

# 防雪盛土の路側雪堤が吹きだまり形成に及ぼす影響

小中隆範\*1 伊東靖彦\*1 松澤勝\*1 武知洋太\*1

## 1. はじめに

積雪寒冷地における厳冬期において、爆弾低気圧や強い冬の気圧配置に起因する暴風雪により発生した吹きだまりが、交通障害を引き起こしている。このため、様々な吹雪対策の整備が進められている。それらの内、道路構造による吹雪対策の一つに防雪盛土がある。盛土構造の路面では、盛土斜面を吹き上げる風の収束によって風が強くなった結果、路面上の積雪は吹き払われやすい状況となり、吹きだまりが形成されにくくなる。また、ある程度の盛土高があれば、除雪された雪を路外に堆雪させ雪堤の高さを低くできるため、雪堤による視程障害や吹きだまりを軽減することができる<sup>1)</sup>。これが防雪盛土と言われる吹雪対策の仕組みである。しかし、除雪により路外の積雪が多くなり路側に雪が堆積し雪堤が形成されると、雪堤から飛び出す飛雪によりドライバーの目線位置での視程障害をもたらし、雪堤が風の障害物になり吹きだまりの原因となる<sup>1)</sup>。盛土高と雪堤の高さの関係は竹内ら<sup>2)</sup>の調査により、盛土高が高い方が雪堤高は低くなり、その関係は概ね線形となることが示されている。その結果を基に「道路吹雪対策マニュアル」<sup>1)</sup>では、防雪盛土に必要な盛土高さを「少なくとも現地の最深積雪（30年確率）の1.3倍とし、路側に雪堤が形成される場合にはその雪堤高を加えた高さとする。」としている。しかし、盛土高と路側雪堤の高さの関係は風速や平地積雪深などの気象条件や除雪方法によっても異なると考えられるため、竹内らの調査を補完すべく、盛土高と路側雪堤高さの関係を調査した。

また、現地観測データの不足を補う手法として作成した数値シミュレーションプログラムを使用し、吹きだまりと盛土高及び路側雪堤高さの関係を検討した。

## 2. 現地観測における盛土高と雪堤高の関係

### 2. 1 観測概要

盛土高と雪堤高の関係を明らかにするため、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、積雪状況について現地観測を行った（図-1）。一般国道40号においては2015年3月と2016年1～2月（2冬季）に5箇所（計10箇所）、一般国道231号においては2015年3月（1冬季）に5箇所積雪状況の観測を行った。積雪形状については、図-2の観測項目のとおり整理することとして地盤高・雪面高をオートレベルにより観測し、変化点毎にその差から積雪深を求めた。また、吹雪時においては観測を迅速に行うため、測深棒により積雪深を観測した。



図-1 調査箇所位置図

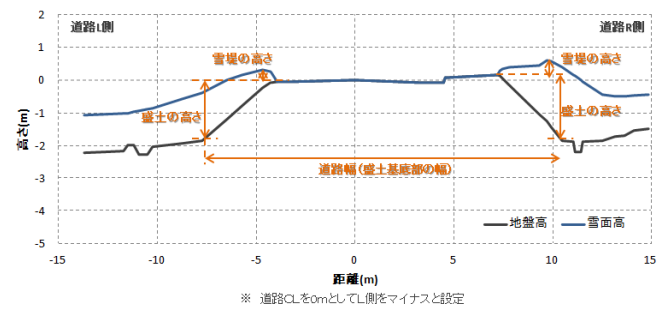


図-2 観測項目

## 2. 2 観測結果

現地観測を行った一般国道40号（名寄市～美幌町）と一般国道231号（石狩市）について、近傍のアメダスより気象条件を整理した。まず、一般国道40号（名寄市）の気温・風速・積雪深について、アメダス名寄のデータ（2015年及び2016年の1～3月の値と平年値）を整理した（図-3）。続いて一般国道231号（石狩市）の気温・風速・積雪深について、アメダス厚田のデータ（2015年の1～3月の値と平年値）を整理した（図-4）。図-3、図-4の縦軸に平行な赤線は雪堤の観測日を示している。

