

— 主として低温ゼイ性について —

北海道大学工学部 正員 〇上 島 壯
 北海道大学工学部 学生員 下 田 哲 也
 北海道大学工学部 正員 工博 菅 原 照 雄

1. まえがき

アスファルトの低温域に於ける試験として、針入度試験・伸度試験・フラス破壊点試験等が規格試験化され、これ等の測定値より低温性状の評価が行われている。しかし舗装の低温域に於けるゼイ性破壊についての資料としては、これ等の測定現象が複雑・多様であること、断片的であること等の難点があり、フラス破壊点試験をとりあげてみても、バラツキが大きい・実際の舗装のゼイ性破壊の条件とは異なる等の問題がある。舗装用アスファルトの破壊について、バインダーとしてのアスファルト・短い時間域に至る載荷時間・大荷重等の条件に着目して、種々のアスファルトに高速曲げ試験を行い、性状の評価に関する研究を行った。

2. 試料

実験アスファルトを表-1に示す。骨材配合は、豊浦標準砂：50%，200番篩通過石粉：25%，実験アスファルト：25%（46.5容積%）である。製作は手練りで行い、25×25×250mmの型枠に流し込んだ。Cの440×240×240mm型枠流込み後切出し。表-2に示すように、実験結果のバラツキは単味が最も大きい。

3. 実験条件

装置の詳細は前報¹⁾に述べた。試験は2点支持、中央集中荷重による曲げである。中央載荷部の変位速度：6cm/秒、スパン：20cm、試料の厚み：2.5cmで行った。

試験は0℃又は4℃を中心に、4℃間隔で±12～16℃の範囲で行い、試験温度の調整には市販不凍液を用いた。

4. 実験結果

測定値より、曲げ強さ・破断至・ $\frac{1}{200}$ 秒等短い載荷時間に於けるスティフネス（曲げ弾性率）等を計算した。

アスファルトCについての各試験温度7～10点の測定値の変動係数と平均強度を図-1に示す。曲げ強度は+2℃附近で顕著なピークをもつが、ピークをもつ現象はすべてのアスファルトに見られた。強度のバラツキの大きさは、

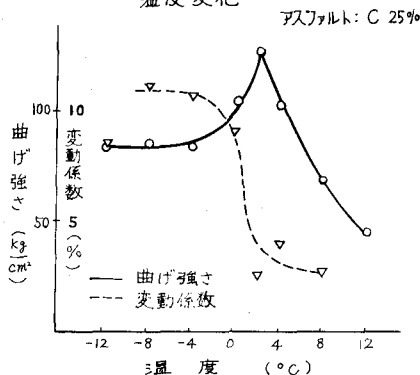
表-1 試験アスファルトの性状

試験アスファルト	針入度	軟化点	フラス破壊点	PI
A(普通アスファルト)	98	43.8	-11	-1.2
B(" ")	85	47.5	-19	-0.5
C(" ")	93	47.8	-20	-0.2
D(コ4 ")	73	53.1		+0.5
E(" ")	59	58.6		+1.3
F(" ")	69	64.9		+2.9
G(熱媒 ")	97	63.8	-31	+3.7

表-2 ゼイ性強度の変動係数

アスファルト材料の種類	試験温度 (変位速度)	変動係数
ストリートアスファルト 単味	-20～0℃ (14cm/秒)	20%以上
豊浦標準砂：石粉 ～2：1	0℃ (6cm/秒)	9%
	As 14.4%	8%
グースアスファルト As 8.8%	5℃ (14cm/秒)	8%
アスファルトコンクリート As 6.3%		9%

図-1 曲げ強度及び変動係数の温度変化



ピーク附近で急激に変化する。これはこの温度の附近で破壊のモードが変ることを意味するものと思われる。ピークより高温側では、曲げ強度は定常的流動の粘性抵抗を表わす。最も大きい曲げ強度を測定した温度を表-3に示す。これは極大点から $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (C は $\pm 1^{\circ}\text{C}$)の温度である。針入度の異なるアスファルトの比較のため、軟化点を基準とし、これとの温度差を比較するとPIの順となっている。

表-3. 最も大きい曲げ強度を測定した温度

アスファルト	A	B	C	D	E	F	G
試験温度 $^{\circ}\text{C}$	12	4	2	0	4	2	-12
$T - T_{\text{軟}}$ $^{\circ}\text{C}$	-31.8	-43.3	-45.8	-53.1	-54.6	-62.9	-74.8
曲げ強度 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	98.5	115.6	125.2	127.1	119.9	118.8	92.5

破断歪と温度の関係を図-2に示す。各曲線の破断歪最大の温度より 4°C 高温ではいずれもタワミ 4cm を越えても破断又はヒビ割れを起さなかった。実験温度範囲では、温度低下につれて破断歪は減少するが、ほぼ一定の値に落着く傾向がある。それ故破断歪の $0.5 \sim 5\%$ 程度の温度領域は破断歪の温度変化が非常に大きい領域と言える。

