

冬期施工における凍結路盤の掘削速度と強度・剛性特性の検討

(株)砂子組

(株)構研エンジニアリング

北海道科学大学

北見工業大学

正会員 ○平島 博樹 正会員 佐藤 欣治

正会員 菅原 正則 益子 優太

正会員 松田 圭大

正会員 川口 貴之

1. はじめに

北海道における冬期施工では、外気温が氷点下になるなどの気象条件に加え、日照時間の減少により、地盤が凍結して固結するため、掘削には時間を要するという問題があり、このような困難さを定量的に評価した試みは少ないのが実情である。本報文では上記問題を明らかにするため、厳冬期における凍結した地盤の掘削時の施工能力や凍結した地盤の強度・剛性について検討したものである。

具体的には、深川市内で実施した図1に示す電線共同溝の歩道路盤掘削でバックホウのアタッチメント毎の掘削作業量の算定と、サーモグラフィカメラを用いて凍結した路盤の深度方向における温度を計測した。加えて、一般的な路盤材を凍結させた供試体を用いて一軸圧縮試験を行い、強度・剛性を評価した。

2. 凍結路盤の温度分布と施工能力

図2に示す深川市は札幌から北東約100kmに位置し、図3より積雪深が200cmを超え、最低気温は-10℃を下回る地域であり、冬期の施工条件が厳しいことが伺える。写真1には路盤掘削時における断面状況とサーモグラフィで撮影した写真を示した。凍結部は氷の混入により白色を呈していた。また、地中温度は地表面付近では-6.0℃、深度40cmでも-3.0℃となっており、施工時には路盤が凍結していることを確認した。凍結路盤の掘削には排気量1,800ccクラスのミニバックホウを、アタッチメントは容量0.12m³のバケットとブレーカの2種類を用いてそれぞれの施工能力を確認した。写真2に示すように、通常バケットを用いた場合は表

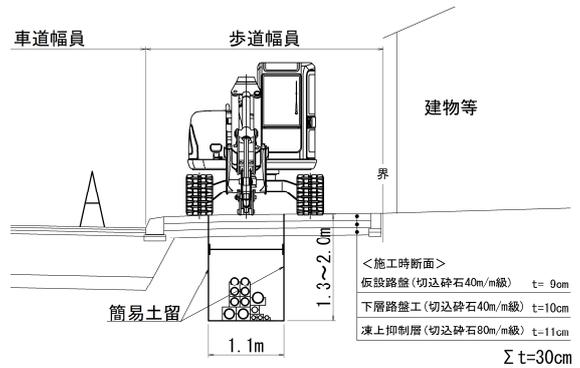


図1 歩道路盤掘削断面

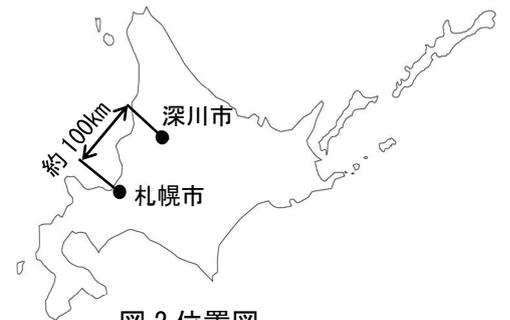


図2 位置図

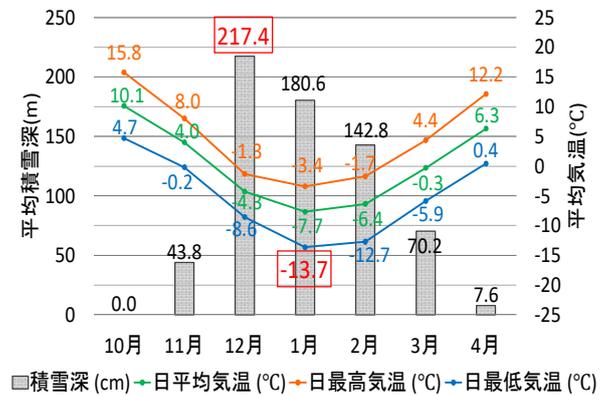


図3 平均積雪深と気温(過去5年)

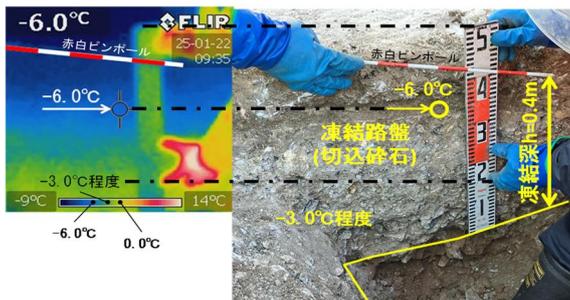


写真1 路盤掘削時の断面状況



写真2 通常バケット掘削



写真3 ブレーカ掘削

キーワード 冬期施工, 凍結路盤, 施工能力, 一軸圧縮試験, 軟岩相当

連絡先 〒060-0033 札幌市中央区北3条東8丁目8-4 株式会社砂子組 TEL011-232-8231

面を削る程度で掘削はほぼ行えず、換算作業量は2 m³/日であった。一方、写真3に示すように、ブレーカでの掘削は可能であったが凍結の影響で路盤が塊状となって掘削され、換算作業量は54 m³/日と大幅に向上したものの標準作業量(140 m³/日)の40%程度であった。これは同標準作業量の軟岩掘削に相当することから、凍結路盤の掘削作業は通常時に比べ困難であり、作業効率や施工能力が著しく低下することが伺える。

