

# 港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE  
OF  
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No. 1099      June 2005

空港舗装における大粒径アスファルト混合物の配合設計の基礎的検討

秋元 洋胤

早野 公敏

北詰 昌樹

独立行政法人 港湾空港技術研究所

Independent Administrative Institution,  
Port and Airport Research Institute, Japan

## 目 次

要 旨 .....	3
1. まえがき .....	4
2. 配合の予備検討と設計の課題 .....	5
2.1 配合の予備検討 .....	5
2.2 配合設計の課題 .....	5
2.3 配合の予備検討と設計の課題のまとめ .....	6
3. 大粒径アスファルト混合物の耐流動性・曲げ抵抗性評価 .....	6
3.1 評価試験に用いた供試体の作製方法 .....	6
3.2 ホイールトラッキング試験による耐流動性の評価 .....	7
3.3 静的曲げ試験による曲げ抵抗性の評価 .....	8
3.4 耐流動性と曲げ抵抗性のまとめ .....	9
4. 大粒径アスファルト混合物の耐磨耗性・暴露耐久性評価 .....	9
4.1 ラベリング試験による耐磨耗性の評価 .....	10
4.2 暴露試験による劣化性状の評価 .....	10
4.3 耐磨耗性・暴露耐久性のまとめ .....	13
5. 配合設計の合理化に関する検討 .....	13
6. あとがき .....	13
参考文献 .....	13

# Laboratory tests on mixing design of large stone asphalt mixture for airport pavement

Hirotsugu AKIMOTO\*  
Kimitoshi HAYANO\*\*  
Masaki KITAZUME\*\*\*

## Synopsis

Recently, airport maintenance cost, especially asphalt pavement maintenance cost has gradually increased due to severe damages induced by heavy traffics. To reduce the rehabilitation work and cost, the use of large stone asphalt mixture is expected to be adopted to the pavement for runways and taxiways, because of its high rutting durability and its less expensive execution cost. However, so far the mixture has been used only as the base layer and/or the subbase layer materials instead of the surface layer material. This is because the raveling and crack characteristics are not thoroughly clarified. The severe raveling and crack damages also prevent airplanes from running safely on runways and taxiways. Therefore, the characteristics in addition to the rutting durability of the large stone asphalt mixture should be investigated in detail to establish the appropriate mixing design.

In view of the mentioned above, a series of laboratory tests was conducted on the large stone asphalt mixture. The tests were also carried out on the conventional asphalt mixture. Based on the test results, this paper focuses the effects of amount of air void in the large asphalt mixture on the bending strength/deformation, the raveling and the asphalt deterioration characteristics. It is found that there are suitable ranges of amount of air void for required bending and raveling resistance. Then the paper also suggests that simple and rational mixing design of the large stone asphalt mixture applied for the surface layer as well as for the subbase layer.

**Key Words:** airport asphalt pavement, maintenance, large stone asphalt mixture, mixing design, air void

---

\* Researcher, Soil Stabilization Division, Geotechnical and Structural Engineering Department, (and Researcher, Airport Research Center)

\*\* Senior researcher, Geotechnical and Structural Engineering Department, (and Project Researcher, Airport Research Center)

\*\*\* Head, Soil Stabilization Division, Geotechnical and Structural Engineering Department  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-8445055 Fax : +81-46-8418307 e-mail:akimoto-h82ab@pari.go.jp

# 空港舗装における大粒径アスファルト混合物の 配合設計の基礎的検討

秋元 洋胤\*  
早野 公敏\*\*  
北詰 昌樹\*\*\*

## 要 旨

近年、空港アスファルト舗装は、航空機の大型化や着陸回数増加による重交通化が進行し、維持修繕などのメンテナンス費用の増加が問題となっている。コスト削減の観点から耐流動性に優れ、かつシックリフト工法を併用して安価に施工できる大粒径アスファルト混合物の適用が望まれている。しかしながら、現状では大粒径アスファルト混合物の適用部分は基層以深になっており、耐流動性の良さを十分に活用しているとはいえない。これは空港舗装の表層部分に適用した場合にひびわれ抵抗性や耐摩耗性などの耐久性が懸念されるため、配合設計が十分に吟味されてこなかったことが課題の根底にあると考えられる。そこで本研究では、大粒径アスファルト混合物の合理的な配合設計を提案することを目的に、性能評価試験を実施して、空隙率が大き粒径アスファルト混合物の曲げ抵抗性、耐摩耗性や暴露耐久性などに及ぼす影響について検討を行った。そして従来使用されている実績が豊富なアスファルト混合物の特性との比較を行って、特に留意すべき性能の観点から簡便かつ合理的な配合設計方法について考察を行った。

キーワード：空港アスファルト舗装，補修，大粒径アスファルト混合物，配合設計，空隙率

---

\* 地盤・構造部地盤改良研究室，空港研究センター併任

\*\* 地盤・構造部主任研究官，空港研究センター特任研究官併任

\*\*\* 地盤・構造部地盤改良研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 独立行政法人港湾空港技術研究所

電話：046-844-5055 Fax：046-841-8307 e-mail:akimoto-h82ab@pari.go.jp

# 1. まえがき

空港舗装は表層、基層、路盤、路床部分から構成される。供用中に舗装表面には静止荷重、衝撃荷重、走行荷重の形態の航空機荷重が主として作用し、それが著しくなると、わだちぼれ、ひび割れ、磨耗、剥離などの損傷が進行し、航空機運行の安全性・快適性を低下させることがある。図-1、図-2は我が国の航空機数と着陸回数の経年推移を示したもので、航空機荷重の重交通化、すなわち、航空機の大型化、航空機運行回数の増加が着実に進行していることが分かる。今後エアバス社のA-380に代表されるような次世代大型航空機の就航が予想され、航空機交通荷重のますますの重交通化現象に伴い、空港舗装に生じる損傷が早期に進展しやすくなることが懸念される。

いろいろな損傷の形態の中でわだちぼれに着目すると、これはアスファルト舗装に認められるものであり、特に航空機の走行速度が遅い誘導路で早期におけるわだちぼれの進行が顕在化している(写真-1)。わだちぼれが生じる原因は、アスファルト混合物の流動と、路盤・路床材料の累積圧縮の二つに大別される。航空機の重交通化

は両方のメカニズムに、温暖化による気温の上昇、特に夏季気温の上昇は前者のメカニズムに影響を与えると考えられる<sup>2)</sup>。

既設空港においてアスファルト舗装のわだちぼれが著しい場合には、アスファルト混合物のオーバーレイによる修繕が行われることが一般的であり、誘導路・滑走路の早期開放という観点からも合理的な補修工法である。一方で、近年では図-3に示すように空港全体の維持管理費が増加する傾向にあり、限られた予算のなかでメンテナンス費用を削減することが重要になってきている。このことからわだちぼれに対する修繕の頻度を少なくするために、耐流動性に優れたアスファルト混合物の導入を検討する機会が増加している。具体的には、改質アスファルトの活用や骨材配合面での改善が図られている。得に粗骨材の最大粒径を大きくしてインターロッキング効果を期待する大粒径アスファルト混合物の適用がコスト面で経済的であり、有力である。すなわち通常より層厚を大きく施工するシックリフト工法を併用して大粒径アスファルト混合物を経済的に施工し、かつ耐流動性の向上による長寿命化を期待する動きが広がりつつある<sup>3),4)</sup>。

