

我が国の空港アスファルト舗装に Superpave 配合設計法を適用するための基礎的研究

交通工学研究室 樋田 将也

指導教員 高橋 修

1. はじめに

近年、航空需要の増加により航空機の離着陸の回数が、通常 10 年の設計寿命を待たずに、早期にアスファルト舗装が破壊にいたってしまう状況が散見されている。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、我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。我が国の基準を含め、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。空港舗装でも同じことが言え、密粒度混合物しかその舗装に使用されていないのが現状である。これに対し、米国、カナダでは、重交通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 設計法が 1990 年代に開発された。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採用されている。米国では、道路舗装への実用化が進められており、空港舗装への適用の拡大も検討されている。

本研究の目的は、諸外国の道路舗装で実績のある Superpave 設計法を、我が国の空港舗装に導入するために、Superpave 設計法の適用性を評価するとともに、設計基準の見直しを含めたガイドライン策定のための基礎データを得ることである。

2. SGC の設計回転数 N_{des} の設定

Superpave 設計法では締固め機器として Superpave Gyratory Compactor (SGC) を使用する。SGC の締固めの原理は図-1 に示すとおりで、図中の条件で調整リングを回転させることによりアスファルト混合物を締固める。SGC は、締め固める際にニーディング作用を伴うため、より実舗装に近い締固めが可能となる。

SGC の条件、すなわち設計回転数 N_{des} は配合設計での基本であり、Superpave 設計法を我が国の空港舗装に適用するためには、まず SGC の回転数を我が国の空港舗装の実状に基づいて設定する必要がある。設計交通量に達した場合の表層アスファルト混合物の圧密状態を与える SGC の回転数が N_{des} の定義である。ここでは、東京国際空港における供用年数 4 年 8 ヶ月および 6 年 8 ヶ月経過した表層アスファルトの密度を使用して N_{des} を策定した。東京国際空港の表層と同等のアスファルト混合物の SGC 締固め曲線と実測密度データを重ねたものを図-2 に示す。この結果より N_{des} を式(1)より推定した。

$$N_{des} = (N_{past} - N_{ini}) \times \frac{10.0}{Y_{past}} + N_{ini} \quad (1)$$

N_{des} : 設計回転数 (回)

N_{past} : 供用年数経過時の密度に達する回転数 (回)

N_{ini} : 初期回転数 (回)

Y_{past} : 経過年数 (年)

この計算の結果, $N_{des}=105$ 回と設定した.

