

アスファルト混合物の熱応力破壊

森吉 昭博

北海道大学工学部, 060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目

(昭和 62 年 1 月 16 日受理)

本研究は舗装用のストレートアスファルトおよび触媒アスファルト計 9 種を用いて、密粒度アスファルトコンクリートタイプの混合物を作成し、この試料から棒状供試体を切り出し、この供試体を両端固定し、周囲のメタノールの温度を一定冷却速度で制御し、混合物を破壊させる試験から熱応力破壊温度を求め、この温度とアスファルト単体のフラース脆化点温度および著者が提案している新脆化点試験の脆化点温度との対応について検討している。実験の結果、どのアスファルトも薄膜加熱試験前後のアスファルトについて、フラース脆化点温度と新脆化点試験の脆化点温度とが密接な関係にあり、これらがアスファルト混合物について実施した熱応力試験から得られる熱応力破壊温度とも対応関係にあることを明らかにしている。また、横断亀裂現象が発生したアスファルト舗装から採取した供試体から得られた熱応力破壊温度とそれから回収したアスファルトのフラース脆化点温度との間にも同様の結果が得られた。

1. 緒 言

日本におけるアスファルト混合物の配合設計はマーシャル試験、ホイールトラッキング試験およびラベリング試験で行われている。このような試験を実施し、設計どおりアスファルト混合物の配合設計を行っても寒冷地を中心としたアスファルト舗装に横断亀裂現象が数多く発生している。¹⁾ この原因は外気温の変化に伴いアスファルト舗装の中のアスファルト混合物に熱応力が発生するためであるが、この応力は舗装材料や舗装構成、特にアスファルト自体の品質と密接な関係がある。^{2),3),4)} 従ってアスファルトおよびアスファルト混合物の熱応力試験を実施する必要があるが、後者の試験では装置、手間等に問題があり、この試験を行った例は少ない。⁵⁾ 現在、アスファルト単体の低温の力学試験としてはフラース脆化点試験があるが⁶⁾、これは曲げ試験であり、バラツキも多いといわれている。このため著者はこの試験法の改良を行い、操作も容易でバラツキも少ない新脆化点試験(森吉脆化点試験)を提案した。⁷⁾ 著者はアスファルト単体の熱応力特性を把握し、これとアスファルト混合物の熱応力特性との関係をつかみ、規格にも反映させるべきであると考えている。

本研究では熱応力によりアスファルトが破壊する温度を測定する新脆化点試験と従来からのフラース脆化点試験との関連ならびにこれらのアスファルト混合物の熱応力破壊試験との対応について検討した。

2. 実 験

2・1 試料

本研究に使用したアスファルトの主な性状は Table 1 に、またアスファルト混合物の配合表は Table 2 に示す。

アスファルト混合物の熱応力破壊試験の供試体の作成法は以下のとおりである。

アスファルトを 2 ポアズ (0.2 Nsec/m²) 相当の温度まで加熱し、これと加熱した骨材とをミキサーで 3 分間混合し、それを 30×30×5 cm の鋼製型枠に投入したあとこの混合物が 30 ポアズ (0.3 Nsec/m²) の温度になった時、ローラコンパクターで 24 回 (線圧 18 kgf/cm, 176.4 N/cm) 転圧し、その後 45°C の部屋の中でトラバース機構のあるホイールトラッキング試験機で荷重 55.1 kgf (540.0 N)、トラバース走行速度 30 cm/6 分、走行速度 42 回/分の条件でニーデング作用を 1 時間供試体に与え、その後徐冷し、ダイヤモンドカッターで 2.5×

Table 1 Properties of Asphalts

No.	Before (Thin Film Oven Test)						After (Thin Film Oven Test)					
	Pen.	T _{R&B} (°C)	P. I.	Fraass Breaking Point (°C)	New Breaking Point (°C)	Thermal Fracture Temperature (°C)	Pen.	T _{R&B} (°C)	P. I.	Fraass Breaking Point (°C)	New Breaking Point (°C)	Thermal Fracture Temperature (°C)
1	34	54.0	-1.1	-4	-10	-19.0						
2*	44	60.5	+0.8	-12	-23	-29.0	34	67.0	1.4	-10	-23	
3	60	50.6	-0.6	-10	-21	-27.9	46	55.9	0.0	-10	-21	
4	69	50.5	-0.2	-12	-22	-28.5	40	57.8	0.1	-12	-22	
5	108	44.5	-0.7	-14	-25	-33.0	70	49.8	-0.4	-13	-24	
6	173	40.5	-0.4	-21	-30	-36.4	109	47.6	0.3	-19	-28	-35.4
7	235	37.5	-0.4	-21	-32	-38.4	162	43.8	0.6	-22	-31	
8	90	47.5	-0.4	-13	-24	-31.0				-9	-20	
9	98	44.0	-1.2	-12	-20	-29.0	69	52.0	0.1	-10	-18	-28.1

