



# 土 木 研 究 所 資 料

第 7 3 4 号

## 試験道路における試験調査報告書

幕張試験舗装におけるアスファルト  
の性状の経年変化に関する調査報告

昭和 47 年 3 月

建設省土木研究所

# 目 次

|       |                                   |    |
|-------|-----------------------------------|----|
| 1     | 目 的 .....                         | 1  |
| 2     | 試験舗装の概要 .....                     | 1  |
| 2.1   | 施工場所 .....                        | 1  |
| 2.2   | 試験道路の計画の概要 .....                  | 2  |
| 2.2.1 | アスファルト混合物の配合設計に関する試験舗装 .....      | 2  |
| 2.2.2 | アスファルト材料に関する試験舗装 .....            | 2  |
| 2.3   | 舗装構造 .....                        | 2  |
| 2.4   | 舗設混合物の配置 .....                    | 5  |
| 2.5   | 試験混合物の舗設 .....                    | 5  |
| 3     | 調 査 .....                         | 6  |
| 3.1   | 調査項目 .....                        | 6  |
| 3.2   | 試料採取法 .....                       | 6  |
| 4     | 結果および検討 .....                     | 7  |
| 4.1   | アブソン抽出試験の検定 .....                 | 7  |
| 4.2   | 原アスファルトの試験 .....                  | 9  |
| 4.3   | アスファルトの加熱劣化 .....                 | 14 |
| 4.3.1 | アスファルトの種類が一定な混合物について .....        | 14 |
| 4.3.2 | アスファルトの種類異なる混合物について .....         | 15 |
| 4.3.3 | 粒度、アスファルト量の異なる混合物について .....       | 18 |
| 4.3.4 | 薄膜蒸発試験 .....                      | 21 |
| 4.4   | 舗設後のアスファルトの性状の経時変化 .....          | 23 |
| 4.4.1 | 配合設計に関するA区間のアスファルトの針入度の経時変化 ..... | 23 |
| 4.4.2 | アスファルト量の大小による針入度の経時変化 .....       | 26 |
| 4.4.3 | アスファルト材料に関するB区間の針入度の経時変化 .....    | 27 |
| 4.5   | 舗装の観測結果とアスファルトの性状 .....           | 28 |
| 4.5.1 | 空隙率と残留針入度率 .....                  | 28 |
| 4.5.2 | アスファルト量と残留針入度率 .....              | 28 |
| 4.5.3 | アスファルト膜厚と残留針入度率 .....             | 29 |
| 4.5.4 | その他供用性に関する要因について .....            | 30 |
|       | あとがき .....                        | 33 |
|       | 資 料 編 .....                       | 34 |

## ま え が き

加熱混合式工法で舗設される舗装体のバインダーとしてのアスファルトは、加熱混合過程における低沸点成分の逸散および加熱酸化によるアスファルト中の諸成分の化学構造の変化にともなう粘度増加により、その性状が劣化することは良く知られた事実であり、アスファルト舗装要綱では混合温度の上限を185℃と規定している。

アスファルト舗装道路における舗設供用後のアスファルトは自然環境下にさらされ、空気中の酸素、光とくに紫外線等ウエザリングによる劣化、また、使用骨材の種類によるアスファルト中の成分の選択的吸着、空隙率等ウエザリングを促進する舗装体自身の諸要因等により劣化は進行するものとする。

これらアスファルトの性状の劣化がアスファルト舗装本来のたわみ性を失わせ、供用性の低下ひいては舗装体の破壊につながり、耐用年数を左右することは十分予測されるが、特に舗設供用後のアスファルトの性状の劣化に及ぼす諸要因、アスファルト材料の種類および配合設計が劣化速度に及ぼす影響並びにアスファルトの劣化が舗装の供用性の低下に与える影響について不明の点が多い。これら諸問題を明らかにするには、長期にわたるアスファルトの性状の追跡調査が必要であるとする。

この報告書は昭和42年度の道路事業調査費により国道14号線幕張地区において、試験道路における調査研究の一環として計画され、施工された幕張試験舗装におけるアスファルトの性状について、舗設時および舗設供用後の3年間にわたり、その性状の経時的な変化を追跡調査した結果を取りまとめたものである。

建設省土木研究所化学研究室

## 1. 目 的

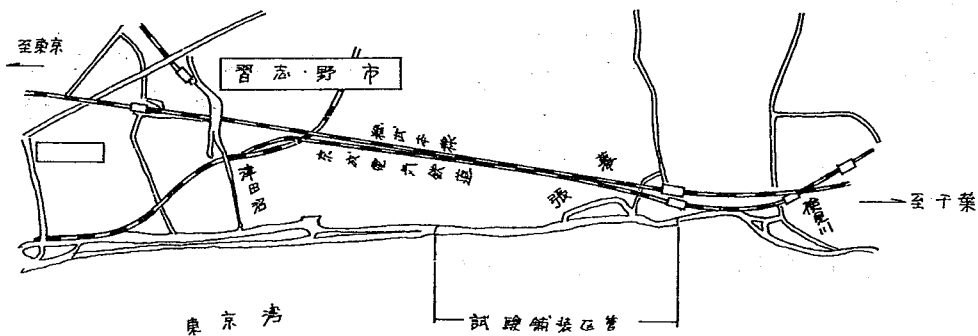
本調査はアスファルト舗装道路において、アスファルト材料の種類および配合設計がアスファルトの性状の劣化に及ぼす影響、並びにアスファルトの性状の劣化が供用性に与える影響について明らかにすることを目的とする。

## 2. 試験舗装の概要

### 2.1 施工場所

試験道路の施工場所は図-2.1.1に示す通り、国道14号線千葉市幕張地区である。

図-2.1.1 施工場所の概略



## 2.2 試験道路の計画の概要

試験道路は加熱アスファルト混合物の配合の差異が供用性に与える影響を明らかにし、より合理的な配合設計法を見出すことを目的とするA区間（1.2 km）およびアスファルト材料の良否を比較するためのB区間（0.3 km）からなる。

### 2.2.1 アスファルト混合物の配合設計に関する試験舗装

混合物の配合と供用性に関係が深い因子として、骨材の粒度と種類およびアスファルト量と種類を取り上げ、アスファルト量はマーシャル試験から求めた最適アスファルト量と最適0.5%量の2段階とし、その他の因子は実験計画法直交表L16（1部追加法）に基づいて割りつけ、合計48種類の混合物について施工したものである。因子と水準の組合せは表-2.2.1に示す通りである。

### 2.2.2 アスファルト材料に関する試験舗装

アスファルト材料は輸入品4種類、国産品8種類合計12種類のアスファルトを用い、混合物の配合は表-2.2.2に示す通り、砂岩碎石を用いた密粒度アスファルトコンクリートで、アスファルト量はマーシャル最適量-0.5%である。アスファルト材料に関する原油の産地および製造所について表-2.2.3に示す。

## 2.3 舗装構造

舗装構造は図-2.3.1に示す。試験舗装の対象は表層4 cmの混合物であり、路盤支持力、交通条件のちがいをみるために、第1車線、第3線に舗装されている。

図-2.3.1 舗装断面図

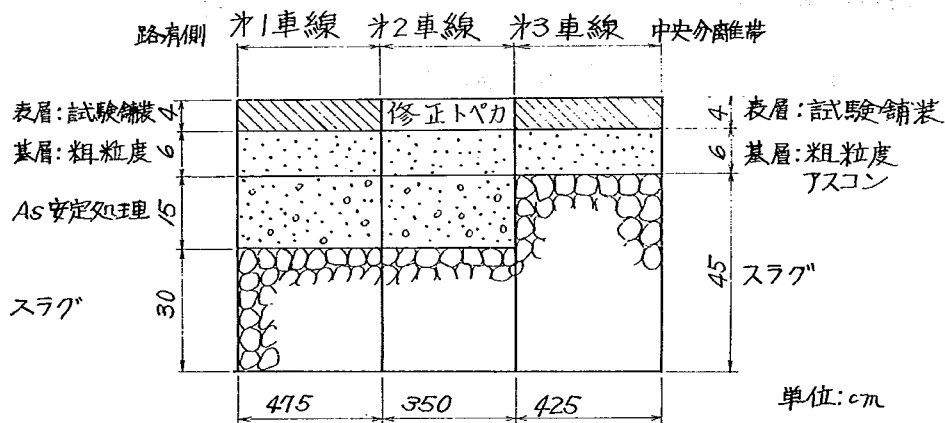


表-2.2.1 配合設計の因子と水準の組合せおよびアスファルトの物理試験結果

| 因子<br>混合物の種類 | 2.5 mm<br>Pass | 0.6 mm<br>Pass | 0.075 mm<br>Pass | 粗骨材 | アスファルト | アスファルト量 | 合材番号 |
|--------------|----------------|----------------|------------------|-----|--------|---------|------|
| 1 密粒度        | 43             | 23             | 4                | 玉砕  | 40~60  | 5.3     | D11  |
| 2 密粒度        | 43             | 23             | 4                | 砂岩  | 80~100 | 5.8     | D12  |
| 3 密粒度        | 43             | 23             | 10               | 玉砕  | 80~100 | 4.6     | D21  |
| 4 密粒度        | 43             | 23             | 10               | 砂岩  | 40~60  | 5.1     | D22  |
| 5 密粒度        | 43             | 34             | 4                | 玉砕  | 80~100 | 4.4     | D31  |
| 6 密粒度        | 43             | 34             | 4                | 砂岩  | 40~60  | 4.9     | D32  |
| 7 密粒度        | 43             | 34             | 10               | 玉砕  | 80~100 | 4.3     | D41  |
| 8 密粒度        | 43             | 34             | 10               | 砂岩  | 40~60  | 4.8     | D42  |
| 9 修正トベカ      | 58             | 33             | 5                | 玉砕  | 80~100 | 6.5     | D51  |
| 10 修正トベカ     | 58             | 33             | 5                | 砂岩  | 40~60  | 7.0     | D52  |
| 11 修正トベカ     | 58             | 33             | 11               | 玉砕  | 80~100 | 6.2     | D61  |
| 12 修正トベカ     | 58             | 33             | 11               | 砂岩  | 40~60  | 6.7     | D62  |
| 13 修正トベカ     | 58             | 48             | 5                | 玉砕  | 80~100 | 5.5     | D71  |
| 14 修正トベカ     | 58             | 48             | 5                | 砂岩  | 40~60  | 6.0     | D72  |
| 15 修正トベカ     | 58             | 48             | 11               | 玉砕  | 80~100 | 5.0     | D81  |
| 16 修正トベカ     | 58             | 48             | 11               | 砂岩  | 40~60  | 5.5     | D82  |
| 17 粗粒度       | 28             | 16             | 2                | 玉砕  | 80~100 | 6.0     | T11  |
| 18 粗粒度       | 28             | 16             | 2                | 砂岩  | 40~60  | 6.5     | T12  |
| 19 粗粒度       | 28             | 16             | 8                | 玉砕  | 80~100 | 5.5     | T21  |
| 20 粗粒度       | 28             | 16             | 8                | 砂岩  | 40~60  | 6.0     | T22  |
| 21 粗粒度       | 28             | 23             | 2                | 玉砕  | 80~100 | 4.5     | T31  |
| 22 粗粒度       | 28             | 23             | 2                | 砂岩  | 40~60  | 5.0     | T32  |
| 23 粗粒度       | 28             | 23             | 8                | 玉砕  | 80~100 | 4.3     | T41  |
| 24 粗粒度       | 28             | 23             | 8                | 砂岩  | 40~60  | 4.8     | T42  |
|              |                |                |                  |     |        | 8.3     | T51  |
|              |                |                |                  |     |        | 8.8     | T52  |
|              |                |                |                  |     |        | 7.5     | T61  |
|              |                |                |                  |     |        | 8.0     | T62  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.8     | T71  |
|              |                |                |                  |     |        | 7.3     | T72  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.1     | T81  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.6     | T82  |
|              |                |                |                  |     |        | 5.7     | C11  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.2     | C12  |
|              |                |                |                  |     |        | 4.7     | C21  |
|              |                |                |                  |     |        | 5.2     | C22  |
|              |                |                |                  |     |        | 5.5     | C31  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.0     | C32  |
|              |                |                |                  |     |        | 3.8     | C41  |
|              |                |                |                  |     |        | 4.3     | C42  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.0     | C51  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.5     | C52  |
|              |                |                |                  |     |        | 5.5     | C61  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.0     | C62  |
|              |                |                |                  |     |        | 5.5     | C71  |
|              |                |                |                  |     |        | 6.0     | C72  |
|              |                |                |                  |     |        | 4.6     | C81  |
|              |                |                |                  |     |        | 5.1     | C82  |

表-2.2.2 アスファルト材料の混合物の配合(密粒度)

| フルイ目    | 粗 骨 材 砂 岩                  |                            |                           |                           |                           |                           |                            |                             | アスファルト |
|---------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|
|         | 20.0 <sup>mm</sup><br>Pass | 10.0 <sup>mm</sup><br>Pass | 5.0 <sup>mm</sup><br>Pass | 2.5 <sup>mm</sup><br>Pass | 0.6 <sup>mm</sup><br>Pass | 0.3 <sup>mm</sup><br>Pass | 0.15 <sup>mm</sup><br>Pass | 0.075 <sup>mm</sup><br>Pass | (%)    |
| 通過重量百分率 | 100                        | 79.3                       | 60.3                      | 42.0                      | 28.9                      | 13.7                      | 5.8                        | 4.5                         | 5.3    |

表-2.2.3 アスファルトの種類と物理試験結果

|             | 種類および品名              | 針 入 度  | 原油の産地   | 製 造 所 | 合 材 号<br>番 号 |
|-------------|----------------------|--------|---------|-------|--------------|
| 輸<br>入<br>品 | ストレート                | 80~100 | クウェート   | イギリス  | B 10         |
|             | ストレート                | 80~100 | カルフォルニア | アメリカ  | B 11         |
|             | ストレート                | 80~100 | ベネズエラ   | ドイツ   | B 12         |
|             | トリニダット               |        |         |       | B 4          |
| 国<br>産<br>品 | ポリバーク <sup>**</sup>  | 80~100 | クウェート   | 日本石油  | B 1          |
|             | ガムファルト <sup>**</sup> | 80~100 |         | 日 瀝   | B 2          |
|             | ストレート                | 80~100 | ベネズエラ   | 日本鉱業  | B 3          |
|             | セミプロン                | 80~100 | クウェート   | シェル石油 | B 5          |
|             | セミプロン                | 80~100 | カフジ     | 大協石油  | B 6          |
|             | ストレート                | 80~100 | カフジ     | 日本石油  | B 7          |
|             | ストレート                | 80~100 | ベネズエラ   | 三和石油  | B 8          |
|             | セミプロン                | 60~80  | クウェート   | シェル石油 | B 9          |

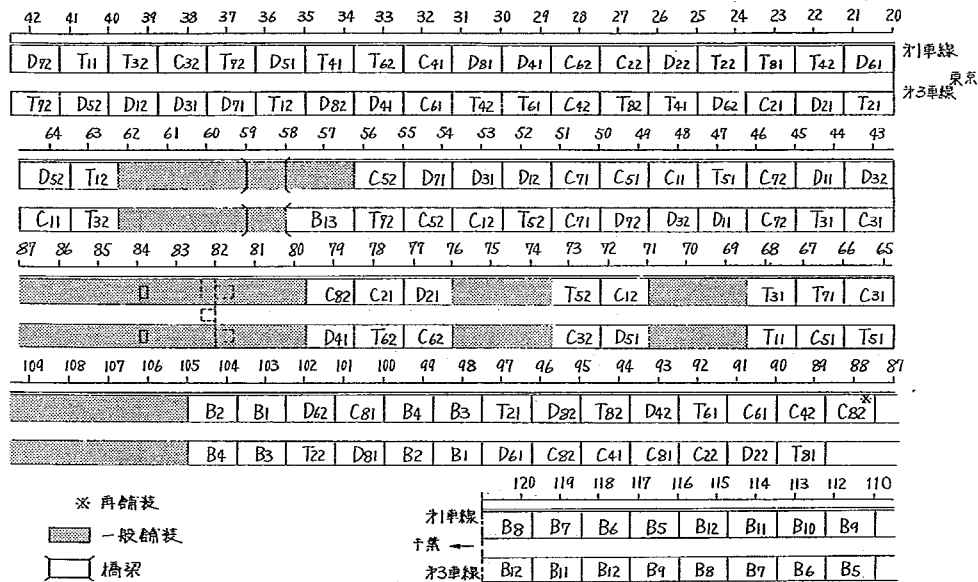
\* 針入度 150~200 のストレートアスファルトを 1:1 の割合で混合

\*\* ゴム添加

## 2.4 舗設混合物の配置

試験舗装区間は全延長2.0kmの第1, 第3車線であるが, 橋梁, 交差点等悪条件のヶ所を除外し, 混合物の舗設位置はくじ引きにより, ランダムに決定されている。舗設位置を図-2.4.1に示す。

図-2.4.1 幕張試験舗装配置図



## 2.5 試験混合物の舗設

表層の舗設は基層アスコン上にプライムセツト約0.5ℓ/㎡を散布, 敷均しはフィニッシャー (ヘーゲル, ドイツ製) を用い, 転圧は10t マッカダムローラーと15t タイヤローラーを使用, 共に各舗装版毎に約15~20回往復転圧をおこない, 第1, 第3車線の試験区間を同時におこなった。なお, アスファルトプラントは35t/H, 2軸バグミル型 (日本工具製) 500kg繰りを使用した。

