

植物と積雪によるのり面の断熱効果

The heat insulation effect of the slope by the plant and snow coverage

土木研究所 寒地土木研究所
土木研究所 寒地土木研究所
元北見工業大学
北見工業大学

○ 正員
正員
フェロー
正員

佐藤厚子 (Atsuko Sato)
西本 聡 (Satoshi Nishimoto)
鈴木輝之 (Teruyuki Suzuki)
中村 大 (Dai Nakamura)

1. はじめに

北海道のような寒冷地では、道路のり面が凍上により変形、崩壊する例が多数報告されている。このような凍上被害を軽減する手法として、植生や雪の断熱効果が有効であると¹⁾考えられている。そこで、盛土のり面を張芝で緑化し、地表および地中の温度を測定し、植生無しの箇所と比較した。また、のり面の高さによる積雪や凍結深さを測定した。その結果、のり面の向き、のりの高さが積雪深や凍結深さに影響を与えることが分かった。本報告はこれらの計測をまとめたものである。

2. 試験方法

寒地土木研究所苫小牧施工試験フィールドにおいて、植生および積雪による断熱効果を確認するために、粘性土質礫質砂を用いて図-1に示す試験盛土を構築し、東西南北の4方位の各のり面に、張芝と植生なしの区画を設置した。1区画は幅1m、長さ3.5mである。また、のり面の高さによる積雪の影響を確認するため、図-2に示すように天端幅4m、高さ1.5m、こう配1:1.5の盛土を南向きに施工し、図-1の南向きのり面と比較した。盛土材料は、明確な最大乾燥密度を得ることのできない火山灰質土で、トラフィカビリティ試験によるコーン指数が3000 kN/m²以上の施工性が良好な材料である。凍上性は中位であり²⁾凍上性を排除できない。それぞれの区画の中心部の地表面、地表面から10cmごとに深さ90cmまで、銅コンスタンタン熱電対を設置し1時ごとに温度を自動計測した。各のり面について、降雪がある12月上旬から融解する3月まで積雪深を測定した。積雪深は、1週間に1回、人力であらかじめ盛土のり面に垂直に設置した板の目盛りより測定した。各盛土の条件と測定項目を表-1に示す。なお、雪氷部門では重力方

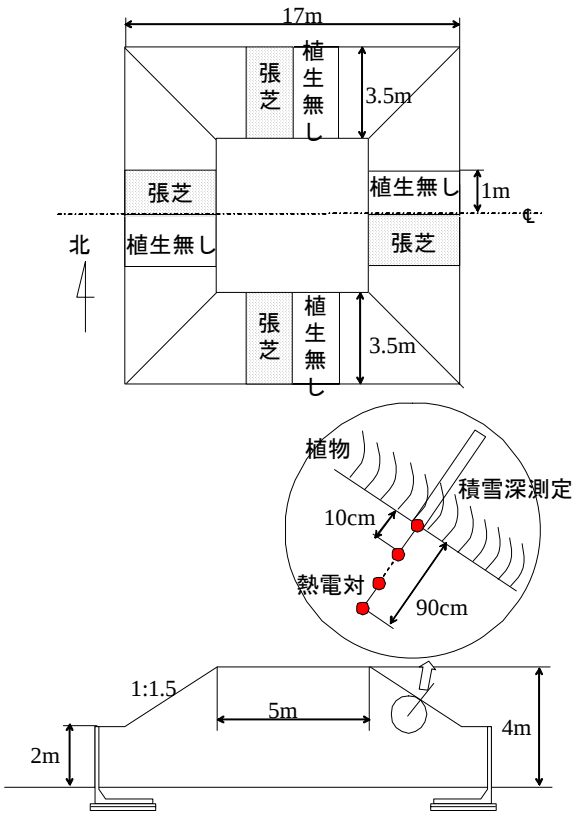


図-1 No. 1~4 盛土の仕様および計器設置位置

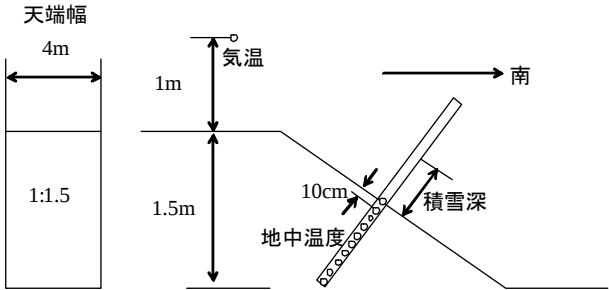


図-2 No. 5 盛土の仕様および計器設置位置

表-1 盛土条件と測定項目

盛土No.	1	2	3	4	5
のり面の向き	北	東	南	西	南
のり尻の高さ(m)	2	2	2	2	0
盛土の土質	粘性土質礫質砂				火山灰質土
凍上性	-				中位
温度	熱電対(測定間隔1時間)				
積雪深	定規(測定間隔1週間)				

