

V-27

開削調査による道路の断熱工法の評価

北海学園大学工学部 正員 武市靖
北海道開発局開発土木研究所 正員 久保宏

1. まえがき

1990年12月に帯広周辺の音更において、道路の凍上対策に関する試験舗装がなされた区間の開削調査を実施した。試験舗装区間は、農道の基幹整備事業の一環として1983年に施工されたもので、供用開始後7年経過しているが路面性状は良好である。本文は、現場における調査・観測及び採取した道路材料の室内実験結果について、置換工法断面との比較検討を行うと同時に、断熱材の物理・熱的性状とその経年変化を調べて、断熱工法の適用性について考察を加えたものである。

2. 現場における調査・観測

置換工法及び断熱工法を適用した舗装断面は図-1に示す通りで、開削時に行った断熱材の埋設状態の目視調査では路盤材の食い込みによる損傷はわずかで、アスファルトシートの効果は大きいことが分かった。12月14日の開削時点で凍結深さは40cmで、断熱材の上層は凍結しているが下層は未凍結の状態であった。この状態における各層の現場密度及び採取材料の室内試験による含水比も図-1に併記した。

北米では、断熱断面のアスファルト路面は置換断面のそれに比較して、より厳しい路面凍結現象（ディファルシナル アイソグ）や低温収縮クラックが発生しやすいという報告がなされている。⁽¹⁾ 音更の試験舗装区間は、積雪が少なく凍結指数が $1000^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$ 前後の寒冷の度合いが厳しい地域であるが、路面温度の観測結果からその現象が見られるのは、1987.2.2～.3.31の冬期間を通じて2日間のみであった。図-2はその1日について示したもので、上段の図に示すように日中の路面温度が 0°C 以上になっている時間帯が置換断面は断熱断面より約2時間長く、最高温度は 5°C 高い。しかし、この現象はほぼ日中に限られ、路面温度が低くなる夕方から早朝かけての温度変化や最低温度は同じで、同図下段に示すように、アスコン層部分の深さ方向の温度勾配も路面温度が最低、最高になる5時と13時における両断面に違いは見られない。また、表-1は1987年と1989年の凍結期間の一部について、置換・断熱断面の路面温度による凍結指数で比較したものである。断熱断面の路面温度凍結指数が $12\sim 13^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$

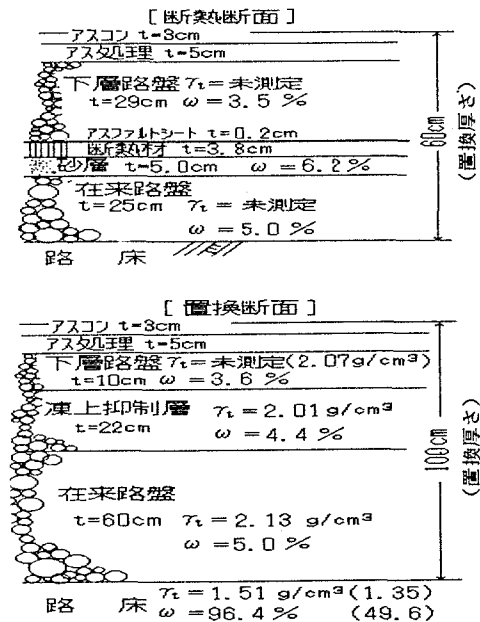


図-1 断熱・置換断面の舗装構造と土質試験結果
()内は、施工時の断熱・置換断面の平均値⁽²⁾

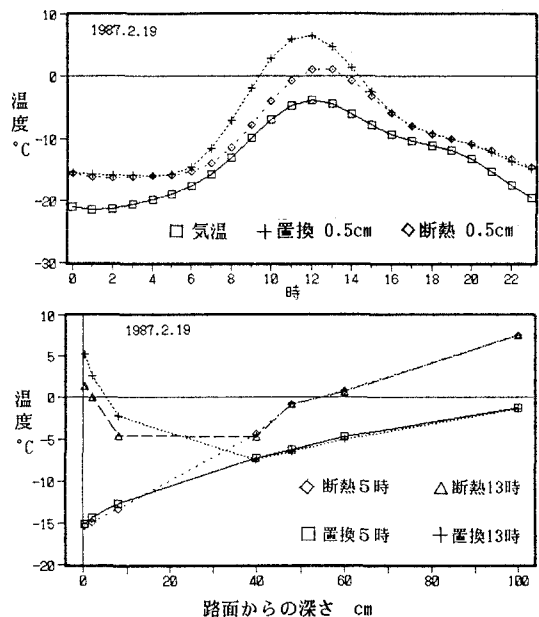


図-2 路面温度の日変動(上)と深さ方向の温度分布(下)

大きい程度で、両断面に明瞭な差はない。また、アスコン層下部の下層路盤材の含水比が高いと路面凍結を緩和すると考えられるが、図-1に示すように両断面とも3.5%程度でむしろ含水比は低めである。

