

パイプ間隔と通水温がロードヒーティングの融雪効果に与える影響

山口大学工学部社会建設工学科助教授 正会員 上田 満
 山口大学大学院理工学研究科 学生会員 園田 雄亮
 山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○松岡 寿

1. はじめに

冬季において、道路舗装表面の凍結が交通事故、走行速度などの走行車両に与える影響は大である。年間を通じて快適な走行路面を提供することは社会資本の維持、人命保護の立場から不可欠な課題といえよう。寒冷地においては、路面下に消雪パイプ、ヒーターを設置することによってロードヒーティングを行っている。しかしながら、消雪パイプ、ヒーターを設置する施工費のみならずメンテナンス費用が増大の兆しを見せていることから大きな社会問題化しているのが現状である。従って、本研究の主目的はメンテナンスフリーをめざすため、なるべく低い水温にてアスファルト舗装表面に積雪した雪を溶かすロードヒーティングシステムの開発を行うことである。室内実験は仮想橋床版舗装供試体を用いて融雪実験を行った。用いた供試体は最上部に消雪パイプを埋め込んだプレキャストコンクリート床版を仮想基層としてその上にアスファルトコンクリートを 5cm 舗装したものとした。

2. 実験概要

2. 1 実験に用いた供試体

表-1 は室内実験に用いた密粒度タイプアスファルトコンクリートの配合表である。ストレートアスファルト量はフィラーも含めた骨材総重量に対する重量百分率として表示した。消雪パイプの内径は 15mm、その材質はステンレス製でジャバラタイプのフレキシブルな水道管を用いた。温度測定用の熱伝対は、給水口、アスファルト舗装表面中央部、中央より 4cm、中央より 8cm の 4 箇所に設置した。配管は図-1 のように S 字型、U 字型、I 字型の三種とした。隣接する管との間隔は S 字型では 5cm、U 字型では 10cm とした。従って、供試体全面積に対しての消雪パイプ単位長さ当たりの融雪面積は S 字型では $6.9(\text{cm}^2/\text{cm})$ 、U 字型では $9(\text{cm}^2/\text{cm})$ 、I 字型では $20(\text{cm}^2/\text{cm})$ となった。また、消雪パイプは融雪効果を高めるためセメントモルタルスラブの最上部に埋め込む形で設置した。なお管の配置を簡単に把握するため以下 S 字型を管 3 本、U 字型を管 2 本、I 字型を管 1 本とする。

2. 2 室内融雪実験方法

給水は消雪パイプにゴムホースを取り付け水道管に連結して行った。融雪実験は試験用供試体を -2°C に設定した高恒槽内にて行った。融雪試験に用いる雪は冷蔵庫(-5°C に設定)に保存した氷を掻き氷製造機にて擦ることによって作製し、積雪量は 3cm, 6cm, 10cm の三種とした。温度測定は熱伝対をデータロガーに接続させ、給水開始からの経過時間ごとに行った。また、給水量は $11.0 \times 10^3 \text{cm}^3/\text{min}$ の一定量とした。融雪効果の確認は目視と同時にデジカメによる撮影により給水開始後 20 分間隔にて 3 時間まで行った。

3. 室内実験結果

3. 1 給水温、舗装表面温度

表-1 アスファルトコンクリート配合

使用材料	重量百分率(%)
粗骨材(13~5mm)	35
粗骨材(5~0.6mm)	41
細骨材(0.6~0.074mm)	18
フィラー(0.074mm)	6
ストレートアスファルト	6

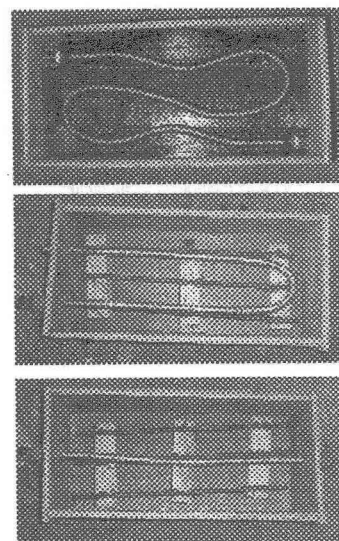


図-1 型枠写真

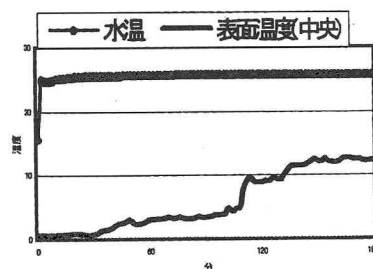


図-2 表面温度変化

融雪実験は水温 25℃, 15℃, 10℃のもとで行った。図-2は管3本、水温 25℃にて行った積雪量 3cm の場合の温度測定結果である。表面温度は通水開始 30 分程度経過後から次第に上昇し 150 分経過後には 12℃ の一定値を示す。

