

新型柵による防雪柵端部・開口部の風況把握に関する風洞実験

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○齋藤 勉
植野 英睦
戸川 卓治

防雪柵端部・開口部は吹雪等による風況急変の問題があり、視程急変の緩和対策のため新型柵（斜行柵群、くの字柵）による開口部付近の風況について、模型を用いた風洞実験を行い調査したので報告する。

キーワード：防雪柵、風洞実験、防雪機能

1. はじめに

積雪寒冷地の冬期道路においては、吹雪による視程障害によって、車両の立ち往生などの交通障害が発生している。この対策として防雪柵などによる整備が進められているが、防雪柵が整備された区間であっても防雪柵端部や開口部において、突発的な視程障害が発生している。このような視程急変箇所へ副防雪柵の設置や、空隙率を大きくした防雪柵などの対策が試みられているが、効果は明らかとなっていない。

そこで、防雪柵端部・開口部における視程急変の緩和効果の把握を目的に、検討した新型柵の模型を製作し設置方法や風向角を変化させ、開口部付近の風速を計測し、新型柵の形態の違いによる開口部の影響を確認したので報告する。

2. 実験概要

風洞実験による過年度までの結果を踏まえ、数値シミュレーションで検証を行った3種類の新型柵について、開口部周辺への影響を把握するため風速計測を行った。

(1) 実験装置

実験には寒地土木研究所所有の風洞実験装置（図-1）を使用した。装置の主要寸法は、全長約29m、測定洞の全長約9m、測定洞の断面1.2m×1.2mである。測定洞（図-2）には風向角を可変できるターンテーブルを設置している。

(2) 模型の製作と検討

新型柵の配置状況を図-3に示す。新型柵模型は、開口部に入り込む風をそらす斜行柵群模型（図-4、図-5）とSAITO Tsutomu, UENO Hidechika, TOGAWA Takuji

開口部に風が入り込まないようにした、くの字柵（図-6）模型を製作した。斜行柵群模型は空隙による影響を把握するため、既設防雪柵の有孔板と同じ空隙率にした、空隙率30%の模型（図-4）と、空隙なしの模型（図-5）を製作した。新型柵模型は上部に鼠返しが無い高さ40mmである。防雪柵模型は図-7に示す模型を使用した。全ての模型は1/100スケールで製作した。

