

大粒径アスファルトコンクリートの空港舗装表層への適用性

八谷好高¹・高橋 修²

¹正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所空港研究部空港施設研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

²正会員 博(工学) 長岡技術科学大学工学部環境・建設系 (〒940-0042 長岡市前田2-8-27)

空港アスファルト舗装においては、航空機の大型化と高頻度化に対処するために、変形抵抗性に優れたアスファルトコンクリートを使用することが必要となっている。本研究では、大粒径アスファルトコンクリートに注目し、その空港舗装表層への適用性について、屋外の試験舗装に対する載荷試験と室内試験によって評価した。その結果、大粒径アスファルトコンクリートは現行の通常粒径の骨材を有するものに比較して変形抵抗性が非常に優れていること、その他の性能も同程度かそれ以上であることが明らかとなり、誘導路、滑走路といった空港舗装表層へは十分適用可能であることが認められた。

Key Words: large-sized aggregate, asphalt concrete, airport pavement, field study, laboratory test

1. はじめに

空港ではアスファルト舗装が滑走路と誘導路に用いられているが、航空機の大型化と運航の高頻度化に伴って誘導路では過大なわだち掘れも一部でみられている¹⁾。筆者らは、このわだち掘れ対策として最大粒径を大きくした骨材を用いるアスファルトコンクリート、すなわち大粒径アスファルトコンクリートの有効性について検討してきている。具体的には、大粒径アスファルトコンクリートの基本的性状について室内試験で把握してから、試験施工により施工性について検証し、それに対する載荷試験で航空機に対する耐荷性について評価している。

空港ではオーバーレイのような既設舗装の補修・補強工事が今後一層増加すると考えられており、変形抵抗性に優れている大粒径アスファルトコンクリートを適用しなければならない状況が多くなると予想される。その場合、大粒径アスファルトコンクリートは表層材料としての性能を保持しなければならない。

本研究では、要求性能として、材料の変形、疲労破壊ならびに骨材剥離に対する抵抗性、老化による性状変化、透水性ならびに通気性のほか、グルーピングの安定性を取り上げ、それらに関して実験的に検討することにより、大粒径アスファルトコンクリートの空港舗装表層への適用性について明らかにした。

2. 使用材料

各種試験に使用したアスファルトコンクリートは、骨材最大粒径が 30mm の大粒径アスファルトコンクリートのほかに、空港舗装の表・基層で標準的に用いられている骨材最大粒径が 13mm と 20mm のものである。それらの骨材配合は、大粒径のものについては米国 ASTM D3515 に示されている重交通荷重を対象とした粒度範囲に基づいて、また、13mm と 20mm については空港土木工事共通仕様書²⁾の規定に基づいて決定した。

表-1 に各アスファルトコンクリートの配合設計結果を示す。アスファルト量はマーシャル安定度試験に基づいて決定した最適アスファルト量 (OAC) とした。使用したアスファルトはストレートアスファルト 60/80 であり、骨材ならびにアスファルトの品質はともに空港土木工事共通仕様書の規格を満足している。マーシャル安定度試験としては、大粒径アスファルトコンクリートの場合は舗装試験法便覧別冊に記述されている方法³⁾、すなわち、内径 152.4mm のモールドを使用して作製した供試体に対するものを使用した。また、通常材料については舗装試験法便覧に記されている内径 101.6mm のモールドを使用する方法⁴⁾によった。決定された配合についてマーシャル安定度試験を行った結果、大粒径のものについては全米アスファルト舗装協会 (NAPA) の推奨値⁵⁾、通常のものについては空港舗装の基準値を満足していることが確認された。

表-1 配合設計の結果

ふるい目 (mm)	13mm (%)	20mm (%)	30mm (%)
37.5	—	—	100
26.5	—	100	93.4
19.0	100	98.5	—
13.2	97.4	82.7	68.6
4.75	63.3	56.1	44.7
2.36	42.3	42.1	31.8
0.6	24.7	24.9	—
0.3	15.9	16.1	13.3
0.15	8.6	8.7	—
0.075	5.5	5.5	4.2
アスファルト量 (%)	5.7	5.5	4.6