### 3. 調 査

加熱混合時におけるアスファルトの性状の変化や供用時における舗装体内のアスファルトの性状の変化を調べるために試験舗装の混合物とコアーからアブソン法により回収したアスファルトを用いて粘性試験を中心に調査した。

#### 3.1 調査項目

アスファルトに関する試験調査は、表 3.1.1 の各項目について行なった。

表 3.1.1 試 験 項 目

| 試 験                  | 試 験 方 法                                                                                                                                  | 備 考             |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 針 入 度 試 験            | J I S K 2530                                                                                                                             | 25℃ 100 g 5 sec |
| 軟 化 点 "              | J I S K 2531                                                                                                                             | R & B           |
| 伸 度 "                | J I S K 2532                                                                                                                             | 15℃             |
| 引 火 点 "              | J I S K 2274                                                                                                                             | クリーブランドオープンカップ  |
| 四塩化炭素可溶分試験           | J I S K 2534                                                                                                                             |                 |
| 比 重 "                | J I S K 2249                                                                                                                             |                 |
| 薄 膜 加 熱 "            | A S T M D 1754                                                                                                                           |                 |
| フラスコ脆化点 "            | D I N U 6                                                                                                                                |                 |
| アスファルテン定量試験          | 1. 組成分析法<br>アスファルト 2 g を精密に秤量。<br>100cc の ( n - Pentane , n - Hexan ) を加えた後<br>遠心分離器。( 1800 r / min × 2 時間 ) にかけるア<br>スファルトを沈澱させ乾燥後定量する。 |                 |
| 3).<br>硫 黄 分 定 量 試 験 | 2. 全イオウ分の定量<br>試料を ASTM D90-50 T のランプ燃焼装置を用<br>いて燃焼し、過酸化水素吸収液に生成した $\text{SO}_4^{2-}$<br>をキレート滴定により定量する                                  |                 |

#### 3.2 試料の採取

加熱劣化によるアスファルトの性状変化の調査にはプラント加熱混合物を用い、供用時のアスファルトの劣化の調査には試験舗装より採取したコアーを用いた。アスファルトの回収はアブソン法によった。

## 4. 結果および検討

A, B両幕張試験舗装区間において、混合前のアスファルトを調査の原点とし、舗設時、昭和42年9月供用開始後3年間にわたる舗設後のアスファルトの性状の追跡調査結果および調査を実施するにあたり検討したアブソン抽出試験の一般性、プラントミックスにおける加熱劣化と薄膜蒸発試験との比較等の室内試験についても取りまとめた。

試験舗装における供用性等に関する路面観測は下記項目について舗設後年2回の頻度で実施されている。

- 1) ひびわれ率
- 2) ペンケルマンビームによるたわみ量
- 3) 縦横断凹凸量
- 4) コア密度
- 5) すべり摩擦係数

その他、舗装の供用状況についても観測がおこなわれているが、舗設後3年経過した段階では、若干の混合物においてひびわれ、横断凹凸（わだち堀れ）が見られる程度であり、両試験舗装区間とも供用性の差異は顕著ではない。従って、路面観測結果の中から、アスファルトの劣化に寄与すると考えられる空隙率等多少ながら回収アスファルトの性状と相関を有するものについて取りまとめるにとどめた。

### 4.1 アブソン抽出試験の検定

アブソン抽出試験の一般性に対する信頼度をたしかめるために、国産のストレートアスファルトのうち、針入度の異なる4種類をえらび、回収前後のアスファルトについて、針入度、軟化点、及び伸度の各試験を行なった。試験結果（表-4.1.1参照）の針入度と軟化点の特性値をもとに、シグマ（ $\sigma$ ）未

表 4.1.1 アブソン抽出試験ブランクテスト

| 試 験<br>試 料                   | 針入度 25℃ 100g 5sec |     |     | 軟化点 R&B ℃ |      |     | 伸 度 15℃ cm |       |     |
|------------------------------|-------------------|-----|-----|-----------|------|-----|------------|-------|-----|
|                              | 抽出前               | 抽出後 | 残留率 | 抽出前       | 抽出後  | 増 減 | 抽出前        | 抽出後   | 残留率 |
| 大 協 石 油 60 ~ 80              | 65                | 65  | 100 | 50.2      | 51.1 | 0.9 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 65                | 64  | 99  | 50.2      | 50.7 | 0.5 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 65                | 63  | 97  | 50.2      | 51.5 | 1.3 | > 100      | > 100 | 100 |
| 日 鉱 ス ト ア ス 80 ~ 100         | 104               | 103 | 99  | 44.3      | 45.5 | 1.2 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 104               | 103 | 99  | 44.3      | 45.5 | 1.2 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 104               | 101 | 97  | 44.3      | 45.7 | 1.4 | > 100      | > 100 | 100 |
| C 種 ア ス フ ァ ル ト<br>100 ~ 120 | 102               | 101 | 99  | 43.1      | 43.5 | 0.4 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 102               | 101 | 99  | 43.1      | 44.0 | 0.9 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 102               | 102 | 100 | 43.1      | 43.9 | 0.8 | > 100      | > 100 | 100 |
| 三 菱 石 油 150 ~ 200            | 161               | 153 | 95  | 39.4      | 39.7 | 0.4 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 161               | 154 | 96  | 39.4      | 39.8 | 0.4 | > 100      | > 100 | 100 |
|                              | 161               | 154 | 96  | 39.4      | 40.1 | 0.7 | > 100      | > 100 | 100 |

表一 4. 1. 2 アブソン抽出による試験の実用性能の判定

| 軟 化 点                   | 平 均 値<br>$\bar{x}$ | 母 平 均<br>$u$ | 不 偏 分 散 | 試料から計<br>算した $t$<br>$t_o$ | $t(\phi, \alpha)$<br>$t(2.002)$ | 判 定               |
|-------------------------|--------------------|--------------|---------|---------------------------|---------------------------------|-------------------|
| 大 協 石 油 60~80           | 51.1               | 50.2         | 0.40    | 3.897                     | 6.965                           | 平均値の差なし<br>カタヨリなし |
| 日 鉦 ス ト ア ス 80~100      | 45.6               | 44.3         | 0.15    | 1.501                     | 6.965                           | 平均値の差あり<br>カタヨリあり |
| C 種 ア ス フ ァ ル ト 100~120 | 43.8               | 43.1         | 0.26    | 4.663                     | 6.965                           | 平均値の差なし<br>カタヨリなし |
| 三 菱 石 油 150~200         | 39.9               | 39.4         | 0.23    | 3.768                     | 6.965                           | 平均値の差なし<br>カタヨリなし |

| 針 入 度                     | $\bar{x}$ | $u$ | $v$  | $t_o$  | $t(2.005)$ | 判 定               |
|---------------------------|-----------|-----|------|--------|------------|-------------------|
| 大 協 石 油 (60~80)           | 64        | 65  | 1.00 | 1.732  | 6.965      | 平均値の差なし<br>カタヨリなし |
| 日 鉦 ス ト ア ス (80~100)      | 99        | 104 | 1.16 | 7.466  | 6.965      | カタヨリあり            |
| C 種 ア ス フ ァ ル ト (100~120) | 101       | 102 | 0.59 | 2.956  | 6.965      | 平均値の差なし<br>カタヨリなし |
| 三 菱 石 油 (150~200)         | 154       | 161 | 0.59 | 20.552 | 6.965      | 平均値の差あり<br>カタヨリあり |

$$\text{注 } t_o = \frac{\bar{x} - u}{\sqrt{v/n}}$$

知の場合の母平均値の差の検定を行ない、表一 4. 1. 2 の結果を得た。これよりまず、軟化点は、日鉦ストレートアスファルト（80～100）の試料を除けば、いずれも有意水準1%で、軟化点に差がないことが認められた。また針入度については、針入度グレードが高い三菱石油アスファルト（150～200）、及び日鉦ストレートアスファルト（80～100）の試料が、針入度に差があることが認められた。飯島らは、アスファルトの針入度感温性や等粘性温度は、化学組成（アスファルテン、レジン、芳香族成分、飽和成分の構成）と密接な関係があり、殊にアスファルテン量の変化による影響が大きいことを報告している。

一方アブソン抽出試験に使用する溶剤のベンゾールは、芳香族成分を大部分溶解させることができるので、表 4. 1. 2 の判定で有意差有りとは判定されたアスファルトは、アブソン抽出法による回収の前後で化学組成が異なり、その影響があらわれたものと推定できる。しかし、実験の試料個数が少ないという不備な点があるので今後検討したい。

伸度試験の特性値の評価では、アブソン法による回収前で 100 cm 以上のアスファルトが回収後で 100 cm 以下に低下するということではなく、回収前後での差はないといえる。

以上の結果より、アブソン抽出試験は実用性があるといえる。また針入度が高いアスファルトをテストする場合に、表 4. 1. 2 の結果で、針入度の高いアスファルト 3 種類のうち 2 種類までが回収前後で針入度差有りとは判定されたが、通常の試験で許容される 5% 有意水準での判定では差がなくなるので試験の一般性は充分あるといえる。

#### 4.2 原アスファルトの試験

ケットルから採取したB区間に使用する12種類のアスファルトの諸試験結果を表-4.2.1に示した。

これよりB-9のアスファルトは、伸度が21.0cmと小さいことは、セミブローンアスファルトで針入度グレードの低いアスファルトは伸度特性に劣ることがうかがえる。

B-4のアスファルトは針入度指数（以下PIと記す）が+0.8と、12種類中最大で、最もゲル型に近い

表-4.2.1 原アスファルトの物性試験

| 試料                              | 試験<br>アスファルト採取<br>温度℃ | 針入度<br>1/10mm | 軟化点<br>℃ | 針入度<br>指数<br>PI | 伸 度<br>cm | クリグランドオープンカップ<br>JISK 25 |      | 硫黄含有<br>量 % | フラスコ<br>脆化点℃ | 四塩化炭素<br>可 溶 分 |
|---------------------------------|-----------------------|---------------|----------|-----------------|-----------|--------------------------|------|-------------|--------------|----------------|
|                                 |                       |               |          |                 |           | 引火点℃                     | 燃焼点℃ |             |              |                |
| B-1<br>ポリベープ<br>80/100          |                       | 87            | 50.4     | +0.3            | >100      | 209                      | 247  | 5.3         | -5.0         | 97.44          |
| B-2<br>ガムファルト<br>80/100         |                       | 97            | 46.0     | -0.6            | >100      | 313                      | 347  | 3.4         | -10.5        | 98.70          |
| B-3<br>ヴェネズエラ<br>(日鉱) 80/100    | 175                   | 86            | 47.6     | -0.4            | >100      | 312                      | 355  | 5.2         | -14.0        | 99.63          |
| B-4<br>トリニダットエビ<br>ューレ 80/100   |                       | 36            | 54.7     | +0.8            | 11.0      | 223                      | 289  | 5.2         | -            | -              |
| B-5<br>中東セミブローン<br>(シェル) 80/100 |                       | 75            | 49.5     | -0.3            | >100      | 286                      | 345  | 3.9         | -10.5        | 99.27          |
| B-6<br>カフジセミブロン<br>(大脇) 80/100  | 180                   | 83            | 48.0     | -0.4            | >100      | 299                      | 335  | 3.4         | -12.0        | 99.02          |
| B-7<br>カフジストレート<br>(日石) 80/100  | 195                   | 89            | 47.0     | -0.5            | >100      | 313                      | 350  | 5.1         | -13.5        | 99.42          |
| B-8<br>ヴェネズエラ<br>(三和) 80/100    | 175                   | 86            | 47.6     | -0.4            | >100      | 312                      | 355  | 5.2         | -14.0        | 99.63          |
| B-9<br>中東セミブローン<br>(シェル) 80/100 | 180                   | 62            | 52.5     | -0.1            | 21.0      | 283                      | 341  | 5.4         | -7.5         | 99.40          |
| B-10<br>イギリス M.S.K<br>80/100    |                       | 84            | 48.0     | -0.4            | >100      | 277                      | 337  | 5.6         | -9.0         | 99.46          |
| B-11<br>アメリカ<br>80/100          |                       | 86            | 43.9     | -1.6            | >100      | 269                      | 315  | 2.0         | -4.0         | 99.76          |
| B-12<br>ドイツ<br>80/100           |                       | 84            | 48.2     | -0.4            | >100      | 265                      | 306  | 5.4         | -12.0        | 99.67          |
| B-13<br>ストレート(丸善)<br>80/100     |                       | 93            | 46.7     | -0.5            | >100      |                          |      |             |              |                |

流動を示していることがわかる。また同時に伸びも 11.0 cm で最小であった。このアスファルトは 40% 近くの無機物を含んでいるので伸び特性が小さいものと思われる。

アスファルトを、国産ストレートアスファルト、輸入ストレートアスファルト、セミブローンアスファルト、ゴム入りアスファルトの 4 つに分類して（以下分類別と記す）、物性のちがいを調べた。（表 - 4.2.2 参照）

表 - 4.2.2 原アスファルトの分類別による試験成績

| 試 験 \ 試 料     | 国産ストアス                                                           | 輸入ストアス                                                          | セミブローンアス                                                        | ゴ ム ア ス                                                        |
|---------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 針 入 度         | $\bar{x}$ 88.5<br>$\sqrt{v}$ 3.3<br>max 93.0<br>min 86.0         | $\bar{x}$ 84.7<br>$\sqrt{v}$ 1.2<br>max 86.0<br>min 84.0        | $\bar{x}$ 73.3<br>$\sqrt{v}$ 10.5<br>max 83.0<br>min 62.0       | $\bar{x}$ 92.0<br>$\sqrt{v}$ 7.1<br>max 97<br>min 87           |
| 軟 化 点         | $\bar{x}$ 47.2<br>$\sqrt{v}$ 0.4<br>max 47.6<br>min 46.7         | $\bar{x}$ 46.7<br>$\sqrt{v}$ 2.4<br>max 48.2<br>min 43.9        | $\bar{x}$ 50.0<br>$\sqrt{v}$ 2.3<br>max 52.5<br>min 48.0        | $\bar{x}$ 48.2<br>$\sqrt{v}$ 3.1<br>max 50.4<br>min 46.0       |
| 針 入 度 指 数     | $\bar{x}$ - 0.45<br>$\sqrt{v}$ - 0.057<br>max - 0.4<br>min - 0.5 | $\bar{x}$ - 0.80<br>$\sqrt{v}$ - 0.69<br>max - 0.4<br>min - 1.6 | $\bar{x}$ - 0.27<br>$\sqrt{v}$ - 0.15<br>max - 0.1<br>min - 0.4 | $\bar{x}$ + 0.15<br>$\sqrt{v}$ 0.07<br>max + 0.3<br>min - 0.6  |
| 引 火 点         | $\bar{x}$ 312.3<br>$\sqrt{v}$ 0.6<br>max 313<br>min 312          | $\bar{x}$ 270.3<br>$\sqrt{v}$ 6.1<br>max 277<br>min 265         | $\bar{x}$ 289.3<br>$\sqrt{v}$ 8.5<br>max 299.0<br>min 283.0     | $\bar{x}$ 261.0<br>$\sqrt{v}$ 73.5<br>max 313.0<br>min 209.0   |
| 燃 焼 点         | $\bar{x}$ 353.3<br>$\sqrt{v}$ 2.89<br>max 355.0<br>min 350.0     | $\bar{x}$ 319.3<br>$\sqrt{v}$ 15.9<br>max 337.0<br>min 306.0    | $\bar{x}$ 340.3<br>$\sqrt{v}$ 5.0<br>max 345.0<br>min 335.0     | $\bar{x}$ 297.0<br>$\sqrt{v}$ 70.7<br>max 347<br>min 247       |
| 硫 黄 含 有 量     | $\bar{x}$ 5.17<br>$\sqrt{v}$ 0.08<br>max 5.22<br>min 5.08        | $\bar{x}$ 4.38<br>$\sqrt{v}$ 2.04<br>max 5.66<br>min 2.02       | $\bar{x}$ 4.25<br>$\sqrt{v}$ 1.07<br>max 5.45<br>min 3.4        | $\bar{x}$ 4.40<br>$\sqrt{v}$ 1.35<br>max 5.36<br>min 3.45      |
| フ ラ ー ス 脆 化 点 | $\bar{x}$ - 13.83<br>$\sqrt{v}$ 0.29<br>max - 13.5<br>min - 14.0 | $\bar{x}$ - 8.33<br>$\sqrt{v}$ 4.04<br>max - 4.0<br>min - 12.0  | $\bar{x}$ - 10.00<br>$\sqrt{v}$ 2.29<br>max - 7.5<br>min - 12.0 | $\bar{x}$ - 7.75<br>$\sqrt{v}$ 3.89<br>max - 5.0<br>min - 10.5 |
| 四塩化炭素可溶度      | $\bar{x}$ 99.56<br>$\sqrt{v}$ 0.12<br>max 99.63<br>min 99.42     | $\bar{x}$ 99.63<br>$\sqrt{v}$ 0.15<br>max 99.76<br>min 99.46    | $\bar{x}$ 99.23<br>$\sqrt{v}$ 0.19<br>max 99.4<br>min 99.02     | $\bar{x}$ 98.07<br>$\sqrt{v}$ 0.89<br>max 98.10<br>min 97.44   |

