

## 15.8 積雪寒冷地における冬期土工の品質確保に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 26

担当チーム：寒地基礎技術研究グループ（寒地地盤）

研究担当者：西本聡、佐藤厚子、安達隆征、山田充

### 【要旨】

冬期の施工はこれ以外の時期での施工と比較して、盛土の品質低下や、留意しなければならない条件がある。これを明らかにするため、冬期土工の施工法および品質管理基準の提案、低温下で改良効果を有する固化材による改良方法の提案、寒冷気候を利用した高含水比土の改良技術の提案するための検討を行う。平成 23 年度は主に冬期施工に関する調査、試験を行うとともに、固化した材料の性質、高含水比土の改良実験を行った。その結果、寒冷下での施工では、これ以外の時期での施工と比較して盛土の品質が低下する可能性があることがわかった。また、寒冷気候を利用して高含水比土を改良できることもわかった。

キーワード：積雪寒冷地、冬期施工、固化、凍上

### 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、締固め不足や固化処理での強度発現不足のため、施工後手直しを要する場合がある<sup>1)</sup>。このため、寒冷気候下の施工に関する基準の提案、固化処理技術の開発が必要である。また、寒冷気候を利用した土の改良技術の開発は、低コストな施工の実現となり、この開発は、寒冷気候下での施工に不可欠である。本研究は、これらを明らかにするため、冬期土工における品質管理基準の提案、低温下での固化処理技術の提案、低温を利用した土の改良技術の開発を行うものである。



写真-1 砂置換による盛土の密度測定

### 2. 冬期に施工された盛土の性状

#### 2.1 冬期に施工された盛土の実態調査

冬期に施工される盛土について夏期に施工される盛土との比較をするために夏期(43箇所)と冬期(14箇所)に施工した河川堤防(46箇所)および道路盛土(11箇所)について、盛土の密度を測定した(写真-1)。今後継続して春先の融雪期に盛土の状況を調査し盛土の密度との関係を求める。

#### 2.2 冬期の試験盛土施工

冬期盛土を施工すると盛土内に凍結部分が残りに、春先に凍結部分が融解することにより、盛土が沈下し変状すると推定される。これを確認するために、寒地土木研究所苫小牧施工試験フィールドにおいて、細粒分礫まじり砂(S-FG)に分類される材料により、図-1、表-1の条件で、6種類の盛土を施工した。この盛土について施工直後の密度と含水比および施工後の強度、施工からの時間経過と盛土の温度を調べた。

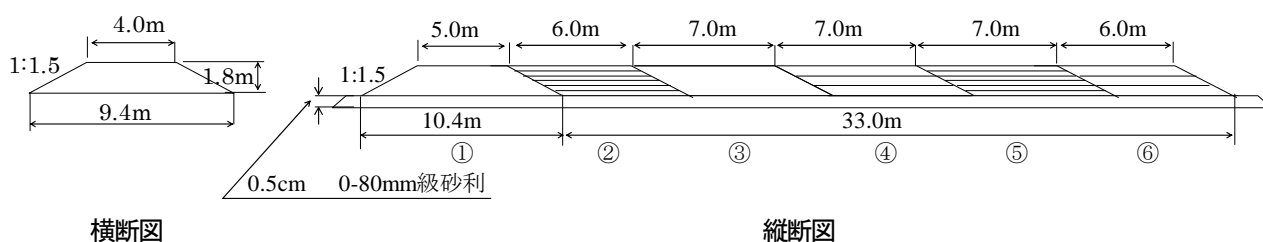


図-1 試験施工による盛土

表-1 施工条件

盛土No.	①	②	③	④	⑤	⑥
施工時期	12月中		1月中			
1日の施工層数	6	1	6	2	1	2
凍結部分の削除	無					有



写真-2 試験施工状況

2. 2. 1 施工時の盛土の密度と含水比

施工時の盛土の乾燥密度と含水比を図-2に示す。施工時の含水比は最適含水比(35.0%)に近く、転圧後の密度は測定した全ての箇所で締固め度90%以上であった。冬期の施工では翌日に盛土表面が凍結する。通常はそのまま次の盛土を施工するため、盛土内部に凍結部分が存在し、盛土が融解したのち盛土の品質が低下すると考えられる。

