

粗骨材の骨格構造に着目した大粒径 アスファルト混合物の配合設計に関する一検討

高橋 修¹・増井和也²・八谷好高³

¹正会員 博(工) 長岡技術科学大学助教授 環境・建設系(〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

²福田道路株式会社 技術研究所(〒959-0415 新潟県西蒲原郡西川町大潟字中ノ島 2031)

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

耐流動性が高いアスファルトコンクリート層を構築することを目的に、粗骨材の骨格構造に着目した大粒径アスファルト混合物の配合設計法について検討した。粗骨材を密に、かつ最大粒径の骨材をより多く混入し、それらが互いに接触して良好な骨格構造を形成するように、各種骨材の体積割合と骨材充填率の関係を骨材のみでの締固め試験によって調査し、粗骨材および細骨材の組合せとそれらの配合割合を決定した。検討の結果、4号砕石と7号砕石を用いた配合、および4号砕石と6号砕石を用いた配合の、いずれもギャップ粒度の配合が良好な骨格構造を形成することがわかった。そして、これらの混合物によるアスファルトコンクリートは、既往の連続粒度の大粒径アスファルトコンクリートよりも耐流動性や耐磨耗性が高いことを確認した。

Key Words : large stone asphalt mixture, mix design, plastic flow resistance, coarse aggregate

1. はじめに

交通車両の大型化と交通量の増加に伴い、道路舗装においては、塑性流動による早期わだち掘れの形成が以前から問題になっている。空港舗装においても、近年の空港需要の増大から大型ジェット機の乗入れが進められ、多くの空港で離着陸便数が増加しており、アスファルト舗装のわだち掘れがしばしば維持修繕の要因になっている。空港アスファルト舗装でわだち掘れが問題になるのは、航空機が低速で走行する誘導路であるが、特に大型航空機が多数運航している大都市圏の空港では深刻化している状況も見られている¹⁾。

著者らは、空港アスファルト舗装における早期流動変形の対策として、大粒径アスファルトコンクリート(以下、大粒径アスコン)の表・基層への適用性および有効性について検討している^{2),3)}。これまでの検討における配合設計では、米国 ASTM D3515 に規定されている連続粒度(以下、ASTM 粒度)の骨材配合で、舗装試験法便覧別冊⁴⁾にも記載されている全米アスファルト協会(NAPA)のマーシャル安定度試験に基づいてアスファルト量を決定していた。すなわち、米国で提案されている大粒径アスコンを、そのまま我が国の空港に適用する場合の耐流動性や疲労ひび割れ、骨材剥離の抵抗性について検討してきた。しかしながら、ASTM 粒度の大粒径アスコンは、特に空港舗装を対象に提案されているものではなく、我が国の気候条件や航空機荷重条件に適しているかどうか不明である。

本研究では、既往の配合設計法にとらわれることなく、空港における荷重条件を考慮して流動抵抗性を重視した大粒径アスコンの配合設計法について検討を行った。耐流動性に優れたアスファルト混合物の製造にはいくつかの方法があるが、本研究では、改質アスファルトあるいは特殊な添加剤や補強材を使わずに、骨材の組合せ、すなわち粒度を見直すことによって対応した。

ここでの骨材配合の基本的概念は、粗骨材を密に配置し、かつ最大粒径の骨材をより多く混入してそれらが互いに接触し、良好な骨格構造が形成するように粗骨材と細骨材を組み合わせることである。これは次の単純かつ基本的な考え方による。アスコンの流動現象は粗骨材が相対的に位置を変えることによって生じるものであるから、粗骨材、特に最大粒径骨材が容易に位置を変えないように互いに接触させて詰め込んで、その空隙を小さい粗骨材と細骨材で密に充填すれば、塑性流動は発生し難い。アスファルト量の決定についてもこの考え方に基づき、粗骨材の充填率を阻害しない範囲でできるだけバインダーを多く混入して、必要なたわみ性や骨材飛散抵抗性を得るように配慮した。

本研究の目的は、上記のような粗骨材の骨格構造に着目して耐流動性に優れた大粒径アスコンの配合設計を行い、そのアスコンの特性を評価するとともに、配合設計におけるプロセスや特性値について知見を得ることである。

