

# アスファルト

第43巻 第207号 平成13年4月発行

## 207

### 特集・排水性舗装—耐久性の向上と機能・用途の拡大—

|                  |                    |    |
|------------------|--------------------|----|
| 特集にあたって          | 中村俊行               | 1  |
| 設計面からのアプローチ      |                    |    |
| 技術開発の進む排水性舗装用混合物 | 新田弘之               | 2  |
| 材料面からのアプローチ      |                    |    |
| 排水性舗装用バインダの研究開発  | 日本改質アスファルト協会       | 6  |
| 施工面からのアプローチ      |                    |    |
| 施工における技術開発       | (社)日本道路建設業協会技術管理部会 | 14 |
| 機能維持からのアプローチ     |                    |    |
| 排水性舗装機能回復工法      | 稲垣竜興               | 20 |
| 機能・用途の拡大に向けて①    |                    |    |
| 多孔質弾性舗装の研究開発     | 大西博文               | 25 |
| 機能・用途の拡大に向けて②    |                    |    |
| 車道透水性舗装          | 兼田実・村上勝利           | 31 |

### <アスファルト舗装技術研究グループ・第40回報告>

|                              |                  |    |
|------------------------------|------------------|----|
|                              | 峰岸順一             | 36 |
| ・ベルギーとドイツの舗装技術の現況            |                  |    |
|                              | 黒田智・鈴木俊行・鈴木秀輔    | 37 |
| ・第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議(その3) |                  |    |
|                              | アスファルト舗装技術研究グループ | 47 |

### <用語の解説>

|                                   |      |    |
|-----------------------------------|------|----|
| 総合評価方式工事                          | 小島逸平 | 61 |
| 等ラウドネス曲線 (equal loudness contour) | 瀬尾彰  | 64 |
| 総目次                               |      | 66 |
| <統計資料>石油アスファルト需給統計資料              |      | 68 |

## ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会  
THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION

## 特集にあたって

中村 俊行

国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部長

道路は社会、経済活動にとって不可欠な社会基盤施設である。このため、日本の経済発展にともない、その整備の推進はがはかられてきている。そうした中で、道路舗装についても交通、社会等の変化に対応するために多くの改良・開発が行われてきた。しかし、従来これらの改良・開発の目的は、大部分が舗装本体の耐久性の追求にあったといえる。流動、摩耗対策のように、いかにして交通による外力から舗装を守り、その結果として走行安全性、快適性を担保するという、極論すれば受身の対応であった。

これに対して排水性舗装は、この舗装の持つ「機能」を活用する事により、雨天時の走行安全性、快適性や沿道への騒音低減への効果を期待するというものである。今までの舗装の取り組みとはひと味異なる、舗装からの積極的な対応であり、まさに機能性舗装といえるものである。

日本では昭和62年に東京都の環状7号線で、その排水性、騒音低減を目的とする最初の試験施工が行われた。その後、新しい技術としては異例なほどその施工実績が増えてきているが、最近では大きく分けて①高速道路などでの雨天時の走行の安全②市街地や住宅地を通る道路での交通騒音の低減③歩行者や自転車などへの水はねの防止を目的に施工されている。

その間に多くの調査研究と試験舗装が行われ、機能、耐久性、材料、設計などに多くの知見が得られ、排水性舗装のさらなる実用化に大きく寄与してきている。その中でいくつかをあげてみると以下のとおりである。

- ①排水性舗装に用いるバインダについて、機能の持続性を考慮すると改質Ⅱ型か高粘度樹脂入りアスファルトが望ましい。
- ②排水性舗装に用いる粗骨材については、なるべく扁平でない方が高い機能性が得られ、また、粒径をなるべく揃えることが望ましい。
- ③排水性舗装の耐久性は、特殊な場合を除いて

従来の舗装に比べて特に遜色はなく、混合物の配合に際しては機能性の向上に重点をおいて行うとよい。

- ④目標空隙率20%未満では排水性舗装の機能は供用後早期に失われるケースが多く、混合物の空隙率は20%以上を目標とすることが望ましい。

しかし、さらに検討が必要な課題や、排水性舗装が広く普及するのに伴い新たな問題点なども生じてきている。

### ① 機能の維持と回復

機能の持続性については、バインダーや骨材配合などにより改善されてきているが、今後とも材料、設計、施工面からの検討が必要である。また、機能回復方法についても作業能力の向上とコストの縮減が求められている。

### ② 耐久性の向上

排水性舗装の適用個所が拡大するのに伴って、重交通道路の交差点付近での骨材の飛散や、燃料・オイルなどの浸透による破損が生じており、この対策が必要である。

### ③ 補修と再生利用

破損した場合の補修について、材料や施工方法の検討が求められている。再生利用についてはバインダーの再生方法と、機能が低下した場合に有効である路上再生工法の適用も視野に入れる必要がある。

### ④ 低コスト化

バインダーの価格の低下により、施工単価もかなり下がってきているが、さらなる低コスト化のために、排水性混合物の薄層化と中軽交通道路におけるバインダーの検討が必要である。

排水性舗装は、交通安全と環境という現在の道路の課題を解決する有力な道路新技術であり、これらの課題を解決しつつ、さらにその普及を図ることが必要である。今回の特集がその一助となることを期待している。

## 設計面からのアプローチ

# 技術開発の進む排水性舗装用混合物

(The Advanced Technologies in Drainage Pavement Mixture)

新 田 弘 之\*

排水性舗装は、環境対策あるいは走行安全性の向上などといった目的で、全国で施工されるようになってきている。しかし、耐久性の向上、機能の向上、機能の維持回復などといった技術的課題もまだ多く、今後もさらに技術開発が必要である。ここでは、最近進歩が目覚ましい排水性舗装用混合物について紹介するとともに、新技術の導入促進として注目される性能規定方式発注で施工された最新の排水性舗装の状況について紹介する。

### 1. はじめに

排水性舗装は、走行安全性の確保を主目的として施工が開始されたが、現在では一般道路においては騒音対策を主目的として施工されるようになってきている。その施工面積は、図-1に示すように拡大し続けており、特に平成8年12月に(社)日本道路協会から排水性舗装技術指針(案)が発刊されてからは、急激に増加している。しかし、排水性舗装はその最大の特徴である空隙があるために、一般の舗装と比べて耐久性が劣る面もあり、空隙詰まりや空隙つぶれといった機能の低下も起こしやすい。このため、指針(案)の発刊後も様々な技術開発が行われている。

本文では、排水性舗装の機能の向上、機能持続性の向上に向けて、これまで取られてきた技術的な対策につ

いて、特にその配合や構造について紹介することとする。さらに、排水性舗装においては、性能規定方式の発注が多く行われるようになってきているため、この発注の状況から最近の排水性舗装の動向を探ることとする。

### 2. 標準的な排水性舗装

排水性舗装は、(社)日本道路協会より「排水性舗装技術指針(案)」が刊行されており、ごく標準的な仕様が紹介されている。指針(案)においては、表-1の仕様の排水性混合物を排水機能層に用いた排水性舗装が標準として取り上げられており、現在全国で一般的に行われている仕様である。

また、舗装構造としては、排水機能層が4～5cmの一層の排水性混合物とするのが一般的となっている。

表-1 排水性舗装の仕様

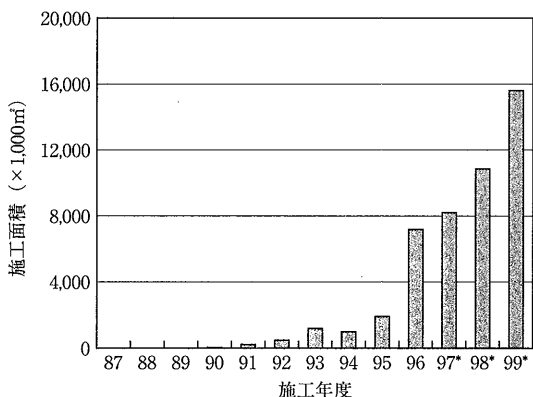
|        |             |
|--------|-------------|
| 目標空隙率  | 20%程度       |
| 使用バインダ | 高粘度改質アスファルト |
| 使用粗骨材  | 6号もしくは5号碎石  |

### 3. 技術開発の進む排水性舗装

#### 3.1 排水性舗装用の骨材の検討

##### (1) 骨材形状の検討

排水性舗装の機能は混合物の空隙に依存するが、数値上同じ空隙率であっても、空隙の形状によってその効果が異なり、また耐久性にも影響する。空隙の形状は粗骨材の形状によって大きく左右され、理想的な粗骨材形状としては、扁平や細長いものを含まない、立



\*「平成11年度アスファルト合材の現況：アスファルト合材No.56」のデータから推算

図-1 排水性舗装の施工実績<sup>1) 2)</sup>

\*にった ひろゆき 独立行政法人土木研究所基礎道路技術研究グループ(舗装)主任研究員

方体や球に近いものが望まれる。扁平率の違いと透水係数の関係を図-2<sup>3)</sup>に示す。このように、扁平率が大きくなると透水係数は小さくなる傾向があり、扁平や細長いものを多く含む場合、碎石が水平方向に並びやすく透水しにくくなる傾向になったものと思われる。従って、排水性舗装の機能向上のために、方形の碎石の使用が有効である。

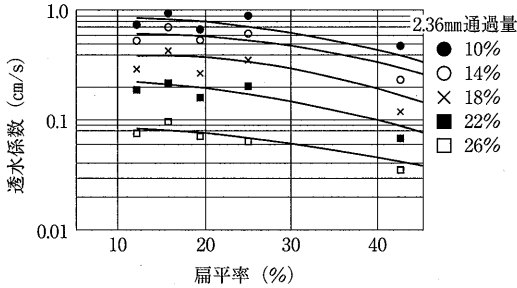


図-2 扁平率と透水係数<sup>3)</sup>

## (2) 粒径の検討

排水性舗装用アスファルト混合物には、6号碎石が多く用いられるが、排水機能や騒音低減機能を高めるために、最大粒径を小さくしたり、粒度分布を狭くし単粒化するなどの工夫が行われている。

小粒径のものは、7号碎石(5~25mm)を用いたものや、特別にふるい分けした8~5mmまたは10~5mmといった骨材を用いたものがある。また、単粒化では通常の6号碎石をふるい分けし、13~10mm (or 8mm)にしたものや若干小粒径にしたものなどがある。単粒にする場合、高空隙化も期待でき、性能の向上が特に期待できる。

これまでの検討<sup>3)</sup>により、これら骨材の粒径と性能には概ね図-3のような傾向があると思われる。機能性向上と耐久性向上には骨材の選択が逆になるものが多く、用途に合わせて粒径を検討することが大切であ

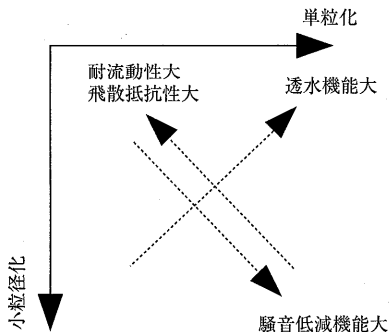


図-3 骨材粒径と排水性舗装の機能

る。また、バインダの検討、添加材の検討などにより、耐久性を向上させることが可能である。

## 3.2 排水性舗装の構造の検討

### (1) 薄層化の検討

排水性舗装型の低騒音舗装の施工単価は、通常のアスファルト舗装に比べて高く、公共事業全体としてのコスト縮減が求められていることもあり、排水機能層の厚さを減らす検討が行われている。

現在の排水性舗装は40~50mmが1層の標準であるが、これを25~30mmとすれば、材料費を削減でき30%程度の費用削減が見込める。ただし、排水機能、吸音機能等は、層厚が薄くなるほど低下する傾向にあるので、薄層化したものは通常のものより若干機能が劣る面がある。

この薄層排水性舗装については、既設路面との付着力を確保する必要があり、高濃度のゴム入りアスファルト乳剤を散布した直後に排水性アスファルト混合物を敷きならす工法が開発されている。

### (2) 二層化の検討

これまでの検討で、排水性舗装による騒音低減には、小粒化が有効であるが、耐流動性を向上させるにはある程度の粒径が必要という知見が得られている。そこで、排水機能層を2層に分け、上層を小粒径の排水性混合物、下層を通常の排水性混合物とする工法が開発されている。これは、土砂等の細かい物質を上層で止め、下層の透水機能を低下させないようにしたものである。図-4に示すように上層を5mmTopの排水性混合物を20mm程度、下層を13mmTopの排水性舗装30mm程度が行われているようである。

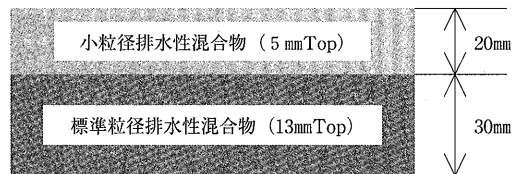


図-4 二層式排水性舗装の例

また、異なる混合物を二層同時に施工できるアスファルトフィニッシャーを用いる工法(デュアルアスファルトペーパメント工法)が開発され、施工の合理化や性能の向上も図られるようになっている。

## 3.3 特定箇所における機能強化の検討

### (1) 交差点部での排水性舗装

都市部の低騒音化に対し、交差点部に排水性混合物

を適用することもあるが、交差点部は車がハンドルを切るため、排水機能層にねじりによる剪断方向の力が作用する。そのため、粗骨材のはく奪が生じ、路面が荒れることがある。

また、交差点部は細かな交通規制を行いながら、施工区間を小割にして施工せざるを得ないことが多い。そのため、アスファルト混合物の温度を適切に保てない、フィニッシャの走行が安定する前に敷きながらしが終わってしまう、フィニッシャが使えず手引きになるなどが原因となり、施工上の欠陥となり易い。

これに対しては、施工後の表面に樹脂系の材料を塗布するトップコート（図-5）やエポキシアスファルトの使用が試みられているほか、交差点部については、空隙を17%に落とすことによって、車輪のねじりに対する抵抗性を高めることが試みられている。

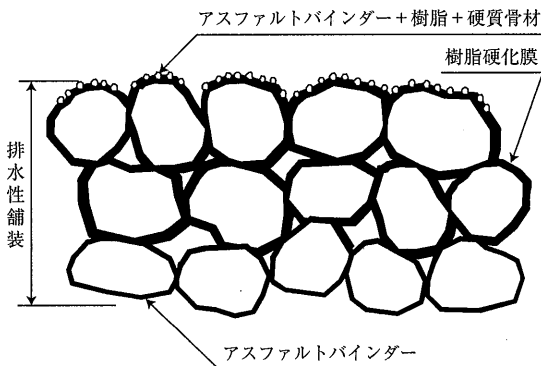


図-5 排水性舗装のトップコートの例<sup>4)</sup>

## (2) 橋面での排水性舗装

都市部を通過する自動車道は高架となっている部分が多いが、その舗装についても低騒音化することを求められることがある。排水性舗装を高架部に適用する場合の課題は、耐水性とともにも繰返し曲げなどに対する耐久性である。基本的な構成は、通常の橋面舗装の表層部分を排水性混合物に置き換えた構造であるが、通常の橋面舗装よりも基層部分の水密性、アスファルト混合物層の曲げ抵抗性について注意することにより、より耐久性の向上が図れる。大きな曲げ疲労抵抗を有する改質アスファルトなども開発されており、より橋面に適した材料を用いることで、さらに耐久性の向上が見込まれる。

## (3) 積雪寒冷地での排水性舗装

積雪寒冷地における排水性舗装は、冬期のタイヤチェーンの使用による骨材飛散の発生、空隙詰まりによ

る機能低下など、様々な課題を抱えている。このため、耐久性の向上を目的として、空隙率を下げる（17%程度）、トップコートを施すなど、交差点部に行われる対策と同様な技術が適用されるようになっている。

## 4. 性能規定発注から見た最近の高性能排水性舗装

### 4.1 性能規定発注方式

建設省（現国土交通省）では、平成10年2月「公共工事の品質確保等のための行動指針」を策定しており、この中で品質の確保とコスト縮減のためには、性能規定へ移行し優れた新技術が導入しやすい環境を整備する必要があると示されている。

そこで、舗装工事においても性能規定化による新技術（設計、材料、施工）の導入を認め、民間の技術開発を導入しようという動きが始まった。

この発注方式では、環境対策を主目的とした排水性舗装の発注が多く行われており、この動向をみることにより、より高性能な排水性舗装技術が把握できるため、ここで紹介する。

### 4.2 排水性舗装の性能発注の試行

平成10年度の建設省関東地方建設局（現国土交通省関東地方整備局）における、初の性能規定方式の発注が行われて以来、低騒音舗装関係では、平成10年度2件、11年度11件、12年度17件と発注件数が増加している。

環境対策として発注される排水性舗装の発注においては、施工後の騒音測定値を規定して発注し、材料の選定、施工方法については受注者が提案を行い、発注者が提案を適正と認めた上で施工するものである。性能の評価は公的な機関によることとし、施工直後および1年後に規定した性能が満足されていない場合は受注者が回復処理を行うこととしている。これまで建設省で行われた性能規定発注における発注時の標準設計と技術提案による性能の規格値は表-2の通りである。

### 4.3 性能規定方式における技術提案

平成10～11年度に行われた性能規定方式発注により、受注者側から提案を受けた舗装の構造等は、表-3の通りである。この表からは、ほとんどの場合、単粒化または小粒径化が図られており、場合によっては二層化も図られている。

性能規定方式発注による排水性舗装は、通常の発注で行われるものよりかなり多くの技術が盛り込まれる形になっているが、これは特殊な舗装路面測定車による測定値が規定されていることと、1年後の性能を規定されたため、受注者側の経験があまりなく、少し過

剰の対策をとることで対応した可能性がある。今後、測定法の改善や経験を積むことでより適正化が図られ

表－２ 発注時の標準設計および性能規格値

|         |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 発注時標準設計 | 使用混合物<br>粗骨材粒径 13～5 mm<br>目標空隙率 20%<br>表層厚さ 50mm (または40mm)                                                                                                                                                                                        |
| 性能規格値   | 騒音値<br>完成時 89dB ( $L_{Aeq}$ ) 以下 <sup>※1</sup><br>1年後 90dB ( $L_{Aeq}$ ) 以下 <sup>※1</sup><br>動的安定度 3000～5000回/mm以上 <sup>※2</sup><br>現場透水量<br>完成時 900～1000ml/15sec以上 <sup>※2</sup><br>1年後 200～700ml/15sec以上 <sup>※2</sup><br>もしくは規格なし<br>平坦性 2.4以下 |

※1特殊タイヤを用いた舗装路面騒音測定車による測定値。

※2発注機関によって多少異なるため、範囲で示している。

るものと思われるが、総合評価方式の性能規定発注（性能が高い分だけ落札価格に加算される方式）も行われるようになり、これによるさらなる適正化が今後期待される。

— 参考文献 —

- 1) 池田：低騒音舗装の現状，アスファルト，40 (195)，1998.4
- 2) アスファルト合材協会：平成11年度アスファルト合材の現況，アスファルト合材，56，2000.10
- 3) 久保：排水性舗装用アスファルト混合物と骨材性状，舗装，31 (3)，1996.3
- 4) 排水性トップコート工法研究会：排水性トップ工法技術資料，2000.7

表－３ 性能規定方式における技術提案

| No. | 技術的工夫点                     | 粗骨材粒径<br>mm | 表層厚<br>mm | 空隙率<br>% | 備 考                  |
|-----|----------------------------|-------------|-----------|----------|----------------------|
| 1   | 二層化<br>単粒化<br>小粒径化<br>高空隙化 | 8～5<br>13～5 | 20<br>30  | 23<br>20 | デュアルアスファルトペーパメント工法   |
| 2   | 単粒化<br>小粒径化                | 10～5        | 40        | 20       |                      |
| 3   | 単粒化<br>小粒径化                | 10～5        | 40        | 20       |                      |
| 4   | 単粒化                        | 13～8        | 50        | 20       |                      |
| 5   | 単粒化<br>小粒径化                | 8～5<br>13～8 | 40<br>50  | 20<br>20 | 車線別に使い分け，13～8には除塵コート |
| 6   | 単粒化<br>小粒径化                | 8～5         | 40        | 20       |                      |
| 7   | 単粒化<br>小粒径化<br>高空隙化        | 10～5        | 50        | 21       |                      |
| 8   | 単粒化<br>小粒径化                | 10～5        | 50        | 20       |                      |
| 9   | 単粒化<br>小粒径化                | 10～5        | 50        | 20       |                      |
| 10  | 単粒化<br>小粒径化<br>高空隙化        | 10～5        | 40        | 23       |                      |
| 11  | 単粒化<br>小粒径化                | 8～5         | 40        | 20       |                      |
| 12  | 二層化<br>単粒化<br>小粒径化<br>高空隙化 | 8～5<br>13～5 | 20<br>30  | 23<br>20 | デュアルアスファルトペーパメント工法   |
| 13  | 単粒化                        | 13～8        | 50        | 20       |                      |

## 材料面からのアプローチ

# 排水性舗装用バインダの研究開発

(Research and Development of Binder for Porous - Asphalt Pavement)

日本改質アスファルト協会

村山 雅人\*・伊藤 達也\*\*

排水機能や騒音低減機能を有する排水性舗装は、社会ニーズを反映して、近年、その施工実績が急速に増加している。排水性舗装に関する研究は、官・学・民が一体となって進められてきたが、特に改質アスファルト製造メーカー等による高粘度バインダの品質向上や高性能化に対する研究ならびに開発努力は、排水性舗装の進展に大きく貢献してきた。一方で排水性舗装が一般的に使用されるようになって10年以上が経過し、維持修繕の時期を迎えていることから、補修材料の検討やさらなる耐久性の向上が求められている。

本報は、これまでの排水性舗装用バインダの開発経緯や高耐久・高性能化に向けた取り組み、補修材料の検討状況、今後取り組むべき研究課題などを紹介したものである。

### 1. はじめに

排水性舗装には、従来の改質アスファルト、例えば改質アスファルトⅡ型（以下、改質Ⅱ型）と比較して、著しく粘度の高い、高粘度改質アスファルト（以下、高粘度バインダ）が用いられる。1999年度における高粘度バインダの出荷量は、9万3千t強（前年度比165%）となっており、改質アスファルト全出荷量の28%を占めるに至っている。

このように、高粘度バインダも排水性舗装の施工実績に伴って、すっかり定着した感がある。排水性舗装の急激な増加は、社会的ニーズを反映させたものであるが、これには高粘度バインダの開発や改良に対する研究努力も大きく貢献しているといえる。

ここでは、高粘度バインダが開発されるまでの経緯を概説するとともに、近年課題となっている排水性舗装の高耐久・高性能化に向けた新たなバインダ等、材料面からの取り組み、さらには補修材料の状況などについても紹介する。

いた。また、混合物の空隙率も10～17%程度であった。

このような取り組みが行われる中、1987年と1988年に、我が国の舗装技術者が排水性舗装の視察・調査を目的にヨーロッパを訪れた。既にこの時欧米では、水はね軽減による車両の安全性向上や交通騒音の低減を目的に、ポーラスアスファルト混合物を表層とした舗装の適用が急速に増加しつつあった。このポーラスアスファルト混合物には、耐久性を高めるために、例えばゴム粉末や芳香族系鉱物油等を添加して調整した高粘度の改質バインダが用いられていた<sup>1)</sup>。路面をドライバーではがしてみると、バインダが粘り着いていて骨材をしっかりとグリップしていることに気がついた技術者らは、我が国に適用できる高粘度バインダの必要性を感じるとともに、大型車交通量の増加が著しい我が国の実情を踏まえ、より高いレベルの改質バインダの開発を目指すことになった。ヨーロッパにおける高粘度バインダの一例として、表-1にベルギーの規格を示す<sup>2)</sup>。

表-1 ベルギーにおける高粘度バインダの規格

| 項 目                  | 種 類                |        |
|----------------------|--------------------|--------|
|                      | 排水性舗装用バインダ         |        |
| 針入度 (25℃)            | 1/10mm             | 90～130 |
| 軟化点                  | ℃                  | 最低75   |
| 粘度 (135℃)            | mm <sup>2</sup> /s | ≥900   |
| 溶融度 CCl <sub>4</sub> | %                  | 最低99   |
| フラース脆化点              | ℃                  | ≤-18   |

### 2. 高粘度バインダの開発経緯

#### 2.1 高粘度バインダの必要性

1987年に東京都が実施した環状7号線での試験施工において、我が国で初めて開粒度アスファルト混合物が重交通路線に適用された。この時は、バインダに改質Ⅱ型を使用し、耐久性を高める目的で植物繊維を添加して

\*むらやま まさと 東亜道路工業株式会社技術研究所主任研究員

\*\*いとう たつや ニチレキ株式会社技術研究所主任研究員

## 2.2 高粘度バインダの誕生

当初の排水性混合物は、バインダにストレートアスファルトや改質Ⅱ型を用い、アスファルト被膜厚さの確保などにより耐久性を高めるため、繊維や消石灰を添加していた。しかし、これら既存材料の組み合わせだけでは、十分な耐久性など要求される性状を満足できず、排水性混合物用の新たなバインダの開発が望まれた。

現在の高粘度バインダに相当する高性能改質アスファルトが1989年の土木学会第44回年次学術講演会において報告された<sup>1)</sup>。ここでは、室内的な評価結果とともにその性状が報告されている。そのバインダ性状を表-2に示す。

表-2 開発当初の高粘度バインダの性状

| 名 称       |                   | 高性能改質アス<br>(高粘度バインダ) | ストレートアスファルト<br>60/80 |
|-----------|-------------------|----------------------|----------------------|
| 試験項目      |                   |                      |                      |
| 針入度 (25℃) | 1/10mm            | 45                   | 70                   |
| 軟化点       | ℃                 | 86.0                 | 45.5                 |
| 伸度 cm     | (4℃)              | 21                   | —                    |
|           | (15℃)             | 93                   | 100+                 |
| 60℃粘度     | pa·s              | 49,100               | 250                  |
| 密度 (15℃)  | g/cm <sup>3</sup> | 1.020                | 1.035                |
| タフネス      | N·m               | 37                   | 5                    |
| テナシティー    | N·m               | 26                   | 1                    |
| フラース脆化点   | ℃                 | -34                  | -9                   |
| 動粘度 cSt   | (140℃)            | 2,259                | 309                  |
|           | (160℃)            | 921                  | 136                  |
|           | (180℃)            | 419                  | 69                   |
|           | (200℃)            | 241                  | 40                   |

この高性能改質アスファルトは、排水性舗装用として構内試験施工で確認した後<sup>3)</sup>、1989年に北陸自動車道(柏崎IC～西山IC間)での試験施工に使用された<sup>4)</sup>。表-3にこのときの配合と性状(配合設計時)を示す。

表-3 柏崎IC～西山ICにおける排水性混合物の配合と性状

| 名 称     |                        | 排水性混合物            |
|---------|------------------------|-------------------|
| 項 目     |                        |                   |
| 混合物配合   | 骨材配合割合 %               | 6号碎石 82           |
|         |                        | 粗目砂 14            |
|         |                        | 石粉 4              |
|         | バインダ量 %                | 5.0               |
| 混合物試験結果 | かさ密度 g/cm <sup>3</sup> | 1.999             |
|         | 空隙率 %                  | 21.1              |
|         | マーシャル安定度 N             | 5390              |
|         | 動的安定度 回/mm             | 4,640             |
|         | 透水係数 cm/s              | 0.612             |
|         | カンタブロ損失率 %             | 標準 7.3<br>水浸 12.0 |

当初このバインダは、プラントでの最適混合温度が温度-粘度の関係から200℃以上の高温となるため、使用不可能と考えられていた。しかし、粗骨材の多い開粒度混合物は、ミキサー負荷が小さく一般の混合物と同様に160～180℃程度で十分に混合可能であることが確認された。図-1にアスファルトプラントにおける混合温度とミキサー負荷の関係を示す<sup>5)</sup>。

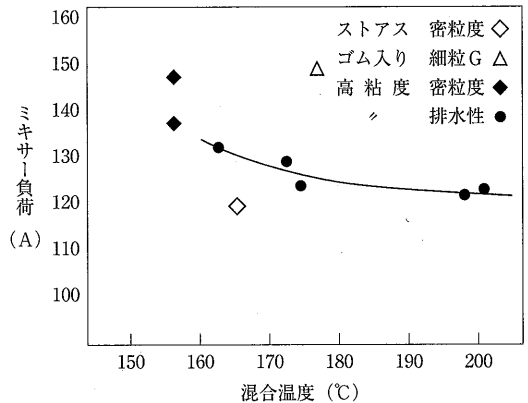


図-1 混合温度とミキサー負荷の関係

この混合物は空隙率20%程度で透水係数が $6 \times 10^{-1}$  cm/sでありながら、マーシャル安定度5 kN以上、動的安定度4,000回/mm以上と重交通路線にも適用可能な性状を実現している。また、追跡調査結果も良好であることから、高粘度バインダを適用した排水性舗装の可能性が見いだされた。

## 2.3 高粘度バインダの品質向上

高粘度バインダの開発に当たり、改質アスファルト製造メーカーは、それぞれ独自で製品開発を行ってきたが、改質Ⅱ型に比べ2倍程度の改質材を含む高粘度バインダでは、タンク内での高温貯蔵によって改質材が分離する現象が起りやすことがわかり、貯蔵安定性の向上が求められた。

ここでは、貯蔵安定性などの品質向上のための一般的な対策を概説する。

高粘度バインダの改質材としては、主にスチレン・ブタジエンブロック共重合体(SBS)が使用されている。したがって、SBSとストレートアスファルトとの相溶性が分離防止の重要な因子となる。表-4に、相溶性が悪いSBS改質アスファルトの分離試験結果の一例を示す。アスファルトとSBSの相溶性が悪い場合、SBS添加量の増加に伴って分離が激しくなる傾向を示し、安定な品質が得られない。このことから、SBSとアスファルトとの相溶性をいかに確保するかが、高粘

度バインダを始めとする改質アスファルトの品質安定化において重要なポイントとなる。

表－４ 分離試験結果の一例

| SBS添加量 (%)   |    | 3  | 5  | 7  | 9  |
|--------------|----|----|----|----|----|
| 針入度 (1/10mm) | 上部 | 55 | 51 | 53 | 51 |
|              | 下部 | 55 | 48 | 43 | 27 |
|              | 差  | 0  | 3  | 10 | 34 |

試験条件：アルミ缶に改質アスファルトを入れ、高温槽（150℃）で7日間貯蔵した後、上部と下部に切り分けて針入度試験（25℃）を実施した。

相溶性の向上には、

- ①SBSの分子量や分子構造の調整
- ②相溶性を向上させる材料の添加
- ③改質アスファルト製造装置や製造条件での対応などの手法がある。

①では、SBS製造メーカーと改質アスファルト製造メーカーの情報・意見交換がなされ、改良・開発が行われてきている。一般的な手法としては、SBS分子量の調整、スチレン／ブタジエン比の調整、カップリングなど反応系の調整があり、使用するアスファルトに応じ、詳細な検討が行われる。

②では、通常鉱物油や石油樹脂の添加が行われている。表－５にアスファルトと添加材の代表的な組成分析結果を示す。

表－５ アスファルトと添加材の代表的な組成分析結果

|            | アスファルト | 鉱物油   | 石油樹脂  |
|------------|--------|-------|-------|
| アスファルテン分 % | 16.4   | 0.3   | 0.3   |
| レジン分 %     | 21.0   | 5.6   | 6.0   |
| 芳香族分 %     | 57.9   | 90.9  | 93.7  |
| 飽和分 %      | 4.8    | 3.2   | 0     |
| Ic         | 0.269  | 0.036 | 0.003 |

注) イヤトロスキャン組成分析器（ヤترون社製）による

一般的にアスファルトは4つの成分に分けることができる。この内、アスファルテン分と飽和分はSBSが溶解しにくい成分であり、逆にレジン分と芳香族分は溶解しやすい成分である。この性質を利用したSBSの溶解性の目安として、コロイダルインデックス(Ic) = (アスファルテン分+飽和分) / (レジン分+芳香族分) が用いられている。つまり、この値が小さいほどSBSが溶解しやすいアスファルトであるといえる。我が国で一般的に使用されているアスファルトは、高分子量のSBSを多量に添加した場合、十分に相溶させることが困難であることから、芳香族分の豊富な鉱

物油や石油樹脂を添加することによって、相溶性を確保する手段が取られている。

③には、エマルションの製造に用いるコロイドミルのような湿式粉碎機を使用し、強制的にSBSとアスファルトを溶解させる方法がある。また、製造時の温度や製造時間を調整すること、熟成時間（相溶するまでの時間）を十分にとることによっても相溶性を改善することができる。

既述の対策には、条件によっては排水性混合物としたときの性状を低下させる要因もあるため、慎重かつ十分な検討を行い、最適な方法を選択する必要がある。

品質向上に関する検討は、価格競争が激化する中、各メーカーでしのぎを削っての技術開発が進められており、配合面や製造技術面など、上記以外に公表されていない各社独自のノウハウが駆使されている。

### 3. 排水性舗装の高耐久・高性能化に向けた新たなバインダ

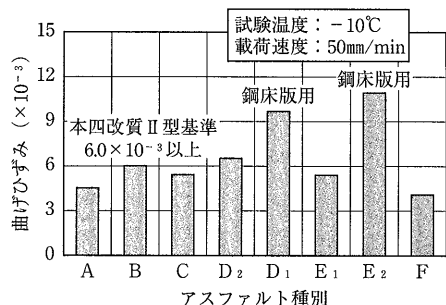
高粘度バインダの開発や品質の向上で培った技術を生かし、鋼床版舗装用高粘度バインダや、排水性舗装の高耐久・高性能化に向けたバインダが開発されている。

ここでは、近年新たに開発されたバインダ（エポキシアスファルト等を含む）を以下に紹介する。

#### 3.1 鋼床版舗装用高粘度バインダ

鋼床版上の舗装には、車両通過時に生じる大きなたわみ変形や鋼床版特有の構造に起因する局部変形に伴うため、RC床版上の舗装に比べ、たわみや変形追従性に優れた性能が求められる。1997年に、このような大きな変形にも追従できる特性を持つ、鋼床版舗装用高粘度バインダ（以下、鋼床版用バインダ）が開発された<sup>6) 7) 8)</sup>。

鋼床版用バインダなどを使用した排水性混合物の曲げひずみ測定結果を図－２に示す<sup>9)</sup>。

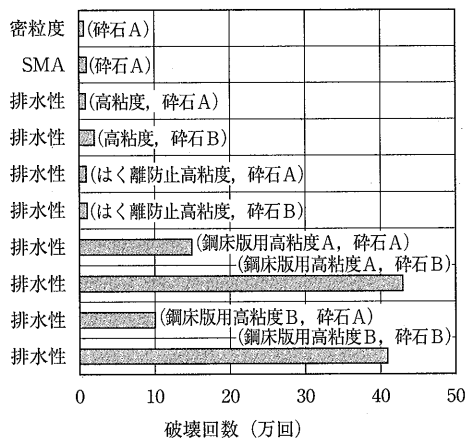


図－２ 排水性舗装混合物の曲げ破断ひずみ

図中のD<sub>1</sub>とE<sub>2</sub>が鋼床版用バイндаである。これらのバイндаを使用した混合物の曲げひずみは、 $9 \sim 11 \times 10^{-3}$ の範囲にある。これは、本州四国連絡橋橋面舗装基準にある改質アスファルト混合物の曲げひずみ基準値 ( $6 \times 10^{-3}$ 以上)を十分に満足する値であり、曲げ変形追従性に優れていることを示している。

次に、繰返し曲げ試験による疲労抵抗性の評価結果を図-3に示す<sup>10)</sup>。鋼床版用混合物の破壊回数は、砕石Aで10万回以上、砕石Bで40万回以上と、いずれの砕石にあっても通常の高粘度バイндаやその他の材料に比べ、優れた疲労抵抗性を示している。

近年、鋼床版用バイндаを使用した排水性舗装の施工実績は、首都高速道路や阪神高速道路をはじめとして、着実に増加してきている。



注)：砕石A (はく離抵抗小)、砕石B (はく離抵抗大)  
10℃、2点支持2点載荷、ひずみ300μm、5 Hz、両振り

図-3 鋼床版用高粘度改質アスファルトの疲労抵抗

### 3.2 高耐久型高粘度バイнда

#### (1) 積雪寒冷地向け高粘度バイнда

積雪寒冷地における排水性舗装では、冬季のチェーン装着車による骨材の飛散や空隙づまりによる排水機能の低下が生じやすいため、混合物の空隙率を17%に減少させるなどの対策がなされている。

しかし、これにあっても耐久性が十分でない箇所があることから、日本道路公団では使用骨材のすり減り減量や細長・偏平石含有量等、品質を厳しく管理している。また、バイндаにおいては、4℃伸度やフラース脆化点といった低温領域における性状を試験表に付記することにしており、これらの値と耐久性の関係について現在確認しているところである<sup>11)</sup>。

このような中、低温時における混合物のカンタブロ損失率やたわみ特性などに優れた性能を有する、積雪寒冷地に向けた新たな高粘度バイндаが開発されてきている。

表-6、表-7にそれらのバイнда性状を示す。

バイндаAは、通常の高粘度バイндаと比較して15℃伸度、タフネスおよび60℃粘度を向上させ、また、フラース脆化点、4℃および-10℃の伸度を追加している点に特徴がある。

一方、バイндаBは、針入度や伸度を大きくしているほか、フラース脆化点やバイнда単体の曲げひずみを新たに取り入れている点に特徴がある。

このように、試験項目は異なるものの、低温時にもフレキシビリティを発揮するようなバイндаが開発されている。

表-6 バイндаA<sup>12)</sup>

| 試験項目                    | 社内規格        |
|-------------------------|-------------|
| 針入度                     | 1/10mm 40以上 |
| 軟化点                     | ℃ 80.0以上    |
| 伸度 (15℃)                | cm 60以上     |
| 伸度 (4℃)                 | cm 40以上     |
| 伸度 (-10℃)               | cm 15以上     |
| タフネス (25℃)              | N・m 25以上    |
| テナシティ (25℃)             | N・m 15以上    |
| 60℃粘度 ( $\times 10^4$ ) | Pa・s 4.0以上  |
| フラース脆化点                 | ℃ -20℃以下    |
| 薄膜加熱質量変化率               | % 0.6以下     |
| 薄膜加熱針入度残留率              | % 65以上      |

表-7 バイндаB<sup>13)</sup>

| 試験項目                    | 社内規格                      |
|-------------------------|---------------------------|
| 針入度                     | 1/10mm 60以上               |
| 軟化点                     | ℃ 80.0以上                  |
| 伸度 (15℃)                | cm 70以上                   |
| フラース脆化点                 | ℃ -20℃以下                  |
| 引火点 (C.O.C)             | ℃ 280以上                   |
| 薄膜加熱質量変化率               | % 0.3以下                   |
| 薄膜加熱針入度残留率              | % 75以上                    |
| 粗骨材の剥離面積率               | % 5以下                     |
| 60℃粘度 ( $\times 10^4$ ) | Pa・s 2.0以上                |
| 曲げひずみ (-20℃)            | cm/cm $80 \times 10^{-3}$ |

#### (2) 低騒音を重視した高粘度バイнда

一般国道や主要地方道などでは、騒音の低減を主目的とした排水性舗装の適用がなされてきている。

たとえば、建設省 (現、国土交通省) が発注する性能規定工事では、特殊な騒音測定車による騒音値を規

定している。このような中、排水性混合物の騒音低減効果を向上させる方策の一つとして、混合物の小粒径化や高空隙率化が行われている。

しかし、これを通常の高粘度バインダで行うと、使用する骨材によっては耐流動性や空隙つぶれに対する抵抗性が低下し、一般的な排水性舗装よりも耐久性や機能の持続性に劣ることがある。そこで、通常の高粘度バインダよりもさらに改質材を多く添加することにより、これらの課題を解決することを目的に高耐久型高粘度バインダが開発され、これを用いた施工が実施されている<sup>14)</sup>。

図-4、図-5は最大粒径13mm、空隙率20%の混合物と最大粒径8mm、空隙率23%の混合物における、動的安定度と空隙つぶれに対する抵抗性の試験結果である。ここでは、空隙つぶれに対する抵抗性を、ホイールトラッキング試験機を用いて試験温度60℃の状態です10時間トラバース走行させ、走行前後における現場透水量試験より評価している。

試験結果からは、高耐久型高粘度バインダを使用することにより小粒径、高空隙率の混合物においても5,000回/mm程度の動的安定度が得られ、空隙つぶれに対する抵抗性も向上していることがわかる。

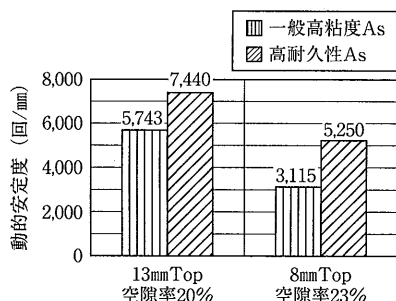


図-4 動的安定度

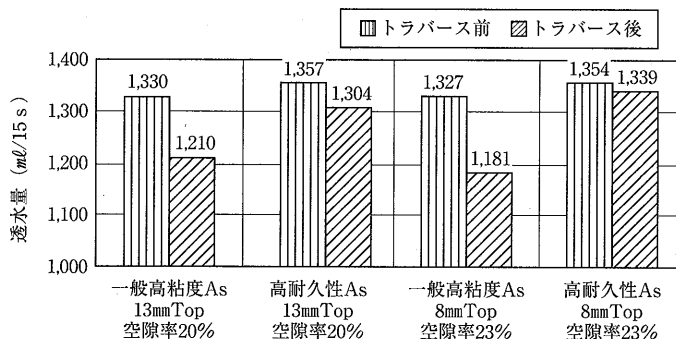


図-5 空隙つぶれに対する抵抗性

### 3.3 排水性舗装用エポキシアスファルト

著しく大型車交通量の多い箇所などでは、高粘度バインダを使用しても空隙つぶれや骨材飛散が早期に発生する場合がある。このような箇所への対策として、排水性舗装用エポキシアスファルト（以下、エポアス）が開発されている。

エポアスによる排水性舗装の検討は、数社のバインダメーカーによって独自に進められていたが、1992年には(社)日本アスファルト協会材料開発研究分科会において「超重交通道路の排水性舗装用バインダの開発」をテーマにした研究がスタートした。そして、1994年に建設省土木研究所構内において試験施工を実施し、1996年より実道での施工実績を重ね、1997年には同協会より「排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引き（案）」が発刊されるに至った。

