

V-2 低温クラックの発生とアスファルトの低温性状について

北海道開発局 開発土木研究所 正員 蛸子 恭好
 " " 野竹 俊雄
 " " 正員 高橋 守人

1. はじめに

アスファルト舗装に発生する低温クラックには、補修の難しさや水の浸入による舗装全体の破壊といった問題がある。低温クラック発生に関する主要因としては、アスファルトの低温性状、気象条件、舗装の厚さ、そして舗装の経過年数に関することが今までの調査から明らかになっている。¹⁾ このうち、最も重要な要因であり最も有効な対策を講ずることが可能な要因は、アスファルトの低温性状である。低温域におけるアスファルトの試験法には、ヨーロッパなどで採用されているフラス脆化点試験および米国SHRPで開発されたベンディングビームレオメーター、ダイレクトテンションテスターによる試験があるが²⁾、現在、日本において一般的に採用されているアスファルトの評価試験は、針入度、軟化点といった比較的高温域でのものであり、低温域の評価はほとんど行われていない。フラス脆化点試験は、日本においても比較的古くから研究され品質管理に用いられていたが、精度上の問題や、アスファルト混合物の低温性状との対応等が不明確であるとの指摘があったが³⁾、精度向上を図るために改良されたフラス脆化点試験機により、種々のアスファルトのフラス脆化点と低温クラックの発生との関係を調べた^{4) 5) 6) 7)}。本文では、これらの成果をもとに、北海道における低温クラック抑制に必要なアスファルトの性状について検討を行った。

2. 調査項目

2. 1. フラス脆化点の測定

現在北海道で標準的に用いられている針入度級80/100のストレートアスファルトの低温性状を調べるため、道内13箇所のプラントからアスファルトを採取して試験を行った。また、針入度級の異なるアスファルトを用いて試験施工を行った舗装からアスファルトを回収し、フラス脆化点を測定した。

2. 2. クラック調査¹⁾

クラック調査対象地域は、低温クラックの発生が顕著に見られる道東地域の国道約2,300kmとした。そのクラック分布図を図-1に示す。クラックの調査方法は3年に1度行っている路面性状調査の際に撮影したビデオテープを用い、車線長以上に伸展した横断方向のクラックを把握し、1km毎の合計本数をクラック発生率と定義した。



図-1 道東地域のクラック分布図

Study on The Occurrence of Low Temperature Cracking and the Low Temperature Properties of Asphalt
 by Yasuyoshi Ebiko, Toshio Notake, Morito Takahashi

同時に舗装の建設年次、修繕等の補修年次、交通量区分、アメダスの気温データといった項目も調査しデータベース化した。また、針入度級の異なるアスファルトを用いて行った試験施工箇所においては、現地調査により低温クラックの発生状況の詳細を調査した。

2. 3. 気温の調査⁸⁾

低温クラックの発生の外的条件のうち、最も支配的と考えられる最低気温に関する調査を行った。気温のデータは、道内163箇所のアメダスデータ（1983年度～1992年度）のうち、北海道において凍結指数の最大値が最も多く出現した年度（1985.11～1986.4）のデータを代表的な冬期の気温データとして採用した。

3. 試験及び調査結果

3. 1. アスファルトのフラース脆化点

道内13のプラントから採取したストレートアスファルトのフラース脆化点の試験結果を表-1に、フラース脆化点の分布を示したものを図-2に示す。フラース脆化点は、-11℃から-15℃の範囲に分布しており、平均が-13.5℃となっている。同一針入度級のアスファルトでもフラース脆化点に関してはこの程度の幅を持っているものと考えられる。

3. 2. 北海道の冬期の最低気温

低温クラックの発生に関係すると思われる外的条件のうち、その一つは年最低気温（極値）である。しかし年最低気温は単一の値であるためその箇所固有の寒冷度を代表しているとは言えず、最寒月である1月の平均日最低気温との関係を比較した。図-3は、年最低気温と1月の平均日最低気温の関係を示したものである。これから、年最低気温と1月の平均日最低気温は相関係数が0.86と比較的良好な相関があることから、年最低気温はその箇所固有の寒冷度を表す指標と考えることができる。ただし、年最低気温は1月の平均日最低気温より10℃近く低い気温であり、個々の点で見るとばらつきもあることに留意する必要がある。図-4は、年最低気温の分布を示したものである。これを見ると、北海道内においては同一の緯度であっても地理的、地形的な条件から年最低気温が大きく異なり、また局地性が強いことも分かる。このことから、低温クラック対策の検討においては道内一律の対策ではなく、地域特性に十分配慮する必要があると考えられる。

