



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アスファルト舗装の施工ジョイントに関する一研究
Author(s)	森吉, 昭博; 堀尾, 哲一郎; 菅原, 照雄
Citation	石油学会誌, 16(8), 670-675
Issue Date	1973-08-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40020
Type	journal article
File Information	moriyoshi_JJPI16_670.pdf



アスファルト舗装の施工ジョイントに関する一研究*

森吉昭博**, 堀尾哲一郎***, 菅原照雄**

Fundamental Research on the Behavior of the Construction Joint of Asphalt Pavement*

by Akihiro Moriyoshi**, Tetsuichiro Horio*** and Teruo Sugawara**

Summary : This paper reports on the test results from the fundamental research on the behavior of the construction joint of the asphalt pavement by means of the beam flexural test.

Flexural test was performed at $-10, -5, 0, 5, 10, 15, 20^{\circ}\text{C}$, at the rate of strain of $0.28 \times 10^{-2} 1/\text{sec}$, and the test results were analyzed by strain at rupture, flexural strength, required energy for failure, and stress relaxation modulus.

Test results were summarized as follows.

- 1) The strain at rupture expresses more clearly the joint behavior than the flexural strength.
- 2) Factors controlling the joint behavior are as follows.
 - a. Type of joint construction b. Type of binder (rheological property of binder) c. Binder content d. Composition and aggregate grading
- 3) A good result was obtained by kneading action from wheel tracking. This test result may be taken into consideration in the preferable construction method.
- 4) The preferable result may be obtained from both of construction method and properties of the material used.
- 5) The most important property of the material may be expressed by means of stress relaxation property.

1 緒 言

本研究は著者らのアスファルト舗装の施工性に関する研究の一環をなすものであり、主としてアスファルト舗装の施工ジョイントに関する実験研究の成果について述べたものである。

施工ジョイント（主として縦ジョイント）およびその付近においてき裂現象や摩損現象がよくみうけられる。これらの原因は材料、施工および交通条件から以下に示すものに基づいていると考えられる¹⁾。いうまでもなく、これらの現象は単一の原因に基づくものではなく、それらが複雑にからみあっているものとするのが適切であろう。

a. 使用アスファルト混合物の性状

1. 使用バインダーの性状
2. 配合
3. 力学的性状（強度、破壊時のひずみ、特に応力緩和性状）
4. 舗設、転圧などの施工時におけるワーカビリティ（施工性）

b. ジョイントの施工

1. 施工方式、特に転圧の方法
2. 施工機械の種類
3. 舗設の転圧温度

c. 環境条件

1. ジョイント部における車両走行の有無（車両の“こねかえし、ニューディング”作用の有無）
2. 舗装体温度の下降および上昇速度（特に下降速度、すなわち温度こう配）

d. その他

舗装の幅員および厚み

これらの現象に対する研究は現在のところ現場的な問題として進められているものが多く、基礎的な研究としては T.H. Topper²⁾ ら二、三の研究者が行なった舗装の施工ジョイントにおけるき裂をバインダーの針入度から検討したものがあるにすぎない^{2),3)}。

目地部分のき裂（いわゆる目地ぎれ現象）は基本的には新旧舗装の付着あるいは一体化が不完全なために応力の伝達が不十分であることから生じていると考えるのが妥当であろう。一般にジョイント部の強さは付着強さと考えられがちであるが、アスファルト舗装のジョイントの場合には新旧混合物の骨材がお互いにくいこむことの重要性が経験的に知られていることから著者らはこれを単に付着性能だけとせず、応力伝達の性能も考慮することが適切であると考えた。このため混合物のジョイント部の応力～ひずみ状態、施工ジョイント付近の強さ、その部分の伸びおよび混合物の応力緩和性状などの見地から材料性状ならびに施工条件などの因子について検討を加えるため、比較的簡便かつ精度の高い単純曲げ試験を採用し、種々の実験を行なった。またこれと並行して、北海道内および全国各地において実際の舗装に生ずるジョイントき裂についてもかなり詳細な

