

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560431

研究課題名(和文) 先進国のなかで最も技術レベルが低い我が国の舗装設計法を最高レベルに持ち上げる研究

研究課題名(英文) Study on raising the Japanese pavement design method up to the developed countries level.

研究代表者

高橋 修 (TAKAHASHI OSAMU)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：60236263

研究成果の概要(和文)：本研究では、わが国におけるアスファルト舗装の耐久性を改善するために、表層用アスファルト混合物の合理的な体積設計法について検討した。わが国の骨材事情、交通条件、気象条件に基づいて、骨材が強固な骨格構造を形成するための設計パラメータを限定し、適切な空隙とアスファルト皮膜のバランスを選定するための設計手法、設計基準についてガイドラインを示した。そして、現行の設計法よりも耐久性の高いアスファルト混合物が設計できることを確認した。

研究成果の概要(英文)：This study investigated a rational volumetric mix design of hot mixed asphalt (HMA) mixture in order to improve durability of Japanese asphalt pavements. Design parameters of aggregates were selected to architect rigid aggregate structure with taking into account Japanese local resources, traffic, and weather conditions. A guideline of design parameters and their recommended values for deciding the appropriate balance of air voids and asphalt film was suggested. It was confirmed that the volumetric design method can design more durable HMA mixtures than the conventional Japanese method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料，施工，建設マネジメント

キーワード：瀝青材料，アスファルト舗装，長寿命化，配合設計

1. 研究開始当初の背景

道路や空港のアスファルト舗装は、車両あるいは航空機の荷重を直接支持する重要な構造物である。安全で質の高い舗装機能を維持するためには、定期的な維持修繕のアクションが必要となる。しかしながらわが国は、急速な少子高齢化、長引く景気の低迷、突然の大規模災害等の影響により、維持修繕のための財源を十分に確保することが難しい。そのため、長寿命化を重視したアスファルト舗装の設計技術が、今後さらに強く求められる

ことになる。アスファルト舗装の長寿命化を図るための設計技術には、構造面の取組みと材料面の取組みがあり、前者はわが国を含め先進諸国で積極的に検討されている。しかし後者については、わが国の技術開発は停滞しており、むしろ現時点では諸外国に比べてかなり遅れをとっている状況にある。

長寿命化に向けた材料面での技術としては、碎石、砂等の骨材とアスファルトバインダを組み合わせる配合設計の合理化、最適化が有用であり、わが国の配合設計技術は諸外

国に比べて極端に遅れていると言わざるを得ない。わが国の現行配合設計法は、1950年代に米国で開発されたマーシャル設計法をアレンジしたもので、実に半世紀以上も同じ方法を因習的に運用し続けている。

これに対して、米国、カナダでは骨材の組合せとそれらを結合させるアスファルトの量を体積でとらえて、それらを合理的にパッキングする体積設計法を開発し、実用化している。この技術は欧州や中国、韓国のアジア諸国でも受け入れられており、技術立国を自負するわが国は先進諸国の一歩も二歩も遅れをとっている。つまり、諸外国から見れば、わが国は時代遅れの古典的方法に固執した技術発展途上の国ということになる。

2. 研究の目的

上記のように、技術開発が立ち遅れているわが国のアスファルト混合物の配合設計法を見直し、先進諸外国以上のレベルに持ち上げるためには、体積設計法の理念に基づく設計手法をわが国においても検討し、積極的に導入していく必要がある。

既往の検討により、耐久性の高いアスファルト混合物を設計するためには、①粒径の大きい骨材（粗骨材）が互いに接触して骨格構造を形成すること、②適度な量と質の空隙が存在していること、および③適度な膜厚で骨材がアスファルトで皮膜されていること、が必要な条件であると判明している。本研究では、わが国の骨材事情、交通条件、気象条件に基づく体積設計法を開発し、先進国のなかで立ち遅れている舗装設計技術を最高水準のレベルに押し上げることを目的に、以下の事項について検討した。

- (a) 配合設計で最も基本となる評価用供試体の作製要領を策定する。
- (b) 粗骨材が骨格構造を形成するための設計パラメータとその評価・管理方法を開発する。
- (c) 適度な膜厚で骨材をアスファルトで皮膜し、かつ適度な量と質の空隙を確保するためのアスファルト量の評価・管理方法を開発する。

