HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	低温領域におけるアスファルトのぜい化点
Author(s)	森吉，昭博；徳光，克也；天野，隆明 他
Description	技術報告
Citation	日本雪工学会誌，12(1)，53-60
Issue Date	1996-01-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40095
Type	journal article
File Information	moriyoshi_JSE12.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

技術報告

日本雪工学会誌
J. of Snow Eng. of Japan
Vol.12 No.1, 53-60, Jan. 1996

低温領域におけるアスファルトのぜい化点

Scattering of Brittle Point of Various Asphalts

森吉昭博*1・徳光克也*2
Akihiro Moriyoshi　Katsuya Tokumitsu

天野隆明*3・笠原彰彦*4
Takaaki Amano　Akihiko Kasahara

Abstract

This paper describes the test results of penetration test, softening point test and Moriyoshi Breaking Point test for new asphalts and asphalts recovered from various fields. Flow and cracking of flexible pavements depend upon the brittle point of asphalts, but research of those points have not been conducted.

It is concluded that scattering of brittle point of asphalts for new and recovered asphalts was remarkably large and it seems that those points controlled various crackings of flexible pavements.

1．まえがき

アスファルト舗装はあるときにはわだち掘れが生じたり，あるときには亀裂が生じたりする。この原因は結合材としてのアスファルトが粘弾性体であることに起因していると考えられる。しかしながら，従来からアスファルト舗装のこのわだち掘れ現象と亀裂現象の境目の温度を示すぜい化点の重要性についてはあまり注目されていなかった。最近のアスファルト舗装のようにある区間にはわだちが生じたり，ある区間では亀裂が生ずるのも使用しているアスファルトのぜい化点がアスファルト混合物のぜい化点と対応しているため，この変動によることが大きいと考えられるが，このようなアスファルトのぜい化点の変動についての報告例はほとんど見当たらない。

本研究は舗装新設用のアスファルトで製油所からプラントを経由してアスファルト舗装から回収されたアスファルトに至るまでのアスファルトや，タンクローリ等から採取したアスファルトのぜい化点の変動を中心に種々の性状について測定した結果とタイヤ接地部で縦亀裂が比較的多く発生している既設の3地区のアスファルト舗装で針入度級が全く同一の舗装から回収したアスファルトおよび横断亀裂現

＊1　北海道大学工学部　土木工学科　教授
＊2　北海道大学工学部　土木工学科　研究生
＊3　北海道大学大学院　工学研究科　土木工学専攻
＊4　日本鋪道株式会社　技術研究所

象の著しい箇所で針入度級が同一の舗装から回収したアスファルトのぜい化点の変動とこれらのぜい化点と亀裂との対応についても検討した。

実験の結果，舗装新設用のアスファルトおよび既設のアスファルト舗装から回収したアスファルトについてもぜい化点が著しく異なること，またぜい化点は種々の亀裂現象と密接な関係にあること等が明らかにされた。

2．実験方法

アスファルトの試験方法として森吉ぜい化点試験，針入度試験（JIS K 2530）および軟化点試験（JIS K 2531）を実施した。このぜい化点がフラースぜい化点およびアスファルト混合物のぜい化点と対応関係にあることはすでに筆者等により報告されている。

森吉ぜい化点試験の方法は以下の通りである。

直径14cm，深さ1cmの特別注文のステンレス製のⅢ2個にアスファルトを130℃で加熱溶融し，50gずつとり，これを130℃の恒温室の中で10分間以上養生し，その後自然冷却し，45℃の恒温室に10分間以上保管する。冷媒がメタノールの低温水槽内にこの試料を1分間投入し，アスファルトに亀裂があるかどうかを目で判定する。両試料の亀裂発生の温度差が2℃以上あれば，実験はやり直す。この結果，両試料の高い温度をこのアスファルトの森吉ぜい化点温度（以下これを単にぜい化点と呼ぶ）とする。ぜい化点のバラツキは数百種類にわたるアスファルト試料について実験した結果，同一アスファルトで±1℃以下であることがすでに確認されている。

3．使用アスファルト

3.1 舗装新設用のアスファルト

3.1.1 試験舗装用アスファルト

アスファルト舗装の横断亀裂対策の一環として実施された同一地域内の2工区（日最低気温の月別平均値が厳寒期で−11.3℃）で針入度級の異なる2種のアスファルトについてぜい化点の変動について検討した。使用したアスファルトの性状はTable-1に示す。