* 昭和 47 年 11 月 13 日受理

** 北海道大学工学部 (060 札幌市北 13 条西 8 丁目) Faculty of Engineering, Hokkaido University (West 8, North 13, Sapporo 060)

*** 丸善石油株式会社商品研究所 Products Development Center, Maruzen Oil Co., Ltd.

考察を行なった。これからアスファルト混合物のジョイントき裂に関するいちおうの結論が得られたのでここに報告する。

2 実験の方法

2.1 使用材料

2.1.1 バインダーの性状

一般に粘度の高いバインダーを使用した舗装体にはき裂が発生しやすいといわれている。したがって本研究では粘度を異にする各種のバインダーを使用した。その主な性状を Table 1 に示す。

Table 1 Characteristics of Binder

	Penetration (at 25°C)	Softening Point (°C)	Penetration Index (P.I.)
Straight Asphalt 80/100	93	46.8	-0.5
Straight Asphalt 100/120	116	44.9	-0.3
Straight Asphalt 100/120+S.B.R.(5%)	77	58.9	+2.1
Catalytic Semiblow Asphalt 100/120	84	67.9	+4.0

2.1.2 骨材の性状

使用した骨材の比重を Table 2 に、おのこの粒度分布を Table 3 に示す。

Table 2 Specific Gravity of Aggregate

Specific Gravity		
Crushed Stone	20~15	2.68
	15~10	2.68
	10~7	2.68
	7~5	2.68
	5~2.5	2.67
Coarse Sand (<2.5 mm)		2.77
Fine Sand (<0.6 mm)		2.66
Filler		2.69

Table 3 Grading of Fine Aggregate

Sieve Opening (mm)	Coarse Sand	Fine Sand	Filler
2.5	100		
1.2	86.5		
0.6	67.1	100	
0.3	27.2	87.4	100
0.15	4.5	5.2	78.4
0.074	0.5	0.7	60.9

Table 4 Type of Mixtures

Type of Mixture	Topeka			Asphalt Concrete	Temperature (°C)	
Binder Content(%)	6%	7%*	8%	5.8%*	Mixing	Compaction
Type of Binder					(2 poises)	(30 poises)
Straight Asphalt 80/100		○			156	100
Straight Asphalt 100/120	○	○	○	○	146	98
Straight Asphalt 100/120+S.B.R. (5%)		○			170	124
Catalytic Semiblow Asphalt 100/120	○	○	○	○	156	105

* Optimum binder content on each mixtures determined by Marshall Test.

2.1.3 混合物の種類

本研究に使用した混合物の種類、混合温度、使用バインダーの種類を Table 4 に示す。混合物の配合表は Appendix 1 に示す。

2.2 ジョイント施工法

2.2.1 一般舗装におけるジョイント施工法

アスファルト舗装のジョイント施工法は大きく次の三つに分類される。

a. 常温の旧舗装体に隣接して高温の新舗装体を敷きならし転圧する場合 (ジョイント部にタックコートを施した場合と施さない場合, コールドジョイント)

b. 新旧舗装体とも高温の場合 (ホットジョイント, これは最も好ましいジョイント施工法であるとされている)。

c. ジョイントヒーターなどを用い, 旧舗装体の目地部分のみを加熱して b. に近い状態を得る場合

2.2.2 本研究において採用したジョイント施工法

30×15×5 cm の供試体をあらかじめ製作し, これを旧舗装体と仮定し, これを 30×30×5 cm の型わくの一方にセットし, 型わくの残りの 30×15×5 cm の部分に新混合物を投入する。かくして型わく中央部に縦ジョイントが得られる。ジョイントの処理または新旧舗装体の温度条件は次に述べる条件とした。なおこの際得られる旧舗装体のジョイント面は鋼型わくに接して得られる面である。

