



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アスファルトの低温領域における破壊ひずみ
Author(s)	森吉, 昭博; 川村, 和将
Description	ノート
Citation	石油学会誌, 35(4), 353-357
Issue Date	1992-07-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40024
Type	journal article
File Information	moriyoshi_JJPI35_353.pdf



[ノート]

アスファルトの低温領域における破壊ひずみ

森吉昭博*, 川村和将

北海道大学工学部, 060 札幌市北区北 13 条西 8 丁目

(平成 3 年 12 月 16 日受理)

本研究は低温領域におけるアスファルトの破壊ひずみの値および破壊ひずみが温度、载荷速度等によりどのように変動するか検討したものである。実験は著者らが新たに開発したもので、あらかじめひずみを測定した鋼板にアスファルトを塗布し、それをフラースゼイ化点試験機に装着し一定温度で曲げ作用を与え、様々な温度のアスファルトの破壊ひずみを求めるものである。

実験により、以下の結果を得た。温度が低下するに伴い破壊ひずみは減少し、最小ひずみに漸近した。アスファルトの温度-破壊ひずみ曲線は、载荷速度等の条件により温度軸方向に平行移動し、その形状はほぼ一定であると考えられる。また、载荷速度を遅くした場合、その曲線は温度軸方向に平行移動した。

1. 緒 言

アスファルト単体は低温領域においてぜい性体としての性質を示すが、その領域の力学性状の測定方法が現在確立されていないため、ここでの研究は十分に行われているとは言えない。たとえば、アスファルト単体の破壊ひずみの報告例は推定値や計算値ではあるものの、実測値はほとんど存在しない¹⁾。そのため、本研究は低温領域における破壊ひずみの大きさを求めるとともに、温度、载荷速度等がアスファルト単体の破壊ひずみに与える影響について検討したものである。本研究で採用した方法は、筆者らが新たに開発したもので、あらかじめひずみを測定した薄い鋼板にアスファルト単体を均一に塗布した供試体を使用し、それをフラースゼイ化点試験機器に装着し、冷却媒体であるメタノール中で供試体に曲げ作用を与え、これよりアスファルトの破壊ひずみを求める²⁾。この装置は小型で簡便であり、メタノール中で試験を行うため温度精度が良い。また、この方法は使用アスファルト量も少量で、かつ低温領域においても鋼板のひずみの再現性がよい³⁾。

2. ひずみの測定法

2.1 鋼板のひずみ

以下のひずみの測定には主に通常のフラースゼイ化点試験機を用いた。

実験には、寸法が $41 \times 20 \times 0.15$ mm のフラースゼイ化点試験用の市販の鋼板を 2 種 (鋼板 A、鋼板 B と呼ぶ)、寸法が $41 \times 20 \times 0.1$ mm の特別に製作した薄い鋼板を 1 種類 (鋼板 C と呼ぶ) 使用した。特製の鋼板が標準の厚さより薄いのは、実験中に相対的にアスファルトにかかる荷重を大きくするためである。ゲージは鋼板の中央に長さ 2 mm の単軸はくフェスデルタイプを長軸方向に、また同一のゲージを 2 枚長軸方向に中央より 7 mm および 14 mm 離れた場所に各々接着剤で貼付

した。鋼板が試験機に取り付けられ、回転レバーが回転すると鋼板は次第にひずむ。この時の鋼板のひずみは試験機の回転レバー 1 回転ごとにミクロン単位で測定した。鋼板 C を用いたときの結果は Fig. 1 に示す。他の 2 種の鋼板の場合もこれとほぼ同様の結果が得られた。この図の横軸は試験機のハンドルの回転数を示す。回転数 0 はフラースゼイ化点試験機に鋼板を装着した時を意味している。Rigden らの鋼板のひずみの推定値と測定値を比較すると、回転数が 0 のときは測定値と Rigden らの推定値の差は約 $2,250 \times 10^{-6}$ であるが、回転数が増加するに従いそれらの差は小さくなり極大値ではほぼ同一となった。また、Fig. 1 より鋼板表面のひずみ分布は、Rigden らが仮定しているように鋼板全体で一様であるとはいえないことは明白である。

