

CS-214

X線CTによるアスファルト混合物の可視化とモデリング手法の構築

鹿島建設 (株)	正員	○宇尾 朋之
中央大学	正員	檜山 和男
熊本大学	正員	菅原 勝彦
熊本大学	正員	尾原 祐三
東北大学	正員	寺田賢二郎

1. はじめに

複合材料の力学的特性を捉えるための数値解析手法の一つとして、マイクロメカニクス理論に基づく均質化法がある。著者らはこれまで粘弾性体の構成則に均質化法を適用することで、内部微視構造の力学特性を考慮に入れた数値解析手法を提案した。また、それを用いることによりアスファルト混合物の定性的な力学特性を捉える事を示した¹⁾。しかしながら定量的な力学特性を捉えるためには、正確に内部微視構造を表現できるモデリング手法が必要となる。

本報告はX線CT(Computed Tomography)を用いることでアスファルト混合物の内部を可視化し、さらにそのデータに画像処理を行うことで均質化法による粘弾性解析のための微視構造モデリングを行うための手法について述べるものである。

2. X線CT

今回用いたX線CT²⁾は、熊本大学が所有する東芝製TOSCANER-23200である。X線管と176個の検出器は、同一水平面状に固定されており、上下方向に移動する。一方、試験体はターンテーブルの上に設置され、必要な並進と回転を行う。また断層の厚さは、視準儀により、0.5mm, 1.0mm, 2.0mmの3通りに可変となっている。また、投影領域は、15cm*15cmと40cm*40cmの2通りが選択できるが、表示画素数はどちらも512*512となっている。図-1に用いたX線CTスキャナーを示す。



図-1 TOSCANER-23200

3. アスファルト混合物のモデリング

X線CTにより得られた平面画像を、3次元の画像データに変換する手法を次に述べる。図-2にフローチャート

を示す。まず、X線CTにより得られたRAW形式のデータをAdobe Photoshop 4.0J(Adobe System Inc.)およびPaintshop pro 4.20J(JASC.Inc.)を用いてTIFF形式のデータに変換する。ここでImage PC(National Institutes of Health)により任意断面のBinaryデータをAsciiデータに変換する。ここで得られたAscii形式のデータは、0から255の番号を持ったファイルとなっている。そのため数字の違いにより各ピクセル要素が何の材料かを知ることが可能となる。これにより材料情報を持ったボクセル要素が得られ均質化法を用いた粘弾性解析に有用であると考えられる。さらに得られたAsciiデータをNOeSYS 1.0.2(Fortner Reserch LLC.)により、HDFファイルに変換する。それを最終的にT3D(Fortner Reserch LLC.)により画像に変換することで3次元の画像ファイルが得られる。(図-3)

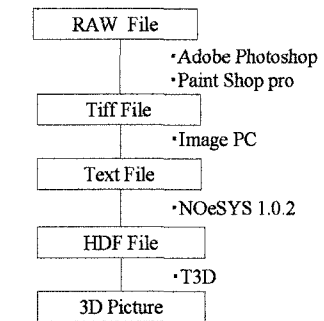


図-2 フローチャート

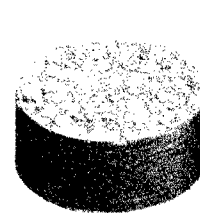


図-3 三次元画像

次に、X線CTに用いたアスファルト混合物の材料配合の割合と得られた数値データの材料配合の割合を合致させるために、データ処理を行った。用いたアスファルト混合物は、試験用道路に舗装された表層部分であり、密粒度アスコンである。なお6号砕石、7号砕石は共に硬質砂岩、またアスファルトは、ストレータアスファルト(40-60)のやや堅めのものである。用いたアスファルト混

Keywords: X線CT, モデリング, アスファルト混合物
〒107-8477 東京都港区元赤坂1-3-8 Tel:03-3404-5411

表-1 材料条件

	配合割合	密度 (g/cm^3)	粒径 (mm)
6号碎石	31.8%	2.735	2.36 - 19.0
7号碎石	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%		

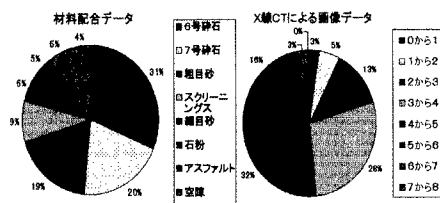


図-4 材料条件比較図

合物の材料条件を表-1に示す。またX線CTから得られた数値データと材料配合データの比較を図-4に示す。X線CTから得られた数値データは内部物質の密度の違いによりRGBで0から255の数値で示される。ここでアスファルト混合物の場合表-1に示されるように、内部物質の密度が非常に近いことからすべてのピクセルの数値が0から10の間に入ってしまうため、その判別は非常に難しい。そのためX線CTによって得られた数値データが、どの材料に相当するのかを慎重に選ぶ必要があることが分かる。

例えば0-2をアスファルトモルタルとすると、細かい砂礫を含むアスファルトの割合が17%となり、実際の材料においてはおよそ（アスファルト+石粉+細目砂）に相当する。また0-3を選んだ場合、その割合が43%となり、さらにスクリーニングス、粗目砂をふくんだ部分に相当する。このことから、さらに検討を進めるため0-2及び0-3をアスファルトモルタルとした場合の3次元可視化を行い、画像を用いて比較検討した。（図-5）。

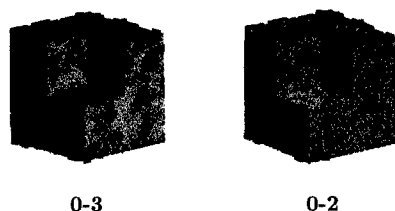