配合設計の大略的な手順は図-1に示すとおりで、本文もそのような流れで構成されている。最初に粗骨材

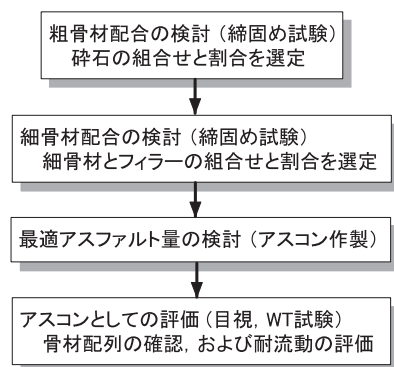


図-1 配合設計の大略的な流れ

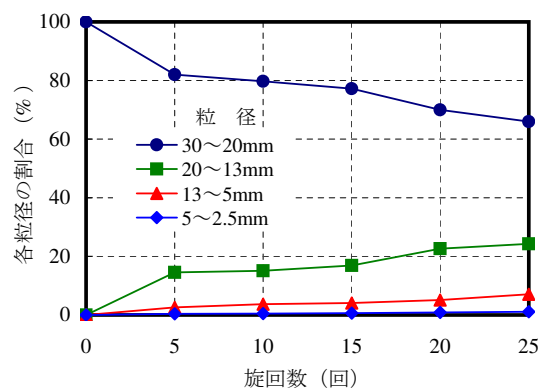


図-2 SGC 旋回数と骨材粒径の関係

の組合せと配合割合を骨材のみの締固め試験によって選定し、次にフィラーも含めた細骨材の配合について同様の方法で検討した。そして、実際にアスファルトバインダーを添加して大粒径アスコンを作製し、評価値に基づいて最適アスファルト量を決定した。最後に、アスコン状態での評価として、設計した配合で供試体を作製し、その大粒径アスコンの骨材配列を確認するとともに、耐流動性について調査した。

本文中には、「アスファルト混合物」と「アスファルトコンクリート（アスコン）」という語句が混在しているが、前者は混合直後のまだ固まらない状態のものを、後者は舗設が完了して硬化した状態のものをそれぞれ指している。本文では区別して表記しているので、同一のものではないことに注意されたい。

2. 骨材配合の設計

一般に、耐流動性が高いアスコンの骨材配合としてはギャップ粒度が有効であり、粗骨材の骨格構造を重視したアスコンとして SMA が既に存在している。SMA は欧州で考案されて運用されていたものであるが、その後、米国やカナダ、南アフリカ等でも活用されており、我が国においても耐流動性および耐久性が優れた材料として道路舗装に試験的に用いられている⁶⁾。我が国における SMA の運用は道路舗装に対してであり、その配合設計法は諸外国の実状を参考にして関係機関で検討が進められている⁷⁾。

本研究での骨材配合の考え方は SMA に共通するところがあるが、ここでは既存 SMA の骨材粒度を全く参考にすることなく、あくまでも基本的考え方を実現できるような一連の手続きについて検討している。すなわち本研究では、入手した骨材に基づいて目標とする骨材配合を得るためのシステムティックな手法について言及している。

ここで使用した骨材は、新潟県産の一般的なものである。配合設計においては、供試体の締固め装置として

米国 SHRP が提案している Superpave Gyratory Compactor（以下 SGC）を使用した。本検討では、着目している骨材をできるだけ多く密に詰め込むことを考える必要があるため、評価指標として、骨材を混入して SGC で締め固めた際の骨材充填率を求めた。骨材充填率とは供試体の総体積 V に対する全骨材体積 V_{ag} の割合 V_{ag}/V である。つまり、骨材を密に配置し、かつ粒径の大きな骨材をより多く混入するように、Superpave の volumetric mix design⁵⁾ と同じように、骨材が占める体積に着目して評価を行った。

(1) 粗骨材配合の検討

a) 使用粗骨材と締固め試験の要領

本研究で検討している大粒径アスコンは、空港舗装の表・基層への適用を目標にしており、既往の研究²⁾に基づいて、骨材の最大粒径は 30 mm とした。碎石は 4 号～7 号にそれぞれ分級し、4 号碎石については 20 mm 以下の粒径をカットして単粒化したものを使用した。

碎石の組合せとその配合割合を選定するために、以下の要領で締固め試験を実施した。最大粒径が 30 mm の骨材である 4 号碎石をより多く配合して良好な骨格構造を得るため、まず 4 号碎石のみで締固めを行い、その間隙を埋める骨材として 5 号、6 号、7 号を順に混合していった。また、4 号碎石の間隙に対して他の碎石の粒径が大き過ぎることを考慮し、5 号碎石を除いた配合、5 号および 6 号碎石を除いた配合についても検討を行った。この場合、アスファルトバインダーは加えずに骨材のみをミキサーで空練し、そのまま SGC のモールドに投入して締固めを行った。SGC のモールドは、大粒径アスコン用の直径 15 cm のものを使用した。粗骨材のみでの締固めであるため、骨材に過渡の割れやすり減りが生じないように、SGC の旋回数は以下の予備試験によって決定した。

