Superpave 配合設計法をわが国の空港舗装に適用するための基礎的研究

元長岡技術科学大学大学院 建設工学専攻　瀬谷　堯
長岡技術科学大学　環境・建設系　正会員　高橋　修
(独)港湾空港技術研究所 空港研究センター　正会員　前川 亮太

１．はじめに

近年，航空需要の増加により空港舗装の長寿命化が必要とされている．航空機の離着陸の回数が増えることによって，10 年の設計期間を待たずに，早期にアスファルト舗装が破壊してしまう状況が少なくない．その影響により，補修の頻度が多くなって，維持管理費も増加している．そのため，より耐久性の高い空港アスファルト舗装の設計法，施工法が必要とされている．

道路舗装においても空港舗装においても，わが国のアスファルト混合物は，マーシャル設計法によって配合設計が行われている．わが国の基準を含め，現行のマーシャル設計法は長い歴史による豊富な実績に裏付けられた有効な配合設計法といえる．しかし，原材料の多様化や載荷条件の重交通化に対応するための柔軟性と合理性が不十分であると指摘されている．

これに対し，米国，カナダでは重交通の条件に対してより耐久性の高い，合理的な道路用の配合設計法として，Superpave 設計法を 1990 年代に開発した．Superpave 設計法は，この 10 年間で米国，カナダはもとより，欧州，アジアの先進諸国でも広く採用されている．米国では，道路舗装での供用性に問題がないことから，空港舗装への適用の拡大も検討されている．

本研究では，Superpave 設計法をわが国の空港舗装に導入するための設計仕様を検討し，Superpave 設計法の適用性を評価することにより，設計基準の見直しを含めたガイドラインを策定するための基礎的知見を得ることを目的とした．

２．検討内容

Superpave 設計法は塑性流動抵抗性に注目したものである．先ず，わが国における空港アスファルト舗装の破損形態を，東京国際空港の実状に基づいて調査し，さらなる塑性流動抵抗性の強化が必要であるかどうか確認した．

次に，Superpave 設計法では Superpave Gyratory Compactor（SGC）の仕様となる設計旋回数 N_{des} が必要不可欠であることから，わが国の空港舗装の実状に基づいて選定した．具体的には，東京国際空港と関西国際空港で使用されている原材料の仕様と実際の締め固まり状況を調査し，それらと同等の原材料を使用した締固め試験を行うことによって，N_{des} を設定した．

その後，Superpave 設計法の規定とわが国の空港舗装の規定に基づいて，いくつかの骨材粒度を選定し，Superpave 設計法の手続きに従って設計アスファルト量を決定して，アスファルト混合物の配合設計を行った．そして，ここで設計したアスファルト混合物の物性を現行のマーシャル設計法で設計したものと比較し，Superpave 設計法の適用性と設計基準の妥当性を評価した．

３．検討結果および考察

3.1 東京国際空港の破損形態の実状

わが国の代表的空港である東京国際空港の路面性状の実状を調査したところ，損傷形態はひび割れよりもわだち掘れのほうが顕著であった．**図-1** に平成 16 年度のわだち掘れ深さデータに基づく，補修必要性の度合いを示す．

滑走路，誘導路とも全体的に近いうちに補修が必要であることを確認できる．また，下方の A 滑走路の平行誘導路で，ターミナルエリアに近い区域は，早急に補修が必要であると評価されている．これは，この区域は他の舗装区域よりも航空機の通行回数が多く，かつ走行速度が遅いことに起因しているものと考えられる．

3.2 SGC 設計旋回数 N_{des} の設定

ここでは，東京国際空港の骨材，アスファルトを用いた場合の結果について示す．東京国際空港の誘導路において，

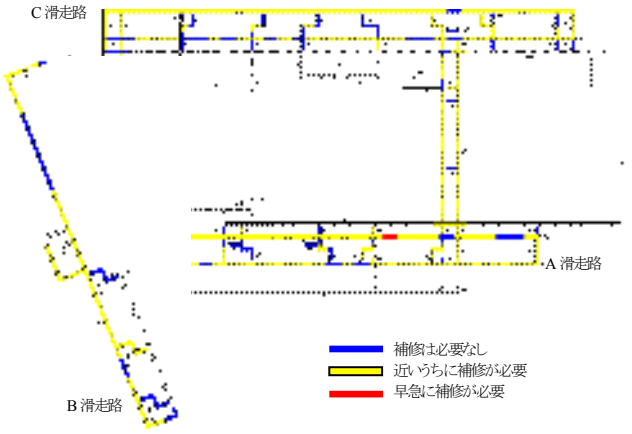

図-1　東京国際空港のわだち掘れ状況（平成 16 年度）

キーワード：空港舗装，アスファルト混合物，配合設計，Superpave
連絡先：〒940-2188　新潟県長岡市上富岡町 1603-1　長岡技術科学大学　環境・建設系　高橋　修

供用4年8ヶ月（4.67年）後に試料を切り取り，密度を調査したところ平均値が 2.424g/cm^3 であった．東京国際空港で使用したものと同等のアスファルト混合物をSGCで締め固め，旋回数と密度の関係，すなわち締固め曲線から密度が 2.424g/cm^3 となる旋回数 $N_{4.67}$ を求めた．そして，設計期間10年に対する係数 10/4.67=2.14 を乗じて N_{des} を決定した．

結果は**図-2** に示すとおりで，$N_{4.67}$ は80回，N_{des} は170回となった．Superpave設計法の道路舗装に対する基準で交通量が最大の N_{des} は125回であり，航空機荷重の特性を考慮するとおおむね妥当な回数であると考えられる．

