

DC 有孔板を用いた道路防雪柵における防雪性能の観測

Observation of Snow Control Performance on Snow Fence for Roads using DC Punching Steel Panel

千葉隆弘¹, 苫米地司¹, 平田勝二郎², 上野晴彦², 今野智和³, 大槻政哉⁴, 齋藤佳彦⁴

Takahiro CHIBA¹, Tsukasa TOMABECHI¹, Katsujiro HIRATA², Haruhiko UENO²

Tomokazu KONNO³, Masaya OTSUKI⁴, Yoshihiko SAITO⁴

¹北海道工業大学, ²㈱ノースプラン, ³北海道ガソン㈱, ⁴㈱雪研スノーイーターズ

¹Hokkaido Institute of Technology, ²Northplan Co., Ltd., ³Hokkaido Gazon Co., Ltd., ⁴Yukiken Snow Eaters Co., Ltd.

1. はじめに

道路で発生する吹雪による視程障害および吹きだまりのハード対策には、防雪切土のような道路構造による対策や道路防雪林および道路防雪柵を設置する対策がある¹⁾。道路用地の確保が可能な場合は、防雪切土や道路防雪林が有効であるが、既存路線で道路用地を十分に確保することが困難な場合は、道路防雪柵のみで対策を行う場合が多く、ニーズも依然として高い状況である。その道路防雪柵には、主に、吹き止め柵、吹きだめ柵、および吹き払い柵があり、防雪柵を設置するための用地が少なく、多車線道路の吹雪対策を行う場合は、吹き止め柵が選定される。この吹き止め柵は、下部間隙をゼロとし、防雪柵の風上側に吹きだまりを形成させることによって、視程障害や吹きだまりの対策を行うものであり、その防雪機能は柵高と防雪板の空隙率などに依存することが知られている。一方、吹き止め柵の断面形状で気流を制御し、低い柵高においても道路に達する飛雪を上方へ流すことで対応するものが増えている。しかし、技術的データの蓄積が不十分であり、設計手法の確立には至っていない。

本研究では、吹き止め柵の設計手法確立のための基礎的データ蓄積を目的に、防雪柵の断面形状は直型とし、防雪板を通過する気流を制御する有孔板（以下、DC 有孔板という。）を用いた吹き止め柵を対象に屋外観測を行い、防雪性能の把握・検討を行った。

2. 観測方法

図1に、本研究で対象としたDC有孔板の概要を示す。図のように、断面形状は折板型および円弧型の2種類があり、中心より上側のみに孔を開け、有孔板を通過する気流

を上方へ変化させようとするものである。

屋外観測は、札幌市手稲区の北海道工業大学グラウンドで行った。なお、観測期間は、2010年12月下旬から2011年4月上旬である。試験体は、写真1に示すように、高さ3.0m、延長36mの直型吹き止め柵であり、Type1~Type4の延長9mずつ4種類を観測の対象とした。表1に、各Typeの概要を示す。表のように、Type1は全てを既存の有孔板、Type2は全てをDC有孔板、Type3は下側1/2を無孔板、上側1/2を既存の有孔板、Type4は下側1/2を無孔板、上側1/2をDC有孔板としたものである。図2に、吹き止め柵の配置状況および観測箇所を示す。図のように、

