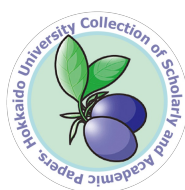




HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	低温領域におけるアスファルトおよびアスファルト混合物の破壊性状
Author(s)	川村, 和幸; 川村, 和将; 森吉, 昭博
Description	ノート
Citation	石油学会誌, 37(3), 311-315
Issue Date	1994-05-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40026
Type	journal article
File Information	moriyoshi_JJPI37_311.pdf



[ノート]

低温領域におけるアスファルトおよび アスファルト混合物の破壊性状

川村和幸^{†1)}, 川村和将^{†2)}, 森吉昭博^{†3)}*^{†1)} 北海道開発局開発土木研究所, 062 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目^{†2)} 日本道路公団, 100 東京都千代田区霞が関 3-3-2^{†3)} 北海道大学工学部, 060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目

(平成 5 年 7 月 15 日受理)

本研究は種々の添加剤を混入したアスファルトの低温での破壊性状と混合物のそれとがどのような関係にあるか検討したものである。アスファルトについては改良型フラスゼい化点試験, 曲げ試験, 応力緩和試験を行い, 一方アスファルト混合物では曲げ試験を実施し, 本研究では主にこれらの破壊強度やゼい化点等の関係について考察している。

実験の結果, 低温領域において両者は密接な関係にあり, 添加剤混入のアスファルトについてもアスファルトの性状が既知であれば, アスファルト混合物のゼい化点や低温の破壊強度も推定可能であること, また測定されたアスファルトの緩和弾性率は推定されたそれとは著しく異なることが明らかにされた。

1. 緒 言

低温領域におけるアスファルトの性状がアスファルト舗装の低温き裂現象を支配していることは既に報告されている¹⁾。しかし, アスファルトおよびアスファルト混合物の破壊性状がこのゼい性領域でバラツクものの, アスファルトの性状からアスファルト混合物の性状を推定する方法があれば望ましいため, アスファルトの適切な試験法の開発が種々の機関で模索されている^{2)~4)}。一方, アスファルトの低温性状を良くする目的でアスファルトに種々の添加剤が用いられているが, この効果を把握するための適切な試験法が存在しない。

本研究は, アスファルトについては荷重および変位が測定可能な改良型フラスゼい化点試験を, またアスファルト混合物については曲げ試験をそれぞれ用い, 低温領域で実験を行い, これらの試験から主にアスファルトとアスファルト混合物の破壊性状との関係を種々のアスファルトで検討した結果について報告する。

2. 実験材料

本研究で使用したアスファルトの主な性状を **Table 1** に示す。ここで EVA, EEA, EMA, SBS の樹脂はアスファルトに添加され, 混合物の流動や低温性状の改良を図るために用いられている。

3. 供試体作成方法

アスファルトの実験に使用する全ての供試体は, 銅板(長さ 41 mm, 幅 20 mm, 厚さ 0.1 mm)上に約 130°C に熱したアスファルトを 0.4 g 均一に塗布し, 1 時間室温にて徐冷したものである⁵⁾。アスファルト混合物の曲げ用供試体は加熱混合物

をローラーコンパクターを用いて転圧し, ダイヤモンドカッターで 2.5×2.5×25 cm の寸法にカットしたものである⁶⁾。混合物の配合を **Table 2** に示す。

4. 試験法

4.1. フラスゼい化点試験

試験方法は DIN U 6 に準拠した。従来の実験は冷媒に空気を使用していたが, 本研究では冷媒にメタノールを使用した⁷⁾。温度制御はデジタル指示調節計を用い, 温度は精度±0.1°C のデジタル温度計で測定した。

4.2. アスファルトの曲げ試験

この試験は荷重と変位が同時に求められる改良型フラス試験機(北海道開発局開発土木研究所製, 以下これを開土研型フラス試験機と呼ぶ)を利用して, フラス試験と同一の載荷速度で実験を行い, これよりアスファルトの破壊強度および破壊時のひずみを求める。温度はフラスゼい化点より低温領域で行い, 実験は約 2°C 間隔で各温度 4~5 個行った。

