



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包絡線
Author(s)	徳光, 克也; 森吉, 昭博; 中島, 隆 他
Description	ノート
Citation	石油学会誌, 37(6), 624-627
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40029
Type	journal article
File Information	moriyoshi_JJPI37_624.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包絡線

徳光克也^{†1)}, 森吉昭博^{†1)*}, 中島 隆^{†2)}, 藤原正浩^{†3)}^{†1)} 北海道大学工学部土木工学科, 060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目^{†2)} 阪神高速道路公団, 541 大阪市中央区久太郎町 4-1-3^{†3)} 東日本旅客鉄道(株), 115 東京都北区赤羽西 1-3

(平成 6 年 3 月 7 日受理)

本研究は種々のアスファルトを用い, アスファルトとそのアスファルトを用いたアスファルト混合物について低温領域において 2 種の曲げ試験を実施し, これを引張の破壊状態に換算し, 破壊包絡線の形状や位置およびそれらの関係について検討した。

実験の結果, 各種アスファルトの低温領域における破壊包絡線の形状は大きく三つのタイプに分類され, アスファルト混合物の破壊包絡線の形状は使用したアスファルトのそれとほぼ同一であり, 針入度には依存しないこと, またアスファルトに添加剤が混合された場合やセミブローンアスファルトに対しても同様の結果が得られることを明らかにした。

1. 緒 言

アスファルトと石粉, 砂および碎石との混合物であるアスファルト混合物の破壊包絡線に関する研究は, 混合物の配合やアスファルト量について検討するとき, アスファルト混合物の破壊性状は温度やひずみ速度の影響を考慮せずに行われている^{1),2)}。このアスファルト混合物の破壊包絡線の形状は, アスファルトの性状に依存していると思われるものの両者の関係は特に低温領域において未だ明らかにされていない。これに対して, 筆者等はアスファルトの破壊性状を検討するため, 特に微小破壊ひずみとなる低温領域における曲げ試験における破壊包絡線について検討している³⁾。

本研究は低温領域におけるアスファルトとアスファルト混合物の引張試験における破壊包絡線の形状やその位置関係について検討したものである。その結果, 両者の破壊包絡線の形状が低温領域でもほぼ同一であり, アスファルトの破壊性状がアスファルト混合物の破壊性状にも著しく影響を与えていることが明らかにされた。したがって, 低温領域においてもアスファルト舗装の破壊現象は使用アスファルトの性状に依存すると想像される。

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, また通常のアスファルト舗装の表層に用いられる密粒度タイプのアスファルト混合物 (アスファルト量 5.8%) の配合粒度を **Table 2** に示す。以下では全てのアスファルトについて **Table 1** に示した略号を用いた。

3. 実験手法および解析法

本研究で実施した実験は, アスファルトではフラースゼイ化点試験機を改造した曲げ試験 (ひずみ速度約 2×10^{-2} 1/sec)

* 連絡先

Table 1 Properties of Asphalts

Asphalt	Penetration (100 g, 5 sec, 25°C)	Softening point [°C]	Penetration index
M 60/80	63	48.5	-1.0
EEA	37	63.0	+0.9
Sem 20/40	38	60.0	0.2
S 80/100	90	47.5	-0.4
W 120/150	134	43.0	-0.6
Recovered asphalt ^{a)}	51		

M 60/80 : Straight Asphalt at Supplier A (Middle East, 5-Mixing).

EEA : M 60/80 + EEA (5%).

Sem 20/40 : Semiblow Asphalt.

S 80/100 : Straight Asphalt at Supplier B (Middle East, 5-Mixing).

W 120/150 : Straight Asphalt in Single Crude Oil at Supplier A.

EEA : Ethylene ethyl acrylate co-polymer.

a) Asphalt recovered from the asphaltic pavement surface (paved in 1991).

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
0.074	7.2
Asphalt content [%]	5.8

であり、一方アスファルト混合物では3点曲げ試験（ひずみ速度 3.1×10^{-2} 1/sec）である。

アスファルトの曲げ試験用の供試体の作成方法や実験方法、解析法およびアスファルト混合物の曲げ試験用の供試体の作成方法や曲げ試験の実験方法、解析法はすでに報告したものと同一である^{4)~6)}。

筆者らは S 80/100 のアスファルトを用いた Table 2 と同一の密粒度配合のアスファルト混合物について引張試験と曲げ試験を実施している⁷⁾。したがって、本研究で行ったアスファルトおよびアスファルト混合物の引張試験における破壊包絡線の作成は次のように行った。すなわち上の結果を利用し、アスファルト混合物の最小の破壊時のひずみ領域における引張試験での引張強度と引張による破壊時のひずみ、および曲げ試験での最小の破壊時のひずみ領域における曲げ強度と破壊時のひずみがそれぞれ対応していると考え、引張試験に対する曲げ試験の破壊性状の換算係数を求めた。このときの換算係数はアスファルト混合物の曲げ強度で 0.6、破壊時のひずみで 0.2 であった。以後、これらの換算値をそれぞれ換算引張強度、換算破壊ひずみと呼ぶ。