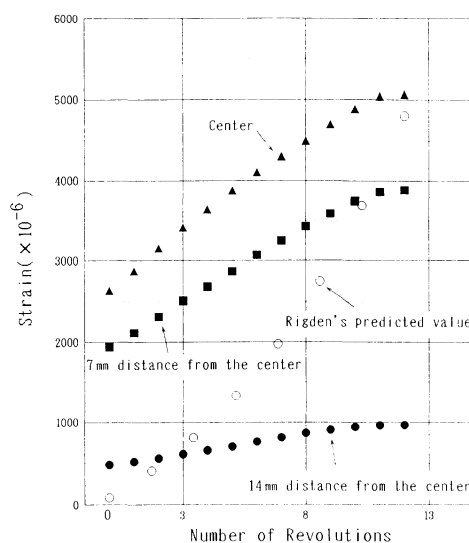


Fig. 1 The Relation between Strain of Steel and Number of Revolutions (Plate Type C)

* 連絡先

2.1.1 空中の鋼板のひずみの再現性

鋼板のひずみの再現性の実験は、三種類の鋼板にゲージを貼付し室温の空气中で曲げ作用を与えながら、以下のように行った。鋼板 A は極大変形まで曲げて元に戻す作業（これを繰り返し作業と呼ぶ）が 1 回終了した後、試験機からはずされた時に残留ひずみが中央部分で約 700×10^{-6} に達することが確認された。また、回転レバーを回転させ、変形が最大となる時のひずみを極大ひずみとすると、極大ひずみは繰り返し作業の回数とともに若干減少する傾向にある。一方、鋼板 B もこの繰り返し作業が 1 回終了後試験機からはずされた時の鋼板の残留ひずみは、中央部分で約 500×10^{-6} であった。したがって、鋼板 A および B はともに曲げにより若干塑性変形していると考えられる。鋼板 C の極大ひずみおよび曲げを開始する時のひずみ（極小ひずみと呼ぶ）はともに繰り返し作業の回数に関係なく一定で、その差も一定となり、塑性変形は認められなかった。以上のことから、鋼板 C は精度上最も信頼できると考えられるため、以下の実験は全て鋼板 C を使用した。

2.1.2 メタノール中の鋼板のひずみ

低温のメタノール中の曲げによる鋼板のひずみの測定は、常温の鋼板を通常のフラースゼイ化点試験機に装着して行った。実験は鋼板の温度分布を考慮し、 -17°C のメタノール中に鋼板を装着した試験機を投入し 1 分後に行った。鋼板のひずみはどの箇所においても空中の場合より全体に約 140×10^{-6} 小さくなるが、鋼板中央部の極大ひずみと極小ひずみの差の絶対値および各ハンドルの回転数ごとのひずみ増分は空中のそれと全く同一であった。

2.2 アスファルトのひずみ

鋼板上のアスファルト層下面のひずみはメタノール中でも鋼板のひずみと同一と仮定した。荷重が測定可能な機械を使用し、この供試体に曲げを与え荷重を測定すると荷重は連続的に増加し、やがて破壊に至ることが各温度ごとに確認された。これより、アスファルトと鋼板は十分に密着していると考えられる。ただし、供試体は曲げられた状態にあるため、ひずみ分布を Fig. 2 と仮定するとアスファルト層の上面のひずみは図形の相似法則よりアスファルト層下面のひずみの 11 倍であると考えられる。したがって、ここでは試験機のレバーを回転させアスファルトが破壊した時の回転数に対応する鋼板のひずみの 11 倍をアスファルトの破壊ひずみと定義した。なお、アスファルトの破壊場所が鋼板のはば中央部に限られるため、アスファルトの破壊ひずみは鋼板中央部分のひずみとレバーの回転数との校正曲線から求めた。レバーの回転数とアスファルト層上面のひずみの関係は Fig. 3 に示す。この図における著者らの測定値は、供試体を試験器に装着した際のアスファルト上面のひずみ（以後、このひずみを初期ひずみと呼ぶ）とレバー回転