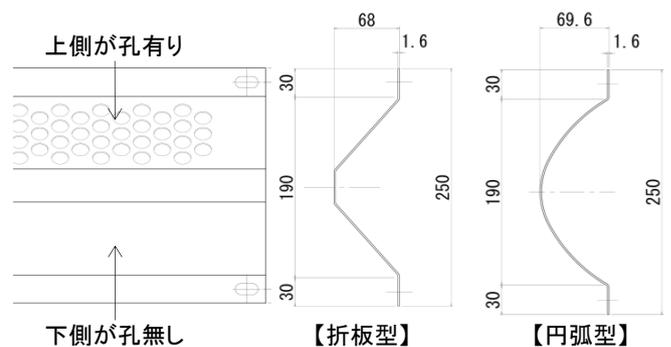


図1 DC板の概要

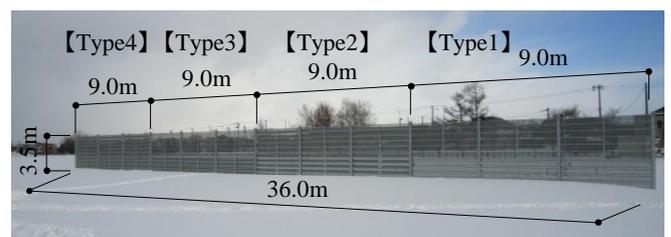


写真1 試験体の設置状況

吹き止め柵の風上側には、吹走距離を 80m 程度確保し、西北西の風に対して直交するように配置した。観測項目については、地上から高さ 1.5m の位置において気温と風向風速を測定するとともに、ネット式吹雪系を用いた吹雪量測定、防雪柵風上側と風下側を対象とした吹きだまり測定、吹き止め柵風下側の風速分布測定および気流の可視化を行った。吹雪量の測定箇所は、吹き止め柵から風上側 15m の位置で 1 箇所、各 Type の風下側 9m の位置で 1 箇所ずつ、合計 5 箇所とし、測定高さは地上 1.0m, 1.5m, 2.5m, 3.5m の 4 箇所とした。本観測で用いたネット式吹雪計は、直径 100mm の塩ビ管にネットを取り付けたものであり、風向に追従するように回転する構造となっている。吹雪量は、ネットが捕捉した飛雪の重量とし、その重量の測定は、ある程度飛雪を捕捉した段階で行った。重量測定後にネットの雪を取り除いて再設置したことから、本観測で測定し

た吹雪量は、吹雪計を設置してから重量を測定するまでの累積吹雪量となる。吹きだまり測定の測線は、各 Type の中心とし、測線の長さは、風上側 15m, 風下側 30m とした。風速分布測定は、風上側 15m, 地上 1.5m の位置で測定した風速を基準とし、風下側で測定した風速を基準風速で除した値で風速分布を検討した。風下側の測定高さは、地上 1.5m, 2.5m, 3.5m の 3 箇所であり、風下側の測定箇所は、3m ピッチで 18m までとした。気流の可視化については、吹き止め柵の風上側約 2.0m の位置において発煙筒を設置して行い、発生させた煙の分布はデジタルカメラを用いて撮影した。

3. 観測結果

3.1 吹雪量の測定結果

吹雪量は、観測期間中に 6 回 (1/11, 1/14, 2/8, 2/28, 3/4, 3/11) 測定した。これら測定した吹雪量を高さごとに累積した吹雪量を図 3 に示す。図のように、風上側の吹雪量は、地上面に近い箇所の吹雪量が最も多く、降雪時においても地吹雪が卓越していたと考えられる。これに対し、各 Type における風下側の吹雪量をみると、Type1 においては、高さ方向における吹雪量の分布が一樣になる傾向を示すものの、Type2~Type4 においては、高さの上昇に伴い吹雪量が増加する関係を示す。このように、Type2~Type4 は、地上面付近の吹雪量を緩和する機能を有している。ここで、松澤ら²⁾の研究によると、吹雪時の飛雪流量 mf ($g/m^2 \cdot sec$) と視程 V (m) との関係は、以下の式 1) で表すことができる。

$$\log(V) = -0.773 \log(mf) + 2.845 \quad \dots\dots\dots 1)$$

上式をみると、視程は飛雪流量と反比例の関係にあることがわかる。従って、本観測で得られた風下側の吹雪量を風上側の吹雪量で除することによって算定される視程比で、風下側における視程の改善状況を把握することができる。

