

# 冬期土工による盛土の 変状とその対策の効果検証

旭川開発建設部 名寄河川事務所 工務課 ○丸山 和訓  
工務課 伊藤 祐明  
計画課 村上 泰啓

冬期間における盛土工事では、盛り立て途中で施工を中断する場合、先に盛り立てた土砂が凍結することで盛土の品質が損なわれる場合がある。天塩川では、マイナス25℃を下回る厳冬期に施工を余儀なくされ、盛土凍上対策に苦慮している実態がある。冬期盛土の凍上メカニズムについては不明な点が多く、現場として採用すべき適切な対策が極めて少ないのが実態である。そこで筆者らは冬期盛土試験を行い、凍結の要因を観測し、冬期の盛土にあたり、どのような対策が有効であるかを比較した。その結果、凍結を抑える効果として、雪による断熱対策が経済的かつ効果が大きいことがわかった。

キーワード：通年施工、利雪、土工、凍結

## 1. はじめに

積雪寒冷地である北海道内においては、冬期施工における盛土工事の困難さを裏付けるように冬期施工の基準に準じて施工した盛土が翌年の融雪期に変状を生じる事例が報告されている。特に厳冬期である1月～2月の天塩川上流の冬期土工においては、築堤盛土冬期管理基準を遵守し、天候に充分留意し冬期施工を行いながらも、融雪後の盛土に変状が起こり、**写真-1**のように舗装の亀裂や布設した護岸ブロックの不陸が生じた事例が確認されている。

この原因の一つとして、冬期施工の際、悪天候や作業工程により盛土工事を一時中断した場合、先に盛り立てた土砂が凍結する現象(**写真-2**)が挙げられる。

このような場合、凍結土を除去して盛土を再開しているが、凍結土の除去が不十分である場合や、施工中に盛土材が凍結してしまう場合など、ほとんどがその後の融解により完成後の盛土に深刻な品質低下を招いてしまう。

今回、名寄河川事務所管内天塩川中下流部に位置する中川町神路地区(**図-1**)で実施した冬期試験盛土は、冬期に施工した盛土がどのような障害を引き起こすのかを観測し、また、どのような対策が有効であるかについて現地実験で把握することを目的としたものである。

本報告では、冬期盛土試験の概要と、対策の効果について概要を紹介する。



写真-1 冬期盛土変状事例



写真-2 盛土内で確認された氷柱



図-1 試験地位置図

## 2. 試験方法

今回実施した試験盛土の考え方、実施ケースおよび試験内容について以下に示した。試験盛土の前提条件は、“盛土施工中に悪天候等により作業が中断、放置し、その後盛土工事を再開した場合”である。

したがって、試験盛土手順は実際の現地施工状況を反映させるため、**図-2**の実験フローにて進めた。

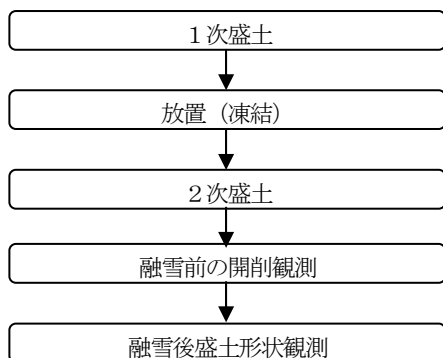


図-2 実験フロー

### (1) 試験盛土の考え方および実施ケース

試験盛土の種類として、無対策（裸地）および現場経験的な知見より凍結に対し効果が期待される手法を選定し試験ケースとして**表-1**のとおり実施した。基本的な考

表-1 試験盛土凍結対策

試験盛土凍結対策	除雪の有無	シート養生
裸地	除雪あり：降雪があった場合除雪	無し
ブルーシート	除雪なし：自然の降雪環境下(凍結期間総積雪深98cm)	汎用的なブルーシート
ブルーシート+雪(20cm)	除雪なし：自然の降雪環境下(凍結期間総積雪深98cm)	汎用的なブルーシート
防寒シート	除雪なし：自然の降雪環境下(凍結期間総積雪深98cm)	防寒機能を持つシート