Table-1のアスファルトBで薄膜加熱試験後のアスファルトのぜい化点を設定したのはこのぜい化点がアスファルト舗装の横断亀裂現象と対応しており，この地域の外気温の最低温度が−25℃とかなり低いことが予想されるためである。（横断亀裂現象はアスファルトのぜい化点とその箇所の厳寒期の路面温度が支配的である。一方通常の場合，「アスファルトのぜい化点＋38℃」が60km/hの車両走行速度のもとのアスファルト舗装のぜい化点に相当し，この舗装体のぜい化点より低温側ではアスファルト舗装に亀裂現象が，またこれより高温側ではわだち掘れ現象発生の可能性があることを意味している。）

ここで使用したアスファルトAは通常のルートで入手可能な針入度級80/100のアスファルトであり，一方，アスファルトBは針入度級120/150の特別注文のアスファルトで上記のぜい化点の規格をクリアーすることが望まれていた。ここではいずれのアスファルトもアスファルト安定処理層，基層および表層用に同一のアスファルトを使用した。

両者のアスファルトは製油所からデポ，プラント，回収アスファルトと一連のアスファルトの流れの中でぜい化点の変動について検討した。

Table-2は両アスファルトの製油所からプラントに至るまでの温度を示す。これより，プラントに入るまでの両アスファルトはいずれもかなり高温で保温されていることがわかる。

Table-3は両アスファルトの各地点におけるぜい化点の変動および○印内にその個数を示す。これより，アスファルトAはアスファルトBと比較して若干ぜい化点のバラツキが大きい傾向にあり，一般にぜい化点は同一のアスファルトにもかかわらず製油所からデポ，プラント，回収アスファルトとアスファルトが移動する度に若干高くなっていく傾向にある。両者共デポと回収アスファルトとのぜい化点との差は平均値でほぼ5℃であるが，回収アスファルトと薄膜加熱試験後のアスファルトのぜい化点との差は平均値で0.4〜0.5℃と両者は非常に似た値となる。

Table-4は両アスファルトの使用日時毎のぜい化点を示す。これよりアスファルトAについて以下のことがわかる。

Table-1 The Properties of Asphalts in Refinery

	(80/100) Asphalt A 1988.7.10.	(120/150) Asphalt B 1989.6.1.
Pen.(25℃,100gr,5sec)	92	140
Softening Point (℃)	46.0	43.0
P.I.	−0.7	−0.3
Ductility (cm)	100+	100+
Thin Film Oven Test		
Penetration Ratio	69.8	
Fraass Breaking Point (℃)		−15
Moriyoshi Breaking Point (℃)		−23
Specific Gravity (g/cm³)	1.032	1.021

Table-2 Temperature of Asphalts (℃)

	Asphalt A (a)(80/100)	Asphalt B (b)(120/150)	Difference (a)-(b)
Refinery	380−390	350	30−40
Picking up Asphalt	180−200	170−190	10
Tunk of Asphalt	180−190	160−170	20
Filling to Ship	180−190	150−160	30
Transportation	180−190	150−160	30
Arrived at Depot	165−180	135−150	30
Tunk of Asphalt	175−185	140−150	35
Carrying out	175−185	160−170	15
Arrived at Plant	160−175	145−160	15
Tunk of Asphalt	150−160	140−150	10

Table-3 Moriyoshi Breaking Point of Asphalts

Temp.(℃)		Difference(℃) (Max-Min)	Standard Deviation (℃)	Ave.(℃)
Asphalt A (80/100)				
Depot	−31∼−29	2	0.8	−30.5 ④
Plant	−29∼−26	3	1.1	−27.4 ⑨
Recovered	−27∼−24	3	1.3	−25.4 ⑨
TFOT	−28∼−23	5	1.6	−24.9 ⑨
Asphalt B (120/150)				
Refinery	−32∼−30	2	1.3	−30.5 ④
Depot	−34	0	0.0	−34.0 ④
Plant	−31∼−29	2	0.7	−29.6 ⑨
Recovered	−30∼−27	3	0.9	−29.0 ⑧
TFOT	−30∼−27	3	1.1	−28.6 ⑦

Table-4 The Results of Moriyoshi Breaking Point (℃)

Asphalt A (80/100)