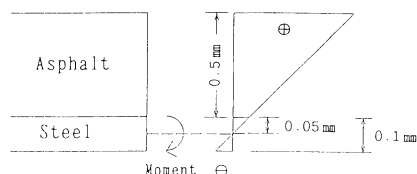


Fig. 2 Assumed Strain Distribution of Asphalt and Steel

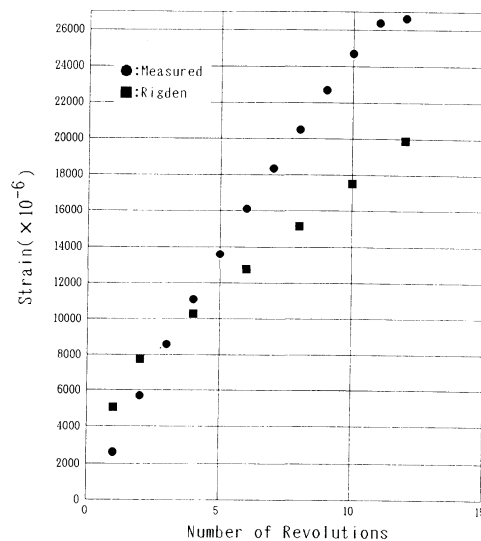


Fig. 3 The Relation between the Strain of Asphalt and Number of Revolutions

数ごとのアスファルト上面のひずみとの差であり、たとえば回転数 1 におけるひずみは初期ひずみとレバーを 1 回転した時のアスファルト上面のひずみの差である。Rigden らのアスファルトのひずみは供試体長軸方向が鉛直と仮定して、供試体の水平変位を観測しアスファルト表面のひずみを推定したものであり本研究のひずみ測定法とは明らかに異なっている。本研究のひずみは Rigden らのアスファルトのひずみの推定値と比較すると、レバーの回転数が少ない場合は Rigden らの値が大きくなり、回転数が増加するに伴い測定値の方が大きくなり、その差は最大で約 $7,000 \times 10^{-6}$ となる。また、 -25°C 以下の曲げ試験ではアスファルトの破壊ひずみが相対的に小さいため、この領域の破壊ひずみは荷重測定とストロークの測定が可能な別の機器により測定した⁴⁾。

3. 試験法

以下の三つの試験で使用した機械は、通常のフラースゼイ化点試験機と供試体がほぼ平らな状態から実験が開始できるフラースゼイ化点試験機を使用した。

使用アスファルトは針入度級 80/100 のストレートアスファルト（針入度 90、軟化点 47.5°C 、針入度指数 -0.4 ）である。

3.1 フラースゼイ化点試験

試験方法は DIN U 6 に準拠した。ただし、実験には鋼板 C を使用した。温度制御はデジタル指示調節計を用い、温度は精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ のデジタル温度計で測定した。従来の実験は空冷式であったが、本研究では水冷式とし、冷媒はメタノールを使用した。

3.2 一定温度の曲げ試験

この試験は主に通常のフラースゼイ化点試験機を用いて、供試体を曲げた状態から一定速度で実験を開始し、一定温度におけるアスファルト単体の破壊ひずみを測定する。一方、供試体がほぼ平らな状態から実験が開始できるフラースゼイ化点試験機も一定温度の一定曲げ試験用として使用した。曲げ試験はフ

Table 1 Fraass Breaking Point Temperature

Penetration grade of asphalt	Type of steel	Fraass breaking point temperature [°C]	Ave. [°C]
80/100	C	-14, -15, -15, -14, -15, -15, -15, -14, -16, -16	-14.9

