

厚さを変えて施工した冬期盛土の施工例

The example of test construction of embankment of the winter which changed thickness

宮坂建設工業株式会社
宮坂建設工業株式会社
帯広開発建設部
株式会社ドーコン
土木研究所寒地土木研究所

○正 員
阿部 忍 (Shinob Abe)
三森雅弘 (Masahiro Mimori)
塩島 寛 (Hiroshi Shiojima)
林 啓二 (Keiji Hayashi)
佐藤厚子 (Atsuko Sato)

1. はじめに

積雪寒冷地では、冬期に施工される盛土において、春先の融解期に沈下やのり面の崩壊が発生する場合がある。その原因の一つとして、作業工程の都合上やむを得ず盛土途中に寒気の中、施工を中断した場合が考えられる¹⁾。この対策として、1日の施工盛土厚さを大きくすることにより、盛土の施工を中断する回数を低減し、凍上を抑制できると考えた。本報告は、一般的な施工および1層の仕上がり厚さを一般的な施工よりも大きくして厳冬期に施工した盛土について、施工から4月までの期間、盛土内の温度および盛土の高さを測定し、これらをまとめたものである。

2. 試験方法

十勝地方において、表-1に示す材料により、図-1に示す盛土を施工した。施工の都合上2箇所より購入した材料により施工した。いずれも礫質土であるが、購入土1は凍上性が高位、購入土2は中位であり、凍上性を排除できない²⁾土質である。冬期施工に際して、盛土を凍結させる回数を少なくするため、仕上がり層厚45cmと一般的な仕上がり層厚30cmにより盛土を施工し、盛土内の温度、高さおよび積雪深を表-2に示す項目を図-2に示す位置で測定した。各項目について施工時から3/18までは1日1回、3/19から3/31までは1週間に1回、4月以降は1月に1回の間隔で測定した。なお、熱電対は路体天端から2.7mの深さまで、路体部分は15cm

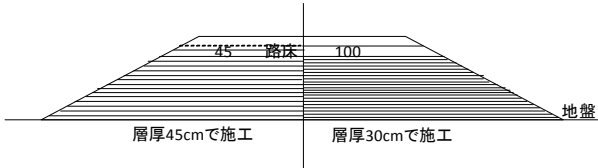


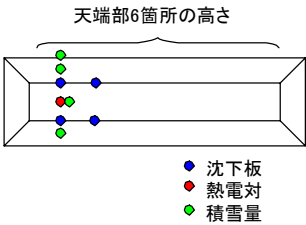
図-1 盛土断面図

表-2 測定項目

測定項目	測定機器	箇所数					
		層厚 30cm			層厚 45cm		
		L	C	R	L	C	R
地表面変位	光波	3	-	3	3	-	3
沈下板高さ	レベル	1	-	1	1	-	1
土中温度	熱電対	-	31	-	-	25	-
外気温		-	1	-	-	1	-
積雪深	スケール	2	1	2	2	1	2



a.断面図



b.横断面図

図-2 測定位置

表-1 盛土材料の基本物性値

		購入土1	購入土2
土粒子密度 $\rho_s(t/m^3)$		2.735	2.719
自然含水比 $w_n(\%)$		4.4	8.6
粒度特性	2mm 以上($\%$)	76.4	81.4
	75 $\mu m \sim$ 2mm($\%$)	19.7	15.4
	75 μm 以下($\%$)	3.9	3.2
コンシステンシー限界		N.P.	N.P.
地盤材料の分類記号		GS	GS
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(t/m^3)$		2.125	2.066
最適含水比 $w_{opt}(\%)$		5.0	7.5
凍上性	凍上速度(mm/h)	0.304	0.236
	凍結膨張率($\%$)	30.23	18.82
	凍上性判定	高い	中位

ごとに、路床部分は10cmごとに盛土内に設置した。

3. 試験施工

盛土の施工は、仕上がり厚さ30cmが標準であるが、施工中の盛土の凍結回数を低減する目的で、仕上がり厚

さを45cmとした。北海道開発局では、路体盛土の管理基準値として、層厚30cmで施工したときの盛土表面の締固め度が85%以上であることとしている³⁾。したがって、盛土の仕上がり厚さを45cmとする場合、盛土内部でも基準値を満足していなければならない⁴⁾。このため、試験施工を行い、盛土内部で基準値を満足することができる盛土表面の締固め度と、これを満足できる転圧回数を求めた。また、仕上がり厚さを30cmとしたときの転圧回数も求めた。図-3は、転圧回数と締固め度の例として、購入土1について土工用振動ローラにより転圧した場合を示したものである。

