

下水熱を活用した融雪舗装の検討

前田道路(株) 正会員 森嶋 洋幸, 芹田 美佳, 越 健太郎
 (株)ホクスイ設計コンサル 大内 克行

1. はじめに

積雪寒冷地域の冬期の道路では、マンホール上のみが融雪し露出している状況が見られる。これは、冬期においても一定温度が保たれる下水管内の熱(下水熱)による効果である。そこで筆者らは、この効果に着目し、未利用エネルギーである下水熱を活用した融雪舗装について検討を行った。本文は、試験施工箇所での調査結果(実測値)、および熱量計算による算出結果(計算値)から、融雪効果の検証結果を報告するものである。

2. 下水熱を活用した融雪舗装の概要

図-1 は、下水熱を活用した融雪舗装(以下、本システム)の概念図を示したものである。本システムは、一般家庭や歩道などの下水管から送風機を介し、駐車場や歩道などの舗装体内に埋設した送風管(有孔管)に下水熱を送風することにより、路面の融雪を目的とした工法である。

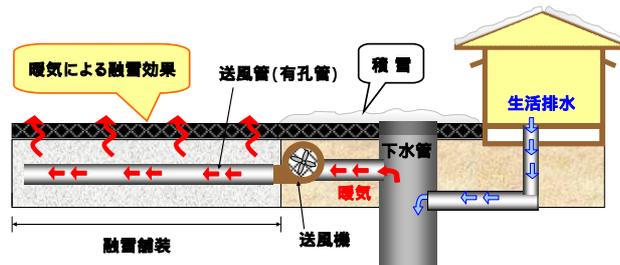


図-1 下水熱を活用した融雪舗装の概念図

3. 試験施工による融雪効果の検証

本システムの有効性を検証するため、事前に室内試験で選定した部材と配管を用い、札幌市内で試験施工を実施した。舗装断面を図-2 に、供用後の路面状況を写真-1 に示す。

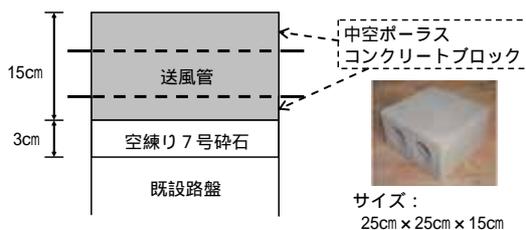


図-2 舗装断面

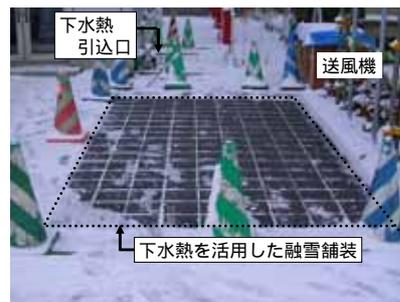


写真-1 供用後の路面状況

(1) 温度測定結果

図-3 は、送風管内(舗装入口)の温度と舗装表面温度(15箇所)の測定結果である。図から、外気温が氷点下になった場合でも舗装入口の送風管内の平均温度は9℃程度であり、この暖気を舗装体内に送風することにより、舗装表面の温度は概ね0℃以上に保たれていることがわかる。

(2) 融雪効果

図-4 は、年間の降雪量が最も多い1月の降雪量と路面露出率の推移を示したものである。1ヶ月間を通して降雪直後は、路面露出率が0%であるものの、時間の経過とともに路面露出率が高くなる傾向が見られた。また、図中の矢印区間6箇所について、時間当たりの融雪量を算出すると、平均で0.3cm/hであった。なお、時間当たりの融雪量(cm/h)は、路面露出率が0%からの降雪量の累計値(cm)を、路面露出率が0%からピーク値(6箇所の平均で91%)に達するまでに要した時間(h)で除した値である。現在の能力では、ロードヒーティングのような瞬発力のある融雪効果を発揮するまでには至らないが、徐々に路面を露出させる効果を有しているといえる。

