

V-28

ポラスアスファルト混合物の間隙分布形状に関する研究

北海道大学工学部	学生員	池崎 直樹
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	上島 壯

1. はじめに

従来、アスファルト混合物内部の間隙については定量的な指標としてその量、独立及び連続間隙の存在やその割合等に関する研究がなされてきたが、質的な指標としての混合物内での間隙の分布やその大きさ・形状についてはほとんど知られていなかった。本研究においては間隙率が高く透水性・低騒音性にすぐれているため、近年急速に脚光を浴び始めたポラスアスファルト混合物を対象として、配合・締固め方法の異なる供試体の内部の間隙を調べ、その分布・形状等が、それらの機能にどのような影響を及ぼしているかについて解析を行った。

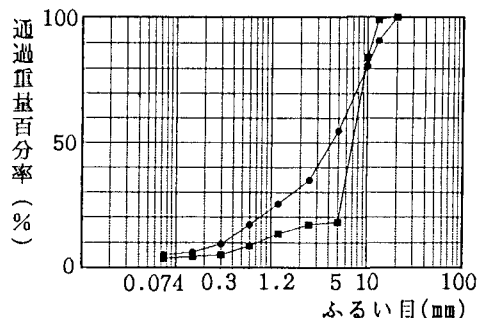


図1 合成粒度曲線

2. 測定・実験方法及び手順

混合物内部の間隙の形状等を調べる方法としては、X線カメラやNMR等により供試体の内部を透視して調べる方法、実際に供試体を薄く切断して断面を調べる方法などが考えられるが、本研究においては比較的容易に行える後者の方法を採用した。すなわち、切断の際に間隙が潰れるのを防ぎさらに間隙形状を見やすくするために供試体の内部に着色したエポキシ樹脂を充填した後、その供試体をダイヤモンドカッターを用いて薄片に切断し、その薄片の断面での間隙に充填したエポキシ樹脂の形状を調べることにした。(図2)

2-1 供試体作成法について

2-1-1 供試体の配合および締固め方法

作成した供試体の配合を図1に示す。(a)はいわゆるポラスアスファルト混合物で、(b)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供試体と、ローラーコンパクターによって締固めたホイール

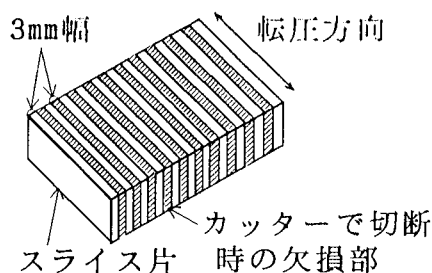


図2

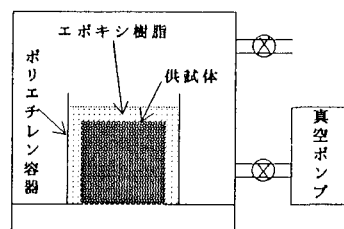


図3 真空充填法

Characteristic of void distribution in porous asphalt mixtures

by Naoki IKEZAKI, Kenji HIMENO, Kinji MASUDA, Tsuyoshi KAMISHIMA

トラッキング試験用供試体を、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。

2-1-2 エポキシ樹脂の充填法について

本研究ではエポキシ樹脂の充填に真空置換法を用いた。この方法は供試体を図3のような容器に入れてその中に液状のエポキシ樹脂を注入し、その後容器ごと真空機に入れ内部の空気を抜き真空状態にする。この際供試体内の空隙の空気が外に出、代わりにその空隙にエポキシ樹脂が入る。供試体内の空気が抜けた後、充填したエポキシ樹脂が硬化した後容器から取り出す。

2-1-3 試験片の作成

切断方向はローラーコンパクターによるものはその転圧方向、ランマーによるものはその締め固め方向に平行な面とした。切り出した試験片の厚さは3mmとした。これはダイヤモンドカッターの刃の厚さが約3mmであり、試験片の表、裏の断面との連続性を考えたからである。

2-2 空隙データの作成

試験片断面(図4)のオレンジ色の部分、すなわち連続空隙の部分イメージスキャナ(EPSON:GT-6000)で読み込み、その画像データ(図5)をパーソナルコンピュータ(NEC:PC-9801DA)に記録させた。

2-3 透水試験・吸音試験

2-1-1の方法で作成したホイールトラッキング試験用供試体を用いて、室内定水位透水試験及び管内法による吸音試験を行い、透水係数と各周波数における吸音率を調べた。

3. 解析手法

3-1 解析理論

本研究において空隙形状の解析に、最近都市のライフラインや路面のプロファイル等の研究に用いられているフラクタルという幾何学理論を用いた。これは自己相似性などから物体などの形状の"複雑さ"をフラクタル次元という1つの数値で表現するもので、その数値が大きければその物の形状は複雑であるといわれている。