エポアスはベースアスファルトとエポキシ樹脂（主剤＋硬化剤）から構成され、エポキシ樹脂の配合量は10～40%程度である。エポキシ樹脂の混合は、骨材ミキシング時に主剤と硬化剤を同時に添加する場合と、あらかじめアスファルトに硬化剤を混合しておく場合とがある<sup>15)</sup>。

エポアスは、最近問題となっている交差点部の骨材飛散防止対策としても注目されている<sup>16) 17)</sup>。

### 3.4 カラー排水性舗装用高粘度バインダ

車道舗装のカラー化には、道路景観はもちろんのこと識別性向上による車両誘導、舗装体温度抑制による耐流動性向上などの効果がある。1992年の第11次道路整備五箇年計画において、バスレーンのカラー舗装化を推進する方針が示され、1994年には「バスレーンのカラー化舗装の手引き（案）」が(社)日本道路建設業協会から発刊されるなど、車道のカラー舗装化が進められている。

このカラー化を排水性舗装に適用することにより、

雨天時の走行安全性や低騒音化などの優れた機能を併せ持つ車道カラー舗装となる。カラー排水性舗装に使用する混合物は、バインダの種類および着色方法の組み合わせによって、図-6に示すように分類される<sup>18)</sup>。

カラー排水性舗装用高粘度バインダ（以下、高粘度カラーバインダ）は、混合物の着色が容易でかつ高粘度バインダと同等以上の性能を有することを目標に開発された。1993年の第20回日本道路会議において、従来の高粘度バインダ相当の性状を有する高粘度カラーバインダの開発が報告されている<sup>19)</sup>。

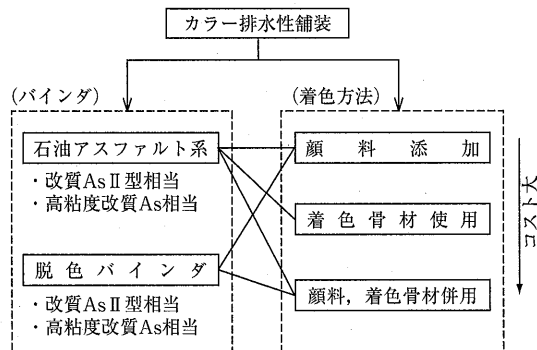


図-6 カラー排水性用混合物の組み合わせ

高粘度カラーバインダは石油樹脂を主成分とし、高分子ポリマーや鉱物油を配合することにより、高粘度バインダと類似する性状を示す淡黄色の熱可塑性バインダである。高粘度カラーバインダを使用した排水性混合物は、従来の高粘度バインダによる混合物と同等以上の諸性状を有するほか、図-7<sup>19)</sup>に示すように緑色で2℃、淡黄色で5℃、白色で6℃程度の舗装体温度の抑制効果があり、空隙つぶれの抑制による機能の持続性向上も期待できる。

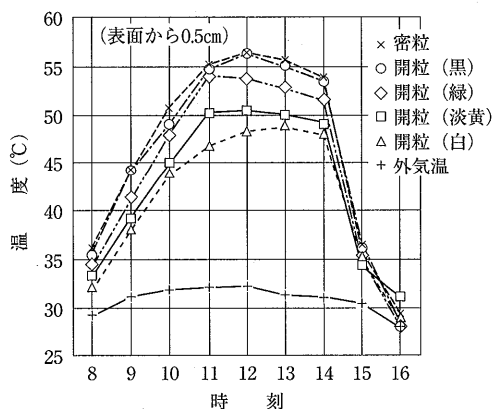


図-7 舗装体温度測定例

### 3.5 その他

排水性舗装の早期破損や機能性低下は、舗装表面部に生じることが多いため、その部分を改善することにより高耐久、高性能化を図る技術も開発されてきている。

#### (1) 硬化性樹脂による舗装表面のコーティング

硬化性樹脂による舗装表面のコーティングは、液状の硬化性樹脂を図-8のように排水性舗装の表面に散布することにより、混合物表面の固着力が強化され、骨材飛散や摩耗などに対する耐久性の向上と空隙つぶれから生じる機能低下の抑制に寄与するといわれている。

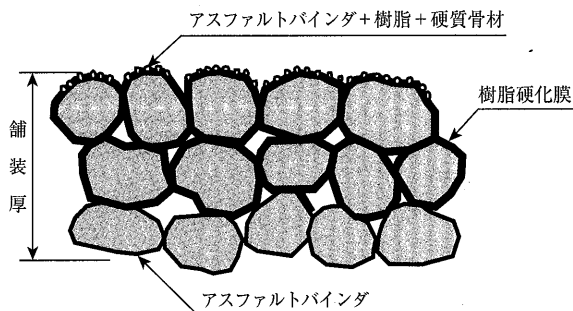


図-8 樹脂による舗装表面のコーティングのイメージ

硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂<sup>20)</sup>、アクリル系樹脂<sup>21)</sup>、メチルメタアクリレート（MMA樹脂）<sup>22)</sup>が多く使用されている。また、いずれの樹脂を用いた場合でも、すべり抵抗性を確保するために珪砂などを散布して仕上っている。最近の研究では、高粘度バインダよりも水との濡れが悪い樹脂を使用することによって、透水能力の向上や空隙づまりの抑制効果が高められると報告されている<sup>23)</sup>。

#### (2) 樹脂モルタルによる舗装表面処理

樹脂モルタルによる舗装表面処理は、液状の硬化性樹脂と1mm程度の小粒径骨材による樹脂モルタルを、図-9のように、排水性舗装の表面空隙部に充填する工法であり、エポキシ樹脂と硬質骨材を用いたもの<sup>24)</sup>やウレタン樹脂とゴムチップを用いたもの<sup>25)</sup>などがある。特にウレタン樹脂とゴムチップを使用したものは、空隙径の微細化、表面テクスチャの改善および衝撃エネルギーの吸収が図られるため、騒音低減に効果があるとされている。

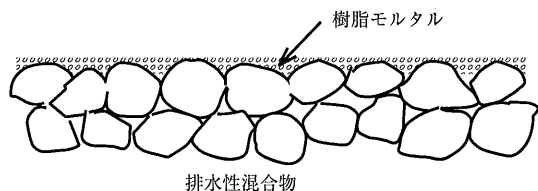


図-9 樹脂モルタルによる舗装表面処理のイメージ

#### 4. 補修材料

排水性舗装はわずか10年程度で急速に施工面積を伸ばしてきた。一方では、骨材飛散やポットホールなどの破損が発生し、適切な補修材料がなかったため密粒タイプの補修材で修繕せざるを得ず、排水性舗装本来の機能を阻害することとなり、排水性舗装用補修材料の開発が急務とされていた。

このような点から、排水機能を有した排水性舗装用の補修材料として、加熱型改質アスファルトタイプ、カットバック型改質アスファルトタイプ、アスファルト乳剤セメントタイプ、エポキシタイプ、ポリマーセメントタイプなどが開発されてきている。

たとえば、アスファルト乳剤セメントタイプ<sup>26)</sup>は、現場で骨材、アスファルト乳剤、セメントを手練りあるいはミキサー混合し転圧するもので、最終硬化物は、通常の排水性混合物と同等以上の性能を有し、湿潤状態でも使用できる特長があるとしている。また、エポキシタイプ<sup>27)</sup>は、アスファルト乳剤セメントタイプと同様に、現場で骨材とエポキシを手練りあるいはミキサー混合し転圧するもので、施工後2時間程度の短時間で交通開放が可能であるとしている。

補修材料には、補修の緊急性や作業性が要求され、また補修部分との接着性をいかに確保するかなどの課題がある。とりわけ排水性舗装の補修においては、接着部分が点接触となるために接着力の確保が難しいことから、より接着性に優れた補修材料の選定が肝要となる。

#### 5. 今後の課題

高粘度バイндаは開発されてからの歴史が浅く、残された課題も少なくない。しかしながら、排水性舗装の持つ機能性には特筆すべきものがあり、鋼床版舗装への適用などの用途拡大とともに、より耐久性、高機能性が求められ、さらなる技術開発が進められている。

以下に今後の主な課題について記述する。

##### ① バイндаの評価方法

近年、高粘度バイндаの種々の技術開発から、従来

の改質Ⅱ型とは異なる特性、挙動が認められ、その評価試験方法自体も高粘度バイндаの性状を適切に評価できる試験方法とする必要が生じてきた。この点から、日本改質アスファルト協会では、日本道路公団と共同で、改質アスファルトの新たな評価試験方法を検討している。また、ヨーロッパにおいても、舗装のパフォーマンスおよび混合物性状と相関性のあるようなバイндаの評価方法を2003年度までに開発するよう研究が進んでいる<sup>28)</sup>。

##### ② 排水性混合物の再生

排水性混合物の再生技術の開発は、今後の大きなテーマである。

これまでのストレートアスファルトや改質Ⅱ型で被覆された連続粒度の再生骨材に加えて、高粘度バイндаで被覆された開粒度の再生骨材が今後発生し始める。また、これら再生骨材を連続粒度の混合物に適用するのか、開粒度の混合物に使用するのかを考えると、かなり複雑なものになってくることが予想される。

したがって、これらの組み合わせに応じた再生用改質アスファルトの開発が必要となってくると考えられる。

##### ③ 施工性改善タイプの高粘度バイнда

加熱アスファルト混合物は、所定の温度より低下すると施工性が徐々に悪くなり、かつ密度不足を生じる。

特に排水性混合物は開粒度であるため、連続粒度の混合物よりも温度低下が早く、施工性が著しく悪くなる傾向にある。

したがって、ある程度の温度低下が生じた場合でも、作業性や密度が確保できるような、施工性改善タイプの高粘度バイндаの開発が必要であろう。

#### 6. おわりに

日本における排水性舗装が10年程度でここまで発展したのは、その機能性から社会ニーズに合致したと同時に官、学、民が一体となり、技術の向上に励んできたからにはかならない。特に、高粘度バイндаの開発は、改質アスファルトの製造技術力を著しく向上させたと言える。

しかし、骨材飛散や空隙つぶれ対策など残された課題があることも事実である。使用する骨材や交通量などの影響も大きいとはいえ、バイнда面からのより一層の改善努力が必要とされる。

一方、排水性混合物が有する特性・機能性を活用し、凍結対策やヒートアイランド対策などの舗装も検討・

開発され始めている。

このように、まだまだ改良・向上、用途拡大が期待

できる材料であり、さらなる技術開発によって地球環境保全の一助となることを願ってやまない。

#### — 参考文献 —

- 1) 帆刈浩三, 原富男, 金野諒二: 開粒度アスコンへの適用を考慮した改質アスファルトについて (第1報), 土木学会第44回年次学術講演概要集, 1989.10, P122
- 2) 小島逸平: 用語の解説, アスファルト, Vol.33, No.165, 1990, P52
- 3) 原富男, 中村勝司, 金野諒二: 車道用開粒度アスコンの試験施工結果について, 第18回日本道路会議論文集, 1989, P606
- 4) 大越衛, 林邦彦, 岡井賢一, 帆刈浩三: 積雪寒冷地における排水性舗装の試験施工, 舗装, Vol.25, 1990.9, P3
- 5) 丸山暉彦, 大川秀雄, 帆刈浩三: 排水性舗装の機能とそのメカニズム, アスファルト, Vol.36, No.177, 1993.10, P48
- 6) 村山雅人, 蒔田学: たわみ性に優れた排水性舗装用アスファルトバインダーの開発, 第22回日本道路会議論文集, 1997, P342
- 7) 奥田浩二, 松下征司, 羽入昭吉: 鋼床版排水性用高粘度バインダーの開発, 第22回日本道路会議論文集, 1997, P432
- 8) 羽入昭吉: 舗装技術の質疑応答特集, 舗装, Vol.33, 1998.12, P9
- 9) 樋口敦見: 鋼床版における排水性舗装, 土木施工, 39巻, 7号, 1998.7, P68
- 10) 池田拓哉: 低騒音舗装の現況, アスファルト, Vol.40, No.195, 1998.4, P32
- 11) 日本道路公団: 設計要領, 第一集, 舗装編, 1999.6
- 12) 技術資料: 積雪寒冷地域の排水性舗装用バインダー, 第8回北陸道路舗装会議論文集, 2000.9, P447
- 13) 稲垣寿也, 高戸二三男, 田中正義: 高耐久性排水性舗装用バインダーの開発と積雪寒冷地への適用例, 第8回北陸道路舗装会議論文集, 2000.9, P361
- 14) 松田敏昭, 清水浩昭, 佐々木寛, 渡辺裕貴: 性能規定発注方式による低騒音舗装の施工, 舗装, Vol.35, No.4, 2000.4, P14
- 15) 青木秀樹: 用語の解説, アスファルト, Vol.41, No.196, 1998, P87
- 16) 若林芳昭, 翠昭博, 田中慎次: 交差点内の骨材飛散抑止を意図した硬化性排水性舗装について, 第23回日本道路会議論文集, 1999, P266
- 17) 竹田敏憲, 阿部忠行, 峰岸順一, 田中輝栄: 低騒音舗装の機能改善と街路への適用性に関する検討, 土木学会舗装工学論文集, 第4巻, 1999.12, P23
- 18) 笠原彰彦, 根本信行: カラー排水性舗装, 舗装, Vol.29, No.11, 1994.11, P18
- 19) 根本信行, 笠原彰彦, 村上浩: 車道カラー排水性舗装用高粘度脱色バインダーの開発, 第20回日本道路会議論文集, 1993, P666
- 20) 例えば, 佐々木昌実, 角田述朗, 松野晃: エポキシ樹脂による排水性舗装表面散布工法, 第23回日本道路会議論文集, 1999, P258
- 21) 例えば, 石田啓三, 塩川浩平, 永井英章: 表面硬化材が低騒音舗装の騒音低減効果に与える影響について, 第23回日本道路会議論文集, 1999, P38
- 22) 例えば, 田中徹夫, 光安正純, 丸山暉彦: トップコート工法による排水性舗装の機能高度化とその効果, 第8回北陸道路舗装会議論文集, 2000.9, P45
- 23) 大道賢, 中川修, 山之口浩, 丸山暉彦: 排水性トップコート工法のポーラス舗装における機能向上効果, 土木学会舗装工学論文集, 第5巻, 2000.3, P31
- 24) 例えば, 伊東憲英, 今井寿男, 松野晃: 排水性舗装の路面補強を意図した透水性樹脂モルタルの開発, 第23回日本道路会議論文集, 1999, P258
- 25) 例えば, 武井真一, 中西弘光, 前田英和: 表面処理工法による低騒音舗装について, 第23回日本道路会議論文集, 1999, P34
- 26) 鈴木とおる, 伊藤亮, 安藤豊: 排水性舗装補修用高性能常温混合物の開発, 第22回日本道路会議論文集, 1997, P448
- 27) 増井和也, 中村勝司, 角田述郎: 透水性樹脂モルタルを用いた排水性舗装の路面補修工法の検討, 第23回日本道路会議論文集, 1999, P252
- 28) 第2回E & E会議報告座談会: 21世紀のアスファルト舗装, 道路建設, No.637, 2001.2, P40

## 施工面からのアプローチ

# 施工における技術開発

(New Method of Porous-Asphalt Pavement Developed by Contractors Group)

(社)日本道路建設業協会技術管理部会

排水性舗装の普及にともない、施工面においては「コストの縮減」、「機能の向上」、「施工の簡素化」などが求められている。こうした課題を解決するために、施工者側も種々の取り組みを行ってきている。ここでは既に実用に供されている技術の中から、「新型フィニッシャ」、「路面強化」、「排水処理」、「混合物製造運搬」の四つを取り上げ、技術開発の背景、開発技術の内容、特長、効果などについて概説する。

### 1. はじめに

排水性舗装は、降雨時のすべり抵抗性や視認性を向上させ車両の走行安全性に有効である。また、タイヤ路面騒音の抑制機能を有し、低騒音舗装としても期待されている。このようなことから、これまでも多くの施工実績を残してきたが、ここ数年、建設省をはじめとした多くの機関に広く採用されるようになり、急速に施工量を伸ばしている。

しかし、工法の普及・定着にともない、排水性舗装の耐久性向上や機能の高度化・多様化が求められるようになってきている。特に、施工面においては、①コストの縮減、②機能の向上、③施工の簡素化などが主要な課題となっている。

ここでは、近年取り組まれてきた代表的な技術開発のうち、主として施工面からアプローチされてきた「新型フィニッシャ」、「路面強化」、「排水処理」、「混合物製造運搬」の四つについて紹介する。

### 2. 新型フィニッシャ

排水性舗装の普及にともない、これまでのものとは大幅に機構の異なる2種類のアスファルトフィニッシャ：「乳剤散布装置付きアスファルトフィニッシャ」および「2層同時舗設用アスファルトフィニッシャ」が開発され実用に供されている。

#### (1) 乳剤散布装置付きアスファルトフィニッシャ

(Self Priming Asphalt Finisher=SPAF)

SPAFは、アスファルト舗装の施工に必要な乳剤散布用ディストリビュータとアスファルトフィニッシャを一体化させたものであり、アスファルト混合物の舗設直前で、スクリーン前部に取り付けたノズルよりア

スファルト乳剤を散布する機構となっている。

SPAFの主要諸元例を表-1に、同機種の機構図を図-1に、施工概念図を図-2示す。

SPAFは、当初、排水性舗装の薄層化を目的として開発された。すなわち、高濃度乳剤の多量散布により、薄

表-1 SPAFの主要諸元例<sup>1)</sup>

| 項目            | 仕様     |
|---------------|--------|
| 乳剤散布位置        | クローラ後方 |
| 乳剤タンク容量 (ℓ)   | 3,000  |
| 乳剤積載量 (ℓ)     | 2,500  |
| 乳剤散布幅 (m)     | 2.5~5  |
| 重量 (標準幅) (t)  | 16.5   |
| 全長 (mm)       | 6,890  |
| 全幅 (回送時) (mm) | 2,790  |
| 全高 (回送時) (mm) | 2,800  |
| 作業速度 (m/min)  | 0~16   |
| 回送速度 (km/h)   | 0~3.2  |
| 走行装置形式        | クローラ   |
| フィーダ装置        | バーフィーダ |
| エンジン出力 (kW)   | 110    |

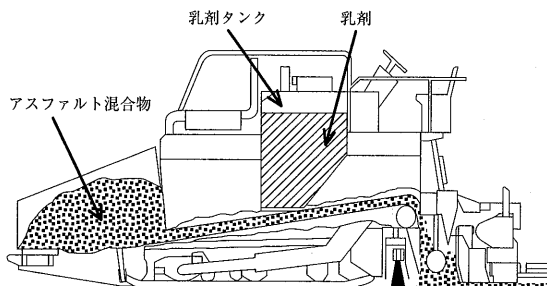


図-1 SPAF機構図例<sup>1)</sup>

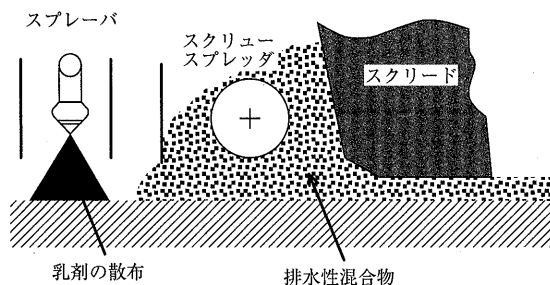


図-2 施工概念図<sup>1)</sup>

層排水性舗装の弱点である下面との付着性を向上させ、品質の確保、特に下層からののがれによる破損を防ぐことを目的とした。この薄層化は、排水性舗装のコストダウンに寄与し、工法適用の拡大に貢献している。

SPAFと特殊乳剤の採用によって、ディストリビュータが不要になるだけでなく、乳剤の散布・養生時間の解消が実現された。このことが、施工における省力化と施工時間の短縮を図る大きな要因となっている。

また、SPAFを用いて乳剤の散布と混合物の舗設とを同時に行うため、散布・養生したタックコート面上をダンプトラックやフィニッシャが走行することがなくなる。このため接着層としてのタックコートが保護でき、舗装の品質を高めることができる。さらに、タイヤ等への乳剤の付着がないため、周辺の舗装を汚すこともなくなる。

以上のような特長から、SPAFは今後排水性舗装以外にも使用が拡大されていくものと思慮される。

## (2) 2層同時舗設用アスファルトフィニッシャ (Multiple Asphalt Paver=MAP)

MAPは、2つのホッパを有する大型フィニッシャであり、異なる2種類のアスファルト混合物を同時に上下層あるいは帯状に施工する機能を持っている。MAPの仕様を表-2に、機構を図-3に示す。

表-2 MAPの仕様<sup>2)</sup>

| 項 目      | 仕 様                  |
|----------|----------------------|
| 総 重 量    | 25,000kg             |
| 全 長*     | 10,365mm             |
| 全 幅      | 2,990mm              |
| 全 高*     | 3,800mm              |
| ホッパ容量    | 6.5m <sup>3</sup> ×2 |
| 敷きならし幅   | 2.5~4.5m             |
| 最大敷きならし厚 | 1層のみ 200mm           |
|          | 2層同時 120mm (上層60mm)  |

※作業時

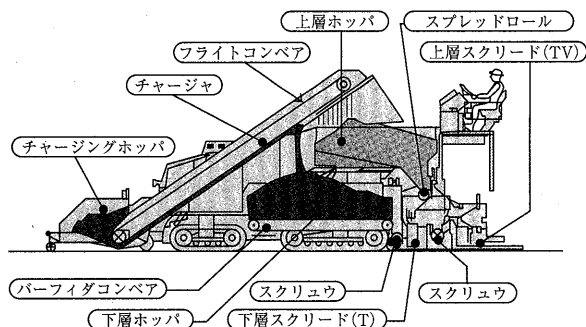


図-3 MAPの機構<sup>2)</sup>

MAP工法による新工法の種類および特徴は、以下に示すとおりである<sup>2)</sup>。

### 1) デュアルアスファルトペーブメント工法

2種類の異なるアスファルト混合物を、図-4に示すように、上下層に重ねて同時に敷きならすことにより、各混合物の骨材最大粒径に対して各層を1.5倍程度の薄さで敷きならすことができる。したがって、最大粒径の2~3倍の敷きならし厚さで施工する通常工法に比べて、アスファルト混合物の使用量を低減でき、同時施工による省力化も可能となる。

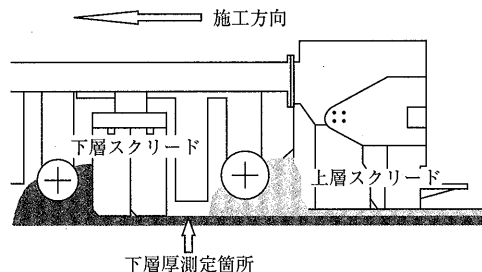


図-4 デュアルアスファルトペーブメント工法<sup>2)</sup>

### 2) マルチレーンペーブメント工法

大型車の車輪通過箇所(わだち発生部)のみに高価な改質アスファルト混合物、その他の部分に通常のアスファルト混合物を並行して帯状に同時施工することができる。

### 3) スムースアスファルトペーブメント工法

一般のアスファルトフィニッシャのように1層で敷きならす工法であるが、大型ダンプ約3台分のアスファルト混合物を一度にホッパに貯蔵できるため、混合物の供給むらによるペーバの停止、発進回数を大幅に減らすことで、連続作業によるスムーズな施

工で平坦性の良い高品質な舗装が可能となる。また、チャージャのスクリュウ・フライトコンベアシステムは、ダンパー荷台側面と中央部に生じた合材の温度差をなくす効果があり、より均一で高密度の締め固めができ舗装の長寿命化に有効といえる。

MAP工法の特徴を活かした排水性舗装の施工例としては、上記1)のデュアルアスファルトパベメント工法による低騒音舗装があげられる。代表的な舗装構成は、例えば上層を最大粒径5mmの排水性混合物(厚さ3cm)、下層を最大粒径13mmの排水性混合物(厚さ4cm)とするものである。

2層式排水性舗装の騒音測定結果では、最大粒径13mmの骨材を使用した排水性舗装(厚さ5cm)よりも、最上層の骨材最大粒径を5mmとした2層式の方が5～7dB騒音低減効果が高い結果であった<sup>3)</sup>。

### 3. 路面強化

排水性舗装の耐久性は、使用バインダの結合性に強く依存しており、通常、高粘度改質アスファルトが使用されている。しかし、交差点部分のように走行車両が急ハンドルを切る個所や、重交通道路などの過酷な供用状態下では骨材飛散や空隙つぶれ・空隙詰まりが生じやすい。

排水性舗装の路面強化工法は以上のような背景から開発されたもので、現在までのところ、「樹脂吹き付け工法」と「透水性樹脂モルタル充填工法」が代表的な対応技術である。両工法とも、樹脂を使用していることからカラー化も行うことができる。

#### (1) 樹脂吹き付け工法

樹脂吹き付け工法とは、図-5に示すように排水性舗装表面にMMA系樹脂などを散布・浸透させ、骨材結合力を増すことにより、骨材飛散の防止と表面空隙部分へのゴミ、塵などの付着抑制効果を図ったものである。通常の排水性舗装の特長に加え、以下の長所が付加されている<sup>4)</sup>。

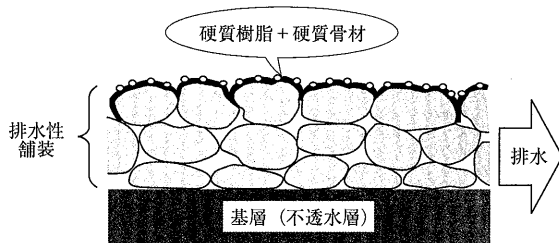


図-5 樹脂吹き付け工法模式図<sup>4)</sup>

- ①摩耗抵抗性・骨材飛散抵抗性が高い
- ②空隙率を大きく設定できる(最大25%程度)
- ③空隙つぶれを抑制できる
- ④透水性に優れる

施工には、人力施工と機械施工(写真-1)の両方があり、工事規模などに応じて使い分けられている。樹脂は1.0kg/m<sup>2</sup>程度使用されるが、排水性舗装の上部に定着させるために、通常、2回に分けて吹き付けられる。また、すべり抵抗性を確保するため、樹脂吹付けの際に硬質骨材を表面に散布している。



写真-1 散布機による散布状況

#### (2) 透水性樹脂モルタル充填工法

(Porous Rejin Mortar System = PRMS)

PRMS工法とは、図-6に示すように高耐久・速硬化性に優れた樹脂バインダと特殊粒径の細骨材との組み合わせにより得られる透水性レジンモルタルを、排水性舗装の表面骨材の空隙に充填する工法である<sup>5)</sup>。

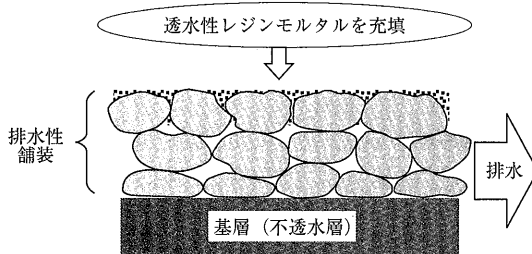


図-6 充填後の舗装断面<sup>5)</sup>

PRMS工法は、樹脂吹き付け工法と同様な路面強化機能に以下のような特長が付加される。

- ①低騒音性の維持・タイヤ加振音の低減に優れる
- ②すべり抵抗性が向上する
- ③空隙詰まりを抑制できる
- ④硬化速度が早い(規制時間の短縮)
- ⑤低温時施工(0℃程度まで)が可能である

また、既設の排水性舗装に骨材飛散などが生じた状態に対しても、透水性レジンモルタルを補修材として擦り込み充填することによって残存機能を維持でき、いわゆる予防的維持を図ることができる。

施工は、レジンモルタルを摺り込むようにして充填し転圧して行うが、人力施工、機械施工いずれも可能である。使用するレジンモルタル量は、最大粒径13mm・空隙率20%の排水性舗装の場合で、2.5kg/m<sup>2</sup>程度である。骨材は、硬質で粒形の良いものが望ましく、セラミック人工骨材が使用される。

#### 4. 排水処理

排水性舗装は、表層（排水性混合物）そのものを排水構造物の一部とした舗装排水システムといえる。しかし、舗装体内に浸透した雨水を、専用の排水施設（排水路、側溝等）にすみやかに誘導することは、溢水や滞水によるはく離を抑制し舗装の耐久性を向上させる観点からも重要である。特に、次のような個所では排水処理についての配慮が必要である。

- ①車線数の多い幅員の広い道路
- ②坂路の谷部等集水面積の大きな個所
- ③下層に不陸やひびわれのある個所

ここでは、排水処理に関し、排水性混合物の下面の処理と、排水性混合物と排水施設との接続部構造について述べる。

なお、排水性舗装から集めた水を、隣接歩道等の下面に浸透させるシステムも検討されている。

##### (1) 排水性混合物の下面処理

排水性混合物の下層に設ける不透水層は、直接雨水の影響を受ける。したがって、排水性舗装の耐久性は不透水層の健全度に大きく依存する。このため、特に補修などにおいては、下層の不陸やひびわれ等を解消し雨水の滞留や浸透を防ぐために、切削、レベリング、シーリングなどの事前処理の実施が望ましい。

より確実な構造とするのには、不透水層の設置も含めて2層の補修断面とするのが一般的である。この場合、最近では不透水層に砕石マスチック（SMA）を用いることもある。SMAは耐水性、防水性に優れた混合物であり、薄厚舗設も可能である。薄層施工の場合、所定の密度を確保するためにMAPで同時施工する等の対策を講ずることもある。

一方、既設舗装が十分な支持力を保持している場合には、タックコート自体の不透水性を高めるだけでもよい。この目的で、排水性混合物の舗設にSPAFを用

いて適量の高濃度乳剤を散布することや、専用のアスファルト系防水材で処理することもある。

##### (2) 排水施設との接続端部処理

排水性舗装の端部排水処理の方法には、開渠による方法、舗装の切り下げによる方法、集水パイプを埋設する方法などがある。

###### 1) 開渠による方法

この方法は、排水性混合物層の下面を排水施設よりも高くし、そのまま側溝に排水するもので、施工が簡単でコストが安い特長がある。一般的な例を図-7に示す。

###### 2) 舗装の切り下げによる方法

基層の端部を切り下げ、この部分も排水性混合物とする方法である。ややコストは高くなるが、導水断面を大きくできるメリットがある。一般的な例を図-8に示す。

###### 3) 導水パイプを埋設する方法

排水性混合物の端部に、耐圧性に優れた金属製もしくは耐熱樹脂製の螺旋状あるいは網状の導水パイプを図-9のように埋設する方法。コストは高くなるが、確実な排水空間が確保でき、集水桝に効率的に誘導できる。

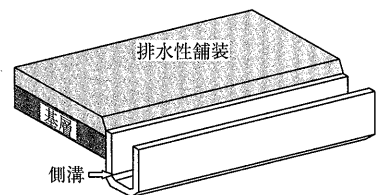


図-7 開渠による排水システム

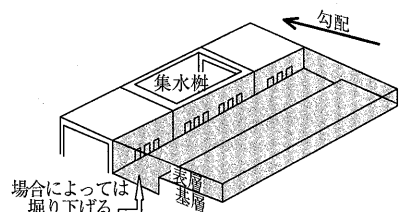


図-8 切り下げによる排水システム

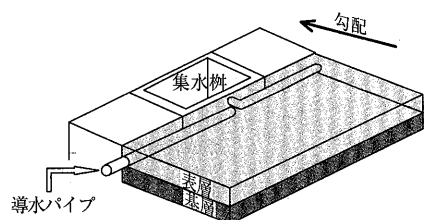


図-9 導水パイプによる排水システム

この方法には、図-10のように、舗装の切り下げ方式と組み合わせる方法や、道路の横断方向に導水パイプを敷設する方法など、派生方法もある。前者は、路肩の流末処理量が多い場合に有効であり、例えば図-11に示すような効果が確認されている<sup>6)</sup>。後者は、写真-2に示すように、急勾配の坂路などでの溢水抑制に効果的である。

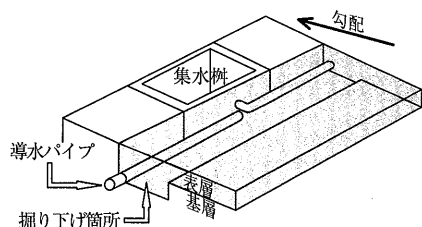


図-10 組み合わせによる排水システム

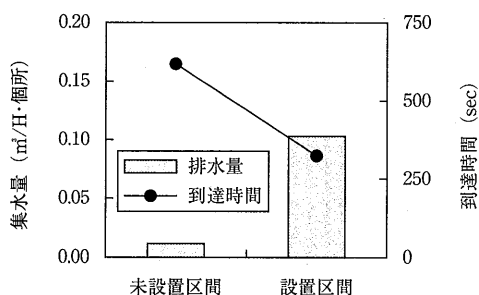


図-11 組み合わせ排水の効果例<sup>6)</sup>



写真-2 導水パイプの横断敷設効果

## 5. 混合物の製造・運搬

排水性舗装の品質確保には、適切な温度条件下での締固めが不可欠である。しかし、排水性混合物は空隙率約20%の開粒度であり温度低下が生じやすく、しかも使用バインダーも高粘度であるため、温度低下にともない転圧不足となり急激に舗装の品質が低下する傾向にある。これらの対策として、混合物の高温出荷、中温化剤の使用、運搬中の温度低下の抑制（保温）などがあげられる。

### (1) 混合物の高温出荷や中温化剤の使用

温度低下が懸念される場合には、一般にバインダーの劣化や運搬中のダレが発生しない範囲で、高温出荷されている。しかし、高温出荷にはおのずと限界があることから、最近では、通常より混合物の出荷温度、施工温度を低くすることができる中温化剤を使用した中温化工法が開発されている<sup>7)</sup>。

### (2) 運搬中の温度低下の抑制

混合物の運搬に際しては、温度低下の抑制を目的とした防風・保温シートの利用が一般的である。しかし、さらに効果を高めるため、ダンプトラックの荷台への断熱材の装着や排気ガスやヒーターを用いた保温装置を装備した車両の採用など、様々な検討がなされている。断熱材を使用した効果の例を図-12に示す。また、運搬車の走行速度が速いほうが混合物の温度降下が大きいため、高速道路を使用して運搬する場合には、特に保温対策を施すことが望まれている<sup>8)</sup>。

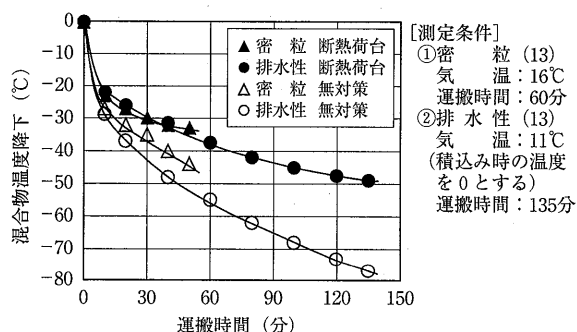


図-12 運搬時間と混合温度降下の関係<sup>8)</sup>

## 6. おわりに

本稿では、排水性舗装に関わる技術開発のうち、主として施工面からアプローチされてきた四つの技術：「新型フィニッシャ」、「路面強化」、「排水処理」、「混合物製造運搬」を取り上げ概説した。これらの技術は全て実用に供されているが、今後は実施上のコストダウンなどが求められよう。

排水性舗装は本格的に採用されてからまだ日が浅いが、転圧方法などは経験に基づき一定の方向に収束しつつある。しかしその一方で、一斉に補修の時期を迎えた場合の再生技術の開発など新たな課題も多い。特に、地方道を含めて全域的に工法が普及するようになれば、さらに多くの課題が出てくるものと慮えられる。

最後に、本稿は(株)日本道路建設業協会の技術管理部（部会長：坂田耕一（日本道路））のうち、羽山高

義委員（日本舗道），小林信夫委員（前田道路），原富男委員（福田道路），松村高志委員（東亜道路工業）が分担執筆し，部会で承認を得たものである。

#### — 参考文献 —

- 1) 羽山，斉藤，泉，安藤：高付着型博搜排水性舗装の開発と現況，舗装，P8-15，1998.5
  - 2) 増山：質疑応答・MAP使用時の留意点，舗装，P32-34，2001.1
  - 3) 廣津，渡邊，山本：二層式排水性舗装の追跡調査，舗装，P9-14，2000.3
  - 4) トップコート工法研究会：技術資料（改訂版），2000.7
  - 5) 透水性レジンモルタルシステム工法協議会：技術資料，2000.5
  - 6) 竹田，峰岸，松村：各種低騒音舗装の騒音低減効果と適用性に関する検討，第23回日本道路会議一般論文集，P8-9，1999.10
  - 7) 吉中，根本：各種加熱アスファルト混合物における中温化技術の適用効果，舗装，P4-11，1999.9
  - 8) 村田，斉藤：アスファルト混合物運搬時の保温対策，舗装，P19-24，1998.10
- 雑誌「アスファルト」原稿：道建協技術管理部会，2001.2.20

— 社団法人 日本アスファルト協会 創立40周年記念出版 —

## アスファルトの利用技術

B 5 版・290ページ・実費頒価 ¥4,000 円（送料実費）

我が国におけるアスファルトの利用は，縄文前期の終わり頃より土器や石棺などの接着剤として使われ始めました。その後，江戸末期には油煙の原料として，明治に入ると防水や防湿および道路用として利用される等，アスファルトの黎明期を迎えております。

現在では，これまでの用途以外にも水利構造物や鉄道，燃料といった多くの分野に利用されるようになっております。

今回，創立40周年を記念し，アスファルトの種類，規格，製造方法，代表的な利用技術に関してわかりやすく執筆した本邦初の解説書を取りまとめました。

百科事典として，また関係者必読の書としてご購入をお勧めいたします。

### 目 次

#### 第1編 アスファルト

- 第1章 天然アスファルトと石油アスファルト
- 第2章 アスファルト乳剤
- 第3章 改質アスファルト

#### 第2編 アスファルトの道路舗装への利用

- 第1章 アスファルトと舗装
- 第2章 道路の種類と舗装構造
- 第3章 アスファルト混合物の種類と工法
- 第4章 アスファルト混合物の製造と施工
- 第5章 舗装の破損と補修

#### 第3編 アスファルトの各種舗装への利用

- 第1章 空港
- 第2章 港湾
- 第3章 鉄道
- 第4章 鉄道貨物ヤード
- 第5章 構内・駐車場
- 第6章 歩道・自転車道
- 第7章 スポーツ施設
- 第8章 レース場・テストコース
- 第9章 石油タンク基礎
- 第10章 水利構造物
- 第11章 廃棄物最終処分場

#### 第4編 防水・その他への利用

##### 第1章 防水・防湿

1. 土防水
2. 屋上防水（陸屋根防水）
3. 屋根防水（勾配屋根防水）
4. ターボリン紙（防湿紙）

##### 第2章 建築

1. 木造住宅用床防音材
2. 床材
3. 鋼管塗布

##### 第3章 原料

1. 酢酸原料用アスファルト
2. 石油コークス原料
3. 製鉄用コークスパイナダー

##### 第4章 燃料

##### 第5章 その他

1. 電気絶縁用
2. レンズ研磨
3. のり面緑化用アスファルト乳剤
4. ノウサギ忌避剤
5. トンネル断熱材
6. 放射性廃棄物の固化材
7. その他への利用

## 機能維持からのアプローチ

# 排水性舗装機能回復工法

(Function Recovery Methods for Porous Pavement)

稲垣 竜興\*

排水性舗装は道路利用者や沿道住民から歓迎され、近年急速にその施工面積を増やしてきている。一方で、その特徴となる機能が供用によって低下していく状況も明らかになってきているが、要求される機能を維持しあるいは回復する方法については、まだ開発途上にある。本報文では、現状の機能回復方法について概観を紹介すると同時に、今後対応すべき方向性について示した。

### 1. はじめに

排水性舗装は、わが国では昭和62年度に東京都（環状7号線）で始めて施工されている。この時の採用目的は、主として車両走行騒音の低減であり、低騒音舗装として用いられた。それ以降高速走行時の安全性に着目して高速道路での採用が始まり、さらに一般の道路でも幅広く着実に実績を伸ばしてきている。

一方、高空隙の舗装体であることから、供用中に空隙の中に土砂、塵埃等が詰まり、排水性舗装の機能が低下することが認められたことから、低下した機能を回復させるための機械の開発が行われた。

こういった流れを受けて、平成6～7年度の建設技術評価制度の課題として、土砂等による空隙つまりに対する「排水性舗装の機能回復器の開発」が取り上げられ、4グループ5社が応募し、それぞれ開発目標を達成している。この時点での開発目標は、機能回復効果として現場透水量が300～500 (ml/15sec) に低下したものを800～1,000 (ml/15sec) に回復できること、1時間あたり1,000～2,000㎡の作業性（実作業速度が1 km/h 程度）確保できることなどであった。

この時点では、作業速度の限界により、規制区域を設けて作業しており、現場的には大変使いづらいものであった。その後移動規制で作業ができる作業速度の速い（10～20km/h）機能回復機械が開発されてきた。

今後、さらに排水性舗装や透水性舗装等の高空隙舗装の需要が増してくると考えられるが、これらの舗装は、その路線に必要な機能として採用するものであることから、その機能を維持することが重要である。

本文は、現在用いられている排水性舗装機能回復工法の現状と課題について報告するものである。

### 2. 最近の機能回復機械

排水性舗装のような高空隙の舗装体の空隙に詰まったものを取り除くために、表-1<sup>1)</sup>に示すような方法が開発されてきた。いずれの方法も一定の効果が認められるものの、現場の条件等によりその効果に高低がみられる。現在実働している機能回復機の仕様比較を表-2に示す。

実路線において、一定延長を固定して交通を規制し作業を行うことは、交通渋滞を引き起こすなど、多くの問題が提起されている。そういったことから、深部までの空隙つまり物質を除去でき、かつ移動規制で作業ができる高速タイプの機能回復機が開発されてきている。現段階では、図-1、2に示す機構の2機種が実働している。