次に盛土高と雪堤の高さの関係について、本研究での代表的な計測結果及び、竹内ら<sup>2)</sup>による計測結果と線形回帰直線（式1）を示したのが図-5である。

$$y = -0.3037x + 1.4317 \quad (1)$$

y：雪堤の高さ（m）、x：盛土の高さ（m）

\*1 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

この関係式(1)を基に防雪盛土の設計が行われていることから、これを基準として現地計測結果の評価を行うこととした。

図-3、図-4、図-5より、気象条件と盛土高・雪堤高を比較し、傾向を分析した。

2015年3月の観測時期直近の気象条件は、アメダス名寄、アメダス厚田共に平年より気温が高く、積雪深が小さかったが、風速は平年と大きな差はなかった(図-3上、図-4)。図-5より2015年の計測結果を見ると、盛土高4m未満では雪堤高にばらつきがあるが、盛土高が大きいほど雪堤高は小さくなる傾向にある。しかし、盛土高4m以上では盛土高が大きくなるほど雪堤高が大きくなる傾向が見られた。

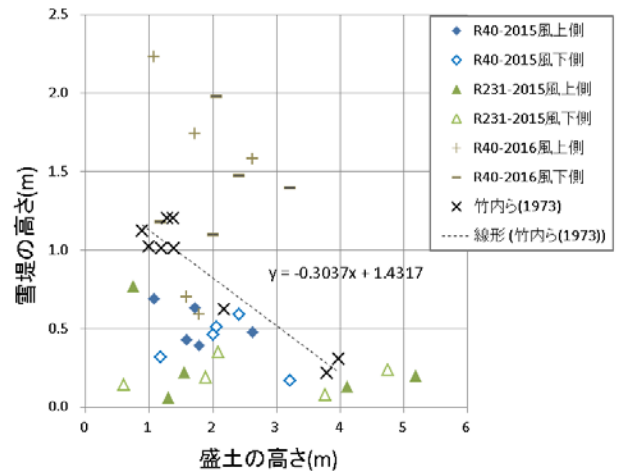


図-5 盛土高と雪堤高の関係

2016年の現地観測は、名寄市近郊で3回行った。それぞれの観測時期直近の気象条件はアメダス名寄で平年より気温が高く、積雪深が大きかったが、風速は平年と大きな差はなかった(図-3下)。図-5より2016年の計測結果を見ると、雪堤高にばらつきがあるが、盛土高が大きくなるほど雪堤高が小さくなっている。また、2015年に比べ雪堤が高いことと、積雪深が大きいことが特徴である(図-3)。すなわち、積雪の増加に伴い新雪除雪も増加したことで、路側雪堤が大きくなったものと考えられる。