3-2 解析アルゴリズム

フラクタル次元の算出にはいくつかの実用的な方法が知られているが、今回は、粗視化の度合を変え

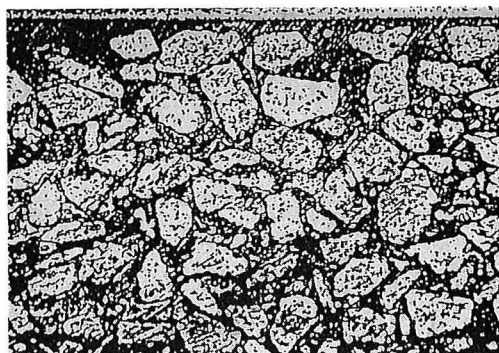


図4 供試体断面

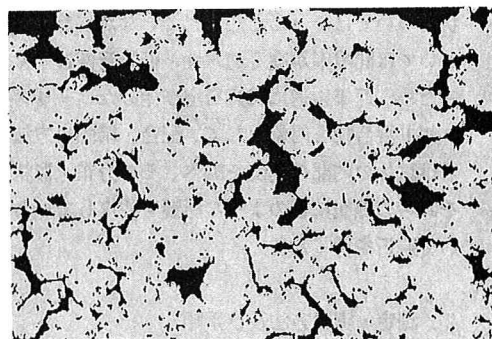


図5 画像データ

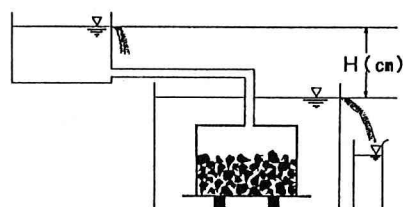


図6 室内定水位透水試験法

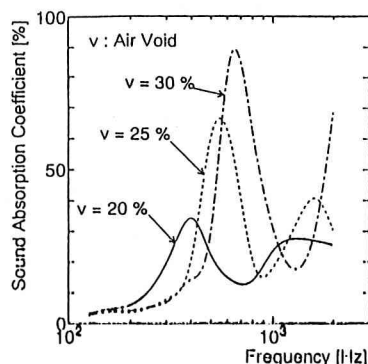


図7 空隙率の異なる場合における吸音率の変化

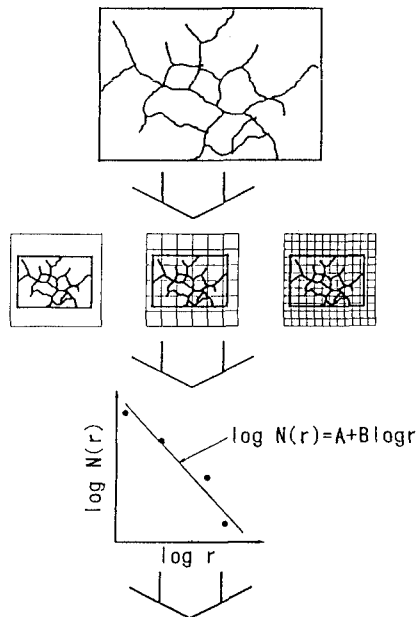
る方法の1つである Box Counting 法を用いた。これは、
 間隙の画像を1辺が r の正方形に分割して覆ったときに、
 その内部に間隙を含む正方形の個数 $N(r)$ を数え上げ、
 $\log r$ と $\log N(r)$ の間に、 $\log N(r) = A + \log r$ なる関
 係があるとき、フラクタル次元 D は、 $D = |B|$ により求
 めることができる。本研究では、2-2で作成した間隙の画像
 データを用いてパソコン内部で Box Counting をシミュレ
 ートして、フラクタル次元を求めた。

4. 解析結果

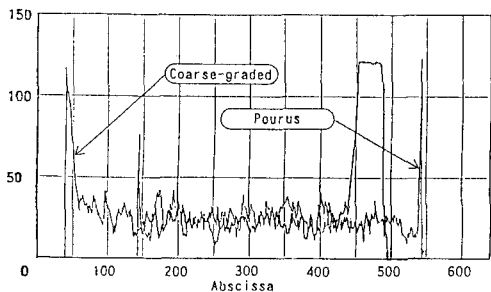
間隙分布については0.25mmごとにとり、中央付近での値
 による比較を図9に示す。またフラクタル次元は供試体の
 ほぼ全断面について、約1.4~1.7までの数値が得られた。
 その結果は図10に示す。

4-1 配合の異なる供試体について

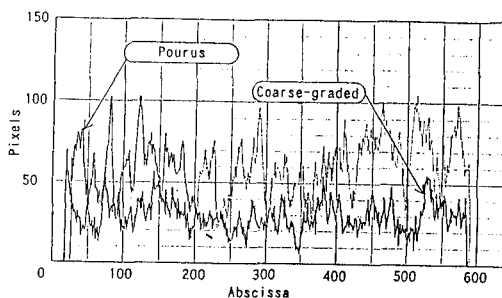
アスファルト混合物の配合の違いによる分布形状の違い
 は打撃によるものの横方向以外は差がみられた。フラクタル
 次元は、ローラーコンパクターによって締め固めた供試体
 については、ほぼ全ての断面でポーラスアスファルト混合
 物の値は粗粒度アスファルト混合物の値より大きいことが
 わかった。また3mmピッチの断面におけるフラクタル次元は、
 ポーラスアスファルト混合物においては、ローラーコンパ



