

V-27

ポラスアスファルト混合物の間隙分布特性の視覚化に関する研究

北海道大学工学部	学生員	元木 卓也
北海道大学工学部	正 員	姫野 賢治
(株)ブリヂストン	正 員	増田 欽司
北海道大学工学部	正 員	高橋 将

1. はじめに

ポラスアスファルト舗装用混合物は、通常の密粒度アスファルト混合物とは異なり、骨材の細粒分を欠き、粗骨材を多用した混合物であるため、内部に連続した間隙を有する多孔質な構造体である。このため、雨天時には舗装表面の雨水を速やかに舗装体内の連続した間隙に透水させ、路面の安全性を高めるという利点をもつと同時に、タイヤ騒音の発生を減少させしかもそれを内部に吸音する、いわゆる低騒音性というすぐれた性質のあることも確認されている。

これらの特性は混合物内部の間隙の量および形状の両者に依存しているものと考えられるが、混合物内部の間隙がどのような分布特性を有し、それが透水性、低騒音性にどのように影響しているかについてはほとんど明らかにされていないのが現状である。

本研究はポラスアスファルト混合物内の間隙の分布に着目し、その形状のイメージを視覚化するとともに、詳細なデータ処理を行うことによって混合物内部にどのように分布しているかを定量的に把握する方法について検討したものである。

2. 混合物内間隙の視覚化の方法

2-1. 供試体作成方法 本研究では、ダイヤモンドカッターで供試体を切断し、その断面の間隙を視覚化する方法を用いた。しかし、通常の供試体を切断した場合切断時の摩擦熱でアスファルトが溶け間隙を埋めてしまい間隙を正しく評価することが困難であるので、図1のように真空充填法によってオレンジ色に着色したエポキシ樹脂を連続した間隙に充填させたのち固化させた供試体を作成した。バインダーには、ポラスアスファルト混合物用熱可塑性高粘度バインダーを使用した。

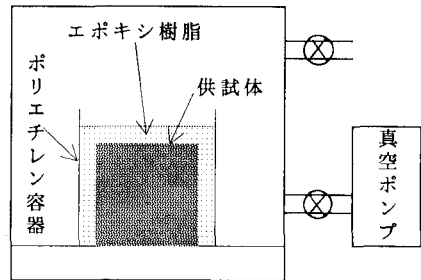


図1 真空充填法

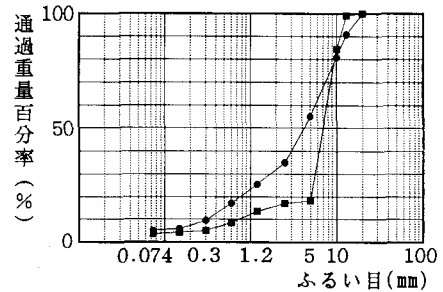


図2 合成粒度曲線

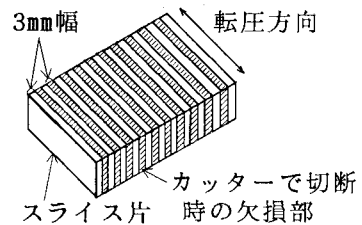


図3 供試体切断状況

Visualization of void distribution in porous asphalt mixtures
by Takuya MOTOKI, Kenji HIMENO, Kinji MASUDA, Masaru TAKAHASHI