表-1 フラース脆化点試験の結果

プラント	針入度 (1/10mm)	軟化点 (℃)	フラース脆 化点℃
1	89	45.0	-13
2	92	46.0	-15
3	92	45.5	-14
4	88	45.5	-11
5	83	46.0	-15
6	89	45.0	-15
7	89	45.0	-13
8	95	46.0	-13
9	83	46.0	-12
10	89	45.5	-13
11	92	46.0	-14
12	92	45.5	-13
13	95	46.0	-15
平均	89.8	45.6	-13.5

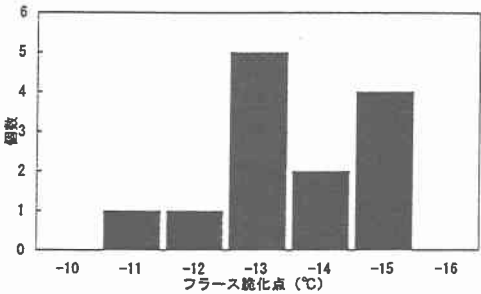


図-2 プラント採取アスファルトのフラース脆化点の分布

3. 3. 試験施工箇所の調査結果

針入度級の異なるアスファルトを用いて行った3箇所の試験施工の調査結果を表-2に示すが、この表から以下のようなことが分かった。

- ・回収したアスファルトの針入度は、精油所での試験表値に比べて大きく低下している。
- ・針入度の大きなアスファルトほど、残留針入度は大きい傾向がある。
- ・フラス脆化点が数℃異なると低温クラックの発生本数に差が見られるが、フラス脆化点が低い値の工区では低温クラックの発生が少ない。

なお、それぞれの箇所は施工年度が異なることやオーバーレイ工事であることから、旧舗装の影響が出ている可能性もあるため、単純に比較することは難しい。

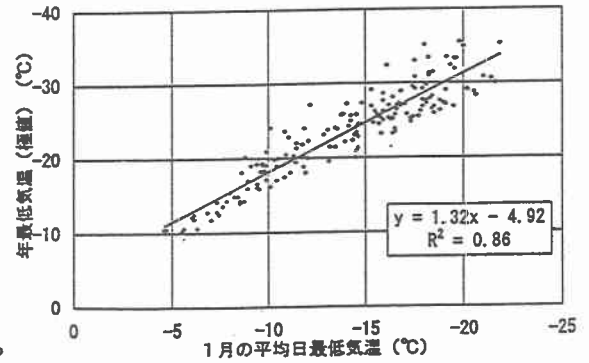


図-3 年最低気温と1月の平均日最低気温

表-2 試験施工箇所の調査結果

	施工年度	針入度級 ¹⁾	当初	抽出			年最低 気温 ²⁾ ℃	ｸﾗｯｸ率 (本/km)
			針入度 (1/10mm)	針入度 (1/10mm)	ﾌﾗｰｽ 脆化点℃			
R242陸別	H 1	80/100	89	40	-14	-30	20.0	
		160	164	95	-18		3.3	
		140	120	52	-15		13.3	
		140(打換え)	120	56	-16		0.0	
R273糠平	S 5 6	80/100	91	83	-17	-26.8	8.5	
		150	168	119	-19		11.5	
R273幌加	S 6 0	80/100	88	66	-13	-26.8	40.8	
		100/120	—	67	-16		11.9	



図-4 年最低気温 (極値) (1985 年度)

4. 考察

フラス脆化点、気温とクラック発生率の関係が明らかになれば、フラス脆化点の改善による低温クラックの抑制効果を予測することが可能となる。先にも述べたように、低温クラックの発生にはフラス脆化点、気温以外に、舗装厚、経過年数も関係し、さらに積雪状況、日射、風速の影響といった個々の現場条件の違いも関係してくるため、個別の箇所の検討には多くのデータが必要となってくる。今回は、各地点での細かな分析ではなく、調査対象とした延長 2,300km の道路のデータをもとに平均的な傾向の分析を試みることにした。室内試験で得られたフラス脆化点とアスファルト混合物の関係、そして現地調査から得られた年最低気温とクラック発生率との関係から、フラス脆化点、気温とクラックの発生率の対応関係を導いた。その次に針入度級の異なるアスファルトを用いた試験施工箇所の調査結果から検証を行った。