* Catalytic Asphalt

Table 2 Composition 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
0.074	7.2
Binder Content	5.8

2.5×26 cm の寸法に六面カットして切り出す。

2.2 実験方法

(1) 熱応力破壊試験

熱応力破壊試験はアスファルト混合物の棒状供試体を両端固定し、実験水槽中のメタノールの温度を初期温度 10°C から一定冷却速度 $-12^{\circ}\text{C}/\text{h}$ で制御し、このとき得られる荷重-時間曲線の荷重が最大となるときの温度から破壊温度（以後これを熱応力破壊温度と呼ぶ）を求める。⁵⁾

(2) 新脆化点試験法

新脆化点試験の手法は以下のとおりである。

アスファルトを直径 14 cm、深さ 1 cm、厚さ 1 mm のステンレス製容器 2 個におおの 50 g ずつ取り、約 130°C まで加熱融解し、その後徐冷し両試料を 45°C の恒温室内に 10 分以上保管し、ある温度に設定した低温水槽に一個の試料を 1 分間投入し、その後すぐ取り出しアスファルトに亀裂があるかどうか確認する。亀裂があれば、別の試料を用いこれより 1°C 低い温度で同様の作業を行うが、亀裂がない場合再度 45°C の恒温室内に試料を 10 分以上保管し、試料を交互に用いてさらに低い温度で同様の作業を繰り返す。両試料の破壊温度差が 3°C 以上あれば実験はやり直す。脆化点温度は両試料の高い温度とする。

(3) フラス脆化点試験

本実験で採用したフラス脆化点試験は DIN U 6 に準拠した。温度制御はデジタル指示調節計を用いた。実験はフラス脆化点試験機の本体を低温水槽内のメタノール中に浸し、冷却速度 $-1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ のもとで 1 分ごとに本体をメタノール中から取り出しアスファルトの試料の破壊の有無を確認する方法を採用した。この時温度は温度精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ のデジタル温度計で測定した。この方法では従来の方法より著しく実験精度が改善されたと思われる。⁷⁾

(4) 針入度試験、軟化点試験および薄膜加熱試験

アスファルトの針入度試験、軟化点試験および薄膜加熱試験はいずれも JIS K 2530, JIS K 2531 および ASTM D 1754 による。

3. 結果および考察

種々のアスファルトを用いたアスファルト混合物の熱応力破壊試験から求めた熱応力破壊温度は Table 1 に示す。またこの時用いたアスファルトのフラス脆化点試験および新脆化点試験の各脆化点温度および軟化点、針入度の薄膜加熱試験前後の各値は Table 1 に示す。

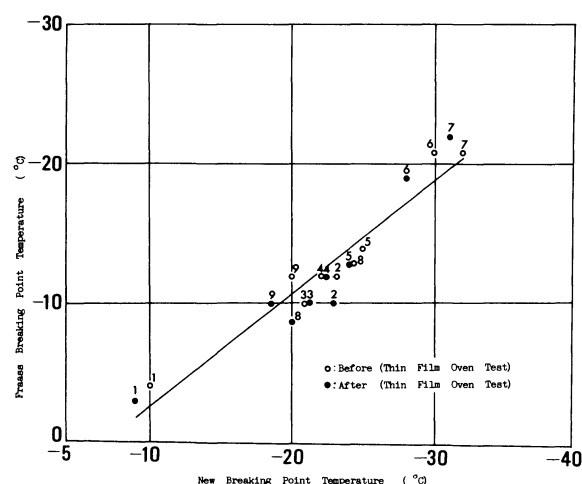


Fig. 1 Relation between Fraass Breaking Point Temperature and New Breaking Point Temperature

