

融雪・凍結防止のためのコンクリート床版に関する研究

山口大学工学部 学生員○吉武 勇
 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

積雪寒冷地域では冬期において、橋梁や高架上でスリップ事故が多発しており、一つの社会問題となっている。これは一般道路部が地熱によって徐々に融雪されるのに対し、吹きさらしの橋梁上では残雪や凍結の状態となるため、運転者は制限速度内で走っていても一部凍結が発生している箇所があるとその場所ですリップを起こしてしまうためである。その対策としてボイラやヒーターなどで加熱された温ブライン（加熱媒体）をコンクリート床版内に循環するロードヒーティングシステムが考えられる。

本研究は、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の設計に関する基礎資料を提供することを目的に行った。できるだけ効率よく雪を溶かすため、特にパイプの間隔や加熱媒体の温度等が融雪効果に及ぼす影響を明らかにするため、冬期における融雪のための現場実験を行い、路面への熱の伝達状況を調べた。また実験供試体の2次元非定常熱伝導解析を行い、実験結果との比較を行った。

2. 実験方法

ロードヒーティングシステムの設計においては、パイプ径、パイプ間隔、パイプ埋設深さや温ブラインの温度を適切に決める必要がある。そこでこれらの基礎的な値を把握するとともに、融雪の数値解析モデルの構築のため、実験供試体による現場での融雪実験を行った。実験供試体は図-1に示す120×80×20cmの矩形状のスラブであり、供試体内部には銅製のパイプが埋め込まれている。このパイプに温水を通すことにより周囲のコンクリートに熱を供給している。供試体内部には、熱電対（銅-コンスタンタン型）が埋め込まれており、10分間隔で温度の計測を行った。供試体表面にはつづ雪（密度300kg/m³）を厚さ10cmのせて、その融雪状況を1時間ごとにカメラで撮影した。

3. 融雪過程の解析

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。このような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。図-2に温度が変化した場合の温度依存性材料特性の変化を熱容量 ρc について示す。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、図中の T_f は相変化を生じる温度であり、雪の場合は0℃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。