図-1に示す高真空吸引装置付機能回復車<sup>2)</sup>は、従来の高圧水噴射-汚泥水吸引回収に加え、高真空による透水層内の空隙つまり物質に対する吸い出し遊離を目的とした吸引専用装置を組み込んだもので、深部に詰まった物質を除去することを目的としたものである。作業速度は0～100m/分（6 km/h）である。

図-2および図-3に示す高速タイプ機能回復機は、固定式ノズルによる高圧水の噴射およびエアー噴射によるエアーカーテンの補助によって高速作業速度は17～330m/分（1～20km/h）となっている。ただし、一定程度空隙が詰まっている状態での時の水および回

\*いながき たつおき パローウェイ・システムズ㈱代表取締役

表-1 機能回復方法の比較

| 手 法      | 費 用                                               | 作 業 性                                                       | 環境への影響                                                         | 総合的考察                                                                                   |                                                                       |
|----------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 過酸化水素水方式 | 過酸化水素水自体が効果であり、2.5%濃度のものので、1㎡あたり500円程度の材料費が必要となる。 | 10分程度の放置時間が必要であるため、移動規制では作業を行うことはできない。                      | 過酸化水素水の原液は劇薬指定であるため、取り扱いに細心の注意が必要となる。                          | 回復能力はあるが、取り扱いには注意を要するため、移動規制では作業できない。しかし、歩道や公園などで薄い濃度のものを用いて透水性舗装の機能回復を行うには良い手法とも考えられる。 |                                                                       |
| 高圧水方式    | 水を使用するため材料費は安い、専用の機械が必要となる。                       | 使用するポンプの能力によって作業能力が異なるため、大きな能力の機械を使用すれば移動規制での回復作業も可能と考えられる。 | 水自体の悪影響はないが、水の飛散などを防止するため、ノズルの部分を覆う必要がある。                      | 回復能力が高く、作業速度も大きくできるため、優れた手法と考えられるが、より効率的に行うには使用した水の回収、再利用が必要である。                        |                                                                       |
| 吸引による方法  | 吸引のみ                                              | 空気を使用するため材料費はかからないが、専用の機械が必要となる。                            | 使用するブロア能力および吸引部によって作業能力が異なり、また吸引部を路面に押しつけながら作業するため、作業速度は制限される。 | 環境に対する悪影響はないと考えられる。                                                                     | フランスなどでは定常的に使用されており、その効果が認められている。                                     |
|          | 高圧水＋吸引                                            | 水と空気を使用するため材料費は安い、専用の機械が必要となる。                              | 高圧水による作業よりも吸引作業において作業速度の制限が発生する。                               | 吸引については悪影響はないと考えられるが、水の飛散などを防止するため、ノズル部分を覆う必要がある。                                       | 高圧水方式および吸引のみの場合に比べ、回復力は大きく、水の再使用も可能であるが、装置自体の価格が、これらの手法の中ではもっとも高価となる。 |
|          | ＋振動                                               | 上記と同じで、専用機が必要となる。                                           | 舗装体あるいは水幕に振動を伝えるために、一定の時間が必要となり、高速での作業は難しい。                    | 振動の程度によっては、沿道への影響が考えられる。                                                                | 高圧水＋吸引に振動板や超音波により振動をあたえることによって、骨材の後ろ側まで効果が及ぶが、作業効率が悪い。                |

表-2 排水性舗装の機能回復仕様一覧

| 会社名          |            | 酒井重工・鹿島道路        |                            | モリタエコノス               |                      | 東亜道路工業                  |         | 世紀東急工業                                 |             | 前田道路      |
|--------------|------------|------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|---------|----------------------------------------|-------------|-----------|
| 仕様           |            | 評価制度時点           | 現状 (改良)                    | 評価制度時点                | 現状 (改良)              | 評価制度時点                  | 現状 (改良) | 評価制度時点                                 | 現状 (改良)     |           |
| 寸法・重量        | 全長 mm      | 9,800            |                            | 10,300                |                      | 8,000                   |         | 9,900                                  |             | 7,350     |
|              | 全幅 mm      | 2,400            |                            | 2,490                 |                      | 2,340                   |         | 2,490                                  |             | 2,190     |
|              | 全高 mm      | 3,550            |                            | 3,200                 |                      | 3,200                   |         | 3,500                                  |             | 2,070     |
|              | 車両総重量 kg   | 19,500           |                            | 21,320                |                      | 14,000                  |         | 20,620                                 |             | 7,980     |
|              | 車両重量 kg    | 17,390           |                            | 17,320                |                      | 12,100                  |         | 19,010                                 | 18,000      |           |
|              | 最大積載量 kg   | 2,000            |                            | 4,000                 |                      | 1,400                   |         | 1,500                                  | 2,620       |           |
| 作業用動力 PS/rpm |            | シャーシエンジン         |                            | ディーゼル                 |                      | ディーゼル                   |         | ディーゼル                                  |             | ディーゼル     |
|              |            | 360/2,300        |                            | 245/1,800             |                      | 198/2,500               |         | 226/1,800×2                            |             | 114/1,800 |
| 洗浄装置         | 洗浄幅 mm     | 2,000            |                            | 2,200                 |                      | 2,000                   |         | 2,000                                  |             | 2,000     |
|              | 作業速度 m/min | 10 (0~30)        | 0~100                      | 6~20                  | 0~42                 |                         |         | 10 (5~50)                              | 17 (17~300) | 5~15      |
|              | 洗浄方法       | 固定ノズル V型         |                            | 回転式 4列8個              | 固定ノズル・1列             | 回転式 7列7個                |         | 回転式 8列20個                              | 固定ノズル・対向    | 固定ノズル 1列  |
|              | ポンプ形式      | 高圧ポンプV           |                            | 3連プランジャ               |                      | WOMA752type             |         | プランジャ                                  |             | プランジャ     |
|              | 噴射水圧 MPa   | 4.9 (max13.7)    |                            | max20                 | 9.8                  | 2.94 (max3.63)          |         | 7 (max10)                              | 5 (max10)   | 8         |
|              | 噴射水量 ℓ/min | 393              |                            | 136                   | 288                  | 73                      |         | 190×2台                                 | 190×2台      | 110       |
|              | 吸引装置       |                  |                            | ブロアポンプ                |                      |                         |         | ブロアポンプ                                 | ブロアポンプ      | ブロアポンプ    |
|              | 吸引圧力, KPa  | -27              |                            | max-60                | max-40               |                         |         | -13                                    | -5          | -27       |
|              | 吸引量 m/min  | 80               |                            | 80                    | 89                   | 367                     |         | 100×2                                  | 100         | 37        |
|              | 送風装置       |                  |                            |                       |                      |                         |         |                                        | ブロアポンプ      |           |
|              | 送風圧力 KPa   |                  |                            |                       |                      |                         |         |                                        | 10          |           |
|              | 送風量 m/min  |                  |                            |                       |                      |                         |         |                                        | 100         |           |
| リサイクル        | リサイクルシステム  | 汚泥水沈殿、濾過方式       |                            | 多孔板分離式、湿式サイクロン、円筒フィルタ | ロータリー式 3ステージ         | サイクロン付特殊システム (濾過+サイクロン) |         | サブタンク沈殿、メインタンク沈殿分離                     |             | 分離層+フィルター |
|              | タンク容量 ℓ    | 清水タンク2000        |                            | 4,000                 |                      | 清水タンク1800               |         | メインタンク2500                             |             | 2,000     |
|              |            | 泥水タンク2000        |                            |                       |                      | 泥水タンク1400               |         | サブタンク700                               |             |           |
|              | 汚泥排水機構     | 油圧によるスライド、ダンブ    |                            | 油圧によるスライド、ダンブ         | 排出板による押出し            |                         |         | サブタンク：人力泥水ホス排水                         |             |           |
| 洗浄ユニット位置     |            | 車体後部             |                            | 車体後部                  |                      | 車体後部                    |         | 車体中央部                                  |             |           |
| ユニットスライド mm  |            | ±700             |                            | ±550                  |                      | ±600                    |         | ±150                                   |             |           |
| その他          |            | 路面接触面に回転ゴムローラを仕様 | -80KPaの高真空発生装置の付加により、高速化対応 |                       | 高速化ではなく、作業の効率化を目標に改良 |                         |         | エアカーテン、路面との非接触化により高速施工化対応、後退時でも回復作業が可能 |             |           |

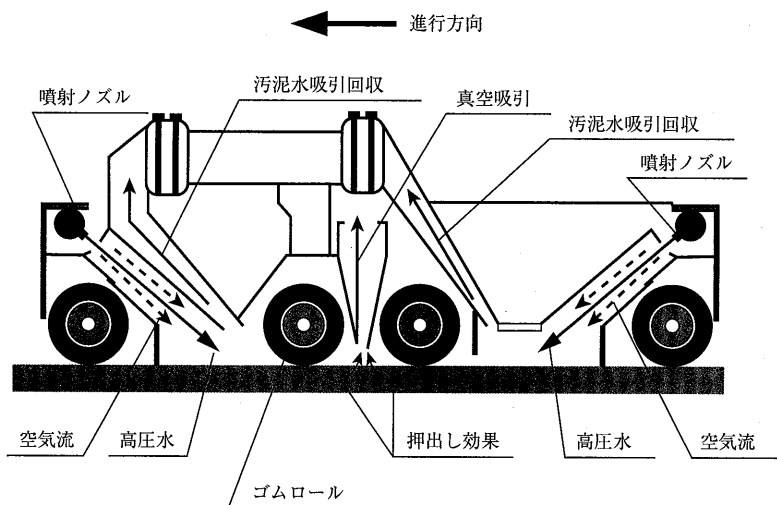


図-1 高真空吸引装置付作業装置

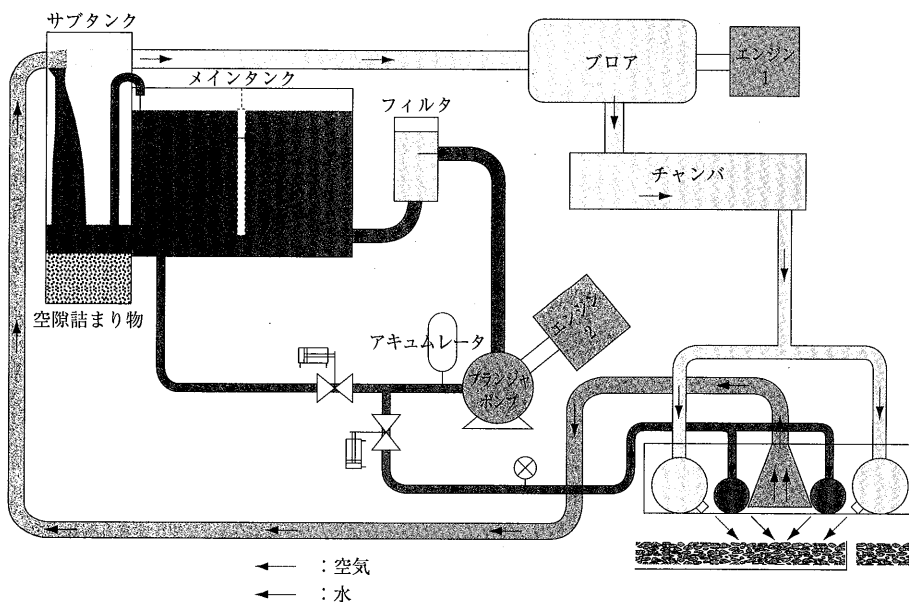


図-2 高速タイプ機能回復機構構図

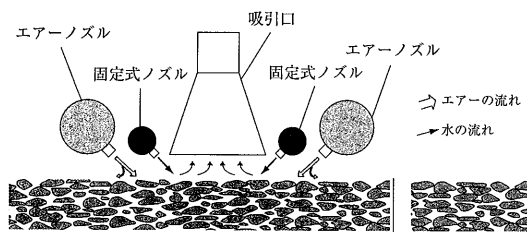


図-3 洗浄ユニット機構図

収物吸引を可能としたもので、作業実際の効果を考えると、10km/h程度が限度と思われる。

### 3. 機能の回復効果

排水性舗装に求められる機能（性能）の指標は、交通安全対策の面からは現場透水量（ml/15sec）、騒音低減の面からはタイヤ騒音あるいは環境騒音（dB（ $L_{Aeq}$ ））によって評価するのが一般的である。したが

って、機能回復の効果も、事前、事後のそれぞれの指標の数値差によって評価されることが多い。

現段階ではどの時点で機能回復作業を行うべきか、あるいは作業のサイクルはどうすべきかといった、基本的な研究成果が十分でない。たとえば、長期間放置しておいたことにより、現場透水量が殆どゼロの状態でも機能回復作業を行っても、その効果は多く期待できないことは予想されることであり、現実には機能が回復しない事例も報告されている。

現場透水量が供用経年によってどのように低下していくかは、現場の置かれた状況により異なるが、一事例を図-4<sup>3)</sup>に示す。

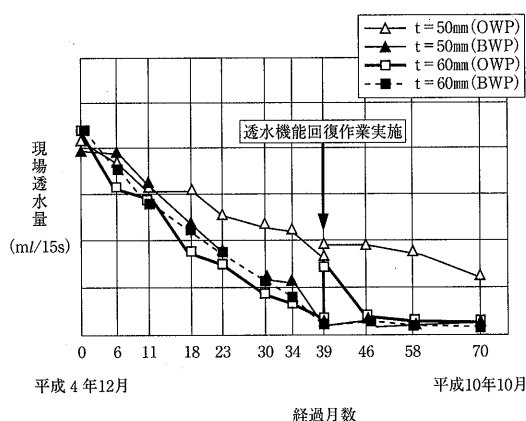


図-4 回復作業前後の現場透水量の経時変化

図-4の現場では、39ヶ月目で現場透水量がほぼゼロに近い数値を示している。この時点で機能回復作業を行い、一部ある程度の回復が期待できるデータもあるが、本来新設時点に求められる1,000 (ml/15sec)以上の現場透水量には戻らないのみならず、殆どのデータが、作業前より若干現場透水量が増加したにすぎない。

今後、機能回復作業を行う時期やサイクルを検討する上で、現場透水量に着目して、本来必要な最小限の透水量はいくらか、あるいはその機能が回復したと認められるのはどの程度になることをいうのかを明確にしておくことも必要である。さらに排水性舗装の一定以上の機能が確保されるべき供用年数も事前に設定しておくことが求められる。

そのためには、多くのデータを集積する必要があるが、たとえば図-4を参考に考えると、回復作業後は現場透水量が事前よりも一旦改良され、その後横ばいあるいは低下していく傾向が見られる。従って、舗装施工後12ヶ月程度で機能回復作業を行い、さらに1年程度の回復作業サイクルである程度の期間排水機能が保てることが期待できる。

以上の検討をする上でも、目詰まり物質の量と回収量の関係も検討のテーマとなる。機能回復機械での空隙づまり物質の回収量を一つの指標としたデータが図-5<sup>4)</sup>である。

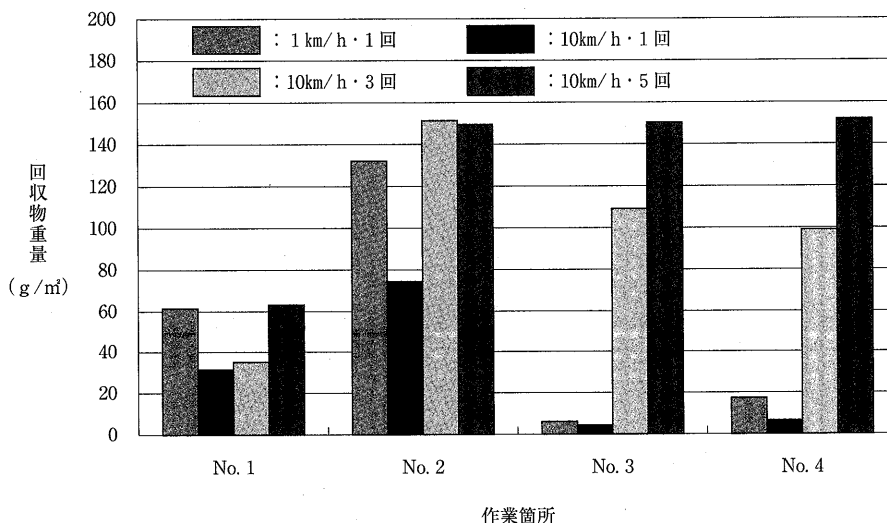


図-5 作業速度・回数と回収物量の関係

図-5の左の棒グラフが、一般に行われている速度(1km/h)による回復作業によって回収された回収物量であるが、10倍の速度での作業でも複数回の作業を行えば十分に目的を達成することができると分かる。10km/h以上の作業では、現場によって十分移動規制で作業ができることから、今後のデータ集積に効果が期待できる。

#### 4. あとがき

排水性舗装の機能が、比較的短期間に低下することは周知のことであるが、機能を回復させるための方法については、系統的な検討が未整備の段階である。その理由の一つには、従来作業速度が遅く、広い面積でデータ収集が困難であったこともあるが、機能回復作業機械が高価なこともあって、施工済み面積の割には極端に台数が少ないこともあげられる。排水性舗装が社会基盤として大きな位置づけがなされるようになってきた現在、機能維持に対する共通の認識を計る必

要がある。供用後何年間でどの程度の現場透水量が必要か、それを維持するためにはどういったサイクルで機能維持あるいは回復作業を行わなければならないか、さらに維持に必要な費用も含めたライフサイクルコストのモデルも提示する必要がある。そのためにも、産官学が一体となったテーマとして取り上げることを期待したい。

#### — 参考文献 —

- 1) 増山, 草刈, 岡藤: 排水性舗装の機能回復手法に関しての検討, 道路建設 (1993.10)
- 2) 岸: 新しい排水性舗装 (高機能舗装) 機能回復車, 建設機械 (1999.12)
- 3) 田中, 内田, 服部: 排水性舗装に関する追跡調査 (九州地建の事例) (下), 舗装 (2000.2)
- 4) Masuyama, Kusakari: Development of High Speed Function Recovery Machine for Porous Pavement, 10th REAAA Conference (2000.10)



#### ☆2000年版発行のお知らせ☆

皆様からご好評をいただいている下記出版物は、毎年改訂発行しております。  
ただいま予約受付中です。

日本アスファルト協会・発行

### 『アスファルト・ポケットブック』2000年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文91ページ・実費頒価1部 800円 (送料実費は申込者負担)  
ハガキにてお申し込み下さい。

#### — 主 な 内 容 —

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| ○アスファルト需要の推移        | ○道路投資額とアスファルト需要 |
| ○石油アスファルトの生産実績      | ○新道路整備5カ年計画     |
| ○石油アスファルトの需要推移      | ○平成12年度の道路予算    |
| ○石油アスファルトの需要見通し     | ○道路特定財源の推移      |
| ○石油アスファルトの製造及び流通    | ○道路の整備状況        |
| ○石油アスファルトの生産場所及び油槽所 | ○石油供給計画         |
| ○石油アスファルトの製造原油      | ○世界の石油アスファルト生産量 |
| ○石油アスファルトの品質規格      | ○主要諸国の道路事情      |
| ○石油アスファルトの用途        | ○データシート         |
| ○アスファルト合材の製造実績      | ○日本アスファルト協会の概要  |
| ○改質アスファルトの出荷実績      | ○住所録            |
| ○アスファルト乳剤の出荷実績      | ○関連官庁・関連団体      |

## 機能・用途の拡大に向けて①

# 多孔質弾性舗装の研究開発

(Research and Development of Porous Elastic Road Surfaces)

大西博文\*

道路交通騒音対策として現在開発中の多孔質弾性舗装は、自動車走行騒音測定実験によると大きい騒音低減効果を有することが確認されている。さらに、道路舗装としての舗装の実用化のために走行安全性、耐久性等の課題が検討されている。今後、この舗装の実用化により道路交通騒音の状況が改善されることが期待されている。

### 1. はじめに

多孔質弾性舗装は道路交通騒音対策として現在まだ開発中のものであるが、排水性舗装に比べ非常に大きな騒音低減効果を有している。また、この舗装は舗装による騒音対策であるため、沿道への出入りのある一般道路にも適用できる。この舗装と同様に大きな騒音低減効果をもつ対策に遮音壁があるが、これは道路と沿道との間の出入りを妨げるため、沿道アクセスのある一般道路では施工が困難である。このように多孔質弾性舗装は大きな騒音低減効果をもち、また一般道路にも適用できるため、道路交通騒音対策としては非常に有望なものと考えられる。従って、この舗装が実用化されると、道路交通騒音問題は大きく改善されると思われる。

本稿では、多孔質弾性舗装の現在の開発状況について述べる。まず、多孔質弾性舗装について説明し、次にこの舗装の自動車走行騒音低減効果及び音響特性について述べる。その後で、滑り摩擦抵抗、耐火性及び耐久性等実用化のための様々な課題について述べる。なお、ここでいう騒音低減効果とは、通常用いられる密粒度アスファルト舗装における自動車走行の騒音レベルから多孔質弾性舗装等における騒音レベルを差し引いたもののことである。

### 2. 多孔質弾性舗装とは

多孔質弾性舗装は、道路舗装の厚さ3～5 cm程度の表層として通常よく使われる密粒度アスファルト混合物の代わりに、古タイヤを細かく裁断して作られるゴム粒子をポリウレタン樹脂で固めて作られたゴム版を

用いた舗装のことである。ゴム粒子の大きさ、形状には色々なものがあり、次の3章では幅1～2 mm、長さ10～20 mmのひじき状のゴム粒子を用いて多孔質弾性舗装の表層版を成型している(図-1参照)。

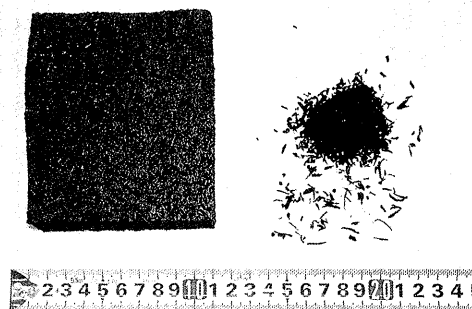


図-1 多孔質弾性舗装のゴム粒子と成型版

もともとこの舗装はスウェーデンのNilssonらによって1970年代の中頃に考案され、1990年代の初期まで断続的に研究開発が行われたが、まだ実用化には至っていない<sup>1) 2) 3) 4)</sup>。一方、筆者らは上記のような多孔質弾性舗装版を用いて研究開発を行っており、その実用化のため騒音低減効果<sup>5) 6)</sup>に加えて走行安全性、施工性、耐久性等に関する研究も実施している。

多孔質弾性舗装は、ゴム粒子を固めたものであるため多孔質であり、またゴムでできているため弾性を有している。これらの特徴のため、この舗装は通常の密粒舗装に比べ自動車走行騒音が格段に小さい。前者の特徴は排水性舗装と同じであるが、後者は排水性舗装

\*おおにし ひろふみ 国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路研究官

にはないものである。これがこの舗装の騒音低減効果を、一般的には3 dB程度の騒音低減効果をもつと言われている排水性舗装より大きくしている要因であると考えられる。これら3種類の舗装の路面性状を図-2に示す。

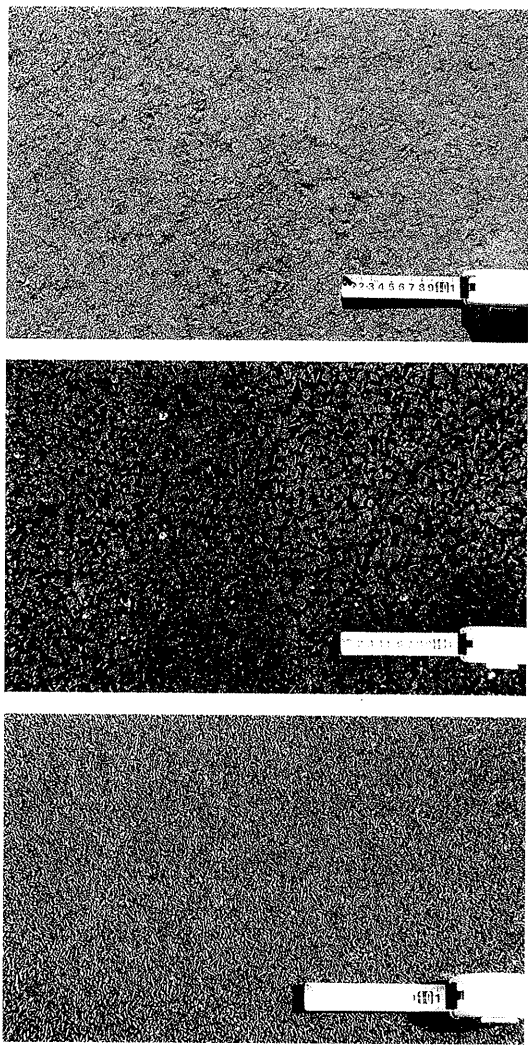
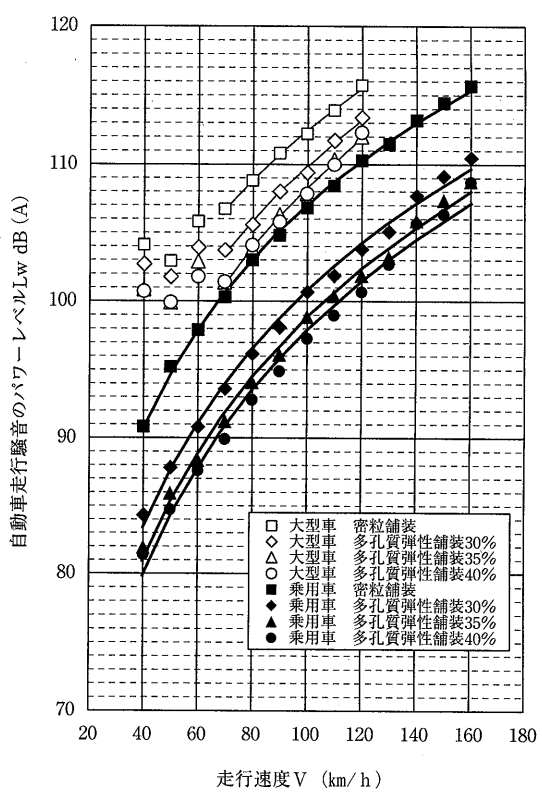


図-2 各種舗装の路面性状（上から密粒舗装，排水性舗装，多孔質弾性舗装）

### 3. 多孔質弾性舗装の騒音低減効果

#### 3.1 空隙率と騒音低減効果

試験走路に敷設された3種類の空隙率30%，35%，40%の多孔質弾性舗装上で試験車を定常走行させたときの騒音のパワーレベルを図-3に示す。このときの表層の厚さは5 cmであり，ゴム粒子は直径約1.0mm，長さ約10mmであった。なお，ここではマイクロフォン



(注1) 図中の曲線は，パワーレベルと走行速度の回帰曲線。  
(注2) 大型貨物車のギヤ位置は，40km/hのとき4速，50・60km/hのとき5速，70km/h以上のとき6速。  
(注3) 大型貨物車の回帰分析は70km/h以上で行った。

図-3 車種別，舗装種類別自動車走行騒音のパワーレベルと走行速度の関係

の直前の地点を中心とする1秒間の走行距離の区間における自動車走行騒音を用いて有限長自乗積分法によりパワーレベルを求めた。

乗用車の場合，走行速度が40～160km/hの範囲で，空隙率30%の多孔質弾性舗装は約5～7 dBの騒音低減効果を示した。空隙率35%，40%のものは約7～10dBの騒音低減効果を示した。一方，大型貨物車の場合，走行速度が40～120km/hの範囲で，空隙率30%の多孔質弾性舗装は約1～3 dB，空隙率35%，40%のものは約3～6 dBの騒音低減効果を示した。両車種とも空隙率が高いほど大きな騒音低減効果を示す。空隙率30%と35%の減音効果の差は大きい，空隙率35%と40%の差はあまり大きくない。また，大型貨物車に比べ乗用車の方が騒音低減効果は大きい。これは，多孔質弾性舗装の騒音低減効果が主として発揮されるタイヤ路面騒音の自動車走行騒音全体に占める割合が，大型貨物車より乗用車の方が大きいため

あると考えられる。

### 3.2 舗装厚・ゴム粒子の大きさと騒音低減効果

上記のとおり空隙率が40%の多孔質弾性舗装が最も大きい騒音低減効果を示したので、空隙率を40%として、表層の厚さを2～5 cmまで1 cm刻みとし、またゴム粒子の大きさを小さいもの（直径約1.0 mm、長さ約10 mm）と大きいもの（直径約1.5 mm、長さ約15 mm）の2種類として同様の騒音測定を行った。

このときの自動車走行騒音の低減効果を示したものが図-4、図-5である。これによると乗用車の場合、

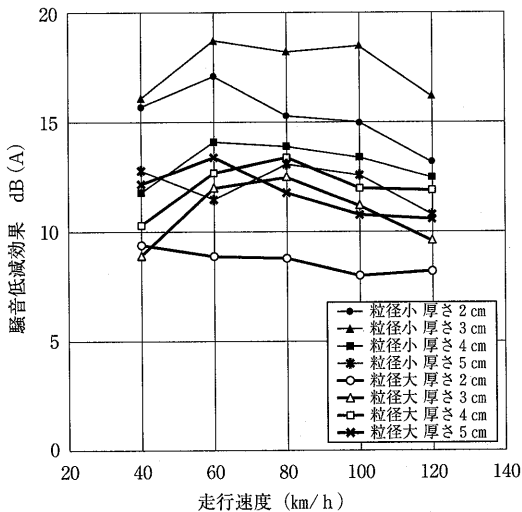


図-4 ギャム粒子径別、表層厚さ別多孔質弾性舗装の騒音低減効果（乗用車、定常走行）

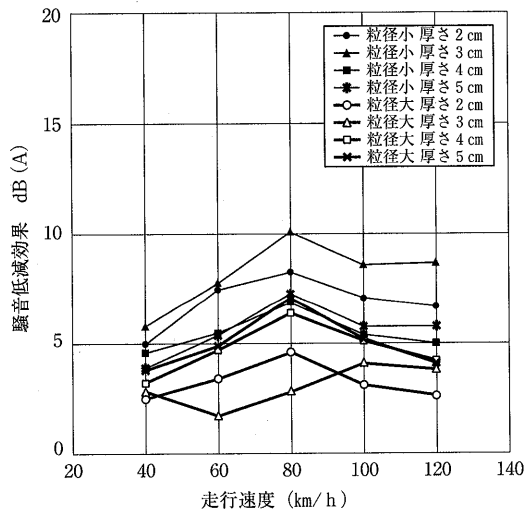


図-5 ギャム粒子径、表層厚さ別多孔質弾性舗装の騒音低減効果（大型貨物車、定常走行）

速度が40～120 km/hの定常走行の場合、厚さ3 cm、小さいギャム粒子の多孔質弾性舗装が最も騒音低減効果が大きく約16～19 dBであった。次に減音効果が大きかったのは厚さ2 cm、小さいギャム粒子のもので約13～17 dBであった。騒音低減効果が最も小さかったのは、厚さ2 cm、大きいギャム粒子のもので約8～9 dBであった。全般的にギャム粒子が小さい方が騒音低減効果は大きかった。また、表層厚の厚さは必ずしも厚い方が効果が大きいわけではなく、ギャム粒子が小さい場合はむしろ厚さが3 cm、2 cmの方が4 cm、5 cmよりも大きい効果を示した。

一方、大型貨物車の場合も、走行速度が40～120 km/hの範囲で、厚さ3 cm、小さいギャム粒子の多孔質弾性舗装が最も騒音低減効果が大きく約6～10 dBであった。次に減音効果が大きかったのは厚さ2 cm、小さいギャム粒子のもので約5～8 dBであった。減音効果が最も小さかったのは、厚さ2 cm、大きいギャム粒子のもので約2～4 dBであった。大型車の場合も、全般的にギャム粒子が小さい方が減音効果は大きかった。また、表層厚の厚さも、ギャム粒子が小さい場合は厚さが3 cm、2 cmの方が4 cm、5 cmよりも大きい減音効果を示した。

上記のとおり多孔質弾性舗装は大きい騒音低減効果を有するが、これは材料としてギャム粒子とポリウレタン樹脂のみを含んでいるためであり、後述する滑り摩擦抵抗を改善するために添加物を加えると、騒音低減効果はもう少し低下してくる。滑り摩擦抵抗及び騒音低減効果をバランスよく確保することが重要である。

### 3.3 垂直入射吸音率

厚さとギャム粒子の大きさを変えた7種類の多孔質弾性舗装と密粒舗装からそれぞれ3組ずつの供試体を作り、これらを用いて2マイクロフォン管内法でまず音響インピーダンス比を求め、これから垂直入射吸音率を算出した。各種の3組の供試体はそれぞれ比較的良好な吸音特性が一致しており、これらを平均したものを各舗装の垂直入射吸音率とした。

密粒舗装の垂直入射吸音率は1,600 Hzの周波数帯域で約0.2になるのを除き、ほとんどすべての周波数帯域で0に近い値であった（図-6参照）。一方、多孔質弾性舗装では厚さによって吸音率のピークを示す周波数帯域が異なるが、概ね800～2,000 Hzの周波数帯域で約0.9のピーク値を示す。さらにこれらの約4倍の周波数帯域で第1ピークより低いピークを示す。また、第1ピークの周波数は、厚さ2 cmのときは約1,800 Hz、厚さ3 cmでは約1,500 Hz（図-7参照）、厚さ4 cmでは

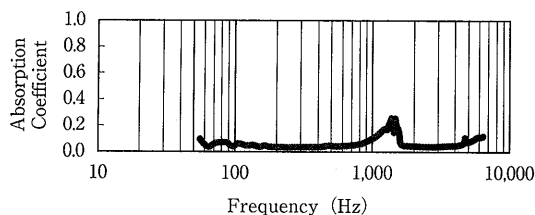


図-6 密粒舗装の垂直入射吸音率の周波数特性

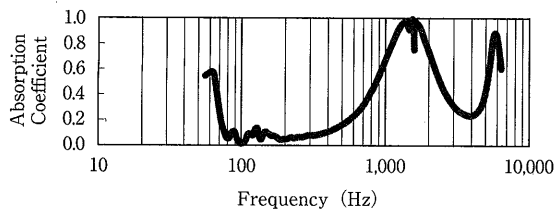


図-7 垂直入射吸音率の周波数特性  
(多孔質弾性舗装 (厚さ 3 cm, 粒径小))

約1,000Hz, 厚さ 5 cmでは約850Hzであった。このように舗装厚さが増加するとともに、吸音率のピークを示す周波数帯域が低下している。これらの特徴から多孔質弾性舗装の吸音メカニズムは、共鳴器型のものと考えられる。

#### 4. 舗装面の滑り摩擦抵抗

自動車の走行安全性を確保するために道路舗装が備えるべき条件に滑り摩擦抵抗がある。これは、自動車が走行中に制動をかけたときに道路構造令に規定されている制動距離内で停止するのに十分大きい滑り摩擦係数を舗装面が示すことが必要であるということである。通常、路面の滑り摩擦係数は乾燥時より湿潤時の方が小さいため、湿潤時の滑り摩擦係数が十分に大きいかどうか確認する必要がある。そこで、滑り摩擦測定車を使って多孔質弾性舗装と密粒舗装の湿潤時の滑り摩擦係数を走行速度が60～140km/hの範囲で測定した。

測定結果から得られた道路進行方向への縦滑り摩擦係数を図-8に示す。これによると多孔質弾性舗装の縦滑り摩擦係数は約0.4～0.5で、走行速度80km/h未満では密粒舗装より小さいが、80km/h以上ではそれより大きくなっている。この滑り摩擦係数を用いて道路構造令に規定する制動停止距離を計算したものを図-9に示す。これによると多孔質弾性舗装の制動停止距離は道路構造令に規定している値よりも小さく、規定を満足している。また、自動車の車線変更時などに必

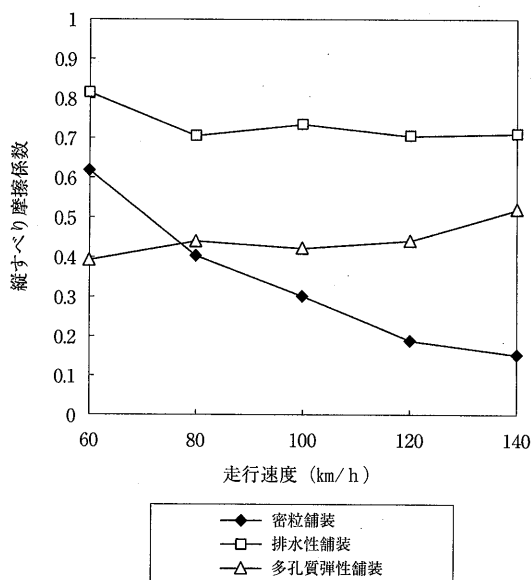


図-8 縦すべり摩擦係数

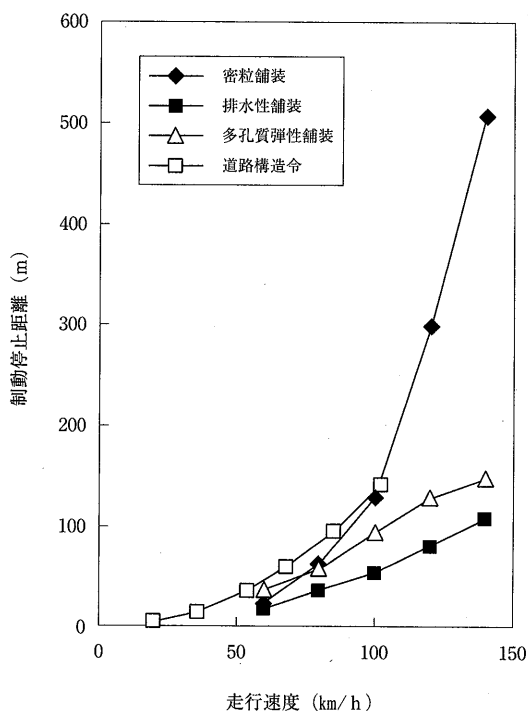


図-9 制動停止距離

要となる進行方向と垂直な横滑り摩擦係数も同様に測定結果から求め、図-10に示す。多孔質弾性舗装の横滑り摩擦係数は横滑り角や走行速度によっても異なるが、0.28～0.67の範囲にあり、道路構造令で基準値として想定されている0.11～0.15より大きく、規定を

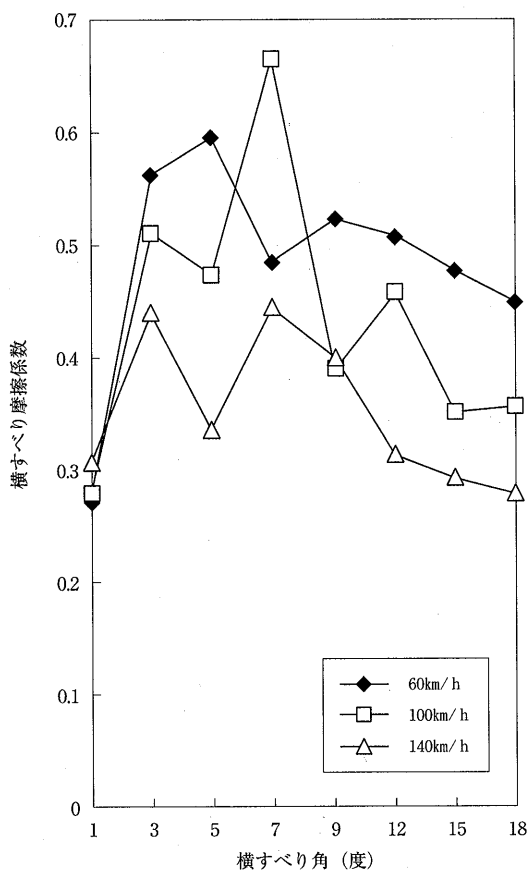


図-10 横すべり摩擦係数

満足している。従って、道路舗装としてゴムを用いた新しい舗装である多孔質弾性舗装は、十分大きな滑り摩擦抵抗を示し、自動車の走行安全性に支障をきたすものではないと考えられる。

## 5. 耐火性

多孔質弾性舗装はゴムでできているため、その耐火性を確認しておく必要がある。そこで、表-1に示す屋内実験と屋外実験を行い、通常の密粒舗装と多孔質弾性舗装の耐火性を比較、検討した。

屋内実験ではガソリン相当の高揮発性燃料（*n*-ヘプタン）を用いた場合、密粒舗装では火種を近づけると一瞬にして燃料散布領域に火炎が広がったが、舗装材料は燃えなかった。一方、多孔質弾性舗装でも、火種を近づけると燃料散布領域に火炎が広がった。その後、舗装材料のゴムも燃えだし、燃料散布領域外に火炎が伝播した。このときの火炎の伝播速度は約4cm/分で極めて遅い。なお、放射温度計により測定された燃焼領域の中心部の舗装表面温度は密粒舗装、多孔質弾性舗装ともに約400℃であった。

屋外実験では軽油を散布した場合には、密粒舗装、多孔質弾性舗装とも火種を近づけても引火しなかったが、ガソリンの場合には双方ともすぐに引火した。密粒舗装の場合は、舗装表面に流れ広がったガソリンに引火し、その流れ広がった範囲で激しく燃え、炎は約2.5～3mの高さにまで上がった。このとき、舗装表面にある燃料が直接燃えるため炎の色は赤く、また不完全燃焼が起こり黒煙が発生した。しかし、舗装材料は燃焼しなかった。一方、多孔質弾性舗装の場合は、燃料を散布した範囲以外には燃料は広がらず、散布した範囲内の舗装の空隙に燃料が浸透し、その範囲内で気化した燃料が舗装体内から空隙を通り、それに引火した。このとき、舗装材料のゴムが燃えたため炎の色は赤く、多くの黒煙が発生した。炎の高さは密粒舗装より低く、約1～1.5mであった。また、火炎は多孔