Depot (Date)		Plant (Date)		TFOT (Date)		Recovered Asphalt (Date)		
(9/3)	−29	(10/3)	−28			(10/20)	−27	Base Course
(10/24)	−31	(10/25)	−28			(10/24)	−27	Base Course
		(5/23)	−26	(5/23)	−25	(5/27)	−24	Base Course
(6/1)	−30	(5/27)	−27	(5/27)	−25	(6/14)	−25	Binder
		(6/16)	−26	(6/16)	−24	(6/19)	−24	Binder
		(6/21)	−27	(6/21)	−24	(6/27)	−25	Binder
(7/10)	−30	(7/10)	−29	(7/10)	−28	(7/14)	−27	Surface
		(7/14)	−29	(7/14)	−25	(7/14)	−26	Surface
		(7/27)	−27	(7/27)	−23	(7/27)	−24	Surface

Asphalt B (120/150)

Refinery (Date)		Depot (Date)		Plant (Date)		TFOT (Date)		Recovered Asphalt (Date)		
				(10/10)	−31					
				(10/27)	−30			(10/27)	−30	Base Course
(4/22)	−30	(5/26)	−34	(5/7)	−30	(5/7)	−29	(5/25)	−30	Base Course
(5/30)	−31	(6/2)	−34	(6/13)	−29	(6/13)	−29	(6/10)	−29	Binder
		(6/15)	−34	(6/22)	−29	(6/22)	−27	(6/22)	−27	Binder
				(6/28)	−30	(6/28)	−30	(6/28)	−29	Binder
(7/12)	−32	(7/18)	−34	(7/21)	−29	(7/21)	−29	(7/19)	−29	Surface
				(7/22)	−29	(7/22)	−29	(7/21)	−29	Surface
				(7/24)	−29	(7/24)	−27	(7/24)	−29	Surface
		(8/25)	−30	(8/29)	−28					Binder
				(8/30)	−31					Surface

ぜい化点のバラツキはアスファルト安定処理層用のアスファルトでは2℃，回収アスファルトでは3℃，基層用のアスファルトではプラントで1℃，薄膜加熱試験後のアスファルトで1℃，回収アスファルトで1℃，また表層用アスファルトではプラントで2℃，薄膜加熱試験後では5℃，回収アスファルトでは3℃であった。

一方，アスファルトBのぜい化点のバラツキは同様にアスファルト安定処理層用のアスファルトで1℃，回収アスファルトで0℃，基層用のアスファルトではプラントで1℃，薄膜加熱試験後のアスファルトで3℃，回収アスファルトで2℃，一方，表層用アスファルトではプラントで0℃，薄膜加熱試験後のアスファルトで2℃，回収アスファルトで0℃であった。

以上より，両者のぜい化点のバラツキは表層ではアスファルトBが少なく，基層ではアスファルトAの方が少ないことがわかる。

Table-5 は両アスファルトの移動に伴うぜい化点，針入度および軟化点の各変化を示す。この表より，ぜい化点はいずれのアスファルトもデポよりプラントに至るまでの変化が大きく，針入度および軟化点はプラントから回収に至るまでの変化が著しく大きいことがわかる。

この2工区のアスファルト舗装は施工後7年が経過しているものの，両工区共横断亀裂は未だ発生していない。施工後7年間の最低気温が想定されたそれよりも比較的高かったこともこの原因の一つと考

Table-5 The Changes of Asphalts Properties

		Asphalt A (80/100)	Asphalt B (120/150)
Refinery-Depot			
MBP*	[℃]		−3.0 ③
Penetration Ratio	[%]		97 ②
Softening Point	[℃]		1.0 ②
Depot-Plant			
MBP*	[℃]	2.0 ④	4.8 ④
Penetration Ratio	[%]	98 ④	87 ④
Softening Point	[℃]	0.7 ④	1.5 ④
Plant-Recovery			
MBP*	[℃]	1.8 ⑨	0.5 ⑧
Penetration Ratio	[%]	57 ⑨	68 ⑧
Softening Point	[℃]	7.7 ⑨	3.4 ⑧

* : Moriyoshi Breaking Point

Table-6 The Coefficient of Correlation between MBP and Penetration

	Before TFOT*	After TFOT*
Asphalt A (80/100)		
Depot	−0.96	
Plant	−0.44	0.01
Asphalt B (120/150)		
Refinery	−0.99	
Plant	−0.55	−0.26

* : Thin Film Oven Test (163℃, 5Hr)

えられる。

Table-6 は両アスファルトの薄膜加熱試験後のぜい化点と針入度との関係を示したものである。これより両者には明確な相関関係がみいだされなかった。

3.1.2 一般の舗装用アスファルト

試験舗装区間とほぼ同一地域にある工区において，針入度級80/100のアスファルトでアスファルトメーカが各々異なる1～3工区についてタンクローリでアスファルトを搬入したときローリ上部から採取したアスファルト（以下これをローリと呼ぶ）とプラントのアスファルトタンクの上部より採取したアスファルト（以下これをタンクと呼ぶ）についてぜい化点試験を実施した。Table-7, 8, 9 はこの結果を示す。