層厚30cmとした場合に基準値85%を満足できる転圧回数は3回、層厚45cmの盛土内部で基準値を満足できる転圧回数4回である。層厚30cmを層厚45cmにすることにより、転圧回数は1回増えた。実施工では、層厚30cmの盛土は3回転圧、層厚45cmの盛土では安全を見込んで5回転圧で施工することとした。また、現場での盛土の品質管理は、図-3より、盛土内部の締固め度85%を満足する盛土表面の締固め度を90%とした。購入土2でも同様な結果が得られたため、盛土の施工は購入土1と同様に5回転圧とし、盛土表面の締固め度を90%とした。

また、同じ転圧回数では、層厚30cmの盛土が層厚45cmの盛土よりも高い密度となっていることから、層厚を小さくすると、締固め度を大きくできることがわかる。冬期施工では、盛土が凍結すると融解後の密度が施工時よりも低くなることもある⁵⁾ので、高密度とするために施工条件によっては層厚を薄くすることが効果的な場合がある。

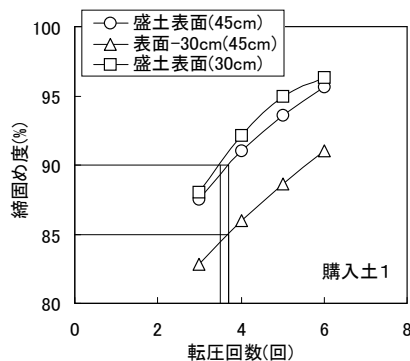


図-3 転圧回数と締固め度

4. 試験結果

4.1 盛土の締固め度

層厚 30cm、45cm で施工したときの盛土表面の締固め度を図-4 に示す。試験施工では、層厚 30cm で 3 回転圧した場合、88%の締固め度が、層厚 45cm で 5 回転圧した場合、94%の締固め度が得られた。本施工では、どちらの層厚でも試験施工以上の締固め度が得られた。冬期施工でも試験施工と同様な締固め効果を得ることができるという。

図-3 より、層厚 45cm の施工では表面で 94%の締固め度が得られれば、盛土内部で 89%の締固め度が得られ

ている。層厚 30cm の施工では 88%の締固め度が得られている。このことから、試験施工区間では層厚にかかわらずほぼ同じ締固め度で施工できたといえる。

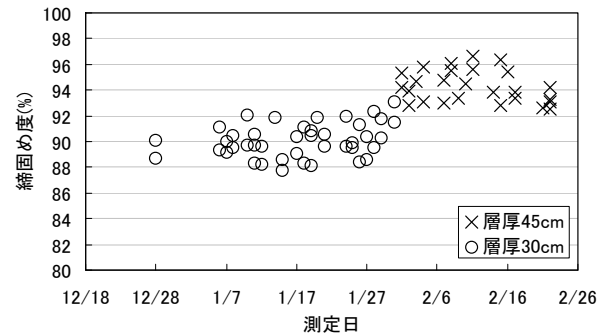


図-4 盛土の締固め度

4.2 盛土周辺の積雪深

盛土周辺の積雪深を図-5 に示す。周辺の平地では、施工開始時には約 60cm 程度の積雪があった。しかし、施工した盛土のり尻部で最大 17cm の積雪はあったものの、天端やのり面での積雪は少なかった。施工から融雪期までの間に 20cm¹⁾以上の積雪深となることはなく、施工中に積雪による断熱効果はほとんどなかったと考えられる。したがって、当該地域での冬期土工では、自然の状態において、雪の断熱効果は期待できない。

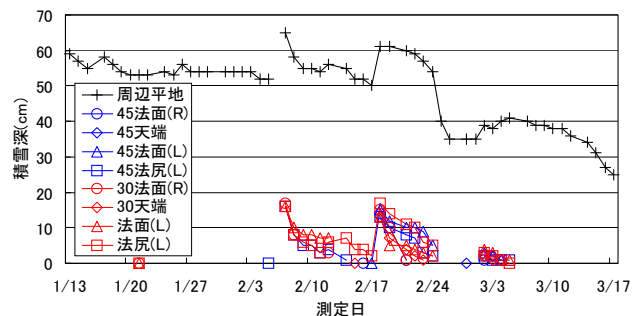


図-5 盛土周辺の積雪深

4.3 盛土の凍結深さ

試験施工において、層厚 30cm、45cm のいずれの盛土についても施工中、1 日で 2 層以上盛り立てることはなかった。図-6 は、熱電対で測定した盛土内の温度分布から、盛土内でマイナス温度となった箇所の分布を示したものである。施工中は、一部プラス気温の場合もあったが、ほとんどの盛土でマイナス気温の状態であった。盛土完成後も 3 月上旬まではマイナス気温であった。