表-1 耐火性実験の概要

| 実験種別 | 舗装体種類   | 骨材・空隙率                         | 燃料種類                          | 実験方法                                                                                                                                  |
|------|---------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 屋内実験 | 密粒舗装    | 骨材粒径13～5 mm,<br>空隙率 3 %        | 高揮発性燃料：<br>n－ヘプタン<br>(ガソリン相当) | 大きさ50×50cm、厚さ 5 cmの供試体の中央において<br>直径30cmの範囲に500mlの燃料を一樣に散布する。<br>燃料が供試体に浸透したら（密粒舗装には浸透しない）、<br>供試体の中央にパイロットランプにより着火する。                 |
|      | 排水性舗装   | 骨材粒径13～5 mm,<br>空隙率20%         |                               |                                                                                                                                       |
|      | 多孔質弾性舗装 | 古タイヤをひじき<br>状に細断したもの<br>空隙率35% | 低揮発性燃料：<br>n－デカン<br>(軽油相当)    |                                                                                                                                       |
| 屋外実験 | 密粒舗装    | 屋内実験と同様                        | ガソリン                          | 広さ 5 × 5 mの範囲に厚さ 5 cmの実験用の舗装を施<br>工する。その中央部に直径 3 mの範囲に36 ℓの燃料<br>を一樣に散布する。燃料が供試体に浸透したら（密<br>粒舗装の場合は浸透しない）、供試体の中央にパイロ<br>ットランプにより着火する。 |
|      | 排水性舗装   |                                | 軽油                            |                                                                                                                                       |
|      | 多孔質弾性舗装 |                                |                               |                                                                                                                                       |

質弾性舗装上を伝播していったが、その速度は非常に緩慢であった。

上述のとおり、密粒舗装と多孔質弾性舗装上に燃料が散布され、それに引火した状況を比較すると、前者では散布された燃料が舗装上を流れ広がり、その燃焼範囲は大きくなり、火炎の高さも高い。一方、後者では燃焼範囲は燃料が散布された範囲に限られ（その後、燃焼範囲は徐々に拡大するが、その速度は遅い）、火炎の高さは低い。従って、耐火性については多孔質弾性舗装の方が密粒舗装よりも安全であると考えられる。

## 6. 耐久性

道路舗装は、その寿命中に自動車は何百万台も通ると考えると、この通過交通に対する耐久性を備えている必要がある。そこで、車両の走行による多孔質弾性舗装の摩耗、変形を調べるために、ラベリング試験及びカンタブロ試験を行った。これと比較するために、密粒舗装についても同時にこれらの試験を行った。また、上記の試験は屋内試験であるが、屋外の舗装試験走路に多孔質弾性舗装を敷設して、試験車走行による耐久試験も実施した。

路面の摩耗度を調べるラベリング試験では、より条件が厳しいスパイクタイヤを用いて約3万回走行させた。その結果、密粒舗装では轍の中央部付近が約1cmと深く摩耗していた。一方、多孔質弾性舗装ではほとんど摩耗もなく路面は平坦であった。また、舗装材料の衝撃に対する安定性を調べるカンタブロ試験の結果は、密粒舗装では重量で約10～20%の材料が飛散していたが、多孔質弾性舗装では材料の飛散はほとんど見られずその安定性を示していた。一方、舗装試験走路における試験車走行試験では、2軸の総重量14tの大型車を約25万回走行させたところ、多孔質弾性舗装の路面はほとんど摩耗されておらず、平坦であった。以上のとおり、屋内実験や屋外の実験施設による試験ではあるが、今のところ多孔質弾性舗装の耐久性に関し

## 7. おわりに

多孔質弾性舗装は、上述のとおり排水性舗装に比べて非常に大きい騒音低減効果をもつ。また、その実用化に際しての走行安全性、耐火性、耐久性等の諸課題についても屋内実験や屋外実験により確認したところ肯定的な結果が得られている。今後は、実際の道路でこの舗装の騒音低減効果や耐久性等を確認し、実用化できるかどうかを評価していくことが必要である。また、この舗装を広く普及させるためには上記の課題の他に経済性や施工性についても改善を図ることが求められる。

## — 参考文献 —

- 1) Nils-Ake Nilsson: The Poro-elastic Road Surface - A New Tool for Controlling Traffic Noise, Proceedings of Noise Con'83, pp.375-378, 1983
- 2) Tommy Zetterling, Nils-Ake Nilsson: Implementation of the poro-elastic road surface, Proceedings of International tire/road noise conference 1990, pp.315-325, August 1990
- 3) Ulf Sandberg, Hans Bendtsen, Johnny Johansen, Jorgen Kragh, Svein A Storeheier: Low noise road surfaces - A Nordic co-operation project, VTI rapport, No.388, 1993
- 4) 明嵐政司, 藤原敏彰, 長谷部正基: 多孔質弾性舗装の騒音低減特性について, 交通工学, Vol.30, No.6, pp.21-28, 1995
- 5) 大西博文, 明嵐政司, 鉢嶺清範: 多孔質弾性舗装の騒音低減特性について, 土木技術資料, Vol.38, No.1, 1996
- 6) 大西博文, 南里吉輝: 多孔質弾性舗装の開発—材料粒子, 舗装厚と自動車走行騒音, 車外振動との関係—, 平成9年秋季日本音響学会講演論文集Ⅱ, pp.677-678, 1997

☆

☆

☆

☆

☆

☆

## 機能・用途の拡大に向けて②

# 車道透水性舗装

(Permeable Pavement)

兼 田 実\*・村 上 勝 利\*\*

道路網の発達、経済の発展に貢献した一方、大気汚染や騒音等、環境にも少なからず影響を与えた。

このため車輛の改良により大気汚染等の抑制が計られるとともに、舗装においても種々の取り組みが行われ、現在、騒音対策等のため排水性舗装が急速的に進展している。

こうした中で、重交通区間における車道透水性舗装が平成5年に和歌山で施工され、毎年、機能性や耐久性の追跡調査を行っており、開削調査による路床等の状況も含め報告するものである。

### 1. 施工箇所の概要

(一般国道24号)

一般国道24号は、京都市を起点とし、奈良県を縦貫した後、紀の川に沿って和歌山市に至る幹線道路で、関西都市圏の外郭道路の性格も併せ持っている。

本道路は、昭和36年までに、和歌山県内の一次改築をすべて終えた。しかし、その後の沿線地域の開発や、それに伴う交通量の増加と車輛の大型化により、幅員狭小部などにおける交通混雑が目立ち始めた。

これらの問題や、JR和歌山線との平面交差を解消するため、バイパスの整備事業を進めている。

(和歌山バイパス)

旧24号においては、和歌山市中心部への入口となる交差点などで交通渋滞が慢性化しており、堤防上の区間は、紀の川が危険水位に達した場合、通行止めになる。和歌山バイパスは、これらの課題の解消を目的として事業化され、平成5年7月には全線が暫定供用されるに至り、以来、郊外型大型店をはじめとする沿道型店舗が多数進出するなど、地域の経済振興に寄与している。現在、全線4車線の完成供用に向けた事業を進めており、本道路の完成は、和歌山県北部のさらなる活性化につながるものとして期待されている。

### 2. 透水性試験舗装の概要

#### ①. 試験舗装箇所 一般国道24号 (和歌山バイパス)

那賀郡岩出町吉田地先

②. 施工規模 延長：350m (50m \* 7 工区) 面積：2,992㎡

③. 舗装設計 D交通 設計CBR12% (目標 $T_A=30\text{cm}$ )

④. 交通状況 24時間交通量 24,618台、大型車混入率 11.2% (H9年センサス)

試験舗装の内容を表-1に示す

### 3. 追跡調査

#### 3.1 調査項目

追跡調査は、埋設計器による調査を4項目、路面性状等の経年変化を4項目、計8項目の調査を行ってきた。

#### 3.2 埋設計器調査の結果

##### ①. 路床面下土圧測定

a. 標準舗装は、年間を通じて一定の値を保っているが、透水性舗装では夏期と冬期の違いが顕著に現れる。これは、水分量の違いが大きいものと考えられる。

b. 路床の値は、標準舗装の値に近似している。これは、透水性舗装の路盤が雨水等の影響を顕著に受けるが、路床はそれほど受けていないためと考えられた。

##### ②. 路床内間隙水圧測定

各工区の変化は同じであり、標準舗装と透水性舗装の違いは特に見られない。

\*かねだ みのる 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所技術課長

\*\*むらかみ かつとし 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所技術課技術第二係長

表-1 試験舗装の内容

| 調査箇所  |          | 標準舗装 |       |      |       |      |       |      | 透水性舗装       |      |             |      |            |      |            |
|-------|----------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------------|------|-------------|------|------------|------|------------|
| 項 目   |          | 1 工区 |       | 2 工区 |       | 3 工区 |       | 4 工区 |             | 5 工区 |             | 6 工区 |            | 7 工区 |            |
| 舗装構成  | 密粒度      | 150  | 透水性13 | 150  | 透水性13 | 150  | 透水性13 | 150  | 透水性13       | 150  | 透水性13       | 150  | 透水性13      | 150  | 透水性13      |
|       | 粗粒度      | 150  | 透水性20 | 170  | 透水性20 | 170  | 透水性20 | 170  | 透水性20       | 170  | 透水性20       | 170  | 透水性20      | 170  | 透水性20      |
|       | 粗粒度      | 150  |       |      |       |      |       |      |             |      |             |      |            |      |            |
|       | AS処理     | 180  | 透水性20 | 170  | 透水性20 | 170  | 透水性20 | 170  | 透水性20       | 170  | 透水性20       | 170  | 透水性20      | 170  | 透水性20      |
|       |          | 180  | 透水性安定 | 180  | 透水性安定 | 180  | 透水性安定 | 180  | 透水性安定       | 180  | 透水性安定       | 180  | 透水性安定      | 180  | 透水性安定      |
|       | 粒調<br>碎石 | 150  |       |      |       |      |       |      | AS再生<br>碎石  | 210  | AS再生<br>碎石  | 210  | AS再生<br>碎石 | 210  | AS再生<br>碎石 |
|       | 粒調<br>碎石 | 100  | 切込碎石  | 210  | 切込碎石  | 210  | 切込碎石  | 210  |             |      |             |      |            |      |            |
|       |          |      |       |      |       |      |       |      | 遮断層<br>保水層砂 | 150  | 遮断層<br>保水層砂 | 150  |            |      |            |
|       |          |      |       |      |       |      |       |      | 路床          |      | 路床          |      |            |      |            |
|       |          |      |       |      |       |      |       |      |             |      |             |      |            |      |            |
|       |          | (mm) |       | (mm) |       | (mm) |       | (mm) |             | (mm) |             | (mm) |            | (mm) |            |
| 設計CBR |          | 12%  |       |      |       |      |       |      |             |      |             |      |            |      |            |



写真-1 調査箇所全景

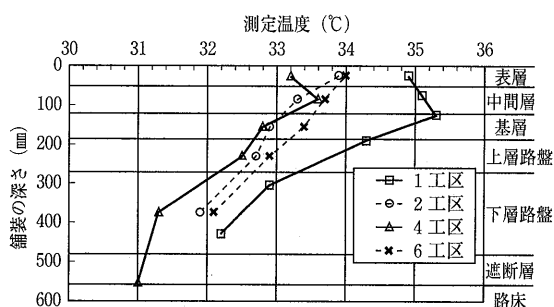


図-2 舗装体温度

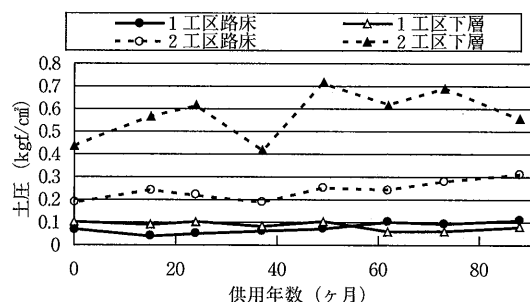


図-1 静的載荷試験 (2工区)

に行われているからだと思われる。

### 3.3 路面性状等機能調査の結果

#### ①. わだち掘れ量測定

- 各工区のわだち掘れ量は6～14mmで、維持修繕要否判定の目標値30mm以内の良好な値である。
- 標準舗装と透水性舗装との比較は、透水性舗装が2～4mm程度大きい。

#### ②. 現場透水試験

- 排水性舗装技術指針 (案) の合否判定値 (900cc/15sec) からすると、全工区とも満足していない。
- 各工区の透水量は、累積大型車交通量の増加に伴い、低下傾向にある。(図-3参照)
- 2工区の低下は、進行方向に対し最初の工区であり、1工区側からゴミや砂等が交通車輛により運び込まれて、空隙づまりを起こしたものと推察される。

#### ③. すべり抵抗 (BPN) 測定

- 標準舗装と透水性舗装を比較すると、透水性舗装のすべり抵抗値が大きく、雨天時における透

#### ③. 舗装体温度測定

- 標準舗装と透水性舗装の温度差は、夏期は認められるが、冬期は概ね同温である。
- 夏期の温度差は、表層で1～1.5℃、2層目以下も1～2℃透水性舗装が低くなっている。

#### ④. 土中水分量測定

標準舗装は、年間を通じて一定の値を保っているが、透水性舗装では夏期と冬期の違いが顕著に現れている。これは、透水性舗装において、雨水等の浸透が明らか

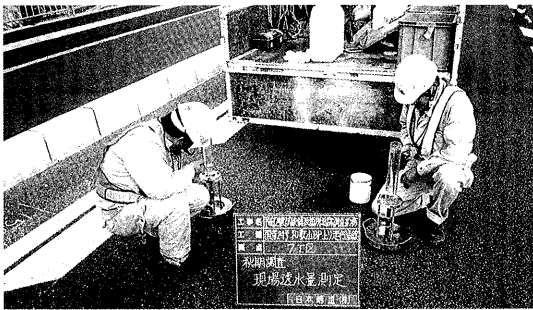


写真-2 現場透水試験

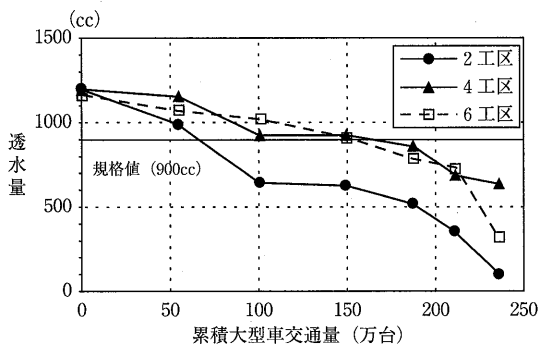


図-3 現場透水試験と累計大型車交通量

水性舗装の安全性が伺える。

- b. 各工区とも、BPN55~70付近であり安定した状態で推移している。

#### ④. 騒音測定

- a. 時間率騒音レベル中央値 (L50) は、透水性舗装が1~3dB低い。
- b. 供用初期と比べて騒音低減効果は小さくなる傾向にあるが、図-4に示すとおり、現在のところ低減効果は、同レベルで推移している。

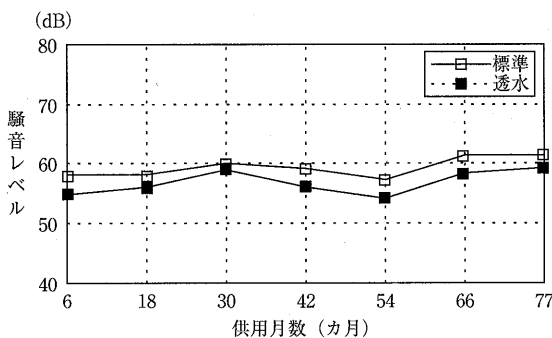


図-4 等価騒音レベルの推移

#### 4. 路面開削調査

平成11年11月、供用6年を経過したこともあり、舗装の開削を行い、舗装、路盤、路床の機能性試験等による透水性舗装の中間評価を行った。



写真-3 開削実施状況

##### 4.1 調査項目

路面開削調査は、代表試験舗装工区として1~3工区の3箇所路床まで行い、舗装体のAs混合物はブロック供試体として切り出し、路盤と路床は試料採取した。

試験項目は、以下に示す現場調査と室内試験の8項目を行った。

##### 4.2 現場調査試験の結果

###### ①. 路盤材

- a. 繰り返し平板載荷試験では、図-5に示すとおり1工区 (粒調碎石) が $132.2 \sim 133.7 \text{ N/mm}^2$ と、2・3工区 (切込碎石) の $75.6 \sim 91.4 \text{ N/mm}^2$ より40~50%大きな変形係数を示しており、材料の違いによる特性が現れている。

測定位置による差は、非わだち部の方がわだち部に比べて概ね10%程度大きな値を示している。

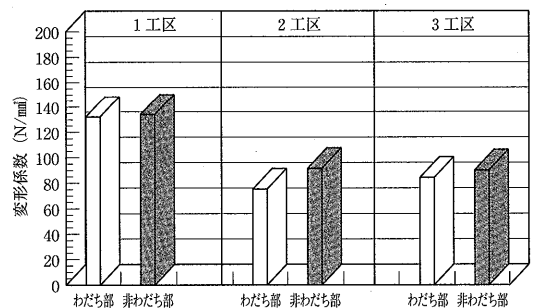


図-5 下層路盤の変形係数

- b. 砂置換法による密度試験の締固め度は、わだち部で品質管理基準（93%）を満足しているが、非わだち部では下回の結果であり使用材料に関係なくわだち部に比べて非わだち部は約5%程度小さくなっている。



写真-4 平板載荷試験

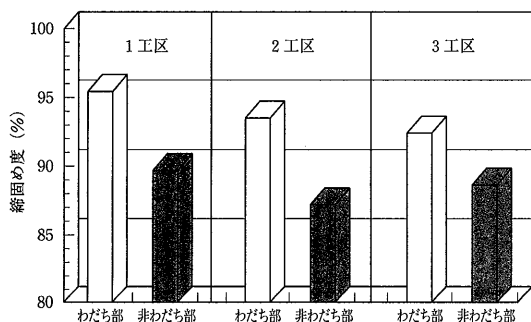


図-6 下層路盤の締固め度

## ②. 路床土

- a. 繰り返し平板載荷試験による変形係数は、施工時に55.0~133.2N/mm<sup>2</sup>であったが、本調査では41.2~76.2N/mm<sup>2</sup>に変化している。これは、路床土に用いられた材料が風吹山系の山ズリで、スレーキングが生じやすい特性が影響したものと考えられる。

また、2・3工区は路床への雨水等の影響があったものと考えられ、1工区は施工時の数値に近似しているものの、2・3工区は施工時の50%程度になっている。

- b. 砂置換法による密度試験では、図-8に示すとおり1工区の標準舗装では締固め度が98%以上あり品質管理基準（90%）を満足するのにに対し、2・3工区の透水性舗装は83~89%である。

これは、1工区は標準舗装のため雨水等の影

響が少なく、2・3工区は雨水等の影響により路床土の細粒分が流失し、締固め度を低下させたものと考えられる。

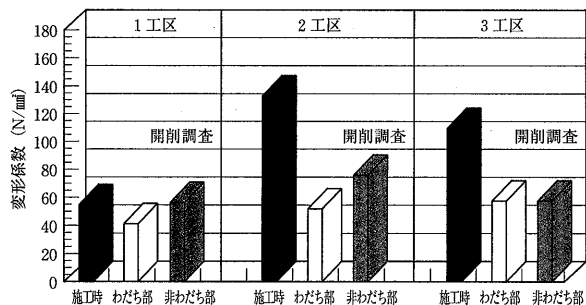


図-7 路床土の変形係数

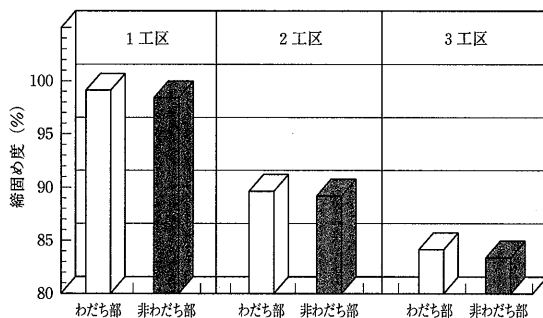


図-8 路床土の締固め度

## 4.3 室内試験の結果

### ①. 路床土

- a. 粒度特性については、施工時に比べて2工区で細粒化が認められた。  
 b. 塑性指数は施工時に比べて低下している。  
 c. CBR特性は、施工時に比べて1工区は増加し、2・3工区の透水性工区は低下している。（図-9参照）

1工区の支持力増加は、舗装全体に雨水等の影響が少ないと考ええると圧密によるものと推察される。

2・3工区の低下は、材料のパラツキによる影響も考えられるが、雨水等による影響が大きいものと考えられる。

- d. 透水係数は、施工時に $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-7}$  cm/secの範囲にあったものが、開削調査時では $1 \times 10^{-5}$  cm/secの水準にあり、標準工区と透水性工区の差は認められない。

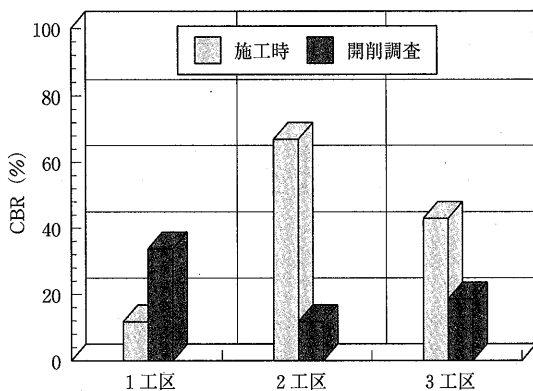


図-9 路床のCBR

## ②. 路盤材

- 粒度特性は、施工時に比べ1工区（粒調碎石）は同等と思われるが、2・3工区（切込碎石）は、4.75mm以下について細粒化傾向が認められた。
- 締固め特性は、施工時に比べて1工区は最適含水比が増加し、最大乾燥密度が若干低下している。また、2・3工区は、最適含水比及び最大乾燥密度とも増加している。
- 透水係数は施工時と同じ水準であり、粒調碎石と切込碎石の差はない。

## ③. アスファルト混合物

- 空隙率は、各工区の2層目が配合設計に比べて40%程度低下している。
- 透水係数は3工区の2層目の低下が大きい。  
 その他では  $1 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$  以上の基準は満足しないものの、 $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$  程度の水準にある。

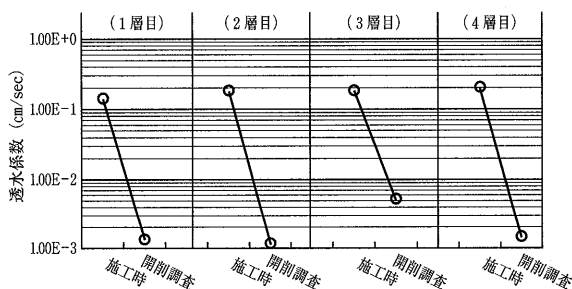


図-10 透水係数の経時変化（わだち部）

## 5. まとめ

供用6年後に行った開削調査結果によれば、表層付近のアスファルト混合物の機能低下は認められるものの、路面性状は良好であった。また、路床土の支持力低下が認められ、この原因については試料採取時に試料を乱したことによることも考えられるが、雨水等による影響が大きいものと思われる。

しかし、非破壊のFWD試験による路床の弾性係数の経年変化は図-11に示すとおりであり、支持力低

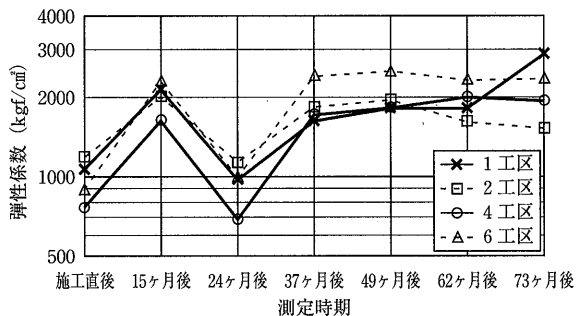


図-11 弾性係数の経年変化

下は認められない。

以上のことから、現時点で和歌山での車道透水性舗装は雨水等の影響による問題は認められるが、直ちに道路に影響を与える事はないと判断される。

今後の課題としては、透水性舗装は地球にやさしい潤いのある道路空間の創造を基に施工したことから、供用性の限界までの路面調査とライフサイクルコストの検討ができる資料として継続調査を行うこと。

また、今回の試験舗装箇所は、都市化されていない箇所であつた道路が周辺地盤より少し高くなった盛土構造であった。よって、道路沿道が都市化され、かつ道路路床が地下水の影響を若干なりとも受ける箇所での試験施工による検証も必要と考える。

## ・ベルギーとドイツの舗装技術の現況

### ・第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議（その3）

当研究グループでは、舗装に関する知識を深めることを目的に、有志で海外視察を実施しています。1996年には、英国のTRL、フランスのエッソ研究所を訪問しました。TRLでは、英国における舗装技術の現状、また、エッソでは独自に開発したバインダー、混合物の評価手法等、多くの知見を得ることができました。

今回は2回目の視察となり、2000年11月に約1週間、ベルギーとドイツを訪問しました。ベルギーとドイツでの舗装技術に関して新たな知見が得られたと共に、日本の技術についての情報提供を行いました。ここで

は、視察の概要と両国の舗装技術の現況について報告いたします。今後とも新たな技術を積極的に取り入れるために視察を継続していきたいと考えています。

なお、「第5回の道路・空港舗装の支持力に関する国際会議（BCRA）」の続編についても報告いたします。内容は、⑩路盤と路床材料⑪補強材の利用⑫舗装の修繕⑬ケーススタディ（空港）⑭ケーススタディ（道路）の5セッションについての論文抄訳です。

（研究グループ代表幹事：峰岸順一）

#### アスファルト舗装技術研究グループ名簿

\* は班長 \*\* は副班長

峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

|         |                            |         |                    |
|---------|----------------------------|---------|--------------------|
| * 阿部長門  | 東亜道路工業(株)技術研究所             | 高橋茂樹    | 日本道路公団試験研究所舗装研究室   |
| 市岡孝夫    | 前田道路(株)技術研究所               | 高橋光彦    | 大成ロテック(株)技術研究所     |
| 岩塚浩二    | (株)パスコ道路技術センター             | 坂本祥子    | 日本道路(株)技術本部技術研究所   |
| 打田幸平    | 日進化成(株)第一技術研究所             | 武本敏男    | 東京都土木技術研究所技術部化学研究室 |
| 江向俊文    | 前田道路(株)技術研究所               | 立石大作    | 日石三菱中央技術研究所        |
| 岡藤博国    | 世紀東急工業(株)技術部               | 東本 崇    | 大林道路(株)技術研究所       |
| 鎌田孝行    | 常盤工業(株)技術研究所               | ** 玉木琢雄 | 大成ロテック(株)技術部       |
| * 金井利浩  | 鹿島道路(株)技術研究所               | 中村 健    | 長岡技術大学             |
| 黒田 智    | 日本舗道(株)技術研究所               | 長谷川淳也   | 日本道路(株)            |
| * 小関裕二  | 大林道路(株)技術研究所               | 林 信也    | 鹿島道路(株)技術研究所       |
| * 佐々木 巖 | 独立行政法人土木研究所材料基盤研究グループ(新材料) | 藤井一章    | 日進化成(株)第一技術研究所     |
| 佐々木昌平   | 日本舗道(株)技術開発部               | 舟根 毅    | 常盤工業(株)技術研究所       |
| 佐藤雅規    | ジオサーチ(株)                   | 前田利明    | 東亜道路工業(株)技術研究所     |
| 清水浩昭    | 世紀東急工業(株)技術研究所             | * 増山幸衛  | 世紀東急工業(株)技術部技術一課   |
| 島崎 勝    | 大成ロテック(株)技術部               | 村田信之    | 日本舗道(株)企画部         |
| 菅野伸一    | 常盤工業(株)技術研究所               | 山脇宏成    | (株)ガイアートクマガイ技術研究所  |
| 鈴木秀輔    | 大成ロテック(株)技術研究所             | 矢島浩二    | 昭和シェル石油(株)         |
| 鈴木康豊    | (株)パスコ道路技術センター             | 吉村啓之    | 前田道路(株)技術研究所       |
| 鈴木 徹    | 大林道路(株)技術研究所               |         |                    |
| ** 関口英輔 | 日本大学理工学部阿部研究室助手            |         |                    |

計39名

# ベルギーとドイツの舗装技術の現況

黒 田 智\*・鈴木 俊 行\*\*・鈴木 秀 輔\*\*\*

## 1. 視察の概要

### 1-1 視察のメンバー

今回の視察メンバーは、当舗装技術研究グループのメンバーを中心とした13人である。視察メンバーの内訳は、舗装会社7名、材料メーカ4名、機械メーカ1名、大学関係1名となっている。

### 1-2 視察訪問先

ベルギーでは、ユーロビチューメ (European Bitumen Association) 本部のほか、ベルギー道路研究センター (Belgian Road Research Centre: 以下、BRRCと称す) を、また、ドイツでは、アンハルト工科大学、アウトバーンインターチェンジ改良工事現場およびライプチヒ空港を訪問した。

### 1-3 視察日程

視察日程は表-1に示すように、まず、ベルギーを、続いて、ドイツを訪問した。

表-1 視察日程

| 月 日    | 内 容                                    |
|--------|----------------------------------------|
| 11月19日 | 成田発フランクフルト乗継ぎブラッセル                     |
| 11月20日 | ユーロビチューメおよびBRRC訪問                      |
| 11月21日 | 自由視察                                   |
| 11月22日 | ブラッセル発ベルリン                             |
| 11月23日 | アンハルト工科大学、高速道路インターチェンジ改良工事現場、ライプチヒ空港視察 |
| 11月24日 | アンハルト工科大学 (プレゼンテーション)                  |
| 11月25日 | ベルリン発フランクフルト経由成田                       |
| 11月26日 | 成田空港着後解散                               |

## 2. ベルギーの視察

ベルギーでは、首都ブラッセルにあるユーロビチューメ本部と、BRRCを訪問した。人口120万人を超えるブラッセルは、中世の美しさと国際化が調和した都市である。ブラッセルは、第二次世界大戦後、ヨーロッパ各国の共存と平和を象徴する都市となっており、

1958年にはEEC (ヨーロッパ経済共同体) の本部、1967年にはNATO (北大西洋条約機構) の本部が設置されている。また、EU (欧州連合) の主要機関が置かれており、ヨーロッパの首都的な役割を担っている。

### 2-1 ユーロビチューメ (Eurobitume) 本部

ユーロビチューメはヨーロッパのアスファルト協会であり、ベルギーのブラッセルに本部を構えている (写真-1)。ユーロビチューメには、①ヨーロッパにおけるSHRPに対する取り組みと今後の予定、および②アスファルトに関する統一規格についての情報を入手する目的で訪問した。

これらに対してユーロビチューメ側から、①ユーロビチューメの役割と活動内容、および②ヨーロッパアスファルト統一規格制定の動向に関しての情報提供を受けた。

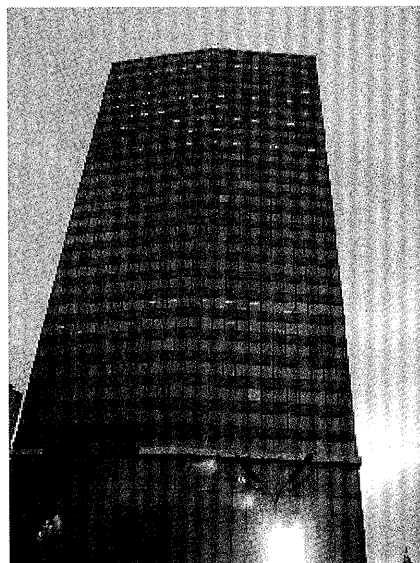


写真-1 ユーロビチューメの入っているビル (25階部分)

\*くろだ さとし 日本舗道技術研究所

\*\*すずき としゆき ニチレキ技術研究所

\*\*\*すずき しゅうすけ 大成ロテック技術研究所

また、当視察団側からは、日本のアスファルト利用状況に関してそれぞれプレゼンテーションを行い、情報交換を行った。

#### 2-1-1 ユーロピチューメの役割と活動内容

ユーロピチューメの活動目的は、安全かつ効果的なアスファルトの使用をユーザーに推進することにある。

ユーロピチューメはSHELL, EXXONなどの16のアスファルト生産・供給業者とスペイン、ドイツ、ベネルクス、フランス、英国の5カ国のアスファルト協会で構成されており、メンバーそれぞれは、対等の立場にある。なおアスファルトはヨーロッパ全体で約1,600万t生産されるが、このうち9割を協会メンバーで生産している。

ユーロピチューメの組織図は図-1に示すとおりであり、このような組織の下でアスファルトに関する科学的・技術的な目標・課題を掲げ、研究を行っている。研究活動はプロジェクトで遂行し、プロジェクト・マネージャーがプロジェクトの立ち上げ・中間期・最終的結果に至るまで補助する。なお委員会ではなくプロジェクトで遂行するのは、成果があがらないにも関わらず、組織だけは存続するような状態を防止するためである。

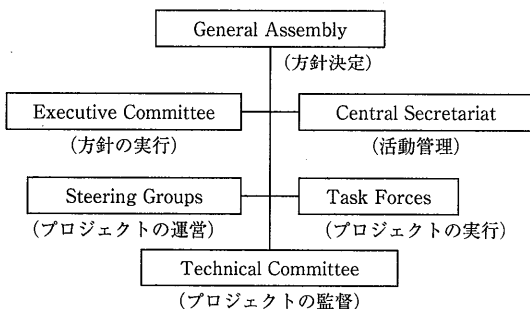


図-1 ユーロピチューメの組織図

なお、主な組織の役割は次のとおりである。

- ・ General Assembly 方針の決定を行う総会であり、6人の執行委員からなる。
- ・ Technical Committee - 技術委員会。プロジェクトを遂行するプロジェクト・マネージャーが所属する。
- ・ Task Forces - 技術的なプロジェクトを実際に進めるメンバーの集団。

研究の成果は、ユーロピチューメが開催する様々な大会、ワークショップ、イベント等で公表され、さら

に研究活動に反映される。このように広く情報公開を行うことによって各国のアスファルト関連の研究機関や、アスファルトの最終利用者、例えばヨーロッパアスファルト舗装協会 (European Asphalt Pavement Association: 以下、EAPAと称す) 等と緊密に結びつくことによって、ヨーロッパ全体で足並みをそろえて研究し、発展することを最終目標としている。

ユーロピチューメの2000年 (訪問当時) の主な優先課題は次のとおりである。

- ・ アスファルト従事者の健康管理と安全性に関する研究調査。
- ・ ヨーロッパアスファルトの統一規格の制定。
- ・ アスファルトが環境に与える影響の調査報告。
- ・ 第2回 Eurasphalt & Eurobitume Congressの開催。

このCongressにおいて健康管理と安全性に関する研究成果の報告がなされた。

#### 2-1-2 アスファルト統一規格制定の動向

##### 1) CEN

ヨーロッパにおける様々な統一規格はヨーロッパ標準化委員会 (Committee European de Normalization: 以下、CENと称す) が中心となって制定している。CENは1961年、ベルギーのブラッセルに設立され、規格化、採択に至るまでの補助を行う。その活動は次の原則に基づいて行われる。

- ・ 活動内容が透明で、分かりやすいこと。
- ・ コンセンサスに基づいて決定する。
- ・ 各国が積極的に遂行する。
- ・ ヨーロッパ全体および各国内で統一性があること。

CENのメンバーは19ヶ国の規格に関わる機関で構成されており、市場のニーズを反映した統一規格作りを行っている。

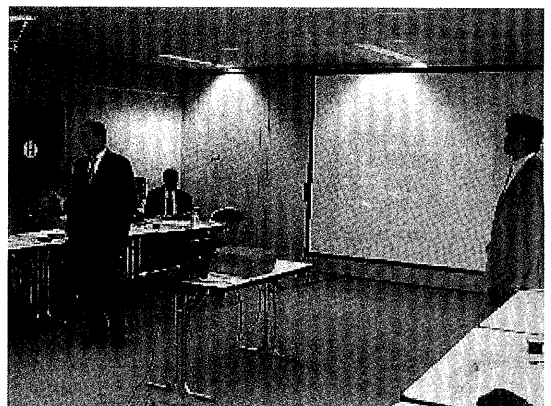


写真-2 プレゼンテーション状況

## 2) アスファルトに関する統一規格の歴史

アスファルトに関する統一規格制定は、1986年に19の石油製品を対象とした技術委員会をもつワーキング・グループが設立されたことによる。その後、1991年にアスファルトに関する5つのワーキング・グループをもつサブ・コミッティが設立され、2000年にサブ・コミッティが独立し、1つの技術委員会となった。

技術委員会は市場の要求に関連した技術的参加者によって構成され討議されるが、この他にEAPAやユーロピチューメのような産業界を代表する機関や道路管理局のような第3者的立場の機関（stakeholdersと称していた）が参画し、市場の要求が討議の場で適切に考慮されているかを監視している。

アスファルト規格の統一化の動きは2つの局面を有している。1つは1990～2000年にかけてであり、ここでは各国独自に存在していた舗装用及び産業用のアスファルトの品質規格や試験方法を比較し、各国の規格を調和するのが目的である。現在、EN（European Normalization）と呼ばれる統一規格を制定している。もう1つは2000年からスタートした新しいプロジェクトであり、これはアスファルト混合物のパフォーマンスに関連した新しい統一規格を制定することを目標としており、既存の規格が無いところからスタートした。

なお、訪問後日、ユーロピチューメより現在制定されているバインダーに関するENのリストを入手したので表-2に示す。表-2は、アスファルトバインダーに関わる規格、試験方法を示したものである。

表-2 バインダーに関する規格および試験方法

| 規格No           | 表 題                  |
|----------------|----------------------|
| EN1425:1999    | アスファルトの分類に関する記述      |
| EN1426:1999    | 針入度試験方法              |
| EN1427:1999    | 軟化点試験方法（R & B法）      |
| EN1428:1999    | 乳剤中の含水量測定方法          |
| EN1429:1999    | ふるい残留分試験および貯蔵安定度試験方法 |
| EN1430:1999    | 乳剤中の粒子の電荷試験方法        |
| EN1431:1999    | 蒸留試験方法               |
| EN12591:1999   | 舗装用アスファルトの仕様         |
| EN12592:1999   | 三塩化エタン可溶分試験方法        |
| EN12593:1999   | フラス脆化点試験方法           |
| EN12594:1999   | 試験用サンプルの準備方法         |
| EN12595:1999   | 動粘度試験方法              |
| EN12596:1999   | 減圧毛管式粘度計を用いた動粘度試験方法  |
| EN12606-1:1999 | パラフィン分の測定方法1（蒸留法）    |
| EN12606-2:1999 | パラフィン分の測定方法2（抽出法）    |
| EN12607-1:1999 | 劣化促進試験方法1（RTFOT法）    |
| EN12607-2:1999 | 劣化促進試験方法2（TFOT法）     |
| EN12607-3:1999 | 劣化促進試験方法3（RFT法）      |

## 3) 新しい統一規格制定の背景とユーロピチューメの役割

アスファルト混合物のパフォーマンスに関連した新しい統一規格の制定は、①アスファルト舗装に対する要求事項（例えば交通量の増加、長期供用性、メンテナンスの省力化など）が増加したこと、②道路を建設する企業側の責任が問われるようになり、施工業者がアスファルトのパフォーマンスを正しく知る必要がある同時に、様々なアスファルトを公平に比較し、適正なものを選択できるシステムが必要であること、および③改質アスファルトのように、従来の評価方法ではアスファルトの有する性能を評価しきれないため、新しい評価方法ならびにスペックが必要であること、等の背景のもとで進められている。

新しい統一規格を制定する過程でユーロピチューメの役割は、アスファルト混合物のパフォーマンスに関連した科学的、技術的なデータを蓄積し、提供することである。具体的には、1995～2000年の過去5年間で様々な試験方法や、アスファルト混合物の性能を反映するアスファルトの品質規格を検討し、ワークショップ等で報告を行った。そして今後2002年迄に、試験方法の精度や拘束時間、試験機器が入手可能なことなどを踏まえたうえで、試験方法ならびに評価項目を決定し、改質アスファルトも含めた新しい統一規格作りを行うとのことであった。なお、これらの作業は一部CENと共同で行っている。

ヨーロッパにおけるSHRPに対する取り組みに関しては明確な回答を得ることは出来なかったが、①SUPERPAVEのバインダー仕様はアスファルト混合物のパフォーマンスを反映した単に最初のシステムであると位置付けていること、②SUPERPAVEのバインダー仕様はストレートアスファルトを対象としており、改質アスファルトは不適であること、③SHRPを適用するためには、それぞれの地域の気候、交通状況、構造などを考慮する必要がある、等の意見を伺うことができた。

### 2-2 BRRC

BRRCには、①ベルギーの道路事情に関する情報収集、②研究施設の見学、を目的に訪問した。

#### 2-2-1 概 要

BRRCは、1947年に制定された産業の研究を促進する法律の適用と、道路建設請負者の連盟の要請を受け、1952年に設立された。BRRCは、私企業や公的機関の活動を支援する機関であり、道路を最適経済条件下で

設計し建設すること、能率的で高品質な道路の維持管理をすることの援助を目的としている。研究スタッフは、様々な教育を受けたおよそ100人で構成されている。BRRCの運営資金は、ベルギーで行われる道路工事や滑走路工事の費用からの0.8%の徴収、国からの助成金、訓練活動と出版物の販売などによってまかなわれている。

本センターで重要視している研究分野を表-3に示す。また、本センターの活動内容を表-4に示す。

表-3 研究分野

| No | 研究分野             |
|----|------------------|
| 1  | 構造設計             |
| 2  | バインダー、非慣例的な材料    |
| 3  | 現場調査と維持管理        |
| 4  | 表面性状、交通騒音        |
| 5  | 道路幾何学            |
| 6  | アスファルト材料、防水工システム |
| 7  | 環境、生態学、リサイクリング   |
| 8  | 土と基礎             |
| 9  | セメント安定処理材料       |
| 10 | 道路環境             |
| 11 | 認可、標準化           |

表-4 活動内容

| No | 活動内容              |
|----|-------------------|
| 1  | 研究と開発の応用          |
| 2  | 情報と成果の普及          |
| 3  | 組織と文献による技術援助      |
| 4  | 特殊な研究             |
| 5  | 管理試験と専門的な研究       |
| 6  | 訓練と知識の譲与          |
| 7  | 規制と認可             |
| 8  | 品質向上のための組織を整備する援助 |
| 9  | 人材派遣              |

2-2-2 プレゼンテーション

本センターのG. Van. Heystraeten氏によって、ベルギーの道路網に関するプレゼンテーションが行われた。ここでは、ベルギーの高速道路網の総延長は1,550kmに達しており、今後は若干の拡幅工事が行われるのみで、建設工事はあまり行われないうこと、高速道路におけるコンクリート舗装の割合は全体のおよそ1/3であること、農道のほとんどがコンクリート舗装であることが説明された。また、改質アスファルト混合物の導入については、当初は改質材に天然ゴムを用いていたことから、改質アスファルトが高価となり、改質アス