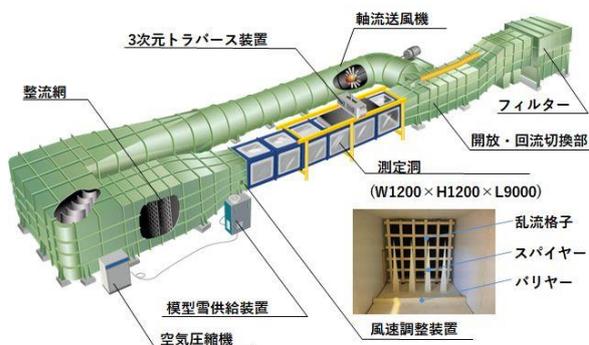


図-1 風洞実験装置

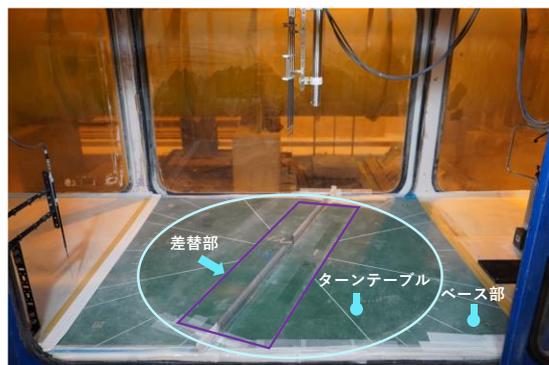


図-2 測定洞

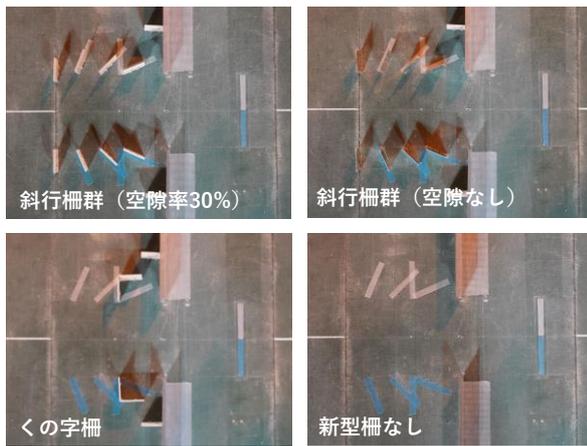


図-3 新型柵模型

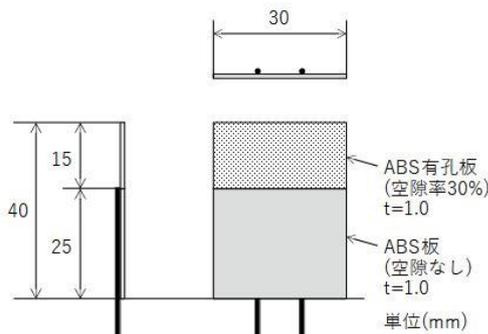


図-4 斜行柵群模型 (空隙率30%)

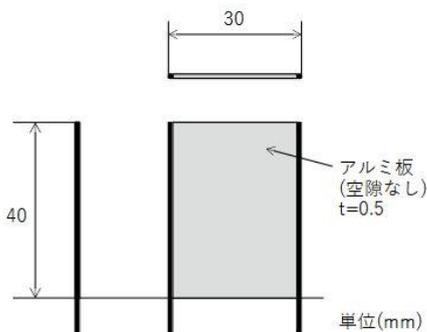


図-5 斜行柵群模型 (空隙なし)

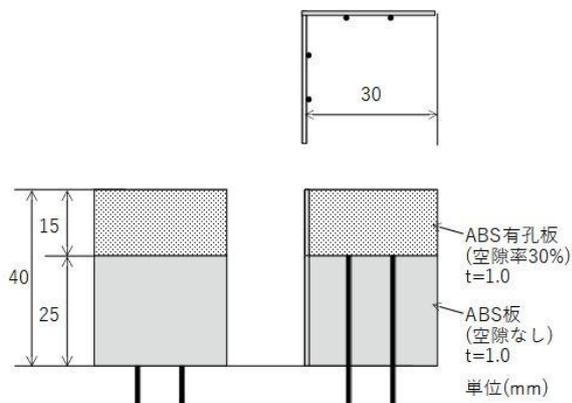


図-6 くの字柵模型

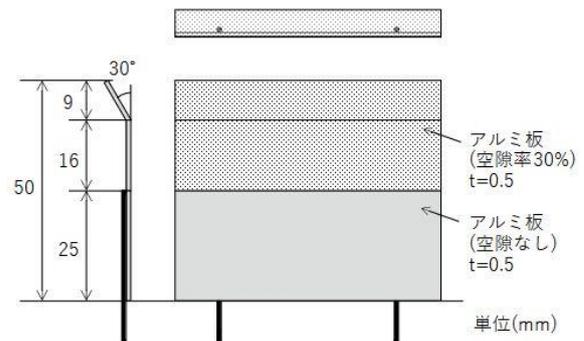


図-7 防雪柵模型 (吹止め式防雪柵)

(3) 風洞実験の風速設定

測定洞内の垂直風速分布は、上空ほど風速が増す自然の風を模擬するため、べき法則は、田園地帯を想定した 0.15^{-1} に近似するよう気流を調整した。そのため、実験風速は、高さ $H=400\text{mm}$ で風速 7 m/s 、高さ $H=50\text{mm}$ で風速 4.5 m/s 前後²⁾とした。

(4) 計測方法

風速計測は、プローブにゲルマニウム半導体を使い、熱伝導率が良いニッケル管 (直径 1mm ×長さ 3mm) で包んだ、トーニック (株) 製の多点熱式風速計 (支持棒型風速風温プローブMT-100-400Q) 3本と、出力ユニットGeY-40DA (4CH) を用いた。計測間隔は出力ユニットGeY-40DA で温度補正等の処理をした風速データと気温データを、シリアル通信で2秒間隔に受信し、風速値は30個 (計測時間は60秒) のデータの平均値とした。多点熱式風速計を図-8に示す。

