

[ノート]

# アスファルトおよびアスファルト混合物のぜい化点

天野 隆明<sup>†1)</sup>, 徳光 克也<sup>†1)</sup>, 小笠原 章<sup>†2)</sup>, 笠原 彰彦<sup>†3)</sup>, 森吉 昭博<sup>†1)</sup>\*

<sup>†1)</sup>北海道大学工学部, 060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目

<sup>†2)</sup>北海道開発局土木研究所, 062 札幌市豊平区平岸 1-3

<sup>†3)</sup>日本舗道(株), 140 東京都品川区東品川 3-32-34

(平成 8 年 3 月 13 日受理)

本研究は種々のアスファルトを用い、流動からぜい性に転移する種々のぜい化点を求めるため、アスファルトではフラスゼい化点試験、森吉ぜい化点試験、アスファルト混合物では熱応力試験、曲げ試験を行い、それぞれから得られる種々のぜい化点の相互の関係について述べている。

実験の結果、本研究は種々のアスファルトおよびそのアスファルトを用いたアスファルト混合物の各種試験から求められた 4 種のぜい化点は互いに密接な関係にあることを明らかにした。また、アスファルト舗装の対象地域の外気温や舗装表面温度とわだち掘れや亀裂をも考慮した合理的なアスファルトの選定法についても提案した。

## 1. 緒 言

アスファルト舗装では流動や亀裂が数多く見られる。このような対称的な現象が生じるのは結合材としてのアスファルトが粘弾性体であり、外気温や車両走行速度によりその性状が著しく変化するためである。したがって、これらの現象の境界となるぜい化点を見出すことはその地域におけるアスファルトを選択する上で極めて重要である<sup>1)~3)</sup>。しかし、このぜい化点はアスファルトの種類や測定機械により異なるため、このぜい化点を簡易に求めるための簡単な方法の開発が望まれている<sup>4),5)</sup>。

本研究は、種々のアスファルトおよびこのアスファルトを用いたアスファルト混合物のぜい化点等を種々の試験から求め、これらのぜい化点相互の関係およびその応用について述べたものである。

## 2. 実験材料

本研究で使用したストレートアスファルト、触媒アスファルトおよびセミブローンアスファルトの主な性状を **Table 1** に示す。またアスファルト混合物の配合を **Table 2** に示す。

## 3. 試験法

### 3.1. フラスゼい化点試験

試験方法は DIN U 6 に準拠した。ただし、実験には 0.1 mm の厚さの特殊鋼板を使用した。本研究では水冷式とし、冷媒にはメタノールを使用した。ここで求められたアスファルトの破壊温度をフラスゼい化点とした<sup>6)</sup>。使用アスファルト量は供試体 1 枚当たり 0.4 g であり、実験用供試体は各 5 個とした。この試験からアスファルトの曲げ (力学荷重) によるぜい化点 (以下、これを F.B.P. と呼ぶ) を求めた。なお、本研究で求められたフラスゼい化点は水冷式のため従来から行われていた空冷式の実験結果より 2~3°C 高めである。

\* 連絡先

### 3.2. 森吉ぜい化点試験

試験方法は直径 14 cm、深さ 1 cm の特別注文のステンレス製の皿 2 個にアスファルトをそれぞれ 50 g ずつとり、45°C の恒温室で 30 分以上保温した後メタノールの低温槽に 1 分間投入し、アスファルトに亀裂が発生した温度を求める。二つのデータのうち、高い方の温度を森吉ぜい化点と呼ぶ<sup>7),8)</sup>。この試験からアスファルトの引張り (熱荷重) によるぜい化点 (以下、これを M.B.P. と呼ぶ) を求めた。

### 3.3. アスファルト混合物の曲げ試験

曲げ試験には 2.5×2.5×26 cm の六面カットのアスファルト混合物を用いた。実験は種々の温度と 3.1×10<sup>-2</sup> 1/sec のひずみ速度のもとで両端単純支持の 3 点曲げの状態で行った。応力解析は弾性解を利用した。曲げ強度と温度との関係で、曲げ強度がピークを示す温度をぜい化点とした。実験用供試体は各温度につき 2~3 個とした<sup>9)</sup>。この試験からアスファルト混合物の曲げ (力学荷重) によるぜい化点 (以下、これを B.P. と呼ぶ) を求めた。

