

凍結路盤の強度・剛性特性の検討

(株) 砂子組 平島博樹、佐藤欣治、川瀬良司
(株) 構研エンジニアリング 菅原正則、益子優太
北海道科学大学 松田圭大
北見工業大学 川口貴之

1 凍結路盤掘削の課題

外気温氷点下

日照時間減少

掘削に時間を要する

凍結路盤：定量的評価手法がない

北海道深川市内の電線共同溝工事個所で実験等を実施

2 凍結路盤の評価手法

- (1)歩道路盤掘削時のバックホウのアタッチメント毎の掘削作業量の算定
- (2)サーモグラフィカメラを用いて凍結路盤深度における温度測定
- (3)路盤材を凍結させた供試体を用いて一軸圧縮試験を実施

(1),(2),(3)の結果を基に凍結路盤の強度・剛性を評価検討を実施

3 冬期施工を実施した深川市の気象条件

図-1に深川市の位置、写真-1には施工箇所の冬期状況写真を、図-2に平均積雪深と気温(5年)を示します。積雪深が200cmを超え、最低気温は -10°C を下回る。

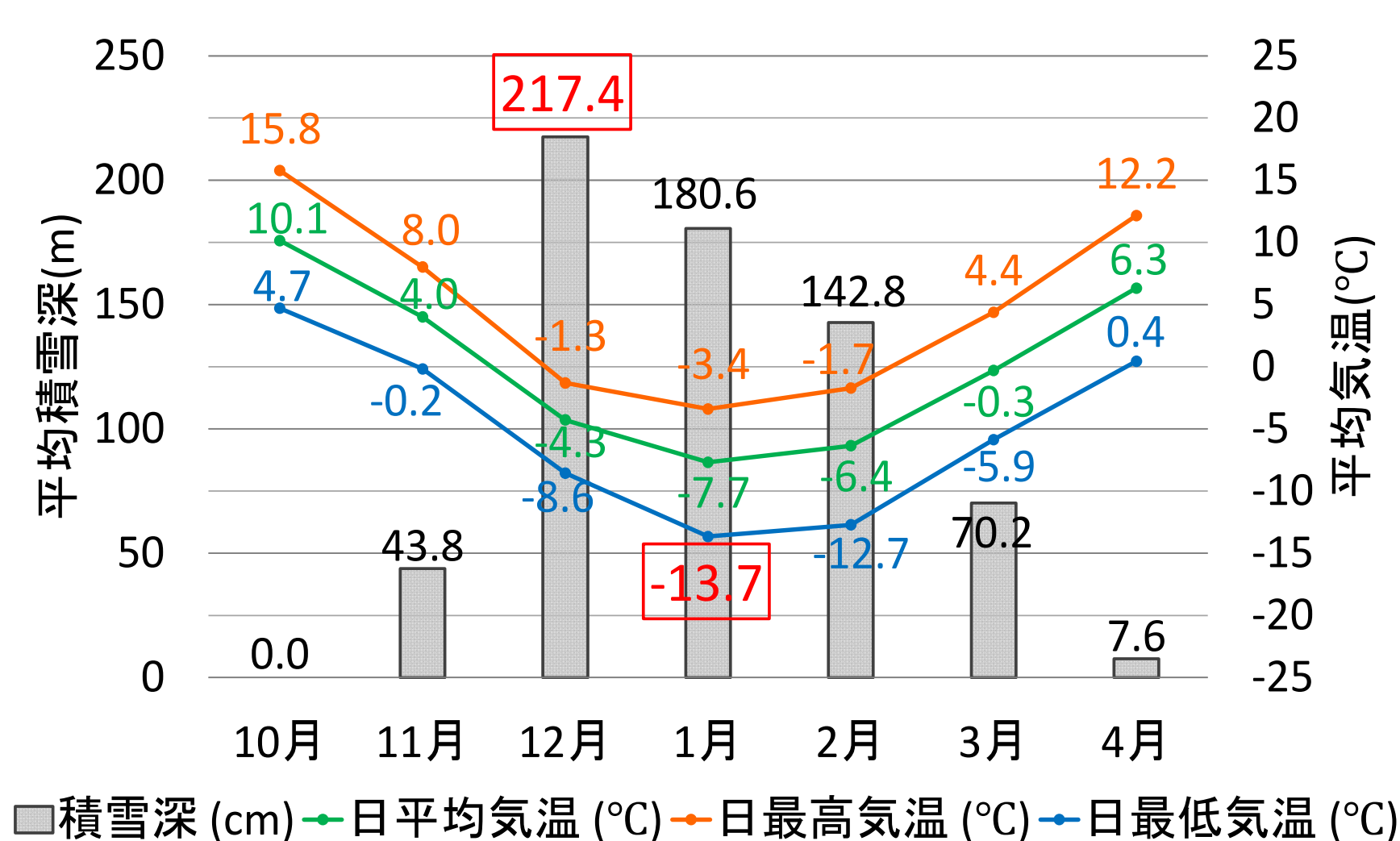


図-2 平均積雪深と気温 (5年)

