

排水性混合物における骨材充填と空隙分布に関する一考察

福田道路(株)技術研究所 正会員 ◎水野 卓哉
同 上 正会員 原 富男
同 上 正会員 帆 莉 浩三

1：本研究の概要

排水性舗装の騒音低減・排水等の機能性は、舗装体内の空隙の存在により発揮される。これら舗装体内の空隙の存在は、排水性舗装の機能性に対して極めて大きな影響を与えるものである。排水性舗装の空隙状態は使用する粗骨材の粒径・形状・配合率などにより決定されるため、排水性舗装の空隙状態の検討に当たっては、粗骨材の充填状態と空隙分布との関係を把握する必要がある。

本研究では、等大球の理論充填による空隙特性と、実際の排水性混合物による空隙特性の両者について検討を行い、排水性混合物における骨材充填と空隙分布について考察したものである。

2：等大球の理論充填における粒径が与える影響について

等大球の理論充填には以下の5種類の幾何学的充填方法がある。

- (1) simple cubic packing (空隙率 47.6%)
- (2) cubical tetrahedral (空隙率 39.5%)
- (3) tetragonal sphenoidal (空隙率 30.2%)
- (4) pyramidal packing (空隙率 26.0%)
- (5) tetrahedral packing (空隙率 26.0%)

まず最初に各充填方法による充填特性を考察するために、球の直径を5.6号碎石の中心粒径に相当する16.5, 9mmとした場合の、各充填方法による等大球の積み重ね数と、サンプル厚さ(積み重ね高さ)を計算したものを図-1に示す。

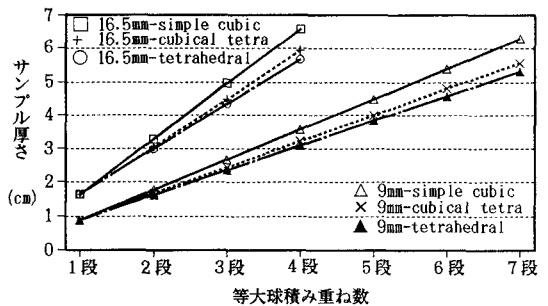


図-1 等大球の積み重ね数とサンプル厚さとの関係

これより一般的な舗装厚さ(5cm)を想定した場合、最密充填では5号碎石において3.5段程度、6号碎石において6.5段程度となることが分かる。

次に上記に示した理論充填空隙率は、等大球が無限に積み重ねられた場合の値であり、図-2に示すような薄層の理論充填モデルでは、モデルの中間部においては理論充填空隙率となるが、モデルの上端及び下端は理論充填空隙率とはならず、薄層理論充填モデルの全体空隙率は、理論充填空隙率よりも大きな値を示すこととなる。そこで薄層理論充填モデルにおいて上・下端部の空隙率が、モデル全体の空隙率に与える影響を考察するために、等大球の積み重ね数とモデル全体の空隙率を計算したものを図-3に示す。

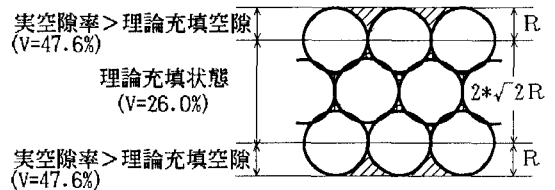


図-2 薄層な理論充填モデルの層別空隙状況 (pyramidal packingの場合)

これより等大球の積み重ね数が少なくなるにつれて、モデルの上・下端部の空隙率の影響を大きく受けるようになり、モデル全体の空隙率は大きな値を示すこととなる。図-2を例とすると、モデルの上・下端部の空隙率は47.6%となるため、モデル全体の空隙率は図-3より34.9%となり、理論充填空隙率である26.0%と比較して8.9%の差を生じていることが分かる。

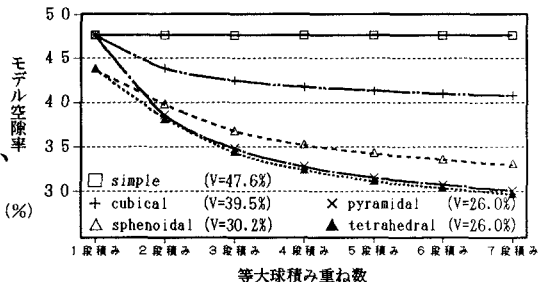


図-3 薄層理論充填モデルの等大球積み重ね数と空隙率との関係

3：排水性混合物の空隙率分布について

次に実際の排水性混合物における空隙特性を把握するために、骨材粒径と設定空隙率を変化させた供試体に対し、各供試体の深さ方向に対して上層部・中層部・下層部の空隙率の分布状況を調べた。その結果を図-4に示す。