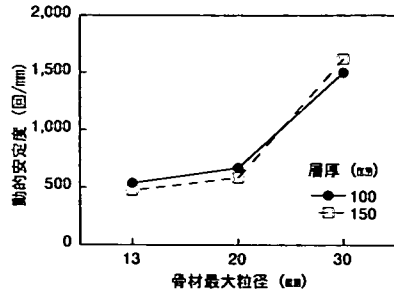


図-1 動的安定度の比較

3. 空港舗装表層材料としての性能評価

大粒径アスコンの空港舗装への適用性を検討するにあたり、空港舗装の表層材料が有すべき性能を明らかにしてから、大粒径アスファルトコンクリートに関してそれらを個別に評価する。

(1) 表層材料に対する要求性能

空港舗装の表層材料に対して第一に要求される性能としては、表面性状の一般的な評価項目であるわだち掘れとひび割れに対する抵抗性、すなわち変形抵抗性と疲労抵抗性である。前者は航空機や車両の操縦性保持や水たまり防止といった観点、後者については舗装の構造体としての破壊を防止するといった観点からの要求性能である。

また、骨材の剥離抵抗性も必要とされる。これは、航空機の制動や高速での曲線走行時には舗装表面には水平力が作用することから、これによって骨材が剥離・飛散する恐れがあるからである。

このほか、自然環境下における材料の老化進行性や透水性、通気性についても、通常骨材を用いたものと少なくとも同等である必要がある。

さらに、滑走路においては表面にグルーピング（幅・深さ 6mm の溝を 32mm 間隔で横断方向に設置）を設けることが一般的なので⁶⁾、その施工性や航空機荷重の繰返し走行に対する耐久性も保持していなければならない。

(2) 変形抵抗性と疲労抵抗性

空港舗装における表面性状の評価に用いられている PRI の説明変数（項目）であるわだち掘れ（変形）とひび割れ（疲労破壊）に対する抵抗性について検証する。

a) 変形抵抗性

大粒径アスコンの変形抵抗性については、小型の試験供試体を用いた室内試験と比較的規模の大きな試験舗装を用いた載荷試験によって評価した⁷⁾。

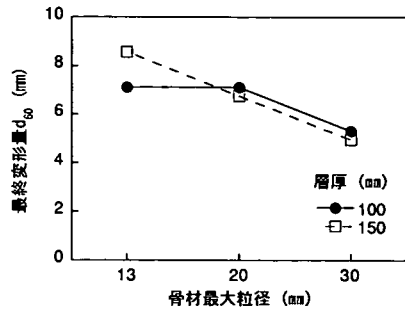


図-2 WT試験における最終変形量の比較

表-2 わだち掘れ

最大粒径 (mm)	測線 1	測線 2	平均
13	2.0	2.0	2.0
20	3.5	4.5	4.0
30	1.5	1.5	1.5

(単位: mm)

室内試験としては一般的なホイールトラッキング (WT) 試験を用いた⁹⁾。ただし、大粒径アスファルトコンクリートを試験の対象としたことから、供試体の厚さを 100mm ならびに 150mm へと変更している。供試体は、骨材最大粒径 13mm, 20mm, 30mm のいずれのものに対しても、各基準密度の 98%以上となるようにローラコンパクタにより締め固めて作製した（各条件につき 3 個）。試験結果として、図-1 に各材料についての動的安定度を示す。大粒径アスファルトコンクリートは通常のものと比較すると動的安定度が大きく、3 倍にもなっていることから、耐流動にすぐれていると評価できる。

試験施工は、旧運輸省港湾技術研究所野比実験場で実施した。骨材最大粒径が 13mm, 20mm, 30mm のいずれの場合も、区画の広さは幅 3.5m, 長さ 30m であり、表・基層たるアスファルトコンクリート層を、その厚さを 100mm として一層にて既設コンクリート舗装上に施工し

表-3 ラベリング試験とカンタプロ試験の結果

最大粒径 (mm)	すりへり量 (cm ³)	損失率 (%)
13	0.41	8.3
20	0.52	5.4
30	0.55	9.1

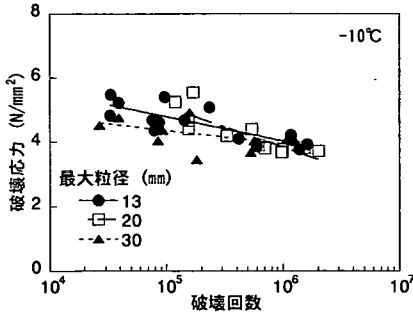


図-3 破壊応力と破壊回数の関係(-10℃)