Table-7, 8, 9 よりローリのぜい化点のバラツキは2～3℃といずれのアスファルトも大きいが，プラントのアスファルトのぜい化点のバラツキはいずれも1℃である。このように同一アスファルトでぜい化点のバラツキが異なるのはプラントのタンクより採取したアスファルトはローリ搬入時のアスファルトよりアスファルトがより一層比重分離し，安定した状態であったと想像される。一般に薄膜加熱試験後のアスファルトのバラツキは小さく，ほぼ1℃程度である。

薄膜加熱試験前後のぜい化点の変動は第3工区で著しく，ローリおよびタンクで共に2～4℃であった。これに対して，第1工区，および第2工区のアスファルトは薄膜加熱試験後でもローリおよびタンク共0～3℃程度の変動であった。

1～3工区で用いられたアスファルト(80/100)のぜい化点は上記の試験舗装で用いられた80/100のアスファルトのそれとほぼ同一の値であるが，この工区は上記の試験工区よりも若干最低気温が低い箇所に施工されており，ぜい化点が第3工区で−23℃と比較的高く，かつ冬季に路面温度を測定したところすべての工区の中でこの第3工区が最も低い温度を示していたことから，この第3工区はアスファルト舗装の横断亀裂が最も発生しやすい箇所であると考えられる。

3.2 既設舗装からの回収アスファルト

3.2.1 縦亀裂の多い箇所からの回収アスファルト

アスファルト舗装の縦亀裂現象がわだち付近に多く発生していた3地区（A，B，C地区）の表層材として用いられていた針入度級60/80のアスファルト（回収アスファルト）についてぜい化点試験を実施した。(Table-10, 11, 12) 各地区の日最低気温の月別平均値が厳寒期でAで0.6℃，Bで−2.0℃，Cで−2.9℃である。

Table-7 Moriyoshi breaking point at section 1 (℃)

section 1	TFOT before			TFOT after					
	lorry	tank		lorry		tank			
	a	b		c	c-a	d	d-b		
	(date)	(date)		(date)		(date)			
Supplier A	(7/16) −27	(7/16) −27		(7/16) −25	2	(7/16) −25	2	Base course	
	(7/20) −28	(7/19) −27		(7/20) −24	3	(7/19) −25	2	Base course	
	(7/23) −29	(7/23) −27		(7/23) −26	1	(7/23) −26	1	Binder	
	(7/31) −27	(7/30) −27		(7/31) −25	2	(7/30) −25	1	Binder	
	(8/6) −29	(8/6) −26		(8/6) −26	0	(8/6) −25	1	Surface	
	(8/18) −27	(8/19) −26		(8/18) −26	1	(8/19) −26	0	Surface	
	av. −27.8	−26.8		−25.3		−25.5			

Table-8 Moriyoshi breaking point at section 2 (℃)

section 2	TFOT before			TFOT after					
	lorry	tank		lorry		tank			
	a	b		c	c-a	d	d-b		
	(date)	(date)		(date)		(date)			
Supplier B	(7/23) −28	(7/24) −27		(7/23) −24	3	(7/24) −26	1	Base course	
	(7/30) −26	(7/30) −27		(7/30) −25	2	(7/30) −25	2	Base course	
	(8/3) −26	(8/4) −27		(8/3) −24	3	(8/4) −25	2	Binder	
	(8/6) −26	(8/7) −26		(8/6) −25	1	(8/7) −25	1	Binder	
	(8/24) −26	(8/25) −26		(8/24) −24	2	(8/25) −25	1	Surface	
	(8/31) −26	(9/1) −27		(8/31) −25	2	(9/1) −25	2	Surface	
	av. −26.3	−26.7		−24.5		−25.2			

Table-9 Moriyoshi breaking point at section 3 (℃)

section 3	TFOT before			TFOT after					
	lorry	tank		lorry		tank			
	a	b		c	c-a	d	d-b		
	(date)	(date)		(date)		(date)			
Supplier C	(7/11) −25	(7/27) −28		(7/11) −25	3	(7/27) −24	4	Base course	
	(7/31) −26	(7/31) −27		(7/31) −25	2	(7/31) −23	4	Surface	
	(8/7) −28	(8/7) −27		(8/7) −24	3	(8/7) −23	2	Surface	
	av. −26.3	−27.3		−24.7		−23.3			