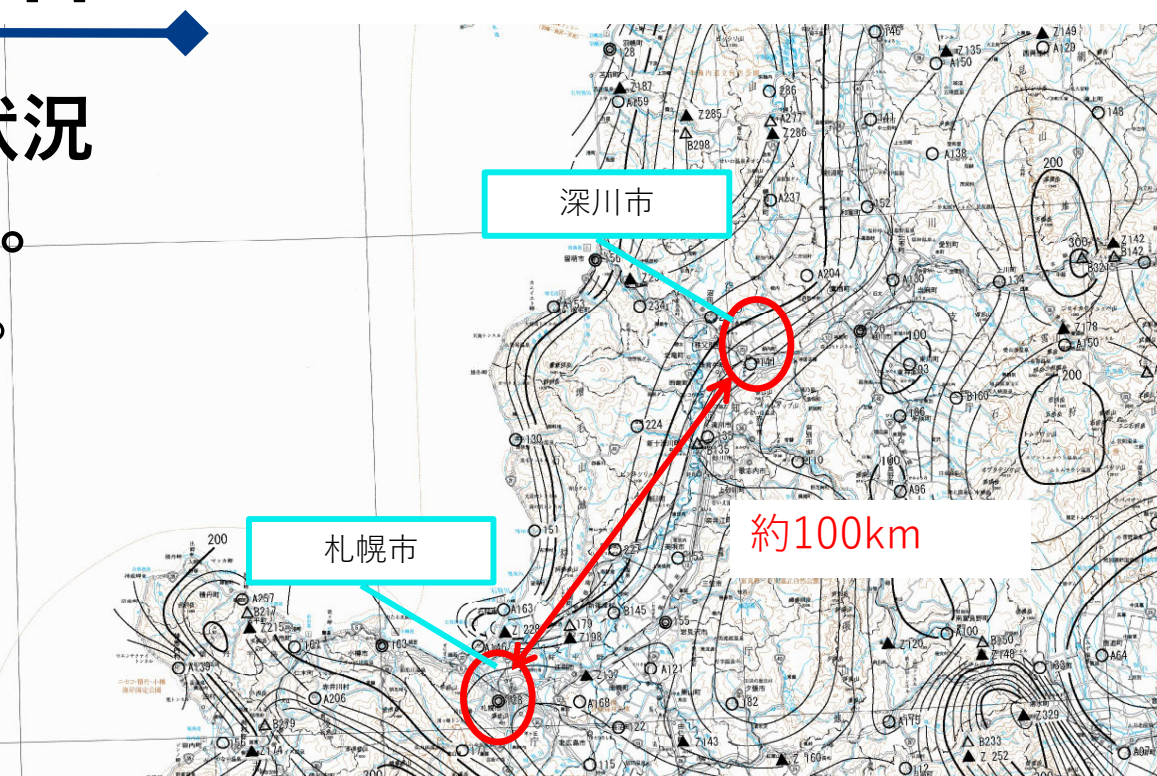


図-1 位置図



写真-1 施工箇所冬期状況写真

4 バックホウのアタッチメント毎の掘削作業量の算定

図-3に歩道路盤掘削断面を示します。歩道幅員3.4m,掘削深さは1.3m~2.0mです。凍結路盤の掘削には、狭隘な歩道内となるため、排気量1,800ccクラスのミニバックホウにアタッチメント容量0.12m³のバケットとブレードの2種類を用いて、それぞれの施工能力を確認した。写真-2,3には通常バケット、ブレード掘削状況を示します。また、表-1には日当たり標準作業量を実験結果と標準作業を比較して示します。