これより国産ストレートアスファルトが、輸入ストレートアスファルトより PI の平均値が 2 倍近く高く - 0.45 であった。このように国産ストレートアスファルトは、針入度が高いけれども感温性が低いことは、原油のちがいばかりでなく、アスファルトの製造方法にも可成りのちがいがあるものと推定できる。

硫黄含有量は、国産ストレートアスファルトの方が輸入ストレートアスファルトより、平均値で1.6%高く5.2%である。この意味からアスファルト製造の際の脱硫度にも差が認められる。

フラース脆化点は、国産ストレートアスファルトが平均値 $-13.8^{\circ}\text{C}$ 、輸入ストレートアスファルトが $-8.3^{\circ}\text{C}$ で、差が認められた。国産ストレートアスファルトが輸入ストレートアスファルトより感温性が劣るが、低温脆性が良好であることから、国産ストレートアスファルトは可成りブローン化されていると推定できる。

図 4.2.1 アスファルトの分類別による軟化点と針入度の関係

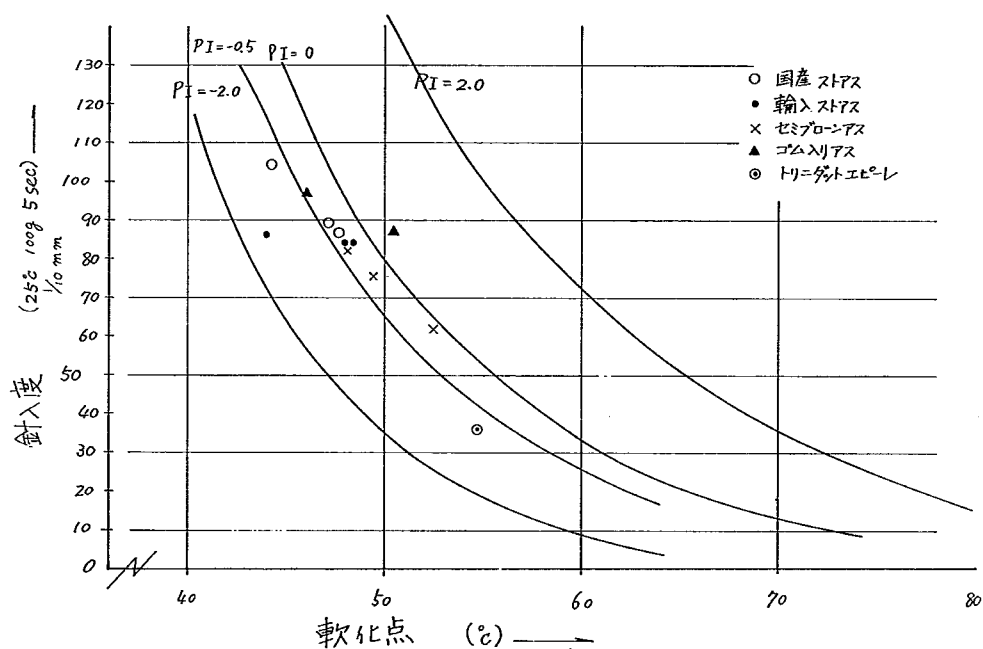
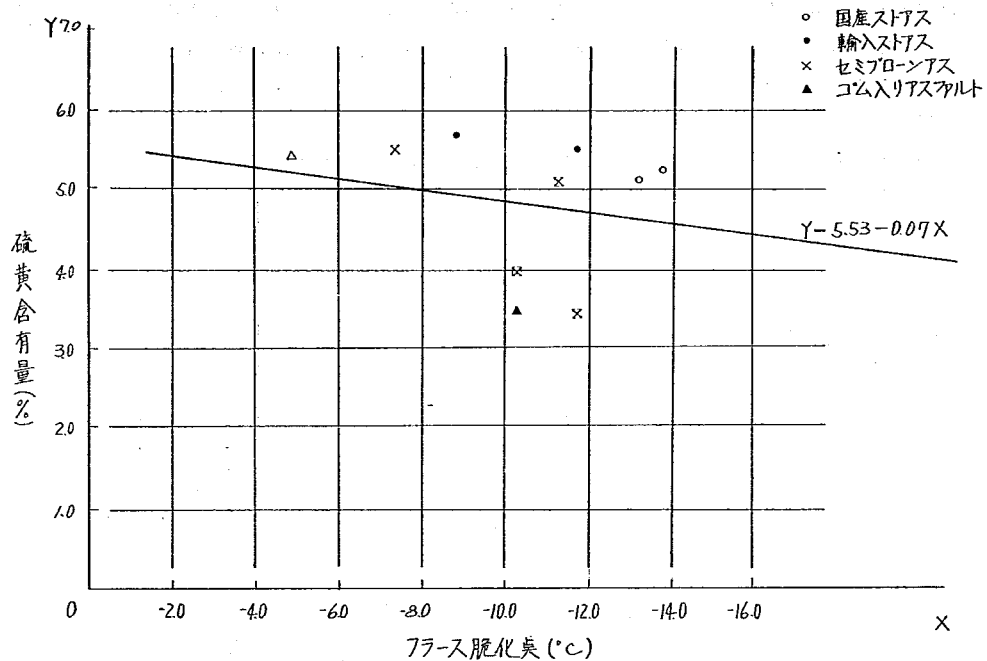


図-4.2.2 <硫黄含有量とフラス脆化点との関係>



種類別にPI変化 (図-4.2.1 参照), 及び硫黄含有量とフラス脆化点試験値との関係 (図-4.2.2 参照) を調べた。

図4.2.1より, 先ず, 国産ストレートアスファルトとセミブローンアスファルトは,  $PI = -0.5$  近くに収束して差がないことがわかる。しかし輸入ストレートアスファルトは,  $B_{11}$  の試料が  $PI = -1.6$  であり, 他の2種 ( $B_{10}$ ,  $B_{12}$ )と,  $PI$  に差があることが認められる。ゴム入りアスファルトは,  $PI$  の差がプラス側とマイナス側に分かれており, 感温性が異なっているので, ひと口にゴム入りアスファルトと言っても感温性は個々に異なることがうかがえる。

図4.2.2より, アスファルト中の硫黄含有量が多くなればフラス脆化点温度が直線的に高くなる関係が認められる。アスファルト中に硫黄分が増大することは, サルファイド類チオフェン類, 及びジサルファイド類など結合状態の異なるイオウ化合物が増大することであり, その結果アスファルト分子中に網目構造が増え, 粘性体の性質が低下して, フラス脆化点温度が高くなるものと推定できる。

表 4.3.1 プラント混合物 (D<sub>72</sub>) の加熱劣化試験

| 試験項目<br>試料   | 合材採取温度<br>℃ | 比 重<br>g/cm <sup>3</sup> | 針 入 度 25℃<br>100g 5sec |      | 軟 化 点 25℃ |        | 針入度指数<br>PI | 伸 度<br>15℃5cm/mm<br>cm | アスファルテン量 |       |
|--------------|-------------|--------------------------|------------------------|------|-----------|--------|-------------|------------------------|----------|-------|
|              |             |                          | 0.1mm                  | 残留率% | ℃         | 増 減 ±℃ |             |                        | ベブタン%    | ヘキサン% |
| 原アスファルト 丸 善  |             | 1.036                    | 45                     |      | 54.1      |        | - 0.5       | 10.6                   | 22.3     | 20.9  |
| 原アスファルト ケットル | 145         | 1.036                    | 48                     |      | 54.9      |        | - 0.1       | 11.2                   | 21.6     | 20.3  |
| パッチナンバー 1    | 182         | 1.038                    | 39                     | 81.3 | 57.0      | 2.1    | - 0.2       | 5.5                    | 26.6     | 25.9  |
| 2            | 194         | 1.037                    | 42                     | 87.5 | 55.1      | 0.2    | - 0.4       | 7.5                    | 26.3     | 25.9  |
| 3            | 210         | 1.046                    | 39                     | 81.3 | 57.5      | 2.6    | - 0.1       | 6.5                    | 24.3     | 24.6  |
| 4            | 207         | 1.049                    | 37                     | 77.1 | 58.2      | 3.3    | 0           | 6.0                    | 27.6     | 26.5  |
| 5            | 200         | 1.044                    | 40                     | 83.3 | 57.3      | 2.4    | - 0.1       | 6.5                    | 24.0     | 23.1  |
| 6            | 192         | 1.048                    | 42                     | 87.5 | 56.7      | 1.8    | - 0.1       | 7.0                    | 24.5     | 24.3  |
| 7            | 186         | 1.046                    | 42                     | 87.5 | 56.2      | 1.3    | - 0.3       | 7.5                    | 24.3     | 24.1  |
| 8            | 175         | 1.046                    | 42                     | 87.5 | 56.0      | 1.1    | - 0.3       | 8.5                    | 24.3     | 24.0  |
| 9            | 175         | 1.049                    | 42                     | 87.5 | 55.2      | 0.3    | - 0.4       | 7.5                    | 24.9     | 23.9  |
| 10           | 166         | 1.046                    | 47                     | 99.0 | 59.3      | 4.4    | - 0.1       | 9.0                    | 25.1     | 23.7  |
| 11           | 167         | 1.045                    | 40                     | 83.4 | 56.7      | 1.8    | - 0.2       | 7.5                    | 24.6     | 23.1  |
| 12           | 158         | 1.049                    | 42                     | 87.5 | 54.3      | 0.6    | - 0.6       | 7.0                    | 25.2     | 24.0  |
| 13           | 162         | 1.052                    | 41                     | 85.4 | 56.1      | 1.2    | - 0.3       | 7.5                    | 24.9     | 23.6  |
| 14           | 171         | 1.057                    | 37                     | 77.0 | 56.7      | 1.8    | - 0.3       | 7.5                    | 26.8     | 26.0  |
| 15           | 176         | 1.059                    | 40                     | 83.4 | 57.4      | 2.5    | 0           | 7.5                    | 25.4     | 24.9  |
| 16           | 176         | 1.054                    | 43                     | 89.6 | 55.5      | 0.6    | - 0.3       | 9.0                    | 23.4     | 25.2  |
| 17           | 173         | 1.053                    | 44                     | 91.6 | 58.1      | 3.2    | 0           | 10.5                   | 32.7     | 32.0  |
| 18           | 175         | 1.053                    | 44                     | 91.6 | 57.7      | 2.8    | - 0.2       | 8.0                    | 26.2     | 26.4  |
| 19           | 177         | 1.047                    | 42                     | 87.5 | 53.3      | 1.6    | - 0.9       | 8.0                    | 24.5     | 23.5  |
| 20           | 173         | 1.049                    | 40                     | 83.4 | 55.8      | 0.9    | - 0.4       | 7.5                    | 25.7     | 24.0  |
| 21           | 172         | 1.048                    | 37                     | 77.0 | 57.2      | 2.3    | - 0.3       | 6.5                    | 25.4     | 24.5  |
| 22           | 168         | 1.043                    | 40                     | 83.4 | 55.9      | 1.0    | - 0.3       | 7.0                    | 23.9     | 23.5  |

※ PI は次の関係より計算

$$A = \frac{\log 800 - \log \text{Pen}(25^\circ\text{C})}{\text{軟化点} - 25} = \frac{20 - \text{PI}}{10 + \text{PI}} \times \frac{1}{50}$$

### 4.3 アスファルトの加熱劣化

#### 4.3.1 アスファルトの種類が一定な混合物について

加熱骨材と混合されたアスファルトがどの程度に劣化するかを調べる目的で、プラント練り混合物より回収したアスファルトについて調査した。

試験にはD<sub>72</sub>の混合物を選び、混合物がプラント練りされ、ダンプトラックに排出される際に、代表試料を採取した。アスファルトの回収には、アブソン抽出法を用い、回収アスファルトについては、比重、針入度、軟化点、伸度、及びアスファルテン分の定量の各試験を行なった。

表-4.3.1及び表-4.3.2より明らかなように、針入度残留率は、平均値が85.5%に低下し、軟化点が原アスファルトより平均1.8℃上昇している。

表 4.3.2 プラント混合物 (D<sub>72</sub>) の加熱劣化試験特性値

さらにPIは、原アスファルトの-0.5より-0.3と変化して、アスファルトがゾルーゲル型からゲル型に移行していることがうかがえる。また伸度は10.6cmから平均値7.5cmに低下し、アスファルトの粘性が低下し、脆くなっていることがわかる。アスファルテン量は、ヘプタンアスファルテン量の場合、原アスファルトに対して15%近く増大し、平均値で25.5%に変化している。ヘキサナアスファルテン量も同様の傾向を示している。

| 項目<br>試 験        | N  | Xmax  | Xmin  | R     | $\sqrt{v}$ | $\bar{x}$ |
|------------------|----|-------|-------|-------|------------|-----------|
| 合 材 温 度 ℃        | 22 | 210.0 | 158.0 | 52.0  | 13.9       | 178.9     |
| 比 重              | 22 | 1.059 | 1.037 | 0.022 | 0.01       | 1.048     |
| 針 入 度            | 22 | 47    | 37    | 10    | 2.4        | 41.0      |
| 針入度残留率%          | 22 | 99.0  | 77.0  | 22.0  | 5.2        | 85.5      |
| 軟 化 点 ℃          | 22 | 59.3  | 53.3  | 6.0   | 1.4        | 56.5      |
| 増 減              | 22 | 4.4   | 0.2   | 4.2   | 1.07       | 11.81     |
| 針 入 度 指 数        | 22 | -0.9  | 0     | -0.9  | 0.21       | -0.26     |
| 伸 度              | 22 | 10.5  | 5.5   | 5.0   | 1.1        | 7.5       |
| アスファルテン%<br>ヘプタン | 22 | 32.7  | 23.4  | 9.3   | 1.9        | 25.5      |
| ヘキサナ             | 22 | 32.0  | 23.1  | 8.9   | 1.9        | 24.8      |

ここでn-Pentane AsphalteneがHexan Asphaltene より分量が大きい理由について、鈴木らは、Hexan 中の不安定な成分がオイル成分に残存するためであると推定している。加熱劣化によりアスファルテン量が増加することは、加熱劣化を酸化劣化としてうけとめれば、レジンの酸化重合反応による重量増加として肯けることである。

混合物の採取温度と針入度、軟化点、伸度の変化を図-4.3-(1)、(2)、(3)に示した。

混合物採取温度と針入度、軟化点、伸度、アスファルテン量の関係

図-4.3.1

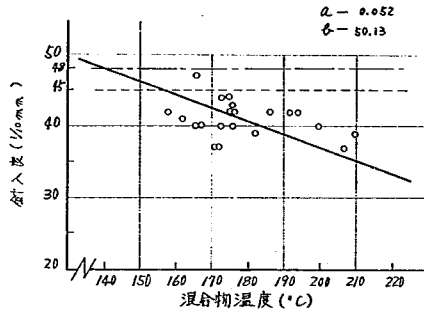


図-4.3.2

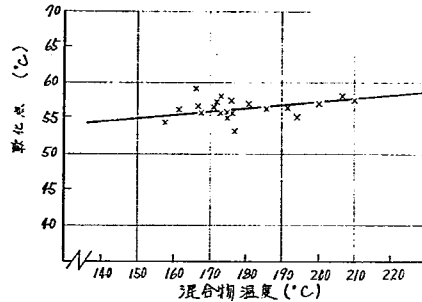


図-4.3.3

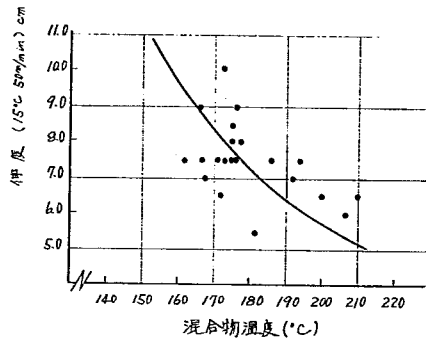
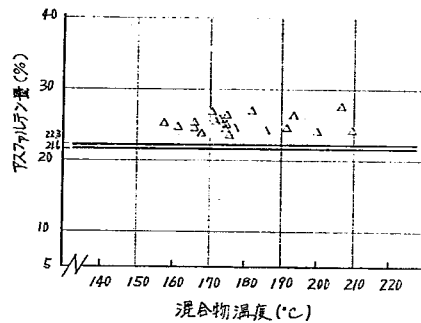


図-4.3.4



これより、アスファルト混合物の温度が高いこと、即ち酸化劣化をシビヤに受ける程針入度が小さく、軟化点が高くなり、アスファルトはゾル型からゲル型に移行する度合いが大きいと云える。さらに伸度試験で変形量 (cm) が指数関数的に低下する関係から加熱劣化で最も顕著に変化する物性は伸度であると思われる。

図-4.3.4より、混合物の温度が160~210℃と可成り広範囲で変化しているにもかかわらず、アスファルテン量の増加の度合いがゆるやかである。この意味から、レジンの酸化重合反応は170℃程度までの加熱で大部分が完了し、それ以降の210℃程度までの加熱では、ゆるやかに進行してゆくものと推定できる。