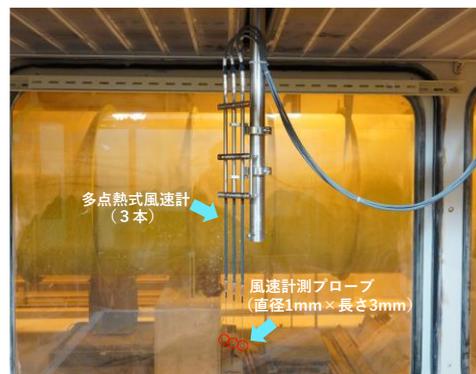


図-8 多点熱式風速計

計測箇所を図-9に示す。計測箇所は、新型柵による4車線道路における開口部の風速の緩和効果を把握するため、第1車線上中央と風下側の第4車線上中央とした。計測では道路縦断方向に前後 300mm を、 25mm 毎に1列あたり 25 計測点で行った。模型の縮尺により防雪柵の開口部中心から道路横断方向へ 100mm を第1車線中心、同様に 210mm を第4車線中心とした。計測地点の高さは地面から高さ 15mm である。図-9に示すように、基準点と各計測地点の比を「風速比」と定義した。

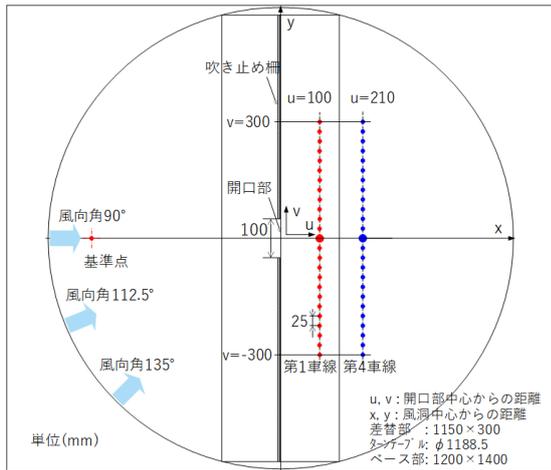


図-9 計測箇所図

(5) 実験条件

新型柵毎の開口部の風速を解析するため、CFD（数値流体力学シミュレーション）を使い、緩和効果が確認された「斜行柵群（空隙率30%）」、「斜行柵群（空隙なし）」、「くの字柵」と、比較のため「新型柵なし」の4パターンの実験を行った。斜行柵群模型設置図を図-10、くの字柵模型設置図を図-11に示す。

風向条件は防雪柵に対して直交の場合のほか、斜風の影響も把握するため、風向に対して90°、112.5°、135°に設置し計測を行った。

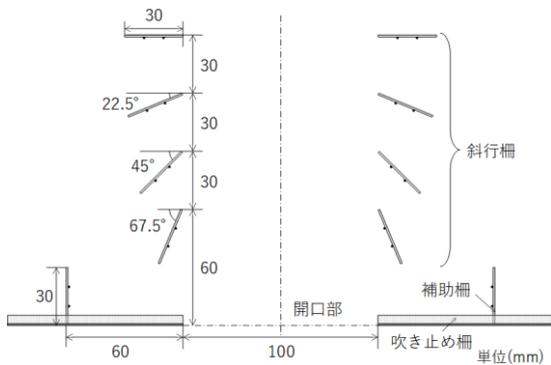


図-10 斜行柵群模型設置図

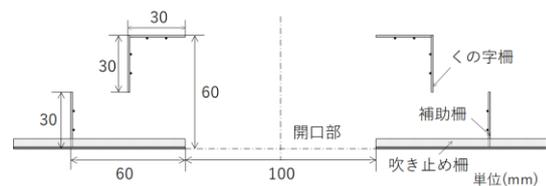


図-11 くの字柵模型設置図

3. 実験結果と考察

(1) 風向角90°の風況

風向角90°の実験状況（斜行柵群、くの字柵）を図-12に示す。開口幅は100mmである。

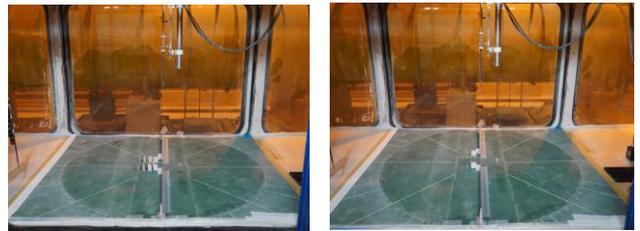


図-12 風向角90°の実験状況（左:斜行柵群、右:くの字柵）

a) 風速比が上昇する範囲（風向角90°）

図-13に風向角90°第1車線の風速比分布図を示す。風速比の上昇範囲は左側50mmから右側50mmで、新型柵ありと新型柵なしに差があまりない。

図-14に風向角90°第4車線の風速比分布図を示す。新型柵なしより新型柵ありの方が風速比の上昇範囲は少し広がっている。上方にそれた風が下方に流れた影響で風速比の上昇範囲が少し広がったためと考えられる。

