

道路構造による吹きだまり対策効果の定量化に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 24～平 27

担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷）

研究担当者：松澤勝、伊東靖彦、小中隆範、
渡邊崇史

【要旨】

積雪寒冷地の冬期道路では、吹雪に伴う吹きだまりにより交通障害が発生する。道路構造による吹雪対策として防雪切土や防雪盛土等が用いられているが、防雪効果については十分に明らかとはなっていない。このため本研究では、道路構造による吹きだまり対策の効果の定量化に向けて、現地観測や数値シミュレーションによる評価を行うこととした。平成 26 年度は石狩吹雪実験場や現道における吹きだまり観測と、過年度計測データを用いた数値シミュレーションの改修を行った。また、これまでにを行った吹きだまり観測データを整理し、切土・盛土道路における吹きだまり量と吹雪量の関係性を分析した。その結果、盛土道路に比べて切土道路で吹きだまりが発達しやすく、切土道路における吹きだまり量は吹雪量に比例して増加することを確認した。

キーワード：暴風雪、吹雪、吹きだまり、道路構造、シミュレーション

1. 研究の背景

近年、厳冬期に爆弾低気圧や強い冬型の気圧配置に起因する暴風雪により、短時間のうちに道路上に大規模な吹きだまりが発生し、交通障害を引き起こすケースがしばしば発生している。道路構造を変えることで吹きだまりの発達を抑制することが可能であり、道路構造による吹雪対策として、防雪盛土や防雪切土という工法が用いられる。しかし、既往研究事例が少ないため防雪効果が定量的に明らかとはなっていない。また、一度の暴風雪に対して、どの程度の吹きだまり抑制効果が期待できるか等についても不明な点が多い。道路構造による吹雪対策の設計法を確立するために、道路構造ごとの吹きだまり量と積雪深や気象条件との関係を明らかにし、防雪効果を定量化することが極めて重要である。このため、本研究では当研究所が札幌市近郊に所有する実験観測施設（石狩吹雪実験場）や現道にて、吹きだまりの発達状況について現地観測を行う（図 - 1（a）（b））。また、現地観測と同様の気象条件と地形条件において数値シミュレーション結果の妥当性を検証した上で、道路構造ごとの吹きだまり対策効果を定量的に評価する。平成 26 年度は、開発した吹雪シミュレーションの感度試験を行い乱流モデルやメッシュ形状など、実際の解析を行う際に妥当と考えられるパラメータについて整理を行った。また、野外調査データにより道路構造（切土、盛土）と吹きだまりの関係（吹きだまり量、位置、速度）を明らか