しかしながら、現状の工事では大粒径アスファルト混

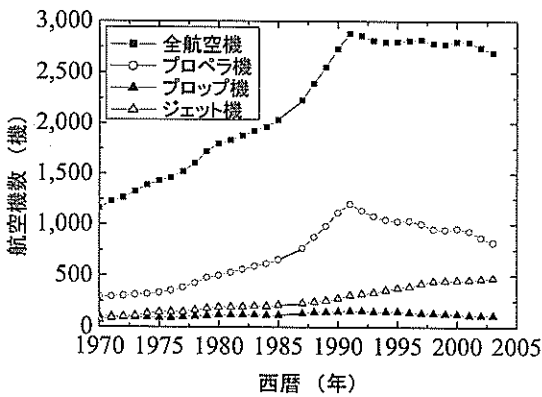


図-1 航空機数の推移 (文献<sup>1)</sup>を整理)



写真-1 わだちぼれ

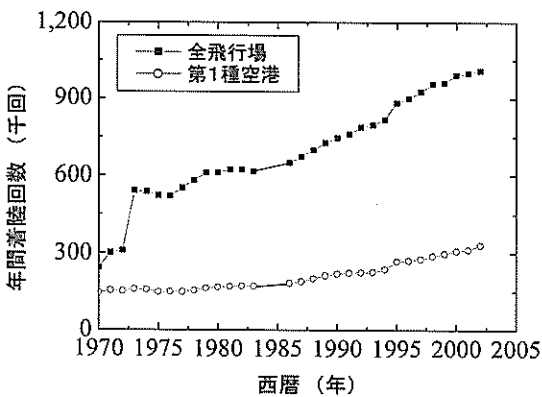


図-2 着陸回数の推移 (文献<sup>1)</sup>を整理)

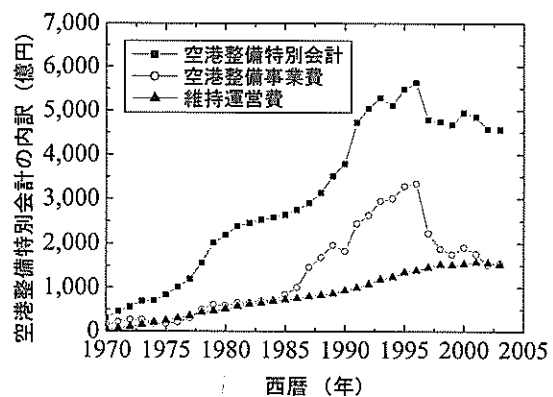


図-3 我が国の空港整備特別会計の推移 (文献<sup>1)</sup>を整理)

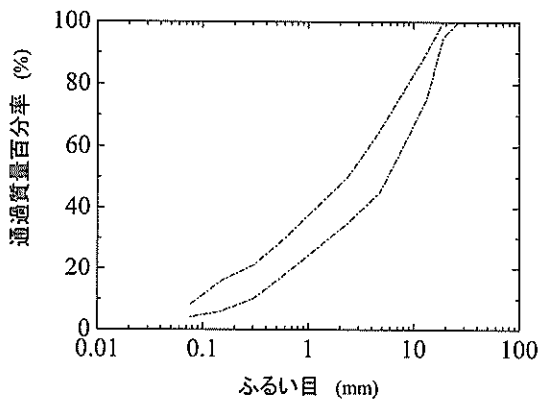


図-4 密粒20の粒度範囲

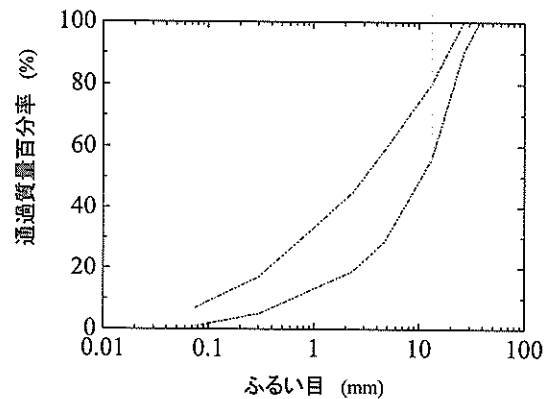


図-5 ASTMに規定されている粒度範囲

合物の適用部分がアスファルト舗装の基層以深になっており、大粒径アスファルト混合物の長所を十分に活用しているとはいえない。すなわち直接に荷重を受ける表層部分については研究的な段階にとどまっており、耐流動性の良さが最大限に発揮されない。これは表層部分に適用した場合に、耐流動性だけでなく、ひびわれ抵抗性や耐摩耗性などの耐久性が懸念されるため、配合設計が十分に吟味されてこなかったことが課題の根底にあると考えられる。言い換えれば、表層として要求される性能に関するデータが十分ではなく、またそれらの特性を考慮した配合検討がなされていないのが大きな原因と考えられる。

そこで本研究では、大粒径アスファルト混合物の配合設計を提案することを目的に、性能評価試験を実施して、大粒径アスファルト混合物の曲げ抵抗性、耐磨耗性や暴露耐久性などに空隙率が及ぼす影響について検討を行った。そして従来より使用されて実績が豊富なアスファルト混合物の特性との比較を行って、特に留意すべき性能の観点から合理的な配合設計方法について考察を行った。

## 2. 配合の予備検討と課題

実績が豊富な従来のアスファルト混合物の配合の特徴を吟味し、また道路舗装で用いられている配合設計を参照して大粒径アスファルト混合物の配合の予備検討を行った。そして空港舗装に適用した場合に配合設計に必要な課題の抽出を行った。

### 2.1 配合の予備検討

大粒径アスファルト混合物の配合の予備検討として、骨材の粒度分布について検討を行った。現在、空港アスファルト舗装では、空港土木工事共通仕様書の規定<sup>5)</sup>に

基づき、表層材料には最大骨材粒径が13mmと20mmの連続粒度の混合物（以下それぞれ、密粒13、密粒20）が標準的に用いられている。密粒20の粒度範囲を参考のために図-4に示す。この粒度範囲は道路舗装で規定<sup>6)</sup>されている連続粒度のアスファルト混合物の粒度範囲と同じであり、密粒13についても同様のことが言える。これらの粒度範囲は経験的な要素に基づくものではあるが、その有効性は豊富な実績が示している。