ファルト混合物の使用が減少してきたとのことであった。再生アスファルト混合物については、古い舗装から得た再生骨材にはコールタールが含まれているため重要路線の表層には用いていないこと、再生骨材混入率の上限は40%であることが説明された。

2-2-3 研究施設の見学

1) 室内リフレクションクラックシミュレーション試験機

試験機を写真-3に示す。本試験機は、恒温室に置かれた供試体に繰り返し引張り変位を与え、荷重、変位の変化を継続的に記録すると同時に、クラック発生部分のビデオ撮影を行うものである。我々の見学时には、コンクリート舗装上に置かれたアスファルト舗装のリフレクションクラックを防止する中間層の評価実験を行っており、SAMI、不織布ジテキスタイル、ジオグリッド、金網、これらの製品の組合せを中間層とした供試体について評価していた。評価した中では、金網が最も効果的であると報告を受けた。

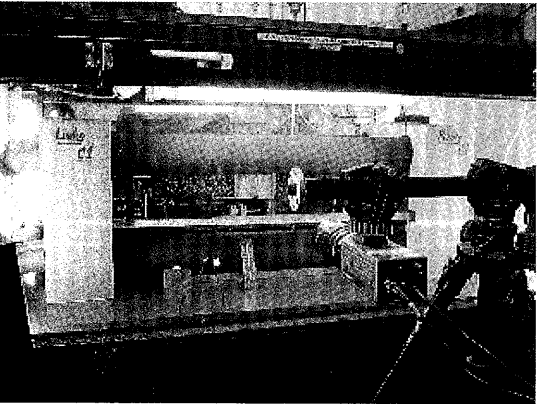


写真-3 リフレクションクラックシミュレーション試験機

2) 回転円筒劣化試験機

回転円筒劣化試験機を写真-4に示す。本試験機は、RCAT (Rotating Cylinder Ageing Test) と呼ばれるもので、BRRCで開発されたアスファルトバインダーの劣化促進試験機である。試験機の構造は、回転薄膜加熱試験機と同様であるが、異なるのは、円筒容器が大きいこと、試料に劣化促進用の酸素を吹き込むことであり、劣化の促進を効率的に行えることである。説明によれば、本試験機を用いたアスファルトバインダーの劣化促進は、通常、85℃で240時間行われる。この条件は、現場における10～20年の劣化に相当している。

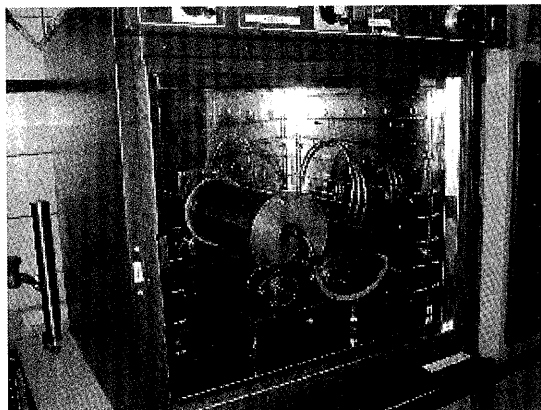


写真-4 回転円筒劣化試験機

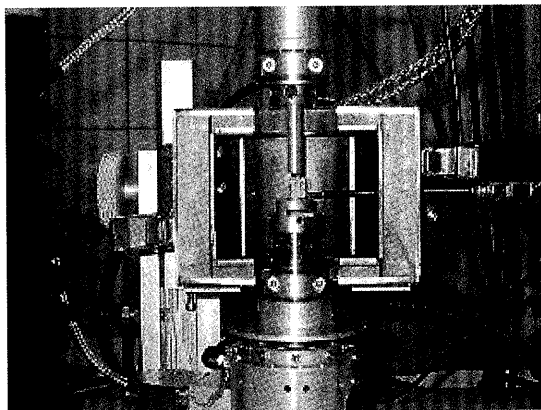


写真-5 アスファルト材料のレオロジー特性試験機

### 3) アスファルト材料のレオロジー特性試験機

レオロジー特性試験機を写真-5に示す。本試験機は、ダイナミックシェアレオメータに類似した構造であるが、異なる点は、平行円盤形治具を用いずに、写真-6に示すような治具を用いることと垂直方向に振動を与えることにある。また、同試験機により低温領域の測定が可能である。

#### 4) 二点曲げ試験機

二点曲げ試験機を写真-7に示す。本装置は、種々の温度と載荷周波数におけるアスファルト混合物の複素弾性ばね定数を測定することができる。また、繰り返し載荷することにより、その材料の疲労特性を測定することが可能である。試験の方法は、台形供試体の片方の縁端を正弦波の曲げ応力に従わせることによる。試験は、荷重制御、ひずみ制御の両条件で可能である。

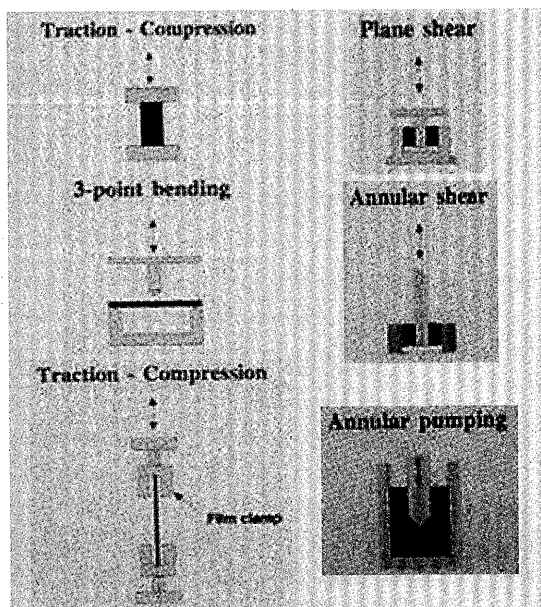


写真-6 治具の種類

### 3. ドイツの視察

ドイツでの視察は、ベルリンから100kmほど南西に移動したデッサウ市内と、さらに50kmほど南下したライプチヒ周辺であり、アウトバーンにて移動した。

旧西側のベルリンから旧東側に向かうこの道路は、東西統一による東西交通の必要性から2車線から3車線への拡幅工事が随所で行われていた。走行車上から視るに、最大粒径が40mm程度の碎石層路盤の上に、30cm厚のコンクリート舗装がスリップフォーム工法にて舗設されている(写真-8)。すでに工事完了の区間を走行できたが、その平坦性の良さと騒音の小ささからドイツのコンクリート舗装のレベルの高さを身をもって体験しながらのデッサウ市入りとなった。

デッサウ市は、人口8万5千人と小さいながら約800年の古い歴史をもち、2000年7月には70カ国が参

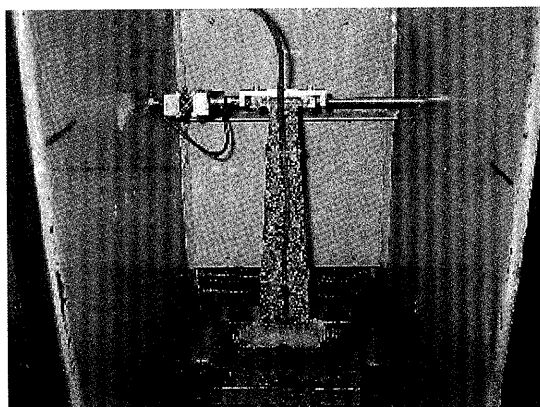


写真-7 二点曲げ試験機



写真-8 スリップフォーム工法の現場

加した世界的な環境会議が開催された。高速道路を下りてからの一般道は、砕石マスチックアスファルト(SMA)による舗装が多く見受けられた。

### 3-1 アンハルト工科大学

#### 3-1-1 概要

アンハルト工科大学は、1992年デッサウ市に創立され、デザイン学部、測定技術学部、建築・土木技術学部で約1,500名の学生が在籍している。大学敷地内には、建築家W. グロピウスが1926年に設計監修した20世紀高層建築の発祥といわれるバウハウスがある(写真-9)。また、一方では道路建設分野を中心とした新しい研究施設が整備されている。

#### 3-1-2 研究および研究施設

ヴァインガルト教授を中心とした土木・道路建設技術学科の教授、助手の方々の説明により、研究施設内の見学を行った。特記すべき内容は以下のとおりである。



写真-9 高層建築の発祥バウハウス

### 1) 実物大実験施設

石炭採掘後の空洞が多いこの地域では、道路の沈下と舗装の支持力の低下が問題となっている。これら課題に対し、空洞の上層部にジオテキスタイルを敷設することで対応する研究が紹介された。本検討は、実物大モデルによる実験により検証がおこなわれている。想定される空洞は空気を入れたゴムまりにて作製、検討するジオテキスタイルを敷設後、路床・路盤・表層を実施工厚にて舗装した舗装体を構築する(写真-10)。評価は、繰り返しの載荷重と埋設した沈下計と表面のたわみ計により行われる(写真-11)。

### 2) 動的平板載荷試験機

ドイツの構造設計では、路床・路盤の支持力は、

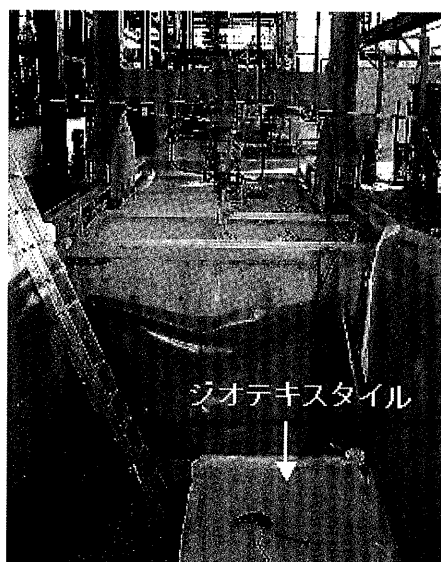


写真-10 実物大実験(手前の白がジオテキスタイル)

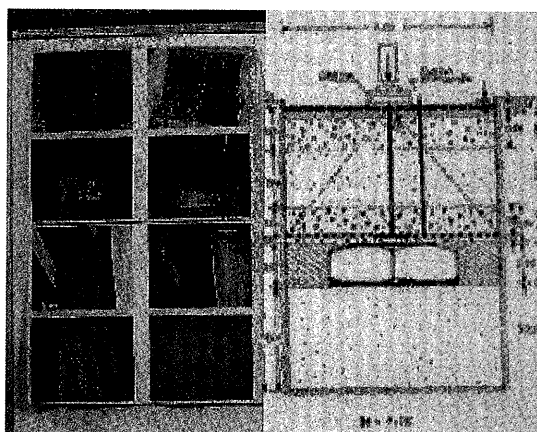


写真-11 実物大実験に用いるゴムまりと断面図

DIN18134に定められた平板載荷試験により評価される。紹介された本試験機は、平板上に重錘を落下させ、平板の最大沈下量を計測することにより載荷面上の動的反形係数を測定する平板載荷試験機である（写真-12）。ヴァインガルト教授らが開発した本試験機は、従来の静的な平板載荷試験機と比べその簡易性と経済性から、すでにドイツの一部の州では正式に規格が制定され使用に至っている。将来は、アスファルト舗装の評価手法としての検討を行いたいとのことである。

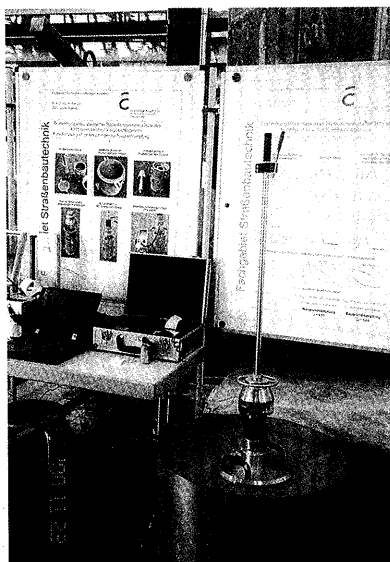


写真-12 動的平板載荷試験機

### 3) 空洞探査試験機

本大学で開発、紹介された空洞探査装置は、1 GHzの電磁波を利用し、深さ1 m以内の空洞等を探査できるものである。（写真-13）。

### 4) スチールファイバー入りアスファルト混合物

スチールファイバーを混入したアスファルト混合物の紹介があった。長さ2 cm程度の鉄線を数%, 最大粒径20mmのSMAに混入したような混合物である（写真-14）。本混合物は、まだ実用段階に至っていないとのことであり詳細な説明はなかった。

### 5) 道路計画・設計の研究室

最後に路線の計画、舗装構成の設計に関する研究室が紹介された（写真-15）。ドイツの舗装構成の設計は、カタログ設計法であり、凍上の度合いにより分類された舗装構成の一覧が研究室の壁に貼付してあった。

### 3-1-3 プレゼンテーション

リュックマン教授からアンハルト工科大学の概要の

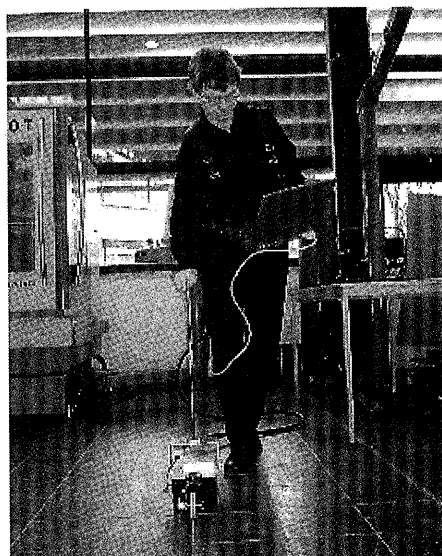


写真-13 空洞探査試験機



写真-14 スチールファイバー入りアスコン

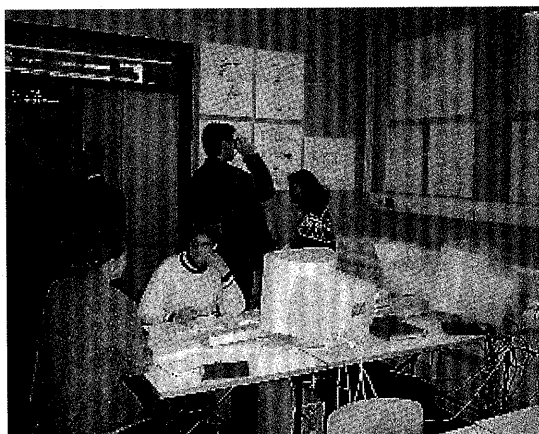


写真-15 道路計画・設計の研究室

説明を受けた後、日本側から学生を対象にした日本の道路技術の発表を行い、その後ドイツ側から土壌環境の改善に関する発表があった。

日本の道路技術の発表は3人の視察メンバーによって行い、発表が終わる毎に質疑応答の時間を設けた。日本側の発表テーマは以下の通りである。

#### 発表テーマ

- ・日本の国土、道路・舗装の概要
- ・ITSの動向・展望について
- ・排水性舗装、砕石マスチック舗装について
- ・中温化技術、舗装のリサイクルについて

まず最初に、日本について理解を深めてもらうため、日本の位置、人口、面積、自然条件などをドイツと比較して説明を行った。

ドイツは日本と国土面積はほぼ同じであるが、人口当たりの道路延長が日本の約2倍であり、アウトバーンに代表されるように道路先進国の一つである。位置は日本より北に位置しており、路床の凍上対策を行うのは日本と同様だが、舗装断面の設計が道路クラスと路盤の種類に応じて標準断面が規定されている。

続いて、ITS (Intelligent Transport System) の動向および展望について発表した。ITSは9つの分野に分かれて開発が行われているが、今回はETC (ノンストップ自動料金収受システム) とVICS (道路交通情報通信システム) の2点について紹介した。

ETCは、料金所での渋滞の減少・人件費削減を目的として、2010年を目標に各地で建設されており、1時間当たりの料金所の通過台数が現在230台なのに対し、ETCシステムで800台になる。ドイツでは高速道路は無料なので、料金を支払って高速道路を利用することが学生達には驚きであったようである。

VICSは、渋滞や交通規制の情報をドライバーへ提供することで、渋滞によるストレスを減少し、交通の流れをスムーズにする等の利点がある。ドイツでは、アンハルト工科大学があるデッサウなどの地方では渋滞が見られなかったが、滞在したベルリンの中心付近では渋滞が見られた。また、大学周辺は降雪地域ということで北陸地方のITS計画を紹介した。

次に、日本における排水性舗装と砕石マスチック舗装について、配合・施工実績・舗装構成・適用等を発表した。

排水性舗装については、配合や排水処理方法・目的

等を説明したあと、騒音低減効果を持った2層式排水性舗装や、空隙にフィラーと樹脂を詰めて保水性を持たせた排水性舗装、エポキシによる表面処理工法について紹介した。発表後、保水性と表面処理の排水性について質問があり、ドイツではまだこのようなことはやっておらず興味を持っていた。また、ドイツでも空隙詰まりを問題としており、3～5年程で詰まってしまうとのことであった。

砕石マスチック舗装はドイツが発祥の地であり、1960年代に始まり、日本では1986年頃から導入検討している。発表は配合・目的等を説明したあと、5mm Topの薄層舗装や凍結抑制機能を持ったゴムチップ入り舗装を紹介した。発表後、ドイツにもゴム入りのものがあったが寿命が短く、またゴムとアスファルトとの付着が悪かったと発言があった。

最後に、中温化技術と舗装のリサイクルについて発表した。中温化技術は、CO<sub>2</sub>の排出量削減と省エネルギー対策を目的に混合物の製造温度や舗設時の温度条件を低下させた技術である。これまで日本での技術は、フォームド技術を利用したもの、アスファルトの粘度を調整したもの、微細泡による効果を利用したものの3つに分けられ、この3つについて概要を紹介した。ドイツでは発泡剤を用いた中温化技術は行っているが、持続性等の安定性について問題があり、特殊添加剤による粘度の調整や、微細泡による効果を利用したものは行っていないということで、質問が多くあり興味を持っていた。

舗装のリサイクルについては、路上表層再生工法・路上路盤再生工法・プラント再生の3種類について紹介した。ドイツでもリサイクルは行われているが、今回紹介した大規模な再生プラントは少ないとのことであった。また、改質アスファルトを用いた再生混合物は基層に使用しているとのことである。

ドイツ側からのレクチャーは、民間研究所のD. Deininger氏から、どんなに荒れている土壌でも植物が良好に育つように土壌環境を改善する技術の発表であった。

通常、植物を栽培するときは、用途に応じて何種類かの土を混合し培養土としてから栽培するが、今回発表した写真-16に示す土を土壌に混入すると、植物の根に定着し、土壌の養分を吸収しやすくなる。また、5年以上乾燥した条件の土でも保水性の効果が持続するため、どんなに乾燥した土壌でも植物の成長を助けることができる。

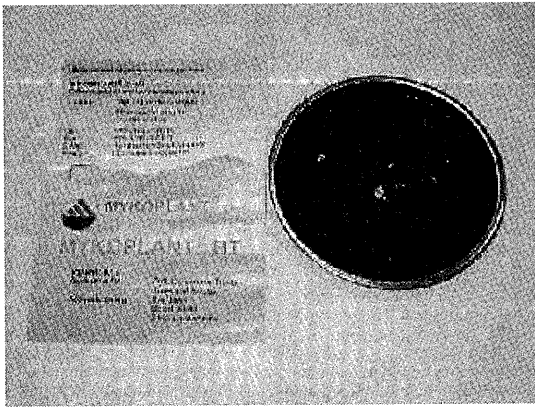


写真-16 ミクロハイザ

開発は100年前から行っており、大学や各国と共同で研究している。現在、ほとんどの植物に適用できるが、針葉樹には使えないとのことである。

また、数々の分野で適用されており、道路分野では、道路脇の土壌が排気ガスや融雪時の塩水によって汚染されるため、抵抗性を増す目的で土壌に混入しているとのことであった。他の分野では、球技場の芝生、スキー場、鉱山跡地等でも使用しており、ドイツ国内だけでなく、バルト海やアラビア諸国など厳しい自然条件下で使用されているとのことである。

### 3-2 アウトバーンのインターチェンジ改良工事現場

現場は、ライプチヒに位置し、ベルリンからミュンヘンへ向かう南北に伸びるA9号線と東西へ向かうA14号線の交わるクローバー型のインターチェンジである。コンサルタントであり施工管理責任者のルーリング氏より説明を受けた(写真-17)。



写真-17 アウトバーン現場での説明

本現場では、大型車交通量34,000台/日といった既存の交通量の確保と道路利用者の安全確保が最重要課題であり、工区ごとに緻密な交通の規制と迂回計画が立てられている。

#### 3-2-1 舗装構成と使用材料

アスファルト舗装工区の舗装構成は、表層4cm、基層8cmであり、路盤層から上の合計層厚は22cmである。材料としては、当然リサイクル材があり、路盤層には碎石のほか既設のコンクリート舗装を破碎したもの(最大粒径45mm、シルト分5%未満で転圧後7%未満のもの)を使用している。また、最近ではアスファルトコンクリート再生骨材を表層にも使用しているとの説明があった。

#### 3-2-2 品質・出来形管理

現在の工種は、土工ならびに路床工であり、離れた場所では、路床の整正が行われていた。説明はなかったが、察するに三脚上のトータルステーションに対しモーターグレーダのブレードが応答する情報化施工である。路床工では、特に路床仕上がり面における締固めの管理に留意しており、管理試験を見学できた。路床の締固め管理基準は、先に述べたDINに定められた繰り返し平板載荷試験の静的変形係数が120MN/mf以上である。本工事では、動的平板載荷試験機を用いた管理が導入され、女性の品質管理担当者が日に50箇所という迅速かつ合理的な測定管理を可能にしている(写真-18)。

また、表層部の出来形(厚さ)管理では、コアボーリングによる実測と、一部では電磁波を応用した機器を用いている。出来形が規格にはずれた場合でも、監督者の判断で許容することが出来るなど柔軟なものとなっている。



写真-18 路床の管理試験

### 3-3 ライプチヒ空港

アウトバーンインターチェンジ工事現場の見学後、現在改良工事中のライプチヒ空港へ移動し、空港改良工事のビデオを観賞後、施工管理責任者のカール氏から空港の説明を受けた。

この空港は、1991年から、鉄道、高速道路、立体駐車場が一体となった改良工事を行っており、2000年5月までに立体駐車場・新管制塔・新滑走路が完成している。

現在も、新滑走路のエプロンや鉄道等の工事を2002年の完了を目標に行っており、将来はドイツで最も大きい24時間営業の国際空港になる予定である。

改良工事の総工費は約900億円、滑走路延長は3600mであり、空港建設によって破壊された自然の代わりに敷地面積の約30%をビオトープとして環境に配慮している。

滑走路とエプロンを結ぶ誘導路は、高速道路の上を通るオーバーブリッジとなっており、現在はジャンボ機を想定した重量350tまで耐えられるが、将来的には大型機の出現を想定し、重量750tまで耐えるようにするというのである。

また、24時間営業の空港のため、空港側が周辺の家の窓を防音用に工事を行った。その結果、空港建設に対する反対は5件しか起こらなかったということである。

なお、滑走路はコンクリート舗装となっており、舗

装の保証期間は5年で、この間、発注者が支払の5%を保留するということである。この改良工事の目的は、現在フランクフルトを利用している一部の観光客にこの空港を利用してもらえることであり、また、駐車場使用料は、空港の運営に重要な収入となるということである。

### 4. あとがき

今回の視察では、ここで示させていただいたように多くの知見を得ることができ、実に有意義な視察となった。

ユーロピチューメでは、会長をはじめ主要メンバーに出席いただき、最新の情報を得ることができた。また、BRRCではヨーロッパ統一規格に関連した各種試験機を見ることができた。ドイツでは、プレゼンテーションの貴重な体験ができたほか、現場を含めたドイツの舗装技術の現状を知ることができた。いずれの訪問先でも限られた時間のなかで多くの情報を我々に伝えようと最大限の御尽力をいただいた。今後も、数年に1度程度のペースで視察を実施し、最新技術の収集を実施していきたいと考えている。

最後に、ドイツ、アンハルト工科大学等の訪問にご尽力いただいたイテックイノベーションの鷹野会長、また、ドイツでの通訳を含め訪問先選定にもご尽力いただいたイテックコンサルタントの関口社長に感謝の意を示させていただく。

## 日本アスファルト協会試験方法 JAA-001-1978.

### 石油アスファルト絶対粘度試験方法

#### Testing Method for Absolute Viscosity of Asphalt

- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| 1. 適用範囲     | 5. 校 正                |
| 2. 試験方法の概要  | 5-1 粘度計の校正            |
| 3. 用語の意味    | 5-1-1. 粘度計校正用標準液による方法 |
| 3-1 絶対粘度    | 5-1-2. 標準減圧毛管粘度計による方法 |
| 3-2 ニュートン流体 | 6. 試料の準備              |
| 4. 装 置      | 7. 操 作                |
| 4-1 粘度計     | 8. 計算および報告            |
| 4-2 温度計     | 9. 精 度                |
| 4-3 恒温そう    | 9-1 くり返し精度            |
| 4-4 減圧装置    | 9-2 再現性               |
| 4-5 秒時計     |                       |

★  
実費頒価 400円

★

## 第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議（その3）

### 10. 路盤や路床材料

(1)著者名 (2)原文題名 (3)ページ (4)和文題名（抄訳者名） (5)論文概要

- (1) Correia, A. G. and De Almeida, J. R. (ポルトガル)  
(2) Mechanical Behaviour of Unbound Granular Materials for Modelling of Flexible Pavements  
(3) pp.1211~1220  
(4) たわみ性舗装の粒状材料のモデル化における非線形挙動について (佐々木蔵)  
(5) 応力に対して依存性のある粒状材料の弾性挙動は、繰り返し3軸試験などにより明らかになり、多層弾性理論やバーミスタ理論等によるアプローチがこれまでになされてきている。本論文は、粒状材料の非線形性に注目し舗装構造の力学挙動におけるその重要性を議論し、これら評価理論の改良を試みたものである。  
理論的な説明を通して粒状材料の非線形性の問題と、それを解決するためのFEM適用の提案を行った有意義な論文と感じられる。
- (1) Van Niekerk, A. A., Houben, L. J. M. and Molenaar, A. A. A. (オランダ)  
(2) Estimation of Mechanical Behaviour of Unbound Road Building Materials From Physical Material Properties  
(3) pp.1221~1233  
(4) 路床、路盤材の力学的性状について (佐藤雅規)  
(5) 本論文は、オランダで使用される路床材、路盤材の性状について、その粒度、粒形および材料強度を把握し、永久変形や供用性に寄与する要因を検討している。  
路盤材に用いられる碎石を4種類、路床に用いられる7種類の土について、締固め方法および密度を変えて三軸試験を実施した。試験供試体は $\phi 100 \times 200\text{mm}$ または $\phi 400 \times 800\text{mm}$ である。通過質量百分率から求まる様々な粒度評価値と三軸試験から求まるMr試験値とを組み合わせ、材料の等級付けを行った。また、粒形の良否や、粒度調整に関する知見も示されている。
- (1) Boudali, M. and Robert, C. (カナダ)  
(2) Laboratory Determination of Base Material Resilient Moduli  
(3) pp.1235~1245  
(4) 室内試験による路盤材料のレジリエントモジュラスの決定 (菅野伸一)  
(5) レジリエントモジュラス試験によるMr値を5つの路盤材で測定し、その特性に及ぼす因子について検討した。解析は $K - \theta$ モデルと、Uzanモデルによって行い比較検証した。  
 $K - \theta$ モデルでは、粒状材の含水が飽和状態の場合と最適含水比付近とは似たような挙動を示し、Mr値の差は最大でも10%程度である。反面、含水比が最適含水比以下の場合にはMr値は大きくばらついた。  
わが国においても粒状材の材料特性を正確に把握するために、Mr試験の更なる普及を期待したい。
- (1) Lekarp, F. and Isacsson, U (スウェーデン)  
(2) Permanent Deformation in Granular Materials -State of the Art  
(3) pp.1247~1256  
(4) 粒状材料の永久変形 ～現在の技術水準 (高田祥子)  
(5) 繰り返し荷重下での粒状材料の挙動について、特に塑性挙動に影響を与えている要素と、そのモデル化技術についてまとめたものである。  
永久変形に影響する要素として、圧力、載荷パターン、載荷数、水分量、密度、粒度、骨材種などを挙げ、ひずみの蓄積、またはひずみが均衡を想定しモデルが提案されている。最近では、粒状材料の挙動を長期にわたってモデル

化する徹底的理論がある。

本文の内容は、その詳細の多くを参考文献にゆずっている。粒状材料の塑性挙動に関して現在の技術水準を調べる場合のガイドとして使用できる内容である。

(1) Parhamifar, E. (スウェーデン)

(2) Mechanical Properties of Frictional Materials - An Experimental Study of Load Spreading and Deformations

(3) pp.1257~1266

(4) 摩擦性材料の機械的物性について

(立石大作)

(5) 著者が独自に考案した試験機 (Testing Box) により、粒状物質における付与荷重と変形の関係を検討している。

6つの異なる材料を使用し検討を行った結果、Testing Boxによる動的載荷試験により三軸試験と非常に類似した結果が得られた。また試験結果は粒状物質の挙動は塑性的モデルのみならず、複雑な応力-ひずみの関係を考慮して説明されるべきであるとしている。

具体的なデータの紹介があまりにも少なく、著者の主張の可否を読み手が判断しにくい内容となっていることが残念である。

(1) Kolisoja, P. (フィンランド)

(2) Resilient Deformation Behaviour of Aggregates Determined by Means of Cyclic Loading Triaxial Tests

(3) pp.1267~1276

(4) 繰り返し載荷三軸試験より骨材決定した弾性変形特性

(手塚朗子)

(5) 1992年からフィンランドのタンペレ大学で、繰返し三軸試験を用いた弾性変形特性に関する解析を行っている。この試験は、材料の弾性変形特性の調査に適していて、粗粒粒状材料の基本的な機械特性の重要な決定手段として広く受け入れられている。

本報では、弾性変形特性に最も影響を与える重要な因子である圧力、骨材の密度、含水比についての検討を行っている。結果として、含水比はあまり影響がなく、また、さまざまな圧力や密度においても信頼性のある弾性係数が得ることができるとしている。

(1) Horny, P., Kazai, A. and Piau, J. M. (フランス)

(2) Study of the Resilient Behaviour of Unbound Granular Materials

(3) pp.1277~1287

(4) 非接着粒状材料の弾性挙動に関する研究

(藤谷 篤)

(5) Boyce氏が提案した粒状材料の弾性挙動モデルを改良し、室内試験結果とモデルから求めた計算結果の相関性を向上させることを検討した。

3軸繰返し荷重試験より粒状材料の異方性が観察され、これはBoyce氏が提唱した非線形弾性モデルに関係するものと考えられる。新しく改良された弾性挙動モデルから求めた計算値と室内の荷重試験の結果は、Boyceのモデルよりも相関性が高いことが確認され、今後は他の試験機関および現場で行う計画である。

弾性挙動のモデル化は、室内試験結果を予測するために有効な手段であると思われる。

(1) Zamhari, K. A. (インドネシア)

(2) Anisotropy of Unbound Pavement Materials

(3) pp.1289~1299

(4) 剥離舗装材料の不等性

(武本敏男)

(5) 本論文は剥離舗装材料の不等性が、道路舗装のあり方を決めることを述べている。この剥離舗装材料の不等性は、弾力的な3つのパラメータにより決められ、このパラメータ設定の過程で、異なる材料の特徴を表すことが可能になるとしている。

(1) Vuong, B. T. (オーストラリア)

(2) Effects of Anisotropy and Stress on Repeated Load Triaxial Test Results

(3) pp.1301~1313

(4) 粒状材料のレジリエントモジュラスに関する応力と異方性の影響

(阿部長門)

(5) 粒状材料の3次元動的三軸圧縮試験は、舗装に生じる動的応力を精密にシミュレートできる。しかし1次元動的三

軸圧縮試験が、その簡便性と普及状況より、標準的な方法として採用されている。

現場で得られる性能と実験室の関係は、3-Dで得られたレジリエントモジュラスと相関が高い。これは現場が交通荷重によって材料に様々な応力の軸が回転しながら載荷していることを3次元動的三軸圧縮試験がシミュレートしていることを表している。

今後、日本においても材料の動的特性を把握するような動的三軸圧縮試験や土槽試験などによる材料のパフォーマンスの予測が盛んに行われることを期待したい。

- (1) Hoff, I., Nordal, S. and Nordal, R. S. (ノルウェー)
- (2) Permanent Deformation in Unbound Layers Predicted from Triaxial Tests using a New Method for Calculating Stresses in Pavement Structures.
- (3) pp.1315~1324

(4) 粒状材のダイレタンシを考慮した新しいハイパー弾性材モデルの提案 (市岡孝夫)

- (5) 本報文は、たわみ性舗装において応力-ひずみの解析法を改善するために双曲線弾性理論を検討し、新しい材料モデルを提案したものである。

双曲線弾性モデルと繰返し三軸圧縮試験による方法は、実際の交通荷重下におけるせん断強度を考慮しており、非拘束粒状材層を有する舗装構造物の現実的な応力解析を行ううえで多大な貢献をするものと思われる。

今後の検討課題としては、経験的な基礎データとの比較および他の配合設計での評価等が挙げられる。

- (1) Hansen, E. K. and Hansen, G. (ノルウェー)
- (2) Quality of Crushed Rock Aggregates for Pavement Structures
- (3) pp.1325~1330

(4) 舗装構築における砕石骨材の品質 (伊藤達也)

- (5) フィンランドでは、路盤に使用する良質なレキが不足したため、砕石を利用し始めた。

研究目的は、①砕石を使用することによる道路・空港舗装の寿命改善、②輸出を含めた砕石の市場拡大である。作業内容は文献調査、CENの動向、室内装置・室内試験、フィールド試験、長期供用性、学識者による研究、永久変形モデルでの設計、最終報告である。

これまで、レキの代わりに砕石を用いることで、理論的には下層路盤で9.1%、上層路盤で7.5%の厚さを減少できるという結論が得られた。

本論文は、研究内容を紹介したものであり1999年には結論がでるとしている。

- (1) Natvik, J. (ノルウェー)
- (2) Mechanical Properties of Crushed Rock Aggregates
- (3) pp.1331~1340

(4) 砕石骨材の力学特性 (岡藤博国)

- (5) 骨材の破碎具合を室内試験と実際の交通荷重により評価した。前者は従来法とICT (Intensive Compaction Testing) で、また後者は施工区間の骨材破碎量調査で行った。その結果、骨材粒度により破碎抵抗性は異なることが示された。またICTは現場での骨材の破碎に対する抵抗性を評価するのに適していることが判明した。

日本では一般的ではない試験法も紹介されており、特に砕石の母岩の力学特性を考慮する場合に参考となる試験法もある。骨材粒子の破碎による路盤の強度低下を考慮する場合、参考となる報告である。

- (1) Vik, G., Holme, J. K. and Hoeg, K. (ノルウェー)
- (2) Cyclic Triaxial Test on Gravel and Crushed Aggregates with 120mm Maximum Grain Size
- (3) pp.1341~1349

(4) 最大粒径120mmの砂利や砕石の三軸繰返し試験 (小笠幸雄)

- (5) 最大粒径120mmの砂利あるいは砕石について、繰返し三軸試験を行うために用いる設備、実験手順および試験結果等について述べたものである。

供試体の直径62.5cm、高さ125cm、拘束応力は供試体の内側を真空し80kPaの圧力を保つ。含水比は同一に供試体を作製し浸水し、供試体中の自由水は排水する。試験は各偏差応力に1000サイクル行う。データ整理では、繰返し復元弾性係数および繰返し荷重により蓄積される永久変形について比較が行われる。

一般的に粗い砕石は、自然の砂利や細粒分の多い砕石より、繰返し荷重下で、良い特性を示すことを明らかにした。

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(1) Hoff, I. and Nordal, R. S. (ノルウェー)</p> <p>(2) Improvement of Equipment and Procedures for Triaxial Testing of Coarse Graded Aggregates</p> <p>(3) pp.1351~1360</p> <p>(4) 粒径の大きな粒状材料を対象とした三軸試験の装置と方法の改良に関する研究 (金井利浩)</p> <p>(5) 繰返し三軸圧縮試験の精度を向上させるため、供試体の準備と試験の方法について次の改良を試みている。①モールドからの供試体の脱型とゴムスリーブの装着方法の改良、②試料と載荷板の摩擦の低減、③ピストンの出入りによる拘束圧の変動の調整、④半径方向変位の新しい測定方法の開発、<br/>特に④が注目されるが、これは、ゴムスリーブを被せた供試体中の大きな粒径の骨材にドリルで削孔し、その孔にセンサを設置後、さらにその上にゴムスリーブをもう一枚被せるというものである。</p>       |
| <p>(1) Baklokk, L. J., Hoff, I. and Nordal, R. S. (ノルウェー)</p> <p>(2) Methods for Ranking Unbound Granular Materials in Pavement Construction</p> <p>(3) pp. 1361~1370</p> <p>(4) 舗装構造物における粒状材料の分類法に関する一研究 (島崎 勝)</p> <p>(5) 舗装における路盤材として広く使用されている天然砂利、碎石等の粒状材料を選定するための簡便な分類方法の検討結果である。<br/>粒度、形状、強度、細粒分含有量、水分量等の異なる材料を用い、ジャイレトリコンパクタで作製した供試体の3軸圧縮試験、CBR等の室内試験を実施した。<br/>その試験結果では、碎石が天然砂利と比較して、弾性特性、変形に対して優れている、開粒度は粒度調整した路盤に比べレジリエントモジュラスが大きく、永久変形抵抗が小さいことが明確になった。</p>               |
| <p>(1) Yoshida, N., Nishi, M., Ohnishi, K., Ito, S. and Sano, M. (日本)</p> <p>(2) Deformation Characteristics and Performance of Slag Base-Course with Short Curing Time</p> <p>(3) pp.1371~1380</p> <p>(4) 短期養生時のスラグ路盤の変形特性とパフォーマンス (東本 崇)</p> <p>(5) スラグ路盤材を用いたアスファルト舗装を早期に交通開放する場合のスラグ路盤材の変形特性と、舗装のパフォーマンスにおよぼす影響について、本研究では、短期養生におけるスラグ路盤材の変形特性を、繰返し三軸試験で究明している。その結果、基層施工後に早期交通開放した場合、わだち掘れ量は急激に増加するが、表層施工後には路盤材の種類に関係なく、わだち掘れが解消されることが分かった。</p>                                   |
| <p>(1) Xu, Z., Gao, Y., Yang, M., Cai, X., Zhou, J. and Ling, T. (中国)</p> <p>(2) Mechanical Properties of Semi-rigid Base Course Materials</p> <p>(3) pp.1381~1390</p> <p>(4) 安定処理路盤材料の機械的特性 (吉村啓之)</p> <p>(5) セメント安定処理、石灰処理、フライアッシュの石灰安定処理などの安定処理性路盤材料における室内性状の特性をまとめたものである。養生日数180日で圧縮強度試験、間接引張試験を行い機械的特性についての検討を行っている。その結果、強度および弾性係数と養生時間については、養生日数が90日から180日にかけての数値の伸びが大きいこと、養生日数と養生温度については、20℃の養生温度で180日後の強度を、60℃の養生温度で6日後の強度で予測可能であることを見いだされた。</p>                             |
| <p>(1) Jha, J. N., Choudhary, A. K. and Kumar, R. (インド)</p> <p>(2) Experimental Study on The Improvement of Bearing Capacity of Reinforced Flyash Subgrade and Soil Flyash Mix</p> <p>(3) pp.1391~1400</p> <p>(4) 補強したフライアッシュ路盤とフライアッシュ混合土の支持力改良に関する研究 (安井由喜夫)</p> <p>(5) 産業廃棄物であるフライアッシュを固化剤として利用し、割合を変えて混合した供試体を用意し、せん断強度試験、支持力試験などの土質実験を行った。その結果、フライアッシュの配合割合が30%で最大支持力が得られることが示された。また、路盤の支持力改良として、フライアッシュにジオテキスタイルを補強材として用いた基礎モデルに対し、ランマー打撃試験により支持力強度を確認した結果、十分有効であることが示された。</p> |
| <p>(1) Saarenketo, T., Scullion, T. and Kolisoja, P. (フィンランド)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