曲げ試験にはこの供試体から施工ジョイント部 (以下単にジョイントと呼ぶ) に直角方向に 3.5×4.0×30 cm の大きさに切り出したものを供試体として使用した⁴⁾。

本研究では次に述べる施工法を採用した。

(a) コールドジョイントA (略号C)

旧舗装体温度が室温 (ほぼ 20°C) のとき, 混合直後 (すなわちバインダー粘度 2 ポアズの温度, Table 4 参照) の混合物を投入し, 新混合物が転圧温度 (バインダー粘度 30 ポアズの温度) に達したとき新旧混合物を同時に転圧する。

(b) コールドジョイントB (略号CC)

旧舗装体温度が室温 (ほぼ 20°C) のとき, バインダー粘度で 30 ポアズの転圧温度まで冷却した新混合物を投入し, ただちに新旧混合物を同時に転圧する。

(c) タックコートジョイント (略号T)

(a) のジョイント部にタックコートを施したもの。使用したアスファルト乳剤は厳寒期用カチオン系乳剤であり, アスファルト含有量は 60%, 針入度は約 300 である。

(d) ニーディングジョイント (略号K)

(a) の供試体を室温 (ほぼ 20°C) まで冷却した後, 45°C, 荷重 55.1 kg の条件のもとで次のような車輪走行を供試体全面について 2 時間行なう。すなわち, 42 回/min の割合で車輪走行を行ないながら 17 回/hr の割合で車輪を走行方向と直角方向に往復させる。この場合ジョイント部はこねかえし作用をうける。

(e) ホットジョイント (略号H)

旧混合物を所定の転圧温度 (バインダー粘度 30 ポアズの温度) で転圧した後, ただちに混合直後 (バインダー粘度 2 ポアズの温度) の新混合物を投入し, 新混合物が転圧温度 (バインダー粘度 30 ポアズの温度) に達したとき, 新旧混合物を同時に転

圧する。この施工法は新旧両混合物ともにホットを意味する。

(f) 標準試料 (略号N)

施工ジョイントのない均一供試体

2.3 曲げ試験の手法ならびに解析法

本研究に採用した曲げ試験は両端単純支持 (スパン長 25 cm) でジョイント部に直接荷重を加える中央集中荷重方式である。試験温度は $-10, -5, 0, 5, 10, 15$ および 20°C であり、供試体下縁のひずみ速度は $0.28 \times 10^{-2} \text{ 1/sec}$ である。ここに用いたひずみ速度は舗装体の自重や温度応力により舗装体下面に生ずるとされるひずみ速度に近似させるため可能な限り遅い値を選んだものである (実用条件下ではさらに遅いものと思われる)。

温度応力により混合物 (舗装体) が破壊するときは、混合物全体がもろくなって破壊する場合と施工ジョイント部だけがもろくなって破壊する場合の二とおりが考えられる。後者は材料自身が延性破壊の領域にありながら、一見ぜい性破壊とみられる現象を示す。本研究では温度応力により混合物が破壊するときは後者の場合に対応していると考え、温度も主として延性破壊領域の温度を設定した。

曲げ試験の解析は次の3種の方法で行なった。すなわち、

a. ジョイントの破壊強度およびひずみの解析

荷重～たわみ曲線において荷重が最大となる点を破壊点とし、このときのひずみおよび強度を破壊時のひずみ、曲げ強度とし、破壊時のスティフネスは曲げ強度を破壊時のひずみで除したものと定義してこれらを弾性解により求めた。したがってジョイント部のひずみは必ずしもジョイント部の真のひずみを表現しているとは限らないが、ここでは便宜上これをジョイント部の破壊時のひずみと呼ぶこととする。