又軟化点と試験温度の温度差をとると、各曲線はPIの順にならんでいる。

スティフネスの温度変化については、従来言われていることと同様の傾向が見られた。

4. 実験結果の考察

実験の結果からアスファルト合材のゼイ化には、破壊性状に種々の特異性が起ることが見出された。それ等は、a. 強度-温度曲線に極大点が現われる。b. 破断歪が温度変化に対して急激な変化を始める。c. 強度の変動係数が大きく変る温度域がある。d. 応力-歪曲線に降伏現象が現われる。e. 試料の破断面の形状が変化する等であり、これらの現象の起る温度をゼイ化点と考えてさしかえないと思われる。これらの現象間の関連性は明らかではないが、実験的には強度の温度変化より極大点を求めるのが最も簡便である。しかし図-3に見られるように、曲げ強度の変化は破断歪の変化に較べて明瞭でない。一方破断歪の変化は図-2に

図-2 破断歪と温度の関係

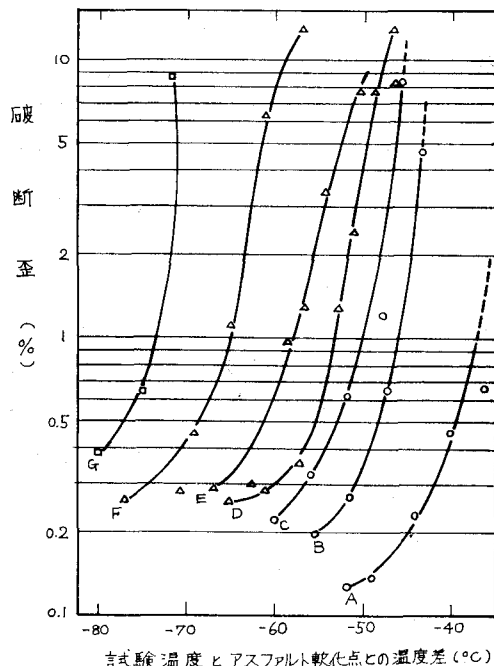
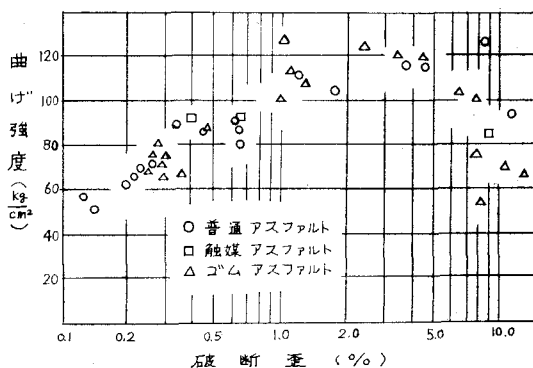


図-3 曲げ強度と破断歪の関係



示したように、破断歪 0.5～5%に相当する温度変化はいずれも 5℃程度の範囲に納まっている。このようにゼイ化温度は破断歪-温度曲線を基礎として定めた方が精度は良い。

図-4 は破断歪 2%に相当する温度を便宜的にゼイ化温度として PI との関係求めたものである。フラス破壊点より 20℃程度高温側にあり、両曲線はほぼ平行している。この種の合材のゼイ化温度は、フラス破壊点と同様にアスファルトの感温性と硬さに支配されることが判る。一方アスファルトの低温性状の評価にはゼイ性強度が問題となるが、これは図-1に示すように複雑な温度変化をする。しかし図-3は曲げ強度と破断歪にはほぼ定まった対応関係があり、アスファルトの種類による相違は著しくない。それ故、曲げ強度-温度曲線のピークの高さやゼイ性強度の大きさを問題にすることはあまり意味がないと思われるが、アスファルトの許容歪が大きいことはゼイ性強度が大きいということと同じ意味をもっと考えられる。

図-4の PI との関係からも明らかなように、この試験に於けるゼイ化現象はアスファルトの粘弾性学的性質と密接に関係づけられる。破壊以前の性状と破壊との関係が明らかになればゼイ化の予知も可能となるが、図-5は短い載荷時間に於けるスティフネスと破断時の歪との相関を示したものである。破断歪が1%以下のようなゼイ化した状態では、許容歪はアスファルトの種類に関係なくなるようである。ゴムアスファルトでは普通アスファルトが破断せずに流動してしまうような低いスティフネスでもゼイ性的な破断を示す傾向がある。これは粘弾性学的な性質のちがいによるものと思われる。

破断歪 2%のときに相当するスティフネスは、ほぼ $1.5 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ である。この値に相当するバインダ