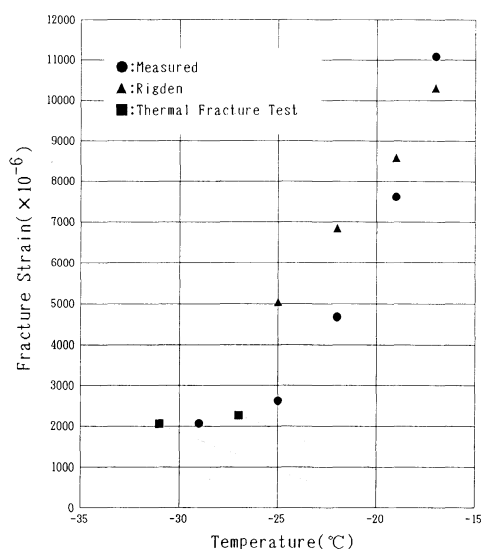


Fig. 4 The Relation between Fracture-strain of Asphalt and Temperature

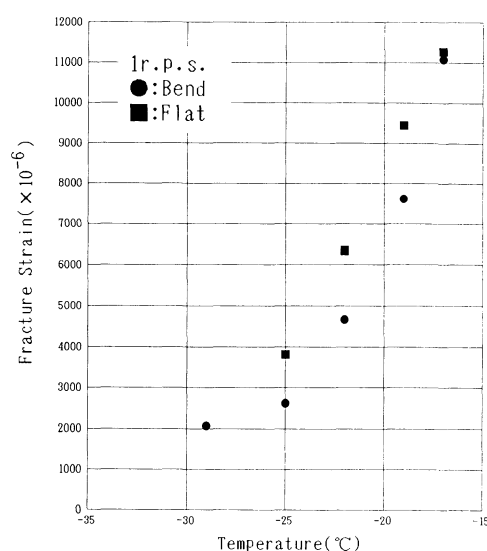


Fig. 5 Effect of Initial Condition of Steel on Asphalt Fracture-strain-Temperature Relationship

ラスゼい化点温度より低い温度のメタノール中においてフラスゼい化点試験と同一の一定速度で行い、破壊が生じたときのアスファルトの破壊ひずみを測定する。ただし、実験は供試体のアスファルトの熱応力をほぼ0にするためメタノール投入1分後に行う。荷重測定が可能な別の機器により供試体のアスファルトの荷重を -25°C 以上で測定すると、メタノール投入1分後には荷重がほとんど0となりアスファルトの応力がこの時間では緩和していることが確認されている。

4. 結果および考察

4.1 フラスゼい化点試験

実験結果はTable 1に示す。アスファルトのフラスゼい化点温度はともに10個の供試体で $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の範囲のほぼ一定値となった。これより以後の実験はフラスゼい化点温度がこのアスファルトの基準温度より低温領域で行った。

4.2 一定温度の曲げ試験

実験温度は -17°C 、 -19°C 、 -22°C 、 -25°C 、および -29°C とし、曲げ試験は各々3回ずつ行い、破壊ひずみはこの3回の平均値とした。実験は以下のような様々な条件の下で行った。

4.2.1 Rigdenらの推定したひずみとの比較

筆者らが測定したアスファルトの破壊ひずみとRigdenらが推定したアスファルトのひずみとの比較を行った。結果はFig. 4に示す。温度が低下すると両者の破壊ひずみは明らかに減少している。しかし、測定温度が低下するに伴い、両者の値の差は大きくなり、Rigdenらのひずみが測定値よりも著しく

大きくなる。この原因は -20°C 以下の低温領域における実験では、試験機のレバー回転数が1, 2回でアスファルトは破壊するため、Fig. 3から分かるように回転数1, 2回におけるひずみの差が両者で著しいためと考えられる。また、供試体を -15°C のメタノールに1分以上投入した後、レバーを回転せずそのまま -15°C 以下 1°C ごとに温度を低下させたメタノールに投入すると、熱応力により -27°C で破壊した。 -20°C に投入後それ以下の温度に投入すると -31°C で破壊した。アスファルトの線膨張係数を約 $200 \times 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ として初期応力が0とすると、弾性領域におけるアスファルトの破壊ひずみは $2,057 \sim 2,257 \times 10^{-6}$ となり、これは曲げ試験の最小の破壊ひずみとほぼ同一の値である。