表 1 各 Type の概要

Type1	Type2	Type3	Type4
<p>全有孔板 空隙率30%</p>	<p>全DC板 空隙率約20%</p>	<p>上部有孔板 空隙率30%</p> <p>下部無孔板 空隙率0%</p>	<p>上部DC板 空隙率約20%</p> <p>下部無孔板 空隙率0%</p>

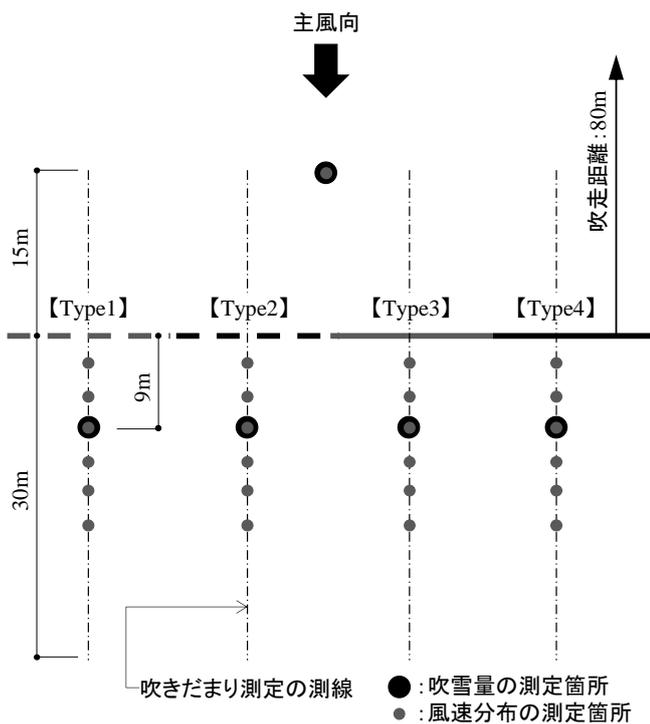


図 2 試験体の設置状況と観測箇所

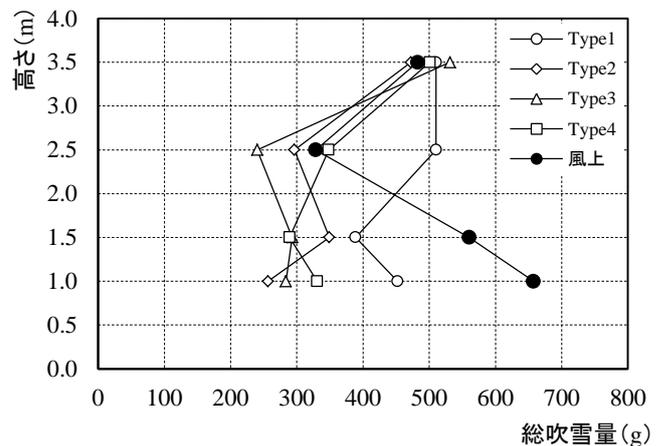


図 3 測定した総吹雪量と高さとの関係

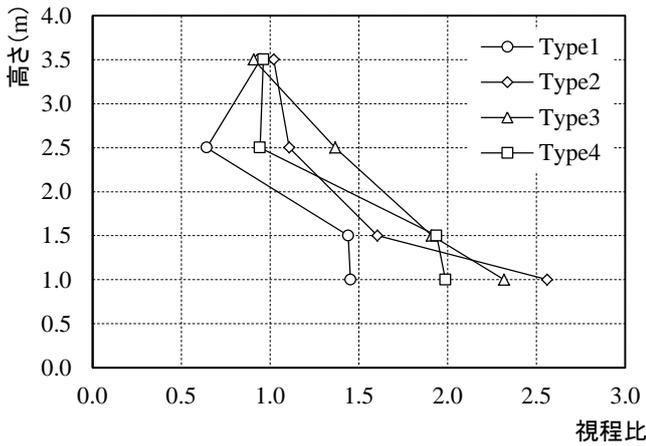


