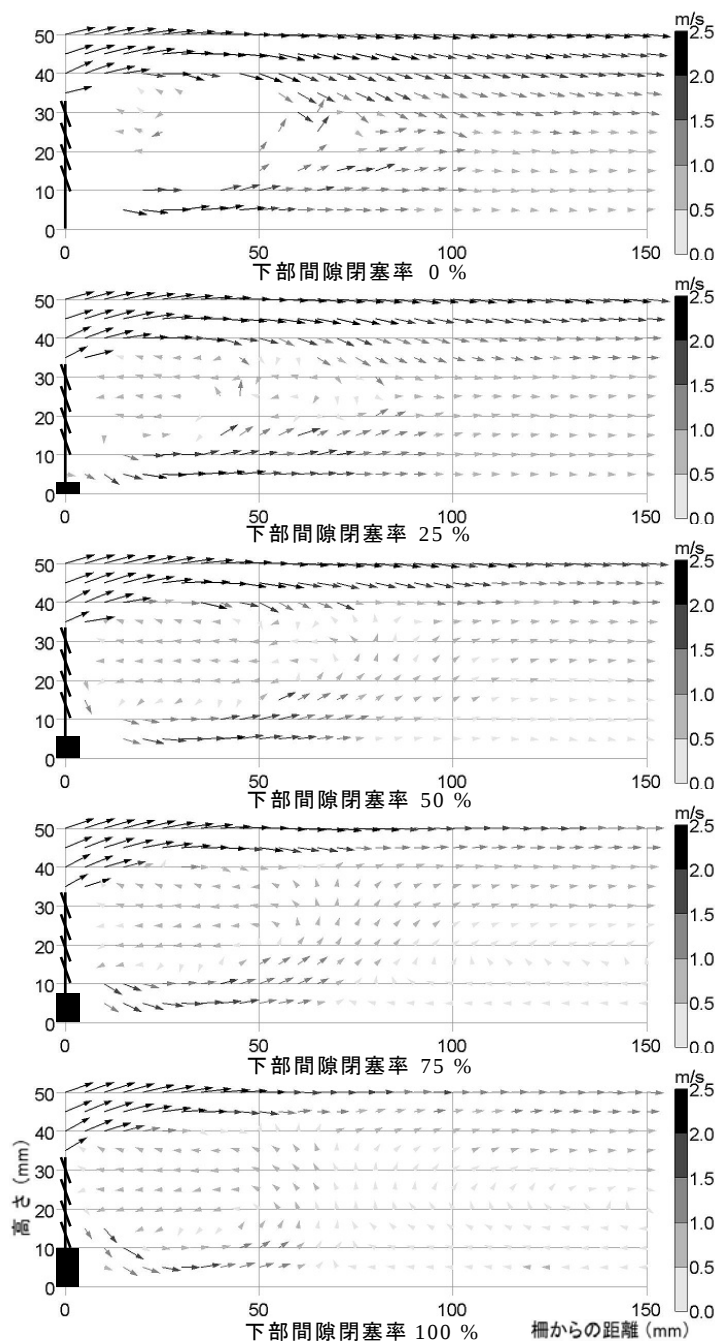


図-11 流速分布 (実験風速 4 m/s)