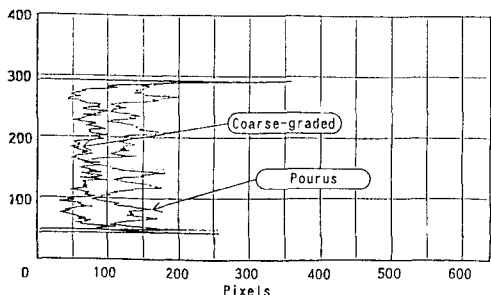
$$\text{フラクタル次元} : D = |B|$$



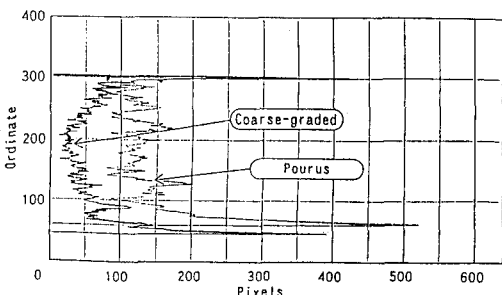
打撃・横方向



ローラーコンパクター・横方向



打撃・縦方向



ローラーコンパクター・縦方向

図9 間隙分布の変化(配合別)

クターによるものも打撃によるものも、大きな変動はみられない。一方、粗粒度アスファルト混合物では、ローラーコンパクターによるものの縦方向の分布に特徴がみられる。フラクタル次元は端部から3〜4ピース（約15〜24mm）の間に0.1ほどを減少あるいは増加をする他はあまり変動はないが、打撃によるものでは0.1近く変動していることがわかった。

4-2 締固め方法の異なる供試体について

間隙分布形状ではローラーコンパクターによるものの方が打撃によるものより配合による差が大きいことがわかった。フラクタル次元は、全体的にはローラーコンパクターによってランマーによって締固めした供試体は1.4〜1.6となり、ローラーコンパクターによる締固めした供試体では1.4〜1.5の値であったが、より0.1〜0.2ほど大きめの値となった。ポーラスアスファルト混合物ではほぼ全体的に0.1の差があり、粗粒度アスファルト混合物では打撃によるもののフラクタル次元の値の変動が大きく、差も0.05〜0.2と変動していることがわかった。

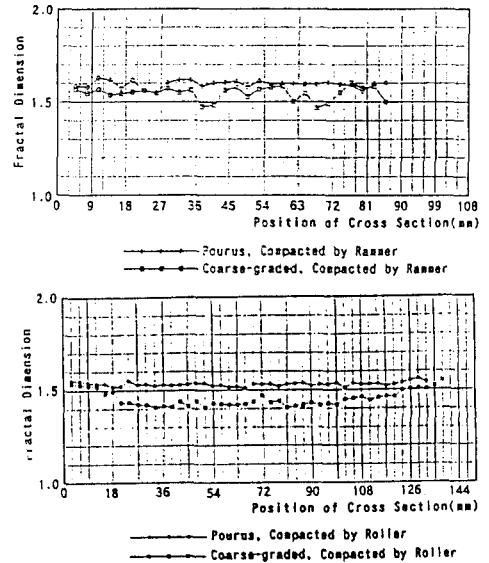


図10 各配合におけるフラクタル次元（締固め方向）

5. 考察

本研究において用いた方法によって測定されたアスファルト混合物内部の連続間隙の形状については、フラクタル次元は約1.4〜1.7までの数値が得られ、フラクタル的な性質が比較的強いことが明らかになった。これは、アスファルト混合物内の連続間隙は細かく入り組んだ形状をしているということがいえるものと思われる。この間隙形状の複雑さは透水性や吸音性。打撃で締固めたものは内部の骨材があまり移動しないといわれているが、供試体の大きさが小さく相対的に骨材の大きさが大きくなるためなどで内部の間隙の分布や形状に片寄りなどがあるものと思われる。ローラーコンパクターで締固めたアスファルト混合物では、供試体が大きくや転圧方法のため、内部の骨材の位置や方向が変わり、特に粗粒度アスファルト混合物では場所により間隙の分布や形状に変化が現れたと思われる。これらのことから、配合や締固め方法によってアスファルト混合物内部の間隙の分布や形状が変化することが明らかになった。

6. おわりに

本研究においてアスファルト混合物内部の間隙は配合・締固め方法によって間隙率はもちろんのこと、間隙の分布や形状も変化することが明らかになった。そのため従来は量的な“間隙率”のみで論じてきたアスファルト混合物にも間隙の分布や形状、大きさ・方向などの“質的な”要因も大きく関わっているものと思われる。

今後の研究の課題として、同一の配合で骨材の偏平率を変えたものやアスファルト量を変えたものも対象にし、解析対象も間隙の大きさ・方向、さらに骨材の形状や大きさなどをに広げ、将来的には三次元的な解析を目指して研究を続けていきたいと思う。

参考文献

高安秀樹：フラクタル、朝倉書店