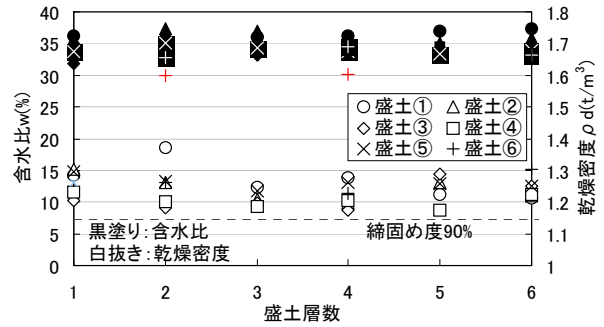


図-2 施工時の盛土の密度と含水比

そこで、これを確認するため、盛土⑥では施工翌日に凍結した部分をはぎ取り、その下の未凍結部分の含水比を測定した。その含水比を図-2中に赤書きで示す。凍結した箇所下の未凍結部分では、含水比が3~5%低く、凍上により土中の水分が上方に移動したことが考えられる。

2. 2. 2 盛土の温度

盛土の温度分布からマイナスの温度となる領域を推定し図-3に示す。1日で6層施工した①③は、盛土表面のみからの凍結であり、施工後の時間の経過とともに凍結深さは大きくなっている。しかし、6日で6層施工した②では、4、5、6層目は既施工部の凍結箇所が融解しなかったと思われる、盛土内に凍結箇所が見られた。1、2、3層目は平均気温が、施工翌日には盛土表面に霜柱ができていたが、盛土施工中に、霜柱が融解したと思われる、盛

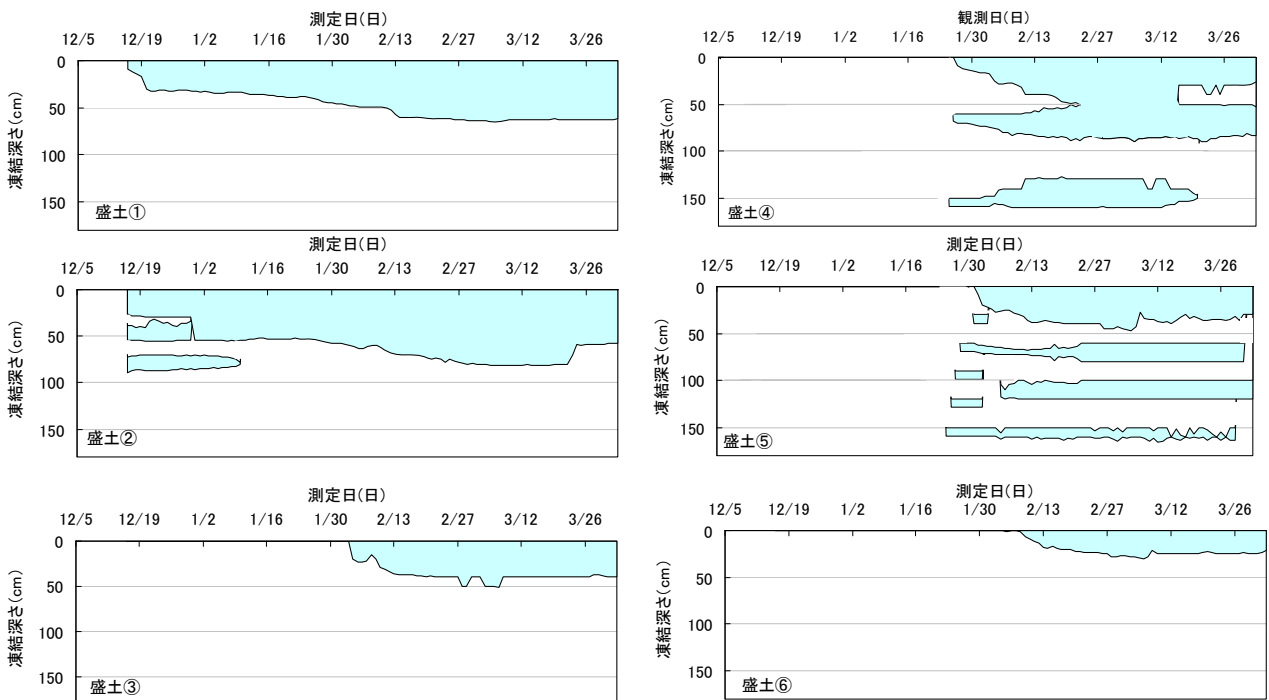


図-3 推定による盛土の凍結状態

土内に凍結箇所がない。

④⑤⑥の施工時は、日平均気温が $-13^{\circ}\text{C}$ 程度であり、盛土の施工前には既施工部表面に $7\sim 9\text{cm}$ 程度の凍結が見られた。そのまま盛土を続けても融解しなかったことから、④⑤は盛土内に層状に凍結箇所が残ったものと考えられる。施工日数が長いほど凍結する層の数が多い傾向にある。⑥は凍結箇所を除去して盛土を施工しており、盛土内部には凍結箇所は見られない。また、④⑤内に見られた層状の凍結部分は4月上旬の時点でもほぼそのままの状態で盛土内に残留している。これらの凍結が盛土の品質に与える影響について引き続き調査する予定である。