b. ジョイントの破壊エネルギーとしての解析

破壊までの性状は上記破壊点までの仕事量をエルグで表現し、混合物が破壊に抵抗する一つの尺度とした。

c. 応力緩和性状の解析

混合物の力学的応答を表現するものの一つとして緩和弾性率が存在する。本研究ではこれを次式より計算した。

$$E_r(t) = \frac{d\sigma(t)}{d\varepsilon(t)}$$

ここで $d\sigma(t)/d\varepsilon(t)$ はある時間における応力～ひずみ曲線のこう配を示している⁹⁾。

である。

3 実験結果ならびに考察

3.1 破壊時の性状

3.1.1 破壊時のひずみ

混合物の配合、使用バインダーの性状およびジョイントの施工法を変化させたときの破壊時のひずみ～温度曲線と曲げ強度～温度曲線のピーク位置 (ぜい化点) を Fig. 1～3 に示す。

いずれの因子が変化した場合もぜい化点の位置は明らかに移動し、これに応じて破壊時のひずみ～温度曲線も温度軸に平行に左右に移動している。たとえば、破壊時のひずみが 15×10^{-3} となるときの温度はジョイントの施工法が異なるとき 5°C から 15°C の範囲に分布し (Fig. 1 参照)、バインダーの性状を変化させたとき 7°C から 11°C まで変化する (Fig. 2 参照)。

また同じ条件でバインダー量を減少させるとこの温度は 4°C から 7°C まで上昇する (Fig. 3 参照)。したがってこれらの差はかなり顕著と表現できるであろう。

混合物の破壊時のひずみは低温では 0.1×10^{-2} の値に収れんする傾向にあるが、温度上昇とともに破壊時のひずみは大きくなり、この程度は混合物の配合、使用バインダーの性状およびジョイントの施工法に依存している⁹⁾。