4 号碎石のみを SGC で締め固め、ある旋回数ごとにふるい分け試験を行って粒度の変化を調べた。その結果、各旋回数に対する骨材粒度の変化は図-2 に示すよ

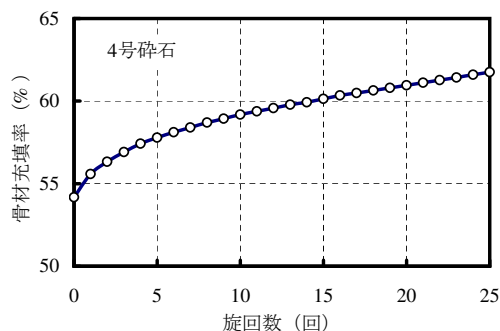


図-3 SGC 回転数と骨材充填率の関係

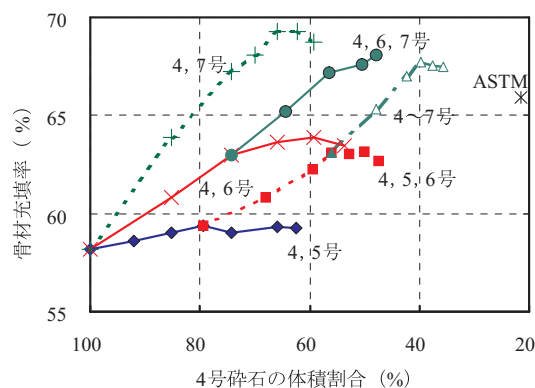
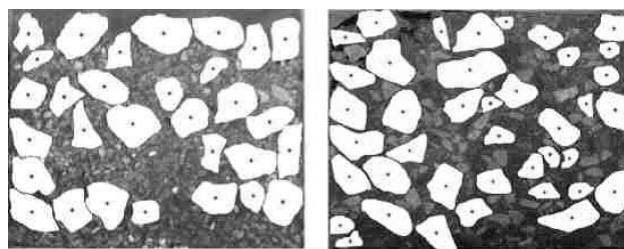


図-4 4号砕石の体積割合と骨材充填率の関係

うになり、回転数が10回を超えると割れやすくなり減りのために4号砕石の割合が80%を下回ってしまう。また、SGC 回転数と骨材充填率の関係は 図-3 に示すとおりで、回転数が5回未満では骨材充填率が大きく変化しており、骨材の配置が安定していない様子が認められた。これらのことから、骨材の組合せを検討する締固め試験においては、SGC の回転数を10回と選定した。

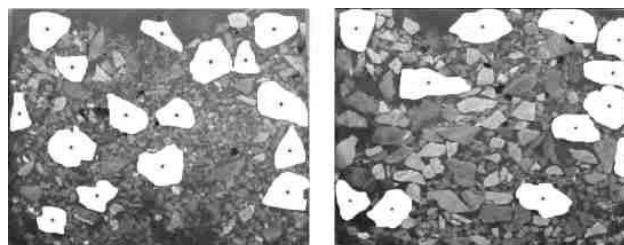
b) 締固め試験の結果および考察

各粗骨材配合における4号砕石の体積割合と骨材充填率の関係を 図-4 に示す。図中の横軸は4号砕石の体積割合を示しており、粗骨材が4号砕石のみの場合、すなわち4号砕石の割合が100%の場合を原点としている。そのため、4号以外の砕石が増えるに従って4号砕石の割合は減少している。3種類以上の砕石を混合する場合は、まず4号砕石にその次に小さい粒径の砕石を混合し、骨材充填率の増加割合が低下する前の配合を基準にして、その次の砕石を混合していった。図中には、①4号と5号、②4号、5号および6号、③4号、5号、6号および7号、④4号と6号、⑤4号、6号および7号、⑥4号と7号の計6種類の配合が示されている。例えば、4号、6号および7号の砕石を混合した場合は、4号砕石に6号砕石を加えていった4号の体積割合が約74%を下回ると、すなわちそれ以上に6号砕



a) 4号、7号砕石の配合

b) 4号、6号砕石の配合



c) 4, 6, 7号砕石の配合

d) ASTM 粒度の配合

写真-1 粗骨材のみの混合供試体における断面状況

石を多く混入すると骨材充填率の増加する割合が小さくなるため、この4号と6号の組合せに次の7号を加えていき、そのときの4号砕石の体積割合と骨材充填率の関係が図のとおりとなっている。

また、右端に位置している*印は、同じ骨材を使用し、NAPA 推奨の ASTM 粒度に基づいて配合設計した場合の連続粒度型配合における値を示している。全ての配合でより小さい粒径の砕石を混合するに従い、4号砕石の割合が減少して粗骨材充填率が増加している。どの配合においても、4号砕石の体積割合は ASTM 粒度の場合よりも大きい結果となった。4号と5号の配合で、5号砕石を増加させても骨材充填率があまり変化しないことから、5号砕石は4号砕石の間隙に対して過大であると考えられる。また、4~7号を全て混合したものは、骨材充填率は大きいが4号砕石の割合は40%程度と小さく、本研究での基本的考え方に合致した配合ではないことが推察される。

5号砕石を混合していない3種類の配合で骨材充填率が最高となる場合について、および比較のための ASTM 粒度の配合について供試体断面の状況を 写真-1 に示す。これらは、粗骨材のみの配合に粘性が小さい樹脂接着剤を混合し、SGC で締固めて一体化させ、中央部を縦に切断したときの断面である。ここで注目している4号砕石の数と配置を明らかにするために、4号のみを白く着色し、その形状の重心を点で示している。断面状況を比較することにより、冒頭で記した流動が生じ難いと考えられる骨材配置は4号、7号砕石の配合、および4号、6号砕石の配合であることがわかる。すなわち、これらの配合では4号砕石が全体に多く分散して

