

福井大学工学部	学生員	渡辺 洋
福井大学工学部	正 員	福原輝幸
TEXTL		富田真史
北川ヒューテック		土井 聰
山田技研	正 員	山田忠幸

1. 研究目的と概要

凍結現象は橋梁道路上および陸橋道路上で発生頻度が非常に高い。特に大気中の水蒸気が路面へ結露し、凍結する現象は積雪や路面水の有無にかかわらず発生することから¹⁾、車両運転者にとっては普通の湿潤路面と凍結路面との区別がつきにくく危険である。また、従来の散水による路面凍結防止手法は、流末部での凍結を誘発しかねないという弱点を含み、さらには散布水による多量の地下水消費、水はねによる歩行者の疎外といった環境問題の観点からも新たな凍結防止対策が望まれている。

本研究では橋梁道路や陸橋道路の凍結抑制システムとして、舗装体内に冷温水循環パイプを埋設した無散水方式による手法に着目し、それらの橋梁道路上での伝熱特性を解明することを目的とする。

2. 橋床と大気の熱エネルギー伝達理論

橋床とそれを取り巻く大気との間の熱エネルギーの伝達機構を Fig. 1 に示す。冷温水の循環により生成される熱エネルギーを考慮するとき、橋梁道路に対するエネルギー保存則は式 (1) のようになる。

$$Q_{TO} + Q_{BO} + Q_S + \Delta U = 0 \quad (1)$$

ここで、橋床上部境界を横切る熱エネルギー Q_{TO} は顕熱 S 、潜熱 L および純長波放射 R の和により、一方、橋床下部境界を横切る熱エネルギー Q_{BO} も S 、 L および R の和によりそれぞれ与えられる。また、 Q_S は冷温水の循環に起因する内部発生熱エネルギー、 ΔU は橋床内部熱エネルギーの時間的変化量である。

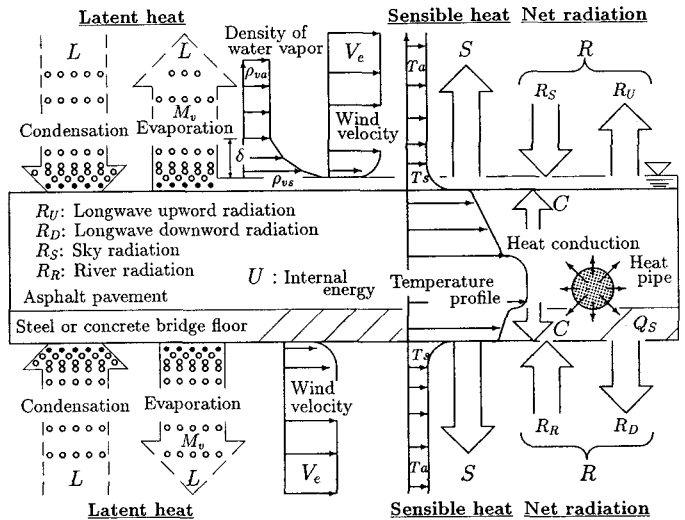


Fig. 1 橋床における熱エネルギー収支の概念

3. 実験装置および実験方法

本実験ではスチール橋床（ $0.2 \times 0.3 \times$ 高さ 0.115 m ）が使用され、冷温水パイプが埋設されない通常の橋床と舗装体内に冷温水パイプが埋設された橋床の2種類が使用される。Fig. 2 は後者の橋床モデルを表す。両橋床とも表面および内部（10～30ヶ所）に熱電対が埋め込まれ、温度分布が計測される。橋床モデルは初め恒温室内（室温 10°C ）に放置され、内部温度が一様となった時点で全面を断熱し、低温室内（室温 -2°C ）に運び込まれる。そこで上面と下面の断熱材を取り除くと同時に、設定された温度の水を上面に一定量（水深約 1 mm に相当）だけ散布する。また、ここで冷温水パイプが埋設された橋床モデルに対しては実験開始と同時に冷温水パイプ内に初期温度と同じ 10°C の冷温水を循環させる。こうして実験は風速（橋床表面上 0.15 m の値） 1.3 (m/s) および 2.7 (m/s) について行われる。