図 - 1 位置図

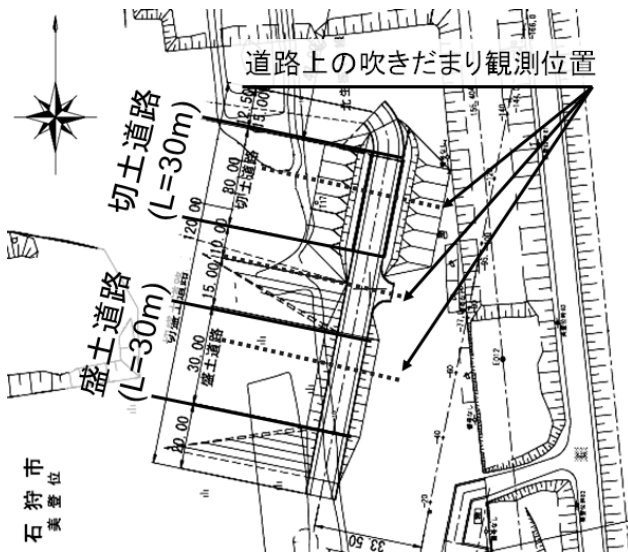


図 - 2 吹きだまり形状観測箇所配置図

にするための検討を行った。それらを基に再現計算を行い精度検証をし、吹雪シミュレーションプログラムの改修を行った。

2. 研究概要と成果

2.1 道路構造と吹きだまりとの関係に関する野外調査

道路構造による吹きだまり対策の効果を検証するにあたっては、道路周辺の地形条件を正しく把握することが重要である。積雪寒冷地域では、積雪や吹きだまりによって、道路周辺の地形条件が冬期間を通じて大きく変化する。このため、平成 26 年度は、冬期間を通じた道路周辺の地形の積雪や吹きだまりによる変化に着目し、石狩吹雪実験場内に造成した切土道路(切土深さ約 2.0m)と盛土道路(盛土高さ約 1.5m)周辺において吹きだまり形状の観測を実施した(図 - 2)(図 - 3)(図 - 4)。また、実際の盛土道路についても、名寄市から美深町にかけての一般国道 40 号及び石狩市内の一般国道 231 号において、降雪前と積雪期の 3 月に、吹きだまり形状の観測を行った。

次に前年度までの観測データを用いて、道路構造と吹きだまりの関係性を分析した。盛土と切土での吹雪量と吹きだまり量(増分)の関係性を図 - 5 に示す。吹雪イベント中に、数回、道路中心線から風上側 50m、風下側 30m の積雪深を計測し作成した断面と、吹雪前の積雪深の断面との差を吹きだまり量の増分 (m^3/m) とした。また、吹雪量は現地で吹雪粒子計 (SPC) を用いて計測した、高さ 1m での飛雪流量 M_f を次の関係式 (1) に与えて求めた。

$$Q = 1.91M_f + 1.7354 \quad (1)$$

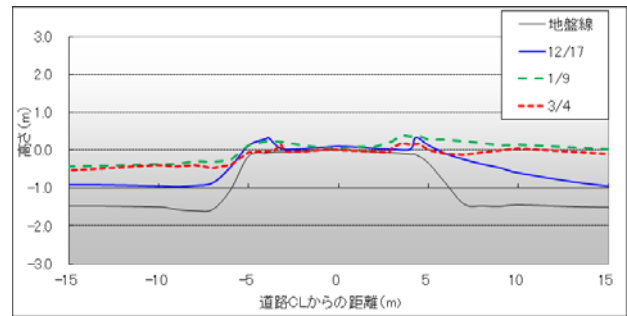


図 - 3 盛土吹きだまり形状 (実験場)

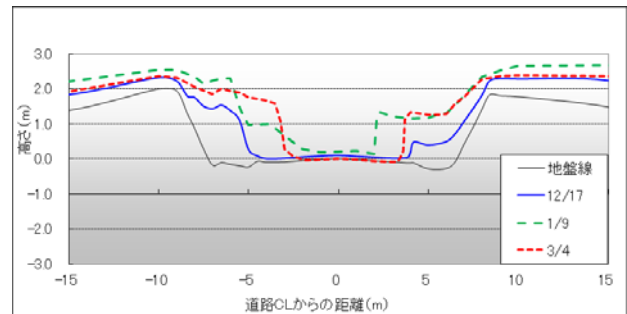


図 - 4 切土吹きだまり形状 (実験場)

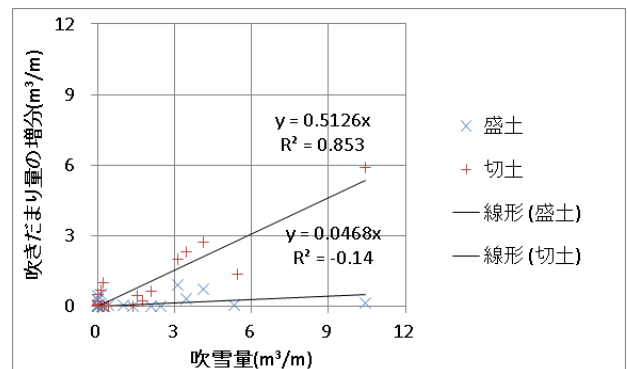


図 - 5 吹雪量と吹きだまり量 (増分) の関係

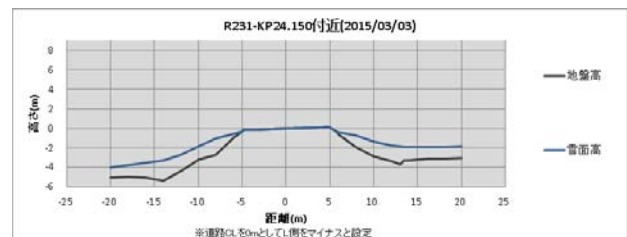


図 - 6 盛土吹きだまり形状 (R231 現道)