同様に、S 80/100 のアスファルトについても曲げ試験での最小の破壊時のひずみ領域における曲げ強度と破壊時のひずみ、およびそのアスファルトを用いたアスファルト混合物での最小の破壊時のひずみ領域における引張強度と引張による破壊時のひずみがそれぞれ対応していると考え、上記同様にアスファルトの曲げ試験における換算係数を求めた。曲げ強度で 1.5、破壊時のひずみで 0.1 であった。以後、これらの換算値をアスファルトの換算引張強度および換算破壊ひずみと呼ぶ。

以下の解析ではいずれのアスファルトおよびアスファルト混合物についても上記と同一の換算係数を用いた。

4. 実験結果および考察

4.1. アスファルトの曲げの破壊包絡線

筆者等は種々のアスファルトの曲げ試験における破壊包絡線の形状が大きく三つのタイプに分けられることを報告した³⁾。しかし、実験を追加したところこのうち2種類はほぼ同一であり、新しくさらに1種類の包絡線のタイプが見い出された。以前の3つのタイプは(1)破壊時のひずみが小さくなるにつれアスファルトの曲げ強度も低下していくタイプ、(2)破壊時のひずみの大きさに関係なく曲げ強度がほぼ一定の値をとるタイプ、(3)最小の破壊時のひずみに近づくと急激に曲げ強度が小さくなり、上に凸の曲線となるタイプであった。今回新しく見つかった破壊包絡線の形状のタイプは従来の第1番目および第3番目のタイプとは異なり、最小の破壊時のひずみに近づくと曲げ強度が次第に大きくなるものである。このためこの包絡線上の破壊点は温度が低くなるに伴い、Fig. 1 の応力・ひずみ曲線の C 直線上より D 直線のライン上へ移動する。第3番目の破壊包絡線の形状は第1番目のそれとよく似ているため、これらを第1番目のタイプに代表させ、従来の第3番目のタイプを新しいタイプと入れ替えると結局合計3種類のタイプの異なる破壊包絡線が存在することとなる。

第1の破壊包絡線のタイプ（破壊時のひずみが小さくなるとともに曲げ強度が小さくなるタイプ）はフラスゼイ化点に

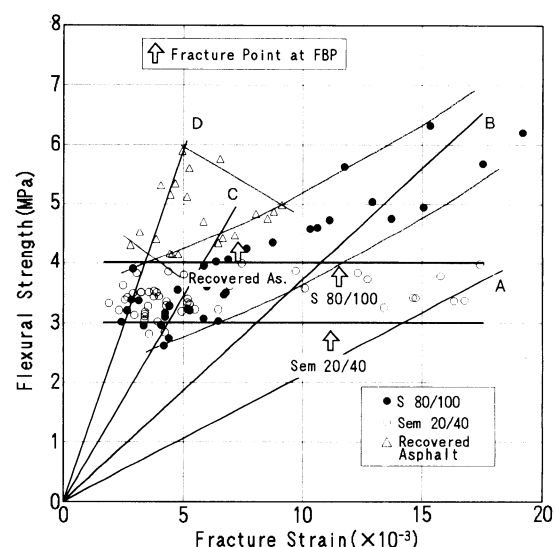


Fig. 1 Typical Shapes of Failure Envelope

における破壊時の弾性係数（フラスゼイ化点における曲げ強度と破壊時のひずみとの比）が一般に小さく、またフラスゼイ化点の曲げ強度および破壊時のひずみも大きいのが特徴である。応力・ひずみ曲線を表す A~D の直線群のこの配は破壊時の弾性係数を表している。したがって、この種のアスファルトを用いると B 直線のような低弾性係数（低速、高温領域）の領域から D 直線のような高弾性係数の領域に至るまでアスファルト舗装にはき裂が生じやすいと思われる。

破壊時のひずみの大きさに関係なく曲げ強度がほぼ一定となる第2の破壊包絡線のタイプは、フラスゼイ化点における破壊時の弾性係数が第1のタイプと同様に小さく、またこのときの曲げ強度が小さく破壊時のひずみが大きいのが特徴である。したがって、第1の破壊包絡線のタイプより A 直線のような低弾性係数の領域においても曲げ強度が小さいため、このタイプで亀裂が生じるときの応力・ひずみ曲線は A 直線から D 直線まで変化する。

