

寒冷地域における斜面安定対策工の凍上対策に関する考察

(株)北海道技術コンサルタント 神原 孝義, ○岩倉 徹
 日鐵住金建材(株) 岩佐 直人, 池田 武穂,
 Nghiem Minh Quang
 (財)林業土木施設研究所 野田 龍

1. はじめに

凍上現象とは、地盤が凍結する時に地中にアイスレンズ(氷の層)が形成され、アイスレンズの厚さの分だけ地面が持ち上がる現象である(図1参照)。北海道等の寒冷地域では凍上現象はあらゆる地域で発生し、構造物の浮き上り、融解期の地盤脆弱化による斜面崩壊等、様々な被害を及ぼしている。急傾斜地の斜面安定対策工も凍上により被害を受けているが、具体的な対策はほとんど行なわれていない。また自然斜面における斜面安定対策工の凍上に関する研究例も少なく、対策を図る上での基礎となるデータ自体が少ないのが現状である。

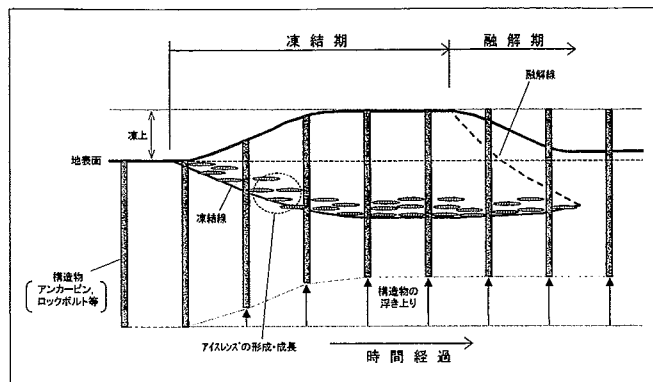


図1 構造物の凍上の概念図

筆者らはこれまで、自然斜面における斜面安定構造物に対する凍上の影響を評価するために、構造物の凍上による変位量、構造物に作用する凍上力等の計測を行い、対策工法について検討を行ってきた^{1), 2)}。しかし、凍上による構造物の被害を防止するためには、計画・設計段階において対象斜面の凍上性を判別し、適切な工種の選定を行うことが重要である。そこで本研究では、凍上により被害が発生する恐れが高い斜面を、室内凍上試験により判別する方法について考察を行う。

2. 調査・試験概要

北海道内の7箇所斜面において採取した8試料について、室内凍上試験を実施した。調査地の位置を図1に示す。網走地区A・Bは同一斜面の中位と下位を表す。網走地区Aと根室地区は、それぞれプレキャストコンクリート法枠工と軽量法枠工が凍上により変状している(アンカーピンの引抜け、法枠の破損)。網走地区A、帯広地区、函館地区は、鉄筋挿入補強土工の補強材の引抜けが観測されている。網走地区B、留萌地区、日高地区、札幌地区は、プレキャストコンクリート法枠工及び鉄筋挿入補強土工の変状は認められない。

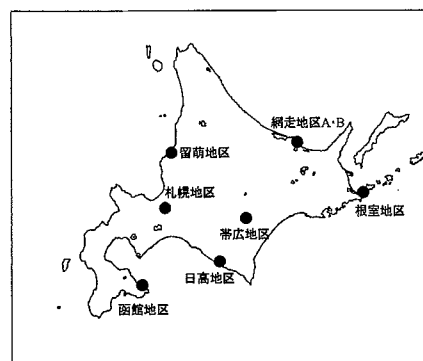


図2 調査地位置図

凍上試験は、地盤工学会制定「凍上性判定のための土の凍上試験方法(JGS 0172-2003)」に基づいて実施した。この試験では“凍上速度”(単位時間当りの凍上量)により土の凍上性を判別するものである。本試験では最適含水比に調整した土砂を用いてφ=10cm、h=5cmの供試体を作成し、凍結速度1.0mm/h～2.0mm/hの範囲で下部より供試体を凍結させ、上部より吸排水を行った。

