

III-401

ジオテキスタイルの凍上抑制効果

日本道路公団試験所 正会員 伊藤 譲

日本道路公団試験所

若槻 良行

1. はじめに

道路の凍上対策は、現在、置換工法が主体であるが、近年、良質の置換材料の不足が問題となっている。そのため現地発生土を利用したより経済的な凍上対策工法が望まれている。一般に、凍上は土質、温度、水分の3条件が同時に満足したときに発生する現象であり、これらの条件のうち1つ以上を取り除けば発生しない。例えば、非凍上性材料による置換は、土質条件を改良したものであり、発泡スチロールを用いた断熱工法は、温度条件を取り除いている。水分条件については、かつて遮水工法が施工されたが、施工時の降雨の処理等に問題があった。今回報告するジオテキスタイルによる遮水工法は、不織布を用いたものであり、以前試みられた遮水シートとは異なり、浸透水は自由に下方または水平方向に通過させるが、凍上時に凍結フリンジへと吸い寄せられる移動水を遮断するものである。

2. 実験方法

今回の実験で使用したジオテキスタイルは、スパンボンド法により製造された不織布で、通常は盛土や軟弱地盤の排水や補強に使用されている。実験には、表-1に示すように、同一種類の不織布で、厚みを $t=2, 4, 7$ mmと変えてその効果を比較した。試料土として、表-2に示す凍上特性の異なる2種類の土（以下「混合土」、「苦小牧土」）を用いた。試料は内径150mmの亚克力モールドに2.5法56回×6.6層で長さ275mmの試料を突固め、途中4層目（供試体上端から約16.6cmの位置）に不織布を敷設した。試料下端から4cm水浸させ、室温で4日間吸水養生後、凍上試験機内で上室・下室共 $+1^{\circ}\text{C}$ で24時間放置し、供試体内温度分布を均一にした。その後上室 -4°C 、下室 $+3^{\circ}\text{C}$ の冷却条件で10日間凍上実験（図-1）を行い、凍上量および供試体内温度分布の経時変化を測定した。また、凍上実験前後における供試体の含水比分布を調べた。

3. 結果と考察

3.1 凍上量の経時変化

凍上量の経時変化を図-2(a), (b)に示す。混合土では凍結してもすぐには凍上せず、70時間前後から凍上が始まった。これは、土自体の保有する水分が凍結している間は凍上せず、凍結フリンジの吸水力により不織布層下から定常的に吸水するようになってから、凍上が連続的に発生したためと考えられる。凍上速度は、 $t=2$ mmでは無処理と差がなく、層厚が $t=4, 7$ mmと大きくなるに従い低下する傾向にある。

苦小牧土では、不織布を敷設したものは100時間前後で凍上速度が0となり、凍上が完全に抑制された。これは、不織布層より凍土側の土自体の保有する水分

表-1 不織布の物性値

	単位	$t=2\text{mm}$	$t=4\text{mm}$	$t=7\text{mm}$
重さ	g/m^2	200 ± 20	400 ± 40	800 ± 80
透水係数 水平	cm/sec	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}
垂直	cm/sec	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}

表-2 試料土の物性値

	混合土	苦小牧土
比重	2.653	2.620
粒度 レキ	0%	7%
砂	73%	63%
シルト	13%	21%
粘土	14%	9%
強熱減量	3.35%	3.37%

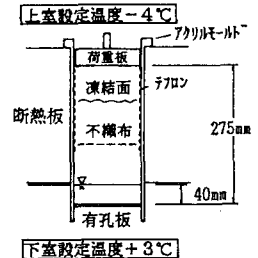


図-1 凍上実験条件

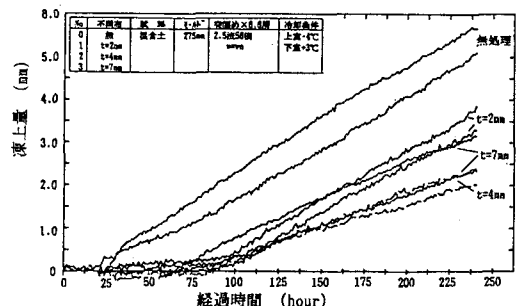


図-2(a) 凍上量の経時変化（混合土）

のみによる凍上が完了したことを示している。しかし、 $t=2, 4\text{mm}$ では、200時間付近から凍上の再発現が見られる。これは、不織布層を通過してきた水分による凍上が始まったためと考えられる。また、 $t=7\text{mm}$ ではこの時点で凍上が発生していないことから、不織布は層厚が大きい方が有利と考えられる。