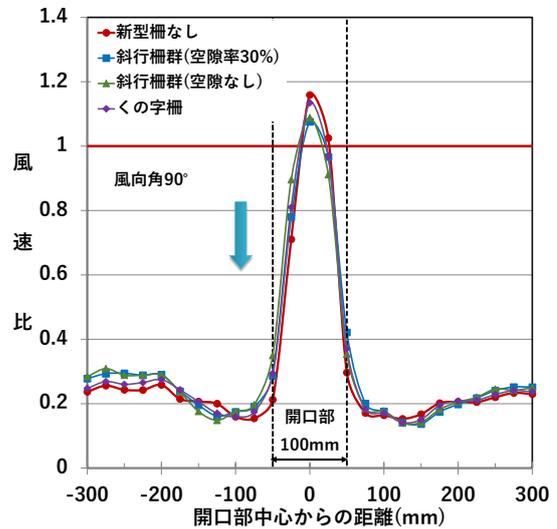


図-13 風向角90°の風速比分布図（第1車線）

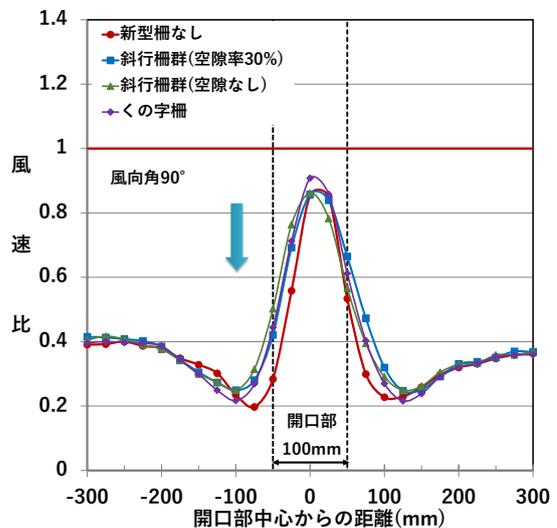


図-14 風向角90°の風速比分布図（第4車線）

b) 最大風速比 (風向角90°)

風向角90°の最大風速比を図-15に示す。第1車線は、新型柵なしの1.16に対して、斜行柵群(空隙率30%)は1.08、斜行柵群(空隙なし)は1.09と、最大値が下がっている。斜行柵群は開口部に入り込む風を防雪柵の背面にそらしているためと考えられる。くの字柵も1.13と、新型柵なしの1.16より最大値が少し下がっていた。くの字柵の緩和効果は斜行柵群より小さかった。

第4車線の最大風速比は、斜行柵群は空隙率30%と空隙なしとも新型柵なしとほぼ同じである。くの字柵は新型柵なしより少し高かった。

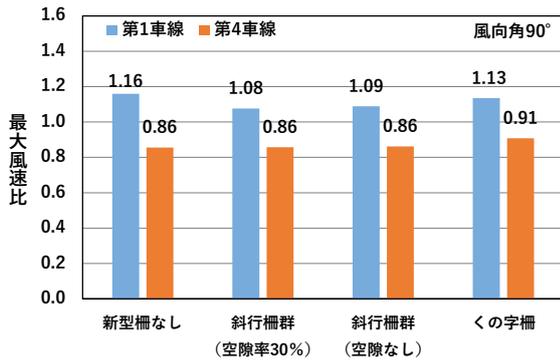


図-15 風向角90°の最大風速比

(2) 風向角112.5°の風況

風向角112.5°の実験状況(斜行柵群、くの字柵)を図-16に示す。風洞壁面付近を流れる気流が計測地点に入り込まないように、回り込み防止板を設置した。

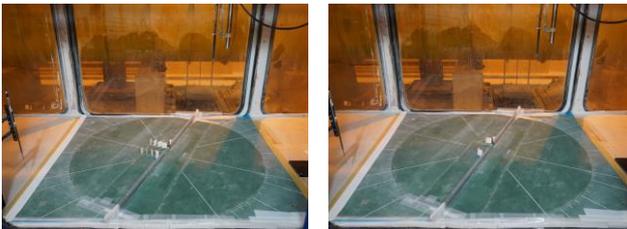


図-16 風向角112.5°の実験状況(左:斜行柵群、右:くの字柵)

a) 風速比が上昇する範囲(風向角112.5°)