Fig. 1～3 よりこれらの因子が破壊時のひずみの値にいかん影響を与えるかを検討するため 10°C (従来初冬において

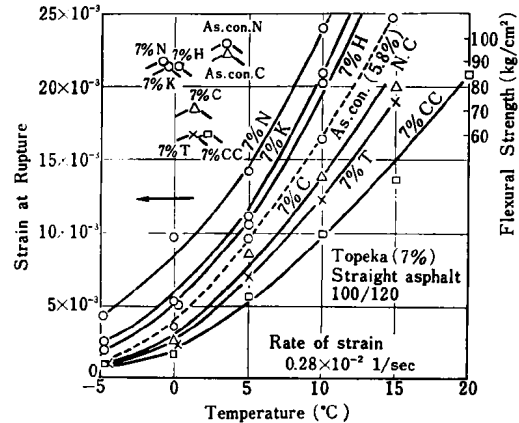


Fig. 1 Effect of Joint Type on Strain at Rupture and Temperature

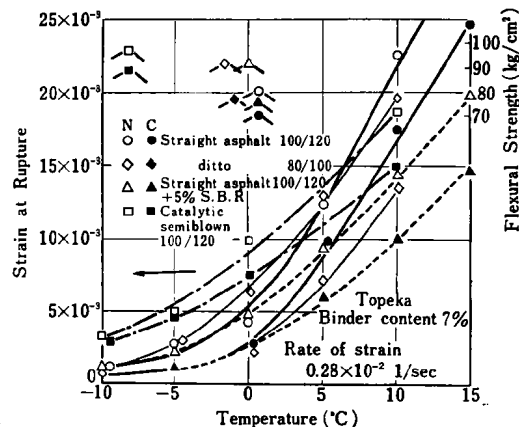


Fig. 2 Effect of Binder Properties on Strain at Rupture and Temperature

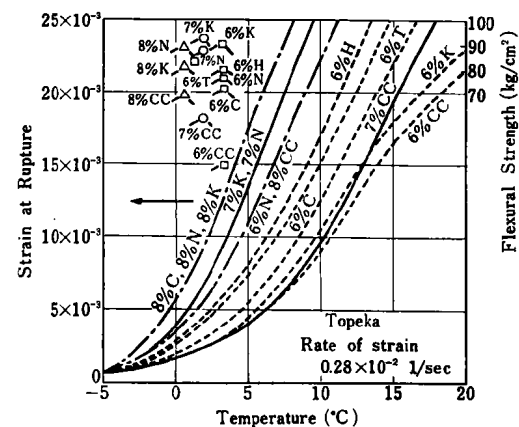


Fig. 3 Effect of Binder Content on Strain at Rupture and Temperature

ジョイントき裂の発生が多くみられることからこの温度を設定した)における破壊時のひずみの値の大小で比較し影響の大きい順にならべると次の結果が得られた。

破壊時のひずみ量が小さいことはジョイントき裂の発生が容易であることを意味するとしてよいであろう。これらのデータは施工法, バインダーの性状, バインダー量および配合のいずれもがジョイント部の破壊時のひずみ量を左右する大きな因子となっていることを示すものである。

- ジョイントの施工法
- 使用バインダーの性状
- バインダー量 (ただしバインダー量 1% 以上の変化に対して)

- 混合物の配合 (最適バインダー量の修正トペカ混合物と密粒度アスファルトコンクリート混合物に対して)

上記結果よりジョイント施工法が各種混合物の配合やバインダー性状に及ぼす影響を検討して Table 5 に示す結果が得られた。

タックコートジョイント (略号 T) はいずれのバインダーを使用した場合もコールドジョイント B (略号 CC) 同様に破壊時のひずみ量は小さい。一方ニーディングジョイント (略号 K) はホットジョイント (略号 H) と同程度の破壊時のひずみが期待できる。しかし, バインダー量の減少とともにニーディングの効果は小さくなる。

多くの場合バインダー量の増加に伴い, 各種ジョイントの破壊時のひずみの施工法ごとにみられる差は小さくなる。

3.1.2 曲げ強度

Fig. 1~3 よりぜい化点における曲げ強度は混合物の配合, 使用バインダーの性状およびジョイントの施工法のいかんにかかわらず $60 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ の値となり, 大きな差はみられない。したがって単なる強度をもってしては目地ぎれ現象の程度をよく表現できるとは限らないと思われる。したがってジョイントの施工法が混合物の曲げ強度 (10°C において) に与える影響については明確に断定はできないが, あえて比較すると破壊時のひずみの項で述べたものとほぼ同様であるのでここでは省略する。

Table 5 Strain at Rupture (at 10°C)

	Type of Binder	Type of Joint	Lower Value
Topeka	Straight Asphalt 80/100 7%	$K \geq N \geq H > C \geq CC > T$	1.09×10^{-2}
	Straight Asphalt 100/120 6%	$N > H > C \geq T \geq K > CC$	7.31×10^{-3}
	ditto 7%	$N > K \geq H > C \geq CC > T$	9.04×10^{-3}
	ditto 8%	$C \geq T \geq N = H \geq K > CC$	1.56×10^{-2}
	Straight Asphalt 100/120 + S.B.R. (5%)	$K > N \geq CC \geq H \geq C > T$	7.83×10^{-3}
	Catalytic Semiblow Asphalt 100/120 6%	$N > T \geq H \geq K \geq C$	7.38×10^{-3}
As. Con.	ditto 7%	$N \geq K \geq H \geq C \geq T > CC$	7.54×10^{-3}
	ditto 8%	$K \geq N = H \geq T \geq C$	
	Straight Asphalt 100/120 5.8%	$C \geq N \geq K \geq H = T > CC$	1.05×10^{-2}

= : When difference is equal to zero or less than 2%

≥ : When difference is between 2% and 5%

> : When difference is more than 5%

3.1.3 曲げ強度と破壊時のひずみ

Fig. 4 は混合物の転圧温度がジョイントの曲げ強度と破壊時のひずみに与える影響を検討したものである。バインダー性状が変化しても転圧温度が適正であれば破壊時のひずみ量は大きくなる。この傾向は使用バインダー量を増加した場合や使用バインダーの針入度を大きくした場合と同様である (Fig. 5 参照)。