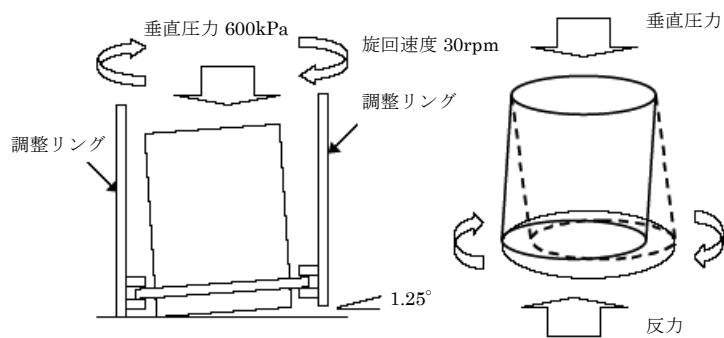


図-1 SGC の概要図及び締め原理

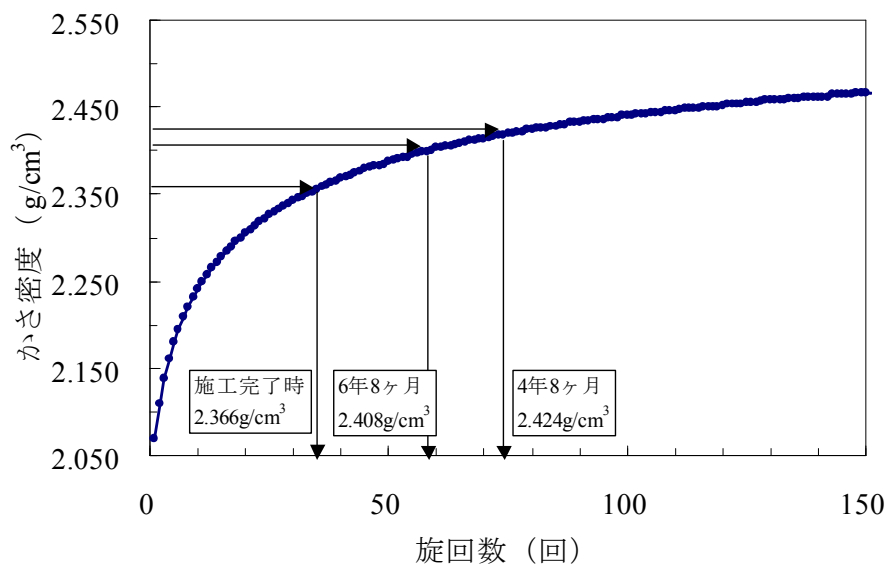


図-2 密度と回転数の関係

3. Superpave 設計法による配合設計

Superpave 設計法とマーシャル設計法とでは、骨材粒度の選択に大きな違いがある。我が国の空港マーシャル設計法では、推奨されている表層混合物の骨材粒度として Fuller 曲線に基づく連続粒度が盲目的に選定されている。これに対して、Superpave 設計法での骨材粒度は選択の幅が広く、用途や要求に合わせて粒度を選択できる。その反面、粒度の選定は経験によるところが大きく、設計者に高い技能が必要とされる。そのため、本研究では骨材粒度の評価、選定に Bailey 法を用いた。

Bailey 法とは 1980 年代に米国で開発されたもので、骨材相互のかみ合わせに着目して塑性流動抵抗性を向上させるための手法である。この手法の利点は粗粒度や細粒度など配合を制御しやすいということと、飽和度や骨材間隙率などの設計パラメータを操作するためのある程度のガイドラインが示されていることである。Superpave 設計法に Bailey 法を組み合わせて、空港舗装に対して適用し、9 とおりのアスファルト混合物とマーシャル法で配合設計したアスファルト混合物（東京国際空港の実舗装に用いたものと同程度）との物性を比較・検討した。

4. アスコンの物性の評価

4.1 塑性流動抵抗性の比較

空港舗装ではわだち掘れによる破損が最も問題となっており、特に誘導路では早期にわだち掘れが形成されてしまう。そのため、塑性流動抵抗性の評価は必要不可欠といえる。本研究では、塑性流動抵抗性の評価試験に Asphalt Pavement Analyzer (APA) を採用した。この試験方法は米国で一般的に用いられている。

その試験結果を表 1 に示す。Superpave 設計法と Bailey 法の基準を満たし、且つ最も塑性流動抵抗性が高かったものは Blend-4.4 であった。Blend-4.4 は Superpave 法に基づき、Bailey 法によって細粒度として配合設計されたアスファルト混合物で、粗骨材量は中程度である。

4.2 疲労抵抗性の比較

もう一つのアスコンの破損形態として、疲労によるひび割れが挙げられる。疲労破壊抵抗性と塑性流動抵抗性は相反する特性で、一方を強化するともう一方が弱化してしまう関係にある。本研究では疲労抵抗性を評価するために、曲げ疲労破壊試験を実施し、最も塑性流動抵抗性が高かった Blend-4.4 を Blend-0（東京国際空港の配合）と比較した。その試験結果を図 3 に示す。空港舗装に生じるひずみはおよそ $400\ \mu\text{m}$ ~ $300\ \mu\text{m}$ 程度なので、それに対応する破壊回数に着目する。温度 20°C の場合ではひずみが $500\ \mu\text{m}$ の破壊回数では開きがあるものの、実舗装に生じる $400\ \mu\text{m}$ ~ $300\ \mu\text{m}$ の破壊回数は同程度の疲労破壊抵抗性を有していることがわかる。温度 15°C の場合では破壊回数が小さすぎるため、 $500\ \mu\text{m}$ の実験は行っていないが、注目すべき $400\ \mu\text{m}$ ~ $300\ \mu\text{m}$ の破壊回数は同程度の値が得られている。