そこで大粒径アスファルト混合物の骨材粒度分布として極端に不連続な粒度分布や大きな粒径の骨材を採用すると、従来の骨材粒度分布との相違が顕著になり、耐流動性以外に表層に要求される性能、例えば耐摩耗性やひびわれ抵抗性などの低下が懸念される。本研究では同じ粒度分布で基層以深以外に表層部の大粒径アスファルト混合物を配合設計することを考慮して、対象とする大粒径アスファルト混合物の骨材粒度として従来のアスファルト混合物の骨材粒度をなるべく重視することとした。具体的には、連続粒度で、かつ最大骨材粒径を30mmとした。また用いる骨材の物理特性はすべて空港土木工事共通仕様書の規格を満足するものとした。

上に述べた骨材粒度と最大骨材粒径の両者を実際に満たすものとして、図-5に示すアメリカ材料試験協会規格（American Society for Testing and Materials: 以下、ASTM）に規定<sup>7)</sup>されている粒度範囲に着目した。この粒度範囲は道路舗装の重荷重交通量で実績があり、先に述べたように現在用いられている連続粒度のアスファルト混合物で空港舗装と道路舗装の粒度範囲に相違がないことも考慮して、この粒度範囲をそのまま予備配合に用いることとした。

### 2.2 配合設計の課題

道路舗装と空港舗装で現在双方の仕様書で規定されて

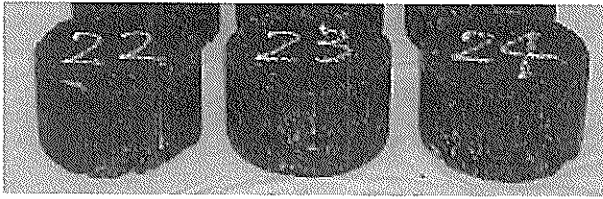


写真-2 マーシャル安定度試験供試体

いる連続粒度のアスファルト混合物の粒度範囲は同じであると先に述べたが、一方でアスファルト量は空港アスファルト舗装の方が道路舗装に比較して多い。通常アスファルト量が多くなると耐流動性の低下が懸念される。特に航空機荷重の接地圧は自動車の接地圧より大きいので、耐流動性はより低下する。しかし、このような配合設計をあえて行うには、アスファルトの劣化の進行を軽減する目的がある<sup>9)</sup>。すなわち空港の方が道路に比べて交通荷重の作用回数が少なくかつ幅員が大きいために、車輪によるアスファルト混合物のこね返し作用回数が少なくアスファルトが活性化されにくい。そのために道路舗装よりも供用後にアスファルトの劣化の進行が危惧され、それを軽減する方策としてアスファルト量が多めになるように配合設計が仕様書で規定されている。

一般に、アスファルトの劣化が著しくなると、ひびわれの進行が顕在化すると言われている。一方で、我が国の空港アスファルト舗装はわだちぼれ量以外にひびわれ率及び平坦性の観点から点検・照査され、3つの損傷のいずれかが著しかったり、あるいは総合的に損傷が著しいと判断された場合には補修を行う必要が生じる<sup>9)</sup>。アスファルト量を多めに採用した配合設計は、このようなタイプの異なる損傷の進行を空港舗装の特殊性を考慮してバランスをとりながら軽減できるように経験的に確立されてきたと言える。したがって大粒径アスファルト混合物の配合設計を検討する際にも、このような空港舗装の特殊性を考慮したアスファルト量の設定が大きな課題となると考えられた。

### 2.3 配合の予備検討と設計の課題のまとめ

大粒径アスファルト混合物の配合の予備検討として、骨材の粒度分布の検討を行った。同じ粒度分布で基層以下および表層部の大粒径アスファルト混合物の配合設計を行うことを前提に、最大骨材粒径が30mmでかつ連続粒度であるASTMの粒度範囲に着目した。そして、空港舗装の特殊性を考慮して耐流動性だけでなく、アスファルトの経年的な劣化なども考慮した配合設計のためには、アスファルト量の設定が大きな課題になると考えられた。

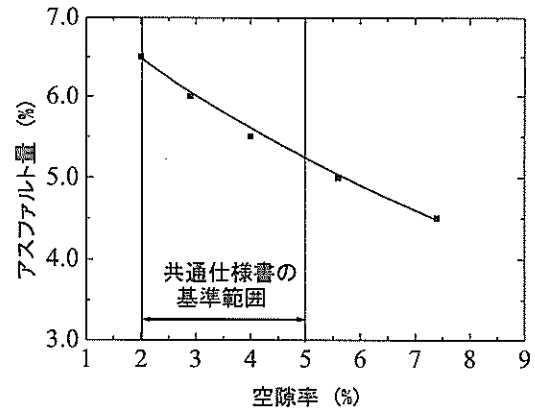


図-6 アスファルト量と空隙率の関係

### 3. 大粒径アスファルト混合物の耐流動性・曲げ抵抗性評価

最適なアスファルト量を決定する方法として、マーシャル安定度試験<sup>10)</sup>が簡便で広く用いられている。これはアスファルト混合物をランマーで突き固めて供試体を作製し、マーシャル安定度試験結果から適切なアスファルト量を検討するものである。異なるアスファルト量に対して、それぞれ空隙率が異なる供試体(写真-2)が作製される。図-6は一例として密粒13に相当する粒度分布の骨材を用いて、供試体を作製した時のアスファルト量と空隙率の関係を示したものである。図中には仕様書の管理基準値の範囲も示した。供試体作製時の締めエネルギーが同じであれば、アスファルト量に対して空隙率が1対1に対応する。したがって空隙率がアスファルト量を規定する重要な管理基準項目として採用される。

そこで大粒径アスファルト混合物の適切なアスファルト量を模索するために、以下では空隙率に着目し、空隙率が大き粒径アスファルト混合物の性能に対してどのような影響を与えるかについて検討を行った。本章では大粒径アスファルト混合物の耐流動性と曲げ抵抗性について得られた知見について述べる。

#### 3.1 評価試験に用いた供試体の作製方法

最大骨材粒径が30mmで連続粒度のASTMの粒度範囲(図-5参照)を満たすものとして、図-7に示す骨材粒度分布のアスファルト混合物(以下、大粒径30)を作製した。また、大粒径30の性能の比較対象として、密粒13、密粒20、そして最大骨材粒径が20mmの粗粒度アスファルト混合物(以下、粗粒20)の供試体も同時に作製した。図-7にはこれらの混合物の粒度分布もあわせて