#### 4.3.2 アスファルト種類の異なる混合物について

B区間のアスファルト材料に関する試験舗装は、密粒度アスファルト混合物に対してアスファルトの種類が異なるものである。したがって、アスファルトの種類の違いによる加熱劣化の割合を4.3.1と同様に調査した。試料は4.7.10の各バッチ毎に代表試料を採取したものである。

回収アスファルトの針入度、軟化点、及び伸度試験の結果を、原アスファルト (ケトルより採取したアスファルト) の値と対比して表-4.3.3に示した。

混合物温度のバラツキから見て、温度条件は各混合物とも共通であるとみなし、針入度と針入度指数の平均値を用いて、アスファルト種類別との関係を図-4.3.5に示した。

これより先ず針入度の変化が大きいアスファルトは、B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>10</sub>, B<sub>11</sub>である。B<sub>2</sub>はゴム入りア

表 4.3.3 アスファルト種類別の加熱劣化

| 番 号  | 試 験                    |    | 合材温度 | 針 入 度   |         | 軟 化 点 |     | 針入度指数 | 伸 度   |
|------|------------------------|----|------|---------|---------|-------|-----|-------|-------|
|      | 試 料                    |    | ℃    | 25℃100g | 残留針入度 % | ℃     | ±   | PI    | cm    |
| B-1  | 原アス                    |    |      | 87      |         | 50.4  |     | - 0.6 | > 100 |
|      | ポ リ ベ ー プ              | 4  | 152  | 77      | 88      | 54.0  | 3.6 | - 0.6 | > 100 |
|      |                        | 7  | 152  | 79      | 91      | 54.4  | 4.0 | - 0.2 | > 100 |
|      |                        | 10 | 162  | 85      | 98      | 54.6  | 4.2 | - 0.5 | > 100 |
| B-2  | 原アス                    |    |      | 97      |         | 46.0  |     | + 0.3 | > 100 |
|      | ガ ム フ ァ ル ト            | 4  | 160  | 61      | 63      | 50.1  | 4.1 | - 0.6 | > 100 |
|      |                        | 7  | 158  | 82      | 85      | 49.8  | 3.8 | - 0.2 | > 100 |
|      |                        | 10 | 190  | 82      | 84      | 47.8  | 2.8 | - 0.5 | > 100 |
| B-3  | 原アス                    |    |      | 104     |         | 44.3  |     | - 0.9 | > 100 |
|      | ヴェ ネ ズ エ ラ             | 4  | 170  | 88      | 85      | 46.8  | 2.3 | - 0.0 | > 100 |
|      |                        | 7  | 155  | 79      | 76      | 46.1  | 1.8 | - 1.1 | > 100 |
|      |                        | 10 | 158  | 74      | 71      | 49.4  | 5.1 | - 0.4 | > 100 |
| B-4  | 原アス                    |    |      | 36      |         | 54.7  |     | + 0.8 | 11.   |
|      | トリニダードエビ<br>ューレ        | 4  | 167  | 35      | 97      | 57.7  | 3.0 | - 1.3 | 7.5   |
|      |                        | 7  | 160  | 32      | 89      | 57.4  | 2.7 | - 0.5 | 7.5   |
|      |                        | 10 | 165  | 34      | 94      | 57.6  | 2.9 | - 0.3 | 6.0   |
| B-5  | 原アス                    |    |      | 75      |         | 49.5  |     | - 0.3 | > 100 |
|      | 中東セミブロン<br>シェル80 / 100 | 4  | 180  | 53      | 71      | 52.9  | 3.4 | - 0.3 | 12.0  |
|      |                        | 7  | 160  | 58      | 77      | 52.4  | 3.0 | - 0.3 | 18.5  |
|      |                        | 10 | 163  | 60      | 80      | 52.7  | 3.2 | - 0.1 | > 100 |
| B-6  | 原アス                    |    |      | 83      |         | 48.0  |     | - 0.4 | > 100 |
|      | カフジセミブロン<br>シェル 大 脇    | 4  | 155  | 83      | 100     | 49.2  | 1.2 | - 1.0 | 84.0  |
|      |                        | 7  | 160  | 80      | 96      | 48.4  | 0.4 | - 0.4 | 89.0  |
|      |                        | 10 | 154  | 73      | 88      | 50.1  | 2.1 | - 0.2 | > 100 |
| B-7  | 原アス                    |    |      | 89      |         | 47.0  |     | - 0.5 | > 100 |
|      | カフジストレート<br>日 石        | 4  | 153  | 83      | 93      | 48.8  | 1.8 | - 0.2 | > 100 |
|      |                        | 7  | 143  | 83      | 93      | 47.7  | 0.7 | - 0.5 | > 100 |
|      |                        | 10 | 145  | 88      | 99      | 47.3  | 0.3 | - 0.5 | > 100 |
| B-8  | 原アス                    |    |      | 86      |         | 47.6  |     | - 0.4 | > 100 |
|      | ヴェネズエラ三和               | 4  | 168  | 68      | 79      | 47.9  | 0.3 | - 0.6 | > 100 |
|      |                        | 7  | 155  | 85      | 99      | 48.5  | 0.9 | - 0.7 | > 100 |
|      |                        | 10 | 150  | 85      | 99      | 49.1  | 1.5 | - 0.1 | > 100 |
| B-9  | 原アス                    |    |      | 62      |         | 52.5  |     | - 0.1 | 21.0  |
|      | 中東セミブロン<br>シェル60 / 80  | 4  | 150  | 49      | 79      | 53.9  | 1.4 | + 0.3 | 10.0  |
|      |                        | 7  | 165  | 53      | 85      | 54.7  | 2.2 | - 0.2 | 11.5  |
|      |                        | 10 | 133  | 50      | 80      | 54.3  | 1.8 | - 0.7 | 39.0  |
| B-10 | 原アス                    |    |      | 84      |         | 48.0  |     | - 0.4 | > 100 |
|      | イギリス MSK               | 4  | 146  | 66      | 79      | 50.0  | 2.0 | - 0.3 | > 100 |
|      |                        | 7  | 152  | 64      | 76      | 49.9  | 1.9 | - 0.6 | 82.0  |
|      |                        | 10 | 140  | 63      | 75      | 50.4  | 2.4 | - 0.5 | > 100 |
| B-11 | 原アス                    |    |      | 86      |         | 43.9  |     | - 1.6 | > 100 |
|      | ア メ リ カ                | 4  | 162  | 54      | 63      | 49.5  | 5.6 | - 1.1 | > 100 |
|      |                        | 7  | 170  | 56      | 65      | 49.5  | 5.6 | - 0.8 | > 100 |
|      |                        | 10 | 165  | 82      | 95      | 56.4  | 2.5 | + 1.7 | > 100 |
| B-12 | 原アス                    |    |      | 84      |         | 48.2  |     | - 0.4 | > 100 |
|      | ド イ ツ                  | 4  | 162  | 65      | 77      | 51.0  | 2.8 | - 0.3 | > 100 |
|      |                        | 7  | 160  | 61      | 68      | 52.1  | 3.9 | - 0.2 | > 100 |
|      |                        | 10 | 161  | 81      | 96      | 49.6  | 1.4 | - 0.1 | > 100 |

スファルトであるB<sub>1</sub>の3倍近くの加熱劣化を示している。この理由は原スファルトのPIがB<sub>1</sub>とB<sub>2</sub>では異なる、したがって同じ様にミキシングされた場合、加熱骨材とのぬれの度合がちがうのでPIの高いB<sub>1</sub>の方が残留針入度が大きくなることによると思われる。B<sub>10</sub>、B<sub>11</sub>はいずれも輸入ストレートアスファルトである。またこれらのアスファルトは、フラス脆化点温度がそれぞれ-9.0℃、-4.0℃(表-4.2.1参照)であり、他のアスファルトより高いことが指摘できる。この様にB<sub>10</sub>、B<sub>11</sub>のアスファルトは加熱劣化も著るしく、フラス脆化点温度が高いので良好なアスファルトであるとは言えない。

PIの変化も針入度の場合と同様に、輸入、国産、セミブローン、ゴム入アスファルトの順でプラス側に変化する度合が大きい。

加熱温度と残留針入度との関係(図-4.3.6参照)より、国産のストレートアスファルトは輸入ストレートアスファルトに比べ加熱劣化の度合が可成り小さいことがわかる。

図-4.3.5 アスファルト種類別の針入度とPIの変化

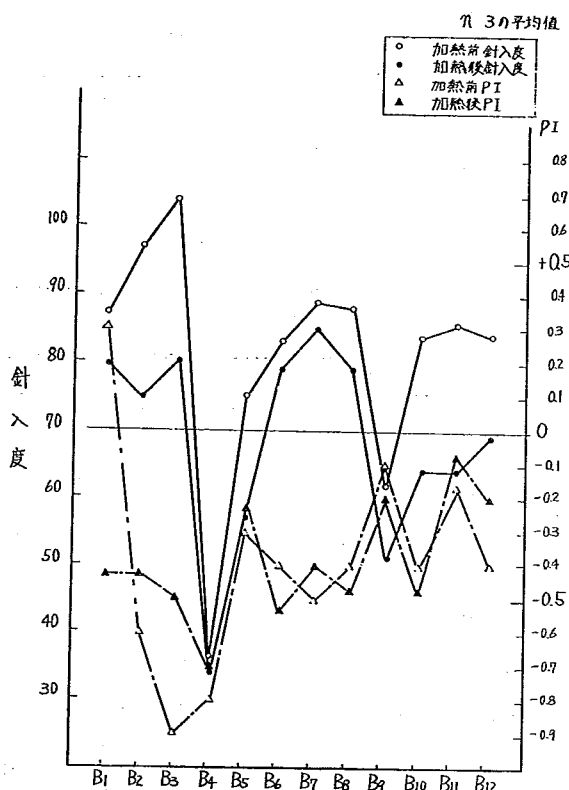
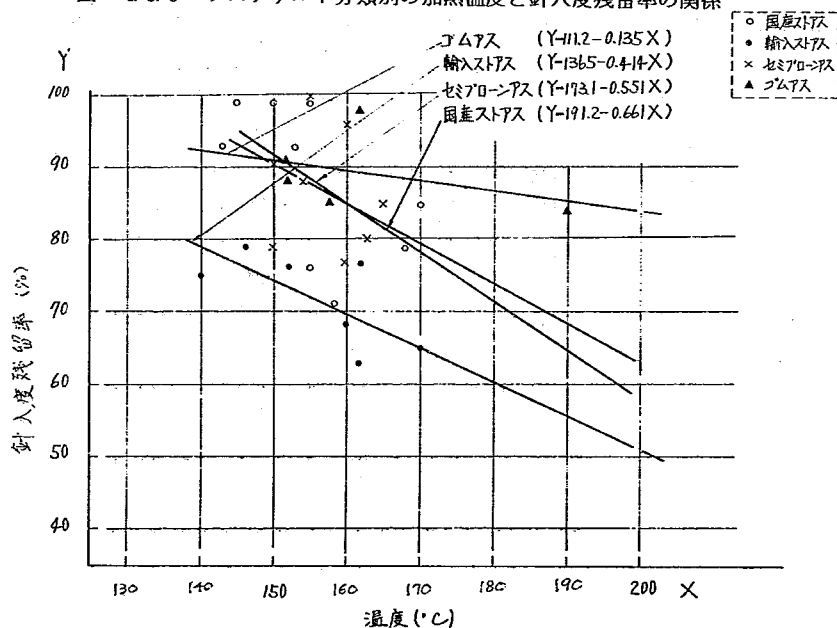


図-4.3.6 アスファルト分類別の加熱温度と針入度残留率の関係



また国産ストレートアスファルトがセミブローンアスファルトの加熱劣化の回帰直線式の勾配と近似している。

ゴム入りアスファルトは、他の3種類のアスファルトより直線勾配が一番小さいので、加熱劣化を受けにくいことが認められる。

#### 4.3.3 粒度、アスファルト量の異なる混合物について

粒度、アスファルト量が異なる混合物の加熱劣化を4.3.2と同様に調査した。

混合物は、粗粒度アスコンとしてC<sub>21, 22</sub>、密粒度アスコンとしてD<sub>81, 82</sub>、修正トベカ粒度アスコンとしてT<sub>21, 22</sub>、T<sub>81, 82</sub>を選んだ。

結果(表-4.3.4参照)より伸度が原アスファルトで100cm以上のアスファルトがプラント加熱劣化

表-4.3.4 粒度、アスファルト量の異なる混合物の加熱劣化

| 試料                  | 試験                  | 合材採取温度<br>℃ | 針入度                 |                   | 軟化点  |     | 針入度<br>指数<br>PI | 伸度<br>15℃ |
|---------------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------------|------|-----|-----------------|-----------|
|                     |                     |             | 25g/100g<br>5sec/mm | (Pi/Po)×<br>100 % | ℃    | (±) |                 |           |
| C <sub>21, 22</sub> | 原アスファルト<br>(40~60)  | 165         | 67                  |                   | 49.2 |     | - 0.7           | >100      |
| C <sub>21</sub>     | 4                   | 185         | 51                  | 76                | 52.1 | 2.9 | - 0.6           | 15.0      |
| 22                  | 4                   | 180         | 46                  | 70                | 51.2 | 2.0 | - 1.1           | 10.5      |
| 21                  | 7                   | 195         | 47                  | 70                | 51.1 | 1.9 | - 1.1           | 11.0      |
| 22                  | 7                   | 160         | 46                  | 69                | 52.0 | 2.8 | - 0.9           | 11.5      |
| 21                  | 10                  | 190         | 36                  | 54                | 53.4 | 4.2 | - 1.1           | 7.5       |
| 22                  | 10                  | 195         | 36                  | 54                | 52.9 | 3.7 | - 1.2           | 8.5       |
| T <sub>21, 22</sub> | 原アスファルト<br>(40~60)  | 170         | 47                  |                   | 53.0 |     | - 0.6           | >100      |
| T <sub>21</sub>     | 4                   | 170         | 43                  | 91                | 56.0 | 3.0 | - 0.2           | 6.5       |
| 22                  | 4                   | 170         | 34                  | 72                | 58.7 | 5.7 | - 0.1           | 6.0       |
| 21                  | 7                   | 165         | 40                  | 85                | 57.1 | 4.1 | - 0.1           | 6.5       |
| 22                  | 7                   | 168         | 39                  | 83                | 56.3 | 3.3 | - 0.3           | 7.0       |
| 21                  | 10                  | 160         | 39                  | 83                | 56.9 | 3.9 | - 0.2           | 8.5       |
| 22                  | 10                  | 160         | 42                  | 89                | 57.7 | 4.7 | + 0.1           | 6.5       |
| D <sub>81, 82</sub> | 原アスファルト<br>(80~100) | 175         | 80                  |                   | 46.2 |     | - 1.1           | >100      |
| D <sub>81</sub>     | 4                   | 185         | 53                  | 66                | 50.1 | 3.9 | - 1.0           | 78.0      |
| 82                  | 4                   | 165         | 50                  | 63                | 49.6 | 3.4 | - 1.3           | 19.5      |
| 81                  | 7                   | 168         | 56                  | 70                | 49.1 | 2.9 | - 1.2           | >100      |
| 82                  | 7                   | 170         | 63                  | 79                | 47.9 | 1.7 | - 1.2           | >100      |
| 81                  | 10                  | 164         | 55                  | 69                | 50.9 | 4.7 | - 0.7           | 18.0      |
| 82                  | 10                  | 170         | 64                  | 80                | 48.7 | 2.5 | - 0.9           | >100      |
| T <sub>81, 82</sub> | 原アスファルト<br>(40~60)  | 167         | 46                  |                   | 55.0 |     | - 0.2           | 10.0      |
| T <sub>81</sub>     | 4                   | 160         | 30                  | 65                | 61.9 | 6.9 | 0.2             | 4.5       |
| 82                  | 4                   | 160         | 31                  | 67                | 61.4 | 6.4 | 0.0             | 5.5       |
| 81                  | 7                   | 138         | 35                  | 76                | 60.2 | 5.2 | 0.2             | 5.5       |
| 82                  | 7                   | 172         | 35                  | 76                | 59.9 | 4.9 | 0.2             | 5.5       |
| 81                  | 10                  | 163         | 30                  | 67                | 61.1 | 6.1 | 0.1             | 6.0       |
| 82                  | 10                  | 172         | 28                  | 61                | 64.8 | 9.8 | 0.6             | 4.0       |