写真-2 通常バックホウ掘削



写真-3 ブレード掘削

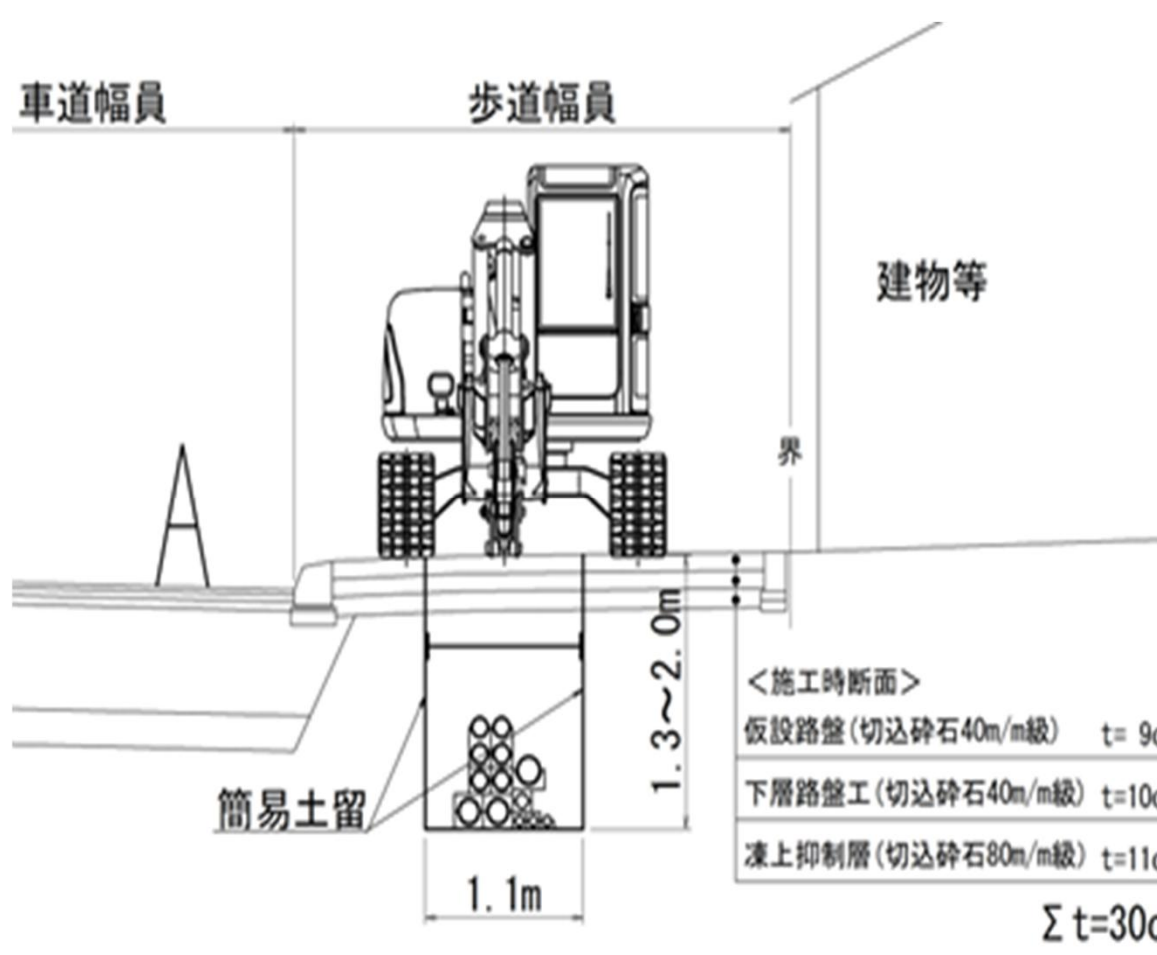


図-3 歩道路盤掘削断面図

表-1 日当たり作業量

	本実験結果 (凍結路盤)		標準作業量	
	バケット	ブレード	土砂 (障害なし) バケット	軟岩 (障害あり) ブレード
日当たり作業量	約2m ³ /日	約54m ³ /日	140m ³ /日	59m ³ /日
施工比率	1%	39%	100%	42%

*施工比率は標準作業量の土砂を基準とする

5 サーモグラフィカメラを用いた深度方向温度計測

写真-4に路盤掘削時のサーモグラフィによる断面温度、写真-5に別地点断面温度を示す。以下にその結果、凍結深さ示します。

- ・外気温: $-7.6\sim-5.6^{\circ}\text{C}$ (令和7年1月22日の9時~11時)
- ・凍結部: 深度42cmまで 氷の混入により白色
- ・温度: 地表面付近では -6.0°C , 深度42 cmでも -3.0°C
- ・別地点: 深度65 cmまで白色