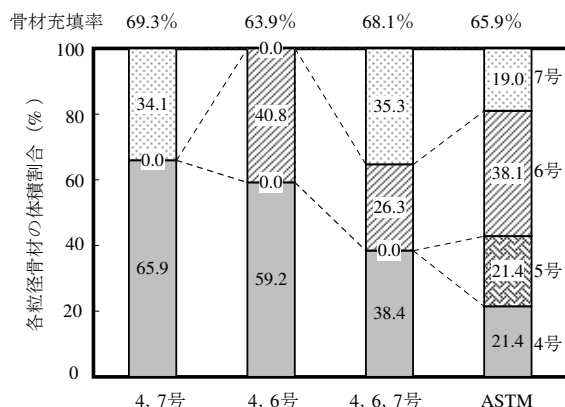


図-5 粗骨材体積割合の比較

相互に接触し、その間隙をより小粒径の碎石が密に充填して比較的良好な粗骨材の骨格構造を形成している状況がうかがえる。これらに対して、4, 6, 7号碎石の配合は全体的に4号碎石が少なく、相互の接触関係が成立していない。したがって、6号碎石混合後の7号碎石の混入は、それまでの4号, 6号配合における骨格構造を崩すことが確認される。また、ASTM 粒度の配合については4号碎石がさらに少なく、主に5~7号碎石によって供試体が形成されている。

c) 粗骨材配合のまとめ

骨材充填率が高く、かつ4号碎石が多く混合されている粗骨材の組合せを締固め試験によって検討し、3種類の配合を選定した。先の写真-1 に示した配合における各種碎石の体積割合をまとめると図-5 に示すとおりである。これらのなかでは、4号, 7号碎石の配合が最も骨材充填率が高く、かつ4号碎石が多く混合されている。このデータを見る限りでは、4号, 6号碎石の配合は4号碎石の体積割合が多い反面、粗骨材充填率はあまり高くないため、ここで実現しようとしている骨材粒度には不適である印象を受ける。しかしながら、供試体断面の目視による評価では、4号碎石が多く存在して相互の接触関係も数多く認められており、4号, 7号碎石の配合に匹敵する良い結果であった。これらのことから、以下に続く細骨材配合の検討、および最適アスファルト量の検討については、4号, 7号碎石の配合と4号, 6号碎石の配合の二つを用いることにする。

この他に、粗骨材配合の検討で得られた知見をまとめると次のとおりである。

- 4号碎石を多く混合するためには、5号碎石は大きすぎる。そのため、5号碎石を混入しても骨材充填率はあまり変化しない。
- 4号碎石の配置が良好であった4号, 6号碎石の配合に7号を加えると、骨材充填率は大きくなるが、4号碎石の間に6号と7号が介在して4号碎石相

互の接触関係が損なわれてしまう。しかしながら、4号, 7号碎石の配合は4号碎石の配置が良好である。したがって、6号のみ、あるいは7号のみとの組合せは問題ないが、6号と7号との組合せは4号碎石の骨格構造形成には不適切である。

(2) 細骨材配合の検討

a) 使用細骨材と締固め試験の要領

細骨材として、通常のアスコンで使用されている粗砂、細砂、スクリーングスを用いて検討を行うものとし、フィラーには石灰岩を粉砕した石粉を使用した。ふるい分け試験を行ったところ、ここで用意した粗砂とスクリーングスはほぼ同じ粒度であり、人工破砕によるスクリーングスは耐流動性の改善に寄与することが知られていることから⁸⁾、実際の評価試験では粗砂は使用しなかった。また、フィラーは定義からすると細骨材ではないが、ここでは細骨材の一つと考えて同じ要領でその配合量を決定した。

粗骨材の骨格構造を崩さずに、間隙を密に充填するような細骨材の組合せは、粗骨材の検討と全く同じ考え方、同じ要領でSGCによる締固め試験によって決定していった。すなわち、粒径の大きな細骨材から順に加えていって、既に決定した粗骨材混合物の間隙を密に充填するような配合割合を選定していった。この場合、粗骨材のみの混合で形成される空隙は主に最小粒径の粗骨材によって決まるものと考え、ここでの細骨材配合の検討試験では、最小粒径の粗骨材のみを用いることとした。つまり、粗骨材のみの混合で形成される空隙を次のように考えた。先に選定した粗骨材の粒度はギャップ型であり、最小粒径の粗骨材はそれよりも大きい骨材の間隙を埋めるように決定したものであるから、最小粒径粗骨材を混合した後に形成される空隙は、最小粒径粗骨材同士によるもの、あるいは複数の最小粒径粗骨材とそれより大きな粗骨材によるものである。このうち小さな空隙は前者であり、ここでは小さな空隙を検討の対象とする必要がある。大きい空隙を検討対象にすると、最小粒径粗骨材の配置を阻害してしまうことが予想される。

具体的には以下の要領で、フィラーを含む細骨材の配合を決定した。例えば、粗骨材が4号, 7号碎石の配合の場合は、直径10 cmのSGCモールドに7号碎石のみを投入して締固めを行い、このときの骨材充填率を求めて基準値とする。次に、最も粒径の大きい細骨材であるスクリーングスを、配合率を種々変えて混入し、同様に締固めを行って配合割合と骨材充填率の関係を調べる。これより、骨材充填率が最大となる7号碎石とスクリーングスの組合せが決まり、これに次に大きい細骨材である細砂を加えて同様に配合割合