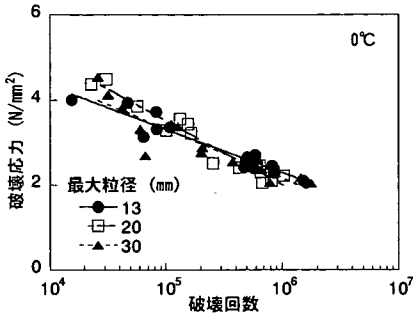


図-4 破壊応力と破壊回数の関係(0℃)

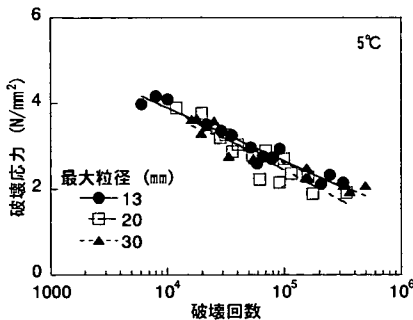


図-5 破壊応力と破壊回数の関係(5℃)

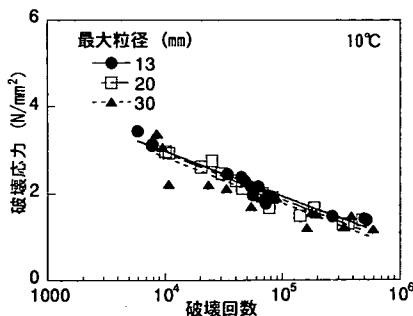


図-6 破壊応力と破壊回数の関係(10℃)

た. その際には, 同一の施工機械ならびに施工方法を用い, 締固め度は所定の値を満足していることが確認された.

この舗装に対して B-747 型航空機の主脚荷重 (910kN) を 1,000 回まで繰返し走行させて, わだち掘れが変化する状況について調べた. 走行試験は 11 月中旬から下旬にかけて実施し, そのときの舗装表面温度は 20.9 ~ 36.4℃ の範囲であった. 繰返し走行によりアスファルトコンクリートの密度も全体的にいく分増加しているが, 1,000 回走行後のわだち掘れでみると, 表-2 に示すように, 骨材最大粒径 30mm の場合が比較的小さくなっている.

上記の走行載荷試験結果は走行回数が少ない場合のものであるが, 図-2 に示したホイールトラッキング試験における試験終了時の変形量 (d_{60}) と同様の傾向であることから, 大粒径アスファルトコンクリートは他の材料よりも変形抵抗性に優れているとまとめられる. したがって, 誘導路等, 質量の大きい航空機が低速走行する箇所への適用性は十分にあることが明らかとなった.

b) 疲労抵抗性

上述の試験舗装から供試体を切り出して, 大粒径アスファルトコンクリートの疲労抵抗性を評価するための繰返し曲げ試験を実施した⁸⁾.

試験に用いた供試体は, 繰返し走行試験時に荷重が直接作用していない箇所から幅 1.5m, 長さ 1m で切り出したブロックの表面部分を使うようにして整形した. 供試体の寸法は幅 50mm, 高さ 75mm, 長さ 300mm である. なお, 供試体の切り取り時期は舗装の施工から約 1 年が経過した時点であった.

試験には 2 点支持 1 点载荷の条件 (支間 250mm) で, 変位波形を正弦波 (両振り) とする, 変位 (ひずみ) 制御方式を用いた. 温度は -10, 0, 5, 10℃ の 4 とおり, 変位はひずみ振幅で $1,000 \times 10^{-6} \sim 2,500 \times 10^{-6}$ (片振幅) の範囲で 4 ないし 5 とおり変化させた. 周波数は既往の研究^{9), 10)} に基づいて 5Hz とした.