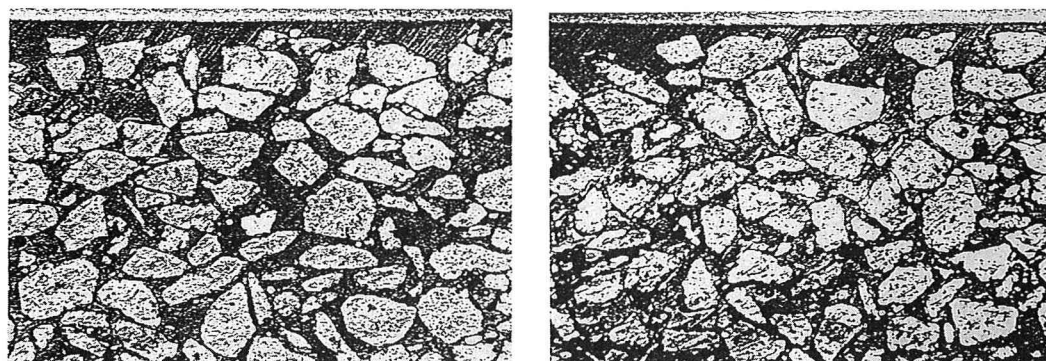


図4 スライス片の表裏断面の写真

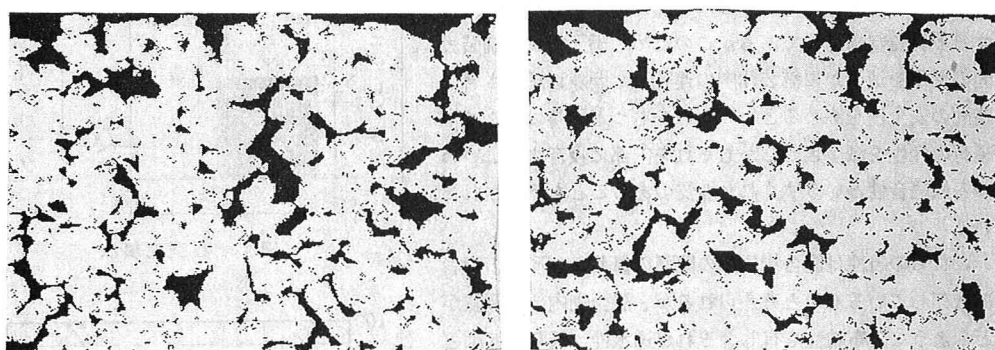


図5 図4に画像処理を施したドットデータ

2-2. 供試体の配合および転圧方法 作成した供試体の合成粒度曲線を図2に示す。●点で表すのはポーラスアスファルト混合物のもので、■点で表すのは比較のために用いたいわゆる粗粒度アスファルト混合物のものである。供試体の作成にあたっては2種類の締め固め方法を採用し、自動ランマーで両面50回打撃したマーシャル試験用のものと、ローラーコンパクターによって転圧したホイールトラッキング試験用のものを、それぞれポーラスアスファルト混合物と粗粒度アスファルト混合物について用意した。また、ホイールトラッキング供試体については、作成時に中央に板で仕切りをつけて2つに分け、45℃で養生した後、一方にのみ約2時間にわたってニーディングをかけた。

2-3. 間隙分布の検出の方法 断面の間隙分布状況の把握方法については、まずエポキシ樹脂を充填させた供試体を図3のようにダイヤモンドカッターで3mm厚でスライス状に切断した。ダイヤモンドカッターの歯の厚みも3mmであるため、全てのスライス片の両断面を観察することにより、混合物内部の全間隙の分布を3mm間隔で調べることができる。図4に示すように、断面の写真撮影を行い、画像データをイメージスキャナ（EPSON：GT-6000）で読み込んだ後、連続間隙にエポキシ樹脂が充填したオレンジ色の部分の画像データをパーソナルコンピュータ（NEC：PC-9801DA）に記録した。図5は、図4と同一断面について画像処理した結果を示しており、ドットで表した部分が写真のオレンジ色の部分、すなわち連続間隙の部分を示す。

3. 間隙率の計算方法

3-1. 断面の連続間隙の間隙率の計算方法 パーソナルコンピュータに記録された画像データに基づき、以下の式で連続間隙の間隙率が計算できる。

$$\text{断面の連続間隙の間隙率 (\%)} = \frac{\text{連続間隙のドット数}}{\text{断面全体のドット数}} \times 100$$

3-2. 供試体内部の独立間隙率の計算方法

エポキシ樹脂を充填する前の供試体の重量と、エポキシ樹脂を充填した後の供試体の重量から、以下の式で独立間隙率が計算できる。

$$\text{独立間隙率 (\%)} = \frac{A - \frac{B-A}{C} - \frac{A}{D}}{V} \times 100$$

A：エポキシ樹脂充填前の供試体の重量 (g)

