

VI-225

温水パイプによる橋梁床版の融雪・凍結防止システムに関する研究

山口大学大学院 学生員○谷 直彦
山口大学工学部 正会員 中村 秀明
(株) エイトコンサルタント 正会員 谷本 俊夫
山口大学工学部 正会員 浜田 純夫

1. はじめに

冬期におけるスリップ事故の多くは、橋梁や高架上で多く発生している。これは一般道路路が地熱によって徐々に融雪されるのに対し、吹きさらしの橋梁や高架上では残雪や凍結の状態となるため、運転者はその場所でスリップを起こしてしまうためである。一般的な冬期路面管理としては、グレーダやロータリー車等による機械除雪や塩化物などを中心とした凍結防止剤を路面に散布する方法があるが、除雪には多くの手間と費用を要し、また薬剤散布はコンクリート中の鉄筋腐食や車両の錆、環境への影響が懸念されている。そこで本研究では、コンクリート床版中に温水パイプを埋め込むロードヒーティングシステムについて、その設計に関する基礎資料を提供する目的で、小型供試体による現場での融雪実験を行った。あわせて融雪過程の数値解析を行い実験値との比較を行った。

2. 実験方法

実験供試体は図-1に示すような $120 \times 80 \times 20\text{cm}$ の矩形のスラブであり、供試体内部には、30,40,60cmの間隔で銅製のパイプが埋め込まれている。このパイプに $20, 30, 40^\circ\text{C}$ の温水を流し供試体表面の雪（厚さ 10cm 、密度 $300, 600\text{kg/m}^3$ ）を融雪する。その融雪状況を1時間ごとに観測した。また、10分ごとに熱電対により供試体内部の温度を測定した。

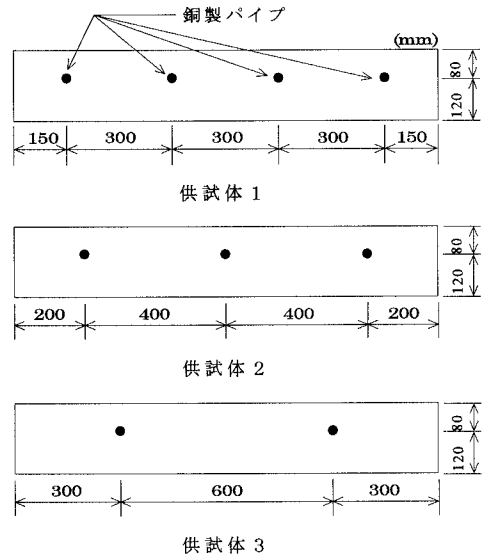


図-1 実験供試体

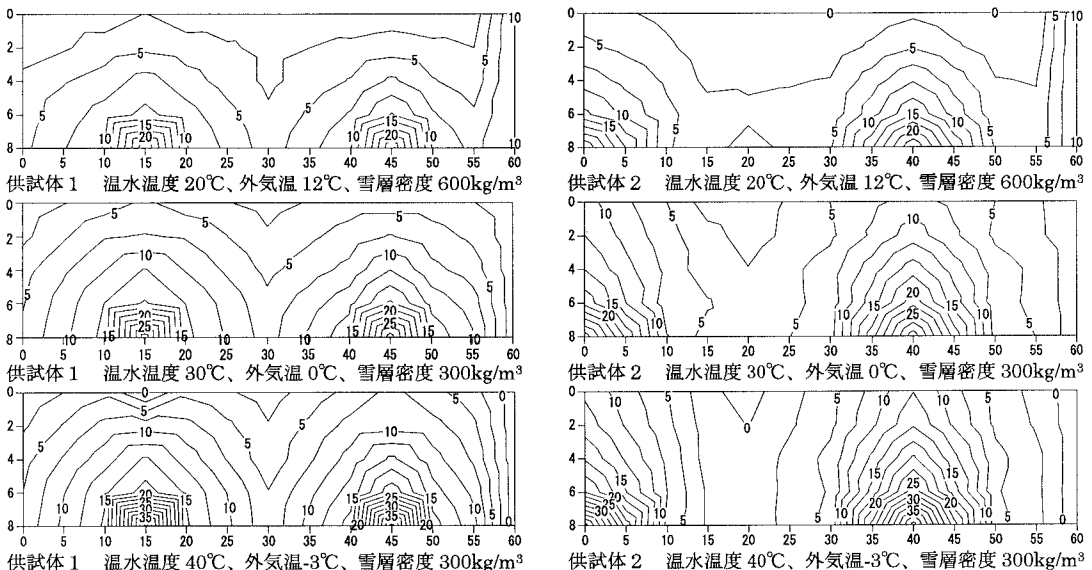
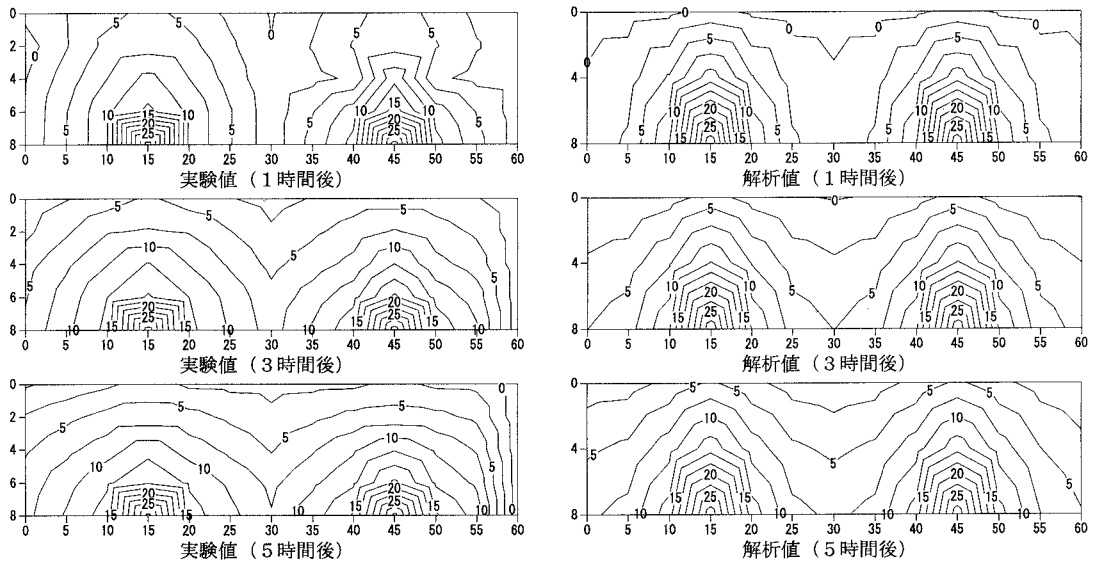