### 3. 固化材により改良した材料の寒冷下での強度特性

安定処理土による盛土施工するときの室内配合試験の養生条件<sup>2)</sup>は、北海道で冬期に施工する場合と大きく異なる。そこで、実際の施工を想定した養生による発現強度を求めた。自然含水比状態でのコーン指数は $300\text{kN/m}^2$ 以下で湿地ブルドーザの走行性を確保できない<sup>3)</sup>ほど強度の低い不良土について、養生温度を、 $20^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ 、 $-20^{\circ}\text{C}$ として一軸圧縮強さ( $q_u$ )を求めた。

養生温度を $20^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ 、 $-20^{\circ}\text{C}$ と一定にしたときおよび養生温度を変化させたときの時間経過による $q_u$ の変化の例を図-4に示す。 $20^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ の一定温度で養生した場合、時間の経過とともに $q_u$ は大きくなり供試体作成から2年が経過しても、依然 $q_u$ は増加の傾向を示している。 $-20^{\circ}\text{C}$ では、時間が経過しても $q_u$ にほとんど変化がなく、固化材による改良の効果がない。

養生温度を $-20^{\circ}\text{C}$ としてから、 $5^{\circ}\text{C}$ および $20^{\circ}\text{C}$ に温度を高くすることにより、若干ではあるが、 $q_u$ は増加する傾向にあった。 $-20^{\circ}\text{C}$ の養生の前に $5^{\circ}\text{C}$ 養生があると、時間

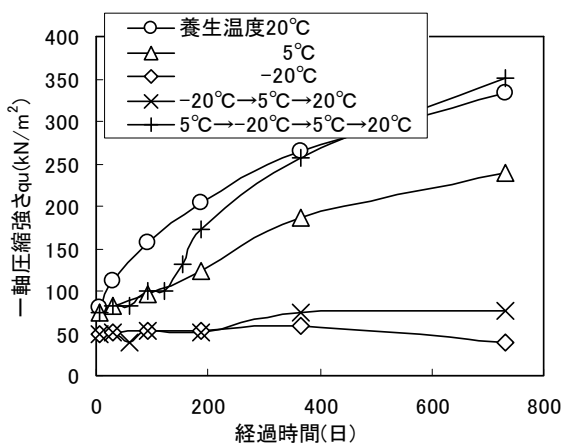


図-4 時間経過と強度の推移



写真-3 冬期の固化材による改良

経過により $q_u(20^{\circ}\text{C})$ と同じ $q_u$ となったが、 $-20^{\circ}\text{C}$ の養生の前に $5^{\circ}\text{C}$ 養生がなければ、時間が経過しても $q_u(5^{\circ}\text{C})$ には至らなかった。全ての試料で初めから $-20^{\circ}\text{C}$ の養生であれば、その後養生温度を上げて $q_u$ は $q_u(5^{\circ}\text{C})$ に至らなかった。マイナス気温での固化材による改良を行わないか、マイナス気温とならないような対策が必要である。

### 4. 寒冷気候を利用した高含水比土の改良

地盤が凍上するとき、地表面から冷却され凍結が侵入することにより未凍土側の水分が凍結面に移動してアイスレンズを生成させていくことが知られている<sup>4)</sup>。このとき水分が移動することにより未凍土側では含水比が低下する。この原理により北海道の冬期の寒冷な気候を利用して、高含水比の浚渫土砂の含水比を低下させることができれば、高含水比土のまま改良するよりかなりコストの低い改良が期待される。そこで、寒冷気候を利用した脱水工法を実用化するため、大型土のうを用いて冬期間の凍結による含水比低下実験を行った(写真-4)。

図-6に示すように土のうの高さの1/2の位置で温度を



写真-4 大型土のうによる含水比低下実験

測定した。同じ条件で作成した土のうについて約1か月に1回、温度を測定した位置で含水比を測定した。

図-7 に女満別に設置した大型土のうの含水比変化を示す。土のう内部が凍結していた12月10日から3月26日の時期は、土のう中心部と比較して表面に近い箇所で含水比が高い。過年度に行った屋外土槽実験<sup>9)</sup>では土槽内の試料が完全に融解したあとでは、土槽内部の含水比がほとんど変化しないが、土槽表面に近い箇所の含水比が急激に低くなり、土槽の上部と下部でほぼ等しい含水比となった。これより大型土のうでも同様な含水比の変化となると考えられ、大型土のうによる含水比低下技術が有効であると考えられる。今後の調査で確認したい。