向の雪の深さを積雪深と表現するが、のり面の凍結はのり面に対して垂直方向に進むことから、ここでは図-2に示すようにのり面に垂直な方向を積雪深とした。

3. 試験結果

3. 1 のり尻の高さ 2m 盛土ののり面の向きと積雪深

盛土の積雪深を図-3に示す。2010/12/27 から盛土箇所へののり面の積雪を確認した。試験を行った地点に近い苫小牧のアメダスデータ³⁾によれば、2010/12/23からの降雪が2011/3/6まで融解することなく積もっていた。測定箇所では、積雪の観測日である2010/12/27よりも早い段階で積雪があったと思われる。写真-1には2010/12/27の積雪状況を示す。東、北、西、南の順に積雪量は小さくなっている。苫小牧のアメダスデータでは、2010/12/23から2010/12/26の風向は南西方向であったことから、風下となる東向きおよび北向きののり面の積雪が大きくなったものと思われる。過去のデータ⁴⁾では、この箇所では、北、東、西、南の順に日射量が大きかった。今回も同様な日射量であったと考え、日射量が大きいと雪解けが進み、日射量が小さいと雪解けが進まないと考えられる。北向きのりで積雪量が大きく、南向きののり面の積雪量が小さくなり、方位による日射量が積雪深に影響することがわかった。

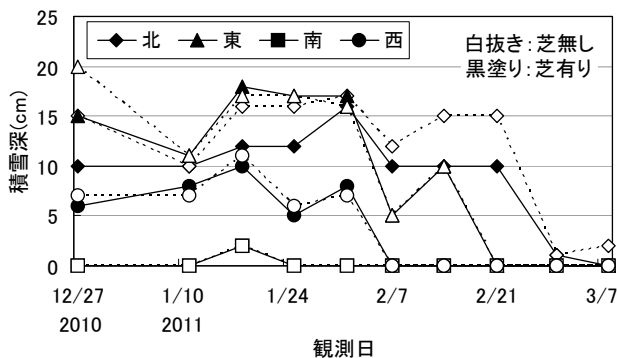
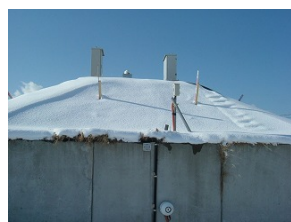


図-3 のり面の向きと積雪深



北向きのり面



東向きのり面



南向きのり面



西向きのり面

写真-1 のり面の積雪状態(12月27日)

南向きのり面では、芝の有無にかかわらず積雪深は同じ値であったが、測定したほとんどの向きで芝がない方が、芝のある方よりも積雪深が大きくなった。

3. 2 のり尻の高さ 2m 盛土の測定箇所の凍結指数

測定箇所における気温と地表面の凍結指数を表-2に示す。気温の凍結指数は、南、東、西、北向きの順に大きく、東向きと西向きはほぼ同程度であった。苫小牧地方の凍結指数⁵⁾は、10年確率で370°C・day、20年確率で410°C・dayであるが、これより少し小さい。

地表面の凍結指数は、気温の凍結指数の1/3から1/8であった。これは積雪による断熱効果によるものと考えられる。また、すべてののり面の向きで芝ありの方が芝なしよりも凍結指数が大きかった。特に、北向きのり面の地表面の凍結指数は、芝の有無で大きく異なり、芝ありで最大となった。図-3では、北向きのり面の芝なしで測定開始日に15cmの積雪深があり、その後も気温が低い時期である2月下旬まで15cmの積雪があった。このため、北向き芝なしの凍結指数が非常に低くなったと考えられ、積雪量が凍結指数に大きく影響したと言える。