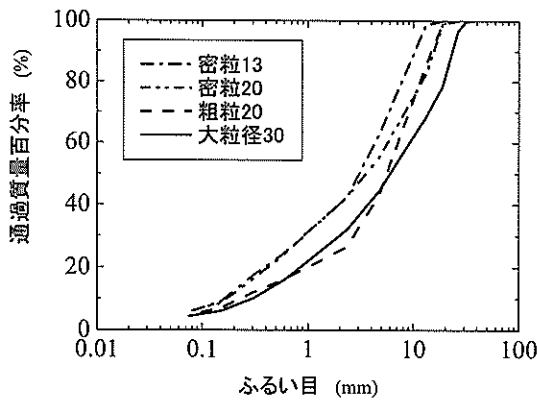


図-7 各アスファルト混合物の粒度分布

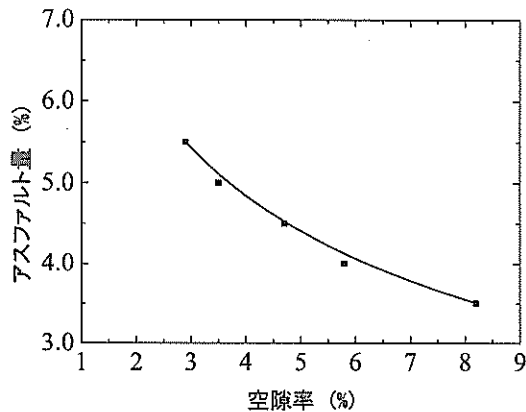


図-8 大粒径 30 のアスファルト量と空隙率の関係

示してある。ここで密粒 13, 密粒 20, 粗粒 20 の粒度分布は空港土木工事共通仕様書に規定されている粒度範囲の中央粒度を目標として配合されたものである。また, 4 種類の混合物の性能がなるべく最大粒径や粒度分布の影響だけで検討できるように, 粗骨材, 細骨材やストレータスファルト 60/80 は同じ品質のものを用い, いずれも空港土木工事共通仕様書に示される品質規格を満足する優良な材料になるように選定した。

上に述べた 4 種類のアスファルト混合物の供試体は, 実際の転圧状態に近いようにローラーコンパクタで十分に締固めて作製した。供試体の寸法は, 表面の平坦性と密度の均質性ができるべく確保できるように, 高橋らの研究<sup>4)</sup>を参考に厚さに注意し, 密粒 13, 密粒 20, 粗粒 20 の場合は 300 (たて) × 300 (よこ) × 50mm (厚さ), 大粒径 30 の場合は 300 (たて) × 300 (よこ) × 100mm (厚さ) とした。

供試体作製の際に締固めの管理基準値として, マーシャル安定度試験供試体の空隙率の値を用いた。すなわち

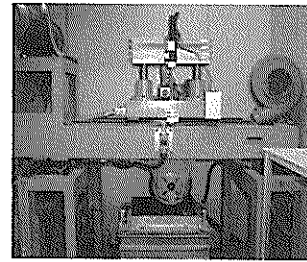


写真-3 ホイールトラッキング試験状況

表-1 ホイールトラッキング試験条件

項目	条件
供試体寸法	長さ30cm×幅30cm×厚さ5cm 30cm×30cm×10cm (大粒径30)
試験温度	60℃
輪荷重	686±10N
試験輪の走行回数	42±1回/min
試験輪の走行距離	230±10mm
試験時間	60分

密粒 13, 密粒 20, 粗粒 20 の場合には, 空港土木工事共通仕様書に基づいて最適アスファルト量を求め, その最適アスファルト量を配合したマーシャル安定度試験供試体の空隙率をそれぞれ締固め管理に用い, 供試体を作製した。一方, 大粒径 30 の場合には, アスファルト量の異なる供試体を複数作製した。供試体の締固めの管理には, 密粒 13, 密粒 20, 粗粒 20 と同様にマーシャル供試体の空隙率を用いたが, 通常の供試体寸法 ( $\phi 100 \times h63.5\text{mm}$ ) に対し, 1.5 倍の大きさのマーシャル供試体 ( $\phi 150\text{mm} \times h95.3\text{mm}$ ) を用いた。図-8 に大粒径 30 のマーシャル安定度試験供試体のアスファルト量と空隙率の関係を示す。マーシャル供試体の作製の際には, 単位体積あたりの締固めエネルギーが通常の供試体のものと同じになるように, ランマーの落下高さと打撃数を調整した<sup>11)</sup>。したがって図-8 と図-6 の空隙率とアスファルト量の関係は同じ単位体積あたりの締固めエネルギーにより得られたものである。

### 3.2 ホイールトラッキング試験による耐流動性の評価

#### (1) 試験方法

作製した各アスファルト混合物の供試体に対し, ホイールトラッキング試験を実施した。ホイールトラッキング試験は供試体の中央部を小型の車輪が往復走行し, 供試体の変形量を測定するものである (写真-3)。具体的



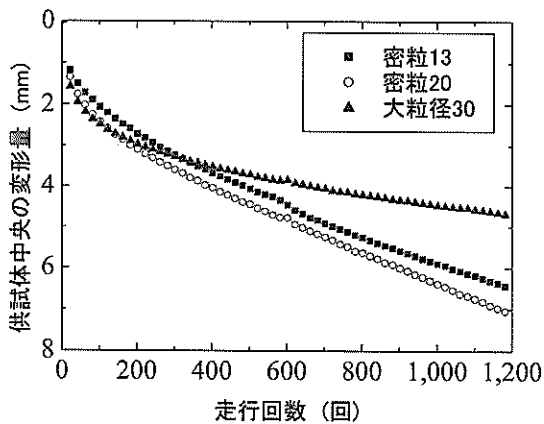


図-9 供試体中央の変形量と走行回数の関係

には、供試体を型枠に入れて固定し、試験開始5時間以上前に  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  に保った恒温室で養生した。養生時間は24時間を超えないようにし、供試体表面が試験温度である  $60 \pm 0.5^\circ\text{C}$  になるまで静置した。温度が安定した後、試験輪を直進走行させ試験を行った。走行条件は表-1に示すとおりである。ホイールトラッキング試験は各混合物に対し、それぞれ3供試体を実施した。

## (2) 試験結果

図-9 にホイールトラッキング試験から得られた供試体中央の変形量と走行回数の関係の代表例を示す。空隙率2.8%の大粒径30の試験結果と密粒13、密粒20の試験結果を合わせて示した。同図から大粒径30の変形量が密粒13、密粒20と比較して小さいことがわかる。特に走行回数が増えるほどその傾向は著しい。

ホイールトラッキング試験結果から得られた動的安定度  $DS$  と供試体の空隙率の関係を図-10に示す。 $DS$  は、試験開始後45分と60分の15分間における各供試体の単位変形量あたりの車両通過回数を次の式(1)にて算出し、3供試体の平均値としたものである。

$$DS = 42 \times \frac{t_2 - t_1}{d_2 - d_1} \times C_1 \times C_2 \quad (1)$$

ここで

$DS$ : 動的安定度 (回/mm)

$d_1$ :  $t_1$  (標準的には45分) における変形量 (mm)

$d_2$ :  $t_2$  (標準的には60分) における変形量 (mm)

$C_1$ : 補正係数 (チェーンによる定速駆動型の試験機を使用した場合=1.5, クランクによる変速駆動型の試験機を使用した場合=1.0)

$C_2$ : 補正係数 (現場からの切り出し供試体 (幅150mm) を使用した場合=0.8, 室内および現場で作製した供試体 (幅300mm) を使用した場合=1.0)