### 3.4. アスファルト混合物の熱応力試験

この試験機は 2.5×2.5×26 cm の六面カットのアスファルト混合物を両端固定し、周囲のメタノールを初期温度 10°C で -30°C/h の一定こう配で冷却する方式である。このとき得られる応力と温度との関係から、破壊する温度を熱応力破壊温度、熱応力が 30 kg/cm<sup>2</sup> (2.9 MPa) となる温度を 30 kg/cm<sup>2</sup> (2.9 MPa) 温度と呼ぶ<sup>10),11)</sup>。実験用供試体は各混合物につき 1 個とした。この試験からアスファルト混合物のある大きさの引張り (熱荷重) となる温度 (以下、これを T.F.30 と呼ぶ) を求めた。各供試体につき 3 本ずつ実験を行った結果、この温度のバラツキは T.F.30 で ±1°C であった。

## 4. 実験結果および考察

### 4.1. 森吉ぜい化点 (M.B.P.) と他の 3 種類のぜい化点 (F.B.P., B.P., T.F.30) との関係

種々のアスファルト単体およびそれを用いたアスファルト混

Table 1 Various Brittle Points of Asphalts

	Pen. <sup>a)</sup> [100 gr, 5 sec, 25°C]	T <sub>R&amp;B</sub> <sup>b)</sup> [°C]	P. I. <sup>c)</sup>	F. B. P. [°C]	M. B. P. [°C]	T. F. 30 [°C]	B. P. [°C]
Straight asphalt							
A	26	60.0	-0.4	-9.0	-18	-22.0	6.0
B	36	57.0	-0.4	-10.0	-20	-23.5	4.5
C	46	52.0	-0.9	-11.0	-22	-26.0	2.0
D	69	50.5	-0.2	-12.0	-22	-24.5	3.0
E	69	47.5	-1.1	-12.0	-22	-25.5	2.0
F	71	51.0	-0.1	-17.0	-26	-30.5	-3.0
G	72	50.5	-0.1	-16.0	-26	-30.0	-2.0
H	90	47.5	-0.4	-13.0	-24	-28.0	-1.0
I	91	46.0	-0.8	-14.0	-24	-28.0	0.5
J	134	43.0	-0.6	-18.0	-27	-31.0	-3.5
K	138	41.5	-0.9	-17.0	-26	-29.0	-1.0
L	161	41.5	-0.3	-16.0	-27	-29.5	-3.0
M	173	40.5	-0.9	-21.0	-30	-34.0	-6.0
N	235	37.5	-0.4	-23.0	-33	-36.5	-10.0
Catalytic semiblow asphalt							
O	67	56.5	1.1	-19.0	-29	-33.0	-7.0
P	68	53.5	0.5	-17.0	-27	-29.5	-2.0
Q	91	51.0	0.7	-17.0	-26	-29.5	-2.5
Semiblow asphalt							
R	38	59.5	0.2	-14.0	-24	-27.0	0.5
S	50	54.0	-0.3	-12.0	-21	-26.0	2.0
T	52	52.0	-0.7	-11.0	-22	-24.5	2.5

a) Penetration test. b) Softening Point test. c) Penetration Index.