第3の破壊包絡線のような最小の破壊時のひずみに近づくと曲げ強度が次第に大きくなるタイプは、アスファルト舗装の表層から回収したアスファルトに多く見られたもので、フラスゼイ化点における破壊時のひずみが極端に小さく、かつ破壊時の弾性係数が著しく大きい。このタイプはアスファルトの応力・ひずみ曲線が C 直線から D 直線となるような高弾性係数のときにぜい性挙動を示すので前2者とは異なり、A 直線や B 直線のような低弾性係数の領域でこのアスファルトを用いるとアスファルト舗装にわだちが生じやすいと思われる。この種の破壊はオリジナルアスファルトではみられず、回収アスファルトにのみ見られるので、このような形状を示すアスファルトは酸化等により性状が変化した可能性があると思われる。

以上の結果より、どのタイプの破壊包絡線においても最小の破壊ひずみ領域の応力・ひずみ曲線は D 直線のようにほぼ同一となるように思われる。

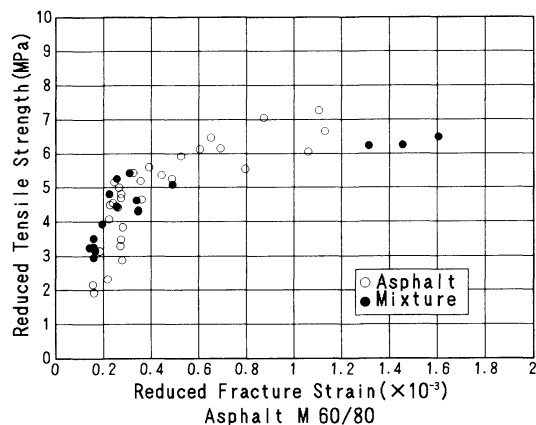


Fig. 2 Failure Envelope of Asphalt and Mixture

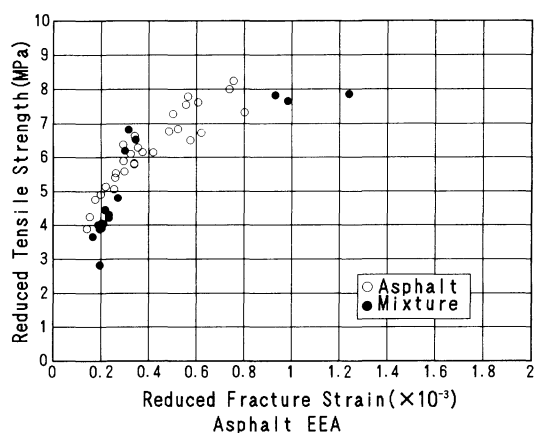


Fig. 3 Failure Envelope of Asphalt and Mixture

4. 2. アスファルトおよびアスファルト混合物の破壊包絡線
アスファルト混合物の引張試験における破壊包絡線の形状については Monismith らが検討し、その後曲げ試験から筆者らが検討している^{1),9)}。これらはアスファルト混合物の破壊時のひずみの値については低温領域で大きすぎるため問題であった。

筆者等はアスファルト混合物の引張試験から最小の破壊ひずみ領域をも考慮した破壊包絡線を描いているが、この実験が難しくかつ装置が高価であるため、一般にはアスファルト混合物の強度を論ずる場合、曲げ試験を行うことが多い。一方、アスファルト舗装の破壊は引張応力状態で生ずると思われるので、曲げ試験の結果が引張試験に変換できれば極めて有用であると考えられる。

Fig. 2 は、上記の解析法を用いてアスファルト混合物 (M 60/80 のストレートアスファルトを用いた) の曲げ試験の結果を引張試験から得られるようなアスファルト混合物の破壊包絡線に換算した結果を示す。また、このアスファルト混合物に使用した 5 種のブレンド原油から造られたストレートアスファルト (M 60/80) の破壊包絡線を求めると **Fig. 2** が得られた。この図より破壊包絡線の形状は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両者でほぼ同一であることは明らかである。

