

# (V-41) X線CTを利用したアスファルト混合物のモデリング手法の構築

|         |     |        |
|---------|-----|--------|
| 中央大学    | 学生員 | ○北田 靖典 |
| 中央大学大学院 | 学生員 | 泉谷 隆志  |
| 中央大学    | 正員  | 樫山 和男  |
| 鹿島建設(株) | 正員  | 宇尾 朋之  |
| 熊本大学    | 正員  | 菅原 勝彦  |
| 熊本大学    | 正員  | 尾原 祐三  |

## 1. はじめに

著者らはこれまでマルチスケール法的一种である均質化法に着目して、アスファルト混合物の応力解析手法について提案してきた<sup>1)</sup>。そして、この手法を配合設計や道路舗装設計の一助とするためには、微視構造をより正確にモデル化することが重要であることが明らかになってきた。

本報告は、X線CTを用いてそれから得られる画像データに空間フィルタリング手法を施し、微視構造のモデリングを正確に行う手法を提案するものである。そして、本モデルの妥当性を検討するため、応力緩和解析を行い画像処理手法が巨視的応力に与える影響について検討を行った。

## 2. X線CT

X線CTは、Hounsfieldにより1972年に開発された。その後、医療検査の分野で発展した技術であり、被検体の密度差を利用した手法である。

通常のX線写真は、X線が進んだ経路全体でのX線吸収の様子を写真の濃淡として表示した影絵である。これに対してX線CTは、様々な角度から得た影絵(情報)を測定し、デジタル処理を施すことにより被検体内部の可視化を可能にする技術である。

図-1は、X線CTスキャナーToscaner-23200mini(熊本大学所有)であり、表-1にその性能を示す<sup>2)</sup>。

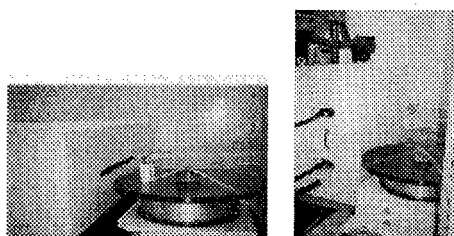


図-1 Toscaner-23200mini(熊本大学所有)

表-1 X線CTスキャナー(熊本大学所有)

|        |                        |
|--------|------------------------|
| スキャン方式 | トラバース/ローテーション方式        |
| X線発生装置 | 300kV/200kV 2段階替式      |
| 検査対象   | φ400mm*H600mm, 100Kg   |
| スライス厚  | 0.5mm, 1mm, 2mmの3段階切替え |
| CRT画素数 | 512*512Pixels          |

なお本報告では、直径100mm、高さ50mmのアスファルト混合物の共試体に対して、検査対象φ150mm(1画素辺長0.293mm)、H50mm、スライス厚1mmでスキャニングを行ったデータを用いている。

## 3. 画像処理

本研究では微視構造作成の際、空間フィルタリング手法<sup>3)</sup>として移動平均法とMedianfilter法を用い、モデリングを行った。以下に簡単に両手法について述べる。

### (1) 移動平均法

・あるPixelのしきい値をそのPixel近傍の平均値に置き換えることにより雑音を取り除き見やすくする方法。どのPixelに対しても同様に平均化しているため境界がなまる特徴がある。

### (2) メディアンフィルタ

・あるPixelのしきい値を置き換える際、まずそのPixel近傍の奇数領域を考える。次にその領域におけるメディアン値を抽出し置き換える方法。Medianfilter法は移動平均法に比べ、雑音低減の効果が大きい、小さな濃度値の変動を評価できるといった利点がある。

## 4. アスファルト混合物のモデリング

X線CTにより得られたアスファルト混合物の断面画像から、3次元の画像データを作成する手法について述べる。

(1) X線CTから得られた画像データ(RAW形式)をAdobePhotoShop4.0J(Adobe System Inc.)を用いることにより、ファイル形式を異なる機種間のデータ変換に適しているTIFF形式に変換する。

(2) アスファルト混合物の断面画像データは、内部に混在する材料のしきい値が247から255(黒)に偏っているためその部分の抽出をする(図-2)。

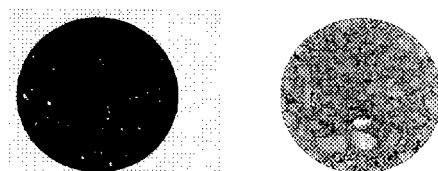


図-2 アスファルト断面画像

(3) ImageP C(National Institutes of Health)を用いてTXT形式に変換し、入力データを作成する(図-3)。

Keywords: X線CT, モデリング, アスファルト混合物, 均質化法  
〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 Tel:03-3817-1815

- (4) 微視構造のモデリングに必要な解析領域、アスファルト含有率、中間層の枚数をデータとして入力する。  
 (5) 線形補間により中間層を作成する(図-4)。