Table 2 Gradation of Mixtures

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
0.074	7.2
Asphalt content [%]	5.8

合物の力学的破壊および熱応力破壊により、4種類のぜい化点を種々求めた。森吉ぜい化点と他の3種類のぜい化点との間における相互関係を Fig. 1 に示す。これまでの研究で森吉ぜい化点とフラスぜい化点間には相互に密接な関係があることが明らかにされている<sup>12)</sup>。本研究では、現場での取扱いが簡単な森吉ぜい化点試験から得られる森吉ぜい化点と他の3種類のぜい化点との間における相互関係について検討するため、森吉ぜい化点と他の3種類のぜい化点との間における関係を1次直線で回帰分析した。その結果を Table 3 に示す。

Table 3 より M.B.P. と他の3種類のぜい化点とのそれぞれの関係は、全てのアスファルトで相関係数が全て 0.96 であり、かつこの配は 0.99~1.08 であった。相関係数が高いこと

およびこの配がほぼ 1 であることから、Fig. 1 に示された M.B.P. と他の3種類のぜい化点とのそれぞれの関係はほぼ 1 対 1 の対応関係にあると言える。これは、アスファルト単体の熱応力破壊現象と力学的破壊現象 (M.B.P. と F.B.P.)、アスファルト単体の熱応力破壊現象とアスファルト混合物の力学的破壊現象 (M.B.P. と B.P.) ならびにアスファルトの単体とその混合物の熱応力破壊現象 (M.B.P. と T.F.30) がほぼ 1 対 1 の対応関係にあることを示していると思われる。これらの対応関係のうち、アスファルト単体の熱応力破壊現象と力学的破壊現象の対応関係は薄膜加熱試験前後のアスファルト単体に対しても、成立するように思われる<sup>13)</sup>。

上記の結果は、Table 1 に示したように製法の異なる様々なアスファルトを用いて行った結果である。したがって、フラスぜい化点、森吉ぜい化点、熱応力試験、曲げ試験のそれぞれ各2者間には、アスファルトの種類に関係なくほぼ 1 対 1 の対応関係にあると言える。一方、Table 3 より M.B.P. と他の3種類のぜい化点間における標準誤差は 0.7~0.8°C である。以上より、森吉ぜい化点が高まると他のぜい化点を 0.7~0.8°C 以内の誤差で求めることが可能であると考えられる。

#### 4.2. アスファルトのぜい化点と外気温の関係

以上で各種ぜい化点間の関係が明らかにされた。したがって、これらのぜい化点を用いてある環境状態にある地域で流動しにくくかつぜい性破壊しにくい、いわゆる適正なアスファルトを選択するためには、各種ぜい化点と対象地域の気象条件に

Table 3 Results of Regression Analysis for M. B. P., F. B. P., B. P., and T. F. 30

	X-Coefficient (a)	Y-Constant (b)	Coefficient of correlation	Standard error
F. B. P. <sup>b)</sup>	1.02	10.3	0.96	0.76
B. P. <sup>c)</sup>	1.08	*F. B. P.=1.02×M. B. P. <sup>a)</sup> +10.3 25.8	0.96	0.77
T. F. 30 <sup>d)</sup>	0.99	*B. P.=1.08×M. B. P. <sup>a)</sup> +25.8 -3.8	0.96	0.73
		*T. F. 30=0.99×M. B. P. <sup>a)</sup> -3.8		

\* Y=(a)×X+(b)(X: M. B. P., Y: F. B. P., B. P., and T. F. 30).

a) M. B. P.: Moriyoishi Breaking Point (°C). b) F. B. P.: Fraass Breaking Point (°C). c) B. P.: Brittle Point (°C). d) T. F. 30: Thermal Stress at 30 kg/cm<sup>2</sup>(°C).