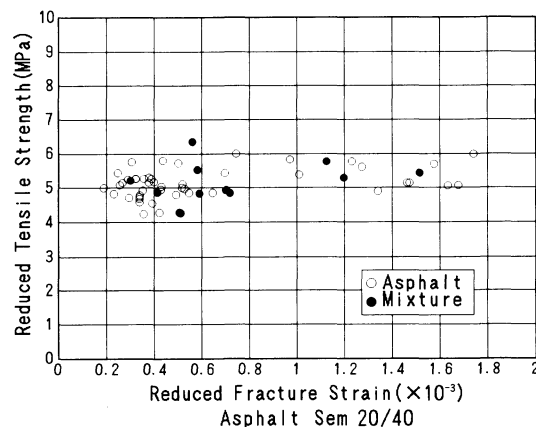


Fig. 4 Failure Envelope of Asphalt and Mixture

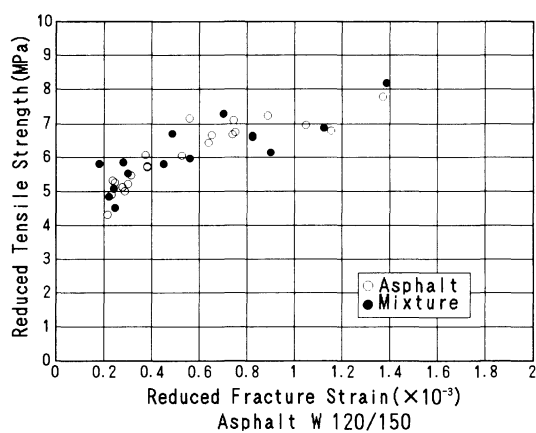


Fig. 5 Failure Envelope of Asphalt and Mixture

Fig. 3 は **Fig. 2** で使用したストレートアスファルト (M 60/80) に EEA を混合したアスファルトの破壊包絡線と、またそのアスファルトを使用したアスファルト混合物の破壊包絡線を示す。このようにアスファルトに添加剤を混合しても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破壊包絡線の形状は両者ほぼ同一であるように思われる。

Fig. 4 はセミブローンアスファルト (Sem 20/40) 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破壊包絡線を、**Fig. 5** は単一原油から造られたストレートアスファルト (W 120/150) 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破壊包絡線をそれぞれ示す。

以上の結果より、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破壊包絡線は両者で異なる温度で互いに実験をしているにもかかわらずほぼ同一形状である。したがって、アスファルト混合物の破壊包絡線の形状はアスファルトのそれとほぼ同一であると思われる。

5. 結 語

本研究において、次の結論が得られた。

- 1) 低温領域における各種のアスファルトの破壊包絡線の形状は著しく異なる三つのタイプに分類される。
- 2) アスファルトとそのアスファルトを使用したアスファルト

混合物の引張応力状態に換算した両者の破壊包絡線の形状は低温領域ではほぼ同一である。

3) アスファルトに添加剤を混合した場合、およびセミブローンアスファルトに対しても引張試験における破壊包絡線への換算が可能であるように思われる。

現在、配合や空けき率の差によるこれらの破壊包絡線の形状について検討しているので、いずれ機会をみて発表する予定である。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、水野宏治君（北海道大学大学院）、北海道開発局開発土木研究所維持管理研究室長 川村和幸氏、日本道路公団名古屋管理局 青木秀郎氏の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

References

- 1) Moriyoshi, A., Sugawara, T., *Proc. of JSCE*, (251), 107 (1976).
- 2) Smith, T. L., *J. Polym. Sci.*, (20), 89 (1956).
- 3) Tokumitsu, K., Moriyoshi, A., Nakashima, T., *Sekiyu Gakkaishi*, **37**, (4), 455 (1994).
- 4) Moriyoshi, A., Kawamura, K., *Sekiyu Gakkaishi*, **35**, (4), 353, (1992).
- 5) Moriyoshi, A., Kawamura, K., *Sekiyu Gakkaishi*, **36**, (2), 139, (1993).
- 6) Sugawara, T., Kamijima, T., Moriyoshi, A., *Proc. of JSCE*, (234), 131, (1975).
- 7) Moriyoshi, A., Nitta, N., *Proc. of JSCE*, (390), 219 (1988).
- 8) Tokumitsu, K., Moriyoshi, A., Nakashima, T., *Sekiyu Gakkaishi*, **37**, (4), 455 (1994).
- 9) Monismith, C. L., Secor, G. A., Secor, K. E., *Proc. Assn. Asphalt Paving Tech.*, **34**, 248, (1965).

Summary

Failure Envelope of Asphalt and Asphaltic Mixture at Low Temperature

Katsuya TOKUMITSU^{†1)}, Akihiro MORIYOSHI^{†1)}, Takashi NAKASHIMA^{†2)},
and Masahiro FUZIWARA^{†3)}

^{†1)} Faculty of Engineering, Hokkaido University, Nishi 8, Kita 13, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060

^{†2)} Hanshin Expressway Public Corp., 4-1-3 Kitano-cho, Chuo-ku, Osaka 541

^{†3)} East Japan Railway Co., Ltd., Nishi 1-3, Akabane, Kita-ku, Tokyo 115

This paper describes the failure envelope of asphalts and asphaltic mixtures at low temperatures. We conducted the flexural test for asphaltic mixtures and asphalts at low temperatures and tried to convert their flexible fracture properties of asphalts and asphaltic mixtures to tensile fracture properties.

The following conclusions resulted from our study; The shapes of failure envelope for asphalts are classified into three typical types, and they do not depend upon the properties of asphalts at low temperatures. The shapes of failure envelope for asphaltic mixtures are similar to those of the asphalts.

Keywords

Asphalt, Asphaltic mixture, Failure envelope, Low temperature