通水開始から 30 分間にアスファルトコンクリートに供給される熱量は積もった雪を溶かすための融解熱として使用され、その後はアスファルトコンクリート表面水の過熱等に使用される。供試体を -2℃ の恒温槽に設置しているため、アスファルトコンクリート表面温度の最大値は 12℃止まりであった。

3. 2 パイプ間隔と融雪速度の関係

融雪効果を定量的に判断するために t_1 , t_2 という係数を用いた。ここで、 t_1 は目視により溶け始めたと判断した時間。 t_2 は供試体表面が露出した時間と定義した。図-3は t_1 , t_2 を表にまとめたものである。表中のハイフン個所は 3 時間内に t_1 , t_2 を判断できなかったものである。積雪量 3cm については管本数及び給水温に反映された結果があらわれている。積雪量 6cm, 10cm については舗装表面と積雪の接触面では融雪が起こるが融雪した個所が空洞状となり雪上部に反映されないことから数値的な結果が出なかったことが予想される。

3. 3 融雪効果判定

管 1 本における融雪効果範囲を調べるために給水温による比較をおこなった。積雪量 10cm の場合、水温 10℃における状況では融雪効果を判定するのには不十分な融雪結果だったため、積雪量 6cm についての考察を行った。給水温 25℃のもとでは積雪量は 3 時間後にはほとんど溶けた状態となり、給水温 10℃のもとでは融雪するには至らなかったが表面中央部の露出がみとめられた。それぞれの融雪幅をとると給水温 25℃のもとでは 12cm、給水温 10℃のもとでは 6cm であった。図-5がそのときの写真である。図-4から給水温 25℃のもとでは表面中央部より 8cm のところについては温度上昇はみられないが、中央部より 4cm の場所では約 100 分以降には中央部と類似した温度変化を示している。そのため中央部と同様に融雪に至ったと判断できる。給水温 10℃のもとでも同様に表面中央より 8cm のところでは温度上昇がみられず融雪に至ってない。表面中央より 4cm のところでは中央部と類似の変化はしないまでも温度の上昇傾向は認められ、このまま通水をつづけることで融雪するであろうことが予測できる。このことから積雪量 6cm、給水温 10℃のもとでの管 1 本あたりの融雪幅は 6cm であるといえる。

4. まとめ

本研究にて行った室内実験より以下のことが明確となった。

- (1) 管 1 本、給水温 10℃程度で積雪量 6cm での融雪有効範囲は 6cm になることがわかった。
- (2) 今回使用した供試体では管 1 本あたりの融雪有効範囲が 6cm であるため管 3 本配置することが好ましいといえる。
- (3) 積雪量 10cm では雪底部で空洞ができ、融雪には上載荷重の効果を期待するべきであろう。

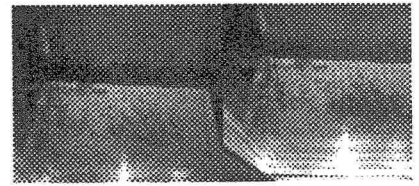
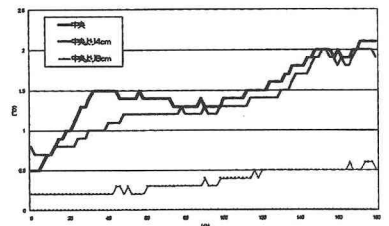


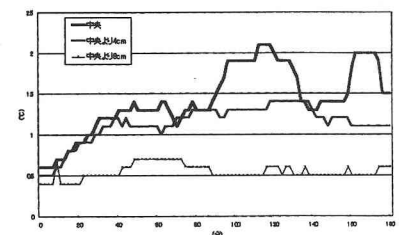
図-3 t_1 , t_2 判断写真

表-2 各条件での t_1 , t_2

積雪量	管	25~23℃ (9月)		18~15℃ (11月)		12~9℃ (12月)	
		t_1	t_2	t_1	t_2	t_1	t_2
3cm	1本	40	80	40	80	60	120
	2本	40	60	40	80	40	80
	3本	20	20	20	20	20	40
6cm	1本	60	80	100	160	120	180
	2本	80	120	80	120	100	140
	3本	60	80	100	140	80	100
10cm	1本	-	-	-	-	-	-
	2本	-	-	-	-	-	-
	3本	120	160	160	-	-	-

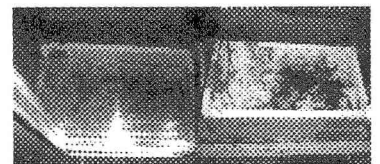


(a) 水温 25℃



(b) 水温 10℃

図-4 表面温度変化



(a) 水温 25℃ (b) 水温 10℃

図-5 融雪幅写真