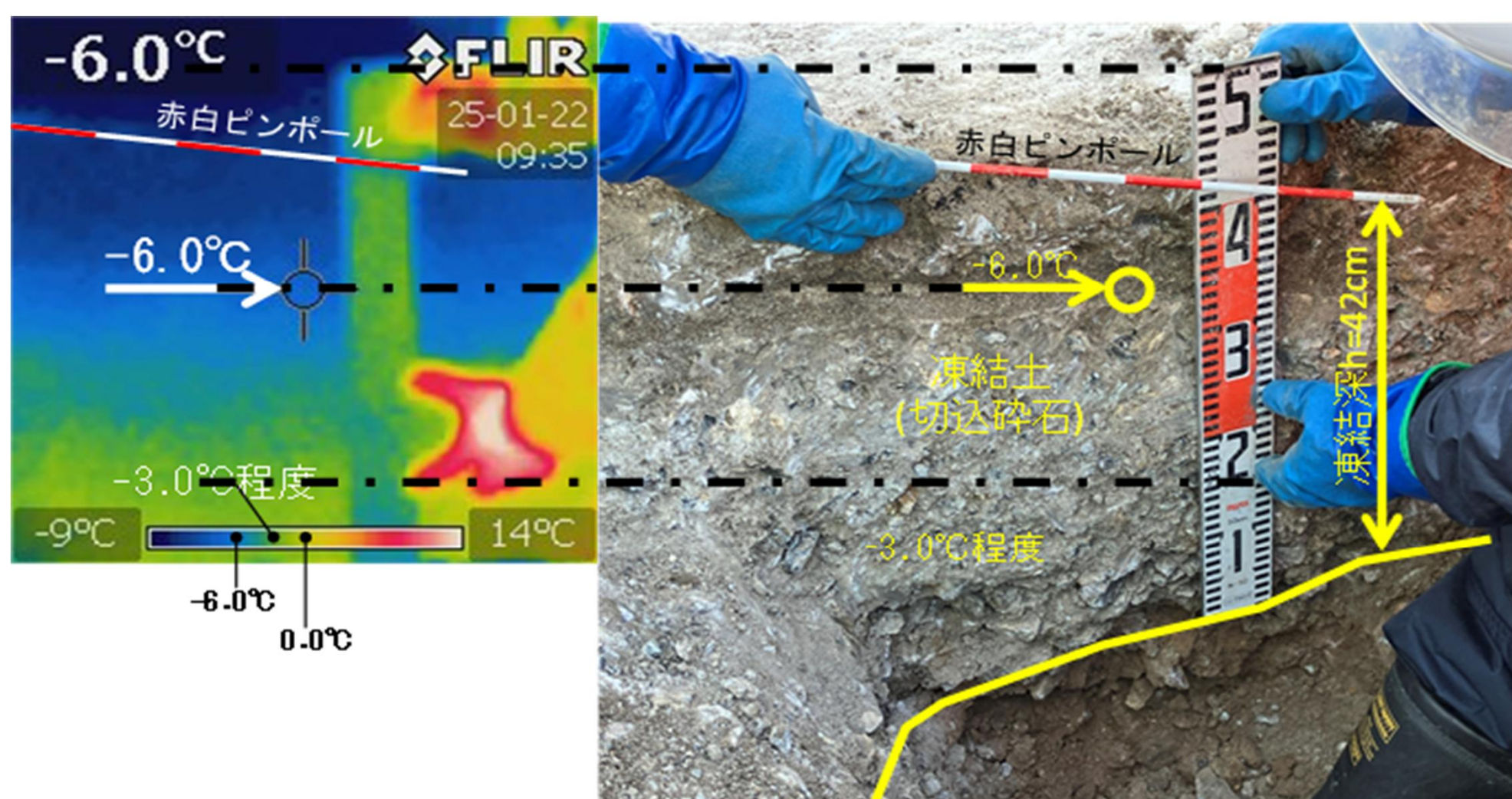


写真-4 路盤掘削時のサーモグラフィによる断面温度

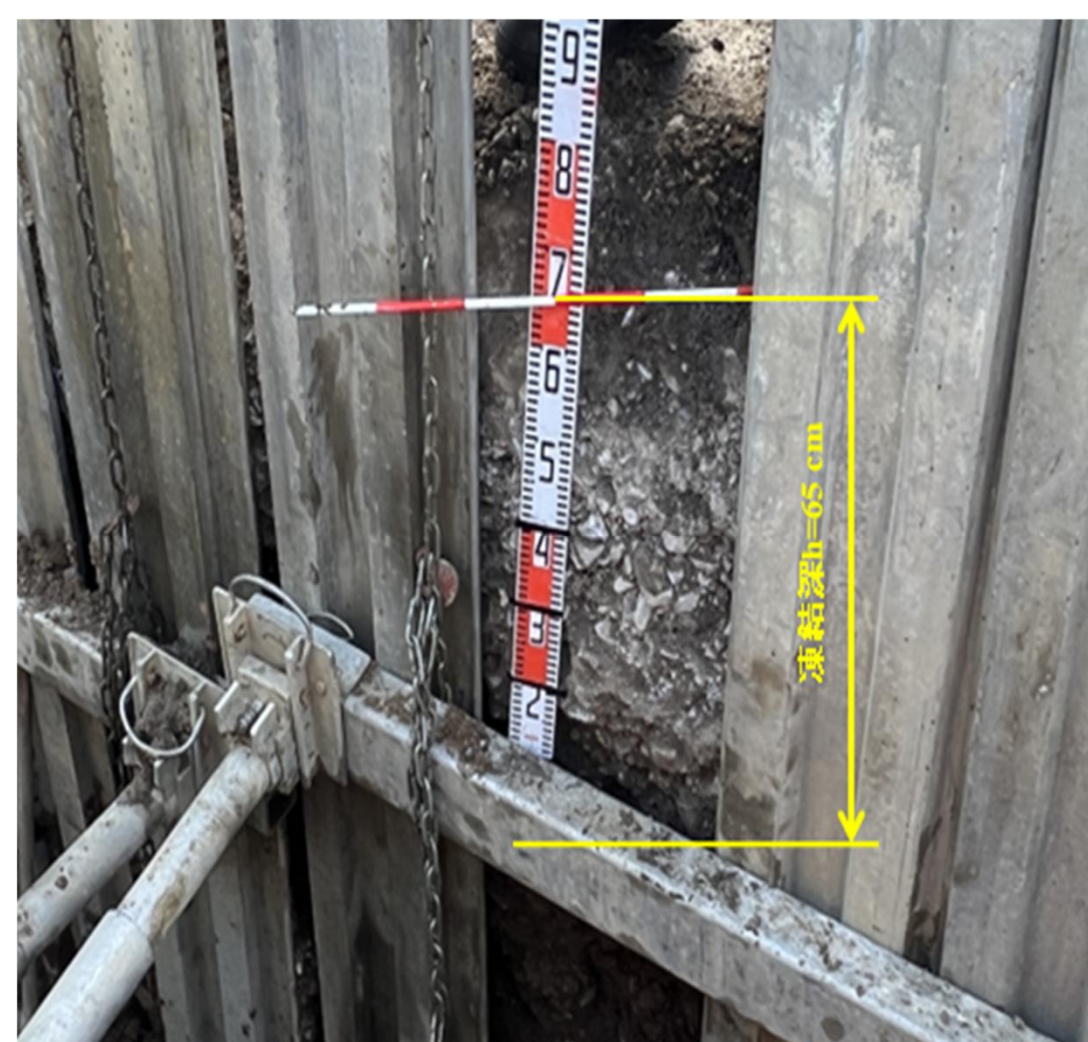


写真-5 別地点の断面温度

6 凍結させた供試体を用いた一軸圧縮強度

6.1 供試体制作条件と実験条件

写真-6に供試体形状を示します。供試体はサミットモールドで作成し、 $\phi 15\text{cm}\times h30\text{cm}$,振動締固め3層各30秒(含水比 $W_n10.8\%$) 写真-7は振動締固め機を示します。図-5に供試体の粒径加積曲線を示します。JIS規格の40mm級切込砕石(C-40)と北海道開発局規定の切込砕石(K-40)の粒度範囲を併記しております。供試体3種類作製条件(各供試体は3体制作)