3. 研究の方法

上記の3つの検討課題に対して、以下の要領で検討を行った。(a)の課題については、練り混ぜた混合物の締固めには、ジャイレトリコンパクタ(GC)というニーディング効果を与える装置を使用するものとし、わが国の気象条件(表層温度)と実際の交通荷重に即したGCの具体的な締固め仕様を選定した。具体的には、次のとおりである。わが国で産出される一般的な骨材とわが国で最も多く流通しているアスコン(アスファルトコンク

リート:アスファルト混合物を締め固めた状態のもの)のサンプルを、供用中の実際の舗装体から採取し、空隙率、骨材間隙率、飽和度を求める。その一方で、現場サンプルと同じ産地、製造メーカーから同種の骨材とアスファルトを入手し、同じ配合でアスコン供試体を作製して、同様に空隙率等の物性データを採取する。そして、わが国のアスファルト混合物に対する要求性能とも比較しながら、実舗装に近い空隙率、骨材間隙率、飽和度を与える締固め仕様(GCの設計旋回数 N_{des})を選定した。

アスファルト混合物は種々の大きさの骨材を組み合わせ、アスファルトバインダの接着力と骨材相互の噛み合わせ(インターロッキング)効果によって骨材を一体化させて、交通荷重を受け持つように設計している。したがって、耐久性の高いアスファルト混合物を製造するためには、粗骨材が相互に接触して骨格構造を形成するように粒径の異なる骨材を組み合わせる必要がある。

粗骨材の骨格構造に着目して各種粒径の骨材を配合する方法には、Beilay法に代表される幾何学理論に基づくアプローチと実際の骨材の締固め試験結果に基づくアプローチがある。どちらの方法もそれぞれにメリットとデメリットがあるので、(b)の課題については、わが国の骨材事情(破砕面が多く、扁平度も高い)を考慮して、理論的方法と実験的方法を組み合わせたハイブリッド手法を採用することで検討を進めた。

(c)の課題については、わが国の交通条件、気象条件、材料条件に即した空隙率、骨材間隙率、飽和度の設計基準値を策定していった。これらの設計基準値を同時に規定することにより、適度にバランスの取れた空隙率とアスファルト量の管理が可能である。検討方法としては、(b)の課題で採取した実舗装からのサンプルを活用し、わだち掘れが形成し難い条件としての空隙率、骨材間隙率、飽和度を実舗装データと室内試験によって見つけ出した。室内試験では、実舗装と同じ骨材を使用し、アスファルト量をパラメトリックに変化させることによって様々な量の空隙率、骨材間隙率、飽和度を有するアスファルト混合物を作製して、わだち掘れの抵抗性能についての評価試験を行った。わだち掘れの評価試験としては、効率的に粘性流動の抵抗性能を評価できるアスファルト・ペイブメント・アナライザ(APA)による試験を実施した。

また、設計基準値の骨材間隙率、飽和度は空隙率から求められる物性値であることから、体積設計法では空隙率を正確に求める必要がある。わが国では、骨材に吸収されるアスファルト量は水の場合と同じと仮定し、各種骨材とアスファルトの密度、およびそれらの配合率から計算で求めている。すなわち、

粘性の差異による水とアスファルトの吸収量の違いを無視して、理論最大密度を過大評価していることになる。本研究では、真空ポンプを使って空気を強制的に排除する方法を応用し、空隙率と有効アスファルト量をより正確に実測する手法についても検討した。

4. 研究成果

(1) 供試体作製要領の策定

配合設計では、候補となる配合を評価するために、実舗装と同じ締め固め効果が得られる仕様で供試体を作製する必要がある。まず仕様の規範となる実舗装のアスコンサンプルを入手した。関東地方の重交通条件のアスファルト舗装から、供用開始から4年8ヶ月(4.67年)および6年8ヶ月(6.67年)を経過した時点において、車両荷重が作用するほぼ同じ位置からサンプル採取した。サンプルそれぞれのかさ密度の平均値は、4.67年経過が3.424g/cm³、6.67年経過が2.408g/cm³であった。また、供用開始前の管理データとして同様の値が残されており、このとき(0.0年)のかさ密度は2.366g/cm³であった。

次に、実舗装で使用された骨材およびアスファルトと同じ品質のものを同一のメーカーから入手し、実舗装と全く同じ配合でGCによって締め固め試験を行った。図-1にその締め固め曲線を示す。これは2個の供試体の平均値で、GCの再現性はかなり高かった。