4. 1. 年最低気温とクラック発生率

国道 2,300km の低温クラック調査の結果から、年最低気温を 4 ランクに分けてクラック発生率と年最低気温との対応関係を調べた。その結果を図-5 に示す。これから、年最低気温が低くなるほどクラックの発生率が大きくなっており、クラック発生率は気温と密接に関係していることが分かる。なお、クラック発生に直接影響を及ぼすのは気温というより舗装体の温度であり、調査結果を検証していく上ではの値を用いるべきであるが、過去の舗装体温度の測定結果¹⁰⁾をもとに、以下のような理由から舗装体温度の代わり

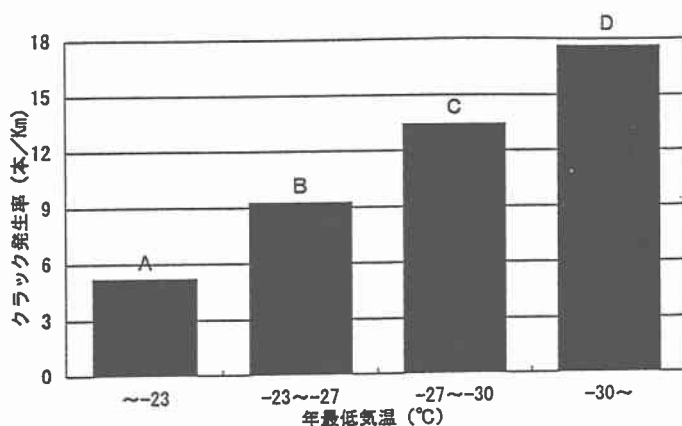


図-5 年最低気温とクラック発生率

- ①一般に舗装体の日最低温度は日射の影響が少ない夜明け前後に生ずることから、日射の影響を受ける最高温度に比べて気温との差は小さい。
- ②一般に 0℃以下の気温条件の場合には、舗装体の日最低温度は日最低気温と等しいか、20%程度高くなる傾向があるが、低温クラックの抑制といった観点からは最低気温を用いることが安全側の値となる。

4. 2. フラス脆化点およびクラック発生率の対応

アスファルト単体のフラス脆化点とアスファルト混合物の熱応力破壊温度には、良い相関関係があることと言われ¹¹⁾、森吉らにより次の関係式が発表されている。

$$Y = 0.933X - 15.2 \quad \dots (1)$$

ここで、Y：熱応力破壊温度

X：フラス脆化点

針入度級 80/100 のストレートアスファルトのフラス脆化点はほぼ 14℃であり、式(1)からこ

ることが分かるが、実際の現地における低温クラックの発生温度が熱応力破壊温度に対して5℃近く高いのは、アスファルトの経年変化による劣化があることなどが影響しているものと考えられる。

4. 3. フラース脆化点の改善による低温クラック抑制効果

現地における低温クラックの発生率と気温から、北海道で標準的に使用しているアスファルトの適用限界最低気温は-23℃付近であることが分かったが、ここではこれ以下の寒冷な地域で発生している低温クラックを抑制するために必要なアスファルトの条件について考察を行った。ちなみに北海道における最も寒冷的な箇所の年最低気温は約-35℃である。

徳光らの高針入度アスファルトのフラース脆化点の試験結果¹¹⁾によれば、針入度級 120/150 で-17℃、200/300 で-21℃、400/500 で-27℃となっている。したがって年最低気温が-25℃付近の地域は針入度級が200/300、-30℃付近ならば400/500 クラスの高針入度級のアスファルトを選択する必要がある。しかし、図-4のBランクに相当する1 km 当たり9本程度のクラックの発生を許すとすれば、針入度級をそれぞれ1ランク程度下げることでもある。供用期間中にどの程度低温クラックの発生を許容すべきかは、補修費用も含めた舗装のライフサイクルにおけるトータルの経済性を考慮する必要がある。