え方として、次に示す効果の確認を目的とした。

- ・ 除雪の有無：盛土表面を露出させた場合と雪で覆った場合における凍結の進捗具合の確認
- ・ シート養生：現場養生として最も汎用的なブルーシート及び防寒機能を併せ持つシートの効果確認

試験施工手順の考え方は、通常施工通りに1次盛土後、放置（凍結）、2次盛土の施工を経て、融雪後の状況の確認をすることである。

具体的な試験方法は次の通りである

- ① 平成24年1月17～18日に1次盛土（盛土厚  $t=90\text{cm}$ （1層  $t=30\text{cm}$ ））（**写真-3**）を行い、養生方法として想定される盛土表面の凍結対策を**表-1**に示す4パターンで実施
- ② 悪天候による工事中止期間を想定した凍上期間2週間を考慮し放置
- ③ 平成24年2月6～7日に2次盛土（盛土厚  $t=90\text{cm}$ （1層  $t=30\text{cm}$ ））（**写真-3**）を行い盛土工事完了とした。試験盛土の配置は**図-3**に示した。

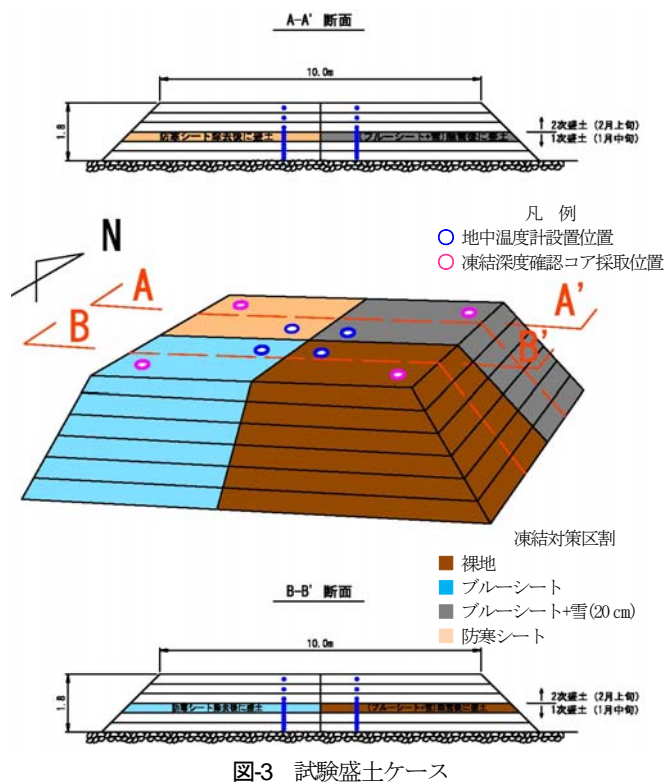


図-3 試験盛土ケース



写真-3 試験盛土完成状況

(左：1次盛土完成時、右：2次盛土完成時)

- ④ 平成24年3月6日に融雪前の開削観測を実施
- ⑤ 平成24年5月30日に融雪後盛土形状観測を実施

## (2) 測定項目と目的

盛土の凍結に関する観測項目は、本試験施工の目的を達成する上で、重要な位置づけとなる。観測項目は、凍結状況及び盛土の状況を確実に把握できる内容を選定した。以下には試験内容と目的を示した。

### 【盛土凍結に対する試験】

- ・ 地中温度測定 (4箇所×12深度)
  - ⇒ 地中温度の経時変化の観察
- ・ 凍結深度の測定 (4箇所)
  - ⇒ コア抜きによる盛土凍結範囲の確認
- ・ 沈下変状観測 (1.0mメッシュ)
  - ⇒ 対策条件による盛土の変状状況の観測
- ・ 開削面目視観察 (凍結箇所確認、写真撮影)
  - ⇒ 目視による凍結状況および範囲の確認及び記録

## 3. 試験結果

ここでは、試験目的である「盛土の凍結深度」と「盛土の変形」に着目し調査及び評価を実施した。

盛土の凍結深度を評価することは、裸地および各対策における凍結への抑止効果が確認でき、盛土の変形評価を行うことは、盛土工事完成時における盛土の品質確保を行う上での判断材料となることが期待される。