3. 凍結路盤の強度・剛性特性

実験には北海道石狩市で採取した切込砕石を路盤材試料として用いた。表1に基本的性質を、図4に路盤材の粒径加積曲線を示している。なお、同図には下層路盤としてJISが定める40 mm級の切込砕石(以下、C-40)¹⁾および北海道開発局が定める切込砕石(以下、K-40)²⁾の粒度範囲を併記しており、今回の試料はK-40における粒度範囲の中間的な粒度分布であることがわかる。

凍結路盤材の強度・剛性特性は、一軸圧縮強さ q_u と弾性係数 E_{50} で評価した。供試体の作製条件は直径150 mm、高さ300 mmのサミットモールドに最適含水比に調整した試料を用い、下層路盤の品質規格である締固め度が95%となるよう、BRECON社製の振動ランマーを使用し3層に分け、3本1組の供試体を作製した。凍結条件は、当該検討地域の1~2月の日最低気温の平均値である-15℃に設定した冷凍庫内で3次元的に凍結させ、図5に示すように供試体中心温度が恒温状態となることを確認した後、20℃前後の室内にて、ひずみ速度1.0%/minで一軸圧縮試験を行った。

図6に示す応力ひずみ曲線より、凍結路盤材の一軸圧縮強さ q_u は5.7~6.7 MN/m²であり、軟岩の目安である1.0 MN/m²以上³⁾あることを確認した。また、変形係数 E_{50} は1,170~1,230 MN/m²であり、セメント安定処理混合物の弾性係数である1,000~15,000 MN/m²⁴⁾の下限値付近を示した。このことから、冬期に凍結した路盤材は軟岩やセメント安定処理混合物程度の強度や剛性を有していると評価することが適当と考える。

4. まとめと今後の展望について

施工能力および一軸圧縮試験の実験結果から、凍結路盤の掘削は軟岩に相当し、厳冬期における施工の問題点を再確認することが出来た。今後は、定量的な評価指標の確立を目指し、凍結した地盤材料の強度に及ぼす粒度等の影響を明らかにすることに加え、施工時における凍結深さを熱伝導解析等により、簡便に推定する手法についても検討していく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針，pp.227-233，2006。
- 2) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書，2024。
- 3) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV，p.211，2017。
- 4) 公益社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー13b 路床・路盤材料の特性と評価，p.23，2015。

表1 試料の基本的性質

土粒子の密度 (Mg/m ³)		2.779
締固め試験	締固め方法	E-b法
	最適含水比 (%)	10.8
	最大乾燥密度 (Mg/m ³)	2.065

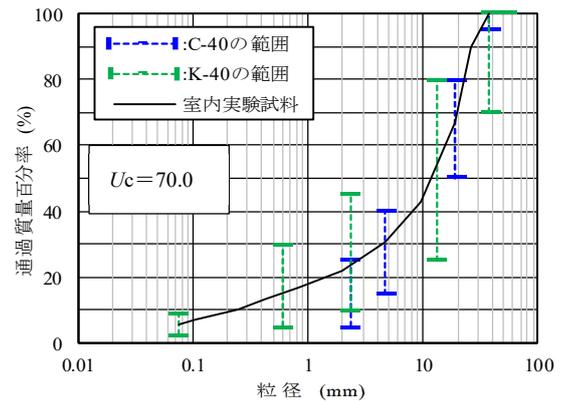


図4 路盤材の粒径加積曲線

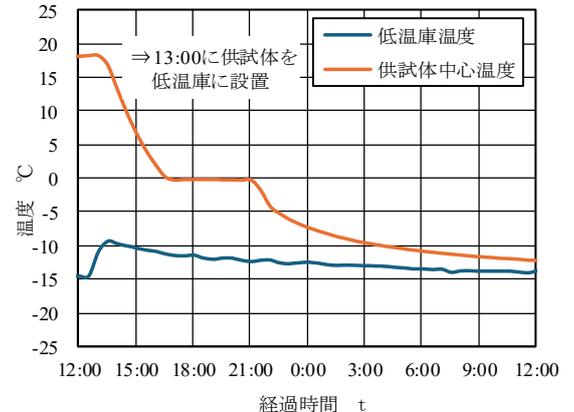


図5 供試体中心と低温庫内の温度推移

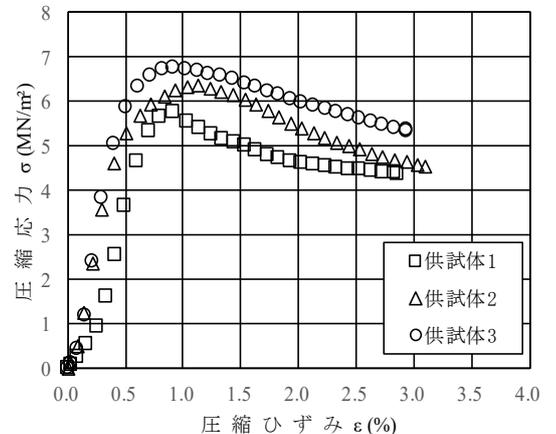


図6 応力-ひずみ関係