B：エポキシ樹脂充填後の供試体の重量 (g)

C：エポキシ樹脂の比重 (1.0934g/cm³)

D：エポキシ樹脂充填前の供試体の

理論密度 (g/cm³)

V：かさ体積 (cm³)

3-3. 供試体全体の間隙率の計算

3-1で求めた断面の連続間隙率と3-2で求めた独立間隙率により供試体全体の間隙率が以下の式で計算できる。

$$\text{供試体全体の間隙率 (\%)} =$$

$$\text{断面の連続間隙率の平均} + \text{独立間隙率}$$

ただし、マーシャル試験用供試体のように円柱状のものについては、スライス状に切断すると断面積に差が生ずるので、断面積について重みつき平均をとる必要がある。

4. 解析結果

4-1. イメージスキャナ読み込みによる間隙率の値 混合物の種類および締め固め方法を変えた4種類の供試体について、3-1で表した式を用いて各3mmピッチの断面での間隙率を表すと図6 (a)～(d)のようになった。(a)～(d)のいずれの供試体も、供試体の端にあたる断面の間隙率が中央の間隙率に比べ、著しく大きかった。また、各断面についてそれぞれ上部・中部・下部に分けて間隙率を求めると、(a)・(b)のローラーコンパクターで締め固めた場合中部・下部より上部の間隙率が大きくなった。また、(b)の粗粒度アスコンについて間隙率の大きさは、はっきりと上部>下部>中部となった。(c)・(d)の自動ランマーで締め固めた場合については、中部より上部・下部の方が若干間隙率が大きくなった。

