

ロードヒーティングの断熱効果について

佐山惣吾、山口宗宏、西川泰則、三浦健一 (北海道工業技術研究所)
須藤昌義、酒井好夫 (榊フジイ)

1. 緒言

北海道において車道(公道)は、断熱材の強度面と施工上の理由から、一般にロードヒーティングの断熱はなされていない。市街地の歩道においては、断熱がなされている場合と、なされない場合がある。民生においては一般に断熱がなされているのが現状である。

ロードヒーティングの断熱効果については十分な議論はなされているが、それには善悪2つの意見がある。それらは①ヒーターの熱が地中に逃げないため効果がある、②地中温すなわち地熱流を遮るため逆効果である。

断熱材としては発泡ポリスチロールが一般に使用されている。しかしながらその軟化点(融点)が低いため、アスファルト施工(180℃)では使用できず、またその耐久性に関し不明な点がある。その他の断熱材として、例えばゴムチップ成型体があるが一般的な評価はなされていない。

本報告は発泡ポリスチロールを断熱材として用い、実際に融雪パネルを施工しロードヒーティングを行なった場合の熱の逃散の実例、及び恒温槽を用いた室内における熱移動モデル実験の結果について述べる。

2. 実験方法及び結果

2.1 融雪パネルによる屋外実験

使用した900×900×50mmの温水パネルは、その厚さ方向の中心部に外径12mmの銅管を100mmピッチで配管したコンクリート製である(Fig.1)。

降雪センサーの信号によりパネル内のパイプに温水(約35℃)が導入され、パネルの表面及び裏面の温度が上昇する様子について、パネルの温度は約30minで最高に達する。その温度は表面33.5℃、裏面25.0℃であった。なおこのパネルは断熱されていない。

パネルの厚さは50mmであり、この中心部(上下より25mm)に熱源があることにより、表面方向及び裏面方向にむかう熱抵抗は同じである。Fig.1右欄に示した伝熱の式¹⁾から、表面方向すなわち融雪に有効に使われる熱量は約20%、残り約80%は裏面すなわち地中に逃散することが分かる。

2.2 恒温槽を用いた室内実験

300×300×50mmのコンクリートパネルを用い、それを内寸法500×600×400mmの恒温槽中にセットし、その熱性能を測定した。このパネルの高さ方向の中心(±25mm)に電熱戦が100mmピッチで埋め込まれている。パネルの断熱は次の2方法をとった。①パネルの側辺のみ断熱、②パネルの側辺と下面を断熱である。また上下方向の伝熱量は、300×300×1mmTの熱流板により直接測定した。

Fig.2に恒温槽温度0.0℃及び-5.0℃におけるパネル温度と、パネル上下方向に流れる熱量(W)を示した。この結果当然ながらパネル下部の断熱を行なわないと、上下方向の熱流量はそれぞれ約50%である。一方下部の断熱を行なうと、下部方向に逃散する熱量は約20%に低減する。

2.3 土壌槽を用いた恒温槽実験

2.2に用いたコンクリートパネルを用い、450×400×300mmのコンテナに満たした土壌中にパネルをセットし、その熱特性を測定した結果をFig.3に示す。なお土壌の含水率は18%である。この結果融雪に有効な熱量は80%、地中に逃散する無効な熱量は20%であることが確認できた。

2.4 地中温度

ロードヒーティングに及ぼす地熱流の影響について検討するため、地中にボーリングを行い地中熱の変化について測定した。ボーリングは深さを変えて3本行なった。それらの深さと測定点は次の通りである。(1)-50cm、-5~50cm、(2)-200cm、-40~-200cm、(3)-20m、-2~-20m。Fig.4(3)に64年1/20~2/11の間の地中温度を示す。-20mでは約8℃で一定である。-2mでは約7℃である。-2mについて(2)においては約6℃で一定で(3)の値とほぼ一致する。(3)及び(2)と異なり(1)は融雪パネルの横50cmにボーリングを行なったものであり、パネルの熱の影響がみられる。63年12/20に融雪パネルに200w/m²の連続通電を行い1ヶ月後の64年1/20より20日間地中温度を測定した結果を(1)に示した。1/20、1/23の温度は、約1ヶ月の連続通電を行なった後なので、ほぼ最高温度に達しているものと思われる。1/28に通電を切り2/2迄約10日間ほぼ完全に放冷を行なった。この(1)2/2の-40cmと(2)の-40cmのデータを比較するとその地温は約1℃でほぼ一致している。2/2に通電を再開し、2/10、2/11迄約10日間の地温の上昇の様子が(1)に示されている。