試験結果は, 丸山らの方法⁹⁾ に準拠して破壊応力と破壊ひずみとして整理した. 図-3, 図-4, 図-5, 図-6 は, 試験温度がそれぞれ -10℃, 0℃, 5℃, 10℃ の場合に対する破壊応力と破壊回数の関係を示す. 図中において各点が試験結果を示し, 直線がそれらの回帰を示している.

表-4 透水試験ならびに通気試験の結果

最大粒径 (mm)	No.1			No.2			No.3		
	空隙率	透水係数	通気量	空隙率	透水係数	通気量	空隙率	透水係数	通気量
13	2.2	13.83	0.32	2.5	168	8.25	2.1	6.31	0.71
20	1.6	9.66	0.79	1.3	0.04	0.03	1.6	不透水	不通気
30	2.5	62.5	0.76	2.3	不透水	不通気	2.2	不透水	不通気

(単位: %- 空隙率, 1×10^{-6} cm/s - 透水係数, 1×10^{-9} cm² - 通気量)

表-5 回収したアスファルトの試験結果

最大粒径 (mm)	針入度 (1/10mm)	軟化点 (°C)	粘度 (poise)	伸度 (cm)	成分 (%)				吸光度
					アスファルテン	飽和分	芳香族分	レジン分	
13	33	52.5	3,700	29	18.2	15.2	40.5	23.7	0.012
20	41	50.5	3,200	100(+)	15.9	15	42.4	23	0.008
30	43	50.5	3,000	100(+)	16.2	15.4	43.4	23.3	0.008

いずれの温度においても骨材最大寸法の違いによる疲労特性の差は明らかではないことから、大粒径アスファルトコンクリートの疲労抵抗性は通常材料と同程度であると評価できる。

(3) 表面性状特性

大粒径アスファルトコンクリートの表面のきめが粗いことから、骨材剥離抵抗性、透水性ならびに通気性について検証した。また、舗装表面は日照、降雨といった自然環境の作用を直接受けることから、大粒径アスファルトコンクリートの老化進行性についても検討を加えた。いずれも、試験舗装から採取した試料を用いて室内試験により検討した。なお、試料は施工後約3年半経過した時点で採取した。

a) 骨材剥離抵抗性

骨材剥離抵抗性ならびに耐摩耗性については、ラベリング試験とカンタプロ試験を実施した(方法は舗装試験法便覧別冊³⁾準拠)。ラベリング試験としては往復チェーン型を採用し、各区画から切り出した縦400mm、横150mm、厚さ50mmの供試体を2体用いて温度を20℃として試験を実施した。また、カンタプロ試験は、各区画から抜き取った直径100mm、高さ65mmの供試体を3体用いて、温度を20℃として試験を実施した。

試験結果を表-3に示す。ラベリング試験の結果であるすりへり量、カンタプロ試験の結果である損失率とも、骨材最大粒径が30mmの大粒径アスファルトコンクリートであっても、標準的なものと大きく異なるものではないことがわかる。このことから大粒径アスファルトコンクリートは滑走路や高速脱出誘導路等、水平荷重が作用する箇所においても適用可能と評価できる。

b) 透水性・通気性

透水性ならびに通気性試験には、試験舗装から採取したコアを用いた。透水試験はJIS A 1218に準拠

し、骨材最大粒径が13mmのものについては直径10cmの供試体を、20、30mmのものについては直径15cmの供試体を用いて実施した。通気試験はASTM D 3637に準拠した。このときの供試体寸法、供試体準備方法等は透水試験と同様である。

試験結果を表-4に示す(試験個数3個それぞれのデータ表示)。測定できた透水係数、通気量について、空隙率との関係を見ると、当然のことながら空隙率が小さくなると透水係数が小さくなり、通気量も小さくなっている。骨材最大粒径の違いによる影響を見ると、13mmでは3箇所ともに透水し、通気量も測定できたが、最大粒径が大きくなるにつれて透水、通気ともできにくい結果となった。したがって、今回用いた大粒径アスファルトコンクリートの透水性ならびに通気性は通常のものとは大きく異なるものではないとまとめられる。

c) 老化進行性

試験舗装の表層の表面部分のみから、舗装試験法便覧に準拠して、アブソン法を用いてアスファルトを抽出した。そのアスファルトについて、針入度試験、軟化点試験、伸度試験(いずれもJIS K 2207に準拠)、ならびに粘度試験、組成分析、赤外線吸収スペクトル分析(いずれも舗装試験法便覧に準拠)を実施した。なお、試験個数は針入度試験については各3個、軟化点、伸度、粘度試験については各2個、その他は1個である。