### 3. 数値シミュレーションによる雪堤と吹きだまりの検証

#### 3.1 数値シミュレーションの精度検証

数値シミュレーションによる解析を行う前に、その再現性の精度や妥当性について検討するために精度検証を行った。

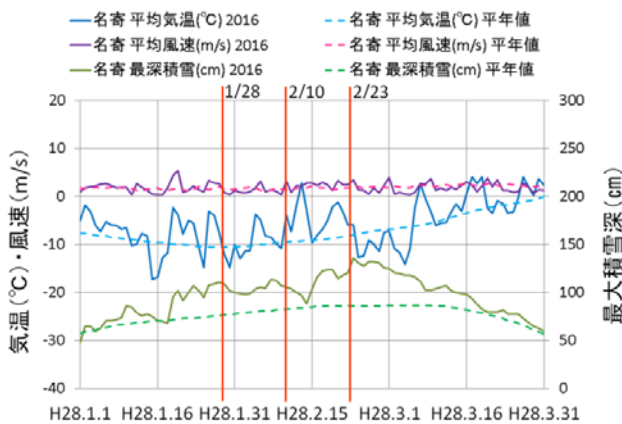
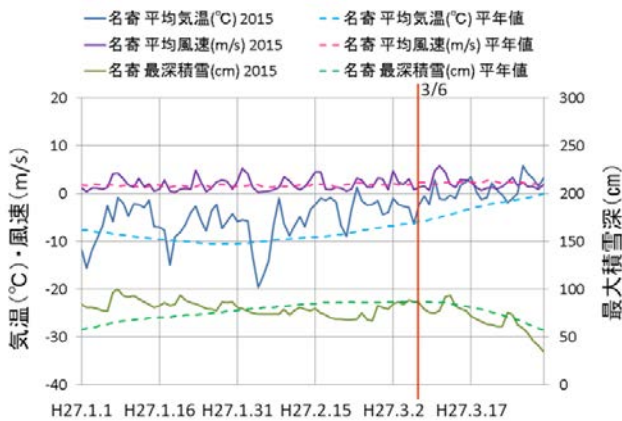


図-3 気温・風速・積雪深 (アメダス名寄)  
(上: 2015年、下: 2016年)

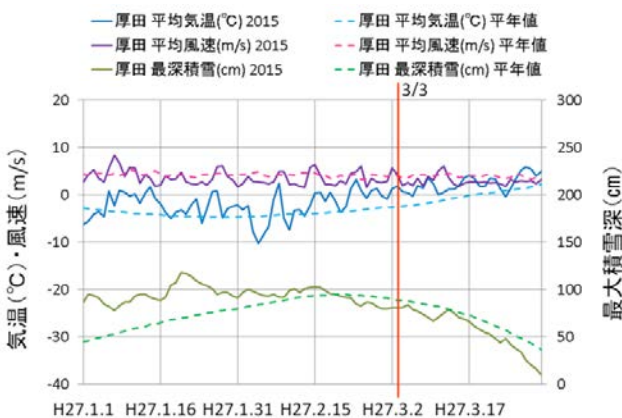


図-4 気温・風速・積雪深 (アメダス厚田)

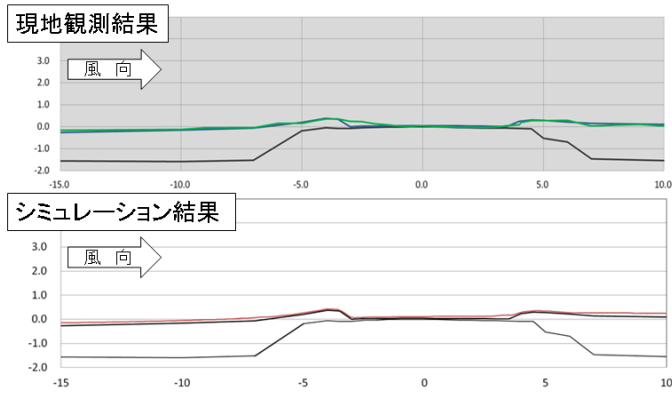
表-1 吹雪の発生条件

気 温	吹雪発生臨界風速	
	降雪あり	降雪なし
0～-5℃	6m/s以上	11m/s以上
-5℃以下	5m/s以上	10m/s以上

表-2 事例ケースの気象条件 (盛土)  
(2012/2/7 14:40~2012/2/8 13:50, 23h)

イベント					
開始	終了	時間(h)			
2012/2/7 14:40	2012/2/8 13:50	23			
気象条件					
平均風速(m/s)		風向	降雪量 (cm)	雪密度 (kg/m <sup>3</sup> )	降水強度 (mm/h)
全期間	吹雪時				
7.5	8.5	西北西	8	210	0.35