この(1)における2/2の-10~-50cmの地温は0~1℃である。また1/20の最高の地温は-30~-40cmで約3℃である。これらの結果からロードヒーティング構造体の近傍、すなわち下方向約30cmにおける地中温度は、通電を行なわない場合は地熱流により約1℃、通電を行なうと約3℃(温水融雪の場合はもっと高い)であり、平常の地温より融雪運転中の方が高い。従って”断熱を行なうと地熱を遮るから無効である”という説は否定される。

3. 結言

ロードヒーティングに断熱を施すことは極めて有効である。すなわち断熱を施さない場合、ロードヒーティングの設置条件により50~80%の熱が地中に逃散している。一方断熱(発泡ポリスチロール20mmT)を施した場合熱ロス率は約20%に抑えることができる。

地下20m迄のボーリングを行ない、-5cm~20m迄の地中温度を測定した。この結果地温は融雪運転停止中(熱源を提供しない)場合よりも運転中の方が高い。従って北海道では断熱を行なうと省エネルギー的に効果が大きい。

参考文献

- 1) 甲藤好郎:伝熱概論、養賢堂(1990)P.21

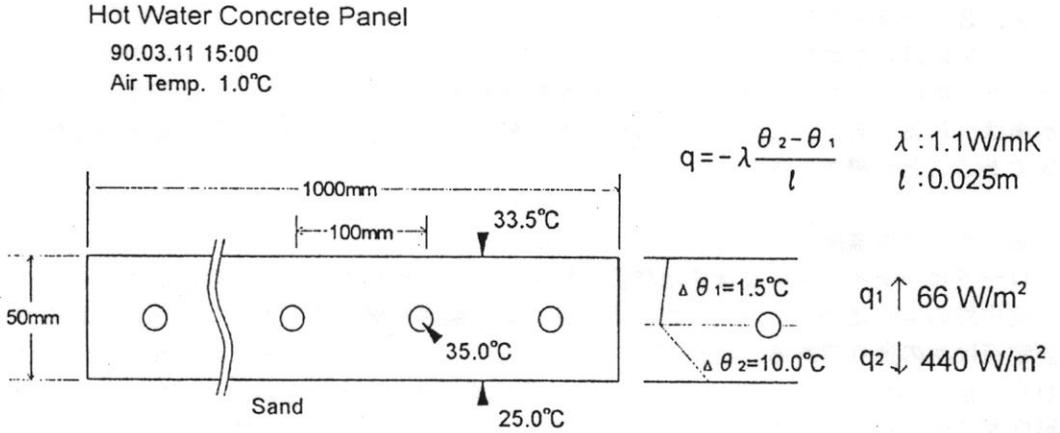


Fig. 1 Temperature distribution of hot water panel and thermal flows to surface and to soil.

Thermal Flow measured directly in cold chamber

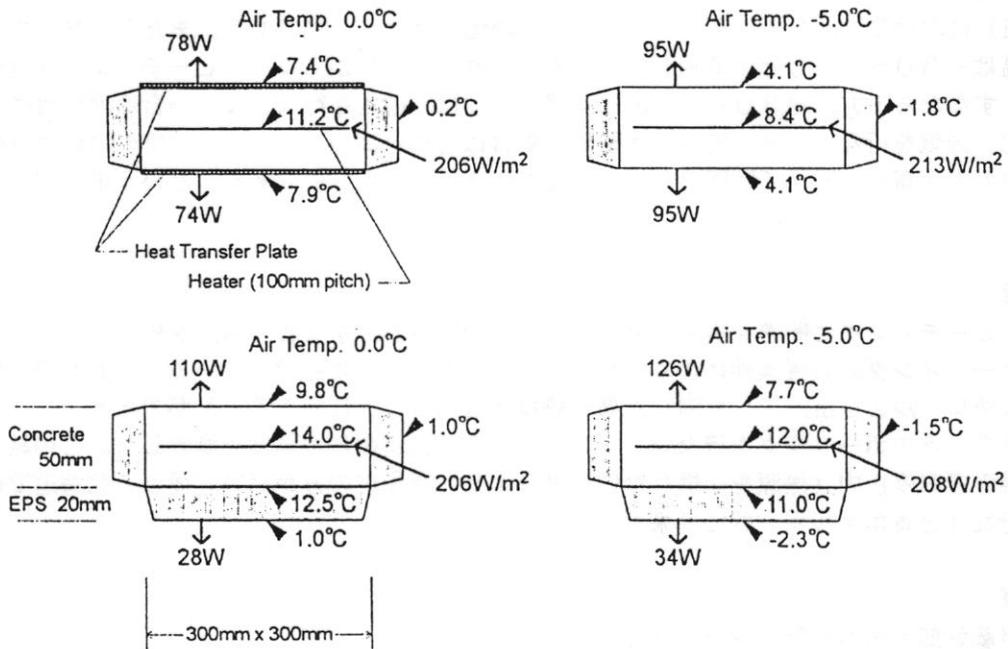


Fig. 2 Thermal flow measurement test of electric heater concrete panel with cold chamber at 0.0 and -0.5 °C in air.