### (1) 盛土の凍結深度

凍結の影響を確認するため、**図-4**に示す位置で開削時およびコア抜きの目視点検によるアイスレンズの確認、地中温度計による判定 (地温 $0^{\circ}\text{C}$ 以下の表示深度確認) により凍結深度を観測した。地温観測結果は、工法と盛土層別にまとめ、**図-5**に示した。

以下には凍結対策毎の観測結果について述べる。

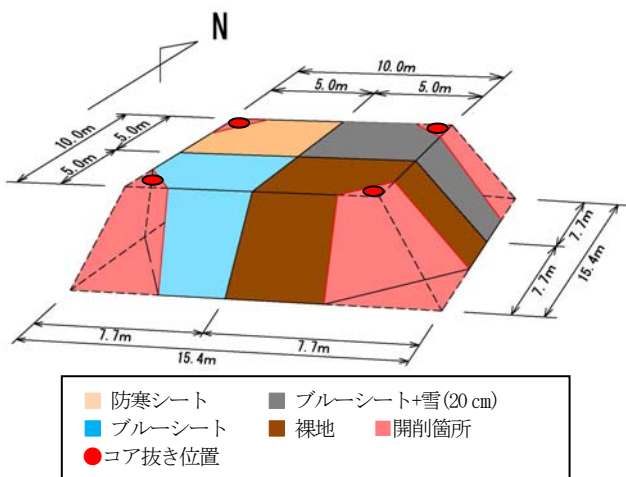


図-4 凍結対策区割り及び開削位置図



写真-4 試験盛土開削凍結深度確認 (H24/3/6時点)  
(左:防寒シート, 右:雪防寒)



写真-5 試験盛土開削凍結深度確認 (H24/3/6時点)  
(左:ブルーシート, 右:裸地)



写真-6 試験盛土コア凍結深度確認 (H24/2/3時点)  
(左:防寒シート, 右:雪防寒)



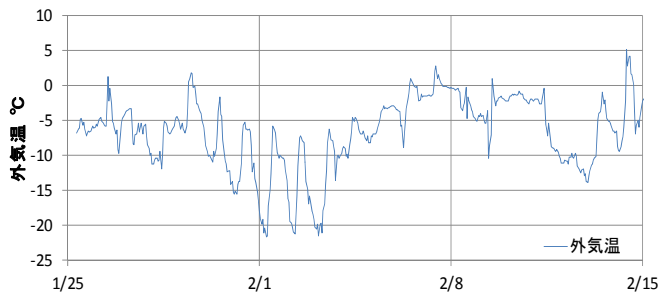
写真-7 試験盛土コア凍結深度確認 (H24/2/3時点)  
(左:ブルーシート, 右:裸地)

#### ・ ケース『雪防寒』

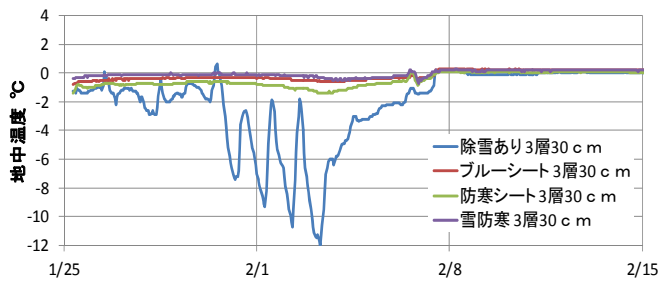
“雪防寒”のケースでは、開削による確認**(写真-4)** および、コアによる確認**(写真-6)** で双方とも3~12cmの凍結深が確認された。地温観測結果では、1層目は地温 $0^{\circ}\text{C}$ 未達であった。2、3層目は地温 $0^{\circ}\text{C}$ 以下が確認された。ただし、2層目の地温は $0^{\circ}\text{C}$ をわずかに下回る程度であった。最も凍上深が浅かったケースは『雪防寒』であり、コア確認**(写真-6)** で3cm、開削確認**(写真-4)** で12cmであった。