回収したアスファルトの物理試験結果を表-5にまとめた。全体的にみれば、骨材最大粒径が小さいものは、大きいものに比べて硬化傾向にあり、劣化しているといえる。また、赤外線吸収スペクトル分析の結果からは、骨材最大粒径13mmのもの吸光度が少し大きくなっていることもわかる。さらに、成分の分析結果においても、13mmのものは他の回収アスファルトに比べてアスファルテンが多く芳香族分が少ない。そして、骨材最大粒径が30mmのものは芳香族分の減少が最も少ない結果であった。これらのことから、大粒径アスファルトコンクリ

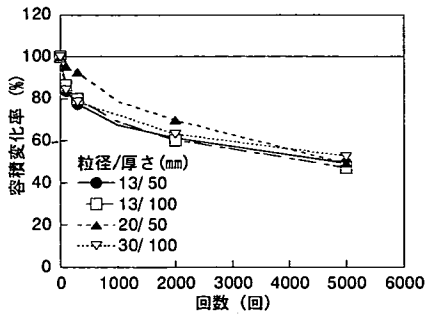


図-7 ホイールトラッキング試験時の容積変化

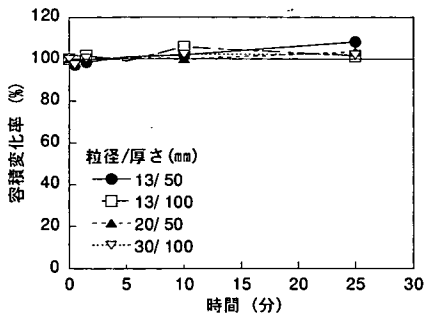


図-8 ラベリング試験時の容積変化

ートの老化程度については通常のものより若干進行が遅いとまとめられる。

(4) グルーピング安定性試験

空港滑走路には原則としてグルーピングを設けることになっていることから、大粒径アスファルトコンクリートを表層へ適用する場合には荷重に対するグルーピングの安定性を検証する必要がある。ここでは、グルーピングの変形、すなわち、つぶれについてはホイールトラッキング試験により、角欠けについてはラベリング試験により検討することとした。ここでは、室内で作製した供試体を使用して試験を行った。

a) 材料ならびに試験方法

骨材最大粒径が 13mm, 20mm, 30mm の三種類のアスファルトコンクリートを用いて、ホイールトラッキング試験ならびにラベリング試験用供試体を作製した。供試体寸法は、それぞれ 300mm×300mm, 150mm×400mm (幅×長さ) とした。厚さについては、骨材最大粒径 13mm のものについては 50mm と 100mm の 2 種類、20mm のものについては 50mm, 30mm のものについては 100mm とした。いずれも 1 層にて転圧、作製した。そして、供試体中央部分に、幅 6mm, 深さ 6mm の溝を 32mm 間隔で 7 本のグルーピングを転圧方向と直角に施

した。

ホイールトラッキング試験は舗装試験法便覧の方法に準拠し、試験開始後所定の走行回数 (100, 300, 1,000, 2,000, 5,000 回) 時にグルーピング溝部の形状を計測した。ラベリング試験は往復チェーン型で行い、温度は 0℃ に保持した。そして、試験開始後所定の走行時間 (30 秒, 90 秒, 5 分, 10 分, 25 分) にグルーピング溝部の形状を計測した。試験前と試験中におけるグルーピングの容積変化については砂置換法にて測定した。具体的には、7 本のグルーピング溝のタイヤ通過位置の外側部分に粘土を詰めて、タイヤ通過位置部分の容積のみを測定している。この場合、粒径 0.15~0.3mm の砂を用いている。

b) 試験結果と考察

ホイールトラッキング試験ならびにラベリング試験結果は、グルーピング溝の容積について試験前のものに対する変化率 (測定時の試験前のものに対する比率) を計算することにより定量化した。