図-2 実測温度分布（3時間後）

3. 解析方法

水は温度に依存して、融解状態（水）あるいは凝結状態（氷あるいは雪）となる。このような相変化を生じると、状態に応じて熱量を吸収したり、放出したりする。相変化状態を熱伝導解析で考慮する場合には、潜熱を用いて直接熱容量を変化させる方法が考えられる。熱伝導解析において、潜熱を用いる時の相変化時の熱容量は、式(1)で近似することができる。ここで、 T_f は相変化を生じる温度であり、雪の場合は 0°C である。 ΔT は T_f の前後に仮定した相変化の温度領域とし、この領域において熱容量の相変化を考慮するものとする。式中の ρ は密度、 c は比熱、 L は潜熱、 T は温度である。添字 i は雪粒子を意味する。

$$\rho c = \rho_i c_i + \rho_i \left(\frac{L}{2\Delta T} \right) \quad (1)$$



図－3 実験値と解析値の比較（温水温度 30°C 、パイプ間隔 30cm ）

4. 実験結果

温水温度を $20, 30, 40^{\circ}\text{C}$ としたときの供試体1、2の融雪実験での温度分布を図－2に示す。温水温度 $30, 40^{\circ}\text{C}$ の場合は、それぞれかなりの融雪効果がみられたが、 20°C の場合には、融雪効果が著しく低減した。しかしながら、その土地の気温や降雪量を考慮し、橋梁上でのスリップ事故防止のために道路部路面と橋梁部路面の温度差をなくすという目的では、温水温度 20°C の場合においても、その効果は十分期待できる。パイプ間隔 $30, 40\text{cm}$ では、パイプの間での融雪効果にかなりの違いが見られた。本研究ではパイプ間隔 60cm の場合においても実験を行ったが、この場合パイプの中央ではほとんど融雪効果は見られずパイプの真上のみが融雪されただけであった。以上のことから温水温度の違いよりもパイプ間隔の違いにより、融雪効果に顕著な差が表れることが明らかになった。図－4に温水温度 30°C でパイプ間隔が 30cm の供試体の温度分布を実測値と解析値について示す。図－4によると実測値と解析値は比較的よく一致している。但し、実験値では、3時間後よりも5時間後の方が供試体表面の温度が下がっている。これは雪層の融雪により、融解水が供試体表面を覆うため、供試体表面の温度が降下したためである。

5. まとめ

本研究では、パイプヒーティングシステムの設計のための基礎的なデータを把握するとともに、融雪の数値解析モデル構築のため、実供試体による現場での融雪実験を行った。その結果、本解析結果は現場での融雪状況を比較的良く表すことができ、パイプヒーティングシステム設計のためのシミュレーションに役立つものと思われる。