

グラウンドアンカー工および地山補強土工に作用する凍上力のフィールド実験

日特建設株式会社

(正) ○池田 淳、飯塚 孝之

日本基礎技術株式会社

(正) 中村 剛、三浦 史也

土木研究所寒地土木研究所

(正) 佐藤 厚子、(正) 畠山 乃

1. はじめに

グラウンドアンカー（以下 GA）工および切土補強土（以下 RB）工は、斜面安定や地すべり対策等として全国で採用されている。北海道等の積雪寒冷地域においても同様に用いられているが、背面地盤の凍上が原因と思われる変状・損傷や受圧構造物の破損などにより機能が低下することが問題視され、維持管理上の課題となっている。¹⁾

これまで凍上による影響を評価することを目的として、既設の GA 工および RB 工に荷重計・変位計・地中温度計、地盤の凍結深度計等の設置を行い、現象のデータ化とメカニズムの把握に努めてきた。²⁾

しかし、設置形態や気象条件等に左右され、明確な現象を確認するまでに至っていない。そのため、凍上によって GA 工や RB 工に影響を及ぼすことはわかっているが、この対策技術が確立されていないのが現状である。

そこで、凍上する条件を加味して造成した模擬地盤に実際の GA 工および RB 工を施工した試験体を越冬させ、荷重や変位および温度データを採取することで、凍上に起因する損傷のメカニズムを把握し、凍上対策技術を検討することを目的としたフィールド実験を行った。

2. 試験方法

凍上は気温、土質、水の 3 要素がある条件を満たしたときに起こる現象であり、試験施工では凍上しやすい環境であることが必要となる。そこで試験場所として積雪量が少なく、冬期の平均気温はマイナス 10℃程度、最低気温はマイナス 20℃になる北海道苫小牧市の寒地土木研究所試験フィールドを選定した。

試験地盤は、事前にボーリング調査を行った。図-1 に施工箇所の柱状図を示す。表層の 90cm を表-1 に示す基本物性値を有する凍上性の高い材料（自然含水比が 48.7%、凍上速度が 0.78mm/h）に置き換えた。GA に作用する凍上の影響を評価するため、自由長、鋼線断面積、定着荷重、受圧面積を変えて、表-2 および図-3 に示した GA・RB 及び受圧板の諸元で試験施工を行った。

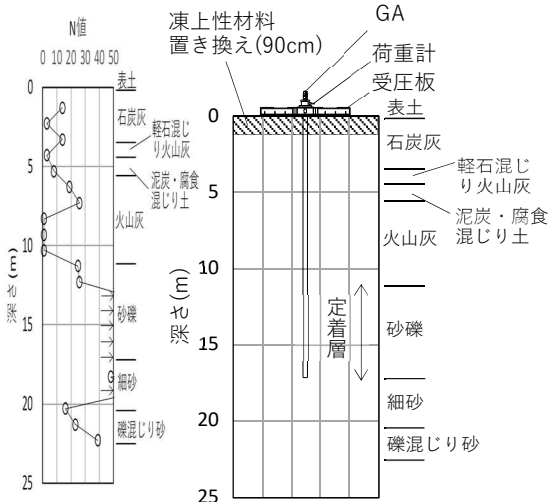


図-1 柱状図 図-2 試験施工概要

表-2 GA の諸元

った。

表-1 凍上性材料の基本物性

自然含水比 w_n (%)		48.7
凍上性	凍上速度 U_h (mm/h)	0.78
	締固め度 D_c (%)	94.6
地盤材料の分類記号		SFG
締め固め特性	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.125
	最適含水比 w_{opt} (%)	42.9
トラフィカビリティ	コーン指数 q_u (kN/m ²)	667
	締固め度 D_c (%)	96.9

	タイプ	定着荷重 (kN)	許容荷重(kN)			見かけ自由長 (m)	定着長 (m)	受圧面積 (m ²)
			0.6Tus	0.9Tys	0.9Tys			
			(JIS)	(JIS)	(試験表)			
GA1	PC網より線 φ15.2×1	70	156.6	199.8	227	7.00	10.00	3.13
GA2						14.00	4.00	
GA3	多重PC網より線 7本よりφ9.5×7	70	428.4	547.2	648	18.85	6.00	5.62
GA4		235						
GA5		400						
GA6						18.71		

Tus：引張荷重 Tys：降伏荷重

Tus : 引張荷重 Tys : 降伏荷重

GA は引張型クサビナット定着方式(φ15.2mm×1 本)と圧縮型ナット定着方式(φ9.5mm×7 本)とした。GA1 と GA2 は自由長、GA3、GA4、GA5 は定着荷重、GA5、GA6 は受圧面積を試験パラメータとして試験体を選定した。

キーワード グラウンドアンカー工, 地山補強土工, 凍上

連絡先 〒004-0041 北海道札幌市厚別区大谷地東 4 丁目 2 番 20 号 日特建設(株)札幌支店 TEL 011-801-3611

それぞれのアンカーにセンターホール型荷重計を設置し、受圧板に作用する荷重を測定することで凍上力を評価する。一般的にアンカー受圧板は、アンカー配置間隔、地盤支持力（地耐力）と荷重によりサイズ（面積）が決まるが、本試験施工では受圧面積の違いによる凍上力の影響を調べるため、異なるサイズの受圧板を使用した。