表一の吹雪の発生条件及び表二に示す現地観測事例の気象条件を用いて、シミュレーションによる再現解析を行い、その解析結果と野外調査結果の比較により、精度検証を行った。その結果、盛土道路の吹きだまりを概ね再現する事が出来た(図一六)。



図一六 現地観測結果(上)と精度検証シミュレーション結果(下)(それぞれ緑線、赤線が吹雪後(計算後)の積雪深である)

### 3. 2 数値シミュレーションによる解析

数値シミュレーションにより、吹きだまりと盛土高・雪堤高の関係について解析を行った。盛土・雪堤等の基本条件(初期条件)については、表一三のとおりとした。雪堤高は竹内ら<sup>2)</sup>の関係式(1)より決定した。なお、竹内ら<sup>2)</sup>が現地調査した箇所の積雪深は110cmであるが、数値シミュレーションを行う際の積雪深を100cmで行うため、雪堤高については比率により算出した。但し、路側高さ4m以上で路外逸脱の可能性が高い場合は一般的に車両用防護柵を設置することが多い<sup>4)</sup>ので、盛土高5mでは防護柵高の0.75mとした。法面勾配は盛土材として一般的な砂質土を使用した時の標準値(盛土高5m以下)とした<sup>6)</sup>。数値計算は代表的な気象条件(風速10m/s、降水量1mm/h、継続時間12h)と実際の吹雪発生時(2013年3月2日、湧別)の気象条件(表一四)の2通りで行い比較することとした。

演算した結果、盛土高別の吹きだまり形状を気象条件別に表したのが図一七、図一八である。また、その解析結果を基に盛土高と吹きだまり深さ及び吹きだまり量の関係を表したのが図一九、図一〇である。

道路上の最大吹きだまり深さについては、代表的気象条件で、雪堤高が最も小さかった盛土高3mの場合に最も小さかった。また、吹雪事例の気象条件でも、図一八より車線上では盛土高3mの場合に吹きだまり深さが最も小さかった。

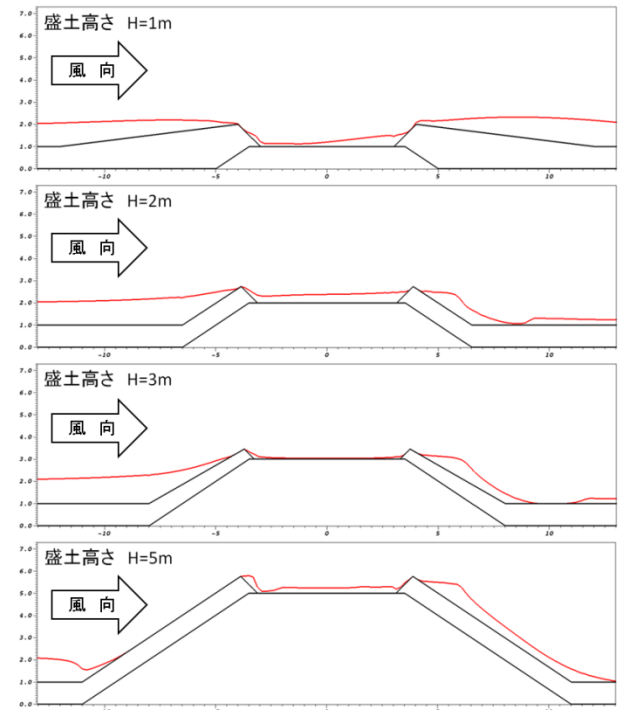
吹きだまり量については、代表的な気象条件の方が盛土高さに関係なく吹きだまり量は多かったが、どちらの気象条件でも雪堤高が最も小さい盛土高3mの場合に吹きだまり量が最も少なくなった(図一〇)。障害物の風下では、大小の

表一三 基本条件

盛土高(m)	雪堤の高さ(m)		法面勾配	備考
	積雪深100cm			
1.00m	1.00m		1:1.5	
2.00m	0.73m		1:1.5	
3.00m	0.45m		1:1.5	
5.00m	0.75m		1:1.5	防護柵の高さ