図-4 合材のゼイ性温度とアスファルトの PI との関係

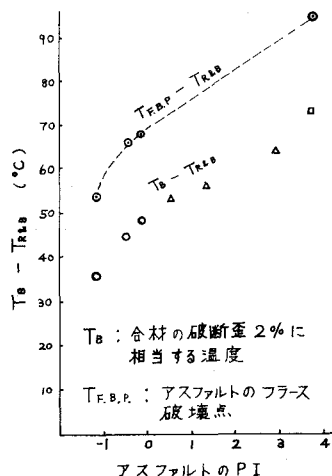


図-5 スティフネスと破断歪の関係
 $\tau = 0.005 \text{ 秒}$

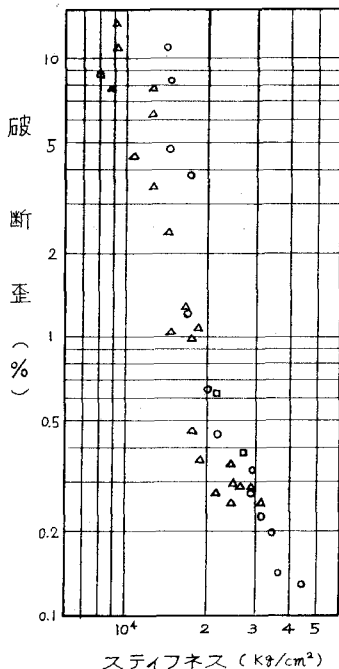


図-6 合材のスティフネスとバインダーのスティフネス

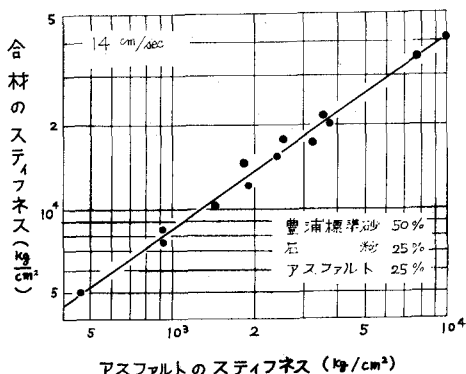


図-8 単味の曲げ強度と破断歪

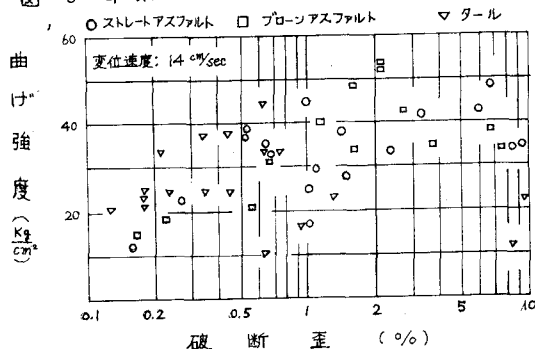
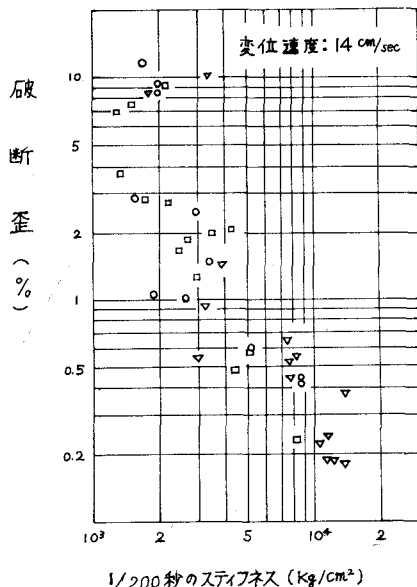


図-9 単味の破断歪とスティフネスの関係



のスティフネスは図-6より $2.3 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ である。

5. 単味の実験結果との比較

単味のアスファルト及びタールについて行った高速曲げ試験の結果を図-8, 図-9に示す。40/60, 及び80/100 ストレータスファルト, 10/20 ブローンアスファルト, E.V.T.56 タールを用いた。性状のかなり異なるものを用いているが、合材と比較してバラツキが大きい。曲げ強度は温度変化に対して合材の場合と同様極大値をもつ傾向がある。破断歪が急激に変化する温度域はバラツキが大きいこともあって合材の場合のようには明瞭でない。しかし破断歪で2~8%程度の間が分れ目と言えそうであり、これは $\frac{1}{200}$ 秒のスティフネスにして $2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 前後である。この値は実験配合のゼイ化温度に於けるバインダーのスティフネスと同程度の値である。

5. まとめ

- (1) 高速曲げ試験より得られるアスファルトの性状は従来の試験方法で得られた性状とは全く異質であり、特に高速曲げ試験のゼイ化温度はフラスコ破壊点よりはるかに高い。
- (2) これらの性状の相違は、異った現象を測定しているのか、単に試験の歪速度の相違で説明出来るのかは明らかではないが、得られた性状は従来の規格試験等による感温性や硬さと数密に関係づけられ、適当な試験速度を選ぶことにより実際の舗装の低温性状を良く説明することも可能であろう。
- (3) アスファルトの評価に関しては、曲げ強度・破断歪・スティフネス等の温度変化について検討してみたが、それ等の性状間には密接な相互関係があり、アスファルトの種類による低温性状のちがいは、ほぼ感温性と硬さの相違に落着き、明瞭な他の要素は見出されなかった。

* 第21回年次学術講演会 講演概要第IV部門 「アスファルト合材の高速曲げ破壊に関する研究」
(森吉, 上島, 菅原)