

**X線CTを用いたポーラスアスファルトへの補修材充填状況の評価方法に関する基礎研究**

近畿大学 正会員 ○麓 隆行 昭和瀝青工業 足立 明良  
 西日本高速道路 正会員 大原 基憲 昭和瀝青工業 正会員 上坂 憲一  
 西日本高速道路 正会員 本松 資朗

**1. はじめに**

ポーラスアスファルト舗装を長期供用することにより、ひび割れや骨材飛散といった劣化現象が起こり、補修が必要となる。その補修工法の1つとして、低粘度のエマルジョンを路面から流し込む浸透型補修材散布工法がある。この工法では補修材の充填状況の把握が重要となるが、これまで十分な情報が得られなかった。そこで非破壊で内部観察を行えるX線CTを用いて、得られた模擬試験体内部の3次元画像への解析から、補修材の充填状況の把握を試みた。

**2. 実験方法**

ポーラスアスファルト骨材間隙を明確にする目的で、6号砕石を95%、石粉を5%、アスファルトを3.8%の比率で配合した空隙率25.4%の試験体(径100mm、高さ66.2mm)を使用した。近畿大学所有のX線CT<sup>1)</sup>を使用し、直径100mm、高さ60mm程度を撮影範囲とした。まず補修材充填前の状態でX線CTによる撮影を行った。その後、空隙中に補修材を十分に浸透させるため、底から15mmの高さまで補修材を入れたプラスチック容器に試験体を浸漬させてX線CTでの撮影を行った。次に試験体の側面から30mmの高さまで補修材を注入した後にX線CTでの撮影を行った。最後に試験体上端面から補修材を流し込み、容器側面から見て45mmの高さまで充填した後、X線CTでの撮影を行った。各撮影条件を表-1に示す。撮影した画像を高さ5mm毎に切り取り、各層のCT値のヒストグラムを算出した。CT値とは、空気を-1000、水を0と表した際の対象物質のX線吸収係数の相対値である。ここで、ヒストグラムは骨材、アスファルト、補修材、および空隙の各材料が対象とする空間の中に存在するvoxel数を示している。そこで各材料のヒストグラムを標準正規分布に従うとして試験体のヒストグラムから推定し、フィッティングにより空間内の材料の体積比率を推定した。

表-1 X線CT撮影条件

充填高さ(mm)	0	15, 30, 45
管電圧(kV)	150	160
管電流(μA)	70	70
ビニング	2×2	2×2
プロジェクション	1500	1500
mm/pixel	0.122591	0.122591
フレーム/秒	5	5

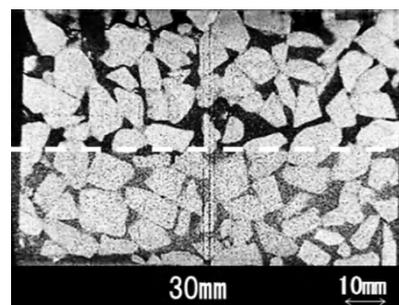


図-1 充填高さ30mmでの断面画像

**3. 実験結果**

30mmまで充填した状態について撮影した画像の一例を図-1に示す。図中の白い部分ほど高いCT値を示している。点線部分まで黒い空隙部分に灰色の補修材が充填されていることが確認できた。

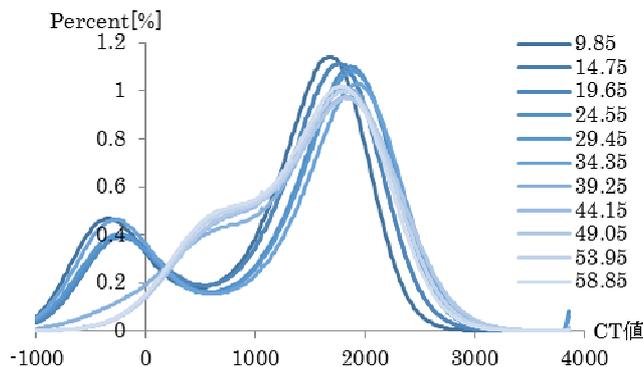


図-2 充填高さ30mmのCT値のヒストグラム

そこで、高さ5mm毎にCT値のヒストグラムを算出した結果を図-2に示す。CT値と密度との相関は強いが、空隙では、アスファルトや骨材界面でのX線の回折や散乱等によりCT値が高い方へシフトした。すなわち、3つのピークのうちの左が空隙、中央が補修材(密度 1.020 g/cm<sup>3</sup>)やアスファルト(密度 1.036 g/cm<sup>3</sup>) (以