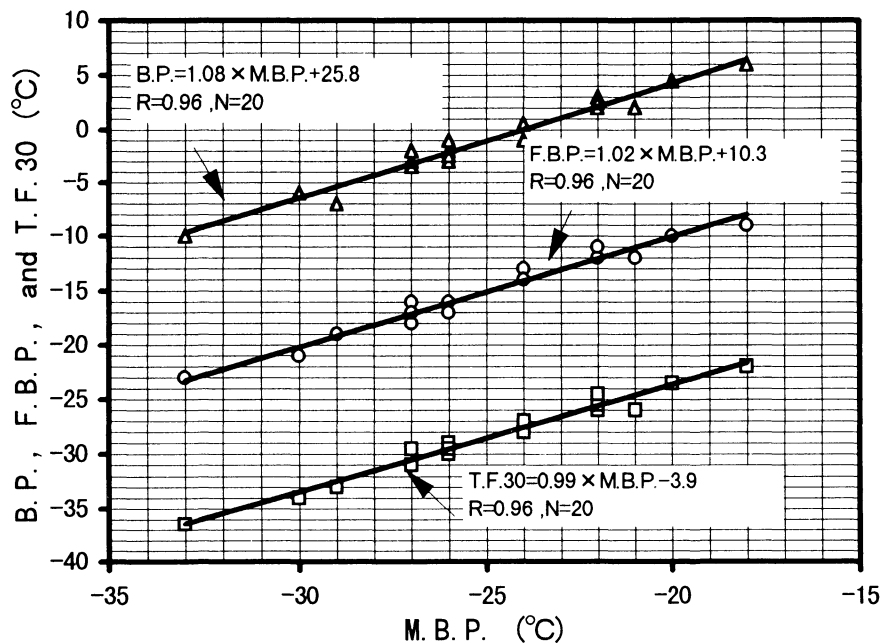


Fig. 1 Relations between MBP and B. P., F. B. P., and T. F. 30

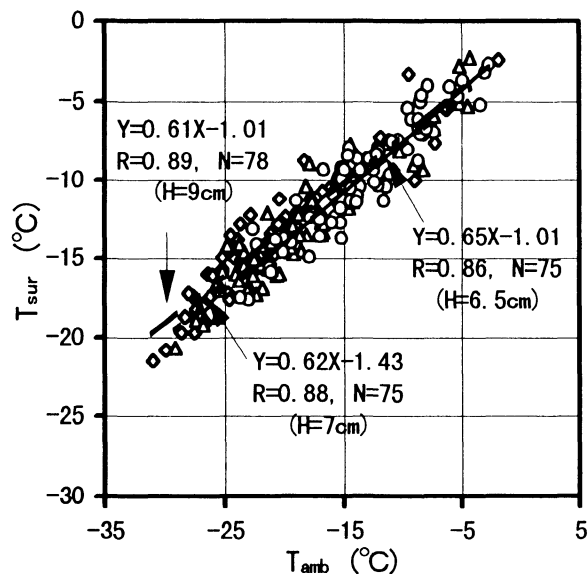
支配されるアスファルト舗装の路面温度との関係が明らかにされなければならない。なぜならば、その関係は横断亀裂の発生を大きく支配しているからである。ところが、アスファルト舗装の路面温度の測定は困難である。しかし、アスファルト舗装の構造やその性状が大きく変化しなければ、この路面温度はその地区の外気温と密接な関係にあると考えられる。したがって、各種ぜい化点と外気温の関係が明らかにされれば、簡易的にある地域における横断亀裂が発生しにくいような適正なアスファルトを選択することが可能になると思われる。

Fig. 2 は北海道の A, B, C 地区の国道のほぼ 3 ヶ月間における外気温とアスファルト舗装の路面温度との関係を整理した結果を示す。3 地区のアスファルト舗装の厚さは、上層路盤としてのアスファルト安定処理層を除くと、A 地区で約 9 cm, B 地区で約 7 cm, C 地区で約 6.5 cm であった。外気温は路面温度測定のすぐ脇（表面より高さ約 100 cm）における日最低气温で、路面温度は表面付近（深さ約 1 cm）での日最低路面温度である。これより、日最低气温と日最低路面温度との相関が良いため、日最低气温より日最低路面温度が推定可能であると考えられる。

北海道におけるアメダスの観測地（162 カ所）での最厳寒月の日最低气温の平均値（1986 年 1 月）( $T_A$ ) とその月の日最低气温 ( $T_L$ ) の関係に、本研究で得られたフラースぜい化点 (F.B.P.) と森吉ぜい化点 (M.B.P.) の関係を対応させた結果を Fig. 2 に示す。これより、最厳寒月の日最低气温の平均値とその月の日最低气温との関係は、フラースぜい化点と森吉ぜい化点との関係と密接な関係があると言える。