アスファルト混合物は曲げ強度, 破壊時のひずみともに大きい値を有するのが望ましい。このため Fig. 6 に示す曲げ強度～破壊時のひずみの概念図の原点から矢印 a の方向に混合物の破壊点が位置するほど好ましい傾向にあるといえる。使用混合物の配合やバインダー性状を一定に保ち, 試験温度のみを変化させると b, c の矢印に沿って破壊点は移動する。

3.2 使用混合物の破壊までの性状

修正トペカ混合物でバインダー性状とジョイントの施工法を変化させたときの破壊までの仕事量と温度との関係を Fig. 7 に示す。いずれの曲線も高温領域および低温領域ともにある一

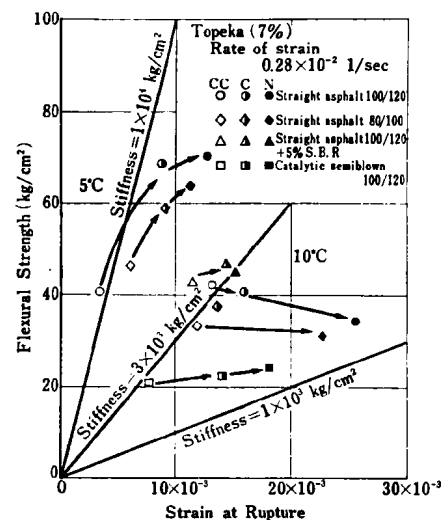


Fig. 4 Effect of Compacting Temperature on Flexural Strength and Strain at Rupture

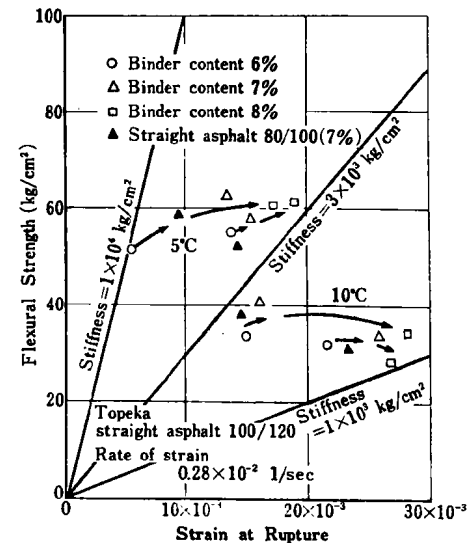


Fig. 5 Effect of Binder Content on Flexural Strength and Strain at Rupture

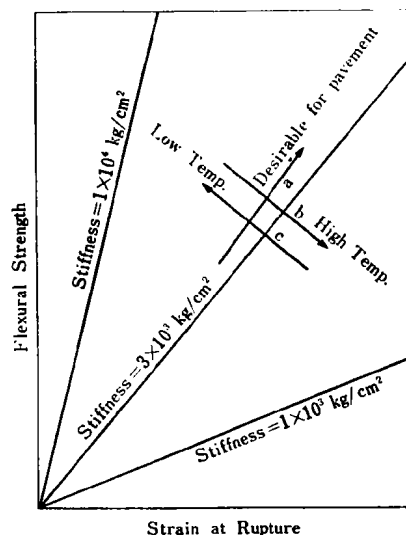


Fig. 6 General Concept of Flexural Strength~Strain at Rupture Relation

定値に収れんする傾向にあり、かつピークを示す現象があらわれる。

コールドジョイントB (略号 CC) の破壊までの仕事量は標準供試体のそれと比較して一般に小さく、特に触媒アスファルトや合成ゴム混入アスファルト使用の混合物ではこの現象が顕著である。この原因は Table 5 にみられるように破壊時のひずみ量が小さいことに起因している。