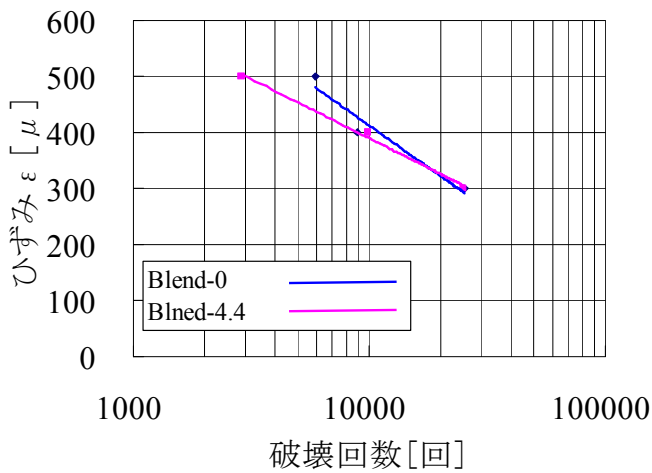
5. まとめ

SGC の回転数 N_{des} は計算の結果、105 回が算出された。

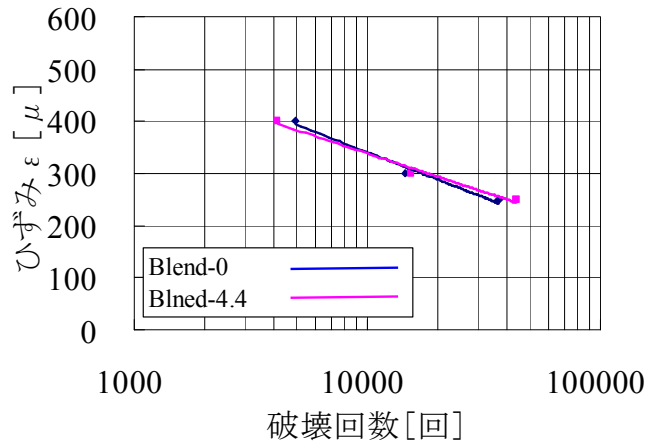
APA 試験による塑性流動抵抗性の評価試験で細粒度混合物が優れているという結果にでた。また、疲労破壊抵抗性においても現行法のものと同程度の性能を有していることが明らかになった。よって、Superpave 設計法の空港舗装への適用性は十分あると言える。

表-1 APA 試験結果と各パラメータ値

供試体 No.	回転数	アス量 (%)	密度 (g/cm ³)		%Gmm	Gsb(g/mm)	空隙率 (%)	VMA (%)	VFA (%)	APA(mm)
			Gmb	Gmm						
							4	min 13%	65-75%	
Marshall	75blows	5.2	2.388	2.46	96.9	2.67	3.1	15.1	79.5	
Blend 0	105	5.2	2.476	2.49	99.7	2.65	0.4	11.3	96.9	4.23
Blend 1	170	5.6	2.395	2.44	98.2	2.65	1.8	14.7	76.7	5.50
Blend 2	170	5.2	2.406	2.51	95.9	2.64	4.1	13.6	70.1	3.80
Blend 3	105	3.8	2.440	2.55	95.9	2.64	4.2	11.3	63.2	5.33
Blend 4.1	105	4.8	2.418	2.52	96.0	2.68	4.0	14.1	71.6	3.14
Blend 4.2	105	5.1	2.406	2.51	95.8	2.66	4.2	14.2	70.3	3.20
Blend 4.3	105	4.7	2.422	2.53	95.9	2.65	4.1	12.9	68.2	3.39
Blend 4.4	105	5.5	2.404	2.49	96.4	2.64	3.7	14.0	74.0	2.99
Blend 4.5	105	5.4	2.390	2.50	95.7	2.63	4.3	14.1	69.5	5.95
Blend 5	105	4.0	2.442	2.55	96.0	2.65	4.1	11.4	64.6	2.72



a) 温度 20°C の場合



b) 温度 15°C の場合

図-4 曲げ疲労破壊試験結果 (養生温度 15°C)