3. 断熱材の室内実験

埋設した断熱材が経年変化により劣化すると、路床の支持力や凍上抑制効果が低減する恐れがある。そこで、舗装の解体時に採取した断熱材（土木用押し発砲ポリスチレン¹⁾、30cm四方のもの4個）をビニール袋で密封して実験室に持ち帰り、翌日、熱伝導率及び厚さの測定を行った。また、自然乾燥状態で3ヶ月放置後、熱伝導率と一軸圧縮強さの測定を行った。表-2は、これらの測定値の平均値について未使用と埋設断熱材との比較による性状の経年変化を、図-3は一軸圧縮試験結果の一部を示したものである。

砂層と接する断熱材下面では損傷はないが、アスファルトシートを挟んで路盤材が載る断熱材上面では、局部的に路盤材の敷均し・転圧等の施工時によるものと考えられる損傷や変形が見られ、全体の圧縮量は平均0.9mmである。5%ひずみにおける一軸圧縮強さ(σ_c)は、損傷のない埋設断熱材と未使用のものに差はなく、8%ひずみでは埋設断熱材のほうが大きめにでている。損傷のある部分から作成した供試体では、 σ_c と変形係数(E)は未使用の断熱材の1/2程度になるが、全体に占める面積の割合はわずかであるので無視できると考えられる。

断熱材の熱伝導率は、圧縮や地中埋設時の吸水等により影響を受ける。独立したセル構造からなる断熱材は吸水しづらいが、地中の水蒸気は多少内部に吸収され、断熱材の熱伝導率は上昇する。表-2に示すように、採取して密閉保存2日後の断熱材の熱伝導率は、未使用のその約1.5倍になっているが、吸水率の増加によるよりも断熱材表面に付着している水分が測定値を高めに与えている。従って、実際の熱伝導率の上昇割合はもっと小さいと考えられる。また、自然乾燥状態で3ヶ月放置した埋設断熱材の熱伝導率は、未使用のものと同程度に回復することから、圧縮や物性の劣化による熱伝導率の上昇はほとんどないといえる。

4. まとめ

- (1) 現地調査及び計測した路面温度の解析結果に関する断熱工法区間と置換工法区間との比較検討に基づく、断熱工法区間の路面に特に厳しい凍結が起こる現象は実質上無視できると考えられる。
- (2) 埋設断熱材の厚さ、一軸圧縮強さ及び熱伝導率等を測定した結果、経年変化による物性の劣化はわずかであるが、施工時に断熱材に損傷を与えない配慮が必要である。

参考文献：(1) T.M.Louice, W.A.Phong: The Val Gagne Pavement Insulation Experiment, PICA, 1982.

(2) 武市靖, 小林光男: 十勝地方における道路凍上対策工法に関する調査・解析, 北海学園大学工学部研究報告, 第12号, 1985.

表-1 置換・断熱断面の路面温度凍結指数($^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$)

期 間	気温	置換断面		断熱断面	
		0.5cm	2.0cm	0.5cm	2.0cm
87/2/5 ~2/28	176.0	131.4	129.0	143.7	142.1
87/3/1 ~3/31	65.9	0.6	0.7	0.5	1.0
87/2/5 ~3/31	241.9	132.0	130.3	144.2	143.1
89/1/17~1/31	—	—	105.1	—	113.7

* 0.5, 2.0cmは、路面温度計測点の深さである。

表-2 未使用断熱材と埋設断熱材との性状比較

	厚 さ	一軸圧縮強さ ¹⁾	変形係数 ²⁾	熱伝導率
	t(mm)	$\sigma_c(\text{kg/cm}^2)$	E(kg/cm^2)	$\lambda(\text{kcal/mh}^{\circ}\text{C})$
未使用 ³⁾	38.0	3.0	100	0.026
7年埋設	37.1 ⁴⁾	2.9(1.5) ⁵⁾	60(45) ⁵⁾	0.040 ⁶⁾ 0.027 ⁷⁾

1) 5% ϵ まで, 2) 原点と $\sigma_c/2$ とを結ぶ勾配, 3) 製造後5年経過のもの
4) $n=20$, $\sigma=0.96$, 5) 損傷のあるもの, 6) 採取して密閉保存2日後
7) 採取して自然乾燥状態で3ヶ月後

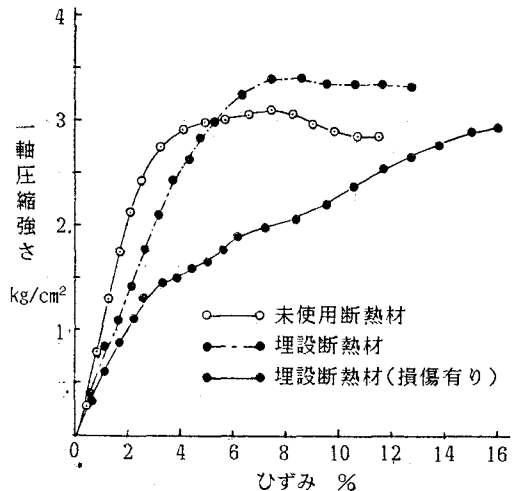


図-3 未使用・埋設断熱材の一軸圧縮強さとひずみとの関係