言い換えると、フラースぜい化点と最厳寒月の日最低气温の平均値、ならびに森吉ぜい化点と最厳寒月の日最低气温との間には密接な関係があると思われる。したがって、ある地域の最厳寒月の日最低气温の平均値が既知であれば、その地域で用いる適正なフラースぜい化点を有するアスファルトを求めることができる。同様に、森吉ぜい化点と最厳寒月の日最低气温が既知であれば、その温度に対応した森吉ぜい化点をもつアスファルトを選ぶことが可能となる。

一般にフラースぜい化点試験を行うには、精密で特別な機器が必要である。一方、森吉ぜい化点試験では水槽と特殊な皿と温度計しか必要としないので、誰でも現場で簡単に森吉ぜい化点が測定可能であり、特殊な技術を必要としない。



- ◇: Thickness of asphalt-layer at A-section is about 9 cm.  
 △: Thickness of asphalt-layer at B-section is about 7 cm.  
 ○: Thickness of asphalt-layer at C-section is about 6.5 cm.

Fig. 2 Relation between Daily Lowest Ambient Temperature ( $T_{amb}$ ) and Surface Temperature of Road ( $T_{sur}$ )(1995/12/9-1996/2/22)

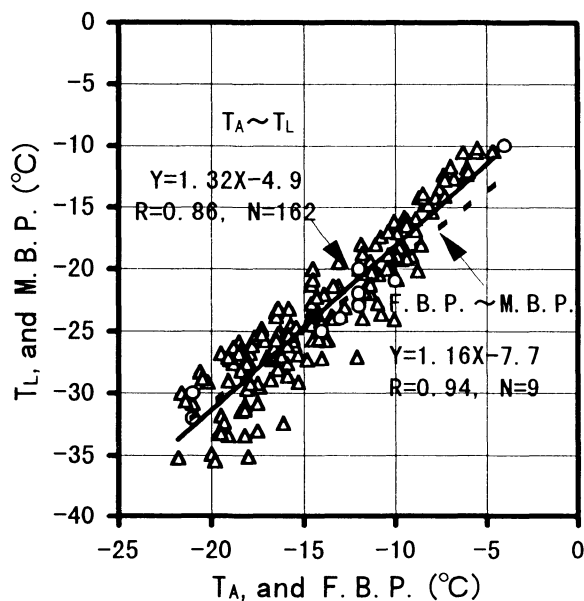
以上より、ある地域における適正なアスファルトを選択する場合、その地域の最厳寒月の日最低気温の平均値またはその月の日最低気温が既知であれば簡易的にその地域にあったアスファルトを選ぶことが可能となる。

## 5. 結 論

種々のアスファルトとそれらのアスファルトを用いた混合物に対してそれらのぜい化点を求めた結果、次のことが結論される。

- 1) アスファルトおよびアスファルト混合物の種々のぜい化点は試験方法に依存する。
- 2) これらのぜい化点の間には相互に関係があり、あるぜい化点が求まればそれ以外のぜい化点を求めることが可能である。
- 3) ある地域における横断亀裂を防止するような適正なアスファルトを選択する場合、その地域の最厳寒月の日最低気温の平均値またはその月の日最低気温が既知で、かつこれらとその地区の路面温度との対応が既知であればフラースぜい化点あるいは森吉ぜい化点を用いて簡易的にその場所に最適なアスファルトが選定可能と考えられる。

以上より、アスファルト混合物のぜい化点とアスファルト単体のぜい化点の関係を明らかにし、さらにその応用として現場においても亀裂の発生防止に必要ないわゆる最適なアスファルトの選定方法を示した。しかし、同一ぜい化点の場合でも、アスファルトが異なるとそれらの強度やひずみが違うことが著者らの研究でわかってきた。すなわち、アスファルト混合物の配合設計を行う際にはこのようなことも考慮する必要があると思われる。この点については機会をみて発表する予定である。



- △: Relation between  $T_A$  and  $T_L$ .  
 ○: Relation between F. B. P. and M. B. P.