表一四 吹雪事例の気象条件(湧別アメダスより)

日時	降水量(mm)	気温(°C)	風向・風速(m/s)	
			風速	風向
2013/03/02 13:00	0.0	-4.6	11.8	西北西
2013/03/02 14:00	0.0	-5.5	11.4	西
2013/03/02 15:00	1.0	-5.7	13.8	西北西
2013/03/02 16:00	2.5	-5.4	16.4	北西
2013/03/02 17:00	1.5	-5.5	15.3	北西
2013/03/02 18:00	2.0	-5.5	16.0	北西
2013/03/02 19:00	1.5	-5.4	17.0	北西
2013/03/02 20:00	2.0	-5.1	19.8	北西
2013/03/02 21:00	1.5	-4.8	16.8	北西
2013/03/02 22:00	0.5	-4.7	15.8	北西
2013/03/02 23:00	1.0	-4.9	13.8	北西
2013/03/03 00:00	0.5	-5.1	13.6	北西
2013/03/03 01:00	0.0	-5.0	14.6	北西
2013/03/03 02:00	0.0	-4.9	13.2	北西
2013/03/03 03:00	0.0	-5.4	10.5	北西



図一七 盛土高さと吹きだまり形状(風速10m/s、降水量1mm/h、継続時間12hでの計算結果。計算後の積雪深を赤線で示す。)

乱流渦が発生し、風の輸送エネルギーが渦のエネルギーに変換され飛雪粒子の輸送力が低下することで吹きだまりが発生する<sup>5)</sup>とされている。今回行った数値シミュレーションでは、雪堤が障害物となり吹きだまり発生の誘因となっていたため、



雪堤高が最も小さく、雪堤風下の風の乱れの影響が最も小さかった、盛土高3mの時に吹きだまり量が最も小さくなったと考えられる。また、雪堤高がほぼ同じであった盛土高2mと5mでは、盛土高5mの方がどちらの気象条件でも吹きだまり量が少なくなった。これは風上側法面上の貯雪空間が大きく、風により道路上を輸送される飛雪粒子が少ないためと考えられる。

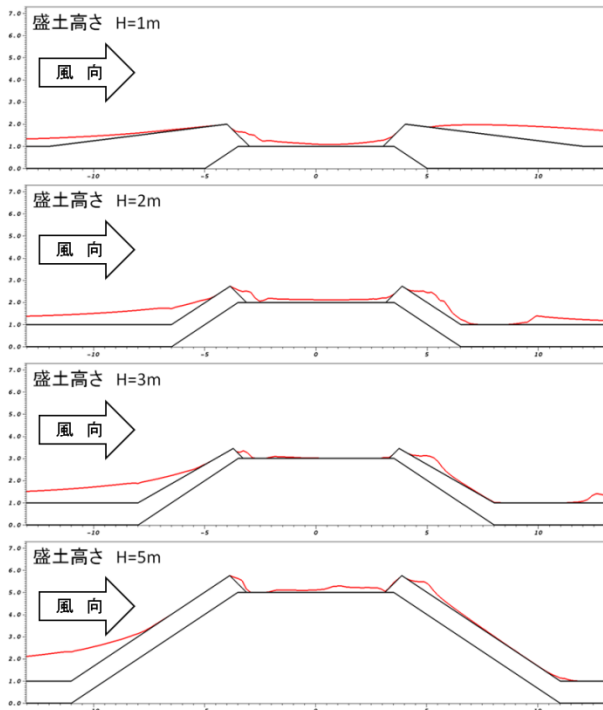


図-8 盛土高さと吹きだまり形状

(表-4に示す気象条件での計算結果。計算後の積雪深を赤線で示す。)