- (2) Moisture Susceptibility and Electrical Properties of Base Course Aggregates  
(3) pp.1401~1410  
(4) 路盤用骨材の含水に対する敏感さと帯電特性 (黒田 智)  
(5) 路盤用骨材の吸水特性や帯電特性が強度特性に与える影響について、フィンランドとテキサスで行われた研究成果について述べたものである。  
研究は、良・悪双方の質をもつそれぞれの路盤用骨材について、誘電性、伝導率、サクシオン特性、動的コーンペネトレーション、および繰返し載荷試験による挙動を把握し、その結果を比較検討し、サクシオン特性が路盤材の水分に対する鋭敏性と大きな関わりがあることを示している。飽和している路盤材のレジリエントモジュラスは、乾燥のものと比較して25%の低下がみられた。
- (1) Duanyi, W., Yu, C., Mao, W., Xiabo, K., Xiting, L. and Shutian, T. (中国)  
(2) The Failure Model of Asphalt Pavement Paving on The Stabilized Soil Base Course  
(3) pp.1411~1417  
(4) 安定処理土路盤のアスファルト舗装の破壊モデル (鈴木康豊)  
(5) 中国の黒龍江省におけるアスファルト舗装の路盤に、セメントや石灰による安定処理土を用いたが、凍上、水分、解氷、交通荷重により、安定処理土路盤の強度低下が生じ、破壊に至っている。そのため、安定処理土材料について、現地調査と室内実験でのデータを基に、強度に影響する要因、路盤内の水分、凍上の影響について解析を行い、高容量幹線道路に安定処理土を路盤材として使用しないこととしている。なお、必要に応じて使用する場合は下層路盤として使用するように示唆している。
- (1) Oloo, S. Y. and Fredlund, D. G. (カナダ)  
(2) The Application of Unsaturated Soil Mechanics Theory to the Design of Pavements  
(3) pp.1419~1428  
(4) 舗装の設計への土質力学理論の適用 (清水浩昭)  
(5) 土質力学理論は、路床などの舗装材料のせん断強度およびレジリエントモジュラスの予測、測定および評価に適用されている。しかし、舗装体は不飽和であり、応力の状態を定義する適切な方法の不足は、長い間、舗装の合理的な設計に土質力学理論の適用の限界を示していた。不飽和の土質理論は、最近進歩しており、標準応力およびマトリックサクシオンを考慮している。本論文では、舗装の下層の平衡マトリックサクシオンプロファイルを予測するために使用できる飽和/不飽和した水分流入モデルのマトリックサクシオンの結合と同様に舗装のせん断強度およびレジリエントモジュラスのマトリックサクシオンの影響について述べている。
- (1) Corte, J., Chassaing, P., Piau, J. and Froumentin, M. (フランス)  
(2) The New Dynaplaque for the Control of the Deformability of Pavement Subgrades  
(3) pp.1429~1436  
(4) 舗装路床の変形能力をコントロールするための新しいダイナブラーク (dynaplaque) (鈴木秀輔)  
(5) フランスでは、ここ20年以上、新設道路の路床の変形能力をダイナブラークを用いて評価している。本装置は取り扱いが容易で、1時間あたり20回以上の測定が可能である。ダイナブラークは、直径60cmの鋼製のプレート上に錘を落下させ、その跳ね返り高さにより路床の変形係数を算出するもので、数年前、新たに開発されたダイナブラークは、路床に密着させ水平に設置されたプレートに加わる衝撃を直接的に測定するものである。このダイナブラーク2は、セメント安定処理された路床やキャッピング層等の固い路床の計測の必要性から開発されたものであり、これにより、適用フィールドが拡大できた。
- (1) Dai, S.T., Schrader, C., Van Deusen, D., Johnson, G. and Rettner, D. (アメリカ)  
(2) Characterizing Subgrade Soil Conditions Through Instrumented Pavements and Laboratory Experiments  
(3) pp.1437~1446  
(4) 試験舗装と室内試験による路床土の特性 (鈴木康豊)  
(5) 路床土の特性を把握するために、FWD試験から得られたデータから逆解析した結果と、サンプリングした路床土からレジリエントモジュラスを求め、路床土の特性の把握を目的としているものである。逆解析では、路床下に固い層を仮定しないで計算するよりは、固い層を仮定して計算した弾性係数の方が妥当であるとしている。また、路床土の塑性指数のような材料特性は、レジリエントモジュラスに影響するとしており、室内試験や逆解析結果から、高い

塑性指数の路床土のレジリエントモジュラスは、低い塑性指数の路床土よりも小さい結果となっている。

- (1) Cheung, L. W. and Dawson, A. R. (イギリス)
- (2) The Use of Simple Soil Tests in Assessing Subgrade
- (3) pp.1447~1458

(4) 単純土質試験を利用した路床の評価

(関口英輔)

- (5) 本論文は、単純土質試験技術の路床評価への適用能力を検討したものである。

試験は、3タイプの粘性土に対して、土の分類、組成、CBR、せん断ベーン、サクシオン試験を実施した。その結果、CBR試験は路床の変異性に鈍感であること。土のせん断強度は、SRTFで測定されたわだちの発生傾向、RLTTでのスティフネスの傾向と、強い関係にあることが示された。またこれらの結果は、土のタイプと応力状態によって変化するということが確認された。以上より、土のせん断強度と塑性を主な入力因子とした、スティフネスと累積永久ひずみの予測式が路床のパフォーマンス予測手法として提案された。

- (1) Macdonald, R.A. and Lund, J.L. (デンマーク)
- (2) A Comparison of Nuclear Gauge and Sand Replacement Test Methods Monitoring Compaction Densities with two Danish Unbound Granular Road Materials
- (3) pp.1459~1470

(4) 種類の粒状材料の締固め密度をモニタリングしたときの水分密度計と砂置換法の測定精度の比較

(高橋光彦)

- (5) デンマーク道路協会は、デンマーク道路評価試験機 (DTM1) による「舗装路床性能試験」を実施した。本研究は、荷重、気象の影響を受ける5種類の路床土の変形について研究するもので、改善された路床の破壊基準および性能モデルを新たに開発することを目的としている。

ここでは、コンクリートパイプリング試験とよばれる方法で、一様に締固められた様々な材料での現場密度試験と水分密度試験の評価するとともに現場試験について報告している。密度の測定結果は水分密度計が良好との結果を得たが、含水比の測定では、砂置換法の誤差が1%と水分密度計の2%に比べ良好な結果となった。

- (1) Pinard, M. (ボツワナ)
- (2) Innovative Compaction Techniques for Improving the Bearing Capacity of Roads and Airfields
- (3) pp.1471~1480

(4) 道路・空港の軸許容量を向上させるための革新的締固め技術

(美馬孝之)

- (5) 従来の路床の締固めには、静的締固め、ねり込み動作、振動などの効果による締固め装置が使用されている。本文は、より大きな荷重軸容量を持つ路床を作るために、効果的かつ効率的な締固め機械として、根本的に新しいタイプの装置を開発し、その性能を述べたものである。開発された締固め装置は、通常円形のローラーを、三角型、四角形、五角形に近いユニークな形状にしたものになっている。このタイヤの回転によって、高エネルギーの衝撃締固めがなされ、タイヤ形状を調節することで、各種の土質に対応するとしている。

- (1) Askegaard, V., Brink, A. and Ullidtz, P. (デンマーク)
- (2) Pressure Cell Applicability
- (3) pp.1481~1490

(4) 圧力セルの適用の可能性

(早川洋子)

- (5) 舗装の構造的解析は、線形弾性材料や、静的平衡をもつ連続体のメカニズムを用いた解析モデルに基づいているが、これらの実験結果は、理論的根拠に基づいていなければならない。またモデル検証のための微粒子媒体に対する応力やひずみを測定することは試験結果の正確性を評価することである。

そのため、厚さ・直径の比率の異なる3つのセル (セルⅠ 1:20, セルⅡ 1:5, セルⅢ 1:3) に対して、垂直応力の実験観測値と理論的予測値との関係についての研究を行い、セルⅠ, Ⅱは、理論式によく従っている。薄いセルを用いれば、オペレータの習熟度に関係なく正確な結果を得ることができるが、実験時のオペレータのセル設置手順により、算出される係数にわずかな違いが現れる等が示された。

- (1) Fleming, P. R., Rogers, C. D. F. and Frost, M. W. (イギリス)
- (2) Performance Parameters And Target Values For Construction of UK Road Foundations
- (3) pp.1491~1501

- (4) イギリスでの道路基礎施工のための材料性能係数と目標値 (舟根 毅)
- (5) 現在イギリスで行われている路盤と路床の剛性率による日常管理のより分析的な評価をするため、性能規格を確立し目標値を定めることにより道路基礎の長期的安定性に利用することを目的としている。
- 実験は、FWDを基準としてTFT, LDTという小規模動的装置をもちいていくつかの路床上の様々な条件の試験やードで現場試験と試験室で行った。これらの実験調査から三軸試験により路盤の設計厚が最悪の路盤条件で決定され、設計による剛性が適正值以上であることを立証することができる。また、FWDと相互関係からTFT, LDTの軽量で使いやすい装置による剛性率の評価基準と目標値の設定を与えた。

## 11. 補強材の利用

- (1) Perkins, S. W., Ismeik, M., and Fogelson, M. L. (アメリカ)
- (2) Mechanical Response of a Geosynthetic-Reinforced Pavement System to Cyclic Loading
- (3) pp.1503~1512
- (4) 動的繰返し載荷試験によるジオセンシティブ補強舗装の機械的性能の検討 (水野卓哉)
- (5) たわみ性舗装の路盤層に、ジオセンシティブ (ジオグリッドとジオテキスタイル) を敷設することによる補強効果について検討を行った。
- 円形の載荷板により動的な繰返し荷重を載荷できる装置を使用し、載荷板からの距離毎の路盤-ジオセンシティブのひずみを測定し、さらにジオセンシティブの引張りひずみの測定を行った。これより、路盤層の骨材とジオセンシティブとの境界 (インターフェース) において、せん断が作用していることが確認された。
- ジオセンシティブに求められる性能は、ジオセンシティブ自体のせん断抵抗性能が重要で、また、種々の検討の結果、路盤層のひずみや、ジオセンシティブのせん断抵抗性能に関する補強効果や補強メカニズムを実例化・定量化することが出来た。
- (1) Nilsson, L. E. and Johansson, S. (スウェーデン)
- (2) Steel Fabrics as Reinforcement in Road Construction
- (3) pp.1513~1522
- (4) アスファルト舗装の鉄網による補強 (村田信之)
- (5) 本研究は、鉄網が低温のアスファルト混合物にもセメントコンクリートと同様な効果を及ぼすであろうとの着想の下、室内試験と試験舗装によって検証を試みたものである。室内実験では、アスファルト混合物の下部に鉄網を配置した長さ2mの供試体を用いて、引張試験やせん断試験による補強効果の評価が行われた。また、実路での効果を検証するため、鉄網の配置方法などを変えた試験舗装が実施された。
- その結果、鉄網によるアスファルト混合物の補強は路盤の種類に関係なく、低温クラックの発生抑制に効果がある。さらに疲労抵抗、塑性変形、リフレクションクラック対策としての副次効果も得られるとしている。
- (1) Elsing, A. and Sobolewski, J. (ドイツ)
- (2) Asphalt-Layer Polymer Reinforcement: Long-Term Experience, New Design Method, Recent Developments
- (3) pp.1523~1532
- (4) アスファルト層のポリマーによる補強: 長期試験, 新しい配合設計, 最近の開発 (山脇宏成)
- (5) ポリエステルでつくられた補強グリッドは、アスファルト層のひびわれを防止するために使用し成功をおさめているが、複合物とアスファルトの挿入物の確立、繰返し載荷を受ける複合補強オーバーレイ層の挙動を調査するために試験が行われた。
- その結果、引張り強度の大きいポリエステル製のジオグリッドはリフレクションクラックにたいし効果的であること、補強されたグリッドとプレコートされた不織布の組み合わせが最も有効であり、オーバーレイの残存寿命がかなり延びることが示された。
- (1) Kim, K. W., Doh, Y. S., Lim, S., Rhee, S. K. and Li, X. (韓国)
- (2) Reinforcement of Asphalt Pavement to Improve Resistance Against Reflection Cracking
- (3) pp.1533~1540
- (4) リフレクションクラックを防ぐアスファルト舗装材料の開発 (玉木琢雄)

- (5) 韓国におけるアスファルト舗装に発生するリフレクションクラックを防止するための舗装材料の添加材並びに表層下部に設置するシート材の有効性について検証を行った。

添加材として低密度のポリエチレン (LPDE) と炭素 (CB), シート材としてポリエチレンファイバー (PF), ポリエチレンフィルム (PV), そしてガラスグリッド (GG) の材料を組み合わせた供試体を作成し, 繰返し荷重試験によってクラック発生に関する補強技術を評価した。その結果, 全の材料がクラック発生を防ぐ効果を示した。しかも, 添加材を用いた混合物とシート材を併用すればさらに効果は増大した。

- (1) kuo, S. S., Armaghani, J. M. and Scherling, D. (アメリカ)  
(2) Investigation and Accelerated Performance Testing of Ultra-thin fiber Reinforced Concrete Overlay on Asphalt and Concrete Pavement  
(3) pp.1541~1549  
(4) アスファルトおよびコンクリート舗装上で超薄層ファイバーコンクリートオーバーレイの調査と促進試験 (美馬孝之)  
(5) オーバーレイとして, ポリオレフィンとポリプロピレン繊維を用いた超薄層ファイバーコンクリートの使用を検討し, 最適な配合を決定する研究を行った。

評価方法として圧縮強度, 曲げ強度を用いてASTM規格で試験を行ったが, 繊維添加の強度は微増である。しかしながら, 繊維の残留強度によるコンクリートにおける初期ひびわれの遅延効果は明らかである。繊維はマトリクスの中で一様に分配されて, 超薄層ファイバーコンクリートはテスト部から切り取られた何本かの標本から, 既存のアスファルトとコンクリートの舗道によく接着されることが確認された。

- (1) Watn, A., Eiksund, G. and Knutson, A. (ノルウェー)  
(2) Survivability Of Geotextiles in Road Construction  
(3) pp.1551~1560  
(4) 道路建設におけるジオテキスタイルの可能性 (鈴木 徹)  
(5) ノルウェーにおいて道路建設で, 不織布による2段階の研究プロジェクトが実施された。第一段階として連続載荷による不織布の効果を調査するため大規模な室内試験を行い, 第二段階は現場試験にて施工中のジオテキスタイルの抵抗性を調査した。

各因子の試験結果と不織布の挙動観察結果から, 不織布の初期引張強さと連続載荷後のひずみ特性から明確な関係を導き出し, 不織布を道路施工に取り入れるための特性と必要条件が示された。

## 12. 舗装の補修

- (1) Sousa, J. B., Pais, J. C. and Eckmann, B. (ポルトガル)  
(2) An Approach for the Definition of Construction and Maintenance Strategies for Flexible Pavement  
(3) pp.1561~1570  
(4) アスファルト舗装の建設と維持の戦略的計画の考え方 (玉木琢雄)  
(5) アスファルト舗装の新設の設計期間と様々な補修方法の組み合わせの中で, 最適なコストパフォーマンスを持つ組み合わせを求めることを目的としている。設計期間を5~32年とし, 補修方法は, オーバーレイのみ, 切削+オーバーレイの条件を組み合わせ, その効果についてコストを中心に比較検討を行った。

総合判断として, 設計期間を32年と設定した場合, 初期建設コストは他の設計年数よりも高くなるが, 全体のコストは決して高いものではない。また補修方法では, オーバーレイのみを行った方がもっとも有益であるということである。

- (1) Wayne Lee, K., Shukla, A. and Soupharath, N. (アメリカ)  
(2) Permanent Deformation and Cracking Resistance Characteristics of Asphalt Containing Recycled Asphalt Pavement  
(3) pp.1571~1580  
(4) リサイクル材を用いたアスファルト混合物の永久変形特性ならびにひびわれ抵抗特性について (林 信也)  
(5) 再生アスファルト混合物を使用したアスファルトバインダの永久変形およびひびわれ抵抗性について評価を行ったものである。再生混合物のバインダ量が増加するとともにバインダの粘性が増加したことや, 圧縮強度や硬さが増し

たことが書かれており、低温におけるひびわれが生じ易いことなどが明記されている。

本報は、リサイクルが推進されている日本においても興味ある話題であり、これに記されている知見は非常に有用であると考ええる。

(1) Fleming, P. R. (イギリス)

(2) Recycled Bituminous Planings as Unbound Granular Materials for Road Foundations in the UK

(3) pp.1581~1590

(4) イギリスにおける道路基盤の粒状材料へのリサイクル合材の適用について

(水野卓哉)

(5) イギリスではアスファルト舗装のリサイクル材は毎年少なくとも700万トン以上が生産されているが、これらリサイクル材の作業性と耐久性に疑問が寄せられている。

そこで室内において、新規碎石と、新材と旧材と50:50に配合したもの、100%リサイクル材料(BRP: Recycled Bituminous Planings)の、各種混合物性状の確認を行った。

室内におけるCBR試験においてはBRPの性状が最も悪かったが、試験路床上における結果では他のサンプルと比較して大差なく、標準的な混合物強度を確認することができた。

(1) Ruth, B. E., Tia, M. and Setze, J. C. (米国)

(2) Laboratory Investigation into Recycling of Crumb Rubber Modified R.A.P.

(3) pp.1591~1598

(4) 再生アスファルト混合物に再生粒状ゴムを添加するための実験室での評価

(阿部長門)

(5) この調査は、再生粒状ゴムで改質する(CRM)ことを目的とし、再生アスファルト混合物(RAP)に活用するための影響を評価するために行われた。異なった種類をシミュレートするために、GTM試験によってジャイレーション角度を3度で固定し、締固めレベルを3段階設定しGTMで混合物特性を評価した。

この結果、せん断強度に与える影響は、締固めレベルが最も大きく、CRMのバインダ添加量、CRMの粒度分布の順番となった。最も効果の高い条件は、再生アスファルト混合物の再生材の添加量が33-50%で、CRMのバインダ添加量6%、CRMの粒度は4-0mmである。

(1) Gallenne, M. L. and Moneron, P. (フランス)

(2) Recycling of Bituminous Materials in Hot Asphalt Plants

(3) pp.1599~1608

(4) アスファルトプラントにおける瀝青系材料の再生技術について

(飯田健一)

(5) フランスにおけるアスファルト系材料の再生技術として、プラントにおける製造工程(加熱方法及び混合方法)及び材料種別(再生骨材の最大粒径など)が製造される混合物にどのような影響を及ぼすか、全国的に調査し、プラント再生技術指針策定のための基礎データ収集結果について述べられている。今後さらに調査することにより2002年を目標にフランスにおけるプラント再生技術の指針を打ち出したいと述べられている。本報文の内容について特筆すべき点は特に無いものとする。

(1) Kim, K. W., Jeong, K., Lee, J., Lee, S. and Park, T. (韓国)

(2) Evaluation of Modified and Cold-Recycled Asphalt Mixtures

(3) pp.1609~1618

(4) 常温再生アスファルト混合物の評価

(伊藤達也)

(5) 韓国はアスファルト混合物の再利用を推奨しており、再生混合物の品質は、新規混合物と同程度であることとしている。使用した材料は、アスファルト乳剤、再生用添加剤、不飽和ポリエステル樹脂である。骨材は新規骨材60%、再生骨材40%での割合で混合し、最大粒径は共に25mmで、合成粒度は日本の密粒度に近いものである。目標性状は、空隙率3~10%、マーシャル安定度350kgf以上、フロー値10~40である。

検討した結果、再生用添加剤と不飽和ポリエステルの併用、あるいは不飽和ポリエステルの単独添加(共にアス分に対し10%の添加)で目標性状を満足することができた。

(1) Syed, I. and Scullion, T. (アメリカ)

(2) In-Place Engineering Properties of Recycled and Stabilized Pavement Layers

(3) pp.1619~1630

(4) 路上再生および安定処理された舗装の特性

(鎌田孝行)

- (5) 本論文は、路上再生された路盤をもつ舗装の現位置における特性の調査を行った。筆者らは、25工区についてFWDによるたわみの測定、ダイナミックコンペントロメーターによるDCP係数の測定を実施し、また地中探査レーダーを用いて層厚分布の調査を行っている。

その結果、FWDの結果は層厚に影響を受けること、DCP係数 (mm/打撃回数) とFWDの結果から逆算された弾性係数には相関があることがわかった。また計算値にはばらつきがあるため、逆算された弾性係数とDCP係数の回帰線から標準偏差を差し引いた「設計線」の使用を推奨している。

- (1) Lenngren, C. A. and Fredriksson, R. (スウェーデン)

- (2) Initial Rutting on Reconstructed Roads and How it Relates to FWD Testing

- (3) pp.1631~1640

(4) 再構築された道路の初期わだちとFWD試験結果との関係について

(増山幸衛)

- (5) スウェーデンの延長26kmの路線で、1993年より路面性状と舗装の支持力に関する調査を行ってきたが、1996年にその一部区間において再構築を実施した。そのため、舗装構成と材料を変えることによって、異なった舗装の支持力の3箇所を設定し、初期わだちの発生と舗装の支持力及びわだちの成長に関して1年間の調査を行った。

その結果、初期わだちの発生量がその後のわだち量に大きく関係すると同時に、初期わだちの発生には特に路床、路盤の支持力が大きく影響することが確認された。

- (1) Wayne Lee, K., and Davis, J. S. (アメリカ)

- (2) Structural Properties of New England Subbase Materials of Flexible Pavements

- (3) pp.1641~1650

(4) ニューイングランド地方のたわみ性舗装に用いられる下層路盤材の構造特性

(金井利浩)

本研究では、下層路盤材の再生骨材の混入率を変えた供試体についてレジリエントモジュラス試験、透水試験を実施するとともに、構造特性の指標である層係数を算出して、下層路盤材料としての適否を検討している。

再生骨材を混入した方が、粒状碎石のみの路盤材料よりもレジリエントモジュラスが大きくなり、レジリエントモジュラスから層係数を算定すると、再生骨材混入率を40~60%まで変化させたときの層係数は0.11~0.17の範囲となることがわかった。下層路盤材料では再生骨材混入率の上限を50%に設定することを推奨している。

- (1) Lauter, K. and Abd El Halim, A. O. (カナダ)

- (2) Verification of Field Performance of Cold In-place Recycled Asphalt

- (3) pp.1651~1662

(4) 常温路上再生アスファルトの性能検証

(安井由喜夫)

- (5) カナダとアメリカ合衆国北部で凍結によって発生する温度収縮クラックを抑制するために有効である常温路上再生工法 (CIR) が開発された。本報告はCIRの開発経緯などを説明し、従来のオーバーレイ工法との比較を行い、CIRの性能が有効であるとしている。

この工法は既設のアスファルト層を粉砕しながら、常温で混合し連続的に舗設が行われる。路面性状計測車による路面性状データで従来のオーバーレイ工法との比較を行った結果、従来工法では施工1年後に著しくクラックが発生する一方、CIRでは施工2年後までクラックの発生が見られないことが確認できた。

- (1) Srsen, M. and Keindl, V. (クロアチア)

- (2) Adapting Pavement Structures of Lower rank Roads to Traffic-Load Requirements for Motorways

- (3) pp.1663~1672

(4) 軽交通道路用舗装構造の自動車専用道路への転換について

(黒田 智)

- (5) 現在、クロアチアでは約400kmの自動車道路が建設されており、政府が提案した長期計画によれば、今後1500kmの建設が必要とされている。本報告は、クロアチアのザグレブから西のリュブリャナ間と、ザグレブから東のベオグラード間の2区間について舗装構造の検討を行った。

自動車道へ適用する材料は、アスファルト安定処理路盤やセメント安定処理路盤が主であるが、前者はわだち掘れの影響があり、後者はリフレクションクラックを引き起こす要因となる。瀝青セメント安定処理路盤 (STABICOL) について今後の検討課題としている。

- (1) Noss, P. M. and Ese, D. (ノルウェー)
- (2) Road Strengthening and the Use of Performance Indicators
- (3) pp.1673~1680
- (4) ノルウェーにおける道路強化と供用性指標 (水口浩明)
- (5) ノルウェーでは1986~1990年にかけてPMSの開発を行った。それ以前は設計, 施工, 維持管理などを単一的に捉えていたが, それらをシステム化し各データをリンクさせることにより, 道路維持管理の効率化およびライフサイクルコストの縮減を行っている。

ノルウェー道路局は, PMSデータを基に室内と現場のデータの関連性を取っている。PMS開発の一環として路面性状測定車の開発, 供用中のIRIのシミュレーションシステムの構築を行っている。現在シミュレーションシステムの構築により, 性能規定発注方式を取り入れ, 保証性能はIRIやわだち掘れ量の測定値としている。

### 13. ケーススタディ (空港)

- (1) Hovan, M. J. and Guo, E. (アメリカ)
- (2) Effects of Slab Size on Airport Pavement Performance Analysis of Field Survey Data
- (3) pp.1681~1693
- (4) 空港舗装のパフォーマンス解析におけるコンクリート版の寸法の影響 (小関裕二)
- (5) アメリカの174空港 (27百万㎡) のPCIデータを集計し, コンクリート版の寸法 (コンクリート版の長手方向の長さや面積) が舗装のタイプ (滑走路, 誘導路, エプロン), 供用年数においてどのような影響を及ぼしているかを統計処理した。

集計されたデータは, 寸法の大きいコンクリート版の破損が早期に起こることを示し, 小さいコンクリート版 (長さ6.1m以下) が最適であることを推奨している。調査結果は, アメリカの空港舗装の仕様に反映される。莫大なデータからの統計データを示しており, 日本の空港でも適用できるのではないと思われる。

- (1) Potter, J. and Cook, J. (イギリス)
- (2) Trials to Minimise Reflection Cracking in UK Military Airfield Pavements
- (3) pp.1695~1708
- (4) 空港舗装のリフレクションクラックを最小化するための実験 (佐藤雅規)
- (5) イギリス軍における空港舗装は, 1950年代に鉄筋の補強あるいはスリップバー無しのコンクリート舗装が多く建設され, そのジョイント部が弱点となってきた。この多くは, 加熱アスファルト混合物によるオーバーレイで補修がなされてきた。

本研究では, コンクリート舗装上のリフレクティブクラック防止工法として, ジオグリッドによる方法, SAMI層による方法, クラック防止シートを用いた方法, コンクリート版のアンダーシーリング工法の供用性を調査した。層厚や組み合わせなどの条件ごとに, リフレクティブクラックの発生状況や供用性についてまとめた。

- (1) Greer Jr, W. C. (アメリカ)
- (2) Evaluation, Maintenance, and Rehabilitation of Pavements at Atlanta International Airport
- (3) pp.1709~1718
- (4) アトランタ国際空港の舗装の評価, 維持, および修繕 (清水浩昭)
- (5) 発着回数の多いアトランタ国際空港の滑走路の構造評価および維持修繕の手法について述べたものである。構造評価は, コアの採取を含む破壊試験が制限されており, およそ3年ごとにFWDによる滑走路, 誘導路, およびエプロンの調査が行われている。

戦略的維持計画により, 設計寿命をかなり越えている3つの滑走路の耐用年数を延ばすことができた。しかし, 大規模な補修および改築の時期については, 慎重に評価し, 計画する必要がある。

- (1) Beckemeyer, C. A., Kumapley, R. K., and Titus-Glover, L. (アメリカ)
- (2) Case Study: Design and Construction of Bonded PCC Overlay on a D-Cracked Airfield Pavement
- (3) pp.1719~1728
- (4) ケーススタディ: D-クラックを生じた空港舗装上のPCCオーバーレイの設計と施工 (鈴木 徹)

- (5) 本論文は、D-クラックが多数発生しているカンザス州トベカにあるフォーブス空港の13-31滑走路を対象とし、コア採取、FWDによる試験、データ解析を行った。既存の舗装構成は、路盤の上にコンクリート版を舗設し、その上にアスファルト混合物のオーバーレイを行い、その上にスラリーシールが施されている。D-クラックのコアを採取した結果、表層の著しい劣化は目地の表面から100mmの位置までに発生しているクラックが影響している。FWD測定は全ジョイント部で測定し、ジョイント部のたわみと床版中心のたわみの比 (DEFratio) を求め、DEFratioが3.5より大きい時にD-クラックが発生する。

(1) Van Wijk, I, Byrnes, J. and Poolman, S. (ナミビア)

(2) Use of Segmental Block Paving on Airfield Aprons

(3) pp.1729~1733

(4) 飛行場のエプロンにおけるブロック舗装の適用

(鈴木康豊)

- (5) ウイントフック国際空港のエプロンは、1960年代に建設され、天然の砂利路盤上に目地付きのコンクリート版である。1980年代後半にエプロンの供用性が低下したため、エプロンの修繕方法について検討し、ブロック舗装の適用性についてまとめた。

コンクリート版上に砂を敷き、その上にブロックを適用する工法が検討された。この方法は、打換え工法の60%の費用で補修を行うことができる。ブロック舗装の工法はたわみが大きくなるが、コンクリート版底部の応力が10~20%低下するので、構造的には妥当なものであると述べている。

(1) Hasim, M. S. and Yahya, A. B. (マレーシア)

(2) Design and Construction of the Runway Pavement for the Kuala Lumpur International Airport Using Quasi-Mechanistic Approach and New Material

(3) pp.1735~1744

(4) 半理論的手法と新しい材料を用いたクアラルンプール国際空港の滑走路舗装の設計と施工

(関口英輔)

- (5) 本文は、クアラルンプール国際空港 (KLIA) の滑走路舗装に適用された半理論的設計法と新しい材料を用いた施工についてのケーススタディを報告したものである。砂岩はセメント処理路盤の骨材として利用され、混合物層においては、SHRPの基準に基づいたポリマー改質アスファルトが使用された。

その結果、舗装のパフォーマンスは、ボーイング747に耐えうる強度を持つことが確かめられた。しかし、長期的な疲労に対するパフォーマンスについては未知である。

(1) Yin, J., Sato, K., Hachiya, Y. and Sato, K. (日本)

(2) Structural Evaluation for Cracked Airport Asphalt Pavements

(3) pp.1745~1752

(4) 飛行場アスファルト舗装でのクラックの構造評価

(高田祥子)

- (5) 空港舗装のクラックは、超高速で航空機が走行するために危険性が高く、クラックが発生したら迅速な調査、評価と損傷の修理が必要である。本報告は、地震によってひび割れが発生した空港アスファルト舗装に対して、FWDを用いた舗装構造評価を行い、クラックの程度を評価し、修繕効果の有効性についてまとめたものである。

この結果、クラック部分とクラックの入っていない部分のFWD載荷の変形量D45とD250を比較することで、クラックの程度を評価することができる。この評価方法によりシーリング、パッチング、オーバーレイの3種類について補修工法の効果を評価している。

(1) Stefanovic, M. J. and Djuran, J. P. (ユーゴスラビア)

(2) The Runway Pavement Evaluation, Rehabilitation Design and Performance after Construction on the "Belgrade" Airport

(3) pp.1753~1764

(4) 「ベオグラード」空港舗装の建設後の補修設計法と供用性の評価

(高橋光彦)

- (5) 本報告は、「ベオグラード」空港舗装の建設後の補修設計法と供用性の評価について述べたものである。当該空港は1962年に建設されて以来3回の補修工事が行われている。当初はセメントコンクリートによる舗装であったが、以後の補修でアスファルトコンクリートによるオーバーレイが実施されている。

PCIは65を臨界状態とし、50で警告状態、40で許容限度、と値が小さくなるにつれて悪化していることを示す。舗装の表面には車輪走行位置に亀甲状クラックの発生もみられるほかジョイントの破損等も多くみられる。

- (1) Joubert, P., Motrescu, M. and Mackey, R (南アフリカ)
- (2) Aspects of Airport Pavement Rehabilitation Design (Johannesburg International Airport - South Africa)
- (3) pp.1765~1775
- (4) 空港舗装の修繕計画について (ヨハネスブルグ国際空港-南アフリカ) (島崎 勝)
- (5) アフリカで最も利用率の高いヨハネスブルグ国際空港 (JIA) の滑走路 (4,450km) および誘導路 (1,120km) のアスファルト舗装の長期修繕計画に用いた設計に関する方法論および設計経緯について報告するものである。  
一定の低ひずみのアスファルト疲労基準, アスファルト路盤の構成, 空港舗装に対する特有のアスファルト解析手法の開発に着目した。また, 修繕に関するマネジメント, 技術的ファクターについても着目した。上記の開発項目に基づき, 舗装構造の検証, 評価および航空機荷重の解析を行い, 舗装構造の支持力の解析を実施し, 修繕計画へと導いた。

- (1) Lange, G. (ノルウェー)
- (2) Use of Superpave Binder Specification on Airfield Pavements - A Case Study
- (3) pp.1777~1785
- (4) 空港舗装へのスーパーペーブバイнда仕様の適用 (立石大作)
- (5) スーパーペーブバイнда仕様を適用した最初の空港舗装であるオスロ空港に関する報告書である。PG64-34のバイндаを用いた, SMA混合物の試験結果について報告されている。  
1957~1993年の気温をもとにSHRPの路面温度の算出式を使用した場合にはPG52-34となる。しかしながら非常に大きな輪荷重かつ非常に高い接地圧を受けるため, 供用最高路面温度を高温側へ2グレードシフトし, PG64-34を適用したとしている。PG64-34のバイндаを用いた場合, 3年後においてもわだち掘れや低温によるクラックは発生していない。高温側の路面温度の算出式は北ヨーロッパにおいては適当ではなく, 新たな算出式が提案されている。

## 14. ケーススタディ (道路)

- (1) Das, A., Reddy, K. S. and Pandey, B. B. (インド)
- (2) Analytical Overlay Design and Validation : An Indian Case Study
- (3) pp.1787~1796
- (4) 解析によるオーバーレイ設計方法とその確認 (インド) (手塚朗子)
- (5) インドでは10年以上の間, 舗装パフォーマンスの研究が行われている。オーバーレイの設計方法には, BBD (Benkelman Beam Deflection) 法と解析による設計法がある。  
東インド国際道路で, この2つの設計方法の比較が行われた。解析による設計方法とは, FWDにより弾性係数を求めた。結果として, お互いに大多数は一致しているが, 2つの設計方法の舗装厚には多少のずれが生じた。これは, FWDにより測定の際の荷重による舗装ダメージであるとしている。  
オーバーレイの設計方法には, 合理的な解析による設計法のほうが広い範囲において信頼性がある。

- (1) Idabaga, A. S., Overby, C. and Mujjungi, L. (タンザニア)
- (2) Structural Capacity of the Same-Himo Road Pavement
- (3) pp.1797~1804
- (4) Same-Himo道路の構造的支持力 (東本 崇)
- (5) 本文は, タンザニア・キリマンジャロ地方にあるSame-Himo道路の舗装の支持力を, ベンケルマンビームと動的コーンペネトロメータおよび間接引張試験によって調査した結果について述べている。  
この結果, クラックの有無に係わらず, 間接引張試験によるアスファルト混合物の弾性係数は大きかったこと, 動的コーンペネトロメータによる路床, 路盤の支持力は良好だったこと, ベンケルマンビームによる舗装の支持力も良好だったとしている。

- (1) Puodziukas, V. (リトアニア)
- (2) Flexible Pavement Evaluation and Strengthening in Lithuania
- (3) pp.1807~1814
- (4) リトアニアにおけるたわみ性舗装の評価およびその構造的強化 (早川祥子)

- (5) リトアニア道路管理局 (LRA) は、21,121km道路を管理している。これらの道路は、国全体の40%の交通量と60%の軸荷重が集中する非常に重要な道路であり、道路管理のための限られた予算を最も効果的に配分する必要がある。1993年に、LRAはリトアニアPMSにより、優先順位決定法に基づく舗装の維持修繕計画を開始した。

アスファルト混合物のオーバーレイの必要厚を決定するため、たわみ試験結果に基づいたAID法 (Asphalt Institute Deflection Method) が用いられた。この方法の特徴は、舗装状態が最も悪い状態の時期に測定されたたわみデータを用いることである。

- (1) Thompson, M. R. and Hall, K. D. (アメリカ)  
(2) The Livingston Country, IL Aggregate Base Study  
(3) pp.1817~1826

(4) リビングストンにおける骨材の基礎的研究

(林 信也)

- (5) イリノイ州で用いられている骨材の0.075mm通過量は、12~13%程度あり規格の上限値を超えている。実際にはこの材料を使用しなければならないので、これを改善するために石灰およびセメント処理が行われている。それを用いた試験舗装を構築し、この方法の有用性を評価した。

粒度を外れた材料をそのまま用いた場合は、供用性に問題が生じるという結果が得られたものの、その材料に石灰およびセメントを添加し安定処理した場合、供用性に問題は生じず、この処理方法が有効であることが確認できた。

- (1) Lenngren, C. A. (スウェーデン)  
(2) Backcalculation of Modulus on Loading Time Dependent Clays  
(3) pp.1827~1836

(4) 載荷時間に依存する粘性土の弾性係数の逆解析

(藤谷 篤)

- (5) スウェーデン西部の高速道路では、高い確率で舗装の劣化が見られている。そこで、この地方特有の粘性土を含む路床の弾性係数に関して調査を行った。この試験は、ライズタイム (設定荷重の90~95%に達するまでの時間) を25m秒に設定し、40kN~68kNまで荷重を変化させた。

試験の結果、粘性土を含む路床は載荷時間の影響を受け易いことが確認された。また、荷重が大きくなるほど、たわみ易いことが確認された。この試験結果から粘性土を含む路床は、交通量が多く車両速度が遅い場合に最も破壊を受け易いとしている。

- (1) Haustveit, T., Nalsund, R., Trengereid, T., Aksnes, J. and Evensen, R. (ノルウェー)  
(2) Crushed Rock Pavement Structure Trial Sections  
(3) pp.1837~1846

(4) 碎石舗装構造の試験施工

(舟根 毅)

- (5) ノルウェーでは1993年に碎石の品質に関する共同研究グループが確立された。道路、鉄道、滑走路舗装の中で使われた碎石の特性を明らかにすることである。ここでは3箇所の試験施工での碎石特性について報告している。

ノルウェーで舗装の設計厚の計算に用いられているプログラムEMODULを使ってFWDたわみの逆解析から算出した弾性係数による比較を行った。下層に砂利を使用するよりも碎石を使用するほうが、荷重分散特性の結果として舗装厚を10%薄くできるという結果を示した。

- (1) Berditchevsky, G. D., Marcenaro, C. M., and Paiz, B. R. (グアテマラ)  
(2) Use of FWD for a Pavement Structure Redesign During Construction on Volcanic Soil Subgrades  
(3) pp.1855~1865

(4) 火山質土上に建設する舗装構造の設計変更のためのFWDの使用

(山脇宏成)

- (5) グアテマラでは、アメリカ大陸開発銀行 (IDB) を通じて、3、4年間で道路補修に対し15,000万ドルの投資に着手した。IDBの融資条件として、資金調達と投資計画の技術的な管理する方法が求められ、工期の短縮、高品質、コスト削減のためにグアテマラの地質特性、気候、交通量、舗装の構造設計、既設舗装の破損状況、補修設計の他に、建設過程に使用される材料の品質管理/品質保証方法が検討され補修設計変更が実施された。

この補修計画の最終結果としては、品質管理手段として、FWDおよびRSP装置を使用することは、あらゆるプロジェクトに対して重要であることを示している。

## 総合評価方式工事

平成13年に入ってから、舗装工事関係の新たな入札・契約方式として、公募型指名競争入札や性能発注方式に加え、総合評価落札方式の試行が始まった。

この入札・契約方式は、工事の技術資料作成要領によれば、「入札時に舗装構造等の提案を受け、価格以外の要素と価格を総合的に評価して落札者を決定する、入札時VE方式の工事である」と規定している。

ケーススタディとして、国土交通省関東地方整備局道路部道路工事課が平成13年1月に試行した工事です。これを解説すると、以下のとおりである。

当該工事の工事概要は、表-1に示すとおりである。

ここでは、次の要件を解説した施工計画書を提出することにしている。

- ① 構造提案における騒音低減に関する技術的所見および経済的所見
- ② 骨材剥離対策、わだち掘れ対策等の具体策
- ③ 構造提案および施工方法等による施工期間短縮の技術的所見および経済的所見

表-1 村上舗装修繕工事

|             |                                                        |                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 工事件名        | 一般国道16号村上舗装修繕工事                                        |                                                                        |
| 工事場所        | 千葉県八千代市村上地先                                            |                                                                        |
| 工事内容        | アスファルト舗装工<br>路面切削工<br>表層（排水性）<br>基層<br>排水構造物修繕<br>区画線工 | $\ell = 1,500\text{m}$<br>約29,500㎡<br>約30,440㎡<br>約28,600㎡<br>一式<br>一式 |
| 工 期         | 約7カ月                                                   |                                                                        |
| 技術資料作成および提出 | 平成13年1月29日（月）～平成13年2月14日（水）<br>関東地方整備局道路部道路工事課         |                                                                        |

なお、VE提案における表層の性能は表-2の規定を満足するものとしている。

施工計画書の例示は以下のものが考えられる。

## (1) 騒音提案値

各社の技術によってクリアできる騒音値を提案するが、仮に騒音提案値を88.4dB (A) ( $L_{Aeq}$ ) とする。

この88.4dB (A) ( $L_{Aeq}$ ) を保証できる技術的な根拠を解説する必要があるため、各社の過去の性能規定工事の実績や資料を添えて提案技術を解説し、それらによって88.4dB (A) ( $L_{Aeq}$ ) を提案することにする。

別紙資料：1-1) ○○舗装修繕工事（性能規定発注工事）

## 1-2) 騒音測定調査実績

## (2) 舗装構造の概要

提案する舗装構造を図示し、かつ表層・基層のそれぞれのアスファルトコンクリートに工夫している技術をコメントする。

例示として、表層は特殊骨材と特殊改質アスファルトを使用した空隙率 $a\%$ を目標とした排水性アスファルトコンクリートを、基層には骨材の剥離対策が望まれているので、剥離対策用の特殊アスファルトを使用した粗粒度アスファルトコンクリートを示す。

これらによって、提案する排水性舗装は従来型排水性舗装に比較して、表-3のような優れた性能を発揮することが出来る、と強調する。

## (3) 骨材剥離対策、わだち対策等

## 1) アスコンの剥離対策

基層用アスコンの剥離対策として、剥離対策用特殊アスファルトを使用した粗粒度アスコンを用いる。

表-2 表層の性能規定

|     | 項 目 | 施工直後                                                                                                       | 1年後                                                                                 |
|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 表 層 | 平坦性 | 各車線毎に $\sigma = 2.4\text{mm}$ 以内                                                                           | —                                                                                   |
|     | 騒音値 | ・騒音測定車（特殊タイヤ音）で各車線毎に測定（走行速度50km/h）し、全車線の平均値が89dB (A) ( $L_{Aeq}$ ) 以下（必須条件）<br>・ただし、提案値が88.9dB以下の場合は、提案値以下 | ・左記測定により全車線の平均値が90dB (A) ( $L_{Aeq}$ ) 以下（必須条件）<br>・ただし、提案値が88.9dB以下の場合は、提案値+1 dB以下 |

注) 騒音測定は、舗装路面騒音測定車の測定方法（案）によるものとする。  
なお、施工直後の測定値が規定値を満足した場合、その数値の程度により工事成績評価の加点要素とする。

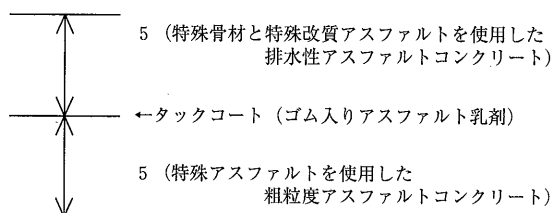
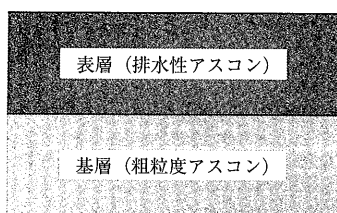


図-1 舗装構成 (cm)