4.3. 応力緩和試験

実験は開土研型フラスゼい化点試験機を用いて, -15°C のメタノール中で行った。供試体を試験機に装着し, 供試体の熱応力が零になるまで放置し, その後供試体が破壊しないように一定速度である一定ひずみ(約 1.0×10^{-3})を加え, その後経過時間毎に荷重を測定する。緩和弾性率はこのとき得られた荷重から応力を求め, これを設定ひずみで除して求めた。供試体は各アスファルトともに 1 個とした。

4.4. アスファルトのオシレイション試験

この実験は CS/CSL 型ストレス制御式レオメーター(Carri-Med 製, **Fig. 1** 参照)を使用し, アスファルトのオシレイション測定をトルクをかけて行った。一般的なレオメーターはシアレート(回転数)を制御しその時にサンプルから受

* 連絡先

Table 1 Properties of Asphalts

Asphalt	Penetration [100 g, 5 sec, 25°C]	Softening point [°C]	Penetration index [P. I.]	Strain at fracture [$\times 10^{-3}$]
40/60	38	59.5	-1.0	11
60/80(A)	63	48.5	-1.0	11
60/80(B)	60	51.0	-0.1	15
60/80(C)	69	50.5	-0.2	8
60/80(D)	72	50.0	-0.1	12
60/80(E)	71	51.0	-0.1	9
60/80(F)	73	59.5	1.5	9
80/100	90	47.5	-0.4	12
100/120	108	44.5	-0.7	8
120/150	134	43.0	-0.6	11
400/500	470	34.5	3.5	12
EVA	38	69.0	2.0	9
EEA	37	63.0	0.9	8
EMA	41	65.0	1.5	7
SBS	47	64.5	1.7	11

40/60, 60/80(F) : Semiblow asphalt. 60/80(A) : Straight asphalt (Middle East, 5-Mixing). 60/80(B), 80/100, 100/120 : Straight asphalt (Middle East). 60/80(C) : Straight asphalt (Iran). 60/80(D) : Straight asphalt (Arab). 60/80(E) : Straight asphalt (Kuwait). 120/150, 400/500 : Straight asphalt (Wafra).

EVA : 60/80(A)+EVA (4%). EEA : 60/80(A)+EEA (5%). EMA : 60/80(A)+EMA (4%). SBS : 60/80(A)+SBS (5%).

Where, EVA : Ethylene vinyl acetate copolymer, EEA : Ethylene ethyl acrylate copolymer, EMA : Ethylene methyl acrylate copolymer, SBS : Styrene butadiene block copolymer.

Table 2 Gradation of Mixture

Sieve opening [mm]	Percent passing [%]
13	100.0
10	88.4
5	67.0
2.5	48.5
1.2	34.4
0.6	28.5
0.3	17.7
0.15	8.9
0.075	7.2
Asphalt content	5.8

Table 3 Conditions for Oscillation Test

Temperature	-15°C
Testing frequency	10 rad/s
Amplitude range	fully variable
Amplitude resolution	$<1 \times 10^{-4}$ radian
Geometry	1 cm (dia.) parallel plate

ける抵抗をトルクとして検出するが、ストレイン制御式レオメーターではストレイン（トルク）を制御しその時のひずみ（またはひずみ速度）を検出する。オシレーション試験の実験条件は **Table 3** に示す。

装置はインダクションモーターによりスムーズなトルクを回転軸に与える方式である。トルクはオプティカルエンコーダーにより検出され、その分解能は 10^{-4} rad で極く微小なひずみも検出することができる。供試体は各アスファルトについて1個とした。オシレーション測定からはアスファルトの緩和弾性率を求めた。