表 4.3.5 薄膜加熱試験 (ASTM法) 結果

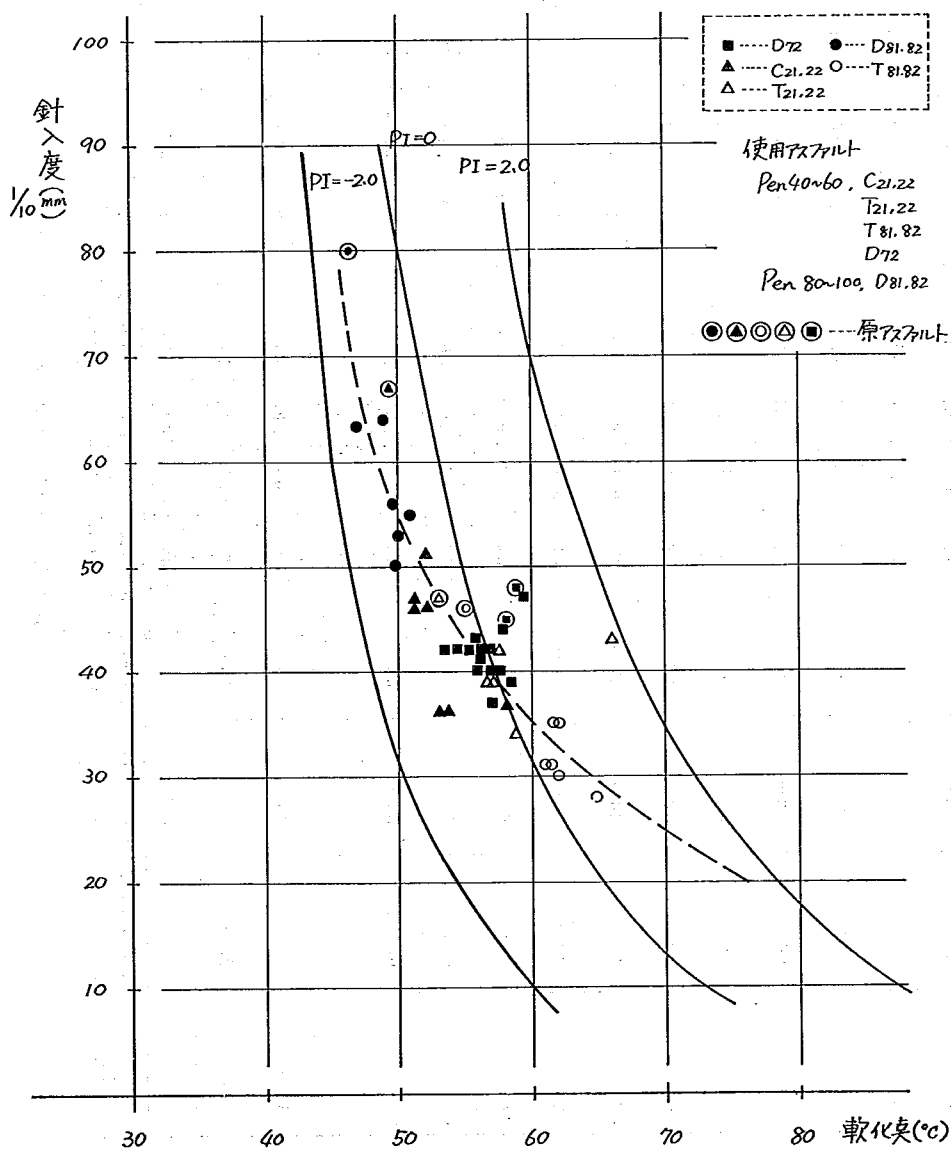
| 番号              | 試験項目<br>試料         | 重量変化<br>% | 針入度 (25°C) |     |      | 軟化点 (環球法) |      |     | 針入度指数変化 |      | 伸度 (15°C) |      |
|-----------------|--------------------|-----------|------------|-----|------|-----------|------|-----|---------|------|-----------|------|
|                 |                    |           | 加熱前        | 加熱後 | 残留率  | 加熱前       | 加熱後  | 増減  | 原アスファルト | 加熱後  | 原アスファルト   | 加熱後  |
| B <sub>1</sub>  | ポリペー プ80/100       | -0.89     | 87         | 59  | 67.8 | 50.4      | 54.2 | 3.8 | +0.3    | +0.2 | >100      | >100 |
| B <sub>2</sub>  | ガムファルト80/100       | -0.07     | 97         | 67  | 69.1 | 46.0      | 50.0 | 4.0 | -0.6    | -0.5 | >100      | >100 |
| B <sub>3</sub>  | ヴェネズエラ 日鉱80/100    | -0.72     | 104        | 63  | 60.6 | 44.3      | 50.6 | 6.3 | -0.9    | -0.5 | >100      | >100 |
| B <sub>4</sub>  | トリニダトエビュール         |           |            |     |      |           |      |     |         |      |           |      |
| B <sub>5</sub>  | 中東セミブローンシェル80/100  | -0.18     | 75         | 48  | 64.0 | 49.5      | 54.8 | 5.3 | -0.3    | -0.2 | >100      | 8.0  |
| B <sub>6</sub>  | カフジセミブローン 大協80/100 | -0.14     | 83         | 58  | 69.9 | 48.0      | 54.0 | 6.0 | -0.4    | +0.1 | >100      | 10.0 |
| B <sub>7</sub>  | 〃 日石80/100         | -0.04     | 89         | 61  | 68.6 | 47.0      | 50.8 | 3.8 | -0.5    | -0.5 | >100      | 7.0  |
| B <sub>8</sub>  | ヴェネズエラ80/100       | +0.02     | 86         | 54  | 62.8 | 47.6      | 52.0 | 4.4 | -0.4    | -0.5 | >100      | 49.0 |
| B <sub>9</sub>  | 中東セミブローンシェル        | -0.18     | 62         | 41  | 66.1 | 52.5      | 55.6 | 3.1 | -0.1    | -0.3 | 21.0      | 5.9  |
| B <sub>10</sub> | イギリス80/100         | -0.33     | 84         | 52  | 61.9 | 48.0      | 51.9 | 3.9 | -0.4    | -0.7 | >100      | 9.0  |
| B <sub>11</sub> | アメリカ80/100         | -0.39     | 86         | 51  | 59.3 | 43.9      | 47.6 | 3.7 | -1.6    | -1.7 | >100      | >100 |
| B <sub>12</sub> | ドイツ80/100          | -0.27     | 84         | 45  | 53.6 | 48.2      | 54.8 | 6.6 | -0.4    | -0.3 | >100      | >100 |
| A <sub>1</sub>  | 三菱 60/80           | +0.10     | 65         | 47  | 72.3 | 47.5      | 51.2 | 3.7 | -1.2    | -1.1 | >100      | 10.0 |
| A <sub>2</sub>  | 丸善ストレート40/60       | +0.02     | 45         | 32  | 71.1 | 54.1      | 59.6 | 5.5 | -0.5    | 0.0  | 10.6      | 5.5  |
| A <sub>3</sub>  | 丸善ストレート80/100      | +0.06     | 93         | 62  | 66.7 | 46.7      | 50.0 | 3.3 | -0.5    | -0.7 | >100      | 13.0 |

で著るしく小さくなっていることが特徴的である。

同一混合物でのアスファルト量のちがい ( $\pm 0.5\%$ ) による加熱劣化の差は、個数不足で有意差は認められなかった。

針入度と軟化点の関係 (図-4.3.7 参照) より、修正トベカ粒度アスコン、密粒度アスコン、粗粒度アスコンの順で針入度が小さく、軟化点が高くなる。一方後述 4.3.5 でのアスファルト膜厚計算法に従って、舗設直後のコアのデータをもとに各混合物の膜厚を計算すると、修正トベカアスコンで  $6.75\mu$ 、密粒度アスコンで  $9.23\mu$ 、粗粒度アスコンで  $14.32\mu$ 、となり、先の順序と同様に膜厚が大きくなる。

図-4.3.7 回収アスファルトの軟化点と針入度の関係



この意味で、加熱劣化はアスファルト膜厚と密接な関係があり、粗粒度アスコンより膜厚の小さい修正トベカアスコンの方が加熱劣化を受け易い傾向がある。また、針入度が小さくなれば軟化点が指数関係的に大きくなることから、加熱後にはPIに差があらわれるものと思われる。

T 21、22 と T 81、82 の比較から、アスファルト量が1%程度ちがえば、加熱劣化による針入度は10程度の差が認められる。したがってアスファルト量が多ければ残留針入度は高いといえる。

#### 4.3.4 薄膜蒸発試験

これまで、主としてプラント練りされた混合物より回収したアスファルトについての加熱劣化について述べてきた。これ等のアスファルトが加熱劣化される劣化条件はいずれも8~12ミクロンの膜厚のアスファルトが、180~200℃に加熱された骨材を25~30秒間ぬらした時の状態である。

ASTMD 1754 による薄膜蒸発試験は、アスファルトを厚さ $\frac{1}{8}$ " にアルミニウム皿に取り、163℃で5時間高温空気浴中で劣化させる方法で、実際のプラントでアスファルトが受ける加熱劣化現象を室内試験で推定する方法として有用であると思われる。

試験舗装に使用されたアスファルトについて薄膜蒸発試験を行なった結果(表-4.3.5参照)より、先ず大部分のアスファルトは重量が減少しているが、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 及び B<sub>8</sub> は重量が増加していることがわかる。同時にこれ等のアスファルトの伸度は蒸発前に100 cm以上あったのが、5~10 cmに低下している。重量変化は主として低分子量成分(オイル分など)の蒸発や酸化重合によるアスファルト分子主鎖の分子破断などによる重量減少と、酸素ラジカルの芳香族成分への重合連鎖による重量増加の相殺された結果があらわれるものである。

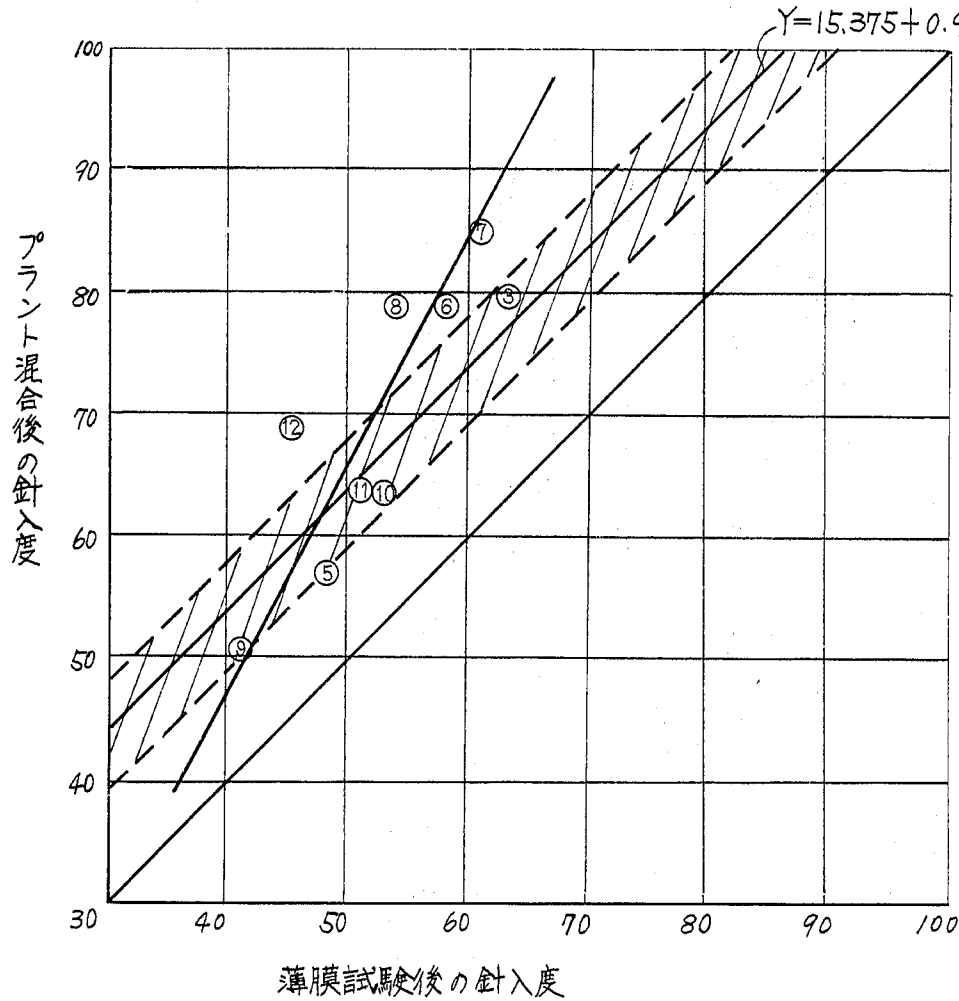
この意味から、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>8</sub> のアスファルトは他のアスファルトに比べ芳香族成分などが多いのではないかと推定される。

次に残留針入度は、平均値 65.3 %、 $\sqrt{v}$  5.2 と、針入度の低下が著しいことがわかる。

薄膜試験とプラント混合での劣化のちがいを図-4.3.8に示した。(図中の番号は表-4.2.1で示した試料番号を示すものである)これより明らかなように、各点がY=Xの関係式より上側にバラついていることは、薄膜蒸発試験での加熱劣化がプラント混合での加熱劣化よりも30~40%劣化条件がきびしいことがうかがえる。

図-4.3.8

薄膜加熱試験とプラント加熱後との針入度の関係



$$\sqrt{V} = 11.67$$

$$t(9, 0.05) = 2.262$$

$$t(9, 0.05) \sqrt{\frac{V}{n}} = \pm 8.8$$

#### 4.4 舗設後のアスファルトの性状の経時変化

##### 4.4.1 配合設計に関するA区間のアスファルトの針入度の経時変化

混合前から舗設3年後に至る針入度の経時変化を混合物の種類別に取りまとめた。図-4.4.1～4.4.3は第1、第3車線の両車線、アスファルト量の大小を含め針入度40/60のアスファルトは実線で、針入度80/100については点線で表わし、

混合物の種類による針入度の経時変化

図-4.4.1

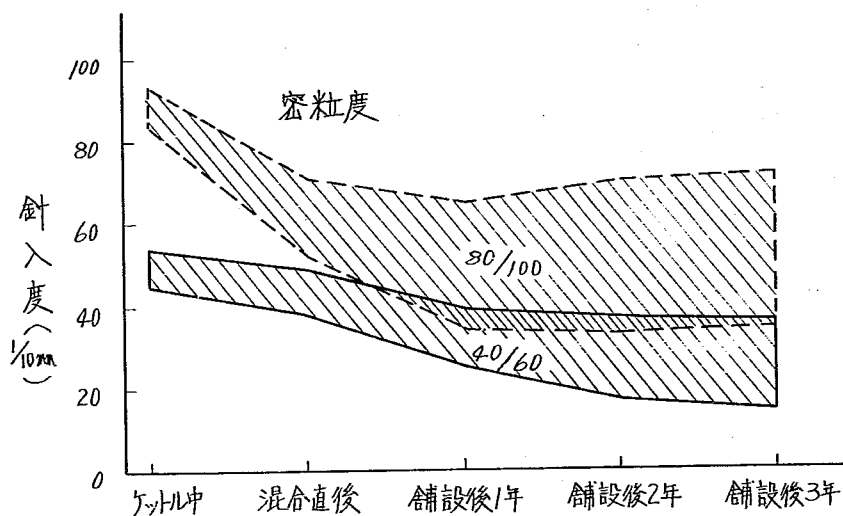


図-4.4.2

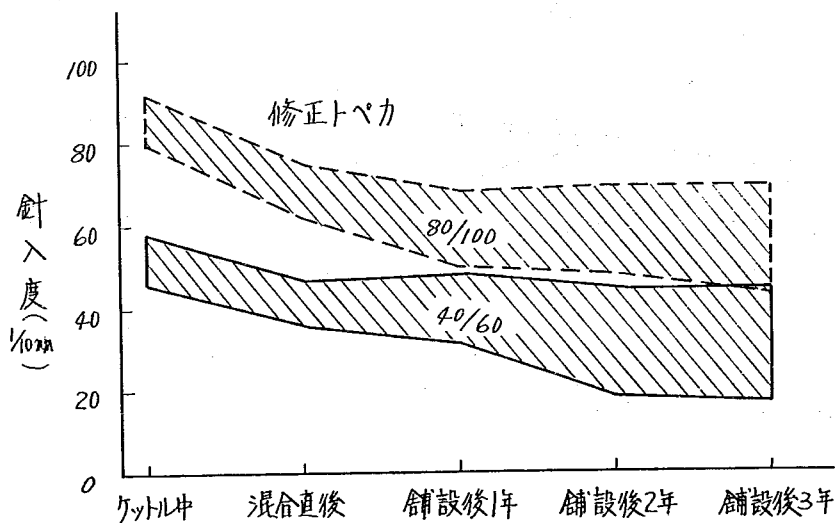


図-4.4.3

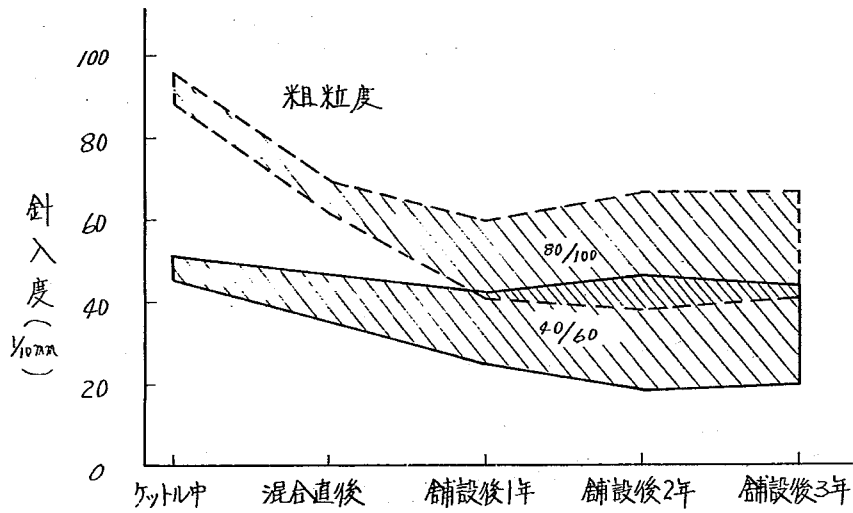


図-4.4.4 各種混合物の針入度の平均値  
(8点の平均)