風向角112.5°第1車線の風速比分布図を図-17に示す。風速比の上昇範囲は、新型柵ありと新型柵なしとも左側25mmから右側150mmで、差はあまりない。

風向角112.5°第4車線の風速比分布図を図-18に示す。風速比の上昇範囲は、新型柵ありが右側25mmから右側に対し、新型柵なしは右側75mmから右側に、開口部から右端に風速比の上昇範囲が移動している。

b) 最大風速比(風向角112.5°)

風向角112.5°の最大風速比を図-19に示す。第1車線では、新型柵なしが1.11と一番高く、斜行柵群が0.93と最も低い。斜行柵群(空隙率30%)と斜行柵群(空隙なし

し)は、第1車線と第4車線とも違いが見られなかった。第4車線は、新型柵なし0.86より、斜行柵群は0.82、くの字柵は0.79と低く、新型柵の緩和効果が確認された。

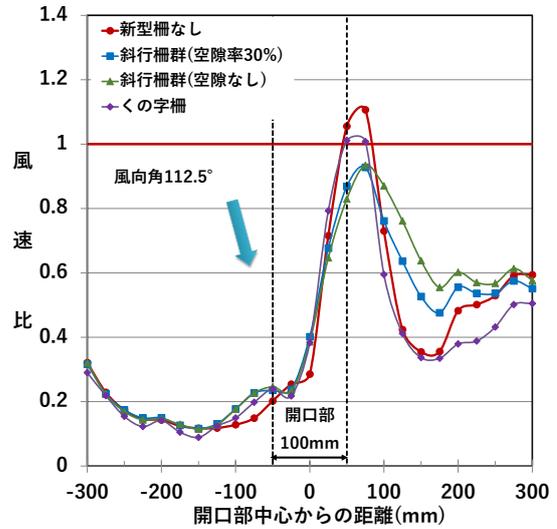


図-17 風向角112.5°の風速比分布図(第1車線)

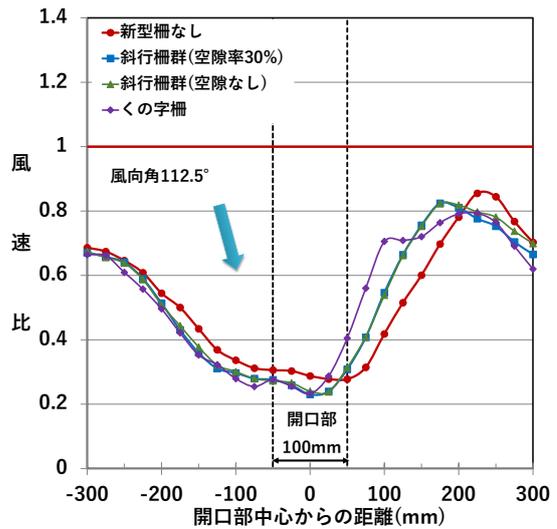


図-18 風向角90°の風速比分布図(第4車線)

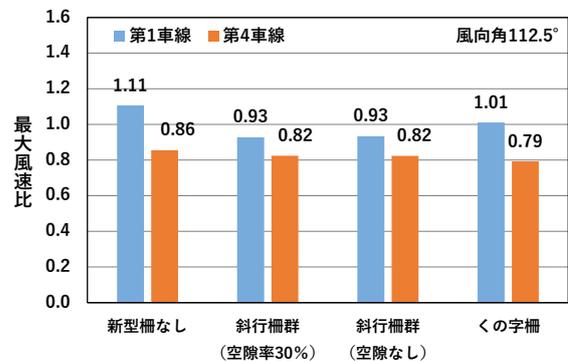


図-19 風向角112.5°の最大風速比

(3) 風向角135° の風況

風向角135° の実験状況を図-20に示す。風向角112.5°と同様に、風洞壁面付近を流れる気流が計測地点に入り込まないように、回り込み防止板を設置した。

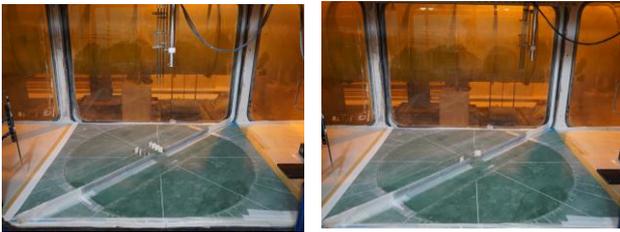


図-20 風向角135° の実験状況 (左:斜行柵群、右:くの字柵)