表-3 RB の諸元

	タイプ	定着荷重 (kN)	鋼材の許容荷重 (短期)(kN)	補強材の長 (m)	受圧板面積 (m^2)
RB1	SD345 - D25	20	137	7	0.16
RB2				5	
RB3				7	0.1
RB4				5	

地山の温度分布及び凍結状況を把握するため、地表面から 10cm 間隔で地中温度センサーを設置し計測した。

荷重と温度は 1 時間ごとの自動計測とした。RB についても、補強材の長さ、受圧面積を変え試験施工を行った。試験体は図-2 に示した配置で地盤に垂直に施工した。また、凍上による隣接アンカーにおよぼす影響を考量し図-3 に示す通りに平面配置した。

施工は試験体の打設完了後、養生期間を経て、緊張定着作業までを地域の平均気温を考慮し、凍上、凍結が始まる 12 月上旬までに完了する計画とした。しかし、想定外の暖気による降雨により試験地盤の地耐力が低くなり、緊張定着後に荷重が低下すること懸念された。そのため地盤の締固め効果を期待して仮緊張を行うとともに、外気温度が低下するまでの期間を設けたのち、当初計画した荷重を導入する本緊張作業を行った。

3. 試験結果

一般的に凍上に関する試験は 11/1 から翌年の 4/30 まで計測を行い評価する。現在、計測中ではあるが、計測結果を見るとそれぞれの条件により荷重に違いが確認されている。

図-4 に 1 時間毎の気温、図-5 に日平均気温の積算値を示す。また、図-6 に、地中温度より推定した凍結深さと測定された GA-3 の荷重を例示する。

日平均気温の積算値がマイナスとなる 12 月末から凍上力が作用し、受圧板に作用する荷重が大きくなっている。

常時の最大荷重 (0.6Tus) を大幅に上回る荷重が受圧板に作用するケースも確認された (図-6) が、今回は試験であるため、鋼線の降伏荷重 Tys (試験表値) に着目し、その 0.9 倍を荷重の上限としている。

現段階での凍上による荷重上昇は、その値以下で推移している。

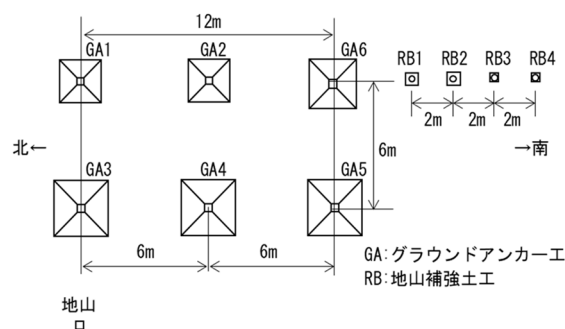


図-3 GA および RB 施工配置

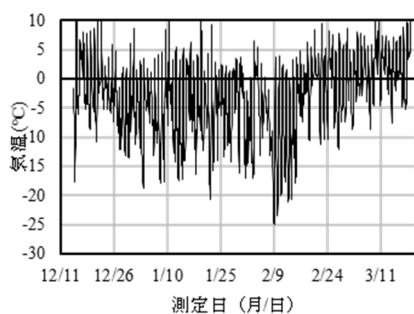


図-4 気温(1時間毎)

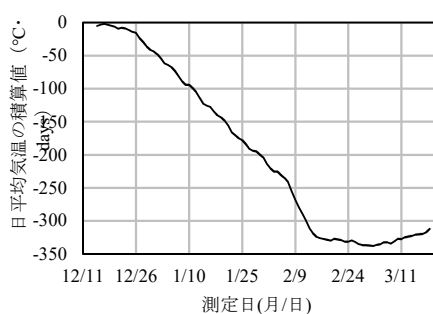


図-5 日平均気温の積算値

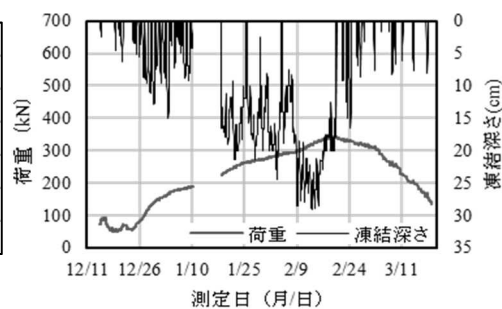


図-6 凍結深さ・荷重推移

4. まとめ

凍上性の地盤において、GA および RB を試験施工した。地盤の凍上により荷重の増減が確認され、アンカー等に作用することが確認された。計測は引き続き実施し地山融解時の荷重の増減を含め、凍上によるアンカーへ及ぼす影響を検証するとともに、凍上力の抑制対策を検討・検証する予定である。

参考文献

- 1) 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) 佐藤厚子、畠山乃、野上敦、安達隆征：グラウンドアンカー工および地山補強土工に作用する凍上力の測定例、地盤工学会北海道支部技術報告集第 59 号、2019