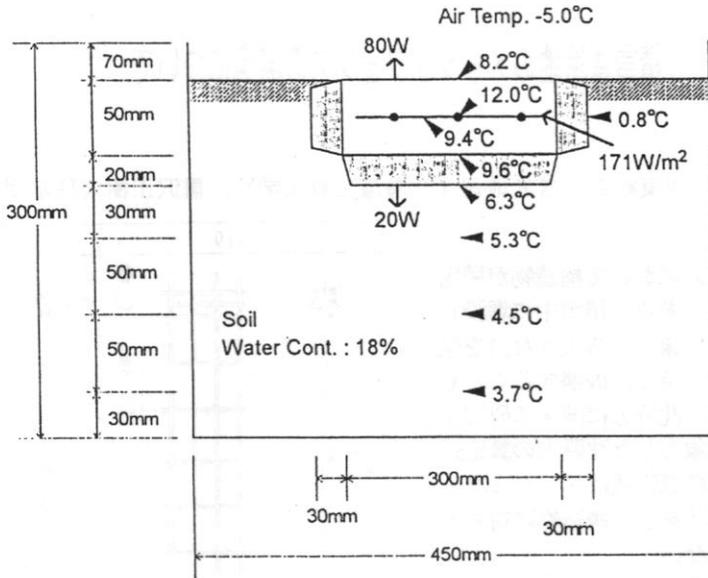
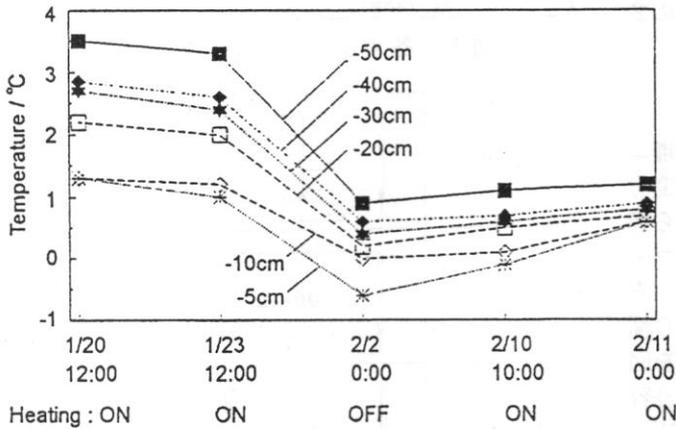
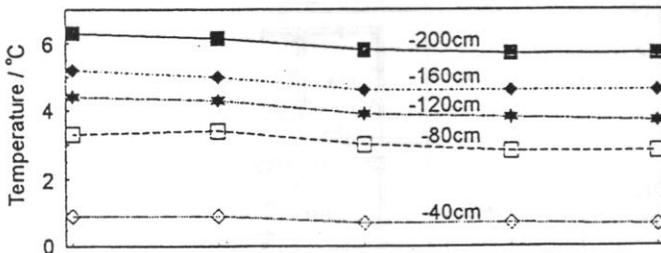


Fig. 3 Thermal flow measurement test of concrete panel in soil with cold chamber.

(1) Soil temp. 50cm from heating block (-50cm)



(2) Virgin soil temp. (-200cm)



(3) Virgin soil temp. (-20m)

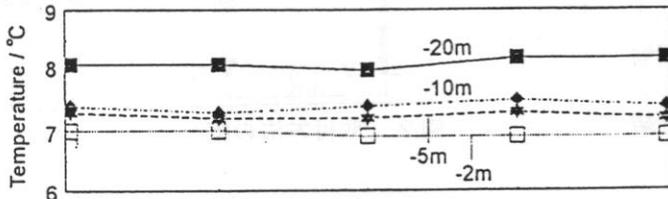


Fig. 4 Soil temperature profiles by three vertical bore holes with different depth (1) -50cm, (2) -200cm, (3) -20m.