4.2.2 供試体の初期の平面性の影響

通常のフラス試験は供試体を曲げた状態から開始するが、平らな状態から開始する実験も比較のため行った。結果はFig. 5に示す。明らかに温度が低下すると破壊ひずみはともに減少する。曲げた状態から開始した場合、 -29°C においてアスファルトの最小の破壊ひずみは $2,068 \times 10^{-6}$ になった。また、両者のアスファルトの破壊ひずみは -17°C でほぼ同一であるが、他の温度で両者のひずみの差は $1,200 \sim 1,800 \times 10^{-6}$ 程度になった。平らな状態から鋼板を曲げた場合、レバー1回転ごとのひずみの差は曲げた状態からのそれより大きいのは、ひずみ測定の精度の差が破壊ひずみの差に表れたためと思われる。

4.2.3 保持時間の影響

供試体のメタノール投入直後から実験開始までの時間（これ

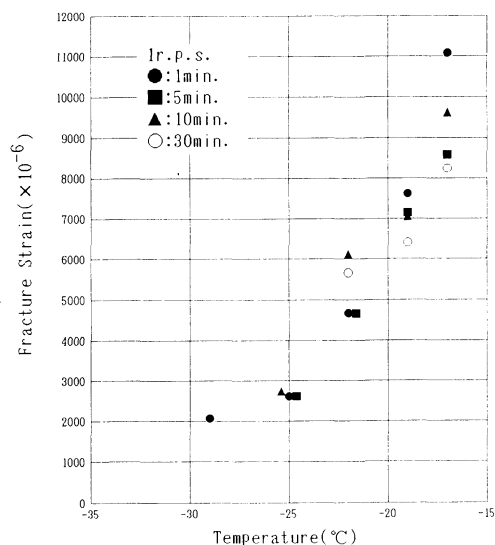


Fig. 6 Effect of Holding Time on Asphalt Fracture-strain-Temperature Relationship

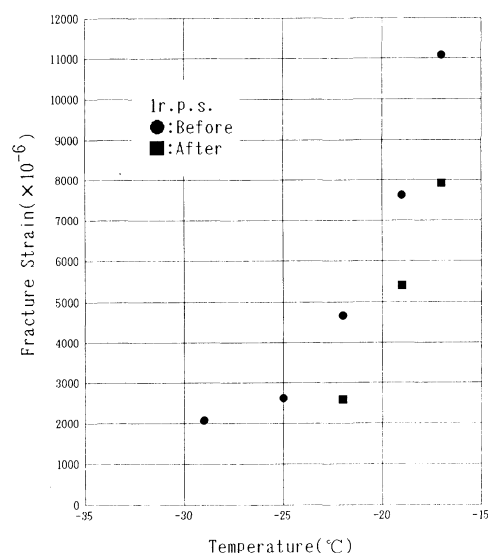


Fig. 7 Effect on Thin Film Oven Test on Fracture-strain-Temperature Relationship

を保持時間と呼ぶ)を1分、5分、10分、30分とし、この状態から実験は開始しアスファルトの破壊ひずみを測定した。結果は Fig. 6 に示す。アスファルトの破壊ひずみは温度が -25°C から -17°C に上昇するに伴い、保持時間によりバラツキが若干大きくなる傾向にあるが、ほぼ一致し、保持時間に依存していないように思われる。

4.2.4 アスファルトの薄膜加熱による影響

実験はアスファルト 50 g を 163°C で 5 時間加熱し、それを銅板に均一に塗布したものについて行った。保持時間は 1 分間とした。結果は Fig. 7 に示す。この図は、アスファルトを薄膜加熱せず (以下これを Before と呼ぶ) に実験を行った場合の破壊ひずみと、薄膜加熱後 (以下これを After と呼ぶ) に実験を行った場合の破壊ひずみを示す。全ての温度において、