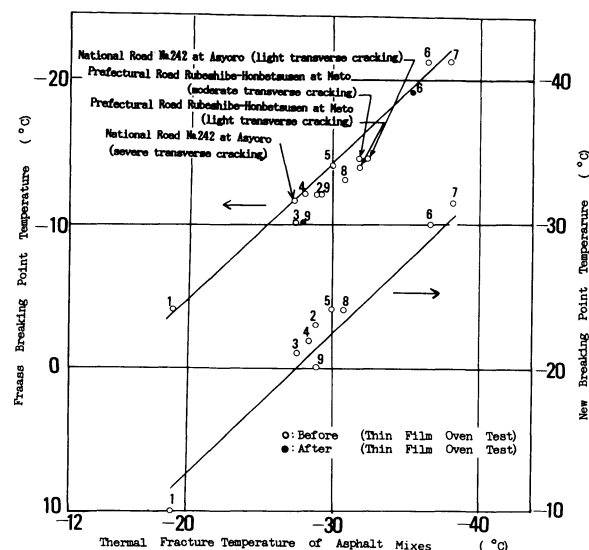


Fig. 2 Relation between Fraass Breaking Point Temperature, New Breaking Point Temperature and Thermal Fracture Temperature of Asphalt Mixes

Fig. 1 はアスファルトのフラス脆化点温度と新脆化点試験の脆化点温度との関係を示す。ここで黒丸印は薄膜加熱試験後の性状、白丸印は薄膜加熱前の性状をそれぞれ示す。明らかに両者は薄膜加熱試験前後のアスファルトの性状についてもほぼ比例関係にあると言える。薄膜加熱試験を実施するとフラス脆化点温度は No. 7 のアスファルトを除くと $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 元のアスファルトのそれより高く、新脆化点試験の脆化点温度はすべてのアスファルトで $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 元のアスファルトより高くなっている。この結果アスファルトの力学試験であるフラス脆化点試験と熱応力試験である新脆化点試験の両者の脆化点温度は全く異なった試験から得られたにもかかわらずほぼ対応関係にあることは明らかである。

Fig. 2 は新脆化点試験の脆化点温度またはフラス脆化点温度とアスファルト混合物の熱応力破壊温度との関係を示す。

これよりアスファルトの脆化点とアスファルト混合物の熱応力破壊温度とは密接な関係にあることは明白である。一方 2 種のアスファルトについて薄膜加熱試験を実施し、このアスファルトを用いアスファルト混合物を作製し、熱応力破壊試験を実施した結果、Fig. 2 の黒丸印に示すごとく、それぞれの熱応力破壊温度はバインダー No. 6 では 1°C、バインダー No. 9 でも 1°C と元のアスファルト混合物の熱応力破壊温度よりやや高くなる傾向にある。このアスファルト混合物の熱応力破壊温度はアスファルト単体について行った薄膜加熱試験後のフラス脆化点温度とほぼ対応していると考えてもよいように思われる。ここで薄膜加熱によってアスファルトの新脆化点試験の脆化点温度とフラス脆化点温度はいずれもほぼ高くなる傾向にあり、加熱劣化によりもろくなるという実際の現象とよく一致していると思われる。

アスファルト舗装の横断亀裂現象が解明されない原因の一つとして現地のアスファルト舗装から切り出した供試体の性状が十分によく調査されていないことにもあると思われる。しかし著者はアスファルト舗装の横断亀裂の頻度とこのアスファルト混合物の熱応力破壊試験における熱応力破壊温度とが密接な関係にあり、亀裂が多い箇所のアスファルト混合物の熱応力破壊温度は少ない箇所のそれより 5°C 程度高いことを明らかにしている。⁸⁾

本研究で採取した国道の切取供試体（細粒度ギャップアスファルトコンクリート配合、バインダー量 7.0%）は両者ほぼ同一地点であり、地形、外気温、舗装構成厚および舗装構成材料は両者ほぼ同一でアスファルトも針入度級およびバインダー量も同一であるが、舗装施工業者と配合および施工年度のみが異なる。⁹⁾ この両地区の切取供試体の回収アスファルトについてフラス脆化点試験を実施した結果、Fig. 2 に見られるごとくこのアスファルト混合物の熱応力破壊温度とフラス脆化点温度との関係は密粒度アスファルトコンクリートの配合の場合とはほぼ同様である。

また上記とは別に施工業者、施工年度、配合（細粒度アスファルトコンクリート配合、バインダー量 8.5%）、使用バインダー、施工箇所および舗装構成等が同一でありながら、風の吹き抜け等の影響で明らかに舗装温度が異なると思われる地方道路の 2 カ所から切り出した供試体について同様の実験を行った結果、Fig. 2 に示すような関係が得られた。