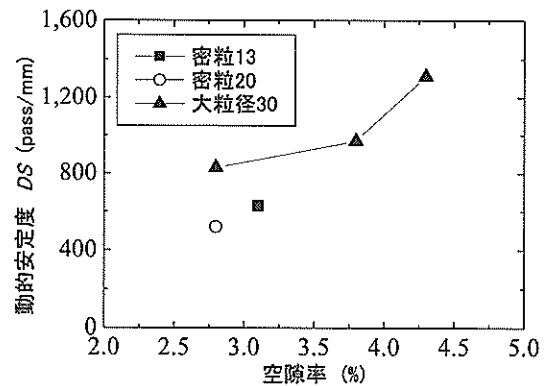


図-10 動的安定度と空隙率の関係

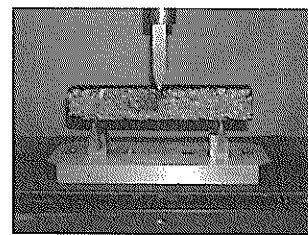


写真-4 曲げ試験状況

図-10より、密粒13、密粒20より大粒径30の動的安定度が大きく耐流動性に優れていることが確認された。また大粒径30においては空隙率が大きいほど耐流動性が高くなった。これは、空隙率が大きいとアスファルト量が少なくなり高温時におけるアスファルトの流動性が低下したことが理由として考えられる。

## 3.3 静的曲げ試験による曲げ抵抗性の評価

### (1) 試験方法

大粒径30の曲げ性状の把握を目的に3.1で作製した供試体をダイヤモンドカッターにより  $50 \times 50 \times 300\text{mm}$  に整形し、静的な曲げ試験を実施した(写真-4、図-11)。供試体の幅、厚さ及び密度を測定した後、室内にて十分乾燥を行い、各設定温度にした恒温槽に入れ、6時間以上養生した。試験機の恒温槽を試験温度に保ち、養生後の供試体を載荷装置に、締固め面を上面としてセットして、載荷速度  $50\text{mm/min}$  で中央部に集中載荷した。最大荷重を示して供試体が破壊するまで載荷を行い、荷重と変形量を記録した。試験は温度-10, 0, 5, 10, 15,  $20^\circ\text{C}$  の6温度の条件で、また1温度につき3供試体の試験を実施した。表-2に曲げ試験条件を示す。

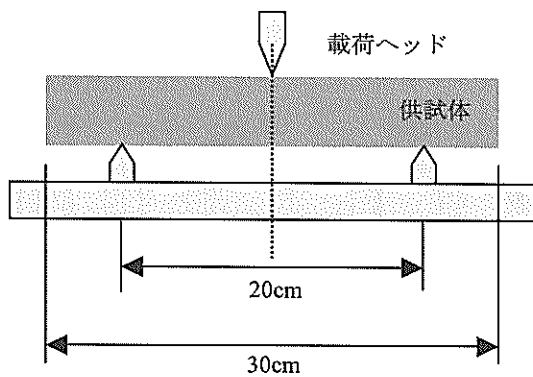


図-11 曲げ試験概要

表-2 曲げ試験条件

項目	条件
供試体寸法	長さ30cm×幅5cm×厚さ5cm
試験温度	-10, 0, 5, 10, 15, 20℃
スパン	20cm
载荷速度	50mm/min

(2) 試験結果

図-12(a)に大粒径30の曲げ強度と試験温度の関係を、図-12(b)に破壊時ひずみと試験温度の関係を示す。ここで曲げ強度は破壊時の最大荷重から、破壊時ひずみは破壊時の変形量から求められる。曲げ強度と破壊時ひずみはそれぞれ3供試体の試験結果の平均値である。また両図には粗粒20の試験結果も合わせて示した。ここで粗粒20は空港舗装の基層材料として使用されるものであり、輪荷重が作用する場合にアスファルト混合物層の下面の引張抵抗性が従来使用されている材料の場合にどの程度かを示すためにあわせてプロットした。

図-12(a), (b)では、どの混合物も脆化点（脆性領域と流動領域の変曲点）が約10℃付近に存在している。これは同じストレートアスファルト60/80を用いているためである。この脆化点より高温側の流動領域では、各混合物の曲げ強度にあまり違いが見られない。一方、脆化点より低温側の脆性領域ではデータにばらつきがあるものの、空隙率が大きくなるにつれて大粒径30の曲げ強度は小さくなっている。特に空隙率4.3%の大粒径30は粗粒20と比較して曲げ強度が下回る傾向にある。破壊時ひずみも同様に、空隙率が大きくなるにつれ小さくなり、空隙率4.3%の大粒径30の破壊時ひずみは粗粒20のものよりかなり小さい。

3.4 耐流動性と曲げ抵抗性のまとめ

空隙率が異なる大粒径30の耐流動性と曲げ抵抗性を、

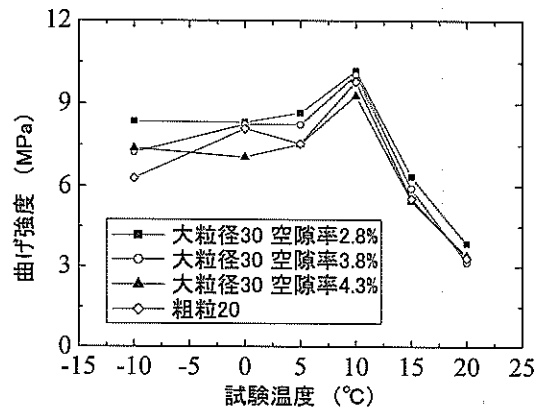


図-12(a) 曲げ強度と試験温度の関係

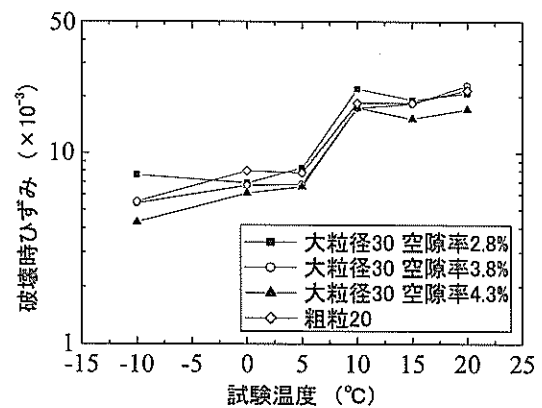


図-12(b) 破壊時ひずみと試験温度の関係

それぞれホイールトラッキング試験と静的曲げ試験を実施して調べた。その結果、空隙率の増加とともに耐流動性は向上する一方で、曲げ抵抗性は低下することが分かった。ただし、従来の表層材料の密粒13、密粒20と同じ程度の空隙率の場合でもより優れた耐流動性が確保できる。また空隙率がある程度大きくなると、曲げ抵抗性が基層材料の粗粒20と比較して劣ることが分かった。

4. 大粒径アスファルト混合物の耐磨耗性・暴露耐久性評価

空港アスファルト舗装の表層材料には、交通荷重によりわだちぼれ以外に磨耗が生じることがあり、耐流動性ととも耐磨耗性の確保も求められる。さらには大気中に暴露されることで酸化や紫外線照射を受けて時間の進行とともに少なからず劣化していくことは避けられない。著しい劣化はひび割れをもたらす懸念があり、ある程度