図4 視程比と高さとの関係

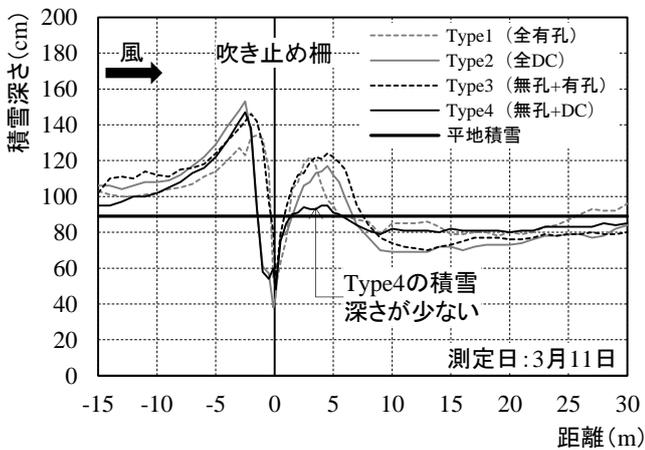
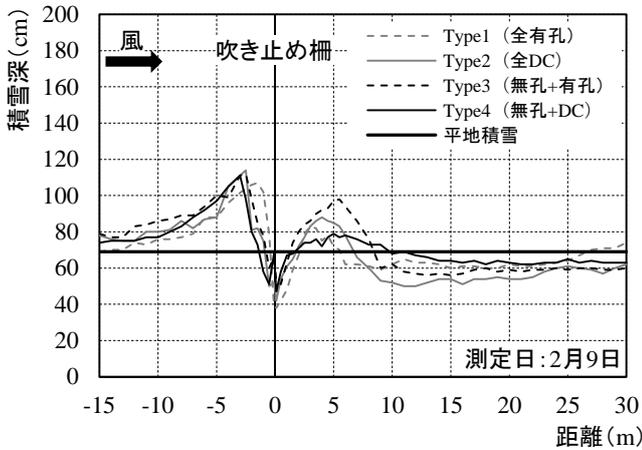


図5 吹きだまりの測定結果

図4に視程比と高さとの関係を示す。図のように、吹き止め柵風下側の視程比は、地上面に近いほど大きく、普通乗用車における運転席の目線近傍である高さ1.5mの視程比をみると、Type1が風上側の視程に対して約1.5倍改善され、Type2が約1.6倍、Type3およびType4が約2.0倍改善されている。このように、下部に無孔板を用いたType3およびType4の視程改善効果が高いことがわかる。