この締め固め曲線のかさ密度を上記の実舗装における各タイミングのかさ密度と重ねて、それぞれの状態を与えるGCの回転数を求めた。つまりここでは、供用期間の長さや交通量は比例するものと仮定し、GC回転数も締め固めエネルギーを表すものであることから、GC回転数も供用期間の長さや交通量と比例すると考えた。その結果、供用期間が0.0年の場合は40回、4.67年の場合は80回、6.67年の場合は65回にそれぞれ相当する。4.67年と6.67年では回転数が逆転する結果であったが、これらのデータを用いて次式から、わが国の設計供用期間である10年経過に相当するGC回転数 N_{des} を外挿法で求めた。

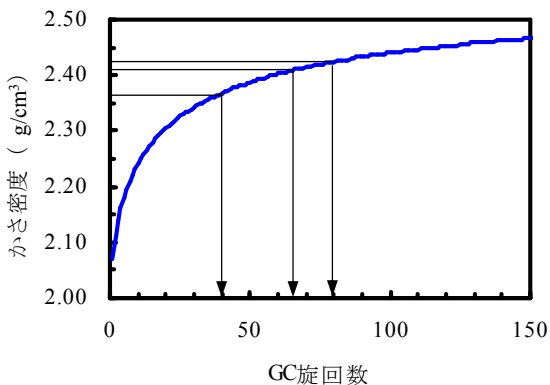


図-1 GCによる締め固め曲線

$$N_{des} = (N_{past} - N_{0.0}) \times \left(\frac{10.0}{Y_{past}} \right) + N_{0.0}$$

ここに、 N_{past} は供用期間の長さ Y_{past} 年に対応するGC回転数で $Y_{past}=4.67$ の場合は80回、 $Y_{past}=6.67$ の場合は65回であり、 $N_{0.0}$ は供用期間0.0年に相当するGC回転数で40回である。2つの供用期間のデータから求めた N_{des} は125.7回と77.5回であり、これらを平均して大きめの数値に丸めて105回を本研究での提案値として設定した。

(2) 骨材構造選定のための骨材パラメータ

アスファルト舗装の表層に用いるアスファルト混合物は連続粒度の骨材配合であり、舗設厚と施工機械、および粘性流動抵抗性の関係で骨材の最大粒径 (nominal maximum particle size : NMPS) は20mmが採用されている。本研究では、上記の $N_{des}=105$ 回に加えて、連続粒度でNMPSが20mmという条件も設計要件として骨材粒度を検討した。

わが国では、建設資材としての骨材はJIS規定のふるいによって分級して供給されている。NMPSが20mmのアスファルト混合物の場合は、5号、6号、7号の粗骨材、粗砂、細砂の細骨材、およびフィラーが使用される。さらに交通量が多い場合は、細骨材としてスクリーニングも加えられる。すなわち、合計7種類の分級骨材を組み合わせることで全体的な骨材粒度を構成することになる。米国をはじめとする先進諸外国では、多くても5種類の骨材の組合せであり、この点がわが国の骨材構造設計を複雑にしている一つの要因になっている。

本研究では、上記7種類の骨材の配合割合をBailey法による骨材パラメータで評価、特性化し、どのパラメータをどのようにコントロールすれば、耐久性の高い骨材構造を選定できるか検討した。

① Bailey法の概要

Bailey法とは、骨材が相互に接触して良好な骨格構造を形成するかどうかを、分級骨材の粒径情報に基づいて評価する半経験的な手法である。オリジナルは米国イリノイ州の道路局で90年代後半に開発されたが、その後米国全体、カナダ、アジア諸国でも骨材の粒度設計のツールとして広まっていった。しかしながらわが国には、研究レベルにおいても、検討、試行された形跡は見当たらない。

Bailey法では、骨材粒度における粗骨材グループと細骨材グループをNMPSに基づいて定義、分類し、粒子の詰まり方を3つの骨材パラメータによって特性化する。すなわち、全体における粗骨材の割合を示すCA比、細骨材全体における粗い部分の割合を示すFAC比、細骨材全体における細かい部分の割合を示すFAF比である。粒度分布が細粒度型の場

合は、荷重伝達の骨格を形成する骨材は細骨材グループに属するもので、細骨材グループ内で新たに上記の3つの骨材パラメータを定義する。この場合、粗粒度型のものとは区別するために、New CA 比, New FAc 比, New FAF 比と表記している。また、骨材粒度の基本性格を特徴づける CALUW (粗粒度型か細粒度型か決定づけるもので、主粗骨材の配合程度を表す) も重要なパラメータである。