Fig. 3 Relation between  $T_L$  (1986) and  $T_A$  (Jan. 1986), and Relation between F. B. P. and M. B. P.

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、佐藤肇君（前田建設(株)）、稲葉浩正氏（静岡県）、室賀五郎氏（三菱石油(株)）の協力を得た。ここに感謝の意を表します。

## References

- 1) Sugawara, T., Kasahara, A., Proc. of JSCE, (268), 109 (1977).
- 2) Kawamura, Kazuyuki, Kawamura, Kazumasa, Moriyoshi, A., *Sekiyu Gakkaishi*, **37**, (3), 311 (1994).
- 3) Kawamura, Kazumasa, Kawamura, Kazuyuki, Moriyoshi, A., 48th Annual Conference of the JSCE (5th-Div.), 1993, p. 860.
- 4) Moriyoshi, A., Takahashi, M., Ning, Z. X., *Sekiyu Gakkaishi*, **30**, (4), 273 (1987).
- 5) Moriyoshi, A., Fujiwara, M., Proc. of JSCE, (408), Vol. 11, 131 (1989).
- 6) Moriyoshi, A., Gotho, E., *Sekiyu Gakkaishi*, **35**, (2), 208 (1992).
- 7) Moriyoshi, A., Kawamura, K., *Sekiyu Gakkaishi*, **35**, (4), 353 (1992).
- 8) Moriyoshi, A., Kawamura, K., *Sekiyu Gakkaishi*, **36**, (2), 139 (1993).
- 9) Moriyoshi, A., *Sekiyu Gakkaishi*, **31**, (2), 172 (1988).
- 10) Moriyoshi, A., Fujiwara, M., Proc. of JSCE, (396), Vol. 5, 129 (1988).
- 11) Moriyoshi, A., Mizusawa, T., Proc. of JSCE, (384), Vol. 7, 137 (1987).
- 12) Moriyoshi, A., Fujiwara, M., Proc. of JSCE, (408), Vol. 11, 131 (1989).
- 13) Moriyoshi, A., Nitta, N., Proc. of JSCE, (390), Vol. 8, 219 (1988).

**Summary****Brittle Point of Asphalt and Asphaltic Mixtures**

Takaaki AMANO<sup>†1)</sup>, Katsuya TOKUMITSU<sup>†1)</sup>, Akira OGASAWARA<sup>†2)</sup>,  
Akihiko KASAHARA<sup>†3)</sup>, and Akihiro MORIYOSHI<sup>†1)</sup>

<sup>†1)</sup> Faculty of Engineering, Hokkaido University, Nishi 8, Kita 13, Kita-ku, Sapporo 060

<sup>†2)</sup> Civil Engineering, Research Institute, Hokkaido Development Bureau,  
Hiragishi 1-3, Toyohira-ku, Sapporo 062

<sup>†3)</sup> Nihon Hodou Co., Ltd., 3-32-34 Higashishinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo 140

Failure phenomena such as crack and rutting are often seen in asphaltic pavements. It is considered that they depend upon the brittle points of asphalt and asphaltic mixtures, which are controlled by ambient temperature, by speed of vehicle, and by property of asphalt. Thus, it is very important that appropriate asphalt be selected to meet the circumstances and traffic conditions involved. Therefore, it is desirable to find a simple relation between the brittle points of asphalt and asphaltic mixtures and to elucidate the relationship between them

and the brittle point of asphaltic pavements.

This paper deals with the brittle points and their application to asphalts and asphaltic mixtures which transform from flow zones to brittle zones. We conducted a variety of tests in order to obtain various points of asphalts and asphaltic mixtures at low temperatures.

In this study, it is concluded that the brittle points obtained with various tests are closely related to each other, and it is possible to select asphalts appropriate for different environmental conditions.

.....

**Keywords**

Asphalt, Asphaltic mixture, Brittle point, Asphalt selection, Phase transition, Correlation