

## 凍上対策のための断熱材を施したグラウンドアンカーの冬期試験

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○山木 正彦、林 宏親、佐藤 厚子  
日特建設株式会社 正会員 池田 淳、非会員 飯塚 孝之  
日本基礎技術株式会社 正会員 中村 剛

## 1. はじめに

北海道のような寒冷地においては、グラウンドアンカー（以降、GA と称す）等ののり面安定構造物が地盤（のり面）の凍上により損傷する事例が確認される。本報では、凍上対策として断熱に着目し、GA に作用する凍上力の把握と、断熱による抑制効果を実物大試験により確認した。

## 2. 試験方法

## 2. 1 試験地盤

試験地盤の層構成を図1に示す。表層90cmは強い凍上性が認められる火山灰質粘性土（凍上速度  $U_f=0.78\text{mm/h}$ ）を締固め度99.8%で置換している。90cm以深は、石炭灰、軽石混じり火山灰、泥炭・腐植混じり土、火山灰と比較的軟らかい土質が続き、12m以深は比較的硬い土質となっている。この水平に造成した試験地盤に各種GAを鉛直方向に施工している。

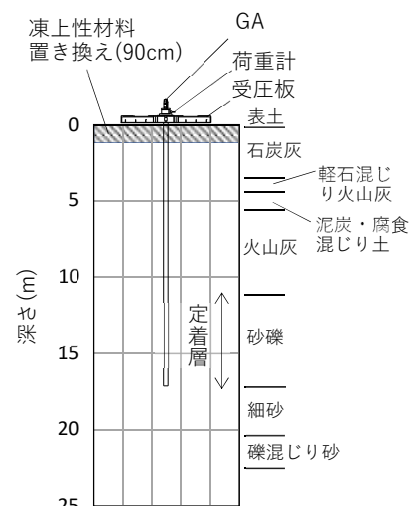


図1 試験地盤

## 2. 2 原位置気象条件

原位置の日平均気温(°C)と日平均気温の累積値(°C・days)および試験地盤の凍結深(mm)を図2に示す。

日平均気温は、近傍の道路テレメータデータと原位置において百葉箱内に格納した熱電対で計測した1時間毎の気温データから算出している。

凍結深は、試験地盤内において後述する間隔で深さ100cmまで埋設した熱電対により1時間毎に地中温度を計測し、その日平均温度を基に、温度勾配から0°Cの位置を推定し得ている。熱電対は地表面を含め深さ

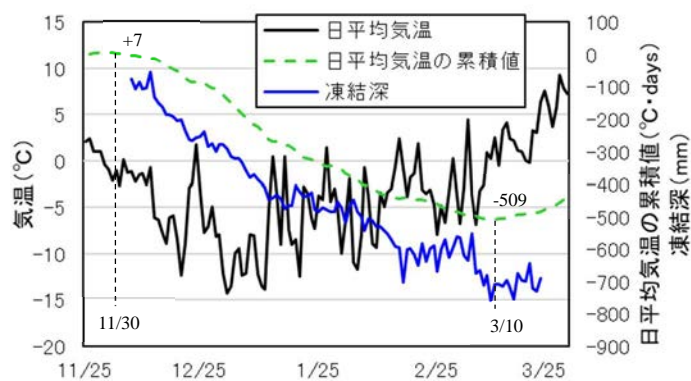


図2 原位置の気象条件等(2020/11~2021/3)

50cmまでは10cm毎に設置し、それ以深は100cmの深さに設置している。なお凍結深は、3月中旬以降地表から浅い位置では0°C以上を記録しているが、最も深い0°C線の位置として示している。

なお本期間における凍結指数は516°C・days程度(苫小牧市の20年確率凍結指数は410°C・days<sup>2)</sup>)であった。また、本調査範囲は適宜除雪を行い、積雪深は常時10cm以下の状態を維持している。