4. 4. 試験施工における検証

陸別で行った針入度が約160の特殊アスファルト使用工区では、低温クラックの発生が極めて少なかった。これはフラース脆化点が-18℃と低いことと、この箇所が平成元年度施工で経過年数が比較的短いということも、クラックが発生していない原因と考えられる。一方、針入度級 80/100 のアスファルトを用いた工区は低温クラックの発生が多かったが、これは、このアスファルトのフラース脆化点が-14℃と、特殊アスファルト使用工区と比較して4℃の差があったことが原因と考えられる。

糠平におけるアスファルトの針入度級 80/100 と 150 の工区においても低温クラックの発生本数は少なかった。これは、それぞれのフラース脆化点が-17℃および-19℃と低いことが原因である。しかし、陸別で行った針入度が約160の特殊アスファルト使用工区と針入度級 150 の工区とを比較すると、フラース脆化点が-19℃と低いにも関わらずクラックの発生本数が増えている。これは施工年度がS56年とかなり古いことが影響しているものと思われる。

糠平とほぼ同じ地域にある幌加での施工では、針入度級 80/100、100/120 のアスファルトを用い、フラース脆化点はそれぞれ-13℃、-16℃であった。針入度級 100/120 の工区ではクラックの発生は糠平同様に少ないレベルにあるが、針入度級 80/100 のアスファルトを用いた工区では低温クラックの発生が多くなっている。

この3箇所での試験施工の結果から、クラックの発生は針入度よりもフラース脆化点に依存しており、-15・6℃付近でクラックの本数に差が出てくることがわかった。また、フラース脆化点とクラック発生率が比較的良く対応していることがわかり、このことから、使用するアスファルトのフラース脆化点をあらかじめ測定することによってその地域ごとの舗装の供用期間中のクラック発生率をある程度予測することが可能と考えられる。

5. まとめ

試験・調査結果のまとめは以下のとおりである。

- ・クラックの発生は針入度よりもフラース脆化点に依存している。
- ・フラース脆化点が-15・6℃付近でクラックの本数に差が出ている。

- ・低温クラックの発生を抑制するためには、フラス脆化点の低い低温性状の優れたアスファルトの採用を検討する必要がある。

6. おわりに

低温クラックの抑制に必要なアスファルトの低温性状の目安を示したが、これはマクロ的な視点からの検討であり、室内試験と現地調査の結果から地域ごとのクラック発生率をある程度予測し抑制することは可能であるが、既設舗装の傷み具合・舗装厚・気温・舗装体温度・交通量などが異なる現場での詳細な対応にはまだ精度は十分とは言えない。また、低温性状に優れた柔らかいアスファルトは交通量の多い区間において耐流動性についてのチェックが必要である。この他に、低温性状に優れたアスファルトの研究開発が望まれる。

参考文献

- 1)阿部篤・小笠原章・野竹俊雄：北海道における低温クラックの発生実態について、土木学会第50回年次学術講演会概要集第5部、pp514～515
- 2)National Reserch Council:The SUPERPAVE Mix Design System Manual of Specifications,Test Methods,and Practes,SHRP-A-379,Strategic Highway Reserch Program
- 3)日本道路協会：舗装試験法便覧
- 4)森吉昭博・藤原正浩：アスファルトの低温脆性の評価に関する研究、土木学会論文集第408号/V-11 pp131～138 1989
- 5)佐々木克典・柴田哲史・川村和幸・水島達朗：フラス脆化点試験、開発土木研究所月報 No444 1990、5
- 6)森吉昭博・川村和幸：アスファルトの低温領域における破壊ひずみ、石油学会誌 第35巻 第4号、pp353～357 1992.7
- 7)森吉昭博・川村和幸：低温領域のアスファルト性状の測定法、石油学会誌 第36巻 第2号、pp139～143 1993.3
- 8)小笠原章・阿部篤・野竹俊雄：気温とアスファルトのぜい化点が低温クラックに与える影響について、土木学会第50回年次学術講演会概要集第5部、pp512～513
- 9)Mary Stroup-Gardiner,Dave Newcomb,Rechel DeSombre:Characterizing Properties of Asphalt Cement at Cold Temperatures,preprint(960826),Transportation Reserch Board,75th Annual Meeting,January 7-11 1996
- 10)太田昌明・久保宏・熊谷茂樹・菅原竜造：舗装体の温度について、土木試験所月報第193号 pp19～43、昭和44年6月
- 11)徳光克也・森吉昭博・中島隆種々のアスファルトの低温領域における破壊包絡線、石油学会誌 第37巻 第4号 pp455～460 1994.7