3. 試験結果

表1に各調査地の土の物理的指標、凍上試験結果及び構造物の凍上による変状状況を示す。また、凍上試験後の供試体の状況(網走地区A及び網走地区B)を写真2に示す。網走地区Aの供試体には多数のアイスレンズが形成されており、凍上量は33.2mmとなった。一方、網走地区Bの供試体にはアイスレンズの形成は認められず、凍上量は2.4mmであった。

図3に土の細粒分含有率(0.075mm以下の割合)と凍上速度の関係を示す。

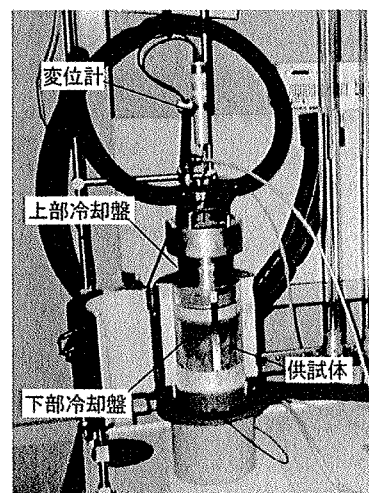


写真1 凍上試験装置

表1 各調査地における土の物理的指標、凍上試験結果及び構造物の状況

項 目		試 料 名							
		函館地区	日高地区	札幌地区	留萌地区	帯広地区	網走地区A	網走地区B	根室地区
粒 度	礫 分 (2~75mm)	%	20.3	19.7	22.2	4.5	1.0	0.0	28.4
	砂 分 (0.075~2mm)	%	51.2	45.9	29.5	21.9	46.8	34.1	45.8
	シルト分 (0.005~0.075mm)	%	20.6	25.2	39.0	41.0	43.0	35.0	20.6
	粘土分 (0.005mm未満)	%	7.9	9.2	9.3	32.6	9.2	30.9	5.2
	細粒分 (0.075mm以下)	%	28.5	34.4	48.3	73.6	52.2	65.9	25.8
	土粒子の密度	g/cm ³	2.622	2.552	2.582	2.699	2.364	2.613	2.559
	分 類		有機質 残質砂	火山灰質 残質砂	火山灰質 残質砂	砂質粘土 (高粘性限界)	砂質有機質 火山灰土	砂質火山灰質 粘性土	残土り 火山灰質 残質砂
締 固 め	最大乾燥密度	g/cm ³	1.181	1.389	1.303	1.452	0.862	1.004	1.095
	最適含水比	%	36.1	29.8	30.7	28.4	59.8	53.6	39.4
	凍上速度	mm/h	20.1	21	15.7	17.2	68.3	66.6	4.6
凍 上 試 験	下部冷却盤冷却速度	℃/h	0.2	0.1	0.08	0.1	0.2	0.4	0.06
	凍結速度	mm/h	1.65	1.4	1.17	1.74	1.15	1.63	1.35
	凍結前供試体高さ	mm	51.9	50.2	50.31	50.27	50.6	50	49.8
	凍結後供試体高さ	mm	62.35	60.74	58.2	58.91	85.2	83.2	61.05
	凍上速度	mm/h	0.58	0.4	0.27	0.39	1.04	1.55	0.11
	凍結融率	%	20.1	21	15.7	17.2	68.3	66.6	4.6
	凍上速度	mm/h	20.1	21	15.7	17.2	68.3	66.6	4.6
斜面構造物		鉄筋挿入 補強土工	鉄筋挿入 補強土工	鉄筋挿入 補強土工	鉄筋挿入 補強土工	鉄筋挿入 補強土工	プレキャストコンクリート 法枠工、鉄筋挿入 補強土工(試験後)	プレキャストコンクリート 法枠工	軽量法枠工
構造物の状況		一部の補強材の 引抜け	凍上の影響無し	凍上の影響無し	凍上の影響無し	補強材の引抜け	法枠工の破損(アンカー ピン)の引抜け、 補強材の引抜け	凍上の影響無し	法枠工の破損(アンカー ピン)の引抜け