## 2. 3 グラウンドアンカー(GA)の設置条件と計測方法

表1、図3に各GAの諸元と対策手法の一覧およびその設置状況を示す。いずれのGAも鋼製の独立型受圧板である。GA-2~GA-4はXPS(押出法ポリスチレンフォーム)、FFU(強化プラスチック発泡体)を受圧板の下面に設置し、各々の凍上抑制効果を把握するケースである。FFUは過年度調査<sup>3)</sup>によりその断熱効果が確認された独立型受圧板の一種である。なおここで使用したXPSの厚さは5cm、FFUの厚さは6cmで、面積は同じ(240cm×240cm)である。GA-1はGA-2~GA-4と比較するための無対策のケースとなっている。

GAに作用する凍上力は、受圧板と支圧板の間に設置した荷重計により計測している。また受圧板直下(アンカー頭部から水平に30cmの距離)において、地表面から深さ50cmまで10cm間隔(地表面を含む)で地中温度の計

キーワード 凍上, 断熱, グラウンドアンカー, 実物大試験

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 (国研) 土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-1709

測を行い、各種断熱対策の効果を把握している。

### 3. 試験結果

図4に各GAの受圧板直下で測定した地中

温度から算出した原位置における凍結深の推移を、図5にGA受圧板に作用した荷重（以下、凍上力）の推移を示す。なおここでは熱電対の最深度は-50cmであるため、それ以深の凍結深は図示していない。なお明らかに異常と思われるデータは削除し使用している。

これらの結果より、対策を施したGA直下の凍結は抑制され、作用する凍上力が確実に低減されていることが確認できる。断熱性能としては、XPS（GA-2）が高く凍上力低減効果が高い。FFUも確実に効果が見られ、GA-3とGA-4で同程度の結果が得られた。受圧面積により凍上力は変化する<sup>4)</sup>

ことを考えると、今回の結果は、FFUと鋼製受圧板を組み合わせる場合はFFUの面積を受圧面積として扱えることを示唆している。

図6は各GAに作用した凍上力（推移荷重を初期定着荷重で除したものと凍結深の関係で整理したものである。凍結が進むにつれ凍上力が生じ、凍結深が-15cm程度までは全てのGAで同一の動き（図の左上方に向かう動き）をしていることがわかる。このことは、凍上力と凍結深はユニークな関係にあることを示しており、凍結深の抑制がそのまま凍上力の抑制に繋がることを示している。凍結深が-15cm以深となるとGA-2が、凍結深が-20cm以深になるとGA-3とGA-4が寝始め（図の左下方に向かう動き）、凍結深は進行しているが凍上力の発生が弱まっている動きである。これは凍結深のピーク時期と凍上力のピーク時期が異なる（図4、5参照）ことと関係があると思われるが、原位置の水の影響（凍上は水の供給がなければ発生しないため）や表層地盤の融解の影響を含め、さらなる検討が必要と考える。

**参考文献** 1) 社団法人地盤工学会北海道支部 凍上対策工の調査・設計法に関する研究委員会：斜面の凍上対策の調査・設計マニュアル（案）、2016. 2) 社団法人日本道路協会：道路土工要綱、pp.377-387、2009. 3) 山木正彦、佐藤厚子、畠山乃、池田淳、飯塚孝之、中村剛：グラウンドアンカーの凍上対策に関する試験施工、令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会講演概要集、III-304、2020. 4) 池田淳、飯塚孝之、山木正彦、畠山乃、中村剛：グラウンドアンカーに作用する凍上力のフィールド実験、第55回地盤工学研究発表会、23-10-2-01、2020.