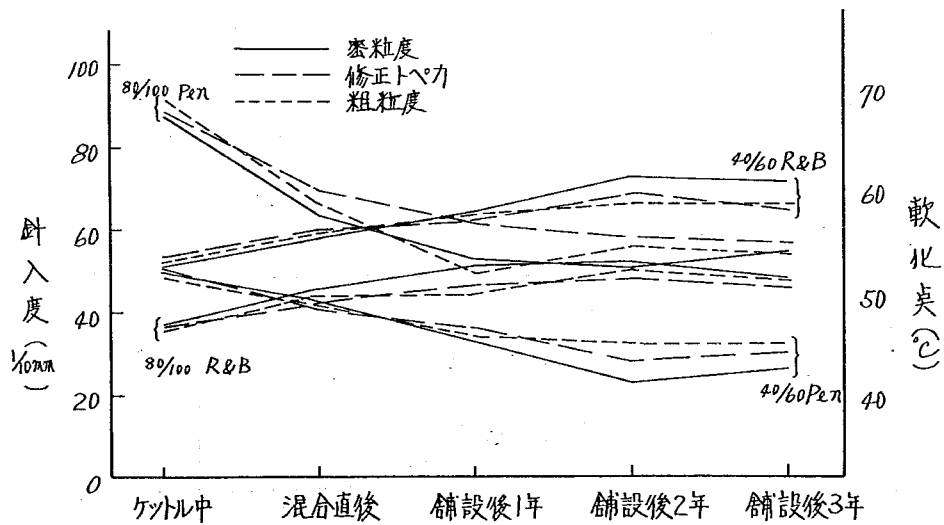


表-4.4.1 A 区間における針入度、残留針入度の経時変化

| 混 合 物 の 種 類 |        |         | 原アスファルト |       | 混 合 直 後 |       | 舗 設 1 年 後 |       | 舗 設 2 年 後 |          | 舗 設 3 年 後 |          |
|-------------|--------|---------|---------|-------|---------|-------|-----------|-------|-----------|----------|-----------|----------|
| 粒 度         | アスファルト | アスファルト量 | 針 入 度   | 残留針入度 | 針 入 度   | 残留針入度 | 針 入 度     | 残留針入度 | 針 入 度     | 残留針入度    | 針 入 度     | 残留針入度    |
| 密 粒 度       | 40～60  | 最適-0.5% | 49      | 100   | 41      | 83    | 29        | 59    | 18<br>23  | 35<br>46 | 21        | 42       |
| 密 粒 度       | 40～60  | 最 適     | 49      | 100   | 43      | 89    | 35        | 71    | 27<br>23  | 56<br>46 | 31        | 63       |
| 密 粒 度       | 80～100 | 最適-0.5% | 87      | 100   | 60      | 69    | 48        | 54    | 39<br>51  | 45<br>59 | 47        | 54       |
| 密 粒 度       | 80～100 | 最 適     | 87      | 100   | 66      | 76    | 57        | 66    | 52<br>61  | 60<br>70 | 62        | 71       |
| 修 正 ト ペ カ   | 40～60  | 最適-0.5% | 50      | 100   | 40      | 80    | 35        | 70    | 31<br>21  | 61<br>43 | 34<br>30  | 74<br>60 |
| 修 正 ト ペ カ   | 40～60  | 最 適     | 50      | 100   | 41      | 82    | 37        | 74    | 26<br>35  | 53<br>65 | 30<br>40  | 59<br>79 |
| 修 正 ト ペ カ   | 80～100 | 最適-0.5% | 88      | 100   | 68      | 78    | 60        | 69    | 55<br>57  | 62<br>65 | 48<br>59  | 55<br>67 |
| 修 正 ト ペ カ   | 80～100 | 最 適     | 88      | 100   | 70      | 79    | 61        | 70    | 56<br>65  | 63<br>73 | 52<br>65  | 60<br>75 |
| 粗 粒 度       | 40～60  | 最適-0.5% | 48      | 100   | 42      | 87    | 34        | 71    | 34<br>26  | 71<br>58 | 28<br>30  | 59<br>66 |
| 粗 粒 度       | 40～60  | 最 適     | 48      | 100   | 42      | 87    | 32        | 67    | 35<br>31  | 73<br>54 | 34<br>33  | 56<br>66 |
| 粗 粒 度       | 80～100 | 最適-0.5% | 92      | 100   | 66      | 72    | 47        | 51    | 55<br>50  | 60<br>55 | 53<br>52  | 58<br>52 |
| 粗 粒 度       | 80～100 | 最 適     | 92      | 100   | 66      | 72    | 52        | 56    | 54<br>61  | 59<br>67 | 50<br>60  | 55<br>65 |

\* 4 測点の平均値

\*\* 舗設2年後、3年後の上段は1車線、下段は3車線の結果を示す。

表 4.4.1 に針入度および残留針入度率の変化を針入度，アスファルト量，車線別に4試料の平均として示した。

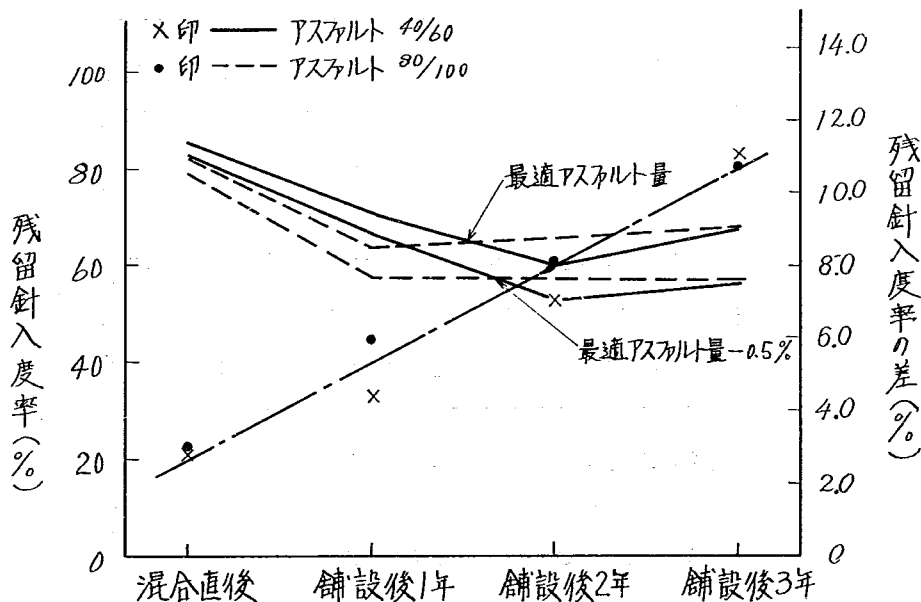
加熱劣化が顕著であることは前章で述べた通りであるが，舗設後のアスファルト性状の変化は舗設後1年間に於いて著しく，舗設1年後の針入度40/60のアスファルトで舗設後2年の残留針入度率の平均値57%と比較的劣化が進行することを示すが，針入度80/100における粗粒度の舗設1年後の針入度が低く，その混合物との平均をとると低値を与える影響によるもので，1年後から2年後にかけても若干劣化は進行するものとする。また，舗設2年後以降は両者とも残留針入度率は60%とほぼ一定値に与えるが，各種混合物を通して，経年的に舗設後の分布の幅に広がりが見られる。従って，平均するとみかけ上劣化は停止する結果を与えるが，むしろ劣化速度が非常に鈍化すると考える方が妥当であると思われる。

#### 4.4.2 アスファルト量の大小による針入度の経時変化

A 区間における各種混合物の最適アスファルト量および最適 - 0.5 % のアスファルト量のものについて，針入度の等級別に残留針入度率の平均値の経時変化を図 - 4.4.5 に示した。また，両者の残留針入度率の差を一点破線で図中に示した。

アスファルト量の大小による針入度の低下の差は明らかであり，針入度40/60，80/100のアスファルトとも同様の傾向を示し，経時的なアスファルト量の大小による残留針入度率の差は広がりを見せる。広がり幅は時間とほぼ比例関係を有し，舗設後3年の最適 - 0.5 % の残留針入度率は最適アスファル

図 - 4.4.5 アスファルト量の大小による残留針入度率の経時変化



ト量より約10%低下する結果を与えている。

#### 4.4.3 アスファルト材料に関するB区間の針入度の経時変化

図-4.4.6に示す通り、ゴムアスファルトB2で加熱混合時の残留針入度率80%，その後は80%程度とはほぼ一定値を示すほか、A区間同様加熱混合時、舗設後1年間の劣化が顕著であり、その後も徐々に

図-4.4.6 アスファルトの種類別の針入度の経時変化  
(図中の数字は合材番号を示す)

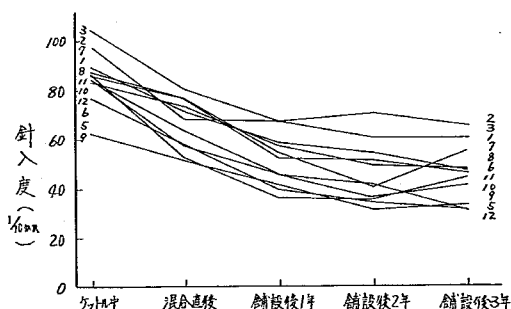
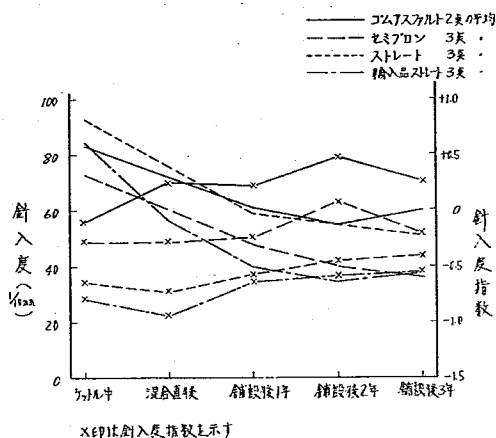


図-4.4.7 アスファルトの種類別の針入度指数の平均値の経時変化



劣化は進行する。また、図-4.4.7に各アスファルトのループ別に針入度、針入度指数の平均値の経時変化を表わしたものである。アスファルト種類別の劣化の差異は国産、輸入品のストレートアスファルトとも舗設後の劣化、針入度指数の変化とも比較的類似した変化の傾向を示すが、他のゴムアス、セミプロンとの明らかな差異は現在のところ表われていない。表-4.4.2のアスファルトの感温性を表わす

表-4.4.2 針入度指数 (P.I.) の経時変化

|             | アスファルトの種類   | 合材番号      | 針 入 度 指 数 ( P ・ I ) |         |       |       |       |       |
|-------------|-------------|-----------|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
|             |             |           | 原アスファルト             | 混 合 直 後 | 舗設後1年 | 舗設後2年 | 舗設後3年 |       |
| 国<br>産<br>品 | ゴムアスファルト    | B 1       | 0.35                | 1.07    | 0.91  | 0.99  | 0.68  |       |
|             |             | B 2       | -0.57               | -0.57   | -0.45 | -0.77 | -0.13 |       |
|             | セ ミ プ ロ ン   | B 5       | -0.32               | -0.23   | -0.26 | 0.11  | -0.54 |       |
|             |             | B 6       | -0.42               | -0.48   | -0.39 | 0.07  | 0.10  |       |
|             |             | B 9       | -0.07               | -0.13   | -0.03 | -0.07 | -0.16 |       |
|             | ス ト レ ー ト   | B 3       | -0.91               | -0.71   | -0.65 | -0.57 | -0.42 |       |
|             |             | B 7       | -0.54               | -0.91   | -0.66 | -0.42 | -0.35 |       |
|             |             | B 8       | -0.45               | -0.57   | -0.39 | -0.32 | -0.42 |       |
|             | 輸<br>入<br>品 | ス ト レ ー ト | B 10                | -0.42   | -0.63 | -0.32 | -0.35 | -0.42 |
|             |             |           | B 11                | -1.57   | -1.74 | -1.10 | -1.05 | -1.05 |
|             |             |           | B 12                | -0.35   | -0.42 | -0.45 | -0.32 | 0.14  |

各種材料の針入度指数は加熱混合時にストレートアスファルトではむしろ低下するが、舗設後は若干増加し、ゾルからゲル型へと移行する傾向を表わしている。ゴムアス、セミブロンではB2、B6でストレート同様舗設後増加するが、その他はほぼ一定値を示す結果を与える。

#### 4.5 舗装の観測結果とアスファルトの性状

前述の通り、舗設供用後3年経過した段階では、供用性に関する要因に顕著な差が現われていない。従って、舗設3年後の回収アスファルトの性状とアスファルトの劣化に寄与すると考えられる空隙率等多少ながら相関を有するものについて取りまとめるとともに、供用性に関する要因のうち横断凹凸量、ひびわれ率についてプロケットしたものを資料として加える程度にとどめた。なお、配合設計が同一であるアスファルト材料に関するB区間の回収アスファルトと空隙率等についての比較検討は除外した。

##### 4.5.1 空隙率と残留針入度率

図-4.5.1～4.5.3はコア密度、舗設時の理論最大密度から求めた空隙率と残留針入度率の関係を表わしたものである。空隙率はウェザリングを促進する要因のうち、アスファルトの劣化に最も影響を与えるものと考えられる。本調査における路面観測結果の中でも比較的よい相関を示すもので、密粒度アスコンにおいて顕著であり、その他の混合物でも空隙率が増加すると残留針入度率が低下する傾向を示している。

3年目の空隙率と残留針入度率

図-4.5.1 の関係

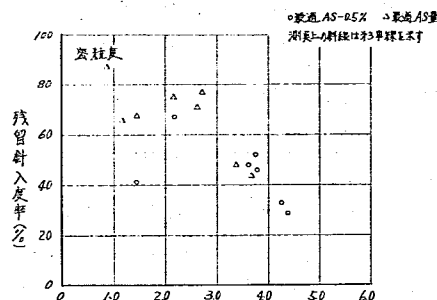


図-4.5.2

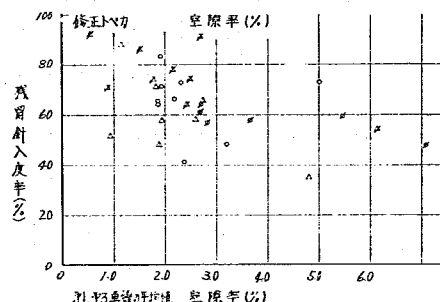
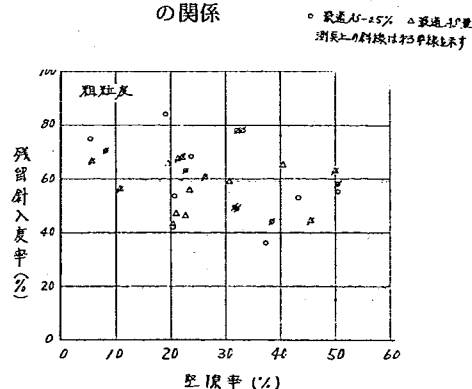


図-4.5.3 3年目の空隙率と残留針入度率  
の関係

##### 4.5.2 アスファルト量と残留針入度率

ソックスレー抽出法により求めたアスファルト量について、粒度配合を無視し、アスファルト量のみを検討したもので、4.4.2で述べた同一粒度配合におけるアスファルト量の大小の場合とは異なるものである。図-4.5.4～4.5.6から明らかなように相関はほとんど得られないが、密粒度、修正トベカではアスファルト量が減少すると残留針入率も低下する傾向が多少ながら現われているものと考えられる。粗粒度ではその傾向を明ら



ではない。

### 3 年目のアスファルト量と残留針入度率の関係

図 - 4.5.4

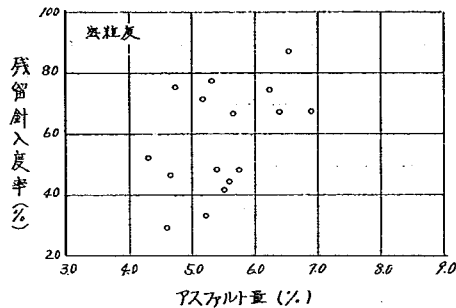
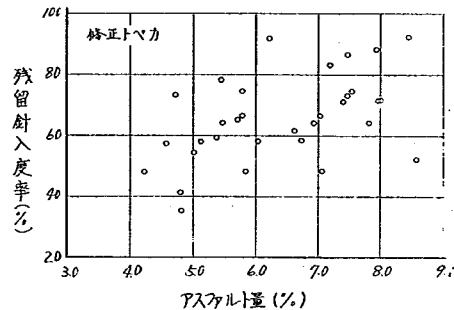