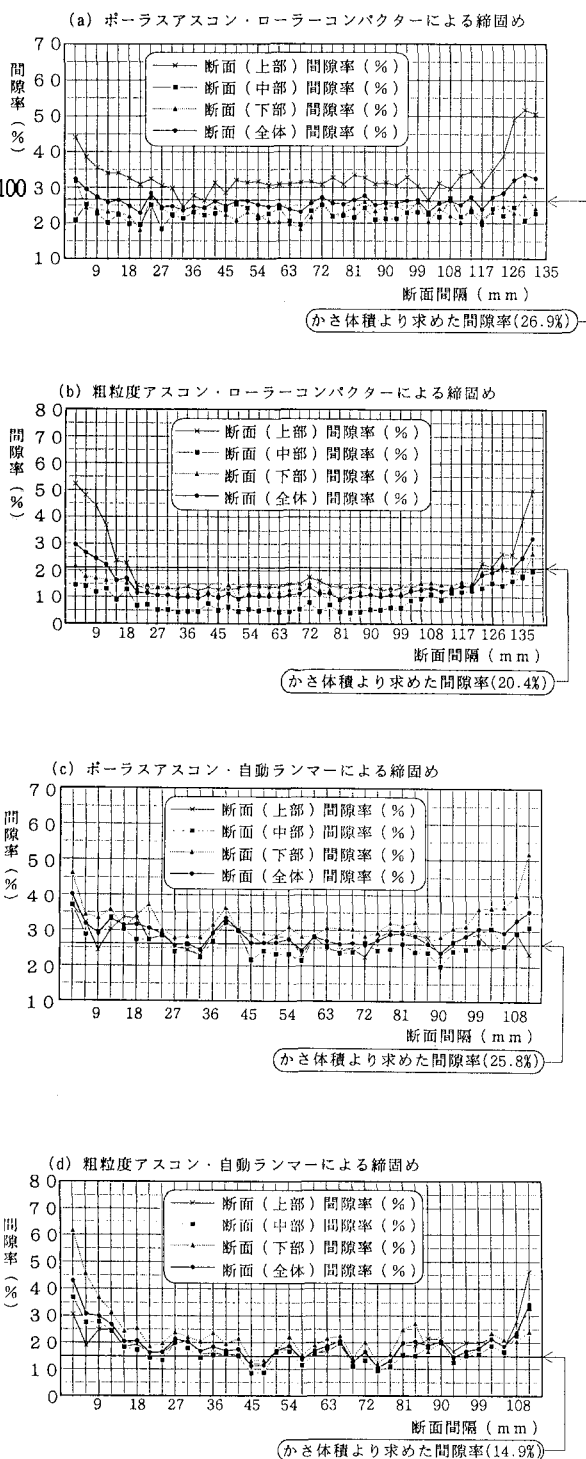


図6 3mmピッチの断面での間隙率の変化

4-2. 独立間隙率の値 3-2で表した式を用いて独立間隙率を求めると、ポーラスアスコンについてはローラーコンパクターによる締め固めを行った場合も自動ランマーによる締め固めを行った場合も約1%~2%となった。また、粗粒度アスコンについては、ローラーコンパクターの場合は約5%、自動ランマーの場合は約2%となった。

4-3. 供試体全体の間隙率の値

3-3で表した式で求めた供試体全体の間隙率とかさ体積から求めた間隙率と比較すると、ポーラスアスコンについては約1%の違いがみられ、粗粒度アスコンについては約2~3%の違いがみられた。

5. 考察

以上の解析結果から以下のことが言える。

- ・従来まで判然としなかったアスファルト混合物内の断面の間隙について、パーソナルコンピュータの画像データに記録できたと同時に初めて視覚化することができた。
- ・3mm厚のスライス状に切断した一方の断面ともう一方の断面を比較した場合、同じスライス片のわずかな厚さでも、表と裏の間隙の形状に大きな違いがあることが視覚的に確認できた。
- ・かさ体積から求めた間隙率と本研究で用いた方法より求めた間隙率を比較すると、ほぼ一致した間隙率の値が求められ、本研究の妥当性が確認された。しかし、ポーラスアスコンに比べて粗粒度アスコンの方の間隙率が一致しないのは、粗粒度アスコンの空隙の大きさが小さいため、エポキシ樹脂を連続間隙に完全に充填できなかったためと考えられる。
- ・ポーラスアスコンについて、独立間隙がわずかにあることが確認できた。
- ・間隙率を3mmピッチの断面ごとに見た場合、4種類の供試体いずれの場合についても端にあたる断面の間隙率が中央部分の間隙率より大きく、端の方は十分に締め固められていないと思われる。
- ・ローラーコンパクターで締め固めたものよりも、自動ランマーで締め固めたものの方が断面の間隙率のバラツキが大きくなった。これは、自動ランマーの打撃は上面全体について行われ、またマーシャル試験用供試体がモールドによって作成されるため、骨材が動きにくくなっているためと考えられる。
- ・各断面の間隙率を上部・中部・下部の3つに分けて見た場合、ローラーコンパクターによって締め固めた場合、上部の間隙率が大きいのは十分締め固められていないためと考えられる。粗粒度アスコンについては中部より下部、下部より上部の間隙率が大きいのは十分締め固められていないためと思われる。自動ランマーによって締め固めた場合、上部・下部より中部の間隙率が若干小さいのは中部の締め固めの度合いが大きいと考えられる。
- ・ローラーコンパクターで締め固めたものについて、ニーディングをかけたものとかけないものとは全体の間隙率についてあまり変化がみられないが、上部・中部・下部に分けてみた場合、ニーディングをかけたものの方が、特にポーラスアスコンについて上部と下部の差が小さくなる。これは、供試体作成後も荷重をかけることによって骨材が動き、一様に締め固まったためと思われる。

6. おわりに

断面の状態をイメージスキャナで読み込むことによって、間隙の状態を定量化および視覚化することができた。今後の研究課題としては、①各3mmピッチ断面での連続間隙の大きさの把握、②アスファルトの量・種類および配合を変化させた場合の間隙状況の相違についての解析、③3mm厚のスライス片の両断面の連続間隙のデータによるスライス片内部の間隙状態の推測、④3次元的な連続間隙の推測、⑤混合物内部の間隙の分布状況が、低騒音性と透水性にどのように影響するか、などが挙げられる。これらについては、引き続き解析を行っていく予定である。