表-3 性能比較表

| 種 別    | 提案型排水性舗装   | 従来型排水性舗装    |
|--------|------------|-------------|
| 骨 材    | 特殊骨材       | 一般の6号砕石骨材   |
| アスファルト | 特殊改質アスファルト | 高粘度改質アスファルト |
| 空隙率    | $\alpha$ % | 20%         |
| 舗装厚    | 5 cm       | 3 ~ 5 cm    |
| 耐流動性   | ◎          | ○           |
| 空隙保持率  | ◎          | ○           |
| 耐飛散性   | ◎          | ○           |
| 騒音値    | ◎          | ○           |
| 総合評価   | ◎          | ○           |

◎：非常に優れている ○：良好である

## 2) わだち対策

表層用の排水性アスコンは、特殊改質アスファルトを使用してDS5,000 (回/mm) 以上を確保し、さらに基層にもDSを高めにする技術を示す。

3) 表層単価 (直工) 厚さ5 cm  $\beta$  円/m<sup>2</sup> この $\beta$  円/m<sup>2</sup>は、総合評価管理費算定根拠で示されている価格より下回るものを示す必要がある。

## (4) 総合評価に関する事項

総合評価に関する事項として、以下のことが示されている。

① 入札参加者は価格および当該工事の技術資料における完成時の騒音低減によって得られる基礎点と加算点の合計を入札価格で除した数値 (以下「評価値」という。) の最も高いものを落札者とする事にしている。なお、提案値を入札するにあたっては、0.1dB単位とする。

1) 入札価格が予定価格の制限範囲内であること。

2) 提案値が基礎点と加算点の合計を予定価格で除した数値 (以下「基準評価値」という。) に対して下回らないこと。

② 提案値について、施工直後 (完成時) 89dBに基礎点を与え、さらに89dBより低減された数値に対して加算点を与える。なお、基礎点を85点と

し、加算点を1 dB低減する毎に7.5点と考えている。

③ ①において、評価値の最も高いものが2人以上あるときは、当該者にくじを引かせて落札者を決定することになっている。

## (5) 総合評価管理費算定の根拠

2層式フィニッシュを用いて、整粒粗骨材5 ~ 8 mmを使用した $t = 2$  cmと、5 ~ 13 mm骨材を使用した3 cmの2層式の排水性舗装 (施工面積 (A m<sup>2</sup>)) の工事で、完成直後の騒音値が87dBが得られた工事をベースにしている。

① 通常の排水性舗装 ( $t = 5$  cm 粗骨材最大寸法20 mm) の単価を $a$  円/m<sup>2</sup>とする。

② 2層式フィニッシュによる排水性舗装 ( $t = 2 \sim 3$  cm  $\times$  2層 粗骨材最大寸法5 ~ 8 mmと5 ~ 13 mm) を使用して87dBをクリアした表層の単価を、2度数均しで積算して $b$  円/m<sup>2</sup>とする。

③ 既設舗装を10 cm切削後に再生粗粒 (5 cm) + 通常の排水性舗装5 cmのオーバーレイ工事としての工事価格を積算し $B$  円とする。

尚、この場合の直接工事費を $C$  円とする。

④ 総合評価管理を次式で計算する。

$$A \times (b - a) \times B / C = D \text{ 円}$$

⑤ 予定価は ( $B + D$ ) で計算しこれを100%としている。

⑥ したがって、基準評価値は100点/予定価で計算している。

⑦ 評価値は  $(85.476 + 7.262 \times \gamma \text{ dB}) / \text{入札価格}$  で計算している。

ここでの $\gamma$ は89dBより低減できる騒音値の値をいう。

⑧ 騒音低減値と評価値の関係を示した図-2の判定から落札者を決定することになっている。

[小島 逸平 (株)ガイアートクマガイ技術研究所]

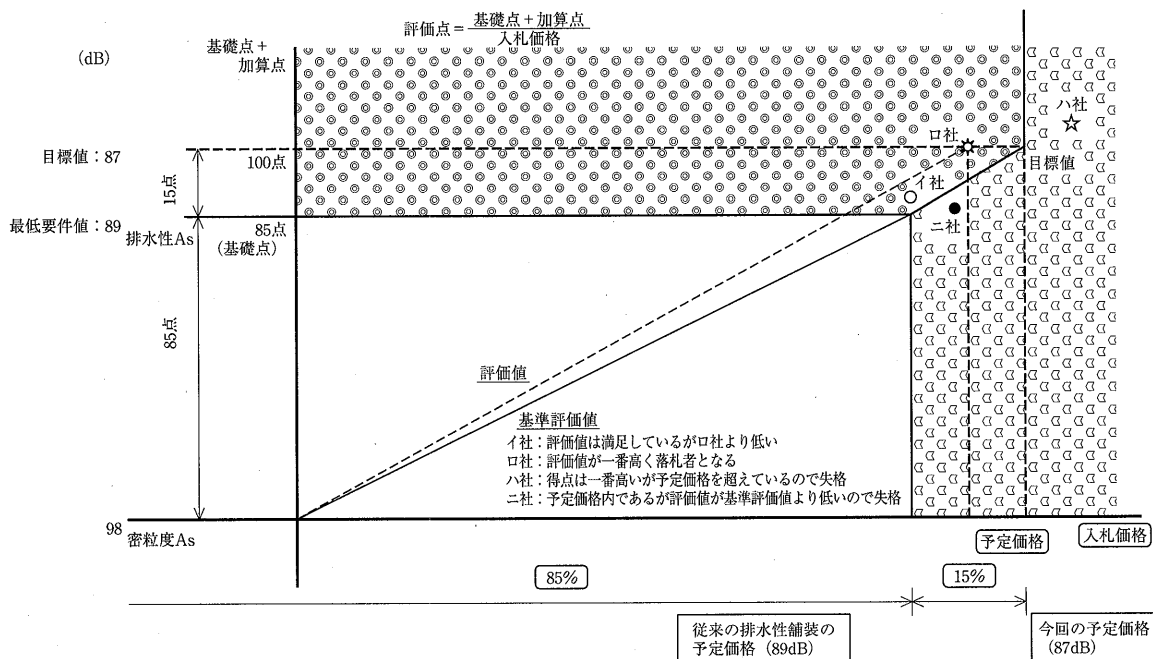


図-2 アスファルト舗装工事における総合評価落札方式試行

## 砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3版 B5版・64ページ・実費頒価 500円（送料実費）

### 目次

- |                           |              |                    |
|---------------------------|--------------|--------------------|
| 1. 総説                     | 3. 路盤        | 5. 維持修繕            |
| 1-1 はじめに                  | 3-1 概説       | 5-1 概説             |
| 1-2 歴青路面処理の対象<br>となる道路の条件 | 3-2 在来砂利層の利用 | 5-2 維持修繕の手順        |
|                           | 3-3 補強路盤の工法  | 5-3 巡回             |
| 2. 構造設計                   | 4. 表層        | 5-4 維持修繕工法         |
| 2-1 概説                    | 4-1 概説       | 付録1. 総合評価別標準設計例一覧  |
| 2-2 調査                    | 4-2 浸透式工法    | 付録2. 材料の規格         |
| 2-3 設計の方法                 | 4-3 常温混合式工法  | 付録3. 施工法の一例（D-2工法） |
| 2-4 設計例                   | 4-4 加熱混合式工法  | 付録4. 材料の品質、出来形の確認  |
| 2-5 排水                    |              |                    |

## 等ラウドネス曲線 (equal loudness contour)

今回は、音、騒音に関する用語として“等ラウドネス曲線”と“騒音レベル”を取り上げたい。

## 等ラウドネス曲線

音は空気中を伝わる縦波で、観測点（人間では鼓膜）では、大気圧との微少な圧力変化として観測される。この大気圧からの圧力の変化分を“音圧P”と呼び、単位はパスカル（Pa）を用いる。通常は実効値（音圧の2乗平均の平方根、rms）で表示する。

人間が感じることができる音（可聴音）の周波数帯域は、およそ20Hzから20kHzといわれ、また音圧の範囲は20μPaから200Paとされている。すなわち、最も小さな音と、最も大きな音との音圧の比は100万倍にも達する。

実用的に音圧の大小を表示する際には、音圧Pのままでは桁数が多く不便なため、対数を用いた新たな値を導入し、これを“音圧レベルL”と呼び、単位は“デシベル（dB）”使用している。音圧Pから音圧レベルLへの変換式を式-1に示す。

$$L = 20 \log P / P_0 \quad \text{——— (式-1)}$$

ここで  $P_0 = 2 \times 10^{-5}$  (Pa)

人間が音を聞く場合は、耳の感度が音の周波数により異なるため、同じ音圧レベルの音でも、周波数が異なると大きさが違って感じられる。こうした人間の聴覚が捉える音の大きさの単位として“音の大きさのレベル”（ラウドネスレベル）を考える。

人間の感じる音の大きさに関しては、Fletcher-Munsonが1933年に、1956年にはRobinsonとDadsonが、120名の被験者を用いて実験を行い、“等ラウドネス曲線”を作成した。Robinson&Dadsonの等ラウドネス曲線は、1961年にISO/R226に採用され、一般に用いられている（図-1）。

図-1から、音の物理量と人間の感覚とは一致せず、複雑な関係を持っていることがわかる。また図-1の曲線群は、聴者が1000Hzの“音圧レベルL”の純音（波の振幅が時間とともに正弦波として観測される）と同じ大きさに聞こえると判断した、他の周波数の純音の大きさを示している。例えば、60dBの1000Hz

の純音と同じ大きさに聞こえれば、その音の“音の大きさのレベル”は60phon（ホン）であるという。

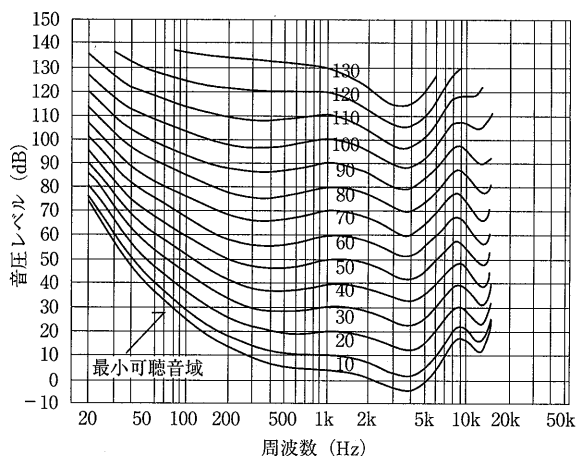


図-1 等ラウドネス曲線

これらの曲線群をよく見ると、音の大きさレベルが高いほど周波数特性は平坦だが、小さいレベルでは低音部、高音部ともに曲線が上っており、耳の感覚が鈍くなっていることが分かる。また人間の聴覚が4000Hzあたりでもっとも敏感なこともわかる。

（このため、警報音、信号音の多くは、この周波数域の音を発するように設計されている。）

## 騒音レベル

騒音は、種々の周波数成分の音を含み、また時時刻刻その音圧が変動するため、騒音の程度を人間の感覚で捉えるのは難しい。そのため、騒音計という測定器を用いてその程度を測定する。

測定の際、人間の聴感に対応する値を算出するため、聴感補正回路が前述の等ラウドネス曲線をもとに考えられた。図-2に聴感補正回路の特性を示す。

このA特性の聴感補正回路に補正した音圧レベル（A-Weighted sound pressure level）、すなわち、A特性で重み付けした音圧レベル（実効値）を“騒音レベル  $L_A$ ”といい、単位はデシベル（dB）で表す。

C特性を用いて測定した音圧レベルは、“C特性音圧レベル”と呼ばれ、遮音対策等のために通常の騒音レベルの測定だけでは分からない、周波数特性分析を

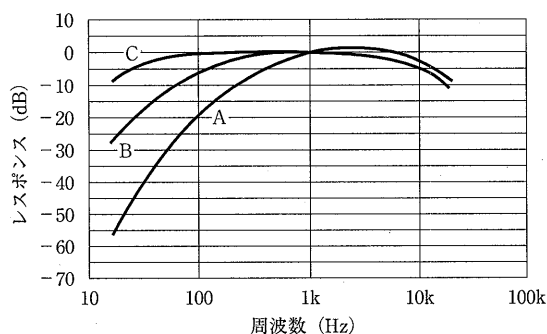


図-2 聴感補正回路の特性

行う際などに使用される。またB特性は現在使用されていない。

#### 等価騒音レベル ( $L_{Aeq, T}$ )

聴力損失や音響心理に関する研究では、“等しいエネルギーの騒音は、等しい効果を与える”と考えerとうまく説明できる現象がしばしば見いだされる。等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ; Equivalent continuous sound level) は、この等エネルギーの考え方に基づいて提案されたものである。

等価騒音レベルでは、ある時間内で変動する騒音レベルのエネルギーを、同じ時間内の定常騒音のエネルギーと換算し(均し)表示する。単位はデジベル(dB)で表す。

図-3に一例を示す。図-3では、時間  $t_1 \sim t_2$  の間に、騒音レベルが47~60dBの範囲で変動している場合(図A)の例で、この全騒音のエネルギーを定常

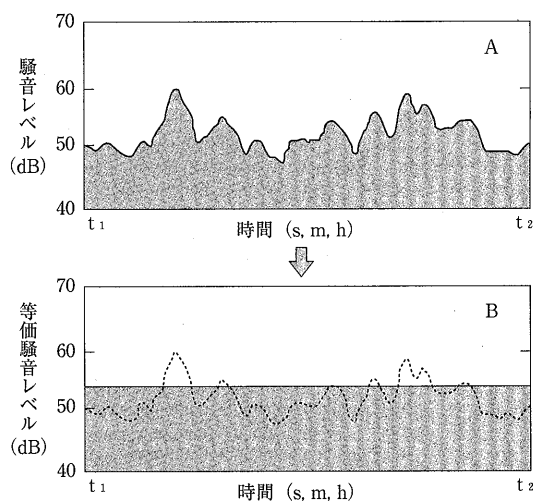


図-3 等価騒音レベル

騒音のエネルギーに置き換え、53dB(図B)とする。

また添字  $T$  は測定時間を表し、観測時間を午前9時から午後5時の8時間とした場合、 $L_{Aeq(09-17)}$  または  $L_{Aeq(8h)}$  と表示する。

#### 時間率騒音レベル ( $L_x$ )

騒音レベル(A特性音圧レベル)があるレベル以上である時間が、実測時間の  $x\%$  を占める場合、そのレベルを  $x$  パーセント時間率騒音レベルという。

なお、50パーセント時間率騒音レベル  $L_{50}$  は中央値と呼ばれ、「道路交通騒音に関する環境基準」(昭和46年5月25日閣議決定)において、道路騒音の測定値と定められている。

#### 参考文献

- 1) JIS Z 8731-1983他
- 2) 国立天文台編, 理科年表, 丸善(2000)
- 3) [http://acoust.arch.kumamoto-u.ac.jp/labo/noise/index\\_m.html](http://acoust.arch.kumamoto-u.ac.jp/labo/noise/index_m.html)
- 4) [http://www.onosokki.co.jp/HP-WK/whats\\_new/](http://www.onosokki.co.jp/HP-WK/whats_new/)
- 5) <http://www.yacmo.co.jp/mame7.htm>
- 6) <http://www.rion.co.jp/products/sound/sound00.html>

〔瀬尾 彰 昭和シェル石油(株)中央研究所〕

# 総目次 第203号～第206号（平成12年度）

## アスファルトの研究〔品質・規格・試験など〕

| 表 題                     | 執 筆 者     | 号数  | ページ<br>P～P | 発行年月（西暦）     |
|-------------------------|-----------|-----|------------|--------------|
| <資料> 平成11年市販アスファルトの性状調査 | 技 術 委 員 会 | 204 | 64～67      | 平成12.7（2000） |

## アスファルト需給・統計関係の解析

| 表 題                                               | 執 筆 者 | 号数 | ページ<br>P～P | 発行年月（西暦） |
|---------------------------------------------------|-------|----|------------|----------|
| （統計資料：石油アスファルト需給統計その1（総括表）、同その2（内需、品種別表） 毎号巻末に掲載） |       |    |            |          |

## 特集・アスファルトの利用技術

| 表 題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 執 筆 者                                                                                                                                                   | 号数  | ページ<br>P～P                                                                                                     | 発行年月（西暦）      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>特集・舗装と水</b><br>特集にあたって<br>はく離防止への対策<br>フォームドアスファルトを使用した安定処理<br>（セメント・瀝青安定処理）工法について<br>アスファルト乳剤<br>都市の水循環と透水性舗装<br>排水性舗装 ～排水機能と効果～<br>都市の高温化の解消を図る保水性舗装の開発                                                                                                                                                                                         | 田 實 文<br>牛 尾 俊 介・今 井 博 一<br>海 老 澤 秀 治・五 伝 本<br>浅 田 弘<br>守 田 優<br>大 川 秀 雄<br>徳 本 行 信・岡 田 恒 夫<br>松 下 守 雄・吉 田 孝 介                                          | 203 | 1～2<br>3～8<br>9～14<br>15～21<br>22～28<br>29～33<br>34～43                                                         | 平成12.4（2000）  |
| <b>特集・舗装用材料の需給と品質の推移および将来展望</b><br>特集にあたって<br>砕石業の現状と課題<br>安定処理用石灰とフィラー<br>道路用鉄鋼スラグの需給と品質<br>瀝青材料 ストレートアスファルト<br>改質アスファルト<br>アスファルト乳剤の品質と需給の推移<br>舗装に使われるセメントと新しいコンクリート舗装<br>樹脂系すべり止め舗装用バインダの推移と展開                                                                                                                                                   | 南 雲 貞 夫<br>藤 野 順 也<br>谷 光 男<br>末 次 純 二<br>長 谷 川 宏<br>上 坂 憲 一・北 岡 善 文<br>(社)日本アスファルト乳剤協会<br>國 府 勝 郎<br>樹脂舗装技術協会 技術委員会                                    | 204 | 1<br>2～5<br>6～9<br>10～13<br>14～19<br>20～24<br>25～30<br>31～35<br>36～38                                          | 平成12.7（2000）  |
| <b>特集・現場を支える舗装技術者</b><br>特集にあたって<br>バイパス等の大型工事と外構等の小規模工事を経験して<br>高速道路の新設舗装工事を終えて<br>空港舗装工事を経験して<br>性能規定方式による低騒音舗装の施工<br>都市内道路の夜間補修工事に従事して<br>補修工事—高速道路の集中工事—<br>景観舗装の今後のあるべき姿を思う<br>はじめて経験した橋面舗装の想い出<br>斜面舗装に従事して<br>アスファルト合材工場の品質管理<br>アスファルトフィニッシュと<br>マルチアスファルトペーパの両方を体験して<br>アスファルトプラントの移り変わり<br>改質アスファルトの現状と今後の課題<br>マイクロサーフェッシング工法の実態と今後のあるべき姿 | 河 野 宏<br>中 村 則 義<br>西 川 毅<br>南 真 木<br>渡 辺 裕 夫<br>後 藤 聡<br>岸 勝 也<br>安 芸 昇<br>山 下 宏<br>唐 仁 原 正 倫<br>今 井 寿 男<br>野 々 口 辰 美<br>一 場 英 司<br>羽 入 昭 吉<br>荒 尾 慶 文 | 205 | 1<br>2<br>3～4<br>5<br>6～7<br>8～9<br>10～11<br>12～14<br>15～16<br>17～18<br>19<br>20～21<br>22～23<br>24～25<br>26～27 | 平成12.10（2000） |
| <b>特集・座談会 21世紀の舗装展望</b><br>～新しい世紀に舗装技術が進むべき道筋～                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <座長> 阿 部 頼 政<br>阿 部 忠 行・稲 垣 竜 興<br>岩 崎 洋 一 郎・橋 本 哲 子<br>松 本 孝 之・吉 田 武                                                                                   | 206 | 1～25                                                                                                           | 平成13.1（2001）  |
| <b>第10回日本アスファルト協会論文賞発表</b><br><b>&lt;第10回論文賞入選第2席&gt;</b><br><b>CO<sub>2</sub>排出量に着目した舗装技術の方向に関する調査研究</b>                                                                                                                                                                                                                                            | (社)日本アスファルト協会<br>田 井 文 夫・長 谷 川 淳 也                                                                                                                      | 204 | 39<br>43～51                                                                                                    | 平成12.7（2000）  |

| 表 題                                                                                          | 執 筆 者                                           | 号数  | ページ<br>P～P     | 発行年月（西暦）      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|----------------|---------------|
| ＜第10回論文賞入選第2席＞<br>ブローンアスファルトの原料組成と反応性に関する研究<br>＜第10回論文賞佳作＞<br>アスファルトの耐劣化性の向上に関する一検討          | 三 谷 治 郎・中 村 好 和<br>紺 野 路 登・鈴 木 秀 輔<br>野 村 健 一 郎 | 205 | 28～34<br>35～41 | 平成12.10（2000） |
| ＜第10回論文賞佳作＞<br>主としてバインダの性状が遮水用アスファルト混合物に<br>与える影響について<br>＜第10回論文賞佳作＞<br>自動車の乗り心地に影響を及ぼす路面の特性 | 清 水 浩 昭・関 伸 明<br>関 口 英 輔                        | 206 | 27～37<br>38～46 | 平成13.1（2001）  |

## アスファルト舗装技術研究グループ・研究報告

| 表 題                                                      | 執 筆 者                                                                               | 号数  | ページ<br>P～P  | 発行年月（西暦）      |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------|---------------|
| ＜アスファルト舗装技術研究グループ・第36回報告＞<br>第3回路面性状に関する国際シンポジウム         | 峰 岸 順 一<br>高 橋 光 彦・関 口 英 輔<br>安 井 由 喜 夫・鈴 木 康 豊<br>美 馬 孝 之・黒 田 智<br>山 脇 安 成・清 水 浩 昭 | 203 | 44<br>45～61 | 平成12.4（2000）  |
| ＜アスファルト舗装技術研究グループ・第37回報告＞<br>常温路上再生（CIR）工法について           | 峰 岸 順 一<br>市 岡 孝 夫・鈴 木 徹<br>越 健 太 郎・佐 藤 雅 規<br>玉 木 琢 雄・林 信 也<br>増 山 幸 衛             | 204 | 52<br>53～59 | 平成12.7（2000）  |
| ＜アスファルト舗装技術研究グループ・第38回報告＞<br>第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議      | 峰 岸 順 一<br>アスファルト舗装技術研究グループ                                                         | 205 | 42<br>43～61 | 平成12.10（2000） |
| ＜アスファルト舗装技術研究グループ・第39回報告＞<br>第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議（その2） | 峰 岸 順 一<br>アスファルト舗装技術研究グループ                                                         | 206 | 47<br>48～54 | 平成13.1（2001）  |

## 用語の解説

| 表 題                                  | 執 筆 者                   | 号数  | ページ<br>P～P     | 発行年月（西暦）      |
|--------------------------------------|-------------------------|-----|----------------|---------------|
| 構内舗装<br>アスファルトマット工法                  | 小 島 逸 平<br>(舗装関係)       | 203 | 62～65<br>66～67 | 平成12.4（2000）  |
| 本設・仮設道路<br>低騒音舗装とセミブローンアスファルト        | 青 木 秀 樹<br>(石油アスファルト関係) | 204 | 60～62<br>63    | 平成12.7（2000）  |
| 排水性舗装清掃要領<br>明色マイクロ・サーフェシング          | 小 島 逸 平<br>(舗装関係)       | 205 | 62～63<br>64    | 平成12.10（2000） |
| インターロッキングブロック舗装<br>天然ガス（natural gas） | 瀬 尾 彰<br>(石油アスファルト関係)   | 206 | 55～58<br>59～61 | 平成13.1（2001）  |

## その他一般〔協会事業活動・時事解説・随想など〕

| 表 題                     | 執 筆 者     | 号数  | ページ<br>P～P | 発行年月（西暦）     |
|-------------------------|-----------|-----|------------|--------------|
| 総目次 第199号～第202号（平成11年度） | 編 集 委 員 会 | 203 | 68～69      | 平成12.4（2000） |
| ＜新刊紹介＞語り継ぐ舗装技術          | 中 村 俊 行   | 206 | 26         | 平成13.1（2001） |

<統計資料>

1. 石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千 t）

| 項 目<br>年 度 | 供 給  |       |            |     |       | 需 要   |            |     |       |      |       |
|------------|------|-------|------------|-----|-------|-------|------------|-----|-------|------|-------|
|            | 期初在庫 | 生 産   | 対前年<br>度 比 | 輸 入 | 合 計   | 内 需   | 対前年<br>度 比 | 輸 出 | 小 計   | 期末在庫 | 合 計   |
| 元 年 度      | 219  | 6,066 | (102.7)    | 1   | 6,286 | 5,990 | (100.6)    | 4   | 5,994 | 276  | 6,270 |
| 2 年 度      | 276  | 6,277 | (103.5)    | 1   | 6,554 | 6,205 | (103.6)    | 8   | 6,213 | 310  | 6,523 |
| 3 年 度      | 310  | 5,973 | ( 95.2)    | 0   | 6,282 | 5,944 | ( 95.8)    | 19  | 5,963 | 313  | 6,276 |
| 4 年 度      | 313  | 6,121 | (102.5)    | 1   | 6,435 | 6,109 | (102.8)    | 76  | 6,185 | 244  | 6,429 |
| 5 年 度      | 244  | 6,119 | (100.0)    | 2   | 6,365 | 6,036 | ( 98.8)    | 105 | 6,141 | 238  | 6,379 |
| 6 年 度      | 238  | 6,024 | ( 98.4)    | 1   | 6,263 | 5,834 | ( 96.7)    | 172 | 6,006 | 272  | 6,278 |
| 7 年 度      | 272  | 6,025 | (100.0)    | 1   | 6,298 | 5,697 | ( 97.7)    | 343 | 6,040 | 271  | 6,311 |
| 8年度上期      | 271  | 2,943 | (104.6)    | 0   | 3,214 | 2,735 | (104.4)    | 158 | 2,892 | 338  | 3,230 |
| 8年度下期      | 338  | 3,129 | ( 97.4)    | 1   | 3,468 | 3,082 | (100.2)    | 131 | 3,213 | 268  | 3,481 |
| 8 年 度      | 271  | 6,072 | (100.8)    | 1   | 6,344 | 5,817 | (102.1)    | 289 | 6,105 | 268  | 6,373 |
| 9年度上期      | 268  | 2,791 | ( 94.8)    | 3   | 3,062 | 2,586 | ( 94.6)    | 167 | 2,753 | 318  | 3,071 |
| 9年度下期      | 318  | 3,084 | ( 98.6)    | 1   | 3,403 | 3,046 | ( 98.8)    | 89  | 3,135 | 283  | 3,418 |
| 9 年 度      | 268  | 5,875 | ( 96.8)    | 4   | 6,147 | 5,632 | ( 96.8)    | 256 | 5,888 | 283  | 6,171 |
| 10年度上期     | 283  | 2,613 | ( 93.6)    | 0   | 2,896 | 2,381 | ( 92.1)    | 103 | 2,484 | 334  | 2,818 |
| 10～12月     | 334  | 1,524 | ( 96.6)    | 1   | 1,858 | 1,448 | ( 94.3)    | 50  | 1,498 | 292  | 1,790 |
| 11.1～3月    | 292  | 1,497 | ( 99.3)    | 0   | 1,789 | 1,377 | ( 91.2)    | 20  | 1,396 | 302  | 1,698 |
| 10年度下期     | 334  | 3,021 | ( 98.0)    | 1   | 3,356 | 2,825 | ( 92.7)    | 70  | 2,894 | 302  | 3,196 |
| 10 年 度     | 283  | 5,635 | ( 95.9)    | 4   | 5,922 | 5,229 | ( 92.4)    | 177 | 5,406 | 302  | 5,708 |
| 4～6月       | 302  | 1,172 | ( 93.3)    | 0   | 1,474 | 1,019 | ( 89.5)    | 50  | 1,069 | 339  | 1,408 |
| 9月         | 334  | 443   | (100.0)    | 0   | 777   | 416   | ( 99.3)    | 34  | 450   | 289  | 739   |
| 7～9月       | 339  | 1,304 | ( 96.1)    | 0   | 1,643 | 1,189 | ( 96.1)    | 85  | 1,274 | 289  | 1,563 |
| 11年度上期     | 302  | 2,476 | ( 94.8)    | 0   | 2,778 | 2,208 | ( 92.9)    | 135 | 2,343 | 289  | 2,632 |
| 10月        | 289  | 478   | (104.6)    | 0   | 767   | 422   | ( 92.3)    | 27  | 449   | 280  | 729   |
| 11月        | 280  | 555   | (104.9)    | 0   | 835   | 503   | (101.4)    | 13  | 516   | 285  | 801   |
| 12月        | 285  | 591   | (110.1)    | 0   | 876   | 501   | (100.4)    | 14  | 515   | 323  | 838   |
| 10～12月     | 289  | 1,624 | (106.6)    | 0   | 1,913 | 1,426 | ( 98.2)    | 54  | 1,480 | 323  | 1,803 |
| 12. 1月     | 323  | 351   | ( 89.8)    | 0   | 674   | 294   | ( 93.3)    | 13  | 307   | 331  | 638   |
| 2月         | 331  | 480   | (107.6)    | 0   | 811   | 233   | ( 58.1)    | 17  | 250   | 523  | 773   |
| 3月         | 523  | 657   | ( 99.7)    | 0   | 1,180 | 698   | (105.6)    | 25  | 723   | 251  | 974   |
| 1～3月       | 323  | 1,488 | ( 99.4)    | 0   | 1,811 | 1,225 | ( 89.0)    | 56  | 1,281 | 251  | 1,532 |
| 11年度下期     | 289  | 3,112 | (103.0)    | 0   | 3,401 | 2,651 | ( 93.7)    | 110 | 2,761 | 251  | 3,012 |
| 11 年 度     | 302  | 5,587 | ( 99.1)    | 0   | 5,889 | 4,859 | ( 92.9)    | 243 | 5,102 | 251  | 5,353 |
| 12. 4月     | 251  | 474   | (103.3)    | 0   | 725   | 358   | ( 92.5)    | 13  | 371   | 331  | 702   |
| 5月         | 331  | 353   | ( 96.5)    | 0   | 684   | 168   | ( 54.7)    | 16  | 189   | 481  | 670   |
| 6月         | 481  | 334   | ( 96.3)    | 3   | 818   | 455   | (138.7)    | 14  | 469   | 306  | 775   |
| 4～6月       | 251  | 1,162 | ( 99.1)    | 3   | 1,416 | 981   | ( 96.0)    | 43  | 1,024 | 306  | 1,330 |
| 7月         | 306  | 461   | (118.5)    | 4   | 771   | 396   | (102.9)    | 21  | 417   | 319  | 736   |
| 8月         | 319  | 455   | ( 96.4)    | 2   | 776   | 384   | ( 98.7)    | 21  | 405   | 328  | 733   |
| 9月         | 328  | 420   | ( 94.8)    | 1   | 749   | 394   | ( 94.7)    | 19  | 413   | 295  | 708   |
| 7～9月       | 319  | 1,336 | (102.5)    | 7   | 1,662 | 1,174 | ( 98.7)    | 60  | 1,234 | 295  | 1,529 |
| 12年度上期     | 251  | 2,498 | (100.9)    | 10  | 2,508 | 2,155 | ( 97.6)    | 103 | 2,258 | 295  | 2,859 |
| 10月        | 295  | 457   | ( 95.6)    | 2   | 754   | 406   | ( 96.2)    | 28  | 434   | 282  | 716   |
| 11月        | 282  | 527   | ( 95.0)    | 3   | 812   | 464   | ( 92.2)    | 21  | 485   | 292  | 777   |

〔注〕（1）通産省エネルギー生産・需給統計月報 12年11月確報

（2）四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<統計資料>

2. 石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千 t)

| 項 目<br>年 度 | 内 需 量        |     |       |       |                    |       | 対 前 年 度 比    |       |       |       |                    |       |
|------------|--------------|-----|-------|-------|--------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|
|            | ストレート・アスファルト |     |       |       | ブローン<br>アスフ<br>アルト | 合 計   | ストレート・アスファルト |       |       |       | ブローン<br>アスフ<br>アルト | 合 計   |
|            | 道路用          | 工業用 | 燃焼用   | 計     |                    |       | 道路用          | 工業用   | 燃焼用   | 計     |                    |       |
| 元 年 度      | 4,360        | 447 | 932   | 5,739 | 251                | 5,990 | 101.2        | 106.2 | 96.3  | 100.8 | 97.3               | 100.6 |
| 2 年 度      | 4,416        | 606 | 929   | 5,951 | 254                | 6,205 | 101.3        | 135.6 | 99.7  | 103.7 | 101.2              | 103.6 |
| 3 年 度      | 4,317        | 590 | 796   | 5,703 | 241                | 5,944 | 97.8         | 97.4  | 85.7  | 95.8  | 94.9               | 95.8  |
| 4 年 度      | 4,559        | 568 | 741   | 5,868 | 241                | 6,109 | 105.6        | 96.3  | 93.1  | 102.9 | 100.0              | 102.8 |
| 5 年 度      | 4,337        | 601 | 860   | 5,798 | 238                | 6,036 | 95.1         | 105.8 | 116.1 | 98.8  | 98.8               | 98.8  |
| 6 年 度      | 4,129        | 506 | 968   | 5,603 | 231                | 5,834 | 95.2         | 84.2  | 112.6 | 96.6  | 97.1               | 96.7  |
| 7 年 度      | 4,011        | 476 | 978   | 5,465 | 232                | 5,697 | 97.1         | 94.1  | 101.0 | 97.5  | 100.4              | 97.7  |
| 8年度上期      | 1,890        | 231 | 508   | 2,629 | 106                | 2,735 | 102.8        | 109.0 | 108.5 | 104.4 | 105.0              | 104.4 |
| 8年度下期      | 2,156        | 265 | 540   | 2,961 | 121                | 3,082 | 99.2         | 100.4 | 105.9 | 100.5 | 93.1               | 100.2 |
| 8 年 度      | 4,046        | 496 | 1,048 | 5,590 | 227                | 5,817 | 100.9        | 104.2 | 107.2 | 102.3 | 97.8               | 102.1 |
| 9年度上期      | 1,757        | 219 | 511   | 2,487 | 99                 | 2,586 | 93.0         | 94.8  | 100.6 | 94.6  | 93.4               | 94.6  |
| 9年度下期      | 2,152        | 275 | 508   | 2,935 | 111                | 3,046 | 99.8         | 103.8 | 94.1  | 99.1  | 91.7               | 98.8  |
| 9 年 度      | 3,909        | 494 | 1,019 | 5,422 | 210                | 5,632 | 96.6         | 99.6  | 97.2  | 97.0  | 92.5               | 96.8  |
| 10年度上期     | 1,529        | 232 | 529   | 2,290 | 91                 | 2,381 | 87.0         | 105.9 | 103.5 | 92.1  | 91.9               | 92.1  |
| 10～12月     | 1,037        | 93  | 264   | 1,394 | 54                 | 1,448 | 94.8         | 71.5  | 103.5 | 94.3  | 94.7               | 94.3  |
| 11.1～3月    | 1,034        | 92  | 203   | 1,329 | 48                 | 1,377 | 97.7         | 63.4  | 80.2  | 91.3  | 88.9               | 91.2  |
| 10年度下期     | 2,071        | 185 | 467   | 2,723 | 102                | 2,825 | 96.2         | 67.3  | 91.9  | 92.8  | 91.9               | 92.7  |
| 10 年 度     | 3,600        | 417 | 996   | 5,013 | 193                | 5,206 | 92.1         | 84.4  | 97.7  | 92.5  | 91.9               | 92.4  |
| 4～6月       | 703          | 41  | 231   | 975   | 44                 | 1,019 | 95.5         | 34.2  | 95.5  | 88.8  | 102.3              | 89.2  |
| 9月         | 283          | 13  | 100   | 396   | 20                 | 416   | 105.2        | 40.6  | 98.0  | 98.3  | 117.6              | 99.0  |
| 7～9月       | 811          | 44  | 285   | 1,139 | 51                 | 1,189 | 102.4        | 39.3  | 99.3  | 95.7  | 106.3              | 96.0  |
| 11年度上期     | 1,514        | 85  | 516   | 2,114 | 95                 | 2,208 | 99.1         | 36.6  | 97.5  | 92.4  | 104.4              | 92.7  |
| 10月        | 308          | 16  | 82    | 405   | 17                 | 422   | 96.6         | 57.1  | 89.1  | 92.3  | 94.4               | 92.3  |
| 11月        | 373          | 14  | 97    | 484   | 19                 | 503   | 106.3        | 34.1  | 119.8 | 102.3 | 100.0              | 102.2 |
| 12月        | 385          | 13  | 86    | 484   | 17                 | 501   | 104.9        | 54.2  | 94.5  | 100.4 | 100.0              | 100.4 |
| 10～12月     | 1,066        | 43  | 265   | 1,373 | 53                 | 1,426 | 102.7        | 46.2  | 100.4 | 98.5  | 98.1               | 98.4  |
| 12. 1月     | 182          | 11  | 85    | 278   | 16                 | 294   | 94.3         | 32.4  | 121.5 | 93.3  | 61.7               | 93.3  |
| 2月         | 124          | 12  | 81    | 217   | 16                 | 233   | 43.6         | 31.1  | 131.8 | 56.4  | 98.7               | 58.1  |
| 3月         | 575          | 21  | 83    | 680   | 18                 | 698   | 103.2        | 123.5 | 115.3 | 105.3 | 120.0              | 105.6 |
| 1～3月       | 881          | 45  | 249   | 1,175 | 50                 | 1,225 | 85.2         | 48.9  | 122.7 | 88.4  | 104.2              | 89.0  |
| 11年度下期     | 1,947        | 88  | 514   | 2,548 | 103                | 2,651 | 94.0         | 47.6  | 110.1 | 93.6  | 101.0              | 93.8  |
| 11 年 度     | 3,461        | 173 | 1,030 | 4,662 | 198                | 4,859 | 96.1         | 41.5  | 103.4 | 93.1  | 102.6              | 93.4  |
| 12. 4月     | 262          | 15  | 68    | 345   | 13                 | 358   | 95.3         | 125.0 | 80.0  | 92.8  | 92.9               | 92.5  |
| 5月         | 75           | 11  | 68    | 154   | 14                 | 168   | 37.7         | 57.9  | 90.7  | 52.6  | 100.0              | 54.7  |
| 6月         | 366          | 14  | 59    | 439   | 16                 | 455   | 158.4        | 140.0 | 83.1  | 140.7 | 100.0              | 138.7 |
| 4～6月       | 703          | 40  | 195   | 938   | 43                 | 981   | 99.7         | 97.6  | 84.4  | 96.0  | 97.7               | 96.0  |
| 7月         | 274          | 17  | 89    | 380   | 16                 | 396   | 101.1        | 141.7 | 102.3 | 102.1 | 106.7              | 102.9 |
| 8月         | 264          | 17  | 87    | 368   | 16                 | 384   | 102.7        | 94.4  | 88.8  | 98.7  | 106.7              | 98.7  |
| 9月         | 283          | 17  | 76    | 376   | 18                 | 394   | 100.0        | 130.8 | 76.0  | 95.0  | 90.0               | 94.7  |
| 7～9月       | 821          | 51  | 253   | 1,125 | 49                 | 1,174 | 101.2        | 116.0 | 88.8  | 98.8  | 96.1               | 98.7  |
| 12年度上期     | 1,524        | 91  | 448   | 2,063 | 92                 | 2,155 | 100.7        | 107.1 | 86.8  | 97.6  | 96.8               | 97.6  |
| 10月        | 311          | 17  | 60    | 388   | 18                 | 406   | 101.0        | 106.3 | 73.2  | 95.8  | 96.2               | 96.2  |
| 11月        | 364          | 18  | 65    | 447   | 18                 | 465   | 97.6         | 128.6 | 67.0  | 92.3  | 94.7               | 92.4  |

- [注] (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 12年11月確報  
(2) 工業用ストレート・アスファルト、燃焼用アスファルト、ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。  
(3) 道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－(ブローンアスファルト＋燃焼用アスファルト＋工業用ストレート・アスファルト)  
(4) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<統計資料>

3. 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量

(1) ストレート

(単位：t)

| 年月     | 区分     | 0～10  | 10～20 | 20～40 | 40～60   | 60～80     | 80～100  | 100～120 |
|--------|--------|-------|-------|-------|---------|-----------|---------|---------|
| 10     | 年度     | 2,262 | 0     | 691   | 102,226 | 2,597,297 | 805,100 | 11      |
| 10     | 年度     | 2,371 | 0     | 681   | 101,020 | 2,544,619 | 835,889 | 0       |
|        | 上期     | 1,118 | 0     | 325   | 41,743  | 1,093,940 | 327,640 | 0       |
|        | 下期     | 1,253 | 0     | 356   | 59,277  | 1,450,679 | 508,249 | 0       |
| 11     | 年度     | 2,685 | 0     | 726   | 101,675 | 2,528,028 | 863,235 | 0       |
| 11     | 年度     | 2,842 | 0     | 619   | 100,314 | 2,537,544 | 886,142 | 0       |
|        | 上期     | 1,379 | 0     | 202   | 48,478  | 1,083,484 | 355,160 | 0       |
|        | 下期     | 1,463 | 0     | 417   | 51,836  | 1,454,060 | 530,982 | 0       |
| 11年    | 1～3    | 701   | 0     | 191   | 29,161  | 745,335   | 229,531 | 0       |
|        | 4～6    | 454   | 0     | 26    | 20,388  | 502,715   | 161,646 | 0       |
|        | 7～9    | 925   | 0     | 176   | 28,090  | 580,769   | 193,514 | 0       |
| 10～12月 |        | 605   | 0     | 333   | 24,036  | 699,209   | 278,544 | 0       |
| 12年    | 3      | 385   | 0     | 28    | 13,455  | 395,322   | 134,915 | 0       |
|        | 1～3月   | 858   | 0     | 84    | 27,800  | 754,851   | 252,438 | 0       |
|        | 4      | 232   | 0     | 0     | 5,588   | 189,644   | 54,773  | 0       |
|        | 5      | 211   | 0     | 35    | 5,437   | 147,912   | 54,630  | 0       |
|        | 6      | 211   | 0     | 0     | 5,751   | 165,061   | 64,076  | 0       |
|        | 4～6月   | 654   | 0     | 35    | 16,776  | 502,617   | 173,479 | 0       |
|        | 7      | 241   | 0     | 11    | 6,853   | 191,800   | 70,240  | 0       |
|        | 8      | 88    | 0     | 63    | 7,271   | 179,796   | 69,492  | 0       |
|        | 9      | 236   | 0     | 67    | 8,397   | 201,454   | 75,029  | 0       |
|        | 7～9月   | 565   | 0     | 141   | 22,521  | 573,050   | 214,761 | 0       |
|        | 10     | 292   | 0     | 80    | 7,051   | 197,005   | 85,715  | 0       |
|        | 11     | 261   | 0     | 54    | 6,464   | 217,614   | 104,094 | 0       |
|        | 12     | 11    | 0     | 37    | 6,911   | 240,092   | 121,527 | 0       |
|        | 10～12月 | 564   | 0     | 171   | 20,426  | 654,711   | 311,336 | 0       |
| 13年    | 1      | 8     | 0     | 0     | 3,981   | 112,567   | 44,809  | 0       |