- ・40mm上限粒度(以下、K-40 上限)
- ・オリジナル粒度(石狩方面の路盤工事現場採取資料)
- ・40mm下限粒度(以下、K-40下限)

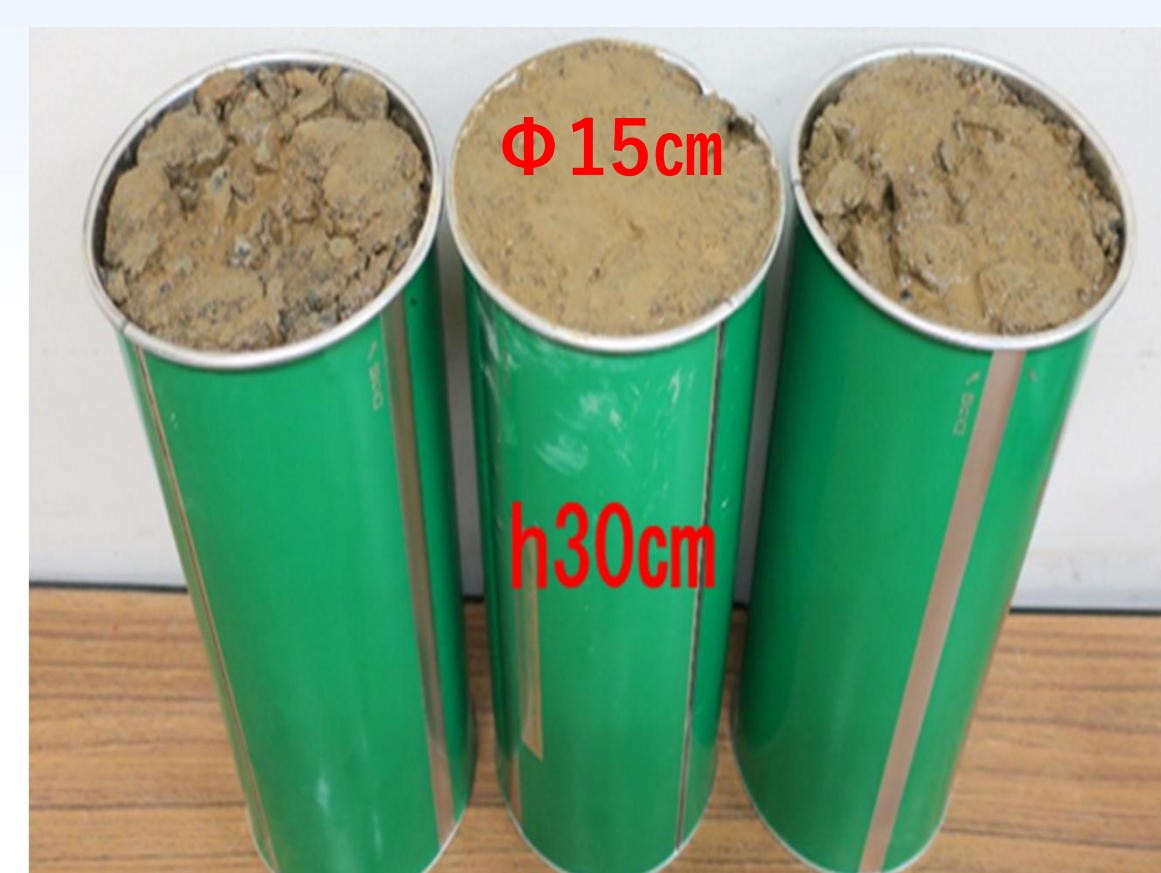


写真-6 サミッドモールド供試体形状

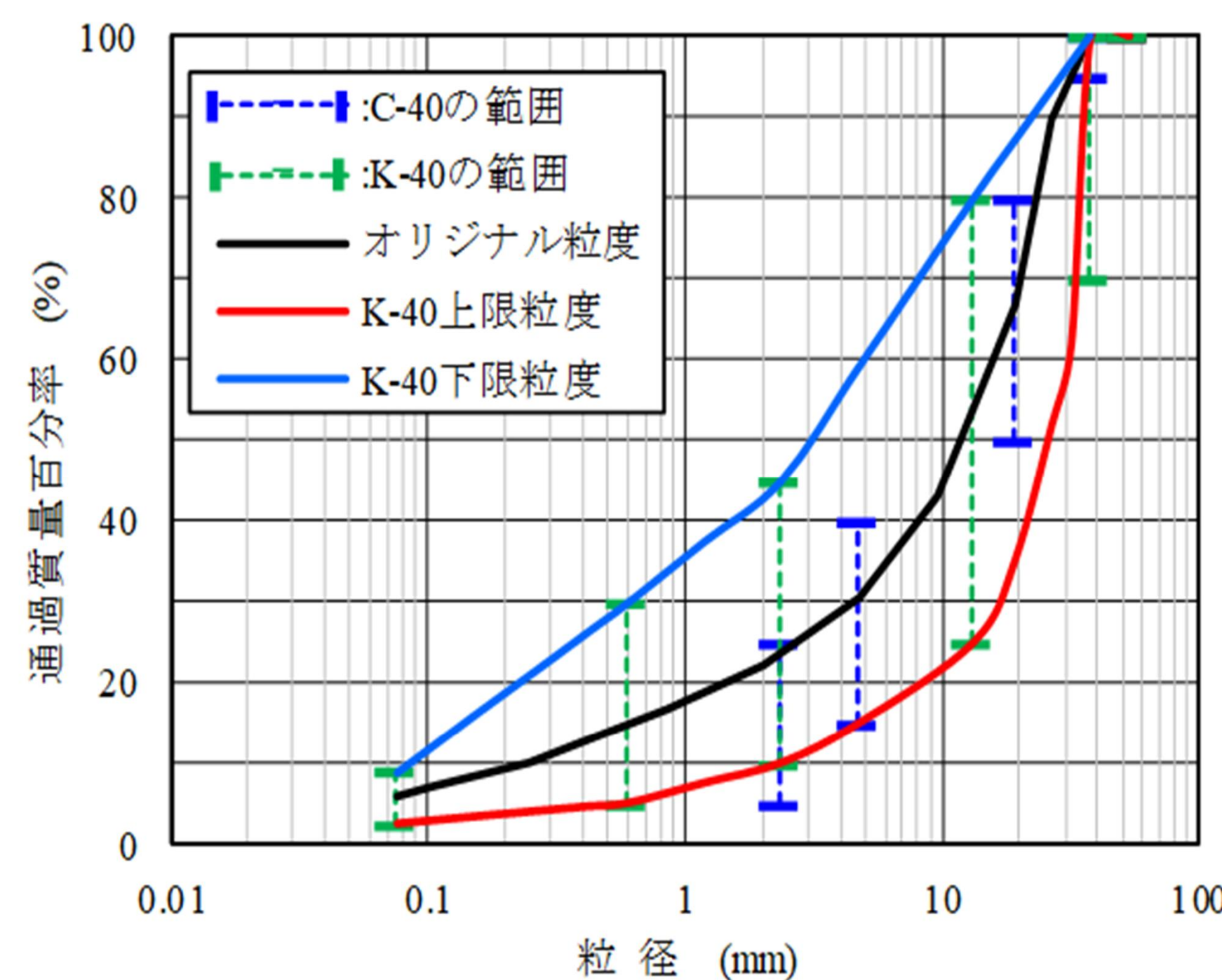


図-4 路盤材の粒径加積曲線



写真-7 振動締固め機

図-6に供試体中心と低温庫内温度推移を、写真-8は凍結前自立状況を示します。

<実験条件>

- ・凍結温度: -15°C (検討地域の1~2月の日最低気温の平均値を目安)
- ・凍結方向: 3次元(供試体中心温度が恒温状態)
- ・圧縮試験: 20°C 前後の室内、ひずみ速度 $1.0\%/min$