図中には表1に示す試料の凍上試験結果に加えて、地盤工学会基準・同解説Ⅶ(2003年度版)に示された凍上性判定試験測定例(図中○, ⊗, ⊙)も合わせて示す。細粒分含有率と凍上速度の関係は、概ね細粒分含有率が多いほど凍上速度が大きい傾向が認められる。しかし、細粒分含有率が同程度であっても凍上速度は様々な値となっている。例えば札幌地区と帯広地区を比較すると、細粒分含有率は同程度であるが、凍上速度には大きな差がある。この結果は、細粒分含有率のみでは土の凍上性を十分に判別できないことを示唆している。一方凍上速度(Uh)に着目すると、鉄筋挿入補強土工(図中□と■)は、凍上による変状が認められた地区(網走地区A、帯広地区、函館地区)は $Uh \geq 0.5 \text{ mm/h}$ に分布しており、変状が認められなかった地区(日高地区、留萌地区、札幌地区)は $Uh \leq 0.5 \text{ mm/h}$ に分布している。このことは鉄筋挿入補強土工が地盤の凍上の影響を受ける区切り値が $Uh = 0.5 \text{ mm/h}$ 付近であることを示唆しており、この区切り値を利用することによって、鉄筋挿入補強土工設置後の変状発生の有無が判別可能になると考えられる。なお法枠工については、根室地区(図中◆, $Uh = 0.47 \text{ mm/h}$)と網走地区B(図中◇, $Uh = 0.11 \text{ mm/h}$)の間に区切り値があると考えられる。今後のデータの蓄積により、適切な区切り値設定が可能になると考える。

4. まとめと今後の課題

凍上試験により求められる凍上速度によって、構造物毎に凍上の影響の有無を表す区切り値の設定が可能であることが示された。本研究では鉄筋挿入補強土工が中心であるが、他の構造物(法枠工等)についても凍上速度や現地の構造物の変状状況に関するデータを蓄積し、適切な区切り値を設定することにより凍上による被害軽減が可能になると考える。

参考文献

- 1) 井上ら(2003): 寒冷地域の自然斜面における鉄筋挿入工法の凍上現象とその影響, 平成15年度砂防学会研究発表会概要集,
- 2) 神原ら(2004): 寒冷地域の自然斜面における鉄筋挿入工法の凍上現象とその影響(2), 平成16年度砂防学会研究発表会概要集

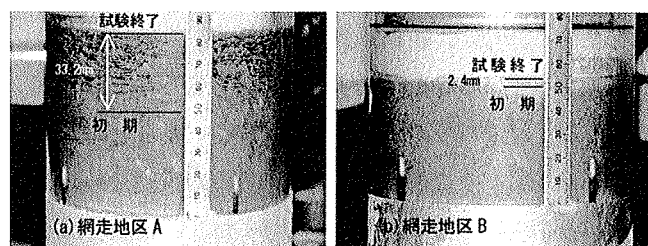


写真2 凍上試験終了後の供試体の状況
(左: 網走地区A 右: 網走地区B)

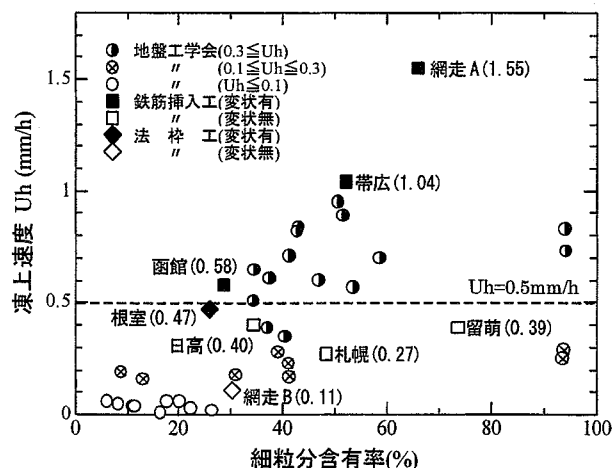


図3 土の細粒分含有率と凍上速度の関係