積雪寒冷地における舗装体温度に関する一考察

国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　正会員　○安倍　隆二
国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　正会員　木村　孝司
国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　正会員　上野　千草

１．はじめに

「舗装の構造に関する技術基準」によりアスファルト舗装の設計方法は、従来の仕様規定から性能規定化に向けて転換することになり、設計の自由度が高まっている。本研究では積雪寒冷地においてアスファルト舗装の理論的設計方法を適用するために調査した舗装体温度の推定法や融解期における支持力の低下期間に関する環境条件に着目した検討を行った。

２．アスファルト混合物層の温度の推定

「舗装設計便覧」では、気温とアスファルト混合物層温度との実測データから設計に用いる温度を設定することが望ましいとされているが、空港舗装等の限られた箇所の温度計測は可能であるが、延長が長い区間の国道等では現実的には厳しいと考えられる。また、「舗装設計便覧」では、アスファルト混合物の温度測定ができない場合、気温データからアスファルト混合物層の温度を推定する（1）式が1例として示されている。

$$M_P = M_a\left[1+\frac{2.54}{z+10.16}\right]-\frac{25.4}{9(z+10.16)}+\frac{10}{3} \qquad (1)$$

ここに、
Mp：月平均舗装温度（℃）
Ma：月平均気温（℃）
Ｚ　：温度を推定しようとしている点の表層上面からの深さ（cm）

本研究では、試験施工箇所で計測した舗装温度（以下、実測温度）とアメダスデータを用いて(1)式より推定した舗装温度（平均舗装温度は上面から舗装厚の1/3の位置）（以下、推定温度）を比較し、積雪寒冷下の気象条件における推定式の適用の可能性を検討した。

温度測定箇所は、苫小牧市、稚内市、石狩市、留萌市で実施した。苫小牧市の測定箇所は寒地土木研究所所有の苫小牧寒地試験道路（舗装厚t=12cm、20cm）、稚内市は一般国道235号稚内市声問（舗装厚t=9cm、15cm、27cm）、石狩市は一般国道231号石狩市浜益（舗装厚t=15cm）、留萌市は深川・留萌自動車道の本線上（舗装厚t=15cm）で舗装の温度計測を行った。試験施工箇所の舗装厚は9～27cmの範囲であり、舗装厚さ、地域差、および表層混合物の種類の違いによる推定式の精度を評価した。苫小牧市は積雪の少ない地域、石狩市および留萌市は雪の多い地域であり冬期路面は圧雪路面になる地域である。稚内工区の熱電対は路肩部に設置したため、冬期間の温度は除外した。表層混合物の種類は留萌市の表層だけが排水性舗装であり、他の工区は密粒度アスコン13Fである。

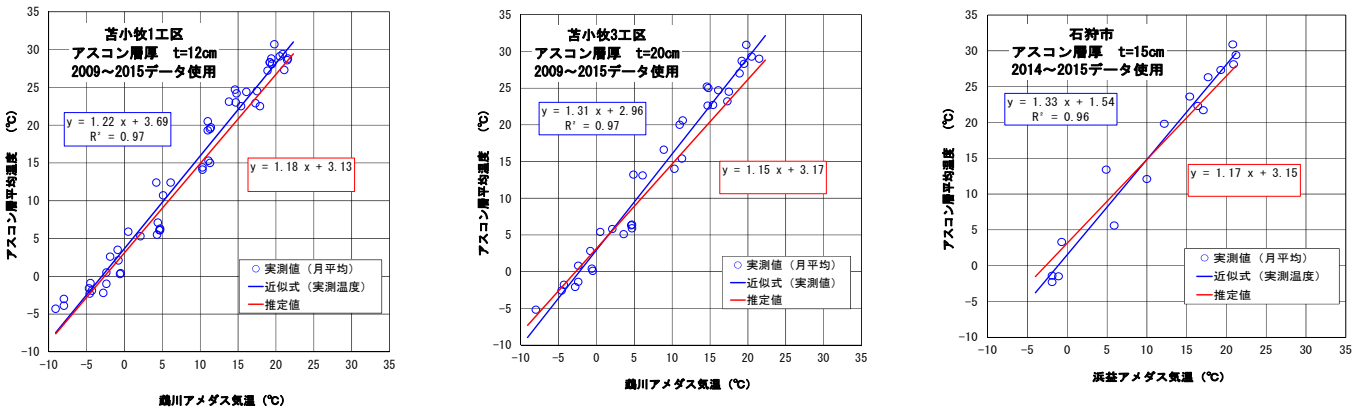

図-1　実測温度と推定温度の関係（苫小牧１工区(t=12cm)、苫小牧３工区(t=20cm)、石狩市(t=15cm)）

キーワード：積雪寒冷地、アスファルト舗装、理論的設計方法、融解期、支持力低下
連絡先：〒062-8602　札幌市豊平区平岸 1-3-1-34　TEL：(011)841-1747　FAX：(011)841-9747