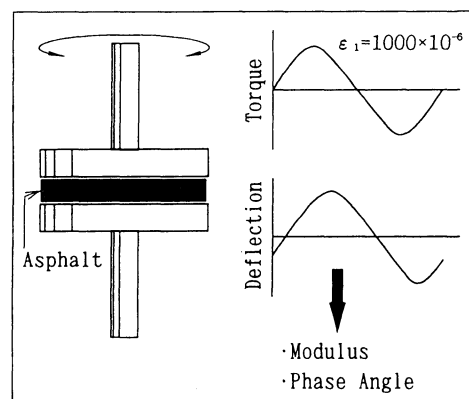


Fig. 1 General Concept of Dynamic Shear Rheometer

Table 4 Conditions for Flexural Test of Mixture

Span length	20 cm
Rate of strain	3.1×10^{-3} 1/sec
Temperature	+5°C and -10°C from Fraass Breaking Point, about every 5°C
Specimen	3—4/°C

4. 5. 混合物の曲げ試験

この試験（単純支持，集中荷重方式）からアスファルト混合物の曲げ強度を求め、曲げ強度-温度曲線から混合物のぜい化点を求めた。実験条件を **Table 4** に、また実験結果は **Table 6** に示す。混合物のぜい化点より低い温度領域の曲げ強度の温度依存性とアスファルトのぜい化点より低い温度領域の曲げ強度の温度依存性との関係や、混合物とアスファルトの各ぜい化点との関係や各ぜい化点における曲げ強度の関係について検討した。

Table 5 Fraass Breaking Point and Breaking Point of Mixture

Asphalt	Measured value [°C]	FBP ^{a)} (A)[°C]	BP ^{b)} of Mixture (B)[°C]	Difference (A)−(B)[°C]
60/80	−12, −13, −12, −12, −13	−12	7	−19
EVA	−12, −12, −12, −12, −11	−12	8	−20
EEA	−12, −11, −12, −12, −11	−12	7	−19
EMA	−12, −12, −12, −12, −11	−12	8	−20
SBS	−16, −14, −16, −15, −16	−15	5	−20
120/150	−16, −16, −17, −18	−17	2	−19

a) Fraass breaking point. b) Breaking point of mixture.

Table 6 Comparison between Strengths of Mixtures and Strengths of Asphalts

Asphalt	Mixture		Asphalt	
	(BP ^{b)} −10) [°C]	BP ^{b)} [°C]	(FBP ^{c)} − α^a) [°C]	FBP ^{c)} [°C]
60/80	−3°C	7°C	−22°C	−12°C
	8.8 MPa	10.9 MPa	2.1 MPa	4.8 MPa
	0.21 MPa/°C		0.27 MPa/°C	
EVA	−2°C	8°C	−20°C	−12°C
	9.5 MPa	11.5 MPa	3.3 MPa	4.8 MPa
	0.20 MPa/°C		0.19 MPa/°C	
EEA	−3°C	7°C	−18°C	−12°C
	11.6 MPa	13.2 MPa	3.7 MPa	4.5 MPa
	0.16 MPa/°C		0.13 MPa/°C	
EMA	−2°C	8°C	−20°C	−12°C
	9.7 MPa	11.1 MPa	2.4 MPa	3.6 MPa
	0.14 MPa/°C		0.15 MPa/°C	
SBS	−5°C	5°C	−23°C	−15°C
	11.0 MPa	11.4 MPa	3.8 MPa	4.0 MPa
	0.04 MPa/°C		0.03 MPa/°C	
120/150	−8°C	2°C	−25°C	−17°C
	9.4 MPa	11.6 MPa	3.2 MPa	4.9 MPa
	0.22 MPa/°C		0.21 MPa/°C	

a) 6—10°C. b) Breaking point of mixture.
c) Fraass breaking point.

Table 7 Comparison between Maximum Strength of Mixture and Maximum Strength of Asphalt

Asphalt	Mixture (A)[MPa]	Asphalt (B)[MPa]	Ratio (A)/(B)
60/80	10.9	4.8	2.3
EVA	11.5	4.5	2.6
EEA	13.2	4.5	2.9
EMA	11.1	3.3	3.4
SBS	11.4	4.0	2.9
120/150	11.6	4.9	2.4
			ave. 2.8

度差は−19°C または−20°C のほぼ一定値である。このようにアスファルトとアスファルト混合物のぜい化点に差が生じるのは、アスファルトの厚さの違いや骨材混入による粘度の増加等が原因と考えられる。