#### ・ ケース『裸地』

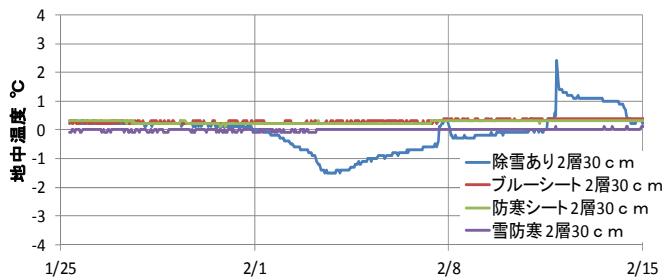
“裸地”のケースでは、開削による確認**(写真-5)** および、コアによる確認**(写真-7)** で双方とも50cmの凍結深が確認された。地温観測結果では、1層目は地温 $0^{\circ}\text{C}$ 未達であったが、2、3層目は地温 $0^{\circ}\text{C}$ 以下 ( $-2\sim-20^{\circ}\text{C}$ ) を示し、他のケースと比較し著しい地温低下が確認された。



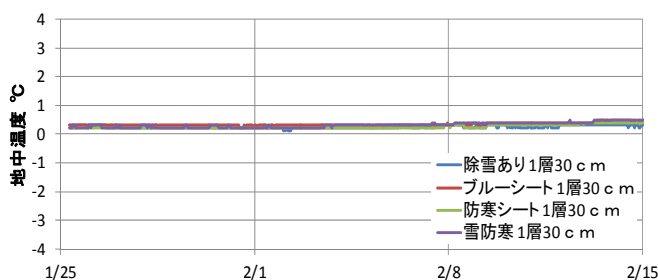
(a) 外気温



(b) 1次盛土3層目 平均地中温度



(c) 1次盛土2層目 平均地中温度



(d) 1次盛土1層目 平均地中温度

図-5 地中温度観測結果

・ケース『ブルーシート』

“ブルーシート”のケースでは、開削による確認(写真-5) および、コアによる確認(写真-7)で双方とも約15cmの凍結深が確認された。地温観測結果では、1、2層目は地温0°C未達であった。3層目は地温0°C以下が確認された。

・ケース『防寒シート』

“防寒シート”のケースでは、開削による確認(写真-4) および、コアによる確認(写真-6)で双方とも約10cmの凍結深が確認された。地温観測結果では、1、2層目



写真-8 開削時に確認された盛土内のレンズ状の水



写真-9 開削時に確認された盛土内の粒状の水

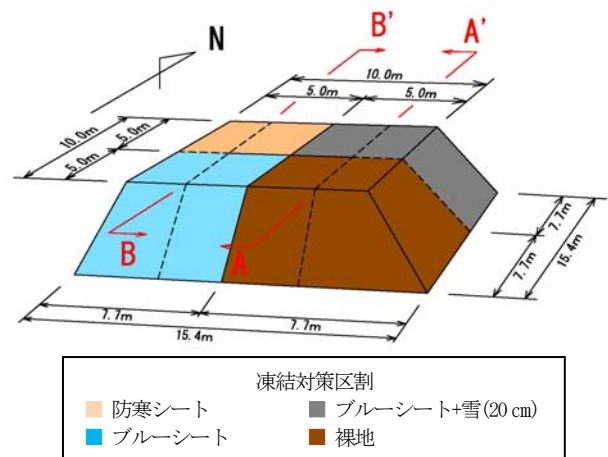


図-6 試験盛土変状観測位置図

は地温0°C未達であった。3層目は地温0°C以下が確認された。

なお、ケース『裸地』の2～3層目付近にて確認した凍結部分(地中の氷の確認)を写真-8、写真-9に示した。レンズ状、粒状の水が確認されており、融雪時の盛土変形の原因となっているものと想定される。