これより供試体上層部および下層部の空隙率は、供試体中層部に対し、約2～10%程度大きくなっており、また供試体の全体空隙率に対し、供試体中央部の空隙率は約3～5%程度小さくなっていることが分かる。

次に骨材粒径を一定とし、供試体厚さを変化させた供試体に対し、供試体の深さ方向に対して各層の空隙率の分布状況を調べた。その結果を図-5に示す。

これより各供試体とも供試体中央部の空隙率はほぼ一定な値を示しており、供試体上層部及び下層部の空隙率より2～10%程度小さくなっていることが分かる。また供試体全体空隙率の値は、供試体厚さが大きくなるに従って（粗骨材の積み重ね数が多くなるに従って）小さくなっていることが分かる。これは前述の薄層理論充填モデルと同様である。

4：舗装厚を考慮した配合設計について

上記より排水性舗装の施工において、設計舗装厚さが小さくなるにつれて、従来までのマーシャル供試体による空隙率算出結果と、実際の施工空隙率との差が大きくなってしまふことが予想される。

そこで同一な配合条件の薄層排水性混合物の供試体厚さと供試体空隙率の関係を図-6に示す。これより従来のマーシャル供試体による供試体空隙率の値に対し、実際の現場での施工厚さ(2cm程度)による空隙率は、約5%程度大きくなってしまふことが分かる。

これより薄層排水舗装の空隙率設定においては、現状のマーシャル供試体によるかさ密度からの空隙率算定だけではなく、施工厚さに即した空隙率の検討も加味する必要があるものと考えられる。

また排水性混合物の機能性と空隙特性の検討に関しては、これまでの供試体全体の空隙率（連続・単独空隙率）の検討に加えて、舗装体中層部の空隙率の検討も加味して行わなければならないと思われる。さらに空隙の連続性や空隙の屈曲度、骨材粒度による連続空隙長の検討、さらに空隙の大きさ（空隙径）の検討など、総合的な諸特性に対して検討を行わなければならないものと考えられる。

5：結 論

- (1)排水性混合物における空隙分布状態は混合物の深さ方向により異なり、舗装体中層部の空隙率は舗装体全体の空隙率よりも3～5%程度小さくなっていることが分かった。
- (2)薄層排水性混合物の空隙率設定では、マーシャル供試体を用いた空隙率の算定だけではなく、施工厚さに即した空隙率の検討も考慮しなければならないものと思われる。

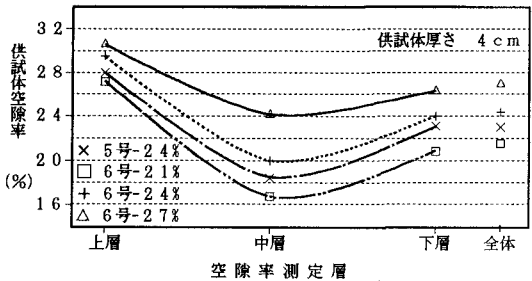


図-4 排水性混合物の深さ方向における空隙分布状況-1

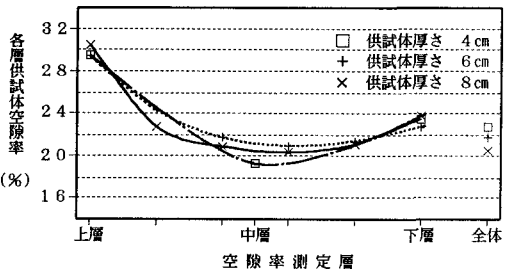


図-5 排水性混合物の深さ方向における空隙分布状況-2

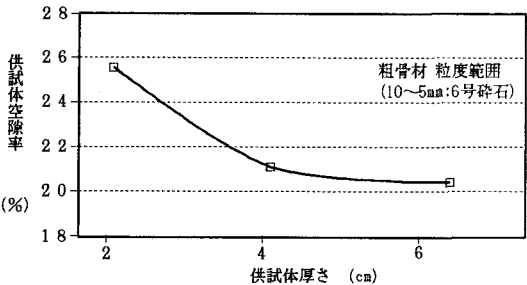


図-6 薄層排水性混合物の供試体厚さと供試体空隙率との関係