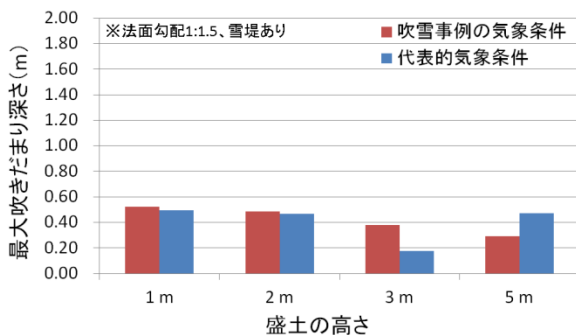


図-9 盛土の高さと吹きだまり深さとの関係

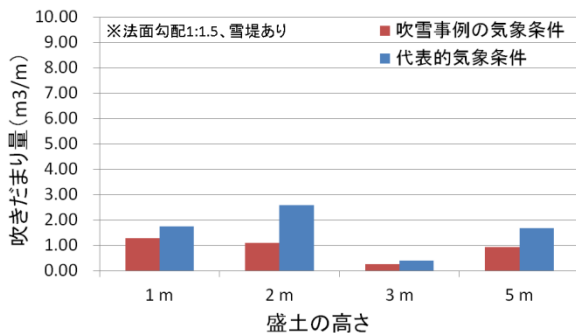


図-10 盛土の高さと吹きだまり量との関係

#### 4. まとめ

現在、防雪盛土の設計を行う際には、竹内ら<sup>2)</sup>の調査により示されている、盛土高と雪堤の高さの関係式を基にして、防雪盛土に必要な盛土高さを求めている<sup>1)</sup>。しかし、盛土高と路側雪堤の高さの関係は風速や平地積雪深などの気象条件や除雪方法によっても異なると考えられるため、竹内ら<sup>2)</sup>の調査を補完すべく、盛土高と路側雪堤高さの関係を調査した。

今回行った現地調査では、気象条件が2015年は平年より少雪で、2016年が平年より多雪であったため、計測結果にばらつきが見られたが、盛土高と雪堤高の関係は、竹内ら<sup>2)</sup>によって示されている関係式と同様に、盛土高が大きくなるほど雪堤高が小さくなっていった。また、盛土高が4mを越えた時には、雪堤高が大きくなる傾向が示されたが、これは車両用防護柵を設置する区間では、雪堤高が大きくなるのが要因であると考えられる。

数値シミュレーションプログラムを使用し、盛土高及び路側雪堤高さが吹きだまり形成にどのような影響を及ぼすか解析を行ったところ、気象条件に関係なく、盛土高3mの時に道路上の吹きだまり深さが最も小さかった。また、吹きだまり量は気象条件に関係なく盛土高3mの時に最も少なくなった。また、雪堤高が同じ場合、盛土高が高い方が吹きだまり量が少なかったが、これは風上側法面上の貯雪空間が大きく、風によって道路上を輸送される飛雪粒子が少ないためと考えられる。

#### 5. おわりに

今回の調査では盛土高3mを閾値として雪堤高の変化が小さくなり、それに伴って吹きだまり量も少なくなることが示されたが、竹内らの調査を補完するためのデータを満足に取得する事が出来なかった。今後も観測データの蓄積を図り、成果の精度を上げて行くことが必要である。

#### 参考文献

- (独) 土木研究所寒地土木研究所：道路吹雪対策マニュアル (平成23年改訂版)、2011
- 竹内政夫、鎌田新悦、福沢義文：道路積雪実態調査、第15回(昭和46年度)北海道開発局技術研究発表会論文集、pp248-253、1972
- 日本雪氷学会北海道支部：雪氷調査法、pp19、1991.
- (社)日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説、pp.6-7、2008
- 松澤勝、金子学：道路における吹雪対策の現状と課題、日本風工学会誌第37巻第1号、pp10-16、2012
- 北海道開発局：北海道開発局道路設計要領第1集道路、pp1-3-31