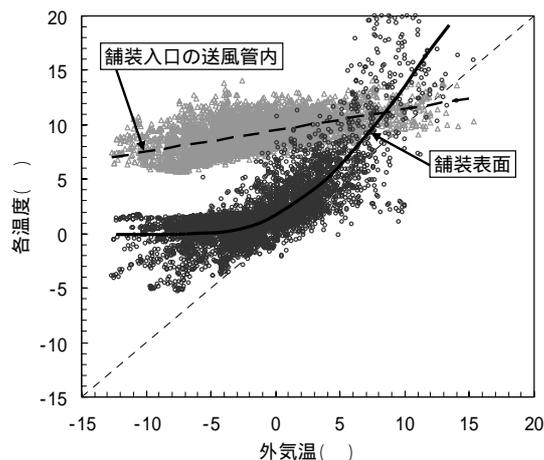


図-3 外気温と各温度の関係

キーワード：未利用エネルギー、下水熱、融雪舗装、路面露出率、熱量計算

連絡先：〒300-4111 茨城県土浦市大畑 208 前田道路(株)技術研究所 TEL;029(833)4311 FAX;029(833)4312

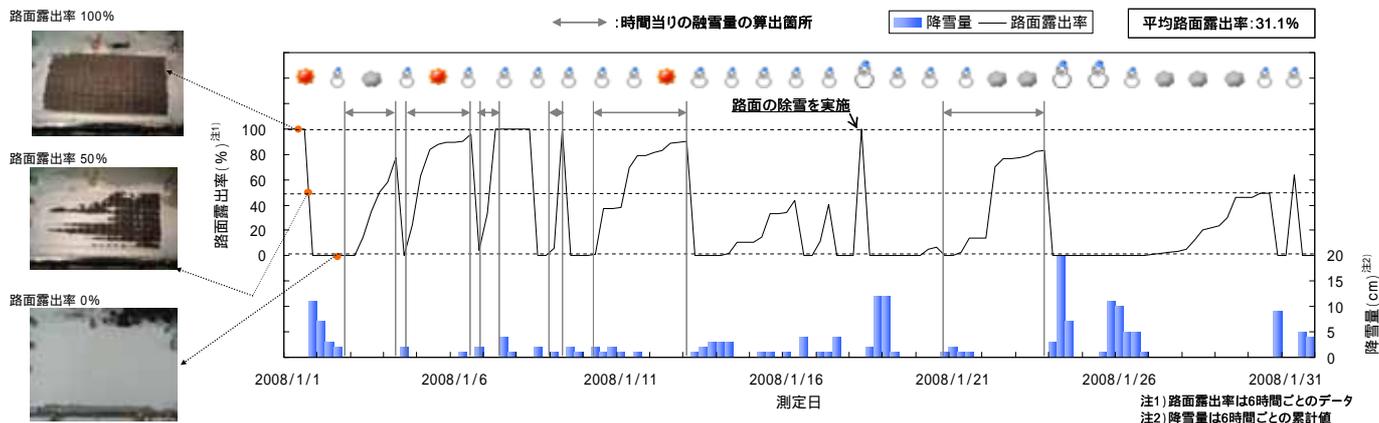


図-4 降雪量と路面露出率 (2008年1月)

4. 熱量計算による融雪効果の検証

熱量計算により本システムの融雪効果を算出し、試験施工の調査結果と比較した。表-1は、計算に用いた設定値と計算結果である。熱量計算では、舗装内に送風する空気の熱量が、すべて融雪に必要な熱量(融雪熱量)に利用されると仮定し、12月から3月までの各月について、図-5に示す流れで算出した。顕熱、融解潜熱、融雪熱量は、ロードヒーティングの路面の融雪効果に必要な発熱量の計算式¹⁾を参考にした。融雪効果は、時間当りに融雪可能な積雪量(t)として表した。その結果、本システムで融雪可能な積雪量は0.3cm/hとなり、実地での融雪効果の検証結果と符合する。