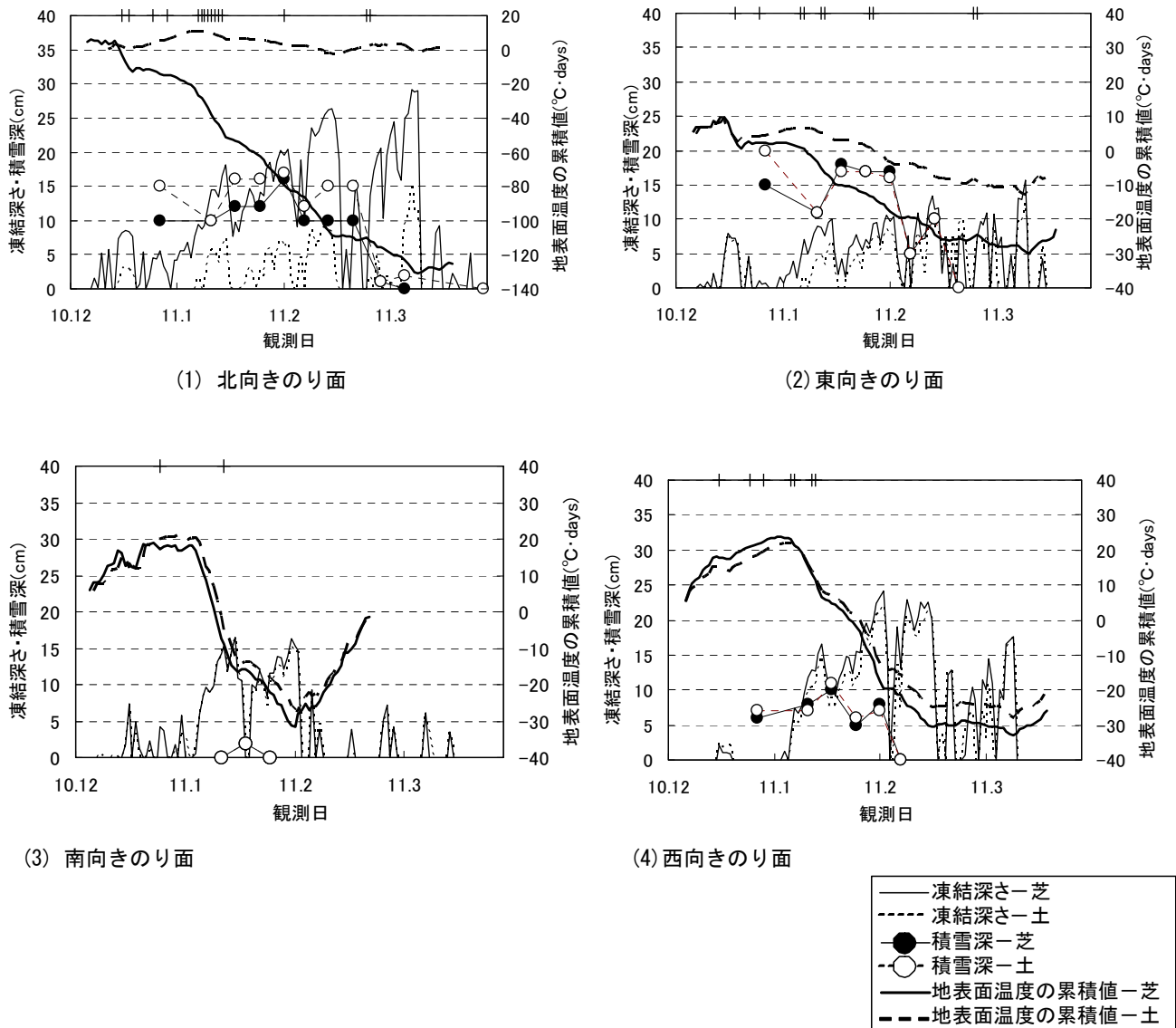
表-2 測定箇所の凍結指数

方向	芝	気温	地表面
北	あり	352.5	137.1
	なし		13.8
東	あり	325.2	39.8
	なし		22.7
南	あり	308.9	50.4
	なし		48.5
西	あり	332.9	56.6
	なし		50.0

3. 3 のり尻の高さ 2m 盛土の凍結深さ

各方向の盛土の凍結深さを積雪深、地表面温度の累計値とともに図-4に示す。図には真冬日を「J」で示した。南、東、西、北向きの順で凍結深さは大きくなっている。南向き、西向きのり面では、芝の有無に関わらず、測定日と地表面温度の累積値の関係はほぼ等しい。同様に、南向きのり面と西向きのり面では、測定日と凍結深さの関係および、測定日と積雪深の関係はほぼ等しい。北向きのり面と東向きのり面では測定日と凍結深さの関係および、測定日と積雪深の関係はいずれも芝ありの方が芝なしよりも大きくなっている。

北向きのり面では、芝ありでは、苫小牧のアメダスデータによる降雪開始日である2010/12/23にすでに5cm程度凍結しており、その後、積雪量が10cm程度であった時に急激に気温が低下し、凍結深が大きくなったものと思われる。芝なしでは、2010/12/23の時点では地盤は凍結しておらず、その後芝ありよりも5cm多い15cmの積雪量であったことから、芝ありほど凍結が進まなかったものと思われる。