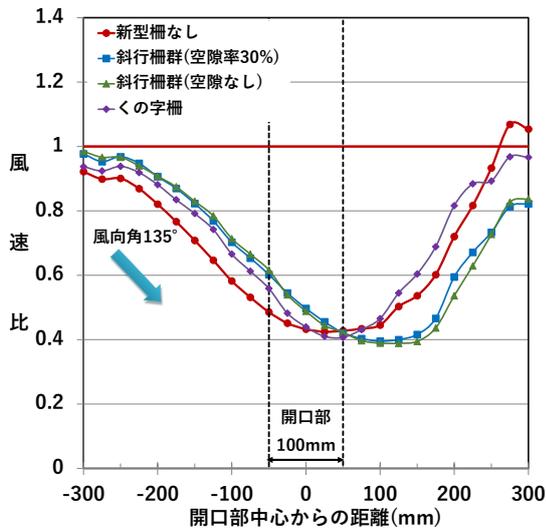


図-21 風向角135° の風速比分布図 (第1車線)

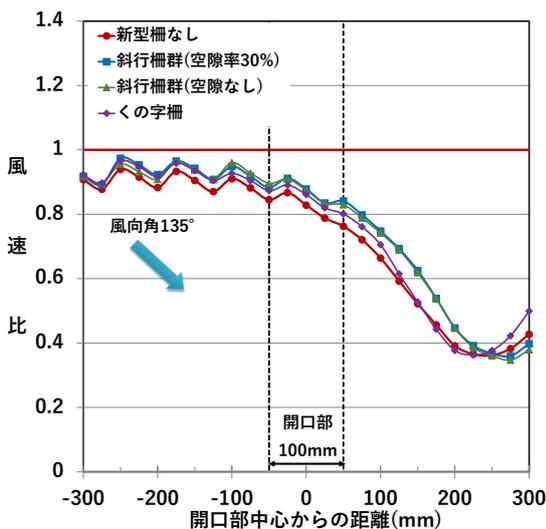


図-22 風向角135° の風速比分布図 (第4車線)

a) 風速比が上昇する範囲 (風向角135°)

風向角135° 第1車線の風速比分布図を図-21に示す。開口部付近の風速比が低く、左端、及び右端に行くほど

上昇している。この傾向は図-22に示す第4車線でも確認された。この現象は後述の「4.考察」に記述する。

b) 最大風速比 (風向角135°)

風向角135° の最大風速比を図-23に示す。第1車線は新型柵なし1.07より、斜行柵群0.98、くの字柵0.97と、風速比が低く緩和効果が確認された。斜行柵群 (空隙率30%) と斜行柵群 (空隙なし) はほぼ同じで違いが見られなかった。第4車線の最大値は、新型柵ありが新型柵なしより若干高かった。

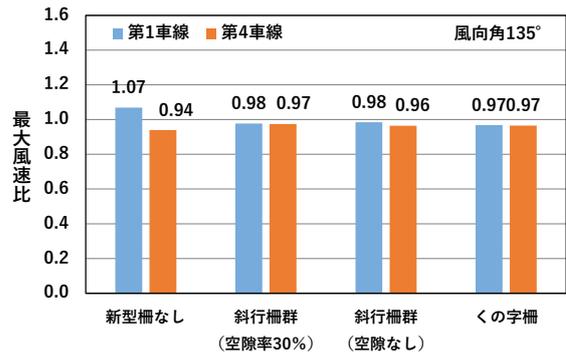


図-23 風向角135° の最大風速比

4. 考察

(1) 開口部を通過した風の流れ (風向角135°)

風向角135° の時、開口部を通過した風の流れは図-24で示す様に、右側の防雪柵に引き寄せられたと考えられる。また、左側防雪柵から開口部付近に風速が低い箇所が発生した。数値シミュレーションでも同様の結果で、道路上の開口部風下で風速の低下が確認できた。