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

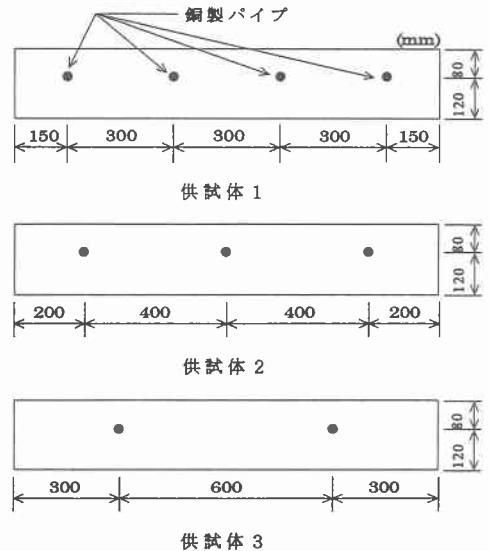


図-1 実験供試体

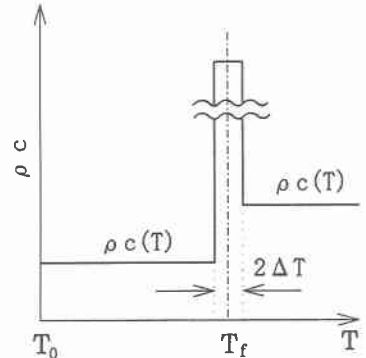
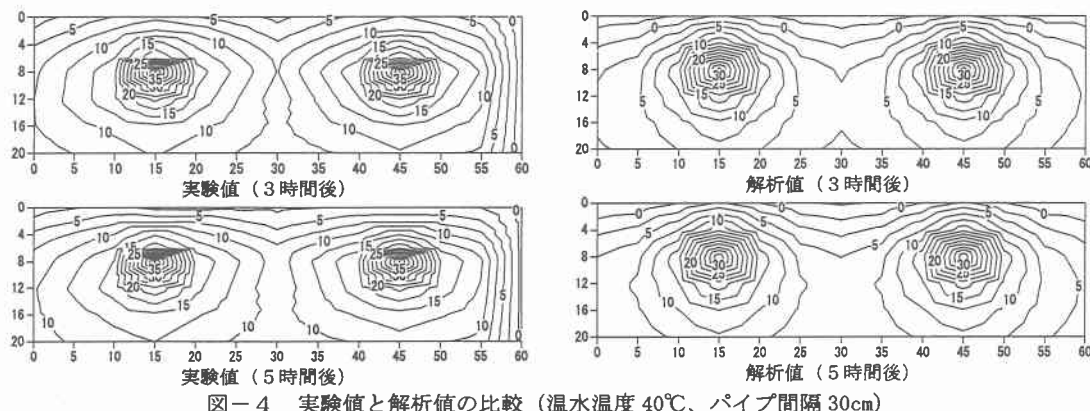
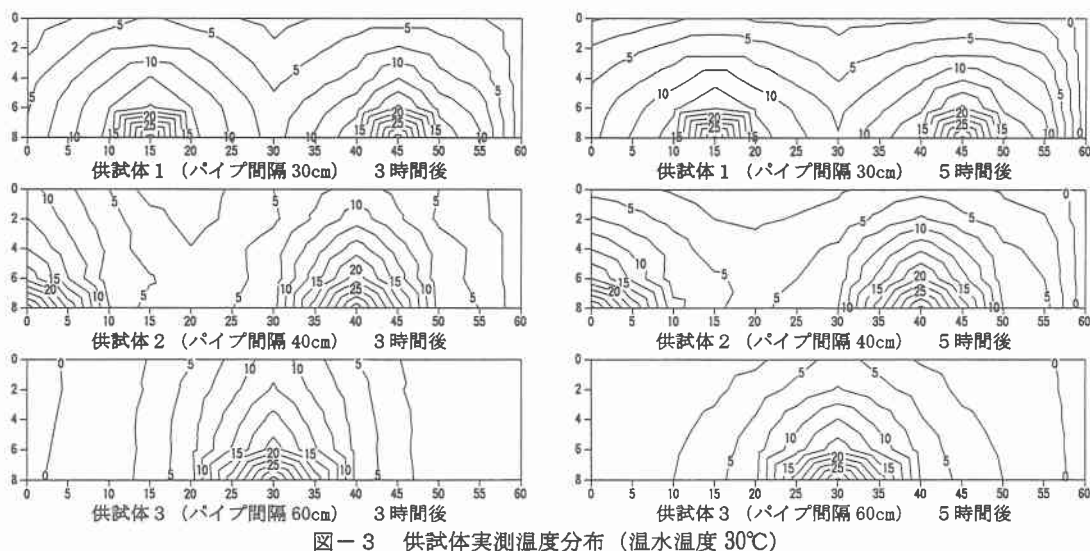


図-2 相変化時の熱容量



4. 実験結果

温水温度が 30℃でパイプ間隔が 30cm, 40cm, 60cm の時のコンクリート床版内部の融雪実験での温度分布を図-3 に示す。なお、この実験中の平均外気温は -5℃であった。パイプ間隔が 30cm の供試体は、パイプ間隔が 40cm や 60cm と比べ、表面付近の温度分布が一樣であり、均一に融雪が行われた。パイプ間隔が 60cm の供試体では、パイプ上部のみが融雪されただけであった。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、パイプ間隔 60cm も可能であると言える。図-4 に温水温度が 40℃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良く一致している。実際の融雪過程では、計測 2 時間後よりも 3 時間後の方が、供試体表面の温度が下がっている。これは、雪層の融解により、融解水が供試体表面を覆うため、供試体表面の温度が低下したためである。

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。