3.2 吹きだまりの測定結果

吹きだまりの測定結果を図5に示す。なお、測定日は、

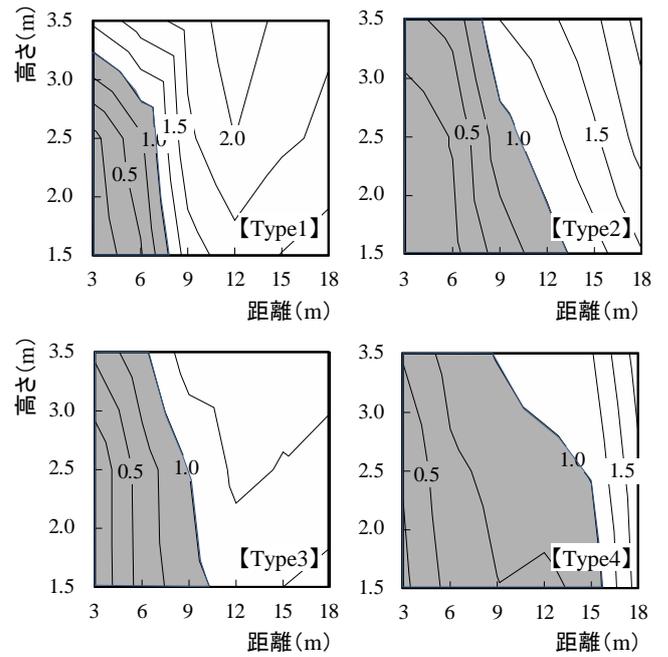


図6 風速分布の測定結果

2011年2月9日および3月11日である。図のように、風上側の吹きだまりをみると、Type2~Type4はいずれも同様の傾向を示し、Type1においては、他のTypeに比べてやや吹きだまり量が少ない傾向を示す。Type2は、全面にわたってDC板を用いているが、Type1で用いた有孔板に比べて空隙率が小さいため、Type2における風上側の吹きだまり量がType1に比べて多くなったと考えられる。次に、風下側の吹きだまり状況をみると、Type1~Type3では、いずれの測定日においても吹き止め柵から5mの位置に吹きだまりが確認できる。Type4においては、他のTypeで確認された吹きだまりが極めて小さい状況である。Type1およびType3は、空隙率30%の既存の有孔板を用いており、その有孔板を通過した飛雪が吹きだまりになったと考えられる。Type2においては全面にわたってDC板を用いており、DC板によって上方への気流に制御されているものの、吹き止め柵下側を通過した飛雪が重力によって落下し、吹きだまりになったと考えられる。Type4については、上部のみDC板を用いており、DC板を通過した飛雪が上方へ制御されたため、吹きだまりの形成には至らなかったと考えられる。このような結果をみると、Type4における風下側の吹きだまり防止効果が高いと言える。

3.3 風速分布および気流分布の測定結果

図6に、風速分布の測定結果を示す。なお、測定日は2011年4月2日であり、北西から西北西の風が安定していた。また、風下側で測定した風速は、風上側で測定した基準点の風速で除した風速比で表している。図のように、風速比1.0を下回る減風領域をみると、Type1では、風下

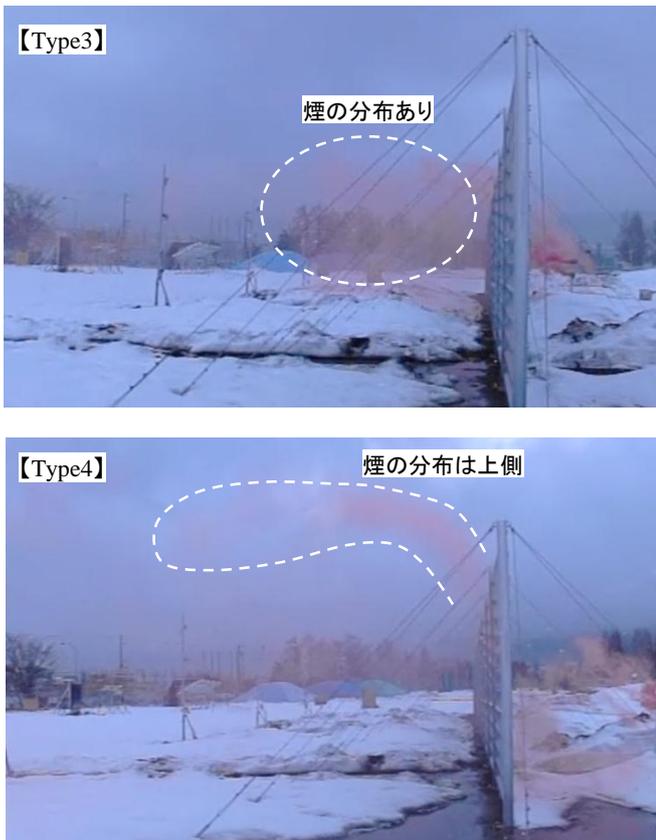


写真2 気流分布の測定結果

側 8m までとなっており、減風領域が狭い状況である。Type3 をみると、Type1 に比べて減風領域が広がっているものの、Type2 および Type4 では、減風領域が風下側 13~15m となっており、DC 板を用いた吹き止め柵の減風領域が広がっていることがわかる。これは、有孔板における空隙率の違いと気流を上方へ制御した効果によって、減風領域が拡大したものと考えられる。