図-7 にはホイールトラッキング試験の結果についてまとめた。骨材最大粒径による差はほとんどみられないことがわかる。

ラベリング試験結果については図-8 にまとめた。この場合もホイールトラッキング試験結果と同様に、骨材最大粒径による違いはあまり大きくはないものの、幅、深さの変化率には差がみられ、骨材最大粒径 30mm の場合はグルーピングが比較的残存しているのに対し、13mm のものは広く削り取られているとの違いがある。

以上の結果から、大粒径アスファルトコンクリートに設けたグルーピングの安定性については、通常の表層材料と比較して劣ることはなく、同等かむしろ優れているとまとめられる。

4. まとめ

大粒径骨材を用いたアスファルトコンクリートに関する一連の試験研究の結果、その変形抵抗性は通常材料に比べて非常に優れていることが確認された。また、疲労ひび割れ抵抗性、骨材剥離抵抗性、透水性ならびに通気性については通常材料と同程度であることがわかった。このほか、老化進行の抑制程度ならびにグルーピングを設けた場合の荷重に対する耐久性は通常材料の場合と同様かむしろ優れていると認められた。

これらのことから、大粒径アスファルトコンクリートの空港舗装表層への適用性は明らかであり、特に、変形抵抗性が強く要求される誘導路への適用性は非常に高く、また、グルーピングが設置された滑走路においても十分適用できるとまとめられる。

5. おわりに

本研究では現行のマーシャル安定度試験に基づいて定めた配合のアスファルトコンクリートを用いて検討を行ったが、今後は空港における交通荷重の実状を考慮した配合設計法について検討し、それにより決定した配合のものを用いて検討を行っていきたい。また、アスファルトコンクリートを対象に標準化されている試験方法は、道路舗装への適用を前提に開発されたものが多いことから、今後は空港舗装に特化した、実際の航空機荷重に対応したものを開発して、標準化する必要があると考えている。その上で、大粒径アスファルトコンクリートを空港舗装表層へ使用する場合の技術基準を整備していく所存である。

参考文献

- 1) 第三港湾建設局大阪空港工事事務所：大阪空港の特殊舗装について，第22回空港土木工事報告会資料，1987.
- 2) 国土交通省航空局（監）：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，2001.
- 3) （社）日本道路協会：舗装試験法便覧別冊，pp.20-29，1996.
- 4) （社）日本道路協会：舗装試験法便覧，1069p，1979.
- 5) 日本道路建設業協会技術振興委員会海外技術資料部会：マーシャル配合設計手法を用いた大粒径混合物の試験評価(1)，道路建設，3/5，pp.86-91，1991.
- 6) 国土交通省航空局（監）：空港土木施設設計基準，（財）港湾空港建設技術サービスセンター，2001.
- 7) 高橋 修，八谷好高，阿部 寛：空港舗装における大粒径アスファルト混合物の表・基層への適用性，（社）土木学会，舗装工学論文集，第4巻，pp.187-197，1999.
- 8) 高橋 修，八谷好高：大粒径アスファルト混合物の疲労特性に関する一検討，（社）土木学会，第55回年次学術講演会講演集第V部，V-015，2000.
- 9) 丸山暉彦，渡辺 隆，吉原一彦：アスファルト混合物の疲労破壊包絡線，土木学会論文報告集，第306号，pp.71-78，1981.
- 10) 姫野賢治，丸山暉彦，渡辺 隆，吉原一彦：低スティフネス状態におけるアスファルト混合物の疲労破壊特性に関する研究，土木学会論文集，第366号/V-4，pp.143-151，1986.

(2002.7.30 受付)

APPLICATION OF ASPHALT CONCRETES WITH LARGE-SIZED AGGREGATES IN AIRPORT ASPHALT PAVEMENT SURFACES

Yoshitaka HACHIYA and Osamu TAKAHASHI

Asphalt concretes with high resistance to deformation, which contain large-sized aggregates, are effective in airport pavements. In this paper, its applicability in airport asphalt pavement surface courses was investigated by conducting the laboratory tests and field tests. As a result, the asphalt concrete with large-sized aggregates has higher resistance to rutting, and has the capabilities in other requirements equivalent or superior to the usual, in comparison of usual asphalt concretes. It developed that the asphalt concrete with large-sized aggregates could be applied to airport pavement surface courses.