Bailey 法は、以上4つの骨材パラメータの値を用いて、その骨材粒度がどのような状態かを推定する考え方であり、あくまでも評価のツールを与えてくれるものである。このツールを使って、具体的に4つの骨材パラメータをアスファルト混合物の設計物性値と関連づけ、分級骨材の配合割合を決めていくことは設計者が実施しなければならない。Bailey 法を使用するメリットは、多くの分級骨材をトライ・アンド・エラーで組み合わせる手続きがかなり軽減されることである。

②CALUW を選定する配合試験

本研究では、上記(1)で使用した骨材、アスファルトを用いて、4つの Bailey 骨材パラメータを種々変化させ、有効な骨材構造を選定するための骨材パラメータの条件について検討した(以下、この検討の試験を配合試験と称する)。既往の研究により、CA LUW 以外の3つの骨材パラメータには、大まかな推奨値が提案されている。また、米国、カナダの体積設計法には骨材粒度を制限する条件が規定されている。そのため、それらの推奨値、規定値を考慮しつつ、4つの骨材パラメータと設計特性値の関係が評価できるように、配合試験の骨材粒度を設定した。

第一段階として、適切な CALUW を選定するための検討を行った。図-2 にここでの配合試験で用いた骨材配合の粒度曲線を示し、表-1 にそれらの Bailey 骨材パラメータの値を示す。細粒度型の粒度には識別子に F、粗粒度型には C をそれぞれ付しており、BLH は上記(1)の検討で使用した既設実舗装の粒度である。つまり、細粒度型と粗粒度型がそれぞれ4とおりで、比較の基準とするために現行設計法に基づく粒度を加えたということである。CALUW を60~105%と広い範囲で変化させ、他の Bailey 骨材パラメータは推奨値の範囲内で大きく変化しないように配慮し

表-1 骨材粒度の Bailey パラメータ (CALUW)

ID	粒度	CALUW	PCS	CA	FAc	FAf	NewCA	NewFAc	NewFAf
BLH	細粒	71	56.4	0.48	0.60	0.50	0.44	0.50	0.34
F1	細粒	90	47.7	0.70	0.44	0.44	0.60	0.44	0.43
F2	細粒	80	52.6	0.70	0.46	0.42	0.72	0.42	0.39
F3	細粒	70	57.9	0.70	0.47	0.40	0.79	0.40	0.36
F4	細粒	60	63.3	0.69	0.50	0.42	0.91	0.42	0.37
C1	粗粒	97	44.3	0.65	0.44	0.50	0.53	0.50	0.54
C2	粗粒	100	40.3	0.65	0.49	0.46	0.58	0.46	0.41
C3	粗粒	102	42.1	0.73	0.41	0.46	0.44	0.46	0.49
C4	粗粒	105	40.6	0.70	0.40	0.47	0.44	0.47	0.50

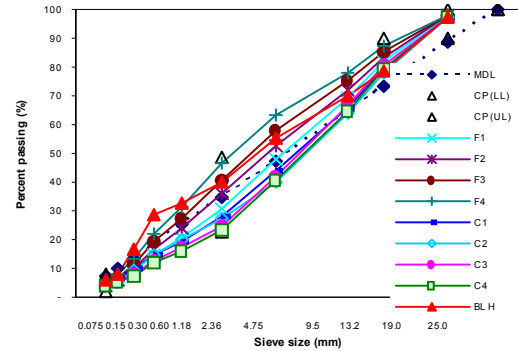


図-2 CALUW の検討に用いた骨材粒度

表-2 アスコン物性値の比較 (CALUW)

ID	OAC (%)	Gmb (g/cm ³)	Gmm (g/cm ³)	空隙率 (%)	VMA (%)	VFA (%)	D/B (%)	米基準	APA結果 (mm)
BLH	4.3	2.429	2.464	3.9	12.3	68.5	1.6	NG	2.9
F1	5.1	2.406	2.512	4.2	14.1	70.1	0.9	OK	3.2
F2	4.7	2.422	2.525	4.1	13.0	68.3	1.0	OK	3.4
F3	5.5	2.404	2.494	3.7	14.0	74.1	0.9	OK	3.0
F4	5.4	2.390	2.497	4.3	14.1	69.5	1.1	OK	6.0
C1	5.2	2.417	2.513	3.8	14.2	73.1	1.1	OK	3.6
C2	4.8	2.418	2.518	4.0	14.0	71.5	0.9	OK	3.1
C3	5.0	2.417	2.522	4.2	14.1	70.3	0.9	OK	4.9
C4	6.0	2.400	2.484	3.4	15.7	78.3	0.7	NG	6.5