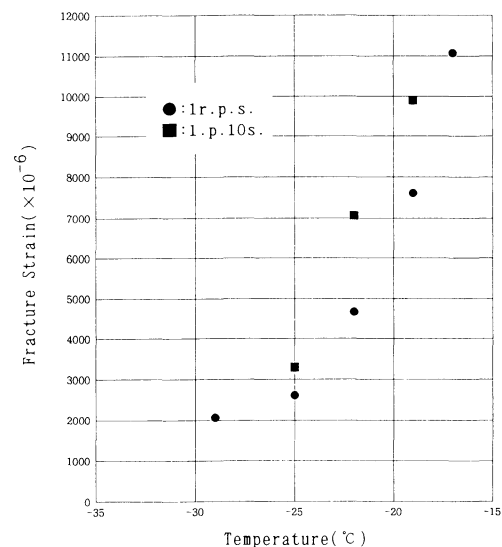


Fig. 8 Effect of Speed of Loading on Fracture-strain-Temperature Relationship

薄膜加熱したアスファルトを使用した供試体の破壊ひずみは、薄膜加熱しなかったものを使用した場合の破壊ひずみより減少している。たとえば、 -22°C では $2,086 \times 10^{-6}$ 、 -17°C では $3,157 \times 10^{-6}$ ほど減少している。薄膜加熱するとアスファルト単体の低温における破壊ひずみは減少すると考えられる。

4.2.5 ひずみ速度の影響

通常のフラース試験は試験機の回転レバーを約 1 秒で 1 回転させるが、10 秒で 1 回転にした場合の破壊ひずみを測定した。結果は Fig. 8 に示す。ひずみ速度が 1/10 になると、どの温度においても破壊ひずみは大きくなり、 -17°C では破壊しなかった。 -19°C の破壊ひずみは $9,900 \times 10^{-6}$ 以上であり、アスファルト単体の破壊はひずみ速度にも依存していると考えられる。

5. 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) アスファルトの破壊ひずみが簡便で正確でかつ少量のアスファルトで求めることができる。
- 2) 低温領域におけるアスファルト単体の破壊ひずみは、温度が低下するに伴い最小ひずみに漸近し、この最小の破壊ひずみは -25°C 以下で約 $2,000 \times 10^{-6}$ である。
- 3) アスファルトの測定したひずみは Rigden らのひずみの推定値と著しく異なる。
- 4) アスファルトの温度-破壊ひずみ曲線は緩やかな S 字状となり、ひずみ速度、薄膜加熱等の条件により温度軸方向に左右に平行移動しその形状はほぼ一定のように考えられる。

以上よりアスファルトの低温領域における破壊ひずみの大きさや、アスファルトの最小破壊ひずみおよび破壊ひずみに及ぼすひずみ速度の影響が明らかにされた。しかし、低温領域におけるアスファルト単体の応力とひずみの関係は、依然として解明されていない。

筆者らはこの点について研究しているので機会をみて発表したい。

謝 辞

本研究を実施するにあたり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に大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

References

- 1) Rigden, P. J., Lee, A. R., *J. Appl. Chem.*, (3), 62(1953).
- 2) Moriyoshi, A., Takahashi, M., Zhang, Xiao Ning, *Sekiyu Gakkaishi*, **30**, (4), 273(1987).
- 3) Moriyoshi, A., Kawamura, K., Kaku, T., *Dobokugakkai Hokkaido-shibu Ronbunshu*, (48), 973(1992).
- 4) Sasaki, K., Kawamura, K., Shibata, S., Mizushima, T., *Hokkaido Kaihatsukyoku Dobokukenkyujo Geppou, Fraass zeikaten Shiken*, (5), 10(1990).

Summary

Fracture-strain of Asphalt at Low Temperature

Akihiro MORIYOSHI and Kazumasa KAWAMURA

Faculty of Engineering, Hokkaido University, Nishi 8, Kita 13, Kita-ku, Sapporo 060

This paper describes fracture-strain of asphalts and affects on variables by temperature, speed of loading, etc., at low temperatures. The authors developed a new bending method, by which fracture-strain of asphalt can be measured in various temperatures. The fracture-strain of asphalt is measured by the Fraass breaking point test machine at varied temperature.

In this study, it is concluded as follows: The fracture-

strain decreased with lowered temperature and reached minimum strain at a low temperature. When speed of loading was changed, the strain-temperature curve shifted parallel to the temperature axis while its shape remained the same. When the speed of loading was reduced, the curve shifted parallel to the temperature axis.

Keywords

Asphalt, Fracture strain, Bending test, Fraass breaking point test