ここで、 Q は吹雪量 ($g/m/s$) であり、吹きだまりの雪の密度 (100 kg/m^3) として、体積に換算した。図 - 5 から切土道路の吹きだまり量は吹雪量の 50% 程度、盛土道路では吹雪量の 5% 程度となっている。この事から盛土道路と比較し切土道路の吹雪量が多い傾向であること、盛土道路の車線上は凸地形であるため路面上の風が強く吹きだまりが生じにくいこと、切土道路は凹地形であるため風が弱く吹きだまりが生じやすかったと考えられる。

平成 26 年度に一般国道 231 号において観測した盛土道路についても、同様の結果が示されている（図 - 6）。

2.2 吹雪シミュレーションの改修

道路構造による吹きだまり対策効果の定量化に向けては、多様な気象条件や地形条件に対する十分な観測データが必要であり、模擬実験や数値解析等により現地観測結果を補う手法が効果的と考えられる。近年、数値シミュレーションにより吹雪対策の効果評価を行う事例が増加しつつあることから、本研究では吹雪シミュレーションプログラムを作成し、吹きだまり対策効果の定量的な評価に取り組むこととした。

平成 25 年度に開発した吹雪シミュレーションの結果、盛土道路については風上側、風下側とも、実測結果と概ね類似した吹きだまり形状の計算結果が得られた。しかし、切土道路については、風上側斜面上に高い吹きだまりが生じる結果となっており、実測結果と一致しなかった。そこで平成 26 年度は、吹きだまりを精度良く推定できるように、改良を進めることとした。

2.2.1 基準となる実測データの整理

道路構造による吹きだまり対策効果を、吹雪シミュレーションを用いて評価するには、シミュレーション結果の妥当性を検証する必要がある。そのためには実例に基づく基準となるデータと比較する必要がある。平成 26 年度はシミュレーション結果と対比出来、精度検証を行える様、石狩吹雪実験場における現地観測データを用い、切土・盛土道路での一回の吹雪における吹きだまり形状の変化過程を整理した。検証対象とする切土・盛土道路における吹きだまり形状変化の例を図 - 7、図 - 8 にそれぞれ示す。また、吹雪シミュレーションに用いるため、前述の吹きだまり観測時の気象条件を以下のとおり整理した。

気象条件

(2012 年 2 月 7 日 15 時~8 日 14 時、23 時間)

- 1) 卓越風向：西北西
- 2) 平均風速：高さ 1.5m において 8.5m/s
- 3) 降雪強度：0.35mm/h
- 4) 積雪密度：210kg/m³ (盛土)、100kg/m³ (切土)

2.2.2 シミュレーションプログラムの改修

野外調査データを用いた精度検証の検討結果を基に、吹きだまりの影響により、雪面形状（地形）が大きく変化する場合に吹きだまりが不自然な形状となる事がわかった。図 - 9 は平成 25 年度の現地観測データ、図 - 10 は吹雪シミュレーション結果を示す。そこで、時間経過とともに吹きだまり計算結果を反映した雪面形状の変形を行い、逐次計算を行う様、システム改良すること

にした。

図 - 11 はシミュレーションの結果である。平成 26 年度の現地観測データ（図 - 8）と比較して、吹きだまりの形状及び吹きだまり量は概ね再現出来ており、前年度の結果（図 - 10）に比べても再現性が高くなっている。しかし、切土の風下側（x = 2 m）に見られる凹形の形状は実測と異なっている。実測に見られた急勾配の雪斜面が形成された原因は、着雪などの吹きだまり以外の現象が起きている可能性があると考えられる。