た。なお、すべての骨材粒度が米国の体積設計法の基準を満足している。

図-2 および表-1 に示した骨材粒度に対して、体積設計法の手続き、すなわち $N_{des}=105$ のGCによる締固めで空隙率が4.0%となるアスファルト量を設計アスファルト量 (OAC) と選定して配合設計を行った。そして、配合設計の結果に基づいて作製したそれぞれのアスコン供試体の物性値をまとめると表-2 に示すとおりである。表中の「米基準」は米国体積設計法の基準値を満たしているか否かを示しており、現行設計法の BLH と粗粒度型の C4 は要件を満足していなかった。APA による粘性流動抵抗性の評価結果は、わだち掘れ深さを示しており、値の小さいものほど耐久性が高いということである。

この結果より、粘性流動抵抗性が高く、VFA の基準を満足している配合は F3 の骨材粒度であり、どちらかといえば細粒度型の粒度のほうが粘性流動抵抗性は高いといえる。CALUW が60%、および100%を超えている粒度は粘性流動抵抗性が低いことから、CALUW の範囲としては70~100%が推奨される。ここでの結果では、CALUW は70%が最もアスコン物性が高い条件であった。

③その他骨材パラメータとアスコン物性値

以後の検討では CALUW=70%で固定し、第二段階として、それ以外の Bailey 骨材パラメータを推奨範囲内でパラメトリックに変化させた骨材粒度について検討した。ここでは、図-3 および表-3 に示す10とおりの骨材粒度を設定した。各 Bailey 骨材パラメータは相互に関係していることから、系統的にパラメータの値を選定することができなかった。

先と全く同じ手続きで設計した各骨材粒度のアスコン物性値を表-4に示す。すべての粒度がCA LUW=70%の細粒度型であるため、VFAの値が小さい傾向にあり、米国体積設計法の基準(13.0%以上)を満足する配合はB4, B7およびB10の3つしかなかった。また、ダスト分の量を制限するD/Bの値も高く、0.6~1.2%の基準を満たすものはB7だけであった。したがって、すべての基準を満たすものはB7だけであり、この配合のAPA結果もかなり良いものであった。わだち掘れ深さが最も小さく、粘性流動抵抗性が優れていたのはB9の骨材粒度であるが、VFA値、VMA値が共に小さく、D/B値が高いことから、ひび割れや経年劣化に対する抵抗性が低いものと推察される。このことは、B6, B8の粒度についてもいえることである。

次に、各Bailey骨材パラメータがアスコンの体積特性値で最も重要なVMAとどのような関係があるのか検討した。図-4~6にCA比、FAc比およびFAf比とVMAの関係をそれぞれ示す。図中には敢えて2次曲線で近似した場合の近時曲線と決定係数 R^2 も記載している。相関の高い骨材パラメータはFAcであり、FAcが大きいほどVMAが小さい傾向が認められる。CAおよびFAfについては、明確な傾向が確認できない。

同様に、New CA比、New FAc比およびNew FAF比とVMAの関係を図-7~9にそれぞれ示す。細骨材グループ内の骨材パラメータには、特にVMAと相関性が高いものは見出すことができなかった。比較的相関性が高いものは、New FAcであるが、先のFAcに比べるとその程度はかなり低い。

表-3 骨材粒度のBaileyパラメータ(その他)

ID	OAC	CA	FAc	FAf	NewCA	NewFAc	NewFAf
B1	3.9	0.60	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50
B2	4.8	0.60	0.50	0.50	1.02	0.50	0.35
B3	4.4	0.61	0.50	0.50	0.61	0.50	0.35
B4	4.9	0.61	0.39	0.50	0.60	0.50	0.41
B5	4.4	0.61	0.47	0.50	0.61	0.50	0.50
B6	4.0	0.65	0.49	0.46	0.63	0.46	0.43
B7	5.5	0.70	0.42	0.43	0.69	0.43	0.39
B8	3.7	0.74	0.50	0.50	0.60	0.50	0.50
B9	4.1	0.74	0.50	0.50	1.01	0.50	0.50
B10	5.7	0.75	0.38	0.50	0.60	0.50	0.50