層厚 30cm の盛土では、施工時から 1 月下旬までは盛土の表面部のみの凍結であった。2 月上旬から 2 月中旬にかけて盛土の施工速度が小さくなったことにより、盛土表面から盛土内部へ約 1m 以上凍結した。その後の盛土により、盛土内部の凍結部分は融解したが、2 月中旬頃まで、盛土内部に凍結部分が残留し、これまでの研究

結果と同様な傾向が見られた⁶⁾。盛土が完成した後は、盛土表面部 30cm 程度の凍結が見られ、気温がプラスになると凍結部分が融解することがあった。

これに対し、層厚 45cm の盛土では、施工中の凍結は盛土の表面部のみで、盛土内の深い箇所が凍結することはなかった。2 月下旬からは層厚 30cm の盛土と同様に表面から 30cm 程度まで凍結した。

施工箇所近郊の AMeDAS データ(更別)⁷⁾によれば、2011 年は 3 月下旬に日平均気温がプラスに転じた。いずれの盛土も気温が 3 月中旬で凍結部分が融解した。

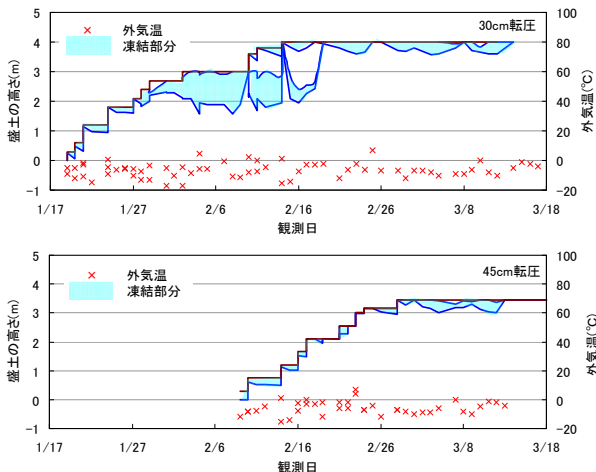


図-6 盛土の凍結深さ

4. 4 盛土の沈下量

盛土施工中および盛土施工後の盛土施工箇所の地盤および盛土内部の沈下量を図-7 に示す。層厚 30cm の盛土の地盤は施工直後から徐々に沈下し始め、盛土完成後は沈下量 4cm の一定値となった。層厚 45cm の盛土の地盤は、盛土完成後いったん沈下は収まったものの 3 月下旬に 1cm 程度の沈下があり全体で 3cm 程度の沈下量となった。いずれも大きな沈下ではなく、収束傾向にあるので、地盤としての問題は無い。

これに対し、盛土内部(路体表面-2.7m)の沈下は、層厚 30cm の盛土で施工時から徐々に沈下し、4 月下旬で約 6cm の沈下が認められた。地盤と盛土内部までの圧縮量は約 2cm である。

層厚 45cm の盛土でも施工時から徐々に沈下したが、特に 3 月下旬から沈下量が大きくなった。3 月中旬で盛土の凍結部分が融解しているが、これ以降、盛土の沈下量が大きくなった。4 月下旬で約 7cm の沈下量となり、地盤と盛土内部までの圧縮量は約 4cm である。

沈下量の測定は、層厚 30cm、45cm いずれの盛土も 4 月下旬以降も継続する傾向が見受けられるが、層厚 45cm の方が沈下の増大傾向が大きい。

次に、盛土表面の沈下量を求め図-8 に示す。盛土の表面は、層厚 30cm の盛土で、日平均気温がプラスに転じた 3 月下旬から急激に沈下した。層厚 45cm も同様な傾向が見られた。表面の沈下量は層厚 30cm が層厚 45cm よりも大きい。