3.3 目地ぎれ現象とアスファルト混合物の応力緩和性状

以上述べたごとくジョイント部の目地ぎれ現象を防止するにはバインダーとして針入度級の高いものや、粘度の低いものを使用できる限りバインダー量の多い混合物を使用しなければならない。これらの条件をさらに詳細に検討すると目地ぎれ現象はアスファルト混合物のスティフネスの値と密接な関係にあることが明らかである⁷⁾。それらをさらに押し進めてゆくならば目地ぎれ現象の原因は当然応力緩和性状なる基礎的性状に帰

着すると思われる。すなわち、アスファルト混合物において応力の緩和が速ければ目地ぎれ現象や温度応力に基づくき裂は生じないと考えてよいであろう。

このような見地からアスファルト混合物の応力緩和性状を支配する一つの因子であるバインダー性状の影響を検討するため、バインダー性状を変化させ曲げ試験より標準供試体の緩和弾性率を計算した。結果を Fig. 8 に示す。

短時間領域 (5×10^0 秒以下) ではストレートアスファルトおよび合成ゴム混入アスファルト使用の混合物の緩和弾性率の値は触媒アスファルト使用の混合物のそれより大であるが、温度応力で問題となる長時間領域においては明らかに全く逆の現象を示すことが推測される。この領域におけるデータは不十分であるので今後さらに詳細な研究が必要であろう。

舗装体内部に生ずる温度応力の値は単に上に述べた緩和弾性率の値の大小だけでなく、舗装体の遭遇する温度こう配にも関係している⁹⁾。たとえば札幌の場合、施工ジョイントにき裂の生ずる時期は10月中旬~11月初旬であることが確認されている。これを単に日最高気温と日最低気温の温度差だけで比較すると Table 6 が得られる⁹⁾。これよりこの時期は舗装体の温度こう配がかなり大きくなることから、直接的ではないが間接的にはこれが舗装体の施工ジョイントに生ずるき裂の原因の一つになっていると考えられる。この点についてさらに焦点を絞っていくと興味あるデータが得られるであろう。

Table 6 Table of Climate (at Sapporo City)

	Spring (May)	Summer (August)	Autumn (October)	Winter (February)
Average Monthly Temperature (°C)	10.8	21.7	10.3	-5.9
Highest Daily Temperature (°C), (a)	16.5	26.9	16.2	-1.6
Lowest Daily Temperature (°C), (b)	5.3	17.4	4.8	-10.9
Difference, (a)-(b), (°C)	11.2	9.5	11.4	9.3

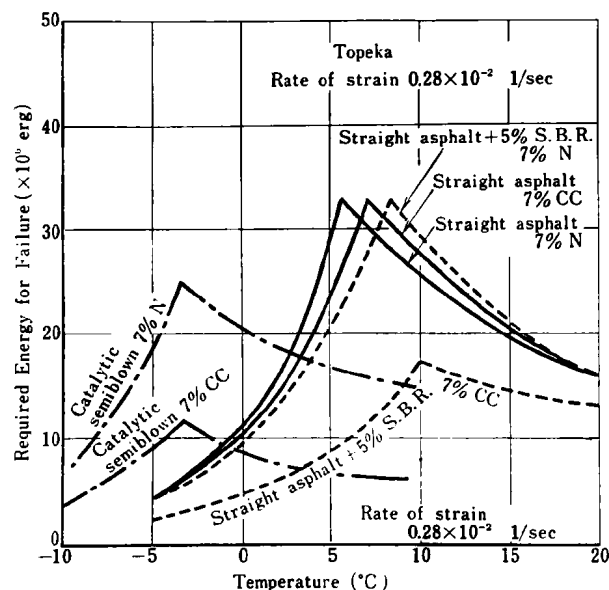


Fig. 7 Effect of Binder Properties on Required Energy for Failure and Temperature