表-4 アスコン物性値の比較(その他)

ID	Gmb (g/cm ³)	Gmm (g/cm ³)	空隙率 (%)	VMA (%)	VFA (%)	D/B (%)	米基準	APA結果 (mm)
B1	2.453	2.552	3.9	11.0	64.9	2.39	NG	3.08
B2	2.429	2.535	4.2	12.5	66.5	1.40	NG	4.33
B3	2.438	2.535	3.8	11.9	67.9	1.47	NG	3.16
B4	2.418	2.521	4.1	13.2	69.1	1.27	NG	3.16
B5	2.438	2.542	4.1	12.0	66.0	2.11	NG	3.08
B6	2.442	2.545	4.0	11.4	64.5	1.81	NG	2.72
B7	2.400	2.496	3.8	14.3	73.1	0.94	OK	2.88
B8	2.455	2.560	4.1	10.8	62.0	2.60	NG	2.95
B9	2.448	2.550	4.0	11.3	64.6	2.28	NG	2.41
B10	2.399	2.503	4.2	14.8	71.3	1.31	NG	4.39

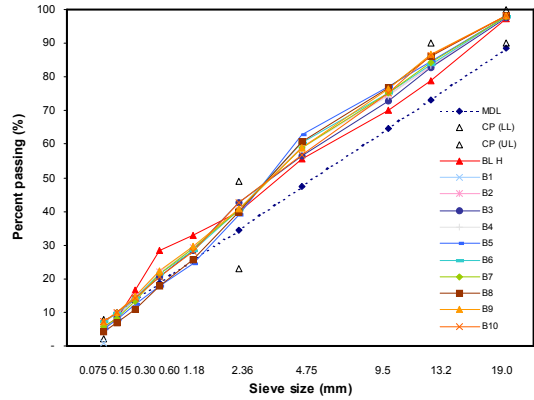


図-3 他パラメータの検討に用いた骨材粒度

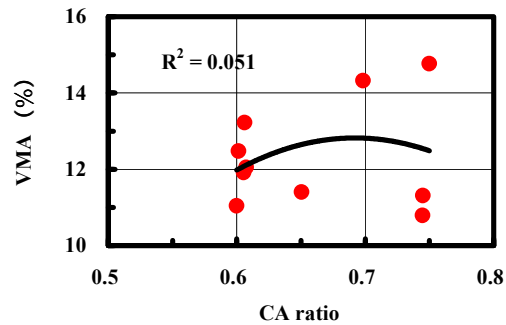


図-4 CA比とVMAの関係

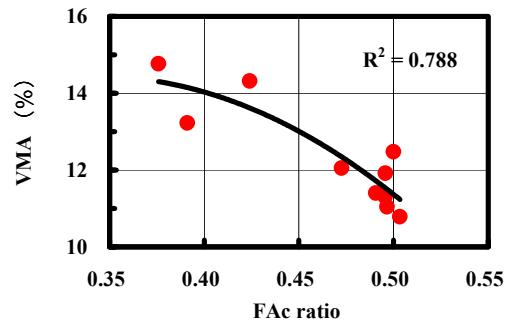


図-5 FAc比とVMAの関係

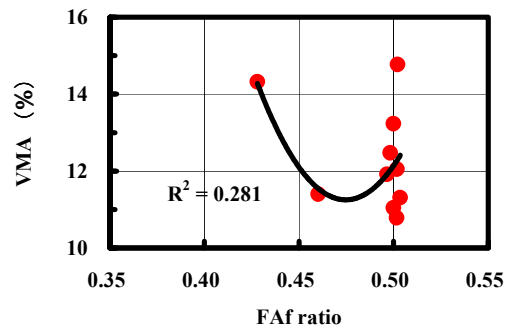


図-6 FAF比とVMAの関係

(3) 研究成果のまとめ

以上に記した研究の成果、および紙面の都合で具体的に掲載できなかった研究成果をまとめると以下のとおりである。

a) これまでわが国では、Fuller 曲線に近い連

連続粒度の骨材配合が推奨されていた。しかし、この連続粒度の粘性流動抵抗性は他の粒度に比べて優れているわけではない。そのため、最適に近い配合割合を選定するための本研究の取組みはかなり有用であることを再認識できた。