Table 7 よりフラスぜい化点におけるアスファルトの破壊強度の平均値はどのアスファルトでも 3.3~4.9 MPa 程度である⁸⁾。また、**Table 6** に示すようにアスファルトの破壊強度はフラスぜい化点より低くなるに伴い低下する傾向にあり、この低下の程度がストレートアスファルトでは顕著である。

アスファルト混合物のぜい化点の曲げ強度とアスファルトのフラスぜい化点における破壊強度との間の関係を調べるために、アスファルト混合物ではぜい化点より 10°C 低い温度の曲げ強度の平均値、アスファルトではフラスぜい化点より 6~8°C 低い温度の破壊強度の平均値を比較したところ **Tables 6, 7** が得られた。ここで、実験の温度幅はできるだけ広くとるようにこころがけた。この 5 種類のアスファルトの破壊強度の温度依存性 (MPa/°C) と混合物の曲げ強度の温度依存性 (MPa/°C) との関係について、一次相関をとったところ相関係数は 0.93 であった。これより低温領域における強度の温度依存性はどのアスファルト混合物もアスファルトの温度依存性とはほぼ同一であること、また SBS 添加のアスファルトの温度依存性がゴムの影響を受けやすくなるため特に小さく、低温でも破壊強度が極端に変化しないことが明らかにされた。

この結果、アスファルトのフラスぜい化点、曲げ強度、および破壊強度の温度依存性が実験から求められると、アスファルト混合物のぜい化点、破壊強度が推定できると考えられる。

Table 1 より、フラスぜい化点における破壊時のひずみの平均値は $(7,000 \sim 15,000) \times 10^{-6}$ の値となり、従来より言わ

5. 試験結果および考察

5.1. アスファルトおよびアスファルト混合物の破壊性状およびぜい化点

アスファルトのフラスぜい化点試験の実験結果を **Table 5** に示す。

各種の添加剤を用いたアスファルトを含んだ 6 種類の試料は全て $\pm 1^\circ\text{C}$ のほぼ一定値となった。従来の空冷の試験方法では試験結果が $\pm 2^\circ\text{C}$ の範囲と言われているので、精度が向上したと思われる。

SBS 以外の樹脂添加アスファルトのフラスぜい化点がベースとなったストレートアスファルトと全く同一であるのは、これらの添加剤が用いられてもアスファルトに混ざりにくいため、元のアスファルトの性質がそのまま表れて、低温性状が改良されていないためと考えられる。

曲げ試験におけるアスファルト混合物のぜい化点を **Table 5** に示す。これよりフラスぜい化点と混合物のぜい化点との温

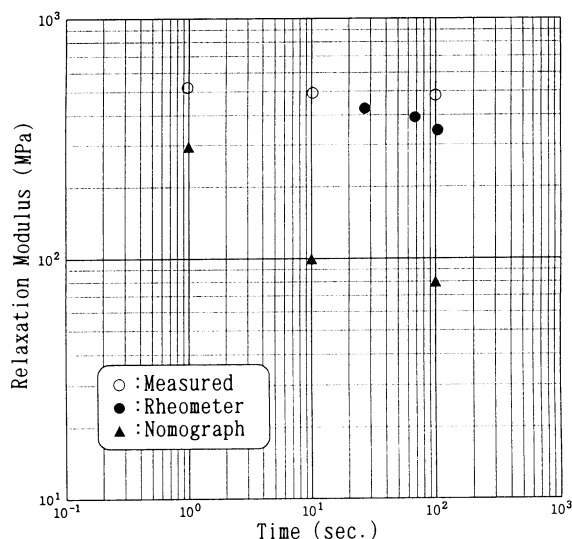


Fig. 2 Relation between Relaxation Modulus and Time (Asphalt with EEA, -15°C)