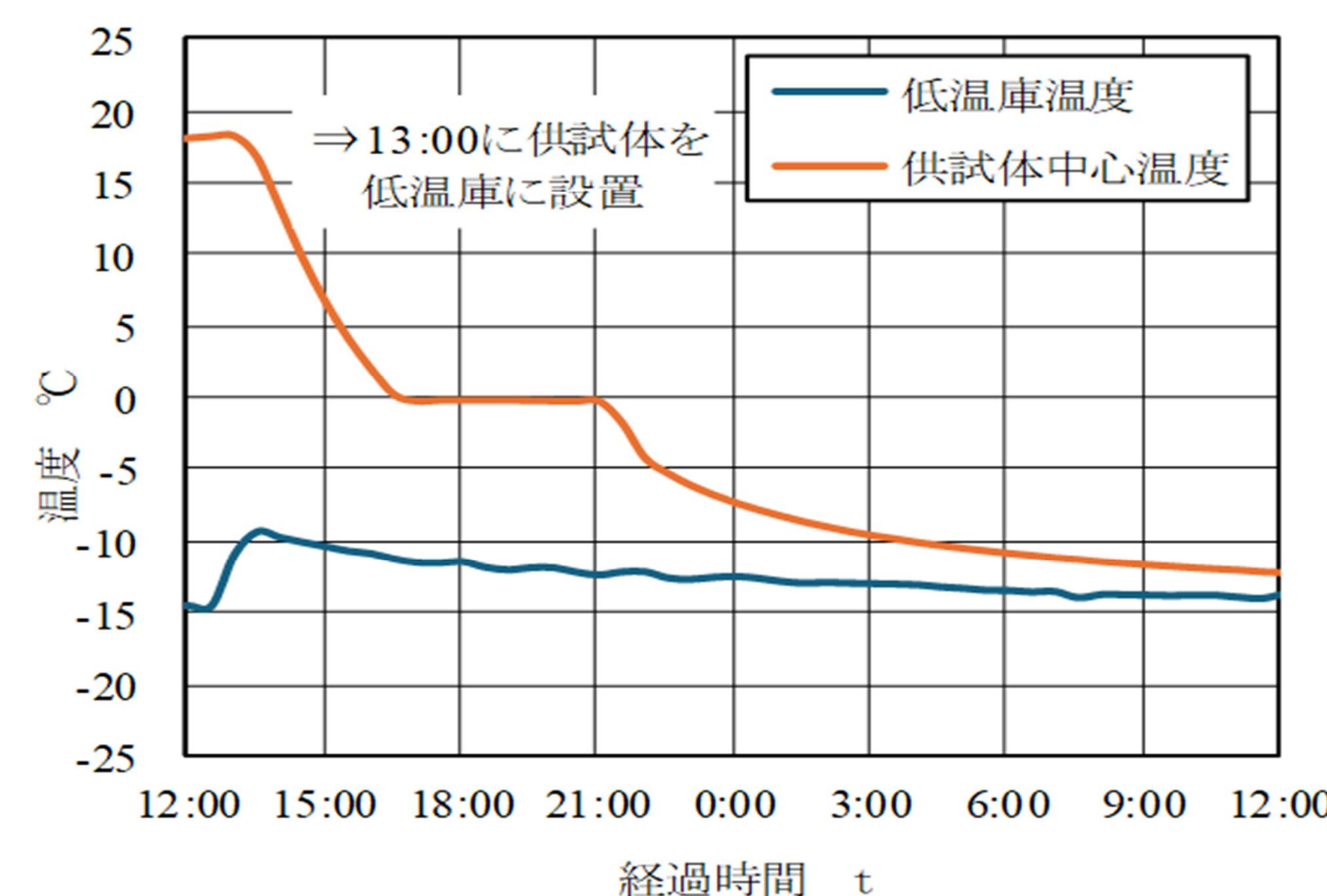


図-5 供試体中心と低温庫内温度推移

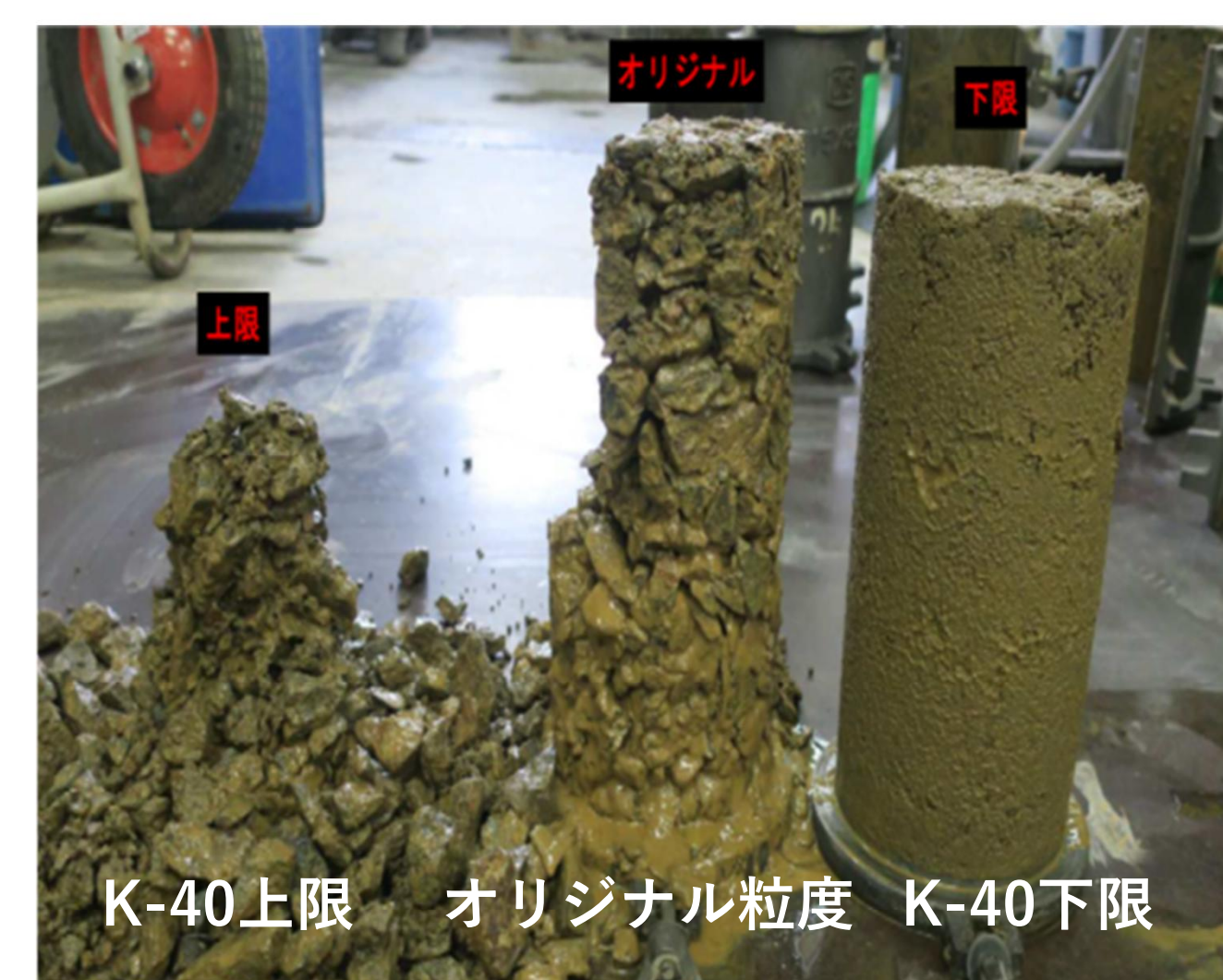


写真-8 凍結前自立状況

6.2 実験結果



写真-9 凍結後の各供試体の状況

写真-9に凍結後の供試体状況を、図-6には一軸圧縮試験の応力-ひずみ関係を示します。

<一軸圧縮強度>

- ・K-40上限粒度: $q_u=2.5\sim3.2\text{MN/m}^2$
- ・オリジナル粒度: $q_u=5.7\sim6.7\text{MN/m}^2$