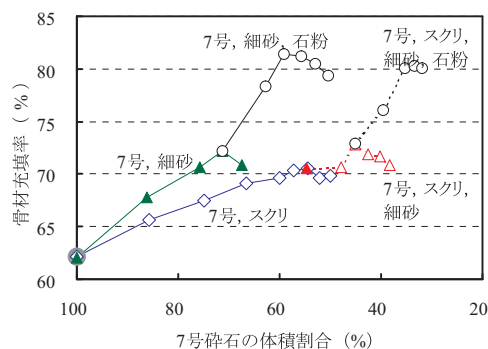


図-6 7号碎石の体積割合と骨材充填率の関係

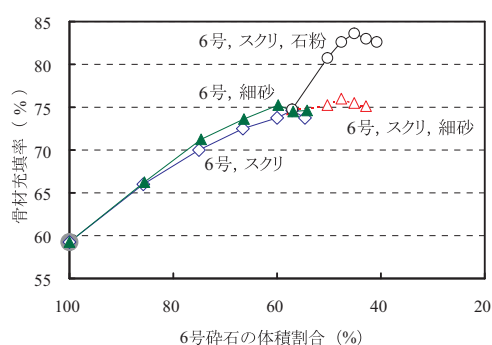


図-7 6号碎石の体積割合と骨材充填率の関係

と骨材充填率の関係を調べて、最後にフィラーについて同じ手順で検討していく。以上のような一連の過程において、次に混入する細骨材の粒径が大き過ぎて全体の骨格構造に悪影響を及ぼすことが予想されたため、粗骨材での検討と同様に、1ランク小さい細骨材を混合していくことに加えて、2ランク小さい細骨材を混合していくことについても実施した。

SGCの回転数は、7号碎石あるいは6号碎石を単独で締め固めたときに、割れやすり減りによって粒度分布が大きく変化しない回転数を事前に調べて設定した。同じ原石を使用しているためか、粗骨材の検討での4号碎石単独の場合と同じに、10回が適当と判断された。

b) 締め固め試験の結果および考察

粗骨材が4号、7号碎石の配合に対する検討として、7号碎石に順次細骨材を加えていった場合の、7号碎石の体積割合と骨材充填率の関係を図-6に示す。7号碎石のみの骨材充填率は62.1%であり、図中には7号碎石の次にスクリーニングス、細砂、石粉を混合していった場合とスクリーニングスを加えずに細砂、石粉を混合していった場合が示されている。両者において、石粉を加えて骨材充填率が最大になる配合を比較すると、後者のほうが7号碎石の体積割合がかなり大きく、わずかであるが骨材充填率も大きい。粗骨材の混入割合をできるだけ阻害しない配合が望ましいことから、明らかに後者の配合が適当と判断される。

同様に、粗骨材が4号、6号碎石の配合に対する試験結果として、6号碎石に細骨材を加えていった場合における、6号碎石の体積割合と骨材充填率の関係を図-7に示す。6号碎石に対して、スクリーニングスを加えていった場合とスクリーニングスを加えずに細砂のみを加えていった場合とでは、骨材充填率の変化はほぼ同じであった。より大きな粒径の細骨材が望ましいこと、および以後に加える細骨材とそれに対する骨材充填率の増加程度のことを考慮し、スクリーニングスを加えた配合のほうを重視して検討を進めた。次に、スクリーニングスを加えて骨材充填率が最大となる配合

に細砂を加えたところ、骨材充填率はほとんど変化しなかった。そのため、細砂を加えずに石粉を加えていった場合で、骨材充填率が最大となった配合を最適と判断した。

3. 最適アスファルト量と配合設計の結果

(1) 最適アスファルト量の検討

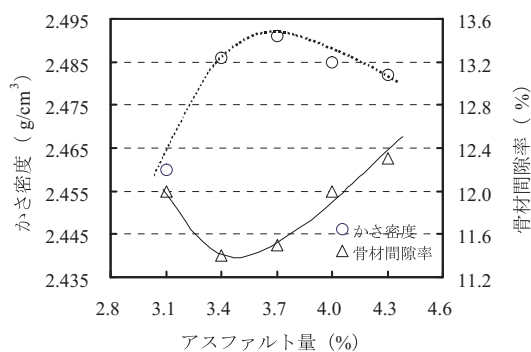
以上で決定した骨材配合に対してアスファルト量を変化させ、供試体のかさ密度が大きく、かつ骨材間隙率が小さくなる場合のアスファルト量を最適値（以下OAC）として検討を行った。このときのSGCの回転数は、① 仮にアスファルト量を4.0%とし、決定した骨材配合でSGCによる締め固めを行ったところ、回転時において供試体の高さから計算される理論最大密度比が回転回数80回程度でほとんど変化しないこと、② SMAの供試体を作成する際にNAPAにおいては100回が推奨されていること⁹⁾、より100回と設定した。