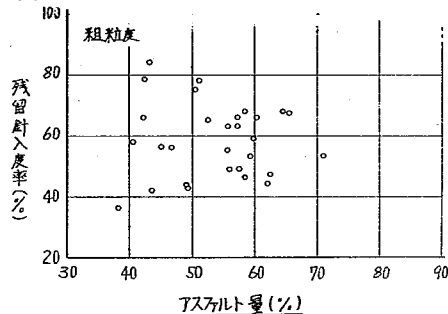
図 - 4.5.5



#### 4.5.3. アスファルト膜厚と残留針入度率

図 - 4.4.7 ~ 4.4.9 はカルフォルニア法により求めた骨材表面積とアスファルト量から算出した膜厚と残留針入度率の関係を表わしたものである。アスファルト量同様密粒度、修正トペカにおいて多少ながら、膜厚が減少すると残留針入度率が低下する傾向が見られるが、粗粒度では明らかではない。アスファルト量についても当然考えられることであるが、0.5 ~ 6.0 % の幅を持つ空隙率の影響を考え、空隙率を 3 段に分け膜厚と残留針入度率の関係について検討したが、一定の傾向は得られなかった。なお、粗粒度における膜厚が他の混合物に比較して広範囲に分布するのは次式に示す通り、細粒分、特に # 200 通過量の影響によるものである。

図 - 4.5.6



### 3 年目のアスファルト膜厚と残留針入度の関係

図 - 4.5.7

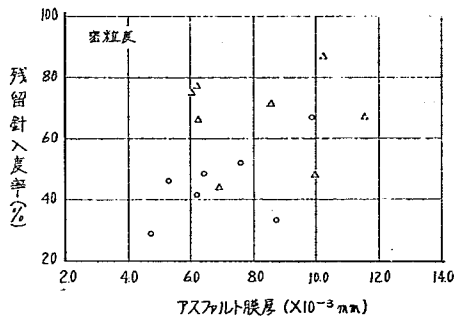
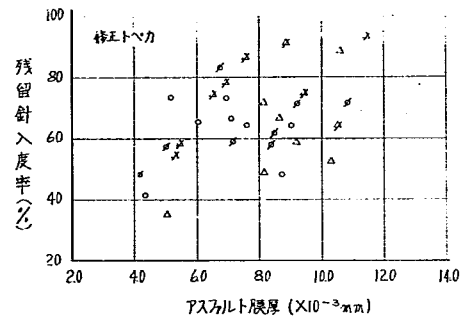


図 - 4.5.8



○ 最適 AS - 0.5 %    △ 最適 AS 量

測点上の斜線は第 3 車線を示す

＊ カルフォルニア法によるアスファルト膜厚  
の算出法

今、＃4、＃8、＃16、＃30、＃50、＃100

＃200のフルイ目通過加積百分率を各々、

a, b, c.....g とすると、

骨材表面積 (  $f^2 / 1b$  ) =  $2 + 0.02a + 0.04b + 0.08c + 0.14a + 0.3e + 0.6f + 1.6g$   
従って、

$$\text{膜厚 (mm)} = \frac{\text{アスファルト量 (骨材に対して)}}{\text{骨材表面積} \times 100} \times 4.88$$

#### 4.5.4. その他供用性に関する因子について

ひびわれ率および横断凹凸量（わだち掘れ）と残留針入度率の関係は図-4.5.10 ~ 4.5.12、図4.5.13 ~ 4.5.16に示す通りである。ひびわれ率は現在の段階では各神高速道路調査結果にみられるような一定の関係は得られないが残留針入度率が50%以下になるとひびわれが起る確率が高くなる傾向にある。また、わだち掘れについては、配合設計等の影響によりアスファルトの劣化といちがいに結びつけることは困難と考えるが、配合設計が同一である 区間においては今後の調査に期待できるものと思われる。

図-4.5.9

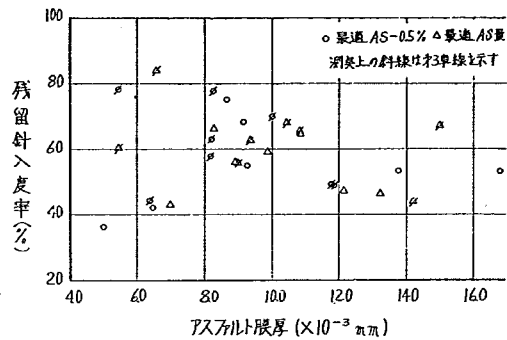


図-4.5.10

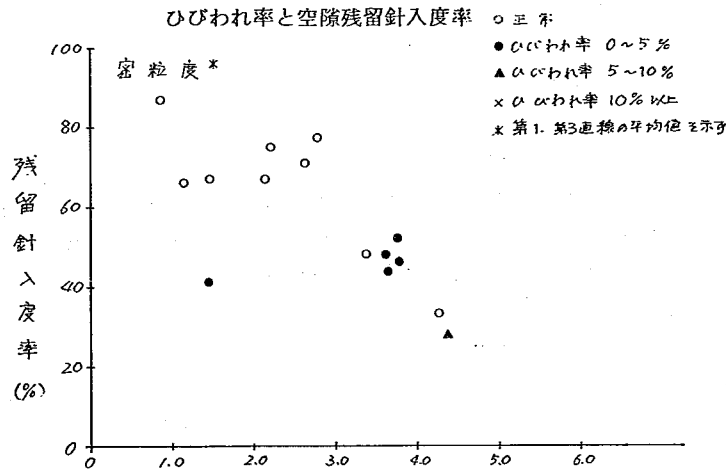


図-4.5.11

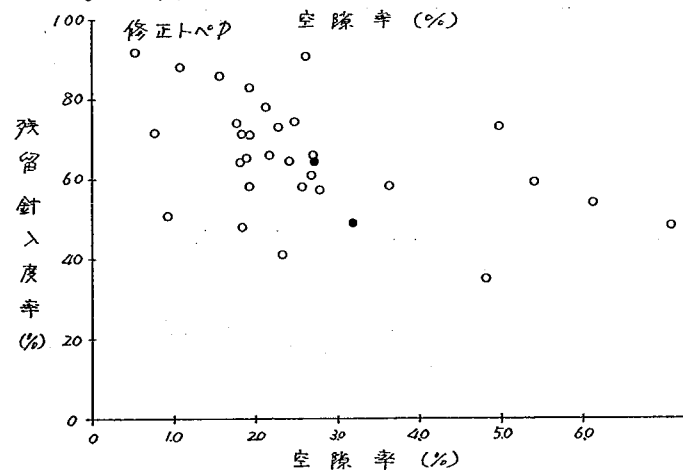


図 - 4. 5. 12

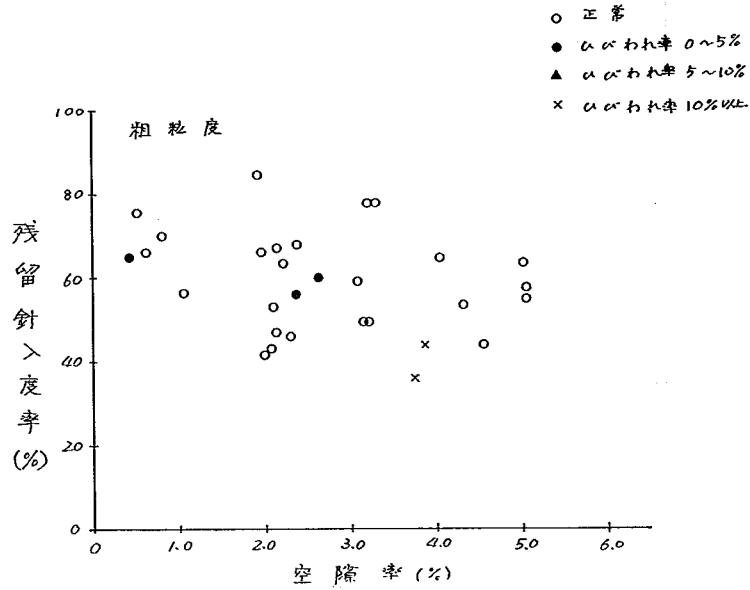


図 - 4. 5. 13

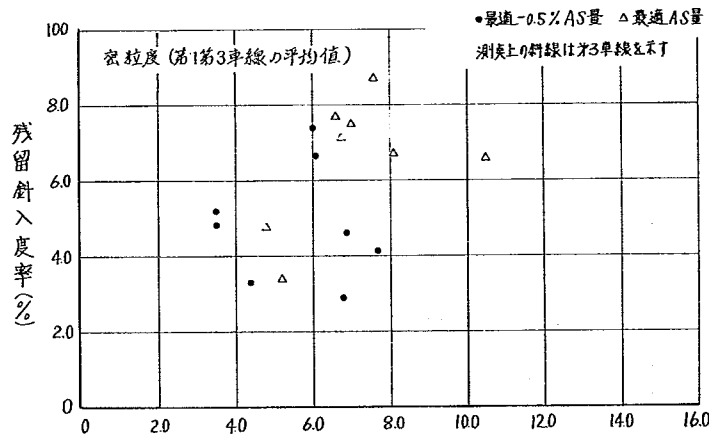
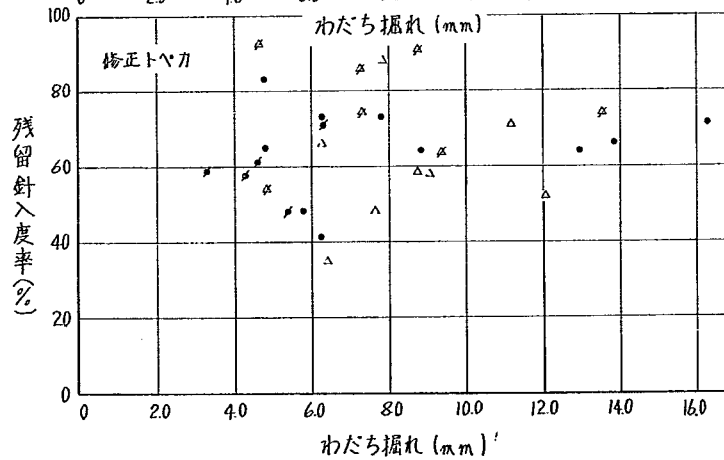


図 - 4. 5. 14



3年目のわだち掘れと残留針入度率との関係

図 - 4. 5. 15

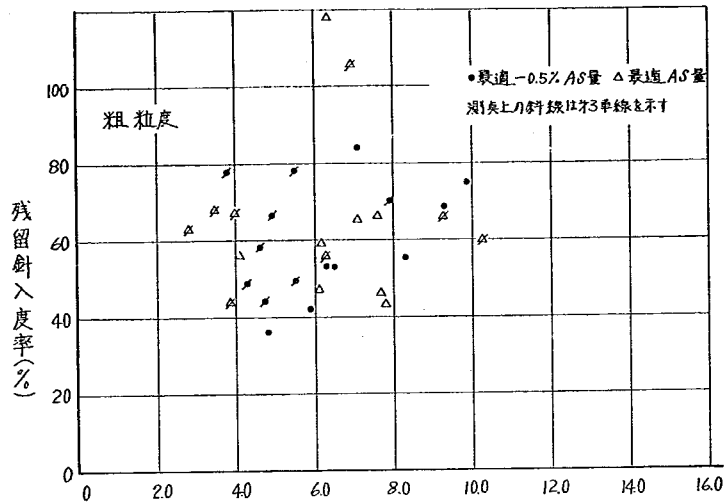
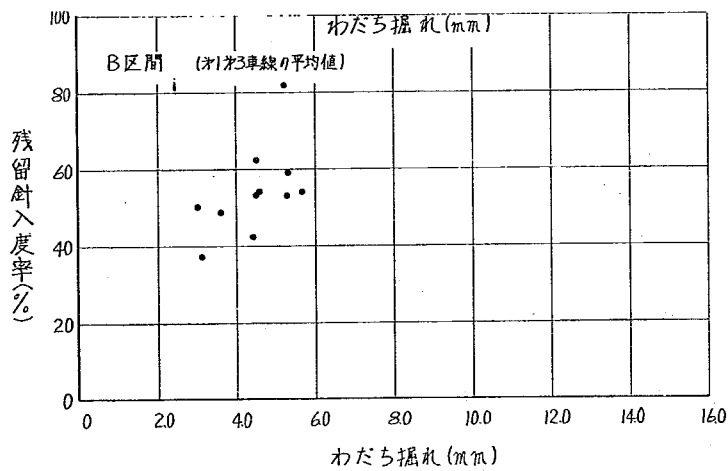


図 - 4. :



## あ と が き

幕張試験舗装の施工時、およびその後供用3年目までのアスファルトの性状について述べた。これよりアスファルトの劣化の全貌を知る上で貴重な資料を得ることができた。しかし、配合設計および材料別のアスファルトの劣化現象を明らかにするには至っていない。また、試験舗装の供用期間が短いため、アスファルトの性状の変化と供用性との関係についても結論は得られていない。これ等の問題の解明は今後の調査結果をまわって検討したい。おわりに、本調査を行なうにあたり試験舗装の設計、施工、監理に当られた関東地方建設局千葉国道工事事務所、試験調査を担当された土木研究所舗装研究室の担当官、施工に当られた東亜道路（株）の各位、また本報告のとおりまともに協力いただいた南雲舗装研究室長、蒔田化学研究室長に対し、深く感謝いたします。

舗装研究室（前化学研究室） 荒 木 美 民

舗装研究室（前化学研究室） 小 島 逸 平

## 参 考 文 献

1. 飯島 博，高麗 啓      アスファルトの成分の感温性および軟化点との関係について  
石油学会誌 第5巻 8号
2. 鈴木紀章，笠原 靖      アスファルトの組成について  
アスファルト Vol 13 No 75
3. 佐藤英雄      キレート滴定法の現場分析への応用  
昭和技法 Vol 3 No 4
4. 建設省土木研究所舗装研究室      試験道路における試験調査報告書（その2）  
土木研究所資料 第359号
5. 松野三郎，谷本誠一      アスファルト混合物の配合とその供用性  
土木技術資料 Vol 13 No 3
6. 近藤 紀，荒木美民      幕張試験舗装におけるアスファルトの性状の経年変化  
土木技術資料 Vol 14 No 1
7. 日本道路公団ほか      各神高速道路舗装調査報告書（昭和42年4月）



資

料

アスファルト試験結果 (A 区間)

| 合 材 | 原 A s |      |      | 混 合 後 |            |      |      | 舗 設 後 1 年 |            |      |      | 舗 設 後 2 年 |            |              |              | 舗 設 後 3 年 |            |      |     |
|-----|-------|------|------|-------|------------|------|------|-----------|------------|------|------|-----------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|------|-----|
|     | 針入度   | 軟化点  | 伸 度  | 針入度   | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点          | 伸 度          | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度 |
| D11 | 54    | 51.0 | 81.0 | 46    | 85         | 54.0 | 15.0 | 28        | 52         | 59.2 | 4.6  | 12<br>20  | 22<br>37   | 66.7<br>61.6 | 2.0<br>2.8   | 18        | 33         | 64.4 |     |
| D12 | 54    | 51.0 | 81.0 | 49    | 91         | 52.9 | 24.5 | 28        | 52         | 58.8 | 4.8  | 20<br>28  | 37<br>52   | 62.6<br>59.2 | 2.5<br>4.0   | 26        | 48         | 61.2 |     |
| D21 | 87    | 46.8 | >100 | 52    | 60         | 53.1 | 21.0 | 34        | 39         | 57.2 | 6.3  | 42<br>30  | 48<br>35   | 54.4<br>57.2 | 13.8<br>5.8  | 45        | 52         | 51.0 |     |
| D22 | 87    | 46.8 | >100 | 61    | 70         | 50.8 | 65.0 | 52        | 60         | 52.8 | 24.0 | 40<br>70  | 46<br>81   | 55.5<br>49.0 | 8.0<br>10.0  | 62        | 71         | 48.9 |     |
| D31 | 93    | 46.3 | >100 | 65    | 70         | 51.4 | 52.0 | 48        | 52         | 54.0 | 12.8 | 42<br>45  | 45<br>48   | 54.7<br>54.0 | 10.8<br>18.5 | 43        | 46         | 54.3 |     |
| D32 | 93    | 46.3 | >100 | 71    | 76         | 48.5 | >100 | 65        | 70         | 50.5 | 88.0 | 58<br>61  | 62<br>66   | 51.1<br>50.6 | 65.0<br>82.0 | 72        | 77         | 48.6 |     |
| D41 | 48    | 52.4 | 32.0 | 40    | 83         | 55.9 | 7.1  | 25        | 52         | 50.2 | 4.2  | 19<br>15  | 40<br>31   | 58.1<br>65.7 | 6.0<br>1.1   | 14        | 29         | 65.5 |     |
| D42 | 48    | 52.4 | 32.0 | 41    | 85         | 55.1 | 10.5 | 36        | 75         | 57.1 | 6.0  | 24<br>24  | 45<br>45   | 60.7<br>61.7 | 3.3<br>3.5   | 36        | 75         | 57.4 |     |
| D51 | 86    | 48.0 | >100 | 59    | 69         | 51.2 | 55.0 | 63        | 73         | 51.1 | 62.5 | 40<br>59  | 47<br>69   | 55.6<br>51.7 | 8.3<br>36.8  | 64        | 74         | 49.7 |     |
| D52 | 86    | 48.0 | >100 | 65    | 76         | 50.2 | 95.0 | 58        | 67         | 51.9 | 37.0 | 48<br>44  | 56<br>51   | 53.4<br>54.4 | 21.8<br>11.3 | 58        | 67         | 52.4 |     |
| D61 | 45    | 53.3 | 24.0 | 38    | 84         | 56.5 | 6.7  | 34        | 76         | 57.0 | 5.5  | 15<br>37  | 33<br>82   | 65.0<br>56.3 | 2.0<br>7.5   | 30        | 67         | 60.9 |     |
| D62 | 45    | 53.3 | 24.0 | 42    | 93         | 55.6 | 8.4  | 39        | 87         | 55.8 | 7.0  | 41<br>19  | 91<br>42   | 56.0<br>62.2 | 8.8<br>3.0   | 39        | 87         | 57.3 |     |
| D71 | 48    | 54.9 | 11.2 | 38    | 79         | 57.7 | 5.0  | 29        | 60         | 59.0 | 4.5  | 21<br>20  | 44<br>42   | 61.5<br>62.0 | 3.0<br>3.3   | 23        | 48         | 61.5 |     |
| D72 | 48    | 54.9 | 11.2 | 41    | 85         | 56.7 | 7.5  | 35        | 73         | 57.2 | 5.5  | 24<br>22  | 50<br>46   | 60.9<br>62.1 | 3.3<br>3.0   | 21        | 44         | 59.2 |     |
| D81 | 83    | 47.6 | >100 | 63    | 76         | 50.3 | 88.0 | 45        | 54         | 54.5 | 14.0 | 33<br>70  | 40<br>84   | 57.8<br>49.3 | 5.8<br>0.0   | 34        | 41         | 57.7 |     |