表1 グラウンドアンカー（GA）の諸元等

GA	アンカー仕様	降伏引張力 (kN)	極限引張力 (kN)	定着荷重 (kN)	見かけ自由長 (m)	定着長 (m)	受圧面積 (m <sup>2</sup> )	凍上抑制対策		備考
								受圧板下面		
1	多重PC鋼より線7本よりφ9.5×7	608	714	220	18.71	6.00	5.37	無対策		凍上抑制効果検証
2								XPS(厚さ5cm) (≒受圧面積)		
3								FFU(厚さ6cm) (≒受圧面積+α)		
4								FFU(厚さ6cm) (≒受圧面積)		

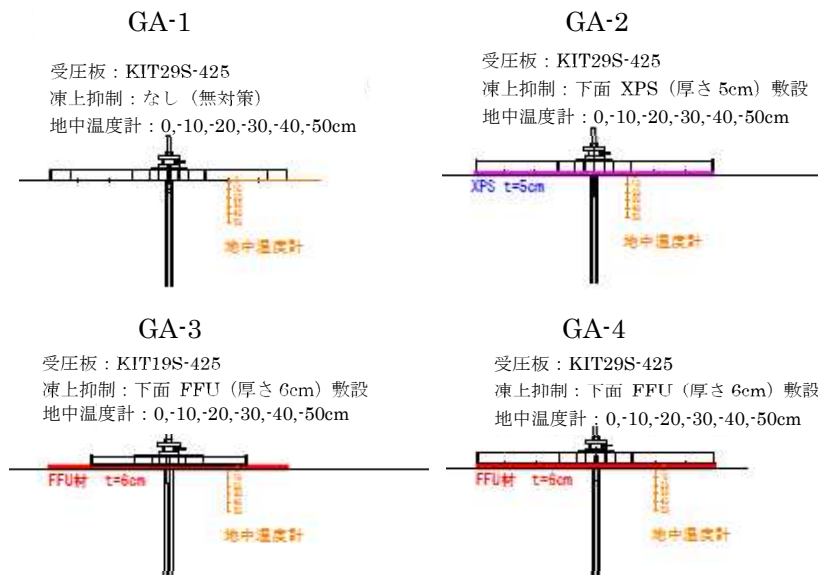


図3 各種グラウンドアンカー（GA）の諸条件

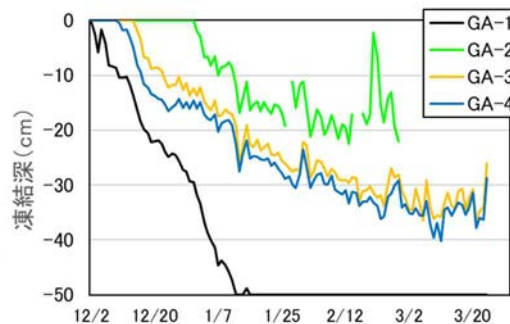


図4 各グラウンドアンカー(GA)直下の凍結深推移

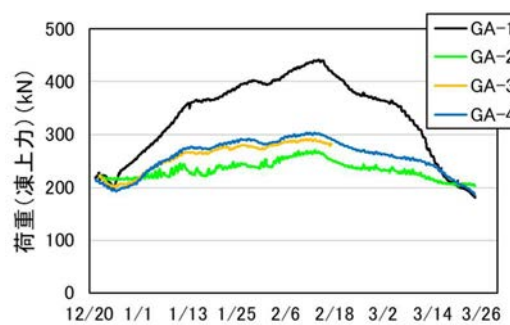


図5 各グラウンドアンカー(GA)の凍上力推移

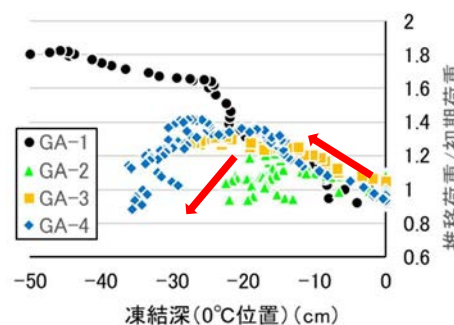


図6 各グラウンドアンカー(GA)の荷重と凍結深