

地山補強土工の耐凍上性に関する実物大試験

日特建設株式会社 正会員 ○池田 淳、非会員 飯塚 孝之
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 林 宏親、御厩敷 公平
 宮坂建設工業株式会社 非会員 林 啓二
 株式会社ドーコン 非会員 島崎 将司

1. はじめに

北海道のような寒冷地における切土のり面においては、湧水対策や凍上・凍結融解対策が必要な場合のり面保護工には特殊ふとんかご工(厚さ 25cm の礫材を中詰材としたかご工)を採用している例が多い。この特殊ふとんかご工については、のり勾配が 1:1.2~1:1.5 の緩勾配で施工されることになるため、日射や風、積雪条件によっては、表面に積もる雪の断熱効果が期待できることもあるが、それを設計時に取り入れることは困難である。このため凍上・凍結融解による被災箇所の補修対策に断熱ふとんかご工(特殊ふとんかご+断熱材+排水材)を用いた対策を実施している事例も増加してきている。この断熱ふとんかご工の構造をワンパックにして、クレーンで吊り上げて施工できるようにしたのが「ワンパック断熱ふとんかご工」^{1),2)}で、予め平場でかご内に排水材・断熱材・中詰材を詰め込んで金網で蓋をしたものを作製しておき、クレーン等で直接のり面に設置できるようにして、機能性を維持しながら、施工性と安全性を向上させた工法である。一方、のり面の抑止工として一般的に用いられる地山補強土工においても寒冷地における凍上現象により頭部定着部材の角座金に変形する事例が多々あり、特に地山の凍上量が大きい箇所においては、補強材の頭部で破断した事例も報告されている。

本論文は、地山補強土工にワンパック断熱ふとんかごを併用した凍上対策工の効果を検証したフィールド試験結果を報告するものである。

2. 試験施工フィールドの条件

(1) 試験地盤

試験地盤は、図-1 に示す地盤の表層 90cm を凍上速度 $U_h \geq 0.3\text{mm/h}$ の凍上性の高い火山灰質粘性土($U_h=0.78\text{mm/h}$)に置き換え、それを締固め度 $D_c=90.6\%$ で造成した寒地土木研究所の苫小牧試験施工フィールドである。

(2) 原位置の気象条件

試験は 2021 年度および 2022 年度の 12~3 月までの冬期間の 2 シーズンであるが、今シーズン(2022 年度)については 3/7 までの計測値とした。図-2 に各シーズンの日平均気温($^{\circ}\text{C}$)とその累計($^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$)の推移を示す。この日平均気温の累積値から求められる凍結指数(F)は、それぞれ 2021 年度が $F=524^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}(519.5+5)$ 、2022 年度が $F=535^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}(535.2+0)$ で同程度の寒さであったといえる。

3. 受圧板の諸元と設置方法

試験は 3 ケースの受圧板に作用する凍結土圧を荷重計で計測した。図-3 に頭部定着部材設置断面と図

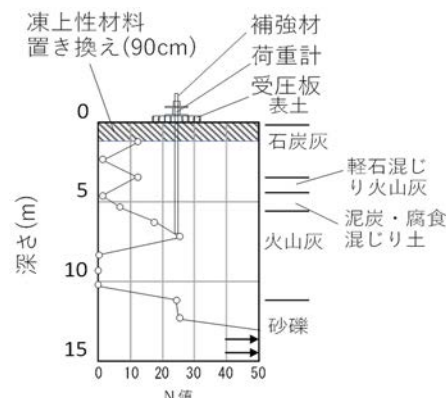


図-1 試験地盤

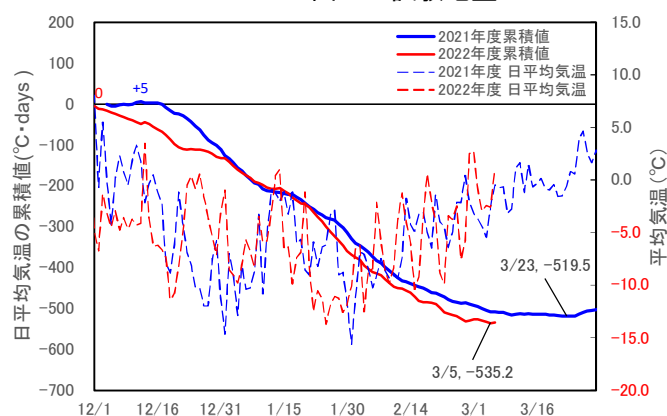


図-2 原位置の気象条件

キーワード 地山補強土工、ワンパック断熱ふとんかご、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 TEL011-801-3611

-4 に各試験ケースを示す。補強材は、水平に造成した試験地盤に鉛直方向に施工した。ふとんかごは、1.00m×1.00m、 $t=0.30\text{m}$ のものを使用し、かご内部底面に断熱材として厚さ $t=5\text{cm}$ のXPS(押出法ポリスチレンフォーム)を敷設し、その上に碎石($t=25\text{cm}$)を詰めた構造とし、CASE-1 はふとんかご表面上に、受圧板、角座金、荷重計、角座金の順にセットし、ナットにより補強材を固定した。CASE-2 は XPS の中央部を受圧板の形状でくり抜き、その中に CASE-1 と同じ頭部定着部材を地盤の上に設置し、そこに $\phi 250$ の中抜き管を被せ、周囲に碎石を詰めた。CASE-3 は無対策との比較のためにふとんかごを使用せず、地盤の上に直接頭部定着部材を設置した。各ケースとも初期荷重は 10kN とし、補強材頭部に作用する荷重は、受圧板と支圧板の間に設置した荷重計により計測した。