(2) 盛土の変形

盛土完成後の変形量は、1次盛土の盛り立て直後と2次盛土前の盛土表面の変状変化を(a)A-A'断面および

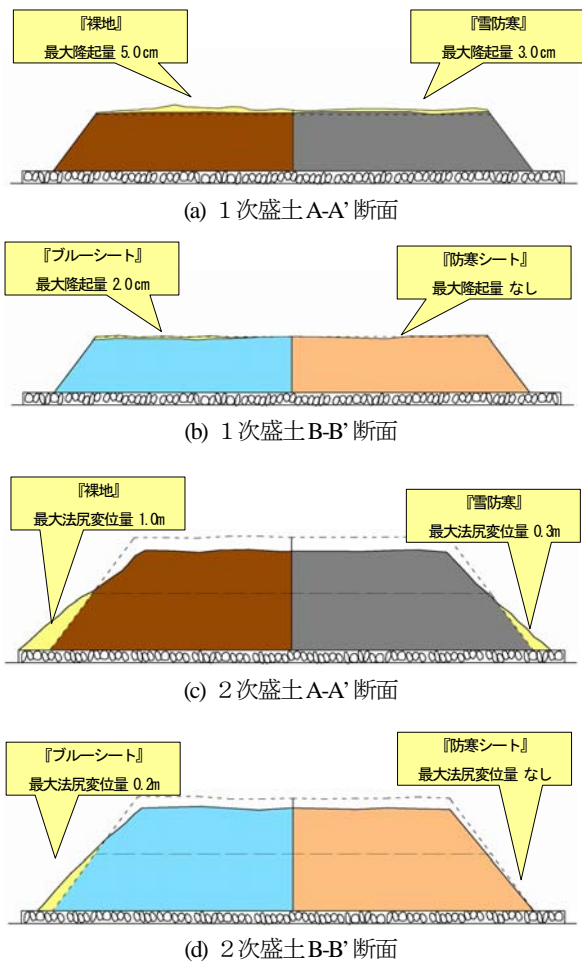


図-7 盛土表面変状図

(b)B-B' 断面に示し、2次盛土の盛り立て直後と融雪後の盛土形状観測時の盛土法面の変状変化を(c)A-A' 断面および(d)B-B' 断面に示す(図-6、図-7)。

各ケースにおける沈下および隆起量を測量した。

1次盛土の挙動としては、ケース『防寒シート』以外、盛土表面が隆起する傾向が得られている。2次盛土の挙動としては、『防寒シート』以外、法尻付近で法面の変位が確認された。

### (3) 試験結果のまとめ

冬期試験盛土の観測結果を「盛土の凍結深度」と「盛土の変形」に着目し表-2に一覧表として示したほか、概要を以下に示す。

- ・裸地状態で除雪ありの場合、盛土内の凍結が著しく1次盛土の隆起、2次盛土法面の変形も助長させることが把握された。
- ・防寒シートが最も効果が見込めるが、材料費が高価であり経済性に劣る。
- ・雪防寒(ブルーシート+雪)では十分な効果を見込むことができ、経済性も優れている。
- ・ブルーシートのみでも一定の効果を見込むことができ、経済性も優れている。

試験結果より得られた盛土凍結を防ぐ方法(対応方法)としては、以下の2点が挙げられ、雪およびシートによる断熱効果が盛土の凍結対策に有効であることが確認された。

- ・盛土表面の除雪は行わない(盛土開始直前に除雪)
- ・保護シートを敷設し更なる凍結防止に努める

表-2 盛土凍結対策工法の比較検討表

対策方法		防寒シート	雪防寒 (ブルーシート+雪(21cm))	ブルーシート	裸地
対策状況					
凍結による盛土の品質	試験結果 (77抜凍結深度) H23/2/3確認	凍結深度 12cm	凍結深度 3cm	凍結深度 15cm	凍結深度 50cm
	試験結果 (開削凍結深度) H23/3/6確認	凍結深度 10cm	凍結深度 12cm	凍結深度 14cm	凍結深度 50cm
	評価	◎	◎	○	×
完成後の盛土の品質	試験結果	変状なし	変状微少	変状小さい	変状大きい
	評価	◎	○	△	×
経済性	対策費用	1,700円/m <sup>2</sup> (施工費、材料費込み)	100円/m <sup>2</sup> (施工費、材料費込み)	50円/m <sup>2</sup> (施工費、材料費込み)	—
	評価	△	◎	◎	—
総合評価		○	◎	△	×
		盛土の凍結を防ぎ、品質を確保することができるが、経済性に劣る。	盛土の凍結を防ぎ、品質を確保することができ、経済性も優れる。	盛土の凍結防止、品質の確保に一定の効果は期待でき、経済性に優れる。	盛土の凍結防止および、品質を確保することが難しい。