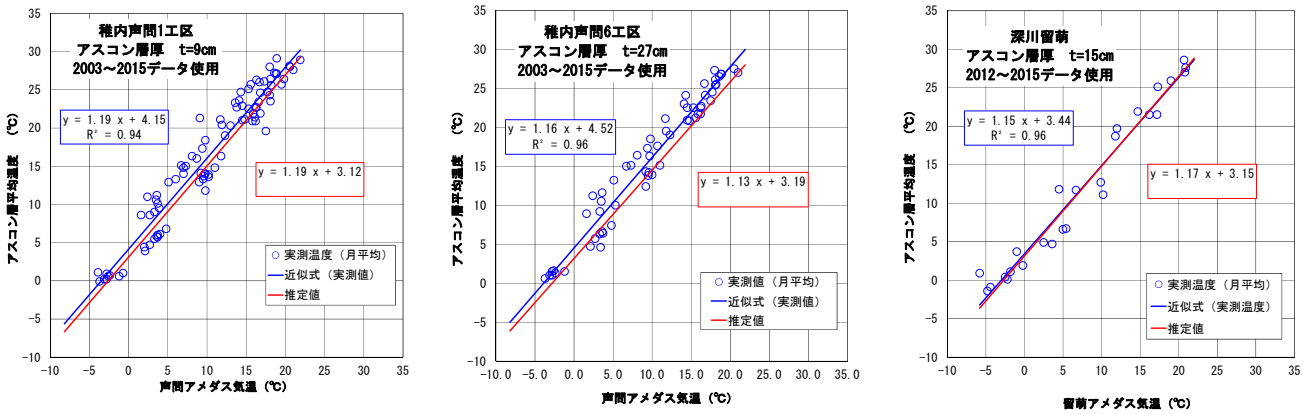

図-2　実測温度と推定温度の関係（稚内1工区(t=9cm)、稚内3工区(t=27cm)、深川留萌道(t=15cm)）

表-1　実測温度と推定温度の温度差

調査箇所		苫小牧寒地試験道路		稚内試験舗装			石狩市	留萌市
工区名		1工区	3工区	1工区	3工区	6工区		
舗装厚(cm)		12	20	9	15	27	15	15
実測温度(℃)	0	3.7	3.0	4.2	4.7	4.5	1.5	3.4
	10	15.9	16.1	16.1	16.7	16.1	14.8	14.9
	20	28.1	29.2	27.8	28.5	27.6	28.1	26.4
推定温度(℃)	0	3.0	3.1	4.4	3.2	3.2	3.2	3.2
	10	16.1	14.9	16.3	14.9	14.5	14.9	14.9
	20	29.2	26.7	28.2	26.6	25.8	26.6	26.6
温度差(℃)	0	0.7	-0.2	-0.3	1.5	1.3	-1.6	0.3
	10	-0.2	1.1	-0.2	1.8	1.6	0.0	0.1
	20	-1.1	2.4	-0.4	1.9	1.8	1.6	-0.1

表-2　路床の含水比が高い期間（上段：稚内、下段：苫小牧）

（稚内）

年度	含水比期間		含水比が高い日数	含水比が高い月数
	開始	終了		
2008	3月11日	5月4日	54	1.8
2009	3月18日	4月21日	34	1.1
2010	3月24日	4月23日	30	1.0
2011	3月19日	4月8日	20	0.7
2012	3月23日	4月24日	33	1.1
2013	3月27日	4月24日	29	1.0
2014	3月22日	4月9日	18	0.6
2015	2月25日	3月24日	26	0.9

（苫小牧）

年度	含水比期間		含水比が高い日数	含水比が高い月数
	開始	終了		
2010	2月25日	3月13日	16	0.5
2011	2月16日	3月12日	24	0.8
2012	3月1日	3月24日	23	0.8
2013	2月27日	3月4日	34	1.1
2014	2月26日	4月4日	36	1.2
2015	2月17日	4月3日	45	1.5

図-1の左、中央に苫小牧寒地試験道路で計測した苫小牧1工区と苫小牧3工区の実測温度と推定温度の関係を示す。なお、使用した実測温度データは月平均気温である。苫小牧寒地試験道路は、積雪量が少ないため、冬期間の路面状態はアスファルト舗装が露出している状態が多い。苫小牧1工区は舗装厚12cm、苫小牧3工区は20cmの舗装厚である。実測値と推定値の差は0～20℃の温度領域では1工区で-1～+1℃程度、3工区では0～+2℃程度の精度である。**図-1**の右に石狩工区の実測温度と推定温度の関係を示す。この箇所は冬期間、圧雪路面になる箇所である。実測値と推定値の温度差は0～20℃の温度領域では、-2～+2℃程度である。

図-2の左、中央に稚内試験舗装箇所の実測温度と推定温度の関係を示す。1工区の舗装厚は9cm、3工区は15cm、6工区は27cmである。熱電対の埋設位置を路肩部としたため、堆雪の影響を考慮し1月～3月のデータを除いて整理した。実測値と推定値の温度差は、1工区は-1～0℃、3、6工区で0～+2℃程度であり、舗装厚が異なっても同程度の精度である。**図-2**の右に留萌工区の実測温度と推定温度の関係を示す。この工区は表層に排水性舗装を施工しており、冬期間は圧雪路面になることもある区間である。実測値と推定値の差は0～20℃の温度領域では、-1～+1℃の範囲であり、排水性舗装でも温度の推定が可能であることが確認された。

表-1に全ての試験施工箇所の実測温度と推定温度の温度差を示す。温度領域、舗装厚、試験施工箇所の位置、表層混合物の種類が異なっても、実測温度と推定温度の温度差は-2～+2℃程度であり、アメダスデータの平均気温データで(1)式を用いアスファルト混合物層の温度を推定しても精度良く温度を推定できることを確認した。

３．融解期における支持力低下する期間

理論的設計方法では月毎の弾性係数を算出するため、融解期の期間を設定し舗装断面を設計することができる。**表-2**に水分計による苫小牧1工区、稚内1工区の路床の含水比が高い期間を示す。苫小牧の含水比が高い日数は16～45日間であり、融解期間は2月中旬から4月上旬頃で最大2ヶ月程度となる。稚内において含水比の高い日数は18～54日であり、融解期間と判断できる区間は概ね3月中旬から5月上旬頃で、最大2ヶ月程度となる。稚内工区と苫小牧工区の融解期間は概ね同程度であるが、融解期の開始と終了時期が異なり、気象条件により地域差があることが確認された。