表-3 ラベリング試験条件

項目	条件
試験温度	0±1℃
養生時間	4時間以上
チェーン材質	JIS G4501 S32C
チェーンおよび車輪数	10こま×12本×1車輪
車輪回転数	200回/min
供試体回転数	66往復/min
表面形状の測定間隔	0, 2, 5, 10, 30, 60分

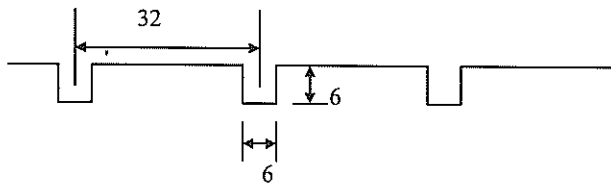


図-13 施工したグルーピングの形状 (単位:mm)

の暴露耐久性の確保も必要であると考えられた。本章では表層に適用した場合の適切なアスファルト量を模索するために、空隙率が粒径大アスファルト混合物の耐摩耗性や暴露耐久性にどのような影響を与えるかを、ラベリング試験と暴露試験を実施して検討を行った。

#### 4.1 ラベリング試験による耐摩耗性の評価

滑走路におけるグルーピングは、乾燥時においては航空機タイヤとアスファルト舗装の摩擦力をより向上させ、湿潤時においてはハイドロプレーニング現象などを軽減できるように、溝状の形状に施工されている<sup>12)</sup>。このグルーピングの形状を損なうことは舗装表面の摩擦力や排水性が低下し、航空機運行の安全性が憂慮される。

##### (1) 試験方法

3.1で作製した大粒径30の供試体にグルーピングを施工し、ラベリング試験を実施して、形状の変化を調べた。図-13に施工したグルーピングの形状を示す。グルーピングは、1供試体につき7つ施工した。また、ラベリング試験の試験条件を表-3に示す。ラベリング試験にはサイドチェーンを用い、約1時間実施した。また、試験開始後0, 2, 5, 10, 30, 60分にはその都度、供試体を試験装置から取り出し、溝の形状をレーザー変位計で測定した。図-14に測定した溝の形状の例を示す。この測定した溝の形状から磨耗した体積を求め、さらに平均磨耗深さを算出した。ラベリング試験は各混合物に対し、それぞれ3供試体を実施した。

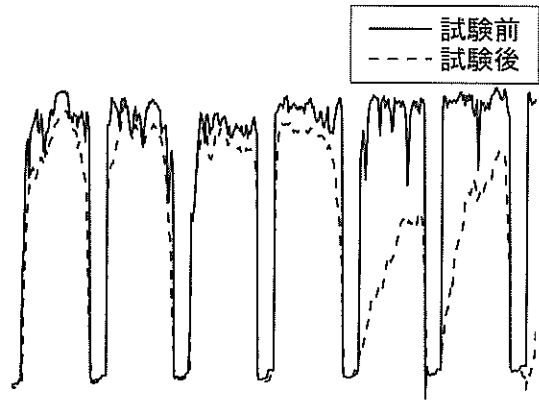


図-14 測定した溝の形状の例

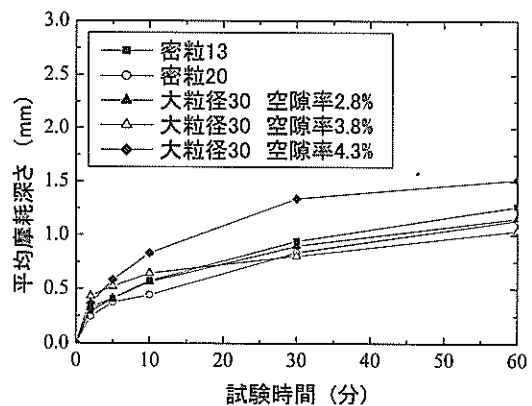


図-15 ラベリング試験結果

##### (2) 試験結果

図-15に大粒径30の供試体の平均磨耗深さと試験時間の関係を示す。密粒13と密粒20の試験結果も比較のために合わせて示してある。いずれの供試体も試験時間の増加とともに平均磨耗深さが大きくなっているが、特に空隙率4.3%の大粒径30の供試体に他の供試体と比較して磨耗の著しい進行が認められる。また、空隙率3.8%の大粒径30は、試験開始直後に空隙率4.3%の大粒径30と同様に早期の磨耗の進行が認められるが、試験時間の増加とともに他の供試体の平均磨耗深さとあまり変わらなくなっている。