## 4. 試験結果に対する考察

これまで示した結果より、著しい地温低下が記録されているケース『裸地』が、凍結の影響を大きく受けているものと考えられる。

### (1) 予想との比較

試験準備段階より、現場経験的な判断より凍結し易さに対して、以下の関係性を想定していた。

- ・除雪に関して：除雪した方が凍結し易く、積雪状態の方が凍結し難い。
- ・シートに関して：シートで覆わないと凍結しやすく、シートで覆った方が凍結し難い。耐防寒性の高いシートほど効果的である。

よって、除雪をせず、より防寒性のあるシートを敷設した方が、凍結の影響を抑えることができると想定していた。

試験施工結果としては、除雪の有無およびシートの効果について想定通りの結果を得ることができた。

これまで経験的かつ現場的に対応していた雪およびシートによる断熱効果を用いた手法について、試験施工を実施することにより数値的な根拠を本現場条件下において取得することができたとと言える。

### (2) 今後の課題

今回実施した試験施工は、これまで指摘されていた冬期施工における盛土の品質低下に関する問題に対して、数値的根拠を一定の条件下で取得した結果と言える。また、冬期施工に対する留意点や対応方法についても盛土養生に関する一部の方向性が確認できたと考える。

しかし、冬期盛土に対する問題点は今回実施した養生期間を対象とする問題以外にもこれまでの研究成果<sup>1)2)3)</sup>により以下に示す種々の問題とその対応が指摘されている。

- ・凍土は凍結温度が低いほど大きな強度を有するが、融解すると脆弱になる。  
⇒融解後の盛土変形につながる
- ・盛土の施工では、材料の温度がマイナスになると盛土の品質を確保することができなくなるため、マイナスにならない条件で施工する。  
⇒盛土材自体の品質の問題

- ・冬期土工では夏期土工よりも締固め度が低くなるため、転圧回数、転圧機械の重量を大きくするなど、夏期土工よりも大きなエネルギーにより締固めなければならない。また、高含水比火山灰や締固めが十分にできない材料は冬期土工に向かない材料と言える。

⇒盛土材自体の品質の問題

- ・冬期施工しなければならない場合は、締固め度を大きくするために、締固め層厚を薄くすることが有効である。

⇒盛土品質確保の方法

本試験施工では凍結融解に対する盛土の品質の確認が主体であったが、今後は上記した既往研究成果にて課題として示されている盛土自体の性状や施工方法と、養生に関する対応を合わせた評価が必要と考える。

今後、凍結融解後の評価基準等の研究が進み、これらの成果がとりまとめられ、これまで抱えていた冬期施工による問題が解決することを期待する。

## 5. おわりに

本報告は、冬期施工を経た盛土の融雪期における変状状況の把握を主として実施したものであり、当初の想定に近い試験結果が得られた。これにより現場対応方針の道筋を見出すことができたと考えられる。今回実施した試験施工による研究結果が、今後実施される施工現場の問題解決の一助となれば幸いである。

謝辞：本発表に際し、独立行政法人寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チームの方々には、有益な助言を頂いた。ここに記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 桜庭 満、西川純一：低温状態における土の締固め特性 北海道開発土木研究所月報No.547, 1998. 12
- 2) 桜庭 満、西川純一：冬期土工の可能性について—土木工事の通年施工に向けての研究— 北海道開発土木研究所月報No.580, 2001. 9
- 3) 佐藤厚子、西本 聡：冬期土工の留意点について—春先に壊れない盛土を目指して— 第52回 (H20年度) 北海道開発局技術研究発表会 H21. 2