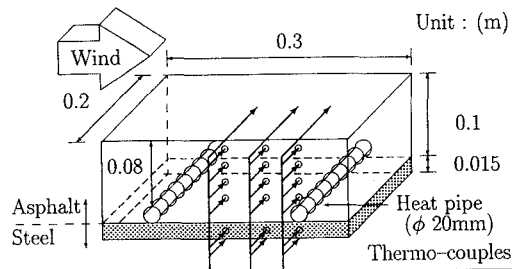


Fig. 2 冷温水循環パイプを埋設した橋床モデル

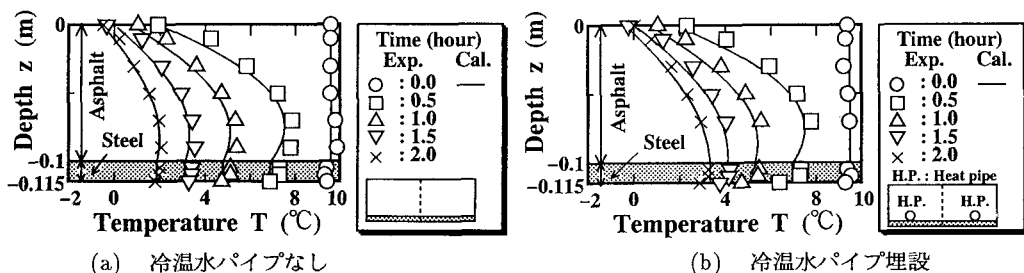


Fig. 3 橋床内温度分布の経時変化

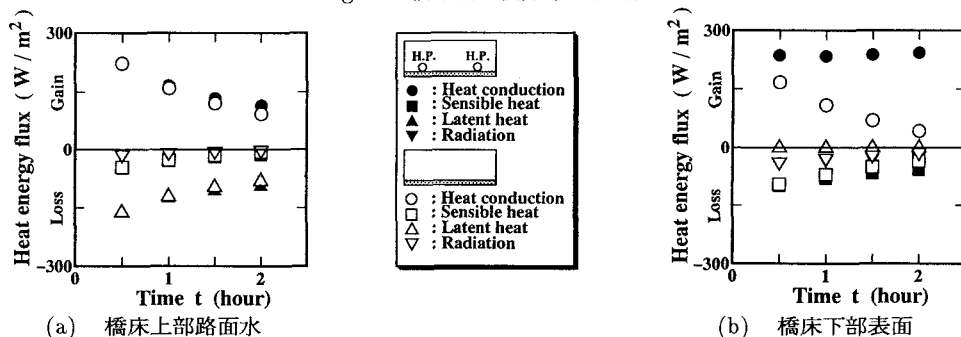


Fig. 4 橋床上面および橋床下面を横切る熱エネルギーフラックス

4. 実験結果および考察

Fig. 3 は風速 2.7 (m/s) における橋床内部の鉛直方向温度分布を実験開始から 0.5、1.0、1.5 および 2.0 時間後の時点で表わしたものであり、(a) は冷温水循環パイプを埋設しない場合、(b) は冷温水循環パイプを埋設した場合の結果である (なお、図中の実線は式 (1) による計算値を表す)。橋床内部では最初、上面および下面で温度低下が進行し、その後全体的に温度は低下する。アスファルトとスチールの接合部より下方で温度勾配が小さいのは、スチールの熱拡散率がアスファルト舗装体のそれに比べて大きいためである。さらに、両橋床スチール部分での同時間の温度分布に注目すると、冷温水パイプからの供給熱により温度低下の抑制効果が認められる。しかし、アスファルト舗装体上部での温度分布には大きな差異が見られない。

Fig. 4 (a) は橋床上部路面水を、(b) は橋床下部表面を横切る熱エネルギーフラックス (利得熱エネルギー: C (橋床内部から輸送される熱伝導エネルギー)、損失熱エネルギー: S 、 L 、 R) の時間変化を、冷温水パイプを埋設したものと埋設しないものそれぞれについて示したものである。両者を比較すると上部表面では冷温水パイプからの供給熱エネルギーによる C の増大が見られるが、それに伴って損失熱エネルギー (特に L) も増大している。一方、下部表面では損失熱エネルギー (特に S) の増分に比べて、 C による利得熱エネルギーの増分が著しく大きくなる。凍結防止の観点から言えば、この結果は舗装体上部表面で観察される方が望ましい。

なお、本実験に関する限り凍結時間 (実験開始から路面水が凍結に至るまでの時間) は冷温水パイプを埋設した方でおよそ 2.2 時間、埋設しなかった方で 2.0 時間となり、冷温水パイプの発熱による凍結遅延効果は小さかった。これは上述したような熱エネルギーの収支 (Fig. 4) から予想される結果と言える。

5. 結論

橋梁路面上の新たな凍結防止対策の一つとして、冷温水循環方式に着目し、その有効性を実験的に検討した。その結果を以下に要約する。

- 1) 本計算により凍結過程の様子が良好に再現される。
- 2) スチール橋床に供給する熱エネルギーの多くは、橋床スチール下部での温度低下抑制に費やされ、舗装体路面への熱エネルギー供給が小さくなるために凍結に対する遅延効果は少ない。
- 3) スチール橋床において冷温水循環方式による凍結防止では、冷温水より発生する熱エネルギーを上部舗装体へ効率よく輸送する工夫が必要となる。

参考文献 1) 渡辺 洋: 冷温水循環方式による橋梁路面凍結防止、福井大学卒業論文、1994