

明朝, 9pt 上位マージン 19mm 10mmのスペース 右マージン 20mm

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

タイトル
2行以内
は
10mm
余分
に

左マージン 20mm

15mmのスペース

ゴシック, 20pt

舗設太郎¹・合材二郎²・路面三郎³ 明朝, 12pt

5mmのスペース

¹正会員 博(工) 舗装大学教授 工学部王不工学科 (〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目無番地)

E-mail : t-hosetu@hosou-u.ac.jp

E-mail アドレスを記入

²改質建設株式会社 技術部 (〒160-0004 東京都新宿区三谷五丁目 2-6)

³正会員 工博 調査道路株式会社 技術研究所 (〒160-0004 東京都新宿区七谷八丁目 11-3)

10mmのスペース

明朝, 9pt

タイトル部分の
マージン
は
10mm
余分
に

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号と7号碎石を用いた配合、および4号と6号碎石を用いた配合の、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。

350字
以内

5mmのスペース

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

ボールドイタ
リック, 10pt

10mmのスペース

イタリック, 10pt, 2行以内

1. はじめに
1行あける
ゴシック, 11pt, 数字全角

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。

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⁾。

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²⁾を使わずに、骨材の組合せ、すなわち粒度を見直し³⁾によって対応した。

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、

ここでの骨材⁵⁾の基本的概念は、粗骨材を密に配置し、かつ最大粒径⁶⁾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

明朝, 10pt

Roman, 9pt

下位マージン 24mm

図表は上か下にまとめて掲載する

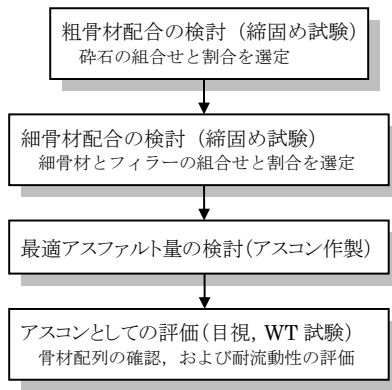


図-1 配合設計の大略的な流れ

1行あける

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。

ゴシック

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。

2行あける

2. 骨材配合の設計

1行あける

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⁹⁾。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⁹⁾。

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

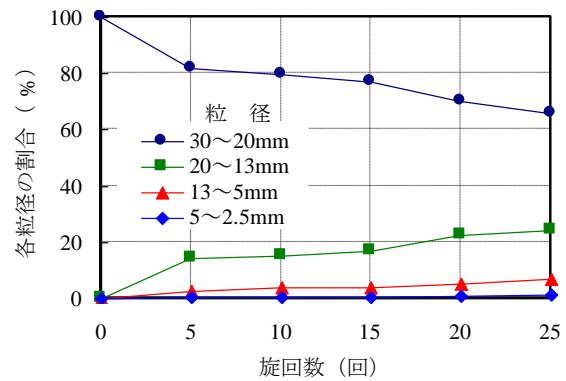


図-2 SGC 旋回数と骨材粒径の関係

1行あける

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 Gyrotory 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、供試体の総体積に対する全骨材体積の割合で、次式で表される。

数式は中央に

$$R_{ag} = \frac{V_{ag}}{V}$$

同じフォント

(1)

数式として貼り付け

ここに、 R_{ag} : 骨材充填率、 V_{ag} : 全骨材の体積、 V :

供試体の全体積である。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 design⁷⁾と同じように、骨材が占める体積に着目して評価した。

1行あける

(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、既往の研究に基づいて、骨材の最大粒径は 30 mm とした。砕石は 4 号~7 号にそれぞれ分級し、4 号砕石については 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。

砕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 号砕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 号砕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 号砕石の間隙に対して他の砕石の粒径が大き過ぎることを考慮し、5 号砕石を除いた配合、5 号および 6 号砕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りし、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

半角 1 文字
あける

ゴシック, 10pt
括弧, 英数字半角

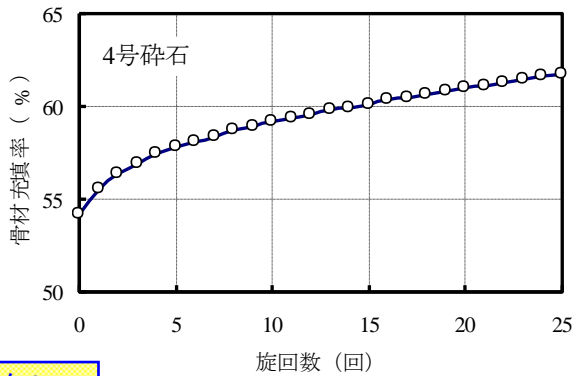


図-3 SGC 回転数と骨材充填率の関係

ゴシック 9pt 明朝 9pt
 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
スクリーニング	---	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

15cm のものを使用した。粗骨材のみでの締め固めであるため、骨材に過渡の割れやすり減りが生じないように、SGC の回転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、ある回転数ごとに異なる分け試験を行って粒度の変化を調べた。その結果、各回転数に対する骨材粒度の変化は図-2に示すように変わり、回転数が10回を超えると割れやすり減りのために4号碎石の割合が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め固め試験においては、SGCの回転数を10回と選定した。

b) 締め固め試験の結果および考察

各粗骨材配合における4号碎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号碎石の体積割合を示しており、粗骨材が4号碎石のみの場合、すなわち4号碎石の割合が100%の場合を原点としている。そのため、4号以外の碎石が増えるに従って4号碎石の割合は減少している。3種類以上の碎石を混合する場合は、まず4号碎石にその次に小さい粒径の碎石を混合し、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、その次の碎石を混合していった。図中には、(a)4号と5号、(b)4号、5号および6号、(c)4号、5号、6号および7号、(d)4号と6号、(e)4号、6号および7号、(f)4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号の碎石を混合した場合は、4号碎石に6号碎石を加えていって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号碎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号碎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

より小さい粒径の碎石を混合するに従い、4号碎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号碎石の体積割合は ASTM 粒度の場合よりも多い結果となった。

4号と5号の配合で、5号碎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号碎石は4号碎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4号碎石の割合は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号碎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で締め固めて一体化させ、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号碎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号碎石の配合、および4号、6号碎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号碎石が全体に多く分散して相互に接触し、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。

(途中省略)

ゴシック 9pt

1行あける

明朝 9pt

1行あける

一段48行以内

半角
1文字
あける

ゴシック

ゴシック, 10pt

5. まとめ

1行あける

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か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した材料については表-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め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。

ゴシック

謝辞：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。

1行あける

ゴシック, 10pt

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) 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。
- 6) 黒川 勤, 藤井尚之, 内田喜太郎：粗骨材間隙率による砕石マチックアスファルトの特性の評価, 舗装, 33-8, pp.12-17, 1998。
- 7) Asphalt Institute：Superpave Mix Design, Superpave Series No.2 (SP-2), pp.35-61, 2001。
- 8) NAPA：Design and Constructing SMA Mixture, State-of-Practice, 1990。

9pt

10mmのスペース

A STUDY ON MIX DESIGN PROCEDURE OF LARGE STONE ASPHALT MIXTURE

1行あける

12pt

Tarou HOSETSU, Jirou GOUZAI and Saburou ROMEN

1行あける

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 30mm, 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.

最後の英文概要もマージンは10mm余分

最後の英文概要もマージンは10mm余分

10pt

300ワード以内