アスファルト量とかさ密度および骨材間隙率の関係について、4号、7号碎石を用いた配合の場合を図-8のa)に、4号、6号碎石を用いた配合の場合を図-8のb)にそれぞれ示す。かさ密度が大きく、かつ骨材間隙率が小さくなる時のアスファルト量を調べてみると、4号、7号碎石を用いた配合の場合は3.5~3.6%で、4号、6号碎石を用いた配合の場合はおおむね4.2%である。以上のことから、OACを4号、7号碎石を用いた配合の場合は3.6%、4号、6号碎石を用いた配合の場合は4.2%と決定した。

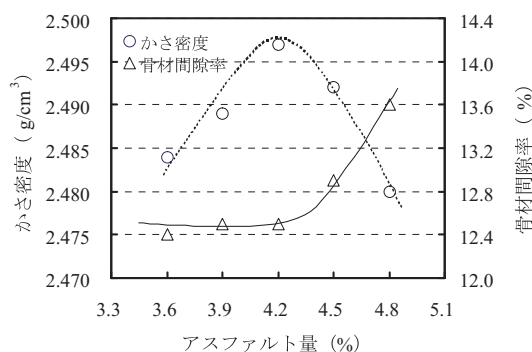
OACの条件で作製した供試体の空隙率と飽和度は次のとおりである。4号、7号碎石を用いた配合では空隙率が2.7%で飽和度が76.2%、4号、6号碎石を用いた配合では空隙率が2.3%で飽和度が81.2%であった。

(2) 配合設計結果および考察

以上の検討によって、二とおりの大粒径アスコンの配合が決まった。決定した配合を表-1にまとめると



a) 4号, 7号碎石の場合



b) 4号, 6号碎石の場合

図-8 アスファルト量とかさ密度, 骨材間隙率の関係

表-1 骨材およびアスファルトの配合割合

骨材種別	4号, 7号	4号, 6号	ASTM
4号碎石	53.5	41.0	23.0
5号碎石	—	—	10.5
6号碎石	—	28.3	20.5
7号碎石	27.6	—	15.0
スクリ	—	20.5	—
粗砂	—	—	19.0
細砂	10.7	—	7.0
石粉	8.2	10.2	5.0
アスファルト	3.6	4.2	5.2

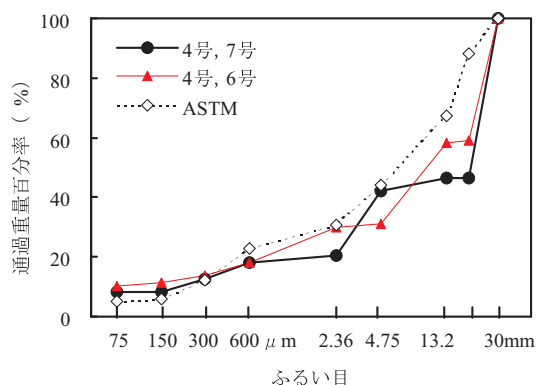


図-9 各アスコンの粒度曲線の比較

もに, 粒度曲線を 図-9 に示す. 表中および図中には, 同じ材料を使用して配合設計を行った ASTM 粒度の結果についても記している.

ここで設計した大粒径アスコンと既往の ASTM 粒度の配合を比較してみると, 大粒径アスコンのほうは二とおりとも粗骨材の粒度域で大きなギャップが二つみられ, 4号碎石である粒径 20~30 mm がかなり多いことがわかる. また, 大粒径アスコンのほうは 0.15 mm 以下が多く, 特に 4号, 6号碎石を用いた配合の場合が多い. そのため, 4号, 6号碎石を用いた配合のほうが 4号, 7号碎石を用いた配合よりもアスファルト量が多くなっているものと考えられる.

4. アスファルトコンクリートの評価

ここで配合設計した二種類の大粒径アスコンと ASTM 粒度のアスコンについて, 断面の観察によって粗骨材の骨格構造を確認するとともに, ホイールトラッキング試験 (以下 WT 試験) によって耐流動性の評価を行った.

(1) 骨材配列の確認

OAC の条件である 表-1 に示した 3 配合の混合物について, SGC で 100 回旋回後のアスコン供試体を縦に切断し, 各断面の状況を比較してみた. 写真-2 に各アスコンの断面状況を示す. 先と同様に, 4号碎石の配置が識別しやすいように 4号のみを白く着色し, その重心位置も明らかにした.

写真-1 に示した細骨材を混合していない場合とあまり差は見られず, ここで設計した二つについては細骨材やバインダーが粗骨材の配列を阻害していないことがうかがえる. 4号, 7号碎石の配合と 4号, 6号碎石の配合では, 4号碎石の配合割合は前者のほうがわずかながら多めであり, 断面状況からもそのことが読み取れる. また, 4号, 7号碎石の配合のほうが, 互いに接触している 4号碎石の数が多く, 本研究で得ようとした最大粒径骨材の骨格構造に近い骨材配置であると評価される.