- ・k-40下限粒度: $q_u=6.1\sim7.3\text{MN/m}^2$



軟岩の目安: 1.0MN/m^2 以上

-15°C で凍結すると軟岩相当の強度を有している。

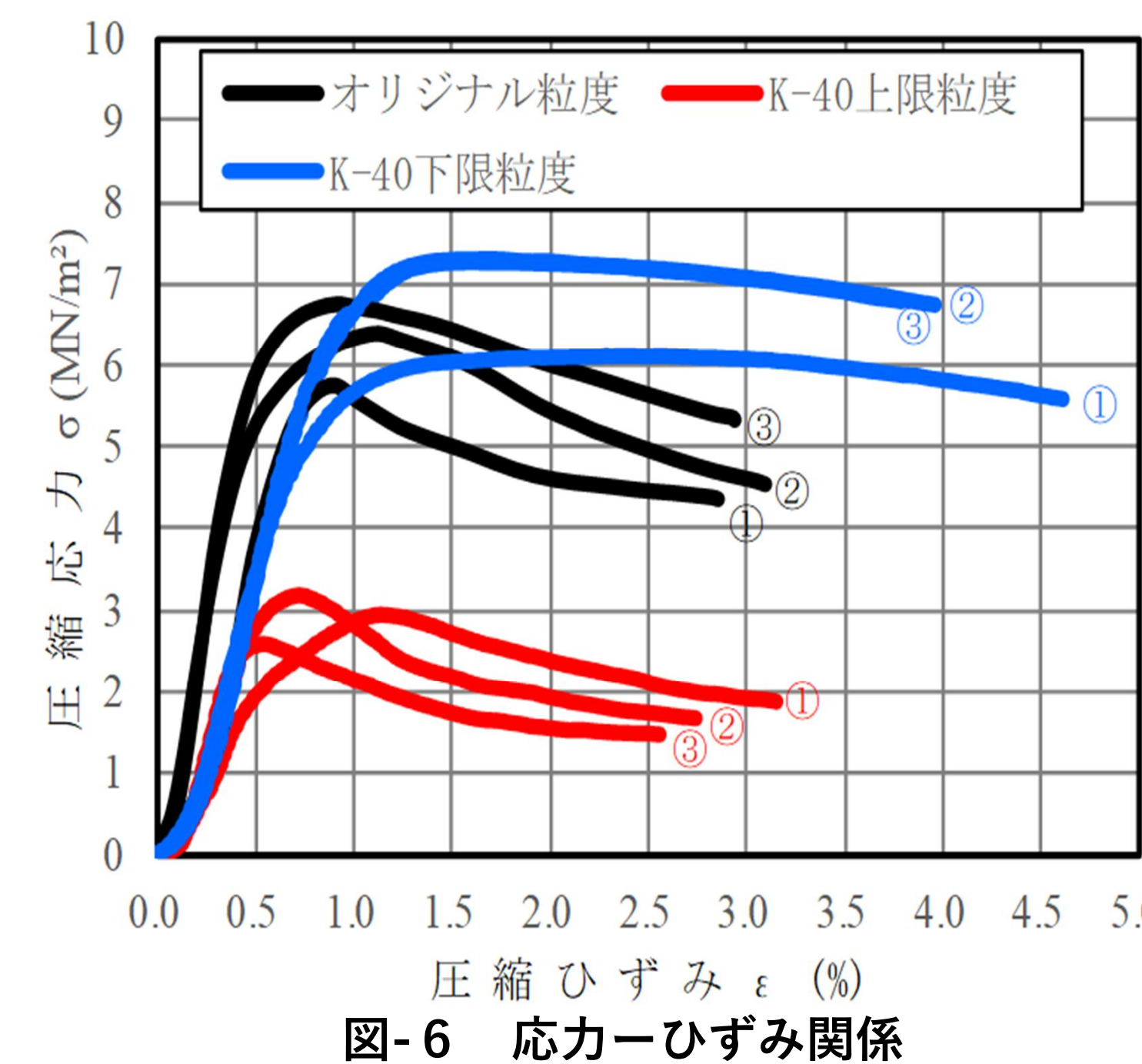


図-6 応力-ひずみ関係

7 まとめと今後の展望

*施工能力および一軸圧縮試験等の実験結果

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

*今後の展望

定量的な評価指標の確立を目指す

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を検討**する。