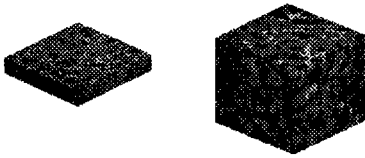


図-3 入力データ

図-4 中間層作成後

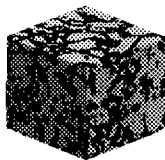
- (6) 移動平均法, Medianfilter 法といった空間フィルタリング処理を行う。  
 (7) アスファルト含有率からしきい値の2階調化を行い、積み重ね3次元データを作成する。

3次元画像データを Noesys1.0.2(Fortner Reserch LLC.)により HDF 形式のファイルに変換し, T3d(Fortner Reserch LLC.)を用いて可視化する。

本研究で用いたアスファルト混合物の配合を表-2に示す。骨材粒径2.36mm以上のものを骨材, それ以外はアスファルトモルタルと仮定すると, アスファルトモルタル分の比率は47.5%となる。図-5に40\*40\*40mmのモデリング領域の一边を120分割したモデリング例を示す。したがって, 鉛直方向にはスライス厚1mmの間に2つの中間層を挿入することになり, 水平方向には1画素辺長0.293mmから0.3mmに補間手法を用いて変換を行う必要がある。

表-2 配合表

|          | 配合割合  | 密度( $g/cm^3$ ) | 粒径(mm)       |
|----------|-------|----------------|--------------|
| 6号砕石     | 31.8% | 2.735          | 2.36 - 19.0  |
| 7号砕石     | 19.7% | 2.740          | 0.60 - 13.2  |
| 粗目砂      | 19.1% | 2.670          | 0.075 - 4.75 |
| スクリーニングス | 9.1%  | 2.727          | 0.075 - 4.75 |
| 細目砂      | 6.4%  | 2.695          | 0.075 - 4.75 |
| 石粉       | 4.5%  | 2.711          | 0.075 - 0.60 |
| アスファルト   | 5.5%  | 1.042          |              |
| 空隙       | 3.9%  |                |              |



移動平均法



MedianFilter 法

図-5 アスファルト混合物のモデリング

## 5. 応力緩和解析

数値解析例として, アスファルト混合物を固体(骨材) - 流体(アスファルトモルタル)の混合体からなる粘弾性体と仮定し, 一軸圧縮による応力緩和解析<sup>1)</sup>を行った。なお, 巨視構造には簡単のため円柱共試体( $\phi 100mm$ ,  $h200mm$ )の1/4モデル, 微視構造には周期領域の1辺を10mm, 20mm, 30mm, 40mmとした4ケースについて, 移動平均法とMedianfilter法でそれぞれ処理を行い, 1画素辺長1mmに変換した合計8ケースのモデルを用いている(図-6)。

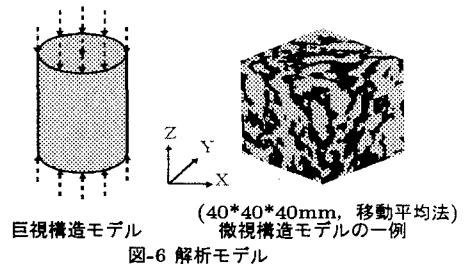


図-6 解析モデル

X線CTから得られたアスファルト混合物の画像データに対する平滑化処理の違いが, 巨視的応力に及ぼす影響について比較検討した(図-7)。Medianfilter法を用いたモデルは移動平均法を用いたモデルに比べ, 隣接した骨材間の分離が明確となり, 骨材間のアスファルトに生じる応力が低くなる影響から巨視的応力も若干低い結果となっている。また, 処理方法によらず周期領域が大きくなるほど, 軸方向応力が収束していく傾向が得られ, 周期領域の大きさには骨材の最大粒径の約2倍(30mm)以上で十分といえる。

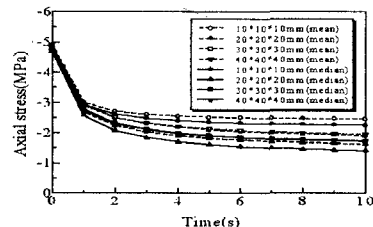


図-7 処理方法による比較

## 6. おわりに

本報告ではX線CTを用いて得たアスファルト混合物の画像データに画像処理を行うことにより, より正確に内部微視構造をモデリングする手法を構築した。また, 本モデルの妥当性の検討のために応力緩和解析を行い, 以下の結論を得た。

- (1) X線CTから得られるデジタルデータを利用することにより, 従来難しかったアスファルト混合物の内部微視構造のモデル化が可能となった。
- (2) 周期領域の大きさは, 骨材の最大粒径(13.2mm)の約2倍(30mm)以上とすると, 巨視的な軸方向応力に収束傾向が見られ十分であるといえる。

今後は, 直交関数を用いてスペクトル領域でフィルタリング操作を行い, より正確なモデリング手法の構築を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 泉谷隆志, 宇尾朋之, 樫山和男, 寺田賢二郎, X線CTによる均質化法に基づいたアスファルト混合物の粘弾性解析, 理論応用力学講演会講演予稿集, 1999(印刷中)
- 2) 菅原勝彦, 尾原祐三, 青井崇浩, 小島隆輔: X線CTによる岩石透水現象の可視化, 岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp341-346, 1998
- 3) 谷口慶治: 画像処理工学一基礎編一, 共立出版, 1996