このことを定量的に評価するために, 次の 4 項目を評価指標にして各断面における 4号碎石の相対的位置関係を比較してみた. ① 各 4号碎石と最近傍 4号碎石における重心間隔 (最短距離) の平均値, ② 各 4号碎

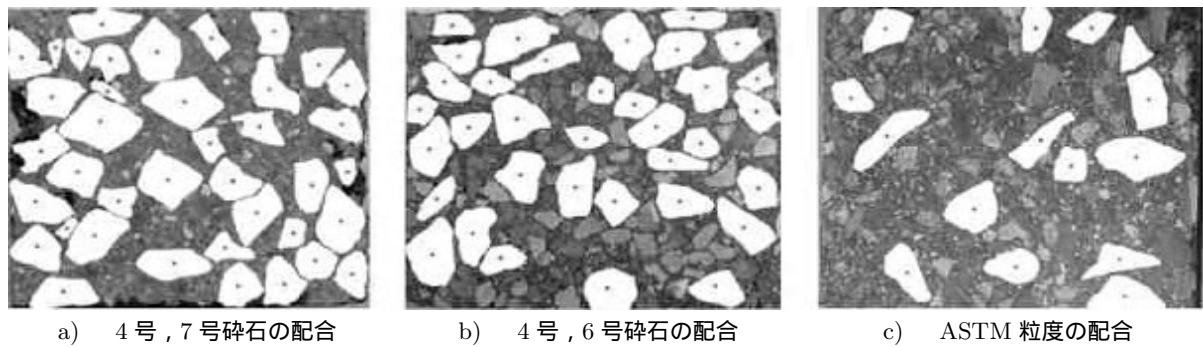


写真-2 各アスコンの断面状況の比較

表-2 4号碎石の相対位置の比較

評価項目	4号,7号	4号,6号	ASTM
① 最短距離 (mm)	16.5	17.4	26.3
② 近傍3個 (mm)	20.5	21.9	37.9
③ 20mm 以内 (個)	1.7	1.4	0.3
④ 30mm 以内 (個)	4.5	3.9	1.3

石の最近傍4号碎石3個に対する平均重心間隔の平均値, ③ 各4号碎石の重心から半径20mm以内に重心が存在する4号碎石の平均個数, ④ 上記③で半径30mm以内の場合, 一配合あたり3個の供試体を作製してカッティングを行い, 3断面について上記の①~④をそれぞれ求め, これらをさらに平均したものを表-2にまとめる. すべての評価項目において, 4号碎石が最も多く密に配合されているアスコンは, 4号, 7号碎石を用いた配合のものであることが裏付けられている.

(2) 耐流動性の評価

WT試験は, 舗装試験法便覧に記されている方法¹⁰⁾を遵守して実施した. ただし, ここでのアスコンは最大骨材粒径が30mmであることから, 供試体の厚さは100mmとした.

作製した4号, 7号配合の供試体は平均値で空隙率が3.3%, 飽和度が72.6%であり, 4号, 6号配合の供試体は空隙率が2.7%, 飽和度が79.0%であった. どちらの配合ともSGCで作製した場合よりも空隙率が大きく, 飽和度が小さいものであったが, 作製した供試体の表面においてアスファルトがにじみ出ている状況が確認された. そのため, これら二つの配合についてはOACから0.3%減らしたアスファルト量の条件も追加した. 一つの配合に対して供試体をそれぞれ3体, すなわち計15体作製してWT試験を行った.

WT試験の結果として, 図-10に各アスコンにおける動的安定度の平均値をまとめる. ASTM粒度の動的安定度が既往の結果^{11), 12)}に比べて多少小さいが, これ

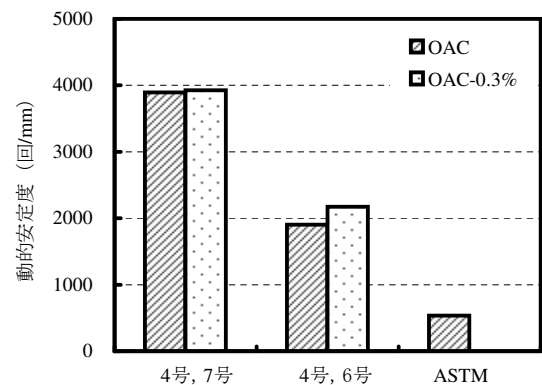


図-10 各アスコンの動的安定度の比較

を基準にしてここで配合設計した大粒径アスコンを評価してみると, 二つのアスコンともかなり耐流動性が高いことが確認される. 特に, 4号, 7号碎石を用いた配合はASTM粒度のものよりも7倍以上も動的安定度が大きく, 4号, 6号碎石を用いた配合の約2倍である. これまでに見てきたように, 4号, 7号碎石の配合は骨材の骨格構造が比較的良好であり, アスファルト量も少ないことから結果的に最も耐流動性が高かったと考えられる. また, 4号, 7号碎石の配合はアスファルト量を多少減らしてもほとんど動的安定度が変動していない. このことも, 骨材の骨格構造が良好であることに起因していると推察される.

WT試験のほかにも, 細骨材の配合が多少異なる供試体についてラベリング試験を実施しており¹³⁾, ここで設計した大粒径アスコンのほうがASTM粒度のものよりもすり減り量が少なかったことを確認している.