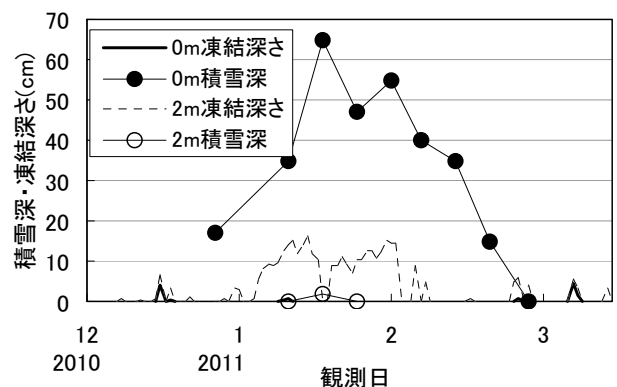


図－4 のり面の向きと凍結深さおよび積雪深

東向きのり面では、2010/12/27 に芝なしで 20cm の積雪があったことから、地表面の温度が低下しなかったため、地盤は 1 月上旬まで凍結しなかった。芝ありでは、2010/12/27 に 15cm の積雪があったがその後の温度低下により 1 月 1 日から地盤は凍結していった。芝ありの方が芝なしよりも地盤の凍結する時期が少し早かったことから、1 月上旬以降の凍結深は芝ありの方が芝なしよりも大きかった。

南向きのり面では、日射量が大きいことから、1 月下旬に 2cm の積雪があっただけで、ほとんどのり面に積雪はなかった。このため、温度が急激に低下した 1 月中旬と 2 月上旬に凍結深さが大きくなった。しかし、日射量が他のり面よりも大きいことから、地盤の凍結は他のり面よりも小さかった。

西向きのり面では、積雪量は北向きおよび東向きよりは小さく、芝ありと芝なしでは地表面の凍結指数は芝ありが芝なしよりも少し大きかった。このため、芝ありが



図－5 のり面の高さと積雪深および凍結深さ

芝なしよりも少し凍結深さが大きかった。積雪が融解する時期は、北向きおよび東向きよりも 2 週間程度早かった。積雪が 0cm になる頃に急激な温度低下があり、雪



高さが2mのり面



高さが0mのり面

写真-2 高さの異なるり面の積雪状態(12月27日)

の断熱効果がなくなり、凍結深さが非常に大きくなった。

以上より、今回の箇所では、のり面の凍結深さは芝の有無の影響はほとんどなく、積雪の時期や積雪量が大きく影響したと言える。今回の観測では、芝による堆雪効果が確認できなかった。

3. 4 のり面の高さと積雪深および凍結深さ

南向きのり面で、盛土のり尻の高さが0mと2mの場合について積雪深と凍結深の関係を求め図-5に示す。

写真-2には2010/12/27のり面の積雪状態を示す。のり面の高さが高い2mのり面では、冬期間ほとんど積雪が確認されなかったのに対し、のり面の高さが低い0mのり面では、積雪の観測日である2010/12/27から2月中旬の厳冬期間20cmまで程度以上の積雪があった。風は地面の摩擦を受けるため、一般的に上空では強く地表に近づくにつれて弱くなるとされている⁹⁾ことから、のり面の高さが高い2mのり面では、厳冬期間には15cm程度の凍結深さであった。一方、のり面の高さが低い0mのり面では、積雪が確認される前および融解後に5cm程度の凍結深さがあったが、厳冬期間にはほとんど地盤は凍結しなかった。このことから、のり面の高さが低いと積雪深は大きくなって凍結深さが小さくなり、のり面の高さが高いと積雪深は小さくなって凍結深さが大きくなると言える。

4. まとめ

この箇所の測定結果より、次のことがわかった。

- ① 積雪による断熱効果により、地表面の凍結指数は、気温の凍結指数の1/3から1/8である。
- ② のり面の凍結深さは芝の有無より積雪の時期や積雪量が大きく影響する。
- ③ のり面の高さが低いと積雪深は大きくなって凍結深さが小さくなり、のり面の高さが高いと積雪深は小さくなって凍結深さが大きくなる。

参考文献

- 1) 地盤の凍上対策に関する研究委員会：寒冷地地盤工学―凍上被害とその対策―、地盤工学会北海道支部、2009.12
- 2) 地盤工学会：凍上量測定のための凍上試験方法、凍上性判定のための凍上試験方法、地盤材料試験の方法と解説、pp.226-258、2009.11
- 3) 気象庁：過去の気象データ検索、

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

- 4) 佐藤厚子、西本 聡、鈴木輝之、中村 大：植物によるのり面の断熱効果、第65回年次学術講演会、2010.9
- 5) 日本道路協会：道路土工要綱、p.383、2009.6
- 6) 気象庁：設置高さによる風速の変化、
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/c2.htm#高さによる風速変化