

Bailey 骨材パラメータを Superpave 配合設計法に適用するための基礎研究

交通工学研究室 本間 暖幸
指導教員 高橋 修

1. はじめに

我が国において、マーシャル安定度試験が実舗装の力学条件に即していない不合理性や、重交通条件での塑性流動抵抗性の不足が指摘されている。わが国のマーシャル法は、運用されてから半世紀以上が経過しており、その間に交通荷重の質も量も変化していることから、より合理性と耐久性を重視した配合設計上の配慮が必要と考えられている。

このような状況下、米国では 90 年代後半に Superpave (Superior performing asphalt pavements) と称される配合設計法が開発され、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始めている。

Superpave 法は、マーシャル法で指摘されていた欠点を補うべく、実舗装での変形作用とその応答としての供用性を配合設計のプロセスで考慮しており、合理性と信頼性がより高いものとして運用の拡大が進められている。米国では、道路舗装で開発された Superpave 法を空港舗装にも適用しようと、基準類の整備やガイドラインの策定が進められている。わが国でも、Superpave 法を空港舗装に導入しようとする検討が始められており、わが国の航空機荷重や気候条件、骨材資源の実状に基づいた設計仕様、設計基準の整備が進められている。わが国の舗装分野において、Superpave 法に着目するところは、重交通条件に対して塑性流動抵抗性に優れたアスファルト混合物をマーシ

ヤル法よりも合理的に配合設計できることである。

わが国で Superpave 法を運用する場合に問題となるのが、骨材粒度を具体的に決定するための要領が規定されていないことである。Superpave 配合設計法の規定を図-1 に示す。

米国、カナダではこれまでの豊富な経験と実績に基づいて設計者の裁量で骨材粒度を決定しているが、わが国の技術者にはこのような経験や実績がほとんどないため、何を規範に目標粒度を設定してよいのかわからない。そのため、耐久性の確保を念頭に置いた骨材粒度を選定するためのガイドラインが必要となる。

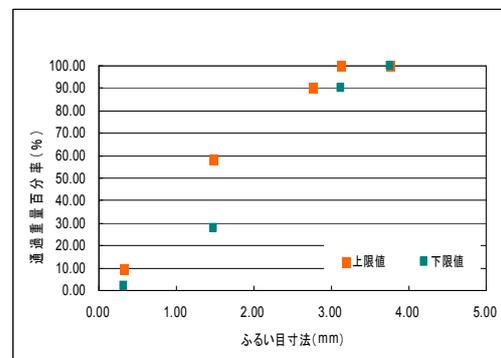


図-1 Superpave 配合設計法の規定

そこで、本研究では、Superpave 法の骨材粒度選定のプロセスに Bailey 法を適用することについて検討した。

Superpave 法の設計基準を満足して、十分な塑性流動抵抗性を有するアスファルト混合物を配合設計するためには、Bailey 法の骨材パラメータを如何に設定して骨材粒度を選定すればよいのか、そのための基礎的な知見を得ることが本研究の目的である。具体的には、骨材パラメータ (%CALUW, 詳細は後述) を高い塑性流動抵抗性を得るようにするためには、どのような値に設定すればよいか。その他の 3 つの骨材パラメータのうちどれが、または 3 つの骨材パラメータのそれぞれが、どのように最も Superpave 法の設計パラメータ、および塑性流動抵抗性に影響しているか。以上より Superpave 法において推奨される各骨材パラメータはどれくらいの値か知見を得ることを目的とした。

表-1 Superpave 法の設計基準

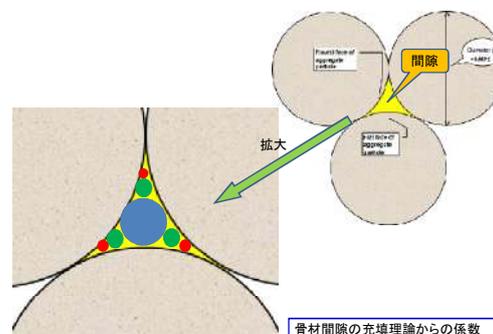
	推奨値
空隙率 (%)	4%
骨材間隙率 (%)	13%以上
飽和度 (%)	65%~75%

2. 研究概要

2.1 Bailey 法の特徴

- ① 骨材空間とその間隙に基づいて、骨材を組み合わせる。骨材のかみ合い効果に着目している(図-2)。
- ② 骨材粒度のタイプ (fine-graded か course-graded) に応じて粗骨材の量を規定し、粗骨材あるいは細骨材の粗い部分が相互に接触して骨格構造を形成するように分級骨材を組み合わせ