表-1 熱量計算に用いた設定値

項目	記号	単位	12月	1月	2月	3月
雪の比熱	Cs	kJ/(kg·)	2.093			
雪の融解潜熱	Js	kJ/kg	335			
雪の密度	s	kg/m ³	80			
雪の温度 ^{注1)}	Ts		-3.1	-6.9	-7.9	-1.7
外気温 ^{注2),注4)}	To		-3.1	-6.9	-7.9	-1.7
融雪時路面温度	Tm		1.0			
融雪の熱効率			0.75			
空気の比熱	Ca	kJ/(kg·)	1.006			
空気の温度(舗装入口) ^{注4)}	Tai		9.4	7.8	9.8	9.7
空気の温度(舗装出口) ^{注4)}	Tao		5.1	3.8	4.9	5.9
送風量 ^{注4)}	Q	m ³ /h	181			
送風面積 ^{注4)}	A	m ²	9.56			
空気の密度 ^{注3),注4)}	a	kg/m ³	1.250	1.257	1.248	1.249
結果 融雪可能な積雪量	t	cm	0.3	0.3	0.3	0.3

注1) 外気温と同一
 注2) 各月の日最低平均気温
 注3) Tai()における空気の密度: 1.293/(1+0.00367Tai()) × H(mmHg) / 760
 舗装入口の空気の温度(Tai), 1気圧として算出
 注4) 試験施工結果から設定

一方、気象庁の統計値(2007年12月~3月)から、時間最大降雪量を求めると6cm/hとなる。この量を融雪するには20時間を要す計算となる。また、1日の最大積雪量は106cmであり、この場合、本システムでは融雪に約15日間要する計算となるが、時間をかけることによって融雪は可能であると考えられる。

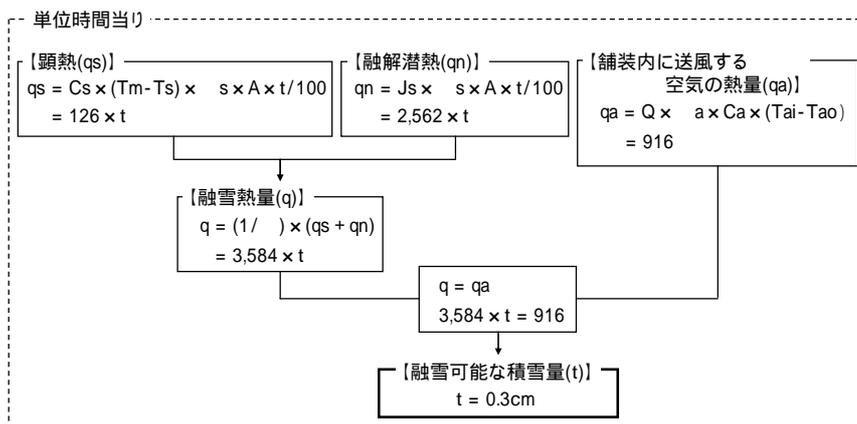


図-5 単位時間当りに融雪可能な積雪量の算出結果 (2008年1月)

5. おわりに

本文は、未利用エネルギーである下水熱を融雪舗装の熱源として有効利用できる可能性を示した。本システムの利点としては、電気式ロードヒーティングと比較した場合、消費電力量(kWh)で約70%の削減が見込まれる。今後、本システムの実用化および工法の確立に向けて、効率的なヒーティング方法や建設コストの低減に関する検討等を実施していく予定である。また、熱量計算に関しては、ロードヒーティングの計算式を用い試算を行ったが、暖気を融雪の媒体とした本システムのメカニズムに最適な理論解析手法の検討を進め、計算精度を高めていく所存である。

【参考文献】1) 植野英睦ほか: ロードヒーティングの融雪性能に対する舗装構成の影響について, 第17回ふゆトピア研究発表会論文集, 2005.2