ぜい化点は各地区毎に同一針入度級のアスファルトにもかかわらず−17〜−25℃の範囲にある。

A地区においては同一のアスファルトメーカのアスファルトを使用している第2工区および第3工区において−21℃と−18℃のぜい化点となり，互いに3℃異なる。一般にA地区のアスファルトはBおよびC地区のアスファルトと比較して全体にぜい化点が著しく高く，亀裂が発生しやすい傾向にあるとい

Table-10 Moriyoshi breaking point at A area

A area

section	asphalt	degree of cracking*	MBP (℃)
1	M	1	−18
2	I	2	−21
3	I	1	−18
4	M	3	−19
5	S	0	−21
6	M	2	−19
7	I	1	−22

* : 1: a little cracking
2: middle cracking
3: severe cracking

Table-11 Moriyoshi breaking point at B area

B area

section	point	degree of cracking*	MBP (℃)
1	D	2	−23
2	D	1	−24
3	D	1	−25
4	S	3	−17
5	D	2	−21
6	D	3	−24
7	S	2	−23

* : 1: a little cracking
2: middle cracking
3: severe cracking

Table-12 Moriyoshi breaking point at C area

C area

section	point	degree of cracking*	MBP (℃)
1	Y	2	−23
2	T	2	−22
3	C	3	−19
4	I	1	−23

* : 1: a little cracking
2: middle cracking
3: severe cracking

Table-13 Moriyoshi breaking point at D,E,F area

D,E,F area

area	degree of cracking*	MBP (℃)
D	1	−24
E	3	−18
F	1	−24

* : 1: a little transverse cracking
2: middle transverse cracking
3: severe transverse cracking

える。

B地区においてぜい化点は同一工区においてD工区では−21℃から−25℃，S工区において−17℃と−23℃であり，前者では4℃，後者では5℃の差が存在する。

C地区でのぜい化点は−19℃から−23℃まで変化している。

以上より，どの地区においても同一工区においては同一のアスファルト（アスファルトメーカ）を使用するのが慣例であることを考慮すると，同一のアスファルトメーカのアスファルトでもぜい化点は異なること，また地区により著しくぜい化点も異なることが明らかになった。また，この実験から一般にぜい化点の高いアスファルトほど亀裂の程度は大きい傾向にある。すなわちぜい化点が−18℃前後で縦亀裂発生の目安となっているように思われる。しかし，外気温や交通量等の条件が地区毎に異なるため，これらの因子を考慮することも必要であると考えられる。

ぜい化点が2℃変化すると針入度級が1ランク変化するので実際の舗装路面の亀裂の程度は延長1㎞毎に異なるほどその変化が著しいということはアスファルトのぜい化点が場所毎に著しく異なっているためと考えられる。

3.2.2. 横断亀裂が多い箇所からの回収アスファルト

日最低気温の月別平均値が厳寒期で−8.9℃〜−11.3℃となる3工区（D, E, F）で横断亀裂現象が顕著な箇所の表層からアスファルトを回収し，ぜい化点を測定した結果，Table-13が得られた。い

ずれの工区も使用アスファルトは80/100であるものの，E工区のぜい化点は比較的高く，かつこれらの温度と1㎞当たりの横断亀裂の数を示す損傷の程度とほぼ対応しているように思われる。

横断亀裂現象はその路面の最低温度，路床の性質にも影響されるといわれているので使用アスファルトのぜい化点のみで一次的に決まるのではない。しかし，ぜい化点を年最低気温と読み替えることにより横断亀裂現象を著しく減少させることが可能であることが明らかにされつつあるので，この気温にあったぜい化点を有するアスファルトを使用すればアスファルト舗装の横断亀裂は減少すると思われる。

4．結論

アスファルトのぜい化点は新設アスファルトや回収アスファルトでも異なるだけでなく，製油所からアスファルトが移動するに伴い，変化することおよびプラント採取と回収アスファルトのぜい化点が極めてよく似た値となることが明らかになった。また，−18℃前後のぜい化点を境にアスファルト舗装の縦亀裂が多くなっているように思われ，かつ横断亀裂もぜい化点と密接な関係にあることが明らかになった。

以上より，常温付近以上の実験結果である針入度や軟化点とぜい化点とは相関関係がよくないことから低温性状（フラースぜい化点やぜい化点）は従来のように常温付近の実験結果から単に推定するのではなく直接ぜい化点等を実測し，このような値を用いてアスファルト舗装の亀裂やわだち掘れ対策を行う必要があると思われる。