3.2 凍上前後の供試体の含水比変化

含水比分布の変化を図-3 (a)・(b)に示す。混合土では、凍上試験直前の含水比は、不織布の有無で差がなかった。これは、突固め時にすでに平衡含水比に達していたためと考えられる。苫小牧土では、不織布が毛管上昇をよく遮断している。この凍上試験直前の含水比の違いも図-2(b)の凍上量に影響を与えているため、今後確認する必要がある。凍上実験後は、混合土では、不織布の有無に係わらず凍結面直下の含水比が低下し、この傾向は、不織布を敷設した場合の方が顕著である。これは、不織布層直上の未凍土では、凍上により水分が奪われるが、水面からの水分供給が不織布層で阻まれているためと考えられる。苫小牧土の場合は、無処理では、凍結面直下で含水比の低下が特に認められなかった。混合土と苫小牧土における無処理の場合の凍結面直下の含水比変化の違いは、未凍土自体の水分移動の容易さの違いと考えられる。苫小牧土では不織布の敷設により、凍結面と不織布の間の未凍土で極端な水分減少が生じている。これは、不織布層で、水面から凍結面へと吹き寄せられる移動水を遮断あるいは、障害となっており、凍上を抑制していることを示している。また、このように極端に含水比の低下した未凍土部分では、不飽和透水係数の大幅な低下により、水分移動が困難になっているものと考えられる。

4. まとめ

以上の実験結果から、不織布は凍上時の水分移動の障害となり、凍上開始時間の遅れや凍上速度の低下が確認された。また、この様な不織布の凍上抑制効果は、不織布の厚さや土の種類によって異なることが明らかとなった。

今回検討したジオテキスタイルは不織布であったが、凍上抑制効果は遮水材料の構造および厚さ、そして土質特性等により異なるものと考えられるので、現在、不織布以外の材料および数多くの土質について、室内実験でその適用範囲を検討中である。ジオテキスタイルによる凍上対策は、従来の工法と比較して、経済的に有利な場合が多く、今後試験施工を行いその効果を確認する予定である。

<参考文献> 1)土質工学会;土の凍結 -その制御と応用-,1982 2)K.Henry, Use of Geotextiles to Mitigate Frost Heave in Soils, Proc. Fifth Int. Conf. on Permafrost, pp.1096-1101, 1988 3)伊藤ら;道路の凍上対策に関する研究(その1), 第24回土質工学研究発表会, 1989

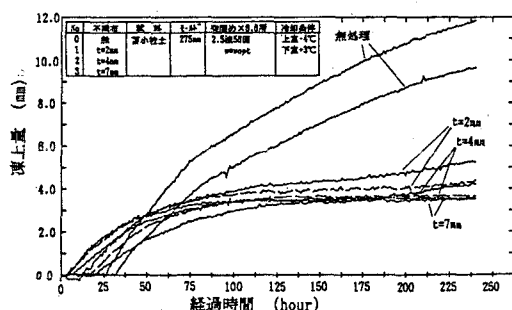


図-2 (b) 凍上量の経時変化 (苫小牧土)

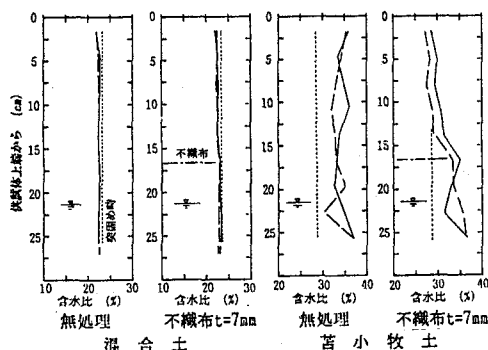


図-3 (a) 凍上実験前の含水比分布

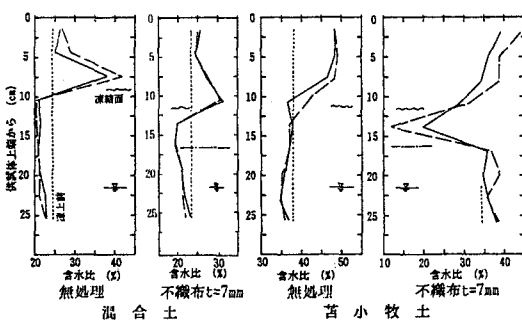


図-3 (b) 凍上実験後の含水比分布