キーワード ポーラスアスファルト, 補修材, 空隙, 充填, X線CT

連絡先 〒577-8502 大阪府東大阪市小若江3-4-1 近畿大学理工学部社会環境工学科 TEL06-4307-3557

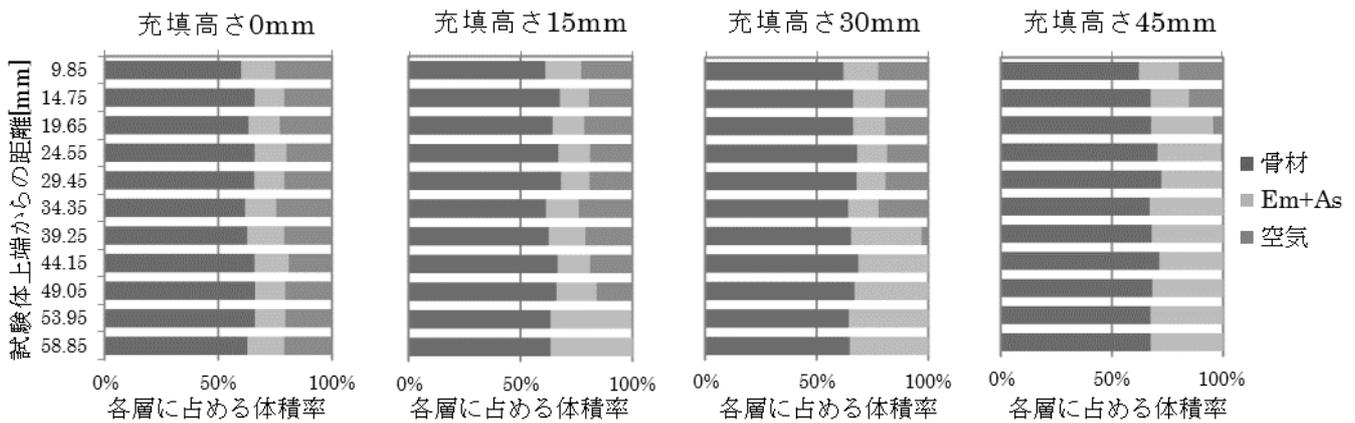


図-3 高さ 5mm 毎の試験体に占める各材料の体積率

下, Em+As と略す), 右が骨材 (密度 2.752 g/cm<sup>3</sup>) を示すと考えられる。

図-2のヒストグラムより, 各材料の標準正規分布の平均と標準偏差を推定した。図-2は空隙, Em+As, 骨材の3つ標準正規分布を合成したヒストグラムであることから, フィッティングにより各材料のヒストグラムの適当な比率を算出した。算出した3つの分布の面積の比率は, 計測領域に存在する各材料の体積比を示していると考えられる。上記の手法で高さ 5mm 毎の体積率を算出した結果を図-3に示す。充填高さ 15mm の場合では, 充填前に空隙だった部分が, 下端から 53.95mm まで Em+As に置き換わっている。充填高さ 30mm では, Em+As に置き換わっている層が 39.25mm まで達した。さらに, 充填高さ 45mm では 19.65mm まで上昇していた。この事から補修材が充填されている状況を提案した手法により確認することができた。

ここで, 充填前における Em+As は, 混合物製作時のアスファルトと考えることができる。よって, 充填後の Em+As の体積率から, 充填前のそれを差し引くと補修材のみの体積率が算出できると考えられる。求めた試験体空隙中の補修材充填率の推移を図-4に示す。補修材が充填されていると考えられる範囲では 100%, 補修材充填高さの上端が計測範囲内である場合は, その高さで S 字変化となった。これにより, 充填高さ 15mm では底面から 15mm 程度, 充填高さ 30mm では底面から 25mm 程度, 充填高さ 45mm では底面から 35mm 程度まで充填されていることが確認できた。また, 充填高さ 45mm では, 充填高さ 30mm の場合に比べて, 上面からの深さ 9.85~29.45mm では 10~95%程度の補修材が存在した。これは, 上面からの散布により, 粒子表面に補修材が付着したことを示すと考えられる。なお, 値のばらつきは, 撮影時, 計測範囲およびフィッティング等の誤差と考えられる。以上の結果により, 空隙部分に補修材が充填されている状態をより詳細に確認でき, 適切な補修材の充填状況の評価ができることが示唆された。

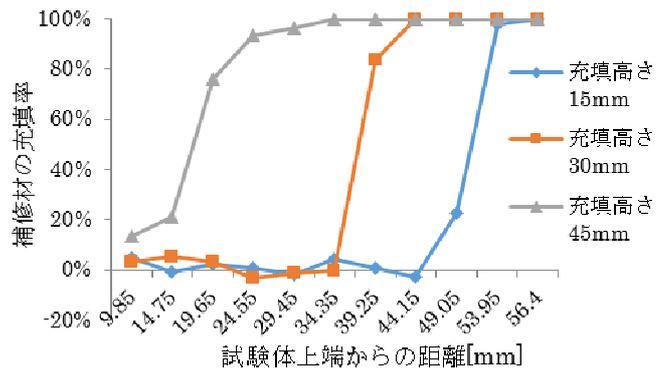


図-4 試験体空隙中の補修材充填率の推移

#### 4. まとめ

- (1) X線 CT の撮影画像から, 補修材の充填状況を確認することができる。
- (2) 試験体の高さ毎に CT 値のヒストグラムを算出し, それを各材料の正規分布を合成したものと仮定し, フィッティングさせることにより, 試験体の高さ毎の各材料の体積率を算出することができる。
- (3) 補修材と空隙の体積率を比べることにより各層の補修材の充填率を把握することができる。

参考文献 1) 麓隆行: 新しい機構の X 線 CT の開発とポリマーコンクリートの圧縮試験への適用, 土木学会論文集 E2, Vol. 69, No. 2, pp.182-191, 2013.4