る、もしくは骨格構造を形成するように分級骨材が組み合わせられているかどうか評価する。骨材粒度のタイプは%CALUW の値によって決定する。



$$\text{Primary Control Sieve} = \text{NMPS} \times 0.22$$

図-2 Bailey 法の考え方

- ③ 分級骨材の組合せを 4 つのパラメータで特性化し、それらを制御あるいは推奨値と比較することにより、骨材粒度を設計、評価する。この骨材パラメータを指標にして、分級骨材を組み合わせることができる。

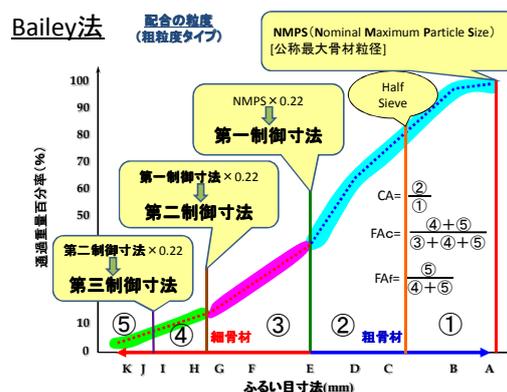


図-3 Bailey 法の制御寸法と骨材パラメータ

骨材パラメータ

- CA LUW : 細骨材の荒い部分の割合
- New CA Ratio : 粗骨材の詰まり方と粒径分布 (0.60~1.00)
- New FAc Ratio : 細骨材の粗い部分の詰まり方 (0.35~0.50)
- New FAf Ratio : 細骨材の細かい部分の詰まり方 (0.35~0.50)

制御寸法

- 公称最大骨材粒径 : NMPS (Nominal Maximum Particle Size)
- 第一制御寸法 : PCS (Primary Control Sieve)
- 第二制御寸法 : SCS (Secondary Control Sieve)
- 第三制御寸法 : TCS (Tertiary Control Sieve)

3. 検討方法

検討の方法としては、わが国の典型的な骨材とアスファルトを用意して、4つの骨材パラメータがパラメトリックに変化するように骨材粒度を数多く設定し、それぞれの粒度について Superpave 法の手続きで配合設計を行う。そして、設計したアスファルト混合物について、設計パラメータの値を整理するとともに塑性流動抵抗性の評価試験を実施し、それらの結果を相対的に比較する。

わが国でも Superpave 法の導入が検討されている空港舗装をケーススタディに、空港舗装に対する Superpave 法の締固め条件、すなわち Superpave Gyrotory Compactor (SGC) の設計回転数 N_{des} を採用することとし、骨材とアスファルト

もわが国の代表的な空港である東京国際空港（羽田空港）で採用されているものを使用した。また、塑性流動抵抗性の評価には Asphalt Pavement Analyzer (APA) 試験を実施した。その他、Superpave 法に関する基準や仕様については、Superpave 法のデファクトスタンダードになっている米国 AASHTO の規定に準拠した。