#### 4.2 暴露試験による劣化性状

##### (1) アスファルトの劣化性状

###### a) 試験方法

3.1で作製した各混合物の供試体を用いて交通荷重のない状態で約1年間の屋外暴露を行った。写真-5に屋外

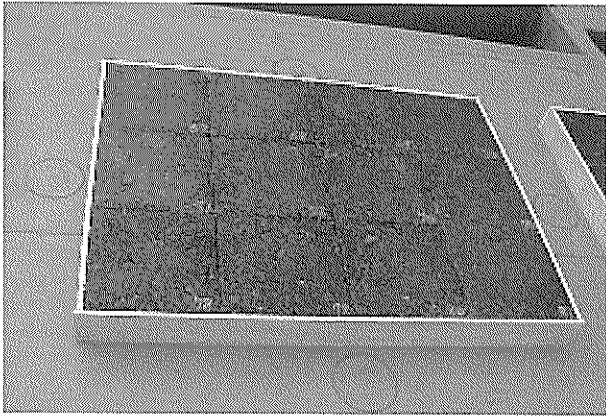


写真-5 屋外暴露の状況

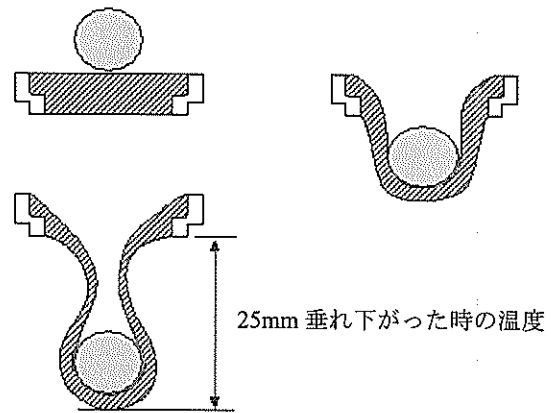


図-17 軟化点試験の概要

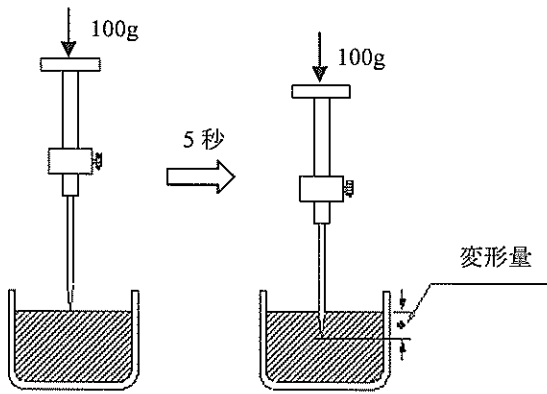


図-16 針入度試験の概要

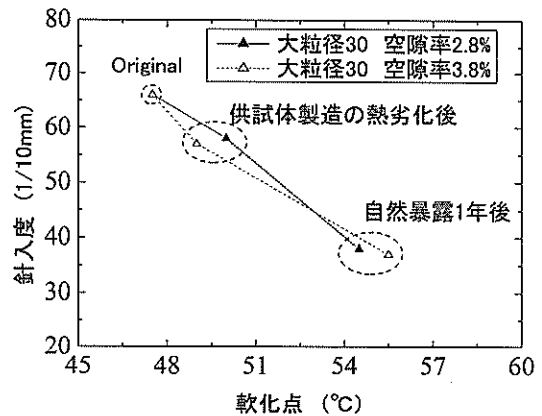


図-18 大粒径30の軟化点と針入度の関係

暴露の状況を示す。暴露養生後、暴露面から10mmの部分切削してアスファルトの回収を行い、針入度試験と軟化点試験を行った。ここで針入度試験は、ある条件下におけるアスファルトの硬さを測定するもので、針入度は、25℃の温度で規定の針に100gの荷重をかけ、5秒間アスファルトに貫入させたときの深さを1/10mmの単位で表したものである。試験の概要を図-16に示す。また、軟化点試験は、一定条件下において、アスファルトが軟化する温度（軟化点）を測定するものである。試験の概要を図-17に示す。針入度、軟化点ともにアスファルトのコンシステンシーを表すものである。

b) 試験結果

図-18に試験から得られた空隙率2.8%と3.8%の大粒径30の軟化点と針入度の関係を示す。同図には、供試体を作製する前の工場出荷時のアスファルトと供試体作製直後の混合物から回収したアスファルトから得られた軟化点と針入度の関係も示した。同図から大粒径30の軟化点、針入度とともに供試体の作製の時点で熱劣化の影響で低下し、さらに1年間の屋外暴露により低下し

ていることが分かる。しかし、熱劣化および暴露養生による低下傾向に空隙率の影響は有意には認められない。比較のために密粒13、20の供試体にも暴露試験を行い、同様にアスファルトを回収して針入度試験と軟化点試験を行った。得られた針入度と軟化点の関係を図-18に重ねてプロットしたものが図-19である。密粒20の低下程度が若干小さいが、大粒径30は密粒13とほぼ同様に熱劣化と暴露養生により針入度と軟化点の低下が生じている。1年以上の暴露養生による長期的な劣化が大粒径30にどのように生じていくかは今後の課題であるが、骨材を皮膜するアスファルトの厚さを骨材の粒度分布とアスファルト量の関係から簡易的に調べる<sup>13)</sup>と、大粒径30の方が密粒13、密粒20に比較して厚かった。アスファルトの皮膜が厚ければ、紫外線や空気がアスファルトの内部に届きにくく、劣化しにくい部分が生じるのではないかと推測される。

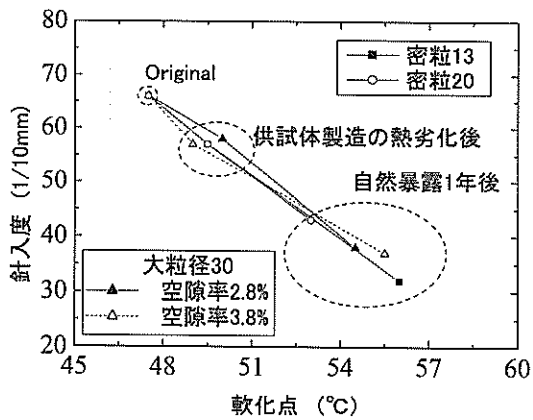


図-19 針入度と軟化点の関係

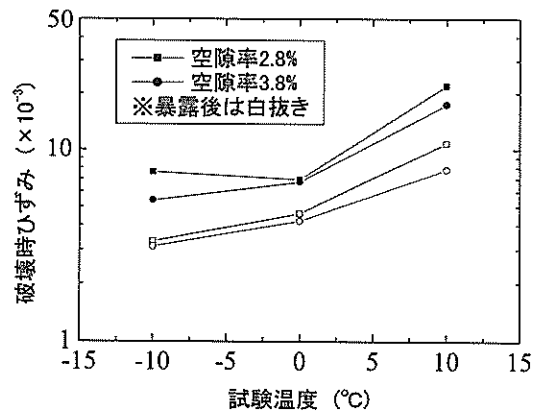


図-20(b) 破壊時ひずみと試験温度の関係

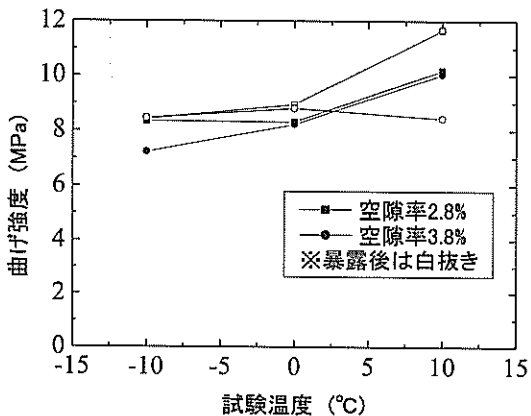


図-20(a) 曲げ強度と試験温度の関係

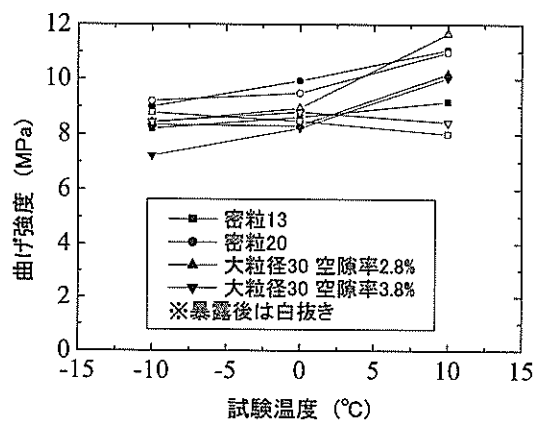


図-21(a) 曲げ強度と試験温度の関係

(2) 混合物のひび割れ耐久性

a) 試験方法

アスファルトの劣化により生じる舗装表面のひび割れ耐久性を調べる目的で、1年間暴露養生した大粒径30の供試体をダイヤモンドカッターにより50×50×300mmに整形し、静的な曲げ試験を実施した。試験温度は-10, 0, 10℃とし、各試験温度につき3供試体を実施した。曲げ試験方法は3.3で述べた方法と同じであるが、暴露面に引張力が生じるように暴露面を下面にして供試体をセットした。

b) 試験結果

図-20(a)に得られた大粒径30の曲げ強度と試験温度の関係を、図-20(b)に破壊時ひずみと試験温度の関係をそれぞれ示す。また、厳密には供試体の載荷面が異なるが、参考として暴露前の曲げ試験結果(図-12参照)もあわせて示す。図-20(b)より試験温度-10~10℃において暴露養生により破壊時ひずみが小さくなっていることが