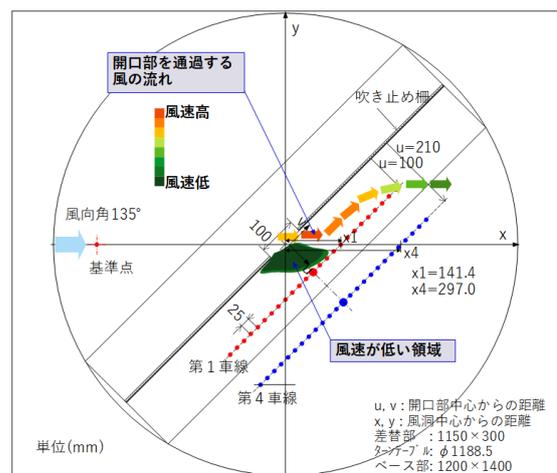


図-24 開口部を通過した風の流れ (風向角135°)

(2) 防雪柵を越えた風の流れ (風向角135°)

風向角135° 第1車線と第4車線の風向鉛直方向の風速比分布図を図-25に示す。開口部より、左側は左端ほど

風速比が高くなっている。また、開口部の左側は第1車線より第4車線の風速比が高い。

開口部から第1車線までの距離は図-26に示す通り、風向角 90° では100mmであるが、風向角 135° では141.4mmと長くなる。第4車線までの距離は風向角 90° では210mmであるが、風向角 135° では、297.0mmとなる。防雪柵の上方に流れた早い風速が、道路上で下方に流れていると考えられる。防雪柵に当たり上方に流れる風の高さは、風向角 90° より風向角 135° が低いと考えられ、風向角 135° は防雪柵を越えた早い風速が、道路上で下方に流れ、防雪柵の左端と右端の風速が上がると考えられる。

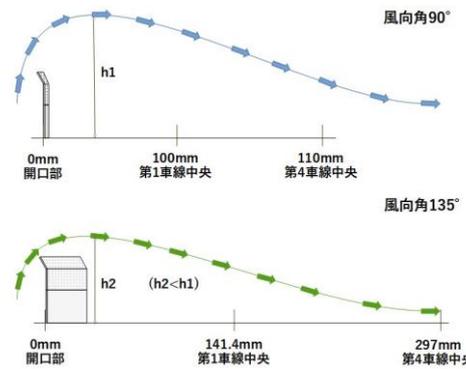


図-26 防雪柵を越えた風の流れ（風向角 90° と風向角 135° ）

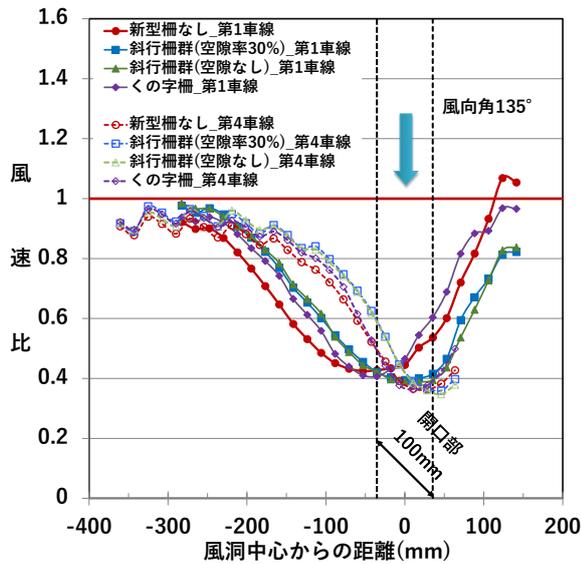


図-25 風向鉛直方向の風速比分布図（風向角 135° ）

5. まとめ

防雪柵開口部の視程急変の緩和のため、新型柵による開口部付近の風況について風洞実験と解析を行った。その行った結果、風向角 90° と風向角 112.5° で、斜行柵群は新型柵なしより風速上昇を抑えることができた。風向角 135° では、開口部風下と防雪柵右側風下で斜行柵群の緩和効果が確認できたが、防雪柵左側風下では風速比が若干上がる傾向があった。また、斜行柵群の空隙率30%と空隙なしでは大きな違い見られなかった。

今後は、効果的な新型柵の枚数と、設置方法などについて、検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 風洞実験法ガイドライン研究委員会（編）：実務者のための建築物風洞実験ガイドブック、財団法人日本建築センター、ISBN:978-4-88910-148-5、2008。
- 2) 老川進、苔米地司、石原孟：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、pp.13-32、2007。