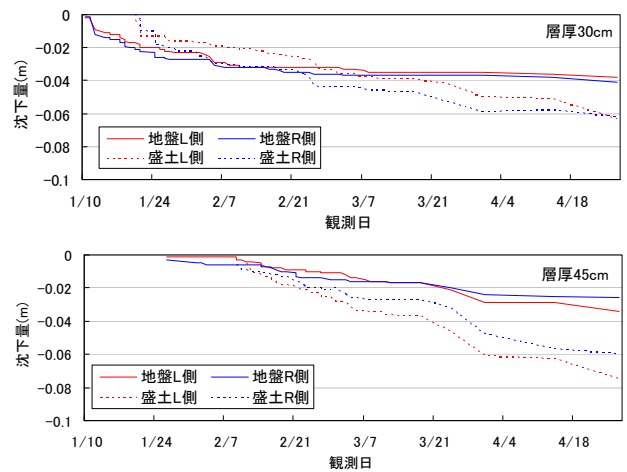


図-7 盛土の沈下量

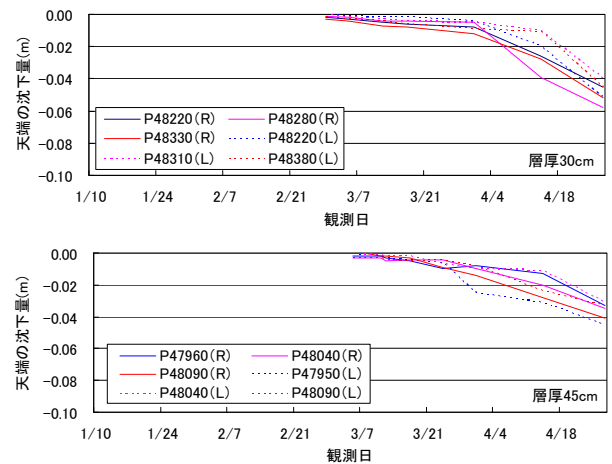


図-8 盛土の沈下量

そこで、盛土施工終了時からの盛土表面と原地盤、盛土表面と盛土内部、盛土内部と原地盤の間の変化量を求め図-9 に示す。盛土表面と原地盤、盛土内部と原地盤の間の変化量は、層厚 30cm、45cm とともに時間の経過とともに小さくなっている。これは盛土施工にともない地盤が締め固まったためと考えられる。しかし、盛土表面と盛土内部の変化量は、盛土完成後時間の経過とともに大きくなり、その後小さくなっている。変化量が大きくなった時盛土の表面は凍結していること、盛土が融解する 3 月下旬頃から収縮する傾向が見られたことから、層厚 30cm、45cm の限られた厚さの中でも盛土に凍上が発

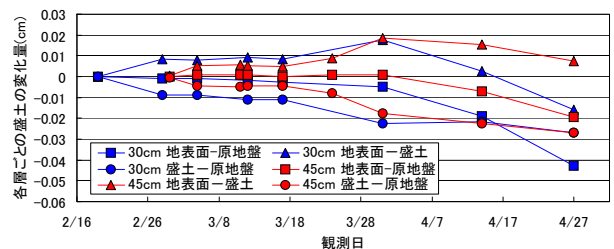


図-9 盛土各層の変化量

生するといえる。盛土の最大凍上量は、層厚 30cm、45cm とともに 2cm 程度であった。この量に達するまでの時間は、層厚 30cm よりも層厚 45cm が 10 日程度長かった。

5. まとめ

今回の冬期間における試験施工より次のことがわかった。

- ① 冬期間において盛土の高層化の試験施工が可能である。厚層施工による盛土転圧回数は、今回の施工では、層厚 45cm による転圧回数は、層厚 30cm よりも 1 層あたりで 1 回多くなるが、盛土高が大きくなると、工事全体での転圧総数は少なくなる。
- ② 層厚を 45cm とすることにより、盛土施工中断による凍結の盛土内部への侵入が低減される。
- ③ 盛土の表面は凍上による体積膨張が発生する。

6. おわりに

今回の試験により、冬期土工による盛土厚層化施工の特性を紹介できた。しかし、この結果は、十勝地方において、凍上性判定試験により、凍上性が中位および高位

と判断される礫質土により行ったものであり、必ずしもすべての材料および地域において適用できるものではない。今後、北海道各地でのデータを収集し、冬期間における盛土の厚層化施工の効果を確認したい。

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) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書、2014
- 4) 佐藤厚子、西本聡、鈴木輝之：冬期施工による盛土の性状、第 53 回地盤工学会北海道支部技術報告集、2013.2
- 5) 安達隆征、西本聡、佐藤厚子：盛土厚層化による効率の良い土工に向けた検討、第 51 回北海道開発技術研究発表会 2008.2
- 6) 佐藤厚子、西本聡、鈴木輝之：冬期に施工した盛土の性状について、第 69 回土木学会年次学術講演会、1996.9
- 7) 気象庁 HP