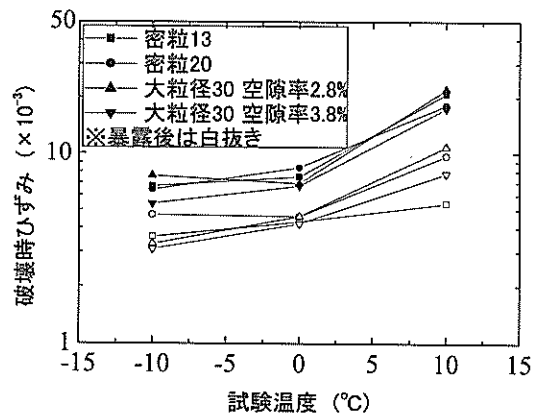


図-21(b) 破壊時ひずみと試験温度の関係

わかる。

図-21(a)と(b)は密粒13と密粒20の暴露養生後の曲げ強度及び破壊時ひずみと比較したものである。大粒径30の曲げ強度および破壊時ひずみは密粒13や密粒20のものと顕著な違いは見られず、約1年間の暴露養生後の

ひびわれ抵抗性は、密粒 13 や密粒 20 とあまり変わらない傾向が得られた。

#### 4.3 耐摩耗性と暴露耐久性のまとめ

大粒径 30 の表層における配合設計を模索する目的で、ラベリング試験によるグルーピングの安定性および屋外暴露試験による劣化性状について検討を行った。その結果、空隙率が 4.3%程度の場合にグルーピングの磨耗の進行が密粒 13 や密粒 20 に比較して著しかった。また暴露後のアスファルトの劣化性状には空隙率の顕著な影響は見られず、ひび割れ耐久性は密粒 13 や密粒 20 と同程度であった。

### 5. 配合設計の合理化に関する検討

前章までに、大粒径 30 の耐流動性や曲げ抵抗性、耐摩耗性、暴露耐久性に空隙率が及ぼす影響について検討を行った。さらには密粒 13、密粒 20 あるいは粗粒 20 との比較を行って、従来標準的に用いられてアスファルト混合物との性能の違いについても考察を行った。以下では、得られた知見に基づき、大粒径 30 を表層と基層以深に用いる場合に分けて、それぞれに要求される性能のなかで留意すべき観点から大粒径 30 の合理的な配合設計について検討を行った。

まず、図-22(a)のように表層に用いる場合を考える。シックリフト工法を併用して表層と基層、あるいは表層と基層の間の中間層を含むような状態で用いられる。この場合にはわだちぼれ以外に磨耗や暴露による劣化など要求される性能が厳しく、いわゆるバランスのとれた配合が望ましい。特に図-12 と図-15 に示したように、空隙率が大きくなると曲げ変形に対する抵抗性やグルーピングの耐摩耗性が損なわれる恐れがある。よって大粒径アスファルト混合物を表層に適用する場合は、空隙率をあまり大きくせずとも 4%未満として 3%程度を標準にすることが望ましいと考えられる。

次に、図-22(b)のように基層以深に大粒径アスファルト混合物を用いる場合を考える。中間層と基層あるいは基層と上層路盤の間に用いる場合が考えられる。アスファルト舗装表面に存在しないので、磨耗や暴露による劣化の懸念よりも、混合物層の流動によるわだちぼれや曲げ変形などの性能が要求される。このため、図-9 に示したように耐流動性を向上させるために空隙率を少しでも大きくしたほうが良い。一方あまり大きくなると強度が低下し、また表層との連続性が低下するので、空隙率を 4%前後から 5%程度として 4%程度を標準にすることが

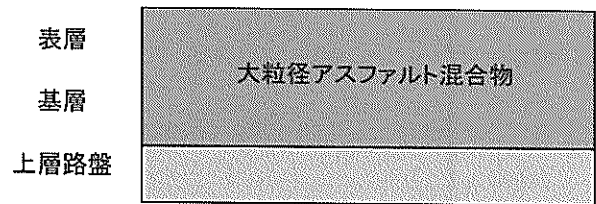


図-22(a) 表層に用いる場合

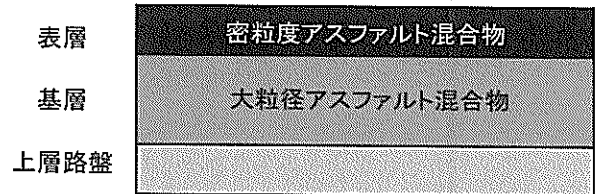


図-22(b) 基層以深に用いる場合

望ましいと思われる。

### 6. あとがき

本検討では、代表的な粒度分布を持つ大粒径アスファルト混合物を対象としたため、より複雑な粒度分布を持った大粒径アスファルト混合物の検討を進めていく必要がある。また1年以上暴露養生した長期的な劣化が大粒径アスファルト混合物にどのように生じていくか追跡調査が必要である。

(2005年2月10日受付)

#### 参考文献

- 1) 国土交通省航空局：数字で見る航空，(財)航空振興財団，1972-2004。
- 2) (社)土木学会：舗装工学，pp.283-285,1995.6。
- 3) 松本浩史：新千歳空港滑走路改良工事における大粒径中温化アスコンの適用について，第3回空港技術報告会資料，pp.270-289，2002.11。
- 4) 高橋修，八谷好高，坪川将丈，阿部寛，松崎和博：大粒径アスファルト混合物の空港舗装への適用性に関する一検討，港湾技研資料，No.976，2000.12。
- 5) 国土交通省航空局：空港土木工事共通仕様書，(財)港湾空港建設技術サービスセンター，第2編，pp.2-32，2004.4。
- 6) (財)日本道路協会：アスファルト舗装要綱，pp.92，2001.3。
- 7) ASTM D3515，Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures，1989.2。

- 8) 運輸省航空局：空港舗装構造設計要領，(財) 港湾空港建設技術サービスセンター，pp.21-22，1999.4.
- 9) 運輸省航空局：空港舗装補修要領（案），pp.14-24，1999.4.
- 10) (社) 日本道路協会：舗装試験法便覧，pp.506-516，2000.12.
- 11) (社) 日本道路協会：舗装試験法便覧別冊（暫定試験方法），pp.20-28，1996.10.
- 12) 八谷好高：航空機荷重に対するグルーピングの安定性，第3回空港技術報告会資料，pp.70-85，2002.11.
- 13) (財) 日本道路協会，排水性舗装技術指針(案)，pp.30-31，2003.6.

港湾空港技術研究所資料 No. 1099

2005.6

編集兼発行人 独立行政法人港湾空港技術研究所

発行所 独立行政法人港湾空港技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号  
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

印刷所 昭和情報プロセス株式会社

Copyright © (2005) by PARI

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of PARI.

この資料は、港湾空港技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は港湾空港技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。