れてきた $16,000 \times 10^{-6}$ の一定値より若干小さな値となり、アスファルトの性質が変化するとこの値は変化する⁹⁾。

以上の結果より、フラースゼい化点における破壊時のひずみはアスファルトの性質に依存するように思われる。

5.2. アスファルトの応力緩和

全てのアスファルトについて応力緩和試験を -15°C で行い、緩和弾性率を求めた。結果の一部を Fig. 2 に示す。Fig. 2 において、○は開土研型フラースゼい化点試験で求めた EEA 添加アスファルトの -15°C の緩和弾性率-時間曲線を示す。●はオシレイション試験から求めた緩和弾性率、また▲は Van der Poel のノモグラフから求めた緩和弾性率をそれぞれ示す。これより前二者は互いに非常に似た値となるが、ノモグラフから求めた値は二者と異なるだけでなく、その緩和性状も著しく異なる。この傾向は他のアスファルトでも同様であった。また、この原因はノモグラフが低温では振動試験から求められているが、この試験は再現性や供試体の支持方法に若干問題があるためと考えられる。

6. 結 論

本研究において、次の結論が得られた。

- 1) フラースゼい化点でのアスファルトの破壊時のひずみは一定値ではない。
- 2) 低温領域におけるアスファルトの緩和弾性率が改良型フラース試験機で測定可能である。
- 3) 改良型フラースゼい化点試験およびオシレイション試験で測定したアスファルトの緩和弾性率は、従来の推定法より求めたそれと著しく異なる。
- 4) 低温領域のアスファルトの破壊性状が既知であれば、これよりアスファルト混合物の破壊性状を推定することが可能である。
- 5) 樹脂を添加したアスファルトの低温性状も改良型フラースゼい化点試験機で測定が可能である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、川口政史君（昭和シェル石油（株））、河村成範君（大成建設（株））、大嶋勝彦氏（ITS Japan（株））の協力を得た。ここに感謝の意を表します。

References

- 1) Moriyoshi, A., *Sekiyu Gakkaishi*, **31**, (2), 172 (1988).
- 2) Thenoux, G., Lees, G., Bell, C. A., *PAAPT*, **54**, 529 (1985).
- 3) Moriyoshi, A., Takahashi, M., Ning, Z. X., *Sekiyu Gakkaishi*, **30**, (4), 273 (1987).
- 4) Moriyoshi, A., Gotho, E., *Sekiyu Gakkaishi*, **35**, (2), 208 (1992).
- 5) Moriyoshi, A., Kawamura, K., *Sekiyu Gakkaishi*, **35**, (4), 353 (1992).
- 6) Moriyoshi, A., Fujiwara, M., *Proc. of JSCE*, (396), V-5, 129 (1988).
- 7) Moriyoshi, A., Kawamura, K., *Sekiyu Gakkaishi*, **36**, (2), 139 (1993).
- 8) Kawamura, K., Kawamura, K., Moriyoshi, A., 48th Annual Conference of the JSCE (5th-Division), (1993).
- 9) Rigden, P. J., Lee, A. R., *J. Appl. Chem.*, **3**, 62 (1953).

Summary

Fracture Properties of Asphalts and Asphaltic Mixtures at Low Temperatures

Kazuyuki KAWAMURA^{†1)}, Kazumasa KAWAMURA^{†2)}, and Akihiro MORIYOSHI^{†3)}

^{†1)} Civil Engineering Research Institute, Hokkaido Development Bureau,
Hiragishi 1, 3-chome, Toyohira-ku, Sapporo 062

^{†2)} Japan Highway Public Corp., Kasumigaseki 3-3-2, Chiyoda-ku, Tokyo 100

^{†3)} Faculty of Engineering, Hokkaido University, Nishi 8, Kita 13, Kita-ku, Sapporo 060

This paper describes the relation between fracture properties of asphalts, using various additive agents and normal asphalts, and fracture properties of asphaltic mixtures of those asphalts at low temperatures.

We conducted the modified Fraass breaking point test, flexural test, relaxation test for the asphalts, and flexural test for asphaltic mixtures at low temperatures. It was concluded that the breaking point temperatures

and the fracture strengths of asphaltic mixtures at low temperatures could be assumed from those of the asphalts. The fracture strain at Fraass breaking point depended upon the properties of asphalts, and the results of relaxation modulus of asphalts obtained from modified Fraass breaking point test and oscillation test were markedly different from those estimated from Van der Poel method.

Keywords

Asphalt, Asphaltic mixture, Fracture property, Flexural test