5. まとめ

本研究では, 耐流動性が高いアスコン層を構築することを目的に, 粗骨材の骨格構造に着目した大粒径アスファルト混合物の配合設計法について検討した. 粗骨材を密に, かつ最大粒径の骨材をより多く混入し, それらが互いに接触して良好な骨格構造を形成するよう

な粗骨材および細骨材の組合せとそれらの配合割合を決定した。そして、これらの混合物は既往の連続粒度の大粒径アスファルト混合物よりも耐流動性が高くなり高いことを確認した。

本研究で得られた主な知見をまとめると次のとおりである。

- (a)粗骨材の組合せとしては、4号と7号砕石、あるいは4号と6号砕石を使用したものが良好な骨格構造を形成する。
- (b)細骨材についても同様な考え方で組合せを選定する必要があり、結果として本研究で使用了材料については表-1に示した配合を得ることができた。
- (c)注目する粗骨材の体積割合と骨材充填率の関係を骨材のみでの締固め試験によって調査し、その結果に基づいて骨材の組合せと配合割合を決定する一連の配合設計要領を示した。
- (d)4号と7号砕石の配合、および4号と6号砕石の配合とも、既往の連続粒度のアスコンよりも粗骨材の骨格構造が良好で、高い耐流動性を有している。特に、4号と7号砕石を用いた配合のアスコンは耐流動性が高く、動的安定度は連続粒度アスコンの約7倍、4号と6号砕石の配合の約2倍大きかった。

最後に、今後の課題について二つ挙げておく。本研究ではOACを密度と骨材間隙率から決定したが、何らかの強度試験に基づく方法によっても検討し、この決定法が妥当であるかどうか評価、確認する必要がある。ここで設計した大粒径アスファルト混合物は粗骨材がかなり多く、とりわけ最大粒径骨材が多く配合されている。そのため、実際のプラントでの混合特性、および現場での施工性について知見を得る必要がある。

謝辞： 本研究は、当時長岡技術科学大学の学生であった笠原祐介氏（現（株）クレストエンジニア）と川口淳史氏（現（社）北陸建設弘済会）に修士論文のテーマと

して取り組んでもらった。測定データのほとんどは両氏によるものである。また、本研究において使用した粗骨材は、形状や硬さが良好で品質が一定しているものを選定したが、（株）早出川建設（新潟県五泉市）からはこれらが無償で提供していただいた。関係各位に深甚なる感謝の意を表する。

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) 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，土木学会舗装工学論文集，第4巻，pp.187-197，1999.
- 3) 八谷好高，高橋 修：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，土木学会論文集，No.732/V59，pp.241-246，2003.
- 4) （社）日本道路協会：舗装試験法便覧別冊，pp.20-29，1996.
- 5) Asphalt Institute：Superpave Mix Design, *Superpave Series No.2 (SP-2)*, pp.35-61, 2001.
- 6) 松浦 聡，園田浩二，谷本 昇：SMA混合物の耐流動性向上に関する一検討，第22回日本道路会議一般論文集(B)，pp.352-353，1997.
- 7) 黒川 勤，藤井尚之，内田喜太郎：粗骨材間隙率による砕石マスチックアスファルトの特性の評価，舗装，33-8，pp.12-17，1998.
- 8) 小林正利，帆苅浩三，久保和幸：アスファルト混合物特性における細骨材形状の効果，土木学会舗装工学論文集，第1巻，pp.241-248，1996.
- 9) NAPA：Design and Constructing SMA Mixture, State-of-Practice, 1999.
- 10) （社）日本道路協会：舗装試験法便覧，pp.539-555，1988.
- 11) 高橋 修，八谷好高，坪川将丈，阿部 寛，松崎和博：大粒径アスファルト混合物の空港舗装への適用性に関する一検討，港湾技研資料，No.976，p.8，2000.
- 12) 安倍隆二，岳本秀人，衛藤謙介：新千歳空港舗装体の劣化原因調査および対策工法の検討，土木学会舗装工学論文集，第8巻，p.267，2003.
- 13) 笠原祐介，高橋 修，増井和也：粗骨材の骨格構造に着目した大粒径アスファルト混合物の配合設計に関する一検討，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM，V-728，2003.

(2004. 6. 30 受付)

A STUDY ON MIX DESIGN PROCEDURE OF LARGE STONE ASPHALT MIXTURE

Osamu TAKAHASHI, Kazuya MASUI and Yoshitaka HACHIYA

In this research, a design procedure of large stone asphalt mixture, which is superior in plastic flow resistance, was discussed. The feature points of the design procedure are as follows. 1) Large stone aggregate, top size of 30 mm, was mainly mixed. 2) The mix proportion was decided in focusing matrix structure of the top size coarse aggregate. 3) A gyratory compactor was used for specimen compaction. From the results, it was found that the mix proportion with No.4-sized and No.7-sized crushed stone has a good matrix structure of the coarse aggregate. And it was also confirmed that this mixture has high efficiency in flow resistance and abrasion resistance as compared with past large stone mixtures.