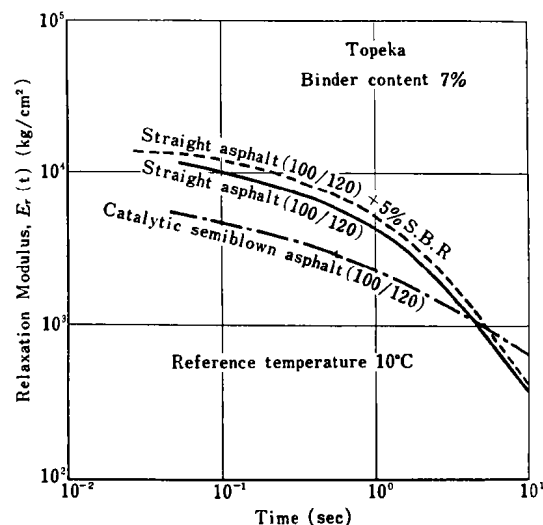


Fig. 8 Effect of Binder Properties on Stress Relaxation Modulus and Time

4 結 論

アスファルト舗装の施工ジョイントにおけるき裂現象に関し実際の現象の解析および二, 三の実験研究から次のことが結論される。

(a) ジョイント部の施工法や使用バインダーの性状の差を表現するにはジョイント部の破壊時のひずみ量の値が曲げ強度よりも適切な指標となる。

(b) 各種混合時の曲げ強度, 破壊時のひずみなどの数値に影響を及ぼす因子に影響の大きい順にならべると次のとおりである。

(イ) ジョイントの施工法

(ロ) 使用バインダーの性状

(ハ) バインダー量(バインダー量変化1%以上に対して)

(ニ) 混合物の配合(修正トペカと密粒度アスファルトコンクリートに対して)

(c) ジョイントの施工法としてはホットジョイントやニーディングジョイントなどの工法は破壊時のひずみが大きくなる点で好ましい。したがって舗装体のジョイント部にニーディングを与えるような施工法を考えるべきである。一方タックコートジョイントには期待するほどの効果は望めない。

(d) ジョイントの目地ぎれ防止措置として施工法および材料面の双方から種々の策が考えられよう。しかし, これを材料面だけから考えるとすれば, 舗装の流動防止などの目的とは互いに反する結論が得られる。したがってジョイントの目地ぎれ防止となるよい施工法の選択のほうがより重要であり, 施工法および材料面双方を勘案することにより総合的な問題として解決される必要がある。

Appendix 1 Composition of Mixtures

Sieve Opening (mm)	Type of Mixture	Topeka	Asphalt Concrete
20		100	100
15		98	89
10		90	76
7		80	67
5		73	59
2.5		58	47
1.2		45	38
0.6		33	27
0.3		23	14
0.15		8	9
0.074		5.5	7
Binder Content (%)		6	5.8
		7	
		8	

参 考 文 献

- 1) 日本道路建設業協会, 道路舗装技術研究会, 道路建設, (286), 11, (1971).
- 2) The Asphalt Institute, "Asphalt Paving Manual" Second Edition, Manual Series No. 8 (MS-8) August, (1965).
- 3) Haas, R.C.G., Topper, T.H., Highway Research Board Special Report 101, August (1968).
- 4) 菅原照雄, アスファルト, (85), 6, (1972).
- 5) 笠原 篤, 岡田和夫, 上島 壮, 寺島一彦, 土木学会第 25 回年次学術講演概要集, 第 5 部門, 10, (1970).
- 6) 石井哲夫, 森吉昭博, 上島 壮, 土木学会第 25 回年次学術講演概要集, 第 5 部門, 10, (1970).
- 7) Krom, C.J., Dormon, G.M., World Petrol. Congress Proc. Sixth Frankfurt, Section VI, Paper No. 14, (1963).
- 8) Jones, G.M., Darter, M.I., Littlefield, G., *Proc. Assoc. Asphalt Paving Technologists*, 36, (1967).
- 9) 和達清夫監修, "日本の気候", (1958) 東京堂.