4. 試験結果と考察

図-5 に補強材頭部に作用した荷重(凍結土圧)の推移を示し、表-1 に計測期間中の最大荷重と平均荷重を示す。これらより、各ケースの最大荷重は無対策の CASE-3 が最も大きく、次いで断熱材を敷設した CASE-1、CASE-2 の順となり、その平均荷重も同じ傾向となっており、XPS を内包した断熱ふとんかごの凍上対策効果が確認されている。このうち CASE-2 については最大荷重、平均荷重共に CASE-3(無対策)の 40%以下の荷重となり、より大きな対策効果が得られている。この断熱材を内包した CASE-2 については、同構造の CASE-1 に比べて、荷重が大きく低減する傾向を示した。これは、CASE-2 の受圧板をふとんかごの下面に位置することで、試験体の周辺地盤から断熱材の外縁部に作用する凍上力が補強材にほとんど作用しない状態となるためと考えられる。一方、当該2シーズンの凍結指数はほぼ同程度の寒さであったが、補強材頭部に作用した荷重は 2022 年度より 2021 年度の方が大きくなる傾向を示している。これは、モデル地盤が地下水の影響しない閉式凍上であったため、凍結前の初期含水比の違いが凍結過程の相違となったと考えられる。

5. おわりに

のり面での施工性に優れ、凍上抑制機能を有する「ワンパック断熱ふとんかご」を併用することで、これまで耐凍上性に問題のあった地山補強土工法が、のり面での凍上対策として大きな効果が期待できることが確認できた。今後現場試験施工等により効果を検証したい。

【参考文献】 1) 島崎・松田・林(啓)・山木・中村:のり面凍上対策のためのワンパック断熱フトン籠の試験施工,地盤工学会北海道支部技術報告集第 61 号,pp.27-32,2021.2. 2) 御厩敷,林(宏),佐藤:断熱による切土のり面の凍上・凍結融解対策に関する検討,地盤工学会北海道支部技術報告集第 63 号,pp.171~176,2023.1.

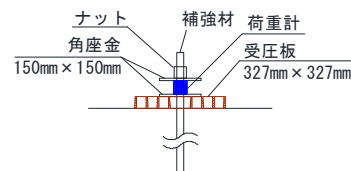


図-3 頭部定着部材設置断面

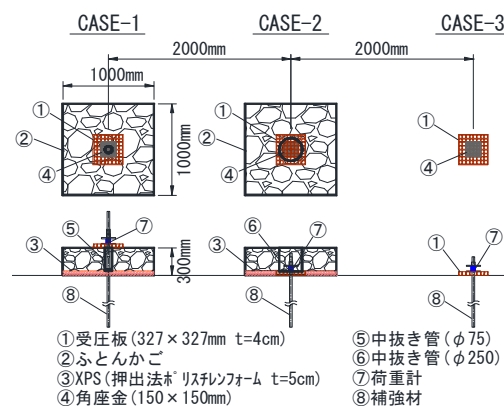


図-4 試験ケース

表-1 最大荷重と平均荷重

年度	荷重	CASE-1	CASE-2	CASE-3
2021	最大	65.7 2月12日	36.6 2月12日	94.8 2月2日
	平均	25.0	15.7	40.9
2022	最大	33.2 2月17日	19.8 2月11日	50.5 1月30日
	平均	14.5	9.9	20.5

平均荷重は測定期間を揃えるため12/9~3/7の平均とした

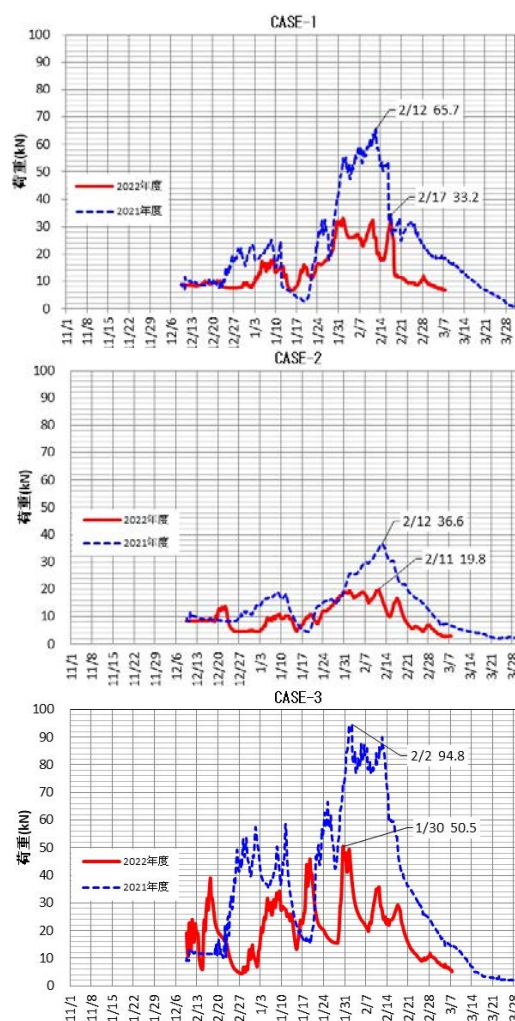


図-5 荷重の推移