- b) 米国の体積設計法で規定されている骨材制御点の上限に近接した粒度, 具体的には CA LUW が 60%以下の粒度は主粗骨材の配合量が少な過ぎて, 必要な粘性流動抵抗性が期待できない。
- c) 現在の体積設計法では, 空隙率が 4%という条件で VMA の下限側のみに規定を設けている。このような基準はわが国においても妥当であり, これらの規準によって締め固められたアスコンに適当な空隙とアスファルトの量を担保することができる。
- d) 一般的には, 粗粒度型のほうが粘性流動抵抗性は高いと言われているが, その場合の

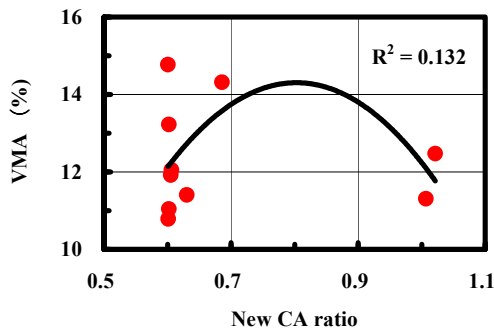


図-7 New CA 比と VMA の関係

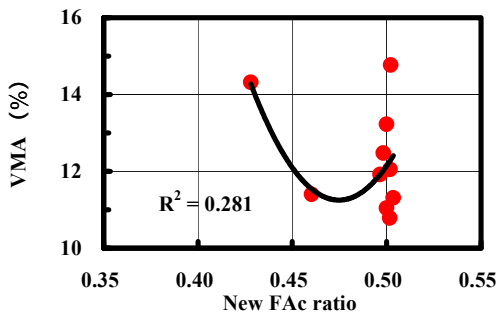


図-8 New FAc 比と VMA の関係

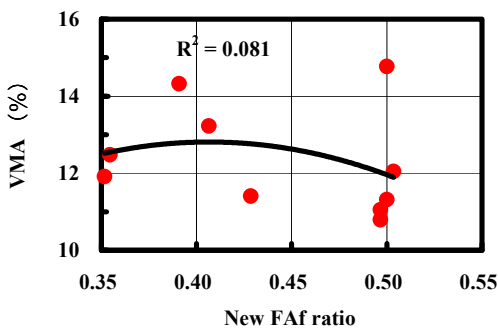


図-9 New Faf 比と VMA の関係

粒度範囲はかなり限られたものであった。本研究で検討した骨材粒度においては, どちらかといえば細粒度型のほうが粘性流動抵抗性は高い傾向にあった。

- e) Bailey 法の 3 つの骨材パラメータのうち, FAc 比がアスコンの VMA と最も高い相関性が認められた。したがって, VMA の基準を満足させるためには FAc の調整が有効である。
- f) 細粒度型の骨材粒度では, CA 比を 0.65~0.70 の範囲で設定することが推奨される。
- g) 細粒度型の骨材粒度では, 「New」の骨材パラメータの活用が提案されているが, CA 比を 0.60~0.80, FAc 比を 0.35~0.45 の範囲で設定することが推奨される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 高橋 修, 実測法と計算法および加熱養生によるアスファルト混合物の理論最大密度の違い, 土木学会舗装工学論文集, 第 14 巻, 2009, pp.77-85
- ② 前川亮太, 高橋 修, 松本良美, Superpave 法に基づく空港用アスファルト混合物の新しい配合設計法のための一検討, 土木学会舗装工学論文集, 第 14 巻, 2009, pp.95-100
- ③ 小澤良明, 高橋 修, 松井邦人, 多層弾性解析ソフトウェア GAMES に対応原理を適用した舗装構造の粘弾性解析, 土木学会舗装工学論文集, 第 15 巻, 2010, pp.153-160

[学会発表] (計 2 件)

- ① 高橋 修, 計算法と実測法によるアスファルト混合物の理論最大密度の比較, 第 26 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, 2008, pp.238-241
- ② 瀬谷 堯, 高橋 修, 前川亮太, 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, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM, 2009, pp.111-112

[その他]

ホームページ:

<http://road-secretary.nagaokaut.ac.jp/AssocProfresearch.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 修 (TAKAHASHI OSAMU)
長岡技術科学大学・工学部・准教授
研究者番号: 60236263

(2) 研究分担者

松井 邦人 (MATSUI KUNIHITO)
東京電機大学・理工学部・教授
研究者番号: 70112878