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

(単位：t)

| 年月     | 区分     | 120～150 | 150～200 | 200～300 | 工業用     | 燃焼用       | その他   | 計         |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|-------|-----------|
| 10     | 年度     | 0       | 177,933 | 0       | 470,583 | 1,045,239 | 1,526 | 5,202,868 |
| 10     | 年度     | 0       | 177,882 | 0       | 417,531 | 994,259   | 2,497 | 5,076,749 |
|        | 上期     | 0       | 73,058  | 0       | 231,743 | 528,348   | 961   | 2,298,876 |
|        | 下期     | 0       | 104,824 | 0       | 185,788 | 465,911   | 1,536 | 2,777,873 |
| 11     | 年度     | 293     | 168,233 | 0       | 218,257 | 981,536   | 2,469 | 4,869,137 |
| 11     | 年度     | 2,581   | 159,721 | 0       | 171,273 | 1,027,565 | 2,598 | 4,893,199 |
|        | 上期     | 40      | 71,994  | 0       | 84,133  | 515,869   | 1,187 | 2,161,926 |
|        | 下期     | 2,541   | 87,727  | 0       | 87,140  | 511,696   | 1,411 | 2,731,273 |
| 11年    | 1～3    | 0       | 52,920  | 0       | 92,300  | 202,876   | 971   | 1,353,986 |
|        | 4～6    | 0       | 34,058  | 0       | 40,545  | 230,838   | 423   | 991,093   |
|        | 7～9    | 40      | 37,936  | 0       | 43,588  | 285,031   | 764   | 1,170,833 |
| 10～12月 |        | 253     | 43,319  | 0       | 41,824  | 262,791   | 311   | 1,351,225 |
| 12年    | 3      | 1,242   | 20,108  | 0       | 21,492  | 83,342    | 765   | 671,054   |
|        | 1～3月   | 2,288   | 44,408  | 0       | 45,316  | 248,905   | 1,100 | 1,378,048 |
|        | 4      | 0       | 8,869   | 0       | 14,580  | 67,796    | 174   | 341,656   |
|        | 5      | 0       | 9,619   | 0       | 10,918  | 67,853    | 145   | 296,760   |
|        | 6      | 0       | 9,479   | 0       | 13,551  | 59,300    | 121   | 317,550   |
|        | 4～6月   | 0       | 27,967  | 0       | 39,049  | 194,949   | 440   | 955,966   |
|        | 7      | 0       | 11,207  | 0       | 17,122  | 89,317    | 120   | 386,911   |
|        | 8      | 0       | 9,518   | 0       | 16,688  | 87,387    | 98    | 370,401   |
|        | 9      | 0       | 11,893  | 0       | 16,919  | 76,436    | 94    | 390,525   |
|        | 7～9月   | 0       | 32,618  | 0       | 50,729  | 253,140   | 312   | 1,147,837 |
|        | 10     | 0       | 12,138  | 0       | 16,635  | 60,277    | 112   | 379,305   |
|        | 11     | 0       | 14,530  | 0       | 17,503  | 65,229    | 124   | 425,873   |
|        | 12     | 0       | 13,487  | 0       | 17,992  | 76,287    | 233   | 476,577   |
|        | 10～12月 | 0       | 40,155  | 0       | 52,130  | 201,793   | 469   | 1,281,755 |
| 13年    | 1      | 0       | 9,045   | 0       | 12,941  | 79,672    | 93    | 263,116   |

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

<統計資料>

(2) ブローン

(単位：t)

| 年月     | 区分     | 0～5   | 5～10 | 10～20  | 20～30  | 30～40 | 40～50 | アスコンパウダ | 特殊アス  | 道路舗装用  | その他 | 計       |
|--------|--------|-------|------|--------|--------|-------|-------|---------|-------|--------|-----|---------|
| 10     | 年度     | 2,394 | 38   | 52,907 | 30,479 | 75    | 291   | 97,543  | 1,477 | 15,628 | 0   | 200,832 |
| 10     | 年      | 2,476 | 49   | 51,746 | 30,549 | 87    | 336   | 93,642  | 1,700 | 14,286 | 0   | 194,871 |
|        | 上      | 1,119 | 19   | 38,938 | 1,766  | 47    | 131   | 43,045  | 698   | 6,958  | 0   | 92,721  |
|        | 下      | 1,357 | 30   | 12,808 | 28,783 | 40    | 205   | 50,597  | 1,002 | 7,328  | 0   | 102,150 |
| 11     | 年度     | 2,651 | 40   | 53,424 | 31,435 | 114   | 402   | 90,712  | 3,243 | 11,909 | 649 | 194,579 |
| 11     | 年      | 2,653 | 29   | 54,208 | 31,176 | 98    | 467   | 89,933  | 3,374 | 13,613 | 858 | 196,409 |
|        | 上      | 1,174 | 19   | 41,014 | 2,162  | 72    | 143   | 43,207  | 1,738 | 4,131  | 353 | 94,013  |
|        | 下      | 1,479 | 10   | 13,194 | 29,014 | 26    | 324   | 46,726  | 1,636 | 9,482  | 505 | 102,396 |
| 11年    | 1～3    | 811   | 12   | 7,196  | 12,687 | 22    | 105   | 22,425  | 541   | 3,948  | 0   | 47,747  |
|        | 4～6    | 541   | 10   | 20,494 | 641    | 38    | 43    | 18,867  | 827   | 1,665  | 205 | 43,331  |
|        | 7～9    | 633   | 9    | 20,520 | 1,521  | 34    | 100   | 24,340  | 911   | 2,466  | 148 | 50,682  |
| 10～12月 |        | 666   | 9    | 5,214  | 16,586 | 20    | 154   | 25,080  | 964   | 3,830  | 296 | 52,819  |
| 12年    | 3      | 366   | 0    | 5,376  | 2,492  | 2     | 70    | 7,647   | 245   | 1,843  | 91  | 18,132  |
|        | 1～3月   | 813   | 1    | 7,980  | 12,428 | 6     | 170   | 21,646  | 672   | 5,652  | 209 | 49,577  |
|        | 4      | 112   | 0    | 6,623  | 420    | 0     | 20    | 4,687   | 238   | 590    | 15  | 12,705  |
|        | 5      | 217   | 0    | 6,632  | 178    | 14    | 21    | 6,054   | 226   | 995    | 57  | 14,394  |
|        | 6      | 203   | 0    | 7,650  | 193    | 18    | 85    | 5,676   | 283   | 1,464  | 111 | 15,683  |
|        | 4～6月   | 532   | 0    | 20,905 | 791    | 32    | 126   | 16,417  | 747   | 3,049  | 183 | 42,782  |
|        | 7      | 197   | 0    | 6,889  | 216    | 4     | 37    | 6,876   | 317   | 1,081  | 36  | 15,653  |
|        | 8      | 186   | 0    | 6,446  | 147    | 2     | 104   | 7,767   | 408   | 677    | 41  | 15,778  |
|        | 9      | 242   | 3    | 6,996  | 649    | 1     | 47    | 8,385   | 413   | 825    | 77  | 17,638  |
|        | 7～9月   | 625   | 3    | 20,331 | 1,012  | 7     | 188   | 23,028  | 1,138 | 2,583  | 154 | 49,069  |
|        | 10     | 212   | 6    | 2,660  | 4,595  | 7     | 122   | 8,479   | 423   | 1,247  | 67  | 17,818  |
|        | 11     | 247   | 0    | 1,898  | 5,589  | 4     | 58    | 8,388   | 301   | 1,367  | 98  | 17,950  |
|        | 12     | 224   | 0    | 1,571  | 5,086  | 0     | 81    | 8,383   | 232   | 1,172  | 54  | 16,803  |
|        | 10～12月 | 683   | 6    | 6,129  | 15,270 | 11    | 261   | 25,250  | 956   | 3,786  | 219 | 52,571  |
| 13年    | 1      | 251   | 0    | 1,559  | 4,498  | 9     | 23    | 7,123   | 148   | 1,221  | 10  | 14,842  |

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

4. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量

(単位：t)

| 年月     | 区分     | ス ト レ ー ト |     |       |           | ブ ロ ー ン |        |     |         |
|--------|--------|-----------|-----|-------|-----------|---------|--------|-----|---------|
|        |        | バルク       | 紙 袋 | ドラム   | 計         | バルク     | 紙 袋    | ドラム | 計       |
| 10     | 年度     | 5,199,865 | 873 | 2,130 | 5,202,868 | 130,220 | 70,398 | 214 | 200,832 |
| 10     | 年      | 5,073,638 | 861 | 2,250 | 5,076,749 | 128,283 | 66,422 | 166 | 194,871 |
|        | 上      | 2,297,461 | 444 | 971   | 2,298,876 | 62,237  | 30,408 | 76  | 92,721  |
|        | 下      | 2,776,177 | 417 | 1,279 | 2,777,873 | 66,046  | 36,014 | 90  | 102,150 |
| 11     | 年度     | 4,866,956 | 695 | 1,486 | 4,869,137 | 126,602 | 67,856 | 121 | 194,579 |
| 11     | 年      | 4,890,718 | 608 | 1,873 | 4,893,199 | 128,071 | 68,228 | 110 | 196,409 |
|        | 上      | 2,160,674 | 328 | 924   | 2,161,926 | 60,612  | 33,351 | 50  | 94,013  |
|        | 下      | 2,730,044 | 280 | 949   | 2,731,273 | 67,459  | 34,877 | 60  | 102,396 |
| 11年    | 1～3    | 1,353,388 | 211 | 387   | 1,353,986 | 31,852  | 15,858 | 37  | 47,747  |
|        | 4～6    | 990,095   | 159 | 839   | 991,093   | 28,957  | 14,351 | 23  | 43,331  |
|        | 7～9    | 1,170,579 | 169 | 85    | 1,170,833 | 31,655  | 19,000 | 27  | 50,682  |
| 10～12月 |        | 1,352,894 | 156 | 175   | 1,353,225 | 34,138  | 18,647 | 34  | 52,819  |
| 12年    | 3      | 670,368   | 39  | 647   | 671,054   | 11,700  | 6,425  | 7   | 18,132  |
|        | 1～3月   | 1,377,150 | 124 | 774   | 1,378,048 | 33,321  | 16,230 | 26  | 49,577  |
|        | 4      | 341,570   | 77  | 9     | 341,656   | 9,265   | 3,427  | 13  | 12,705  |
|        | 5      | 296,708   | 38  | 14    | 296,760   | 9,719   | 4,670  | 5   | 14,394  |
|        | 6      | 317,234   | 61  | 214   | 317,509   | 11,367  | 4,302  | 14  | 15,683  |
|        | 4～6月   | 955,512   | 176 | 237   | 955,925   | 30,351  | 12,399 | 32  | 42,782  |
|        | 7      | 386,800   | 69  | 42    | 386,911   | 10,339  | 5,300  | 14  | 15,653  |
|        | 8      | 370,349   | 35  | 17    | 370,401   | 10,196  | 5,559  | 23  | 15,778  |
|        | 9      | 390,454   | 53  | 18    | 390,525   | 10,946  | 6,665  | 27  | 17,638  |
|        | 7～9月   | 1,147,603 | 157 | 77    | 1,147,837 | 31,481  | 17,524 | 64  | 49,069  |
|        | 10     | 379,076   | 87  | 13    | 379,176   | 11,564  | 6,242  | 12  | 17,818  |
|        | 11     | 425,830   | 30  | 13    | 425,873   | 12,075  | 5,868  | 7   | 17,950  |
|        | 12     | 476,478   | 74  | 25    | 476,577   | 10,715  | 6,079  | 9   | 16,803  |
|        | 10～12月 | 1,281,384 | 191 | 51    | 1,281,626 | 34,354  | 18,189 | 28  | 52,571  |
| 13年    | 1      | 263,016   | 52  | 48    | 263,116   | 9,914   | 4,924  | 4   | 14,842  |

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

<統計資料>

5. 石油アスファルト地域別月別販売量

(単位：t)

| 県別    | 年月 | 10 年 度    |           |           |           | 11 年 度    |           |           |           | 11年<br>4～6月 |
|-------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
|       |    | 10 年      | 上 期       |           | 下 期       | 11 年      | 上 期       |           | 下 期       |             |
| 北 海 道 |    | 296,449   | 313,535   | 146,149   | 167,386   | 299,901   | 288,469   | 147,538   | 140,931   | 48,074      |
| 青 森   |    | 98,043    | 97,479    | 45,448    | 52,031    | 101,130   | 101,266   | 44,927    | 56,339    | 19,818      |
| 岩 手   |    | 38,250    | 39,239    | 14,368    | 24,871    | 40,866    | 44,773    | 19,346    | 25,427    | 8,128       |
| 宮 城   |    | 164,899   | 168,816   | 69,427    | 99,389    | 150,166   | 140,829   | 56,977    | 83,852    | 25,171      |
| 秋 田   |    | 63,859    | 64,511    | 29,843    | 34,668    | 58,662    | 57,771    | 26,944    | 30,827    | 11,597      |
| 山 形   |    | 26,750    | 27,726    | 13,113    | 14,613    | 37,260    | 39,469    | 17,993    | 21,476    | 6,736       |
| 福 島   |    | 81,725    | 80,270    | 31,420    | 48,850    | 74,637    | 72,821    | 27,892    | 44,929    | 13,142      |
| 東 北 計 |    | 473,526   | 478,041   | 203,619   | 274,422   | 462,721   | 456,929   | 194,079   | 262,850   | 84,592      |
| 茨 城   |    | 176,705   | 209,062   | 79,400    | 129,662   | 234,926   | 247,217   | 91,222    | 155,995   | 28,483      |
| 栃 木   |    | 32,069    | 31,926    | 12,577    | 19,349    | 38,059    | 43,053    | 16,784    | 26,269    | 9,161       |
| 群 馬   |    | 29,703    | 27,107    | 13,686    | 13,421    | 26,190    | 25,771    | 12,216    | 13,555    | 5,407       |
| 埼 玉   |    | 116,492   | 120,015   | 51,686    | 68,329    | 119,026   | 120,033   | 53,484    | 66,549    | 25,123      |
| 千 葉   |    | 134,802   | 133,392   | 52,945    | 80,447    | 142,504   | 143,698   | 57,475    | 86,223    | 24,216      |
| 東 京   |    | 627,591   | 629,797   | 272,831   | 356,966   | 618,005   | 636,257   | 264,582   | 371,675   | 126,320     |
| 神 奈 川 |    | 121,275   | 114,700   | 49,112    | 65,588    | 124,961   | 136,935   | 55,474    | 81,461    | 24,159      |
| 山 梨   |    | 10,093    | 11,137    | 4,699     | 6,438     | 11,133    | 11,056    | 4,467     | 6,589     | 2,190       |
| 長 野   |    | 36,594    | 37,113    | 17,664    | 19,449    | 40,795    | 42,831    | 20,378    | 22,453    | 10,158      |
| 新 潟   |    | 101,406   | 100,480   | 44,445    | 56,035    | 103,664   | 105,833   | 53,649    | 52,184    | 25,199      |
| 静 岡   |    | 162,856   | 139,415   | 72,919    | 66,496    | 181,392   | 223,997   | 93,391    | 130,606   | 33,678      |
| 関 東 計 |    | 1,549,326 | 1,553,884 | 671,704   | 882,180   | 1,640,655 | 1,736,681 | 723,122   | 1,013,559 | 314,094     |
| 愛 知   |    | 347,202   | 339,624   | 134,150   | 205,474   | 328,786   | 325,319   | 133,697   | 191,622   | 61,653      |
| 三 重   |    | 52,119    | 50,909    | 22,170    | 28,739    | 50,737    | 48,942    | 25,579    | 23,363    | 12,161      |
| 岐 阜   |    | 29,300    | 30,201    | 11,895    | 18,306    | 38,679    | 39,432    | 18,474    | 20,958    | 7,688       |
| 富 山   |    | 37,511    | 34,914    | 17,435    | 17,479    | 41,684    | 47,905    | 19,629    | 28,276    | 8,915       |
| 石 川   |    | 18,718    | 18,493    | 8,433     | 10,060    | 17,870    | 18,067    | 8,557     | 9,510     | 3,972       |
| 中 部 計 |    | 484,850   | 474,141   | 194,083   | 280,058   | 477,756   | 479,665   | 205,936   | 273,729   | 94,389      |
| 福 井   |    | 14,604    | 14,315    | 7,075     | 7,240     | 14,315    | 15,060    | 7,470     | 7,590     | 4,053       |
| 滋 賀   |    | 31,859    | 28,855    | 12,829    | 16,026    | 28,194    | 30,908    | 12,601    | 18,307    | 6,301       |
| 京 都   |    | 8,838     | 7,329     | 3,082     | 4,247     | 9,037     | 9,612     | 4,634     | 4,978     | 2,491       |
| 大 阪   |    | 359,565   | 352,854   | 155,630   | 197,224   | 338,450   | 356,304   | 132,831   | 223,473   | 70,485      |
| 兵 庫   |    | 221,227   | 205,741   | 93,979    | 111,762   | 222,362   | 225,095   | 106,344   | 118,751   | 44,061      |
| 奈 良   |    | 1,079     | 1,276     | 787       | 489       | 1,373     | 1,475     | 614       | 861       | 212         |
| 和 歌 山 |    | 46,856    | 44,755    | 19,228    | 25,527    | 41,468    | 39,921    | 18,389    | 21,532    | 10,186      |
| 近 畿 計 |    | 684,028   | 655,125   | 292,610   | 362,515   | 655,199   | 678,375   | 282,883   | 395,492   | 137,789     |
| 岡 山   |    | 592,897   | 534,780   | 297,673   | 237,107   | 262,230   | 180,377   | 107,247   | 73,130    | 67,317      |
| 広 島   |    | 153,250   | 153,474   | 68,530    | 84,944    | 145,470   | 136,836   | 63,700    | 73,136    | 31,185      |
| 山 口   |    | 500,184   | 451,479   | 259,241   | 192,238   | 447,125   | 461,355   | 263,309   | 198,046   | 124,135     |
| 鳥 取   |    | 30,044    | 27,975    | 12,931    | 15,044    | 25,648    | 25,567    | 10,797    | 14,770    | 5,108       |
| 島 根   |    | 25,784    | 23,993    | 9,859     | 14,134    | 26,289    | 28,495    | 10,756    | 17,739    | 4,867       |
| 中 国 計 |    | 1,302,159 | 1,191,701 | 648,234   | 543,467   | 906,762   | 832,630   | 455,809   | 376,821   | 232,612     |
| 徳 島   |    | 38,715    | 36,673    | 14,255    | 22,418    | 35,641    | 36,156    | 14,803    | 21,353    | 6,327       |
| 香 川   |    | 59,824    | 60,525    | 26,265    | 34,260    | 62,228    | 60,245    | 27,641    | 32,604    | 13,958      |
| 愛 媛   |    | 56,528    | 58,023    | 23,569    | 34,454    | 62,222    | 63,446    | 25,963    | 37,483    | 12,662      |
| 高 知   |    | 23,333    | 22,007    | 8,982     | 13,025    | 21,409    | 22,158    | 8,420     | 13,738    | 4,366       |
| 四 国 計 |    | 178,400   | 177,228   | 73,071    | 104,157   | 181,500   | 182,005   | 76,827    | 105,178   | 37,313      |
| 福 岡   |    | 201,971   | 198,159   | 79,289    | 118,870   | 202,147   | 194,271   | 86,286    | 107,985   | 40,565      |
| 佐 賀   |    | 12,008    | 12,016    | 5,796     | 6,220     | 10,787    | 10,964    | 4,107     | 6,857     | 2,299       |
| 長 崎   |    | 22,992    | 22,221    | 6,494     | 15,727    | 21,873    | 22,034    | 7,605     | 14,429    | 3,603       |
| 熊 本   |    | 40,152    | 39,604    | 14,259    | 25,345    | 37,699    | 36,559    | 14,038    | 22,521    | 6,245       |
| 大 分   |    | 33,275    | 32,068    | 12,927    | 19,141    | 44,322    | 50,572    | 18,219    | 32,353    | 13,012      |
| 宮 崎   |    | 32,467    | 33,183    | 12,971    | 20,212    | 34,776    | 36,595    | 12,658    | 23,937    | 5,466       |
| 鹿 児 島 |    | 72,751    | 73,888    | 23,753    | 50,135    | 71,738    | 67,917    | 21,308    | 46,609    | 7,786       |
| 九 州 計 |    | 415,616   | 411,139   | 155,489   | 255,650   | 423,342   | 418,912   | 164,221   | 254,691   | 67,731      |
| 沖 縄   |    | 19,346    | 16,826    | 6,638     | 10,188    | 15,880    | 15,942    | 5,524     | 10,418    | 3,241       |
| 総 計   |    | 5,403,700 | 5,271,620 | 2,391,597 | 2,880,023 | 5,063,716 | 5,089,608 | 2,255,939 | 2,833,669 | 1,034,424   |

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

| 11年<br>7～9月 | 11年<br>10～12月 | 12年<br>1～3月 | 12年<br>4～6月 | 12年<br>7～9月 | 11      | 12      | 12年<br>10～12月 | 12年       | 13年<br>1 |
|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|---------------|-----------|----------|
| 89,875      | 113,392       | 27,539      | 52,278      | 87,924      | 42,524  | 38,228  | 117,528       | 285,269   | 6,604    |
| 25,109      | 35,876        | 20,463      | 20,254      | 25,566      | 12,919  | 11,789  | 34,313        | 100,596   | 1,003    |
| 11,218      | 12,835        | 12,592      | 9,359       | 15,465      | 5,557   | 5,466   | 15,676        | 53,092    | 1,440    |
| 31,806      | 41,941        | 41,911      | 25,406      | 26,108      | 12,027  | 15,123  | 37,243        | 130,668   | 3,654    |
| 15,347      | 19,311        | 11,516      | 11,100      | 14,411      | 7,366   | 6,826   | 19,859        | 56,886    | 556      |
| 11,257      | 13,164        | 8,312       | 9,692       | 11,565      | 5,519   | 5,641   | 15,145        | 44,714    | 916      |
| 14,750      | 22,252        | 22,677      | 13,882      | 16,458      | 6,003   | 10,449  | 21,393        | 74,350    | 3,619    |
| 109,487     | 145,379       | 117,471     | 89,633      | 109,573     | 49,391  | 55,294  | 143,629       | 460,306   | 11,188   |
| 62,739      | 72,962        | 83,033      | 28,703      | 62,595      | 3,856   | 20,034  | 39,070        | 213,401   | 29,400   |
| 7,623       | 10,375        | 15,894      | 10,494      | 9,498       | 12,230  | 5,185   | 21,041        | 56,927    | 2,494    |
| 6,809       | 7,277         | 6,278       | 4,095       | 7,286       | 3,146   | 3,242   | 9,276         | 26,935    | 1,280    |
| 28,361      | 30,444        | 36,105      | 24,725      | 27,991      | 11,523  | 11,382  | 33,056        | 121,877   | 8,078    |
| 33,259      | 41,297        | 44,926      | 22,551      | 27,445      | 10,914  | 11,545  | 31,719        | 126,641   | 8,175    |
| 138,262     | 167,084       | 204,591     | 127,796     | 148,672     | 58,076  | 66,000  | 176,807       | 657,886   | 36,758   |
| 31,315      | 35,009        | 46,452      | 24,471      | 35,674      | 10,315  | 12,565  | 33,553        | 140,150   | 7,181    |
| 2,277       | 3,005         | 3,584       | 2,625       | 3,609       | 911     | 1,609   | 3,860         | 13,678    | 636      |
| 10,220      | 13,225        | 9,228       | 10,886      | 10,380      | 5,296   | 6,489   | 15,832        | 46,326    | 757      |
| 28,450      | 30,309        | 21,875      | 24,814      | 26,404      | 10,871  | 10,432  | 29,919        | 103,012   | 1,311    |
| 59,713      | 64,116        | 66,490      | 41,384      | 64,932      | 24,214  | 22,500  | 70,615        | 243,421   | 20,920   |
| 409,028     | 475,103       | 538,456     | 322,544     | 424,486     | 151,352 | 170,983 | 464,748       | 1,750,234 | 116,990  |
| 72,044      | 88,286        | 103,336     | 59,315      | 73,936      | 26,166  | 29,073  | 78,227        | 314,814   | 14,740   |
| 13,418      | 10,541        | 12,822      | 7,025       | 9,654       | 3,538   | 3,875   | 10,527        | 40,028    | 2,184    |
| 10,786      | 11,676        | 9,282       | 8,785       | 8,338       | 2,697   | 2,762   | 7,754         | 34,159    | 852      |
| 10,714      | 15,016        | 13,260      | 15,389      | 16,024      | 4,586   | 5,323   | 15,176        | 59,849    | 284      |
| 4,585       | 5,060         | 4,450       | 4,718       | 3,511       | 1,465   | 1,250   | 4,048         | 16,736    | 184      |
| 111,547     | 130,579       | 143,150     | 95,232      | 111,463     | 38,452  | 42,283  | 115,741       | 465,586   | 18,244   |
| 3,417       | 3,978         | 3,612       | 4,725       | 3,526       | 3,616   | 4,368   | 12,099        | 23,962    | 1,169    |
| 6,300       | 7,701         | 10,606      | 7,028       | 6,635       | 2,745   | 2,717   | 7,489         | 31,758    | 1,510    |
| 2,143       | 2,456         | 2,522       | 1,740       | 1,741       | 690     | 746     | 1,903         | 7,906     | 431      |
| 62,346      | 102,405       | 121,068     | 94,237      | 84,758      | 30,552  | 30,984  | 89,393        | 389,456   | 26,916   |
| 62,283      | 58,451        | 60,300      | 42,686      | 50,727      | 16,903  | 18,347  | 53,183        | 206,896   | 12,389   |
| 402         | 419           | 442         | 134         | 188         | 97      | 89      | 234           | 998       | 3,077    |
| 8,203       | 9,471         | 12,061      | 6,338       | 7,000       | 3,115   | 2,943   | 8,538         | 33,937    | 1,879    |
| 145,094     | 184,881       | 210,611     | 156,888     | 154,575     | 57,718  | 60,194  | 172,839       | 694,913   | 47,371   |
| 39,930      | 38,116        | 35,014      | 37,421      | 36,184      | 11,505  | 14,003  | 35,182        | 143,801   | 10,637   |
| 32,515      | 35,783        | 37,353      | 31,620      | 36,863      | 14,186  | 14,511  | 41,300        | 147,136   | 9,423    |
| 139,174     | 107,559       | 90,487      | 80,961      | 102,351     | 28,103  | 30,310  | 80,023        | 353,822   | 19,531   |
| 5,689       | 7,341         | 7,429       | 5,751       | 4,462       | 1,864   | 2,207   | 5,268         | 22,910    | 1,105    |
| 5,889       | 8,454         | 9,285       | 7,399       | 6,914       | 1,875   | 2,545   | 6,018         | 29,616    | 1,025    |
| 223,197     | 197,253       | 179,568     | 163,152     | 186,774     | 57,533  | 63,576  | 167,791       | 697,285   | 41,721   |
| 8,476       | 9,265         | 12,088      | 6,308       | 6,039       | 2,709   | 3,405   | 8,386         | 32,821    | 3,156    |
| 13,683      | 16,504        | 16,100      | 13,434      | 16,049      | 6,032   | 6,908   | 17,732        | 63,315    | 5,834    |
| 13,301      | 16,730        | 20,753      | 13,748      | 10,593      | 4,311   | 5,420   | 14,381        | 59,475    | 3,865    |
| 4,054       | 5,665         | 8,073       | 4,575       | 5,329       | 2,388   | 2,500   | 7,185         | 25,162    | 1,655    |
| 39,514      | 48,164        | 57,014      | 38,065      | 38,010      | 15,440  | 18,233  | 47,684        | 180,773   | 14,510   |
| 45,721      | 45,824        | 62,161      | 34,880      | 40,673      | 14,451  | 19,547  | 45,479        | 183,193   | 9,624    |
| 1,808       | 3,203         | 3,654       | 2,164       | 1,588       | 685     | 927     | 2,367         | 9,773     | 400      |
| 4,002       | 6,682         | 7,747       | 6,217       | 4,098       | 988     | 2,171   | 5,068         | 23,130    | 780      |
| 7,793       | 8,782         | 13,739      | 6,915       | 6,675       | 2,732   | 3,794   | 8,575         | 35,904    | 2,524    |
| 11,452      | 15,098        | 17,255      | 9,369       | 7,400       | 3,481   | 3,901   | 11,270        | 45,294    | 2,064    |
| 7,192       | 10,061        | 13,876      | 6,122       | 6,961       | 4,178   | 4,236   | 11,799        | 38,758    | 2,478    |
| 13,522      | 18,365        | 28,244      | 10,327      | 14,576      | 3,859   | 8,503   | 16,383        | 69,530    | 2,369    |
| 91,490      | 108,015       | 146,676     | 75,994      | 81,971      | 30,374  | 43,079  | 100,941       | 405,582   | 20,239   |
| 2,283       | 3,278         | 7,140       | 4,962       | 2,130       | 1,039   | 1,510   | 3,425         | 17,657    | 1,091    |
| 1,221,515   | 1,406,044     | 1,427,625   | 998,748     | 1,196,906   | 443,823 | 493,380 | 1,334,326     | 4,957,605 | 277,958  |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社 名                 | 住 所                     | 電 話            |
|---------------------|-------------------------|----------------|
| [メーカー]              |                         |                |
| 出 光 興 産 株 式 会 社     | (100-8321) 千代田区丸の内3-1-1 | 03 (3213) 3134 |
| 興 垂 石 油 株 式 会 社     | (105-6124) 港区浜松町2-4-1   | 03 (5470) 5780 |
| コ ス モ 石 油 株 式 会 社   | (105-8528) 港区芝浦1-1-1    | 03 (3798) 3874 |
| 三 共 油 化 工 業 株 式 会 社 | (105-0004) 港区新橋1-7-11   | 03 (5568) 6411 |
| 株式会社ジャパンエナジー        | (105-8407) 港区虎ノ門2-10-1  | 03 (5573) 6000 |
| 昭和シェル石油株式会社         | (135-8074) 港区台場2-3-2    | 03 (5531) 5765 |
| 東燃ゼネラル石油株式会社        | (105-8572) 港区海岸1-16-1   | 03 (5403) 3111 |
| 日 石 三 菱 株 式 会 社     | (105-8412) 港区西新橋1-3-12  | 03 (3502) 9122 |

[ディーラー]

● 東北

|                 |                                |                |         |
|-----------------|--------------------------------|----------------|---------|
| 株式会社男鹿興業社       | (010-0511) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2 | 0185 (23) 3293 | J O M O |
| カ メ イ 株 式 会 社   | (980-0803) 仙台市青葉区国分町3-1-18     | 022 (264) 6111 | 日 石 三 菱 |
| ミ ヤ セ キ 株 式 会 社 | (983-0852) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12     | 022 (257) 1231 | 日 石 三 菱 |

● 関東

|                   |                            |                |         |
|-------------------|----------------------------|----------------|---------|
| 朝 日 産 業 株 式 会 社   | (103-0025) 中央区日本橋茅場町2-7-9  | 03 (3669) 7878 | コ ス モ   |
| 株 式 会 社 ア ス カ     | (106-0032) 港区六本木7-3-3      | 03 (5772) 1505 | 出 光     |
| 伊 藤 忠 燃 料 株 式 会 社 | (153-8655) 目黒区目黒1-24-12    | 03 (5436) 8211 | J O M O |
| 梅 本 石 油 株 式 会 社   | (102-0073) 千代田区九段北3-2-1    | 03 (5215) 2286 | コ ス モ   |
| エムシー・エネルギー株式会社    | (100-0011) 千代田区内幸町1-3-3    | 03 (5251) 0961 | 日 石 三 菱 |
| コスモアスファルト株式会社     | (104-0032) 中央区八丁堀3-3-5     | 03 (3551) 8011 | コ ス モ   |
| 国 光 商 事 株 式 会 社   | (164-0003) 中野区東中野1-7-1     | 03 (3363) 8231 | 出 光     |
| 昭 石 商 事 株 式 会 社   | (107-0051) 港区元赤坂1-1-8      | 03 (5474) 8511 | 昭和シェル   |
| 住商石油アスファルト株式会社    | (105-0011) 港区芝公園2-6-8      | 03 (3578) 9521 | 出 光     |
| 竹 中 産 業 株 式 会 社   | (101-0044) 千代田区鍛冶町1-5-5    | 03 (3251) 0185 | 昭和シェル   |
| エフケー石油販売株式会社      | (111-0052) 台東区柳橋2-19-6     | 03 (5823) 5581 | 富 士 興 産 |
| 東新エナジー株式会社        | (103-0027) 中央区日本橋2-13-10   | 03 (3273) 3551 | 日 石 三 菱 |
| 東洋国際石油株式会社        | (104-0032) 中央区八丁堀3-3-5     | 03 (3555) 8138 | コ ス モ   |
| 中 西 瀝 青 株 式 会 社   | (103-0028) 中央区八重洲1-2-1     | 03 (3272) 3471 | 日 石 三 菱 |
| 株 式 会 社 南 部 商 会   | (108-0073) 港区三田3-13-16     | 03 (5419) 9861 | 日 石 三 菱 |
| 日 東 商 事 株 式 会 社   | (170-0002) 豊島区巣鴨4-22-23    | 03 (3915) 7151 | 昭和シェル   |
| パシフィック石油商事株式会社    | (103-0014) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2 | 03 (3661) 4951 | モ ー ビ ル |

社団法人 日本アスファルト協会会員

| 社 名           | 住 所                         | 電 話            |         |
|---------------|-----------------------------|----------------|---------|
| 丸紅エネルギー株式会社   | (101-8322) 千代田区神田駿河台2-2     | 03 (3293) 4171 | モービル    |
| 三井石油株式会社      | (100-0011) 千代田区内幸町1-3-1     | 03 (5510) 5807 | 極東石油    |
| ユニ石油株式会社      | (107-0051) 港区元赤坂1-7-8       | 03 (3796) 6616 | 昭和シェル   |
| ● 中部          |                             |                |         |
| 鈴与商事株式会社清水支店  | (424-8703) 清水市入船町11-1       | 0543 (54) 3322 | モービル    |
| 富安産業株式会社      | (939-8181) 富山市若竹町3-74-4     | 0764 (29) 2298 | 昭和シェル   |
| 松村物産株式会社      | (920-0031) 金沢市広岡2-1-27      | 0762 (21) 6121 | 日石三菱    |
| 丸福石油産業株式会社    | (933-0954) 高岡市美幸町2-1-28     | 0766 (22) 2860 | 昭和シェル   |
| ● 近畿・中国       |                             |                |         |
| 大阪アスファルト株式会社  | (531-0071) 大阪市北区中津6-3-11    | 06 (6442) 0031 | 出 光     |
| 木曾通産株式会社大阪支店  | (530-0047) 大阪市北区西天満3-4-5    | 06 (6364) 7212 | コスモ     |
| 三徳商事株式会社      | (532-0033) 大阪市淀川区新高4-1-3    | 06 (6394) 1551 | 昭和シェル   |
| 昭和瀝青工業株式会社    | (670-0935) 姫路市北条口4-26       | 0792 (26) 2611 | J O M O |
| 千代田瀝青株式会社     | (530-0044) 大阪市北区東天満2-10-17  | 06 (6358) 5531 | 日石三菱    |
| 富士商株式会社       | (756-8501) 小野田市稲荷町10-23     | 0836 (81) 1111 | 昭和シェル   |
| 株式会社松宮物産      | (522-0021) 彦根市幸町32          | 0749 (23) 1608 | 昭和シェル   |
| 横田瀝青興業株式会社    | (672-8057) 姫路市飾磨区恵美酒147     | 0792 (33) 0555 | J O M O |
| ● 四国・九州       |                             |                |         |
| 伊藤忠燃料株式会社九州支社 | (812-8528) 福岡市博多区博多駅前3-2-8  | 092 (471) 3851 | J O M O |
| 今別府産業株式会社     | (890-0072) 鹿児島市新栄町15-7      | 0992 (56) 4111 | J O M O |
| 三協商事株式会社      | (770-0941) 徳島市万代町5-8        | 0886 (53) 5131 | 富士興産    |
| サンヨウ株式会社      | (815-0037) 福岡市南区玉川町4-30     | 092 (541) 7615 | 富士興産    |
| 株式会社ネクステージ九州  | (810-0005) 福岡市中央区清川2-20-15  | 092 (534) 7050 | 日石三菱    |
| 西岡商事株式会社      | (764-0002) 仲多度郡多度津町家中3-1    | 0877 (33) 1001 | 日石三菱    |
| 平和石油株式会社高松支店  | (760-0017) 高松市番町5-6-26      | 0878 (31) 7255 | 昭和シェル   |
| 丸菱株式会社        | (812-0011) 福岡市博多区博多駅前4-3-22 | 092 (431) 7561 | 昭和シェル   |

# 石油アスファルト統計年報（平成11年度版）

A 4 : 26ページ ￥800（送料は実費）毎年 8 月発行

アスファルトに関する統計  
資料を網羅し、年一回発行  
する統計年報です。

広くご利用いただけるよ  
う編纂致しました。

## 目次

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト品種別地域別月別販売量

申込先

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2 丁目10番 2 号  
秀和永田町TBRビル514号室  
社団法人 日本アスファルト協会

## 編集顧問

多田 宏 行  
藤 井 治 芳  
松 野 三 朗

## 編集委員

|         |           |           |         |
|---------|-----------|-----------|---------|
| 委 員 長 : | 中 村 俊 行   |           |         |
| 阿 部 忠 行 | 大 野 滋 也   | 塚 越 徹     | 姫 野 賢 治 |
| 荒 井 孝 雄 | 栗 谷 川 裕 造 | 野 村 健 一 郎 | 吉 兼 秀 典 |
| 安 崎 裕   | 小 島 逸 平   | 野 村 敏 明   | 若 林 登   |
| 太 田 亨   | 田 井 文 夫   | 服 部 潤     |         |

アスファルト 第207号

平成13年 4 月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2

秀和永田町TBRビル514号室 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104-0061 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997 (代)

印刷所 キュービシステム株式会社

〒104-0061 東京都中央区銀座1-21-7

GNビル4F TEL 03-3538-3171 (代)

Vol.43 No.207 APRIL 2001

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**

# (社) 日本アスファルト協会出版図書のご案内

| 書 籍 名                                                                                                                                         | 版 型   | ペー ジ | 価 格    | 発行年   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|--------|-------|
| アスファルト一般                                                                                                                                      |       |      |        |       |
| アスファルトポケットブック                                                                                                                                 | B 6 版 | 91   | 800円   | 12. 1 |
| 技 術 関 係                                                                                                                                       |       |      |        |       |
| アスファルトの利用技術                                                                                                                                   | B 5 版 | 290  | 4,000円 | 9. 11 |
| アスファルト舗装直結軌道試験施工のための設計・施工マニュアル                                                                                                                | A 4 版 | 42   | 500円   | 11. 1 |
| 排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引き                                                                                                                     | A 5 版 | 26   | 300円   | 9. 3  |
| 排水性舗装に関する実態調査                                                                                                                                 | A 4 版 | 114  | 1,200円 | 6. 3  |
| 特殊アスファルトに関する実態調査                                                                                                                              | A 4 版 | 57   | 700円   | 元. 3  |
| 改質アスファルトを用いた混合物の設計と施工の手引き                                                                                                                     | B 5 版 | 37   | 500円   | 5. 8  |
| 改質アスファルトに関する文献調査                                                                                                                              | A 4 版 | 370  | 3,000円 | 3. 3  |
| 舗装用ストレートアスファルトの品質と性状に関する検討結果報告書                                                                                                               | A 4 版 | 60   | 700円   | 62. 8 |
| 重交通道路の舗装用アスファルト(セミプローンアスファルトの開発)                                                                                                              | B 5 版 | 132  | 3,000円 | 59. 5 |
| フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針(案)                                                                                                                       | B 5 版 | 42   | 800円   | 61. 9 |
| 砂利道の瀝青路面処理指針                                                                                                                                  | B 5 版 | 64   | 500円   | 62. 4 |
| 石油アスファルトの絶対粘度(J A A - 0 0 1)                                                                                                                  | A 4 版 | 6    | 400円   | 53. 6 |
| アスファルトの環境に関する文献調査                                                                                                                             | A 4 版 | 122  | 3,000円 | 4. 12 |
| アスファルトの環境に関する文献調査 第2報                                                                                                                         | A 4 版 | 110  | 3,000円 | 12. 6 |
| 廃棄物最終処分場アスファルトしゃ水工設計・施工マニュアル(案)                                                                                                               | A 4 版 | 74   | 800円   | 12. 1 |
| 統 計 関 係                                                                                                                                       |       |      |        |       |
| アスファルト統計史(昭和62年度～平成3年度)                                                                                                                       | A 4 版 | 55   | 500円   | 4. 12 |
| アスファルト統計史(平成4年度～平成8年度)                                                                                                                        | A 4 版 | 55   | 500円   | 9. 12 |
| 石油アスファルト統計年報(平成10年度版)                                                                                                                         | A 4 版 | 27   | 800円   | 11. 9 |
| 石油アスファルト統計年報(平成11年度版)                                                                                                                         | A 4 版 | 26   | 800円   | 12. 8 |
| <b>申込み方法</b><br>購入する書籍名・部数・会社名・住所・担当者氏名をご記入のうえ、FAXで下記まで送付して下さい。<br><b>申込み先</b><br>(社) 日本アスファルト協会 書籍申込係<br>FAX: 03-3502-3376 TEL: 03-3502-3956 |       |      |        |       |