次に、発煙筒を用いた気流分布の測定結果を写真 2 に示す。なお、測定日は 2011 年 4 月 3 日であり、北西から西北西の風が安定していた。写真のように、Type3 の場合をみると、煙が上部の有孔板を通過する状況が確認でき、風下側に煙が広く分布していた。これに対し、Type4 をみると、DC 板によって煙が上方へ制御されている状況が確認でき、Type3 に比べて風下側における煙の分布が少ない。このように、DC 板における気流の制御が設計通りに機能していることを確認した。

4. 数値シミュレーションによる観測結果の再現

本研究では、道路防雪柵における防雪性能の評価手法を確立するための知見を蓄積することを目的に、数値シミュレーションにより本観測結果の再現を試みた。シミュレーションのモデルは、Uematsu ら³⁾の手法に基づいている。数値シミュレーションで得られた Type3 および Type4 の吹雪濃度を図 7 に示す。図のように、吹雪濃度の場合をみると、風上側では、いずれも吹雪濃度が大きく、風下側

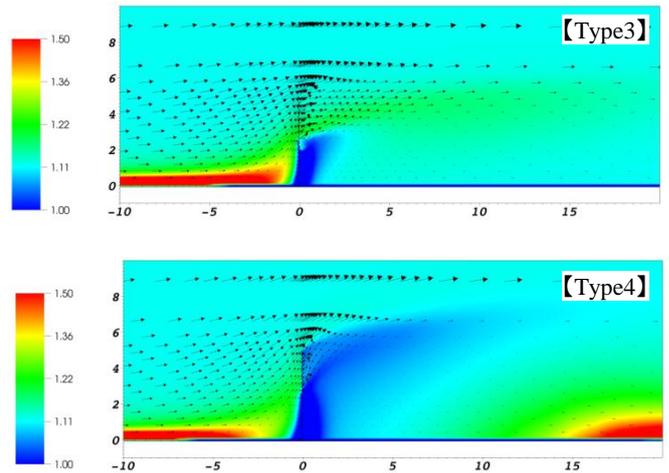


図7 吹雪濃度のシミュレーション結果

では吹雪濃度が小さい結果が得られた。特に、Type4 では、DC 板によって気流が上方へ制御されている様子も反映されている。しかし、Type4 における風下側約 15m の位置において、やや強い逆流が発生することによって吹雪濃度が高くなっており、このような現象は屋外観測で測定することができていない。

このように、屋外観測と数値シミュレーションが概ね対応するものの、結果の詳細については、大きく異なる場合もあるのが現状である。これは、数値シミュレーションで吹雪現象を適正にモデル化するための基礎資料が不足していることが要因と考えられる。視程の評価方法についても、吹雪量の測定に依存しているのが現状で、適正に評価するための観測・解析技術の確立が必要である。

5. まとめ

本研究では、DC 板を用いた吹き止め柵の防雪性能を評価することを目的に、屋外観測を行った。その結果、下部に無孔板、上部に DC 板を配置した吹き止め柵の防雪性能が高いことが明らかとなった。また、屋外観測で得られた結果を数値シミュレーションで再現した結果、詳細な部分で屋外観測と異なる傾向を示した。防雪柵の性能評価手法は、その知見の蓄積が進められていないこともあり、防雪性能を適正に評価するための観測・解析技術の確立が今後の課題である。

【参考文献】

- 1) (独)土木研究所寒地土木研究所編：道路吹雪対策マニュアル（平成 23 年改訂版），入手先 <http://www2.ceri.go.jp/fubuki_manual/>，2011.11.3
- 2) 松澤勝，竹内政夫：気象条件から視程を推定する手法の研究，雪氷，第 64 巻，1 号，pp.77-85，2002.1
- 3) Uematsu, T., Nakata, T., Takeuchi, K., Arisawa, Y., and Kaneda, Y.: Three-dimensional numerical simulation of snowdrift, Cold Regions Science and Technology, 20, pp.65-73, 1991