| 合 材 | 原 A s |     |      | 混 合 後 |            |      |      | 鋪 設 後 1 年 |            |      |      | 鋪 設 後 2 年 |            |              |              | 鋪 設 後 3 年 |            |              |     |
|-----|-------|-----|------|-------|------------|------|------|-----------|------------|------|------|-----------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----|
|     | 針入度   | 軟化点 | 伸 度  | 針入度   | 殘 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 殘 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 殘 留<br>針入度 | 軟化点          | 伸 度          | 針入度       | 殘 留<br>針入度 | 軟化点          | 伸 度 |
| D82 | 83    | 47. | >100 | 68    | 82         | 49.8 | >100 | 54        | 65         | 51.2 | 61.5 | 61<br>68  | 74<br>82   | 50.4<br>49.7 | 86.0<br>>100 | 55        | 66         | 49.6         |     |
| T11 | 89    | 46. | >100 | 63    | 71         | 50.4 | 78.0 | 50        | 56         | 52.6 | 31.5 | 54<br>50  | 61<br>56   | 52.1<br>53.4 | 35.0<br>12.0 | 43<br>52  | 48<br>58   | 53.9<br>51.1 |     |
| T12 | 89    | 46. | >100 | 68    | 76         | 49.1 | >100 | 59        | 66         | 50.4 | 92.0 | 53<br>60  | 60<br>67   | 52.6<br>50.8 | 28.5<br>66.0 | 52<br>57  | 58<br>64   | 51.9<br>49.6 |     |
| T21 | 58    | 51. | 75.0 | 44    | 76         | 55.2 | 9.5  | 38        | 66         | 56.5 | 6.5  | 41<br>18  | 71<br>31   | 55.4<br>63.1 | 8.8<br>2.5   | 37<br>34  | 64<br>59   | 56.1<br>56.4 |     |
| T22 | 58    | 51. | 75.0 | 47    | 81         | 54.5 | 14.5 | 49        | 85         | 53.6 | 18.0 | 26<br>54  | 45<br>93   | 59.9<br>52.1 | 4.0<br>20.0  | 38<br>53  | 66<br>91   | 57.7<br>51.3 |     |
| T31 | 48    | 54. | 13.3 | 39    | 81         | 56.8 | 6.8  | 30        | 63         | 59.1 | 4.6  | 44<br>19  | 92<br>40   | 54.5<br>63.5 | 13.8<br>2.0  | 35<br>23  | 73<br>48   | 56.1<br>61.6 |     |
| T32 | 48    | 54. | 13.3 | 39    | 81         | 55.8 | 8.5  | 34        | 71         | 57.5 | 6.3  | 28<br>19  | 58<br>40   | 59.5<br>63.2 | 4.8<br>2.5   | 17<br>26  | 35<br>54   | 64.3<br>59.2 |     |
| T41 | 91    | 46. | >100 | 67    | 74         | 49.7 | >100 | 58        | 64         | 52.3 | 32.0 | 51<br>49  | 56<br>54   | 53.1<br>53.8 | 19.8<br>13.8 | 37<br>52  | 41<br>57   | 52.4<br>50.5 |     |
| T42 | 91    | 46. | >100 | 75    | 82         | 48.6 | >100 | 62        | 68         | 50.6 | 76.0 | 61<br>68  | 67<br>75   | 50.9<br>49.0 | 79.0<br>>100 | 53<br>67  | 58<br>74   | 50.1<br>48.9 |     |
| T51 | 48    | 54. | 16.6 | 36    | 75         | 57.1 | 6.0  | 33        | 69         | 58.2 | 5.0  | 20<br>19  | 42<br>40   | 62.0<br>62.4 | 2.8<br>2.0   | 35<br>34  | 73<br>71   | 58.4<br>59.3 |     |
| T52 | 48    | 54. | 16.6 | 39    | 81         | 56.9 | 6.5  | 30        | 63         | 59.0 | 4.8  | 22<br>23  | 46<br>50   | 61.2<br>61.0 | 3.0<br>3.0   | 42<br>44  | 88<br>92   | 53.0<br>55.7 |     |
| T61 | 92    | 46. | >100 | 74    | 80         | 47.8 | >100 | 65        | 71         | 49.8 | >100 | 60<br>69  | 65<br>75   | 50.4<br>49.3 | 88.0<br>>100 | 59<br>65  | 64<br>71   | 49.5<br>47.3 |     |
| T62 | 92    | 46. | >100 | 70    | 76         | 48.8 | >100 | 59        | 64         | 50.8 | 75.0 | 58<br>72  | 63<br>78   | 51.3<br>48.5 | 50.8<br>>100 | 48<br>68  | 52<br>74   | 52.7<br>48.5 |     |
| T71 | 80    | 48. | >100 | 69    | 86         | 49.5 | >100 | 68        | 85         | 49.4 | >100 | 53<br>58  | 66<br>73   | 52.5<br>51.4 | 26.5<br>47.5 | 53<br>66  | 66<br>83   | 50.9<br>49.4 |     |
| T72 | 80    | 48. | >100 | 66    | 83         | 49.9 | >100 | 65        | 81         | 50.8 | 95.0 | 50<br>58  | 63<br>73   | 53.3<br>51.3 | 19.3<br>63.3 | 57<br>69  | 71<br>86   | 51.2<br>49.5 |     |
| T81 | 46    | 55. | >100 | 39    | 85         | 56.3 | 8.5  | 39        | 85         | 55.2 | 8.3  | 18<br>27  | 39<br>59   | 63.7<br>59.0 | 2.3<br>4.3   | 30<br>28  | 65<br>61   | 59.6<br>60.3 |     |
| T82 | 46    | 55. | >100 | 37    | 80         | 57.0 | 5.8  | 36        | 78         | 57   | 5.5  | 29<br>35  | 63<br>76   | 59.0<br>57.2 | 4.8<br>6.0   | 22<br>36  | 48<br>78   | 62.2<br>58.8 |     |

| 合 材                                                                          | 原 As |      |       | 混 合 後 |            |      |      | 舗 設 後 1 年 |            |      |      | 舗 設 後 2 年 |            |              |              | 舗 設 後 3 年 |            |              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|------------|------|------|-----------|------------|------|------|-----------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|--------------|-----|
|                                                                              | 針入度  | 軟化点  | 伸 度   | 針入度   | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点          | 伸 度          | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点          | 伸 度 |
| C 11                                                                         | 90   | 46.4 | >100  | 67    | 74         | 49.3 | >100 | 40        | 44         | 54.8 | 11.0 | 54<br>37  | 56<br>41   | 52.0<br>56.0 | 24.0<br>7.3  | 48<br>44  | 53<br>49   | 51.8<br>52.9 |     |
| C 12                                                                         | 90   | 46.4 | >100  | 66    | 73         | 49.8 | >100 | 59        | 66         | 51.5 | 43.0 | 43<br>63  | 48<br>70   | 54.5<br>50.5 | 13.0<br>>100 | 41<br>60  | 46<br>67   | 53.4<br>50.5 |     |
| C 21                                                                         | 45   | 54.1 | >10.6 | 36    | 78         | 56.9 | 6.0  | 32        | 71         | 57.8 | 5.4  | 45<br>18  | 100<br>34  | 54.0<br>63.8 | 17.0<br>2.5  | 19<br>26  | 42<br>58   | 63.3<br>59.7 |     |
| C 22                                                                         | 45   | 54.1 | 10.6  | 40    | 89         | 56.5 | 5.8  | 32        | 71         | 58.4 | 5.2  | 31<br>38  | 69<br>84   | 58.7<br>56.5 | 5.0<br>7.0   | 25<br>25  | 56<br>56   | 60.1<br>59.5 |     |
| C 31                                                                         | 51   | 51.9 | 47.5  | 53    | 104        | 53.6 | 18.5 | 42        | 82         | 54.6 | 13.2 | 21<br>46  | 41<br>90   | 62.2<br>54.1 | 2.5<br>16.0  | 28<br>40  | 55<br>78   | 58.5<br>56.3 |     |
| C 32                                                                         | 51   | 51.9 | 47.5  | 45    | 88         | 54.3 | 14.5 | 37        | 73         | 56.2 | 6.8  | 39<br>25  | 77<br>49   | 56.1<br>60.2 | 7.3<br>3.5   | 30<br>32  | 59<br>63   | 59.3<br>56.6 |     |
| C 41                                                                         | 93   | 46.5 | >100  | 66    | 71         | 50.6 | 8.0  | 42        | 45         | 53.8 | 13.5 | 45<br>43  | 48<br>46   | 54.1<br>54.8 | 13.8<br>12.3 | 33<br>41  | 36<br>44   | 56.0<br>54.5 |     |
| C 42                                                                         | 93   | 46.5 | >100  | 65    | 70         | 49.7 | >100 | 49        | 53         | 51.4 | 41.5 | 61<br>57  | 66<br>61   | 57.4<br>52.3 | 55.5<br>25.5 | 40<br>56  | 43<br>60   | 54.6<br>51.5 |     |
| C 51                                                                         | 45   | 53.7 | 22.0  | 35    | 78         | 56.7 | 7.4  | 24        | 53         | 60.8 | 3.5  | 14<br>18  | 31<br>40   | 65.1<br>63.8 | 2.0<br>2.5   | 24<br>22  | 53<br>49   | 61.3<br>62.7 |     |
| C 52                                                                         | 45   | 53.7 | 22.0  | 37    | 82         | 56.8 | 6.9  | 25        | 56         | 60.6 | 3.6  | 19<br>21  | 42<br>47   | 63.7<br>61.7 | 2.3<br>3.3   | 21<br>20  | 47<br>44   | 63.0<br>62.0 |     |
| C 61                                                                         | 95   | 46.0 | >100  | 61    | 64         | 51.2 | 45.0 | 57        | 60         | 51.6 | 34.0 | 60<br>63  | 63<br>66   | 51.7<br>50.7 | 39.5<br>71.0 | 71<br>66  | 75<br>70   | 48.0<br>49.2 |     |
| C 62                                                                         | 95   | 46.0 | >100  | 67    | 71         | 50.1 | 92.0 | 55        | 58         | 52.4 | 23.0 | 46<br>68  | 48<br>72   | 54.5<br>49.1 | 11.0<br>>100 | 62<br>63  | 65<br>66   | 49.3<br>49.7 |     |
| C 71                                                                         | 88   | 47.2 | >100  | 69    | 78         | 49.1 | >100 | 48        | 55         | 53.8 | 20.2 | 62<br>58  | 71<br>66   | 50.8<br>51.8 | 75.0<br>44.5 | 60<br>55  | 68<br>63   | 49.7<br>50.4 |     |
| C 72                                                                         | 88   | 47.2 | >100  | 67    | 76         | 48.8 | >100 | 43        | 49         | 55.1 | 9.8  | 66<br>56  | 75<br>64   | 49.8<br>52.6 | >100<br>25.0 | 58<br>60  | 66<br>68   | 50.0<br>50.0 |     |
| C 81                                                                         | 50   | 52.8 | 33.5  | 42    | 84         | 55.9 | 9.8  | 37        | 74         | 56.1 | 7.5  | 55<br>33  | 110<br>66  | 52.5<br>58.2 | 24.5<br>5.3  | 42<br>39  | 84<br>78   | 52.3<br>56.3 |     |
| C 82                                                                         | 50   | 52.8 | 33.5  | 44    | 88         | 55.1 | 8.8  | 33        | 66         | 56.8 | 6.2  | 52<br>38  | 104<br>76  | 53.3<br>56.1 | 16.3<br>7.5  | 59<br>53  | 118<br>106 | 50.7<br>50.3 |     |
| 注) 1) 伸度はJIS規格の1/2の試験片を使用 1 S °C<br>2) 舗設後2年及び3年の一部の試料は1及び3車線を分離測定, その他は混合試料 |      |      |       |       |            |      |      |           |            |      |      |           |            |              |              |           |            |              |     |

アスファルト試験結果（B 区間）

| 合 材  | 原    A s |      |      | 混   合   後 |            |      |      | 舗 設 後 1 年 |            |      |      | 舗 設 後 2 年 |            |              |              | 舗 設 後 3 年 |            |      |     |
|------|----------|------|------|-----------|------------|------|------|-----------|------------|------|------|-----------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|------|-----|
|      | 針入度      | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度  | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点          | 伸 度          | 針入度       | 残 留<br>針入度 | 軟化点  | 伸 度 |
| B 1  | 87       | 50.4 | >100 | 76        | 87         | 54.9 | >100 | 54        | 62         | 58.5 | >100 | 32<br>48  | 37<br>55   | 64.7<br>60.9 | 43.0<br>>100 | 54        | 62         | 57.3 |     |
| B 2  | 79       | 46.0 | >100 | 68        | 86         | 49.6 | >100 | 67        | 85         | 50.2 | >100 | 70<br>71  | 89<br>90   | 51.2<br>51.0 | 53.8<br>65.5 | 65        | 82         | 51.7 |     |
| B 3  | 104      | 44.3 | >100 | 80        | 77         | 47.4 | >100 | 68        | 65         | 49.2 | >100 | 68<br>52  | 65<br>50   | 49.2<br>52.3 | >100<br>24.5 | 61        | 59         | 51.3 |     |
| B 4  |          |      |      |           |            |      |      |           |            |      |      |           |            |              |              |           |            |      |     |
| B 5  | 75       | 49.5 | >100 | 57        | 76         | 52.7 | 44.0 | 45        | 60         | 55.0 | 11.0 | 36<br>45  | 48<br>60   | 59.9<br>57.7 | 3.8<br>5.2   | 31        | 41         | 57.6 |     |
| B 6  | 83       | 48.0 | >100 | 73        | 88         | 49.2 | 89.0 | 57        | 69         | 52.0 | 35.0 | 48<br>49  | 58<br>59   | 55.7<br>55.4 | 7.5<br>9.3   | 45        | 54         | 56.8 |     |
| B 7  | 89       | 47.0 | >100 | 71        | 80         | 47.9 | >100 | 58        | 65         | 50.8 | 75.0 | 61<br>47  | 69<br>53   | 51.1<br>53.8 | 54.5<br>18.5 | 47        | 53         | 54.2 |     |
| B 8  | 86       | 47.6 | >100 | 76        | 88         | 48.5 | >100 | 52        | 61         | 53.0 | 25.0 | 49<br>53  | 57<br>62   | 53.9<br>53.0 | 14.5<br>21.0 | 46        | 54         | 54.1 |     |
| B 9  | 62       | 52.5 | >100 | 51        | 82         | 54.3 | 20.0 | 41        | 66         | 56.8 | 7.3  | 31<br>30  | 50<br>48   | 59.8<br>60.2 | 4.0<br>4.0   | 33        | 53         | 58.7 |     |
| B 10 | 84       | 48.0 | >100 | 63        | 75         | 50.1 | >100 | 45        | 54         | 54.7 | 10.5 | 37<br>34  | 44<br>41   | 56.4<br>57.3 | 6.3<br>5.3   | 41        | 49         | 55.3 |     |
| B 11 | 86       | 43.9 | >100 | 52        | 61         | 49.5 | >100 | 36        | 42         | 53.4 | 20.0 | 40<br>30  | 47<br>35   | 51.6<br>56.2 | 44.8<br>7.0  | 43        | 50         | 52.0 |     |
| B 12 | 84       | 48.2 | >100 | 57        | 68         | 51.9 | >100 | 39        | 46         | 55.6 | 9.5  | 28<br>40  | 33<br>48   | 59.4<br>56.0 | 5.8<br>8.2   | 31        | 37         | 61.0 |     |

- 注) 1) 伸度は J I S 規格の 1/2 の試験を使用 1 5 °C  
 2) 舗設後 2 年及び 3 年の一部の試料は 1 及 3 車線を分離測定, その他は混合試料。