3.3 骨材粒度の選定

Superpave設計法の規定とわが国の空港舗装の規定に基づいて，いくつかの骨材粒度を設定した．Superpaveのガイドでは，Fuller曲線に相当するMaximum Density Line（MDL）を避けたギャップ型の粒度を推奨している．わが国の空港舗装の粒度範囲内でギャップ粒度を選定してみたが，粗骨材の落ち着きが不十分で，混合物としての良好な物性が得られなかった．そのため，わが国の粒度範囲にとらわれることなく，Superpaveの規定を準拠して骨材粒度を決定した．

本研究で設定したSuperpave設計法に基づく骨材粒度と，東京国際空港で採用されたマーシャル設計法の骨材粒度を**図-3** に示す．図中の破線はわが国で規定している空港舗装の粒度範囲であり，国内空港ではその中央値を目標粒度としている．また，図中にはMDLも記載している．最終的に決定したSuperpaveの骨材粒度は，わが国の規定を逸したS字のギャップ型であった．そして，この骨材粒度に対してSuperpave設計法の手続き，規準に従って設計アスファルト量を選定し，混合物の配合を決定した．

3.4 アスファルト混合物の物性評価

Superpave設計法で配合したアスファルト混合物の物性を現行のマーシャル設計法で配合設計したものと比較し，Superpave設計法の適用性と設計基準の妥当性を評価した．アスファルト混合物の物性については，Asphalt Pavement Analyzer（APA）によって塑性流動抵抗性を，静的曲げ試験によってひび割れ抵抗性を評価した．

APA試験の結果として，**図-4** に現行設計法による混合物とSuperpave設計法による混合物のトラバース回数に対するわだち掘れ深さの推移を示す．トラバース回数が2,000回くらいまではほぼ同様のわだち掘れ深さであるが，それ以上の回数になるとSuperpave設計法で配合を決定した混合物のほうが，現行設計法のものよりもわだち掘れ深さが小さく，塑性流動抵抗性が優れていることがわかる．

低温時のひび割れ抵抗性を表す，静的曲げ試験による破壊時ひずみについては，明確な差が認められなかった．

4．まとめ

本研究において，空港アスファルト舗装では，航空機荷重の特性により，誘導路で更に塑性流動抵抗性が優れた舗装体を構築する必要があることを再認識した．そして，Superpave設計法を空港舗装に適用するために不可欠なSGCの N_{des} を設定し，塑性流動抵抗性が優れたアスファルト混合物の配合設計を試みた．

以上の検討により，Superpave設計法はわが国の空港舗装，特に誘導路への適用性が高いことを確認するとともに，設計基準類の妥当性，問題点について具体的な知見を得ることができた．骨材粒度の選定については，設計したアスファルト混合物の物性の根幹に関わることから，わが国の実状に合ったより詳しい規定，ガイドラインが必要である．

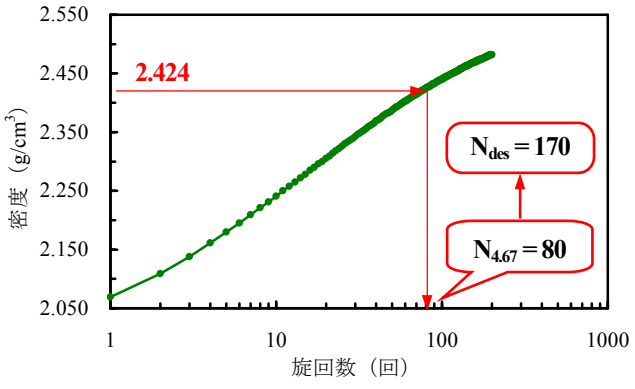

図-2 密度と旋回数の関係（締固め曲線）

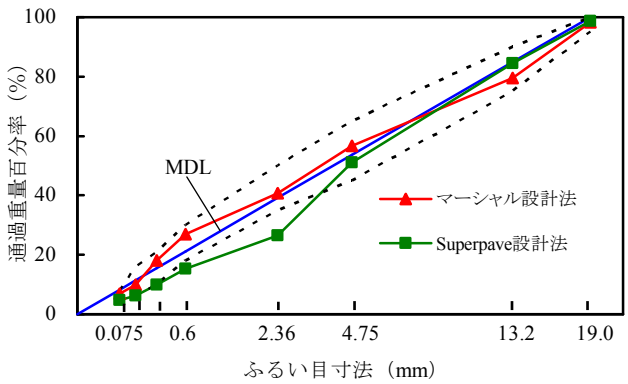

図-3 各設計法における骨材粒度

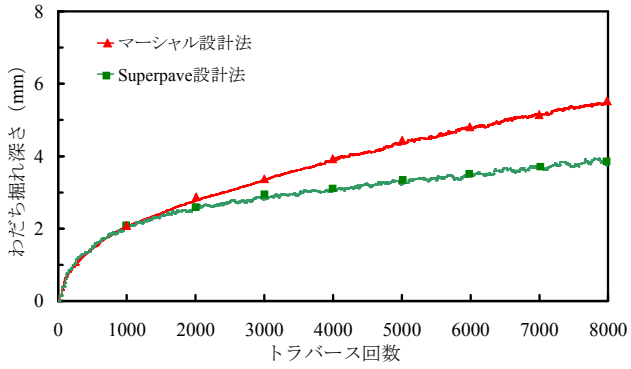

図-4 各混合物のわだち掘れ深さの比較