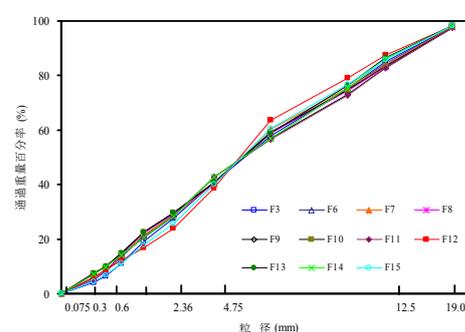


図-4 本研究で配合設計した骨材粒度

4. 実験結果

4.1 骨材パラメータと VMA (骨材間隙率) の関係

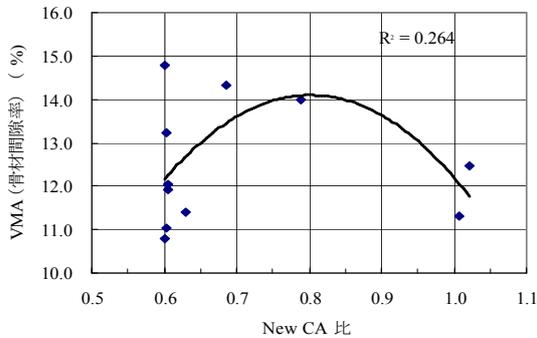


図-5 New CA 比と VMA の関係

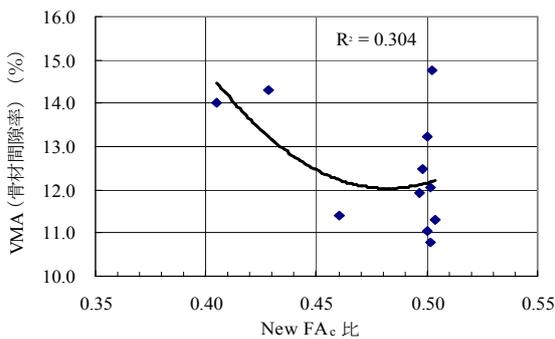


図-6 New FAc 比と VMA の関係

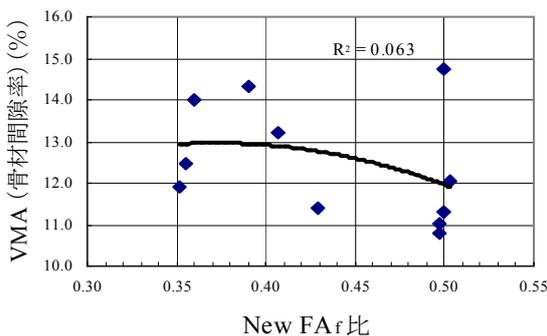


図-7 New FAf 比と VMA の関係

図-5, New CA 比と VMA の結果から, New CA 比を上限値, 下限値に設定した場合, VMA (骨材間隙率) がばらついており, VMA (骨材間隙率) も基準値を下回っている.

図-6, New FAc 比と VMA (骨材間隙率) の結果から, New FAc 比を上限値に設定した場合, VMA (骨材間隙率) はばらついており, 基準値を下回っているものが多いことがわかる. 推奨値が 0.45 以下に設定した場合は, 全て基準値を満足している.

図-7, New FAf 比と VMA (骨材間隙率) の結果から, 推奨値の上限値と下限値に設定した場合, ほとんどが基準値を満足していない.

4.2 骨材パラメータとわだち掘れ深さの関係

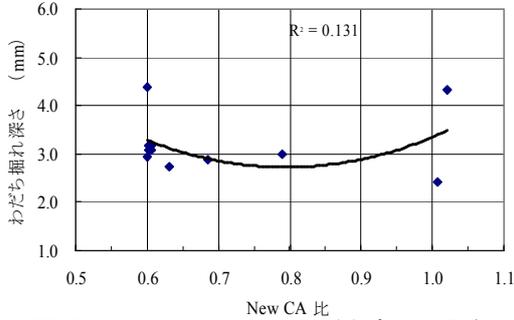


図-8 New CA 比とわだち掘れ深さの関係

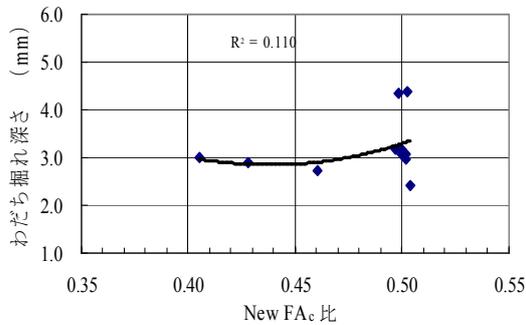


図-9 New FAc 比とわだち掘れ深さの関係

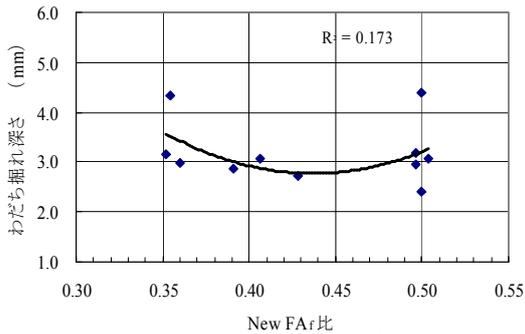


図-10 New FA_f 比とわだち掘れ深さの関係

図-8, New CA 比とわだち掘れ深さの結果から, 上限値と下限値においてわだち掘れが 4.00mm を超えており, 最もわだち掘れが深いことがわかる. 全体的にわだち掘れ深さは浅く, 塑性流動抵抗性は高い.

図-9, New FAc 比とわだち掘れ深さの結果から, 上限値において, わだち掘れが 4.00mm を超えているのがわかる. 推奨値が 0.50 以下の場合にはわだち掘れ深さは 3.00mm 程度と浅く, 塑性流動抵抗性は高い.

図-10, New FA_f 比とわだち掘れ深さの結果から, 推奨値の上限値と下限値において, わだち掘れ深さが 4.00mm を超えており, もっともわだち掘れが深いことがわかる. 中間値においては, わだち掘れ深さがどれも 3.00mm 程度であり, 塑性流動抵抗性は高いことがわかる.

5. まとめ

- ①New CA 比は推奨値の中間値において, Superpave 配合設計法の基準値を全て満足しており, 塑性流動抵抗性も損なわないことから, 中間値を推奨する.
- ②New FAc 比の推奨値は 0.45 以下が望ましい.
- ③New FA_f 比は, VMA に比較的影響は少ない