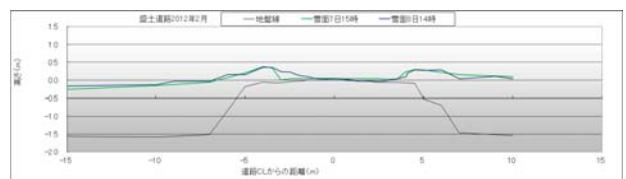


図 - 7 一回の吹雪による盛土吹きだまり形状

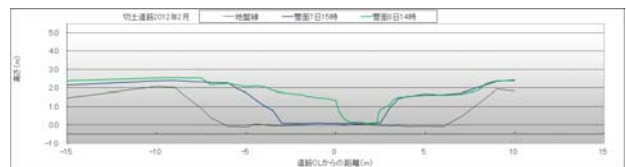


図 - 8 一回の吹雪による切土吹きだまり形状

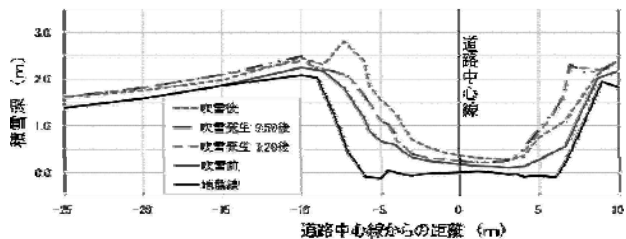


図 - 9 H25 一回の吹雪による切土道路の吹きだまり形状

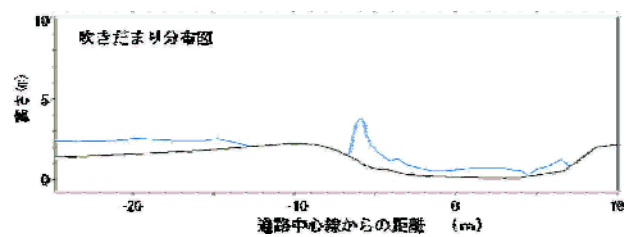


図 - 10 H25 切土道における吹雪シミュレーション結果

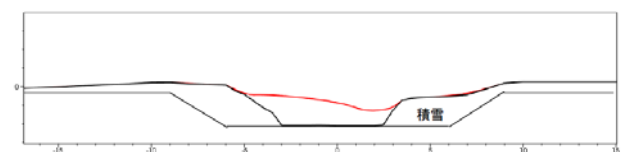


図 - 11 切土道における吹雪シミュレーション結果

3. まとめ

積雪寒冷地の冬期道路では、暴風雪により道路上に吹きだまりが発生し、交通障害を引き起こすケースがしばしば発生している。道路構造による吹雪対策として防雪盛土等が用いられているが、その防雪効果については十分に明らかとなっていない。本研究では、道路構造による吹きだまり対策の効果の定量化に向けて、現地観測や数値シミュレーションによる評価を行った。平成 26 年度は石狩吹雪実験場内に造成された切土・盛土道路と現道において吹きだまり観測を行った。また、過年度計測データを用いてシミュレーションプログラムの改修を行った。

今後は、気象条件と吹きだまりに関する現地観測データの蓄積を図るとともに、現地観測結果を十分な精度で再現できるよう、シミュレーションプログラムの改良を行い、道路構造による吹きだまり対策効果の定量化に向けた検討を進めることとしたい。

STUDY ON QUANTIFICATION OF EFFECTIVENESS OF HIGHWAY STRUCTURES TO MITIGATE SNOWDRIFTS

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2012-2015

Research Team : Cold-Region Road Engineering

Research Group

(Snow and Ice Research Team)

Author : MATSUZAWA Masaru

ITO Yasuhiko

KONAKA Takanori

WATANABE Takashi

Abstract : Snowdrifts caused by snowstorms bring traffic hindrance at winter roads in snowy cold regions. Drift-control cuts and fills are used on roads to mitigate such hindrances. However, their effectiveness has not been fully confirmed. Towards quantifying the effects of highway structures on mitigating snowdrift, this study assesses those effects through onsite investigations and numerical simulations. In FY 2014, snowdrifts were observed at the Ishikari Blowing Snow Test Field and a numerical simulation using measurement data from previous years was modified. The accumulated snowdrift observation data were analyzed and the relationship between the degree of snowdrift development at cut and fill road sections and the snow drift transport rate was investigated based on the analyzed results. The investigation verified that snowdrifts tend to develop more on cut road sections than on fill road sections and that snowdrift development was proportional to the snow drift transport rate.

Key words : snowstorm, blowing snow, snowdrift, road structure, simulation