このように現場から採取した供試体の熱応力破壊試験の熱応力破壊温度とそれより回収したアスファルトについて行ったフラス脆化点温度は互に対応関係にあるように思われる。

現在アスファルト舗装の亀裂の程度とアスファルト単体の熱的性状との関係についてもさらに実験を行っているのでいずれ機会をみて発表したいと考えている。

4. 結 語

以上で得られた結論を要約すると以下の通りである。

1) アスファルト混合物の熱応力破壊試験による熱応力破壊温度とその時使用したアスファルトのフラス脆化点温度および新脆化点試験の脆化点温度とは密接な対応関係にある。

2) 薄膜加熱試験前後のアスファルトから得られたフラス脆化点温度はそれを使用したアスファルト混合物の熱応力破壊温度と対応関係にあるように思われる。

3) 現地より採取したアスファルト混合物の熱応力破壊温度とそれより回収したアスファルトについて実施したフラス脆化点試験の脆化点温度とは対応関係にあるように思われる。

以上述べたごとく、アスファルト単体の力学的および熱的性質とアスファルト混合物の熱的性質とが非常に密接な関係にあると思われるが、アスファルトプラントで混合直後に採取した試料や亀裂の多い箇所から採取した供試体等についてこの結果の確認をさらに詳細に行うとともに、アスファルト混合物の熱応力破壊試験の熱応力破壊温度と現地で亀裂の多い箇所のアスファルト舗装体の温度との対応について熱疲労の面からも検討する必要があるので現在この点について研究をすすめている。

一方フラス脆化点試験と新脆化点試験とも比較すると前者が後者よりバラツキが多いこと、また後者の実験が簡単でかつバラツキが少ないため現場管理用として十分に用いられる可能性があることなどから、この試験はアスファルト舗装の横断亀裂現象防止の一つの基準試験となる可能性があるように思われる。

本研究を遂行するに当たり、現地の切取供試体の採取およびその供試体から回収したアスファルトのフラス脆化点試験実施においては北海道開発局土木試験所の熊谷茂樹室長には大変お世話になった。ここに感謝の意を表する。

References

- 1) Asufaruto Hosouyoukou (アスファルト舗装要綱).
- 2) Canadian Good Roads Association Ad Hoc Committee on Low Temperature Behavior of Flexible Pavements, Convention Proc. Canadian Good Roads Association (1970).
- 3) Monismith, C. L., Secor, G. A., Secor, K. E., Proc. the Association of Asphalt Paving Technologists, **34**, Feb, (1965).
- 4) Mcleod, N. W., Proc. Canadian Good Roads Association (1970).
- 5) Sugawara, T., Kubo, H., Moriyosi, A., Paving in Cold Area Mini-Workshop Canada/Japan S. T. P. (1982).
- 6) DIN U 6.
- 7) Moriyosi, A., Takahasi, M., Zhang, Z. X., *Sekiyu Gakkaishi*, **30**, (4), 273 (1987).
- 8) Moriyosi, A., Sugawara, T., *Dobokugakkai Dai35kai-nenji Gakujutukouenkai Kouengaiyoushu* (土木学会第 35 回年次学術講演会講演概要集) (1981).
- 9) Moriyosi, A., Kubo, H., Sugawara, T., *Dobokugakkai Hokkaidousibu Ronbunhoukokushu* (土木学会北海道支部論文報告集), **37**, (1981).

Summary**Thermal Fracture Properties of Asphalt Mixes**

Akihiro MORIYOSHI

Faculty of Engineering, Hokkaido University, Nishi 8, Kita 3, Kita-ku, Sapporo 060

This paper describes the thermal fracture properties of asphalts and asphalt mixes at low temperatures. A series of experiments were carried out to measure thermal fracture temperatures of asphalt mixes and brittle point temperatures of asphalts.

From thermal fracture test of asphalt mixes, Fraass breaking point test and new breaking point test (suggested by the author) of asphalts, it is concluded

that very close correlation is observed between Fraass breaking point temperatures and new breaking point temperatures of asphalts.

There also exists an obvious relation between Fraass breaking point temperatures of recovered asphalt and thermal fracture temperatures of specimen cut from asphalt pavement in the field.

Keywords

Asphalt Mix, Thermal fracture temperature, Thermal stress