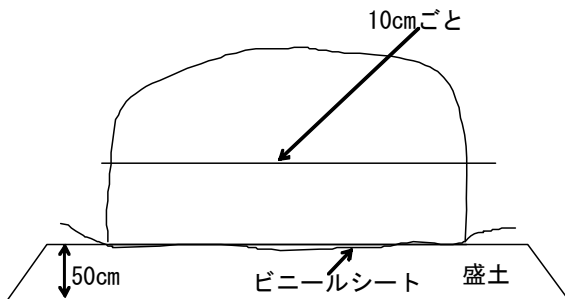


図-6 温度と含水比測定位置

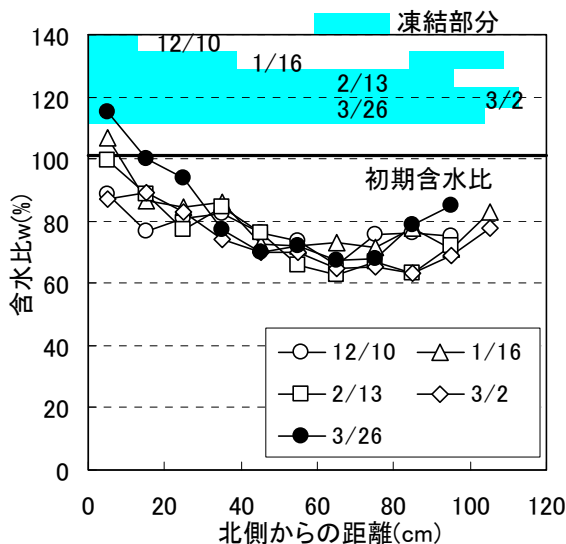


図-7 大型土のう内の含水比変化

## 5. まとめ

本研究において、積雪寒冷地における冬期土工に関する調査および不良土改良の実験を行った。その結果を要約すると以下の通りである。

- ① 冬期施工に関して、仕上がり厚さ 30cm の施工でも盛土が凍上し盛土内で水分移動が発生すること、凍結した盛土の強度は大きい但未凍結部分の強度は小さいこと、盛土の施工方法により盛土内に層状の凍結が残留し施工日数が多いほど層の数が多いことがわかった。
- ② 固化材により改良した材料は、養生温度が低いと強度増加が低くなる。特に養生初期にマイナスとなると、時間が経過しても強度は増加しない。
- ③ 大型土のうにより冬期間の凍結による含水比低下が可能である。

## 参考文献

- 1) 地盤工学会北海道支部地盤の凍上対策に関する研究委員会編：寒冷地地盤工学—凍上被害とその対策—、p.231、2009.12
- 2) 地盤工学会：土質試験の方法と解説—第一回改訂版—、pp.300-316、2000.3.
- 3) 日本道路協会：道路土工要綱 p.334、2009.6
- 4) 地盤工学会：土の凍結—その理論と実際—、1994.6
- 5) 佐藤厚子、中村大、鈴木輝之、西本聡：自然冷却下での凍結融解過程における高含水比土の水分挙動、地盤工学ジャーナル、Vol.4、No.2、2009.6

## A STUDY ON MAINTENANCE OF WINTER EARTHWORK QUALITY IN COLD, SNOWY REGIONS

**Budgeted** : Grants for operating expenses  
General account

**Research Period** : FY2011-2014

**Research Team** : Cold-Region Construction Engineering  
Research Group (Geotechnical)

**Author** : NISHIMOTO Satoshi  
SATO Atsuko  
ADACHI Takayuki  
YAMADA Mitsuru

**Abstract** : Winter construction requires higher quality and more points to pay attention to compared with works in other seasons. To clarify such requirements, this study aims to present winter earthwork methods and quality control criteria, an improvement method using a solidifier that displays an improvement effect at low temperature, and a technology to improve high water content soil using a cold climate. In FY 2011, surveys and tests concerning winter construction were mainly conducted and experiments were conducted on the properties of solidified materials and improvements in high water content soil. The results revealed that embankment quality may become lower in construction in the cold season compared with other seasons. It was also found that high water content soil can be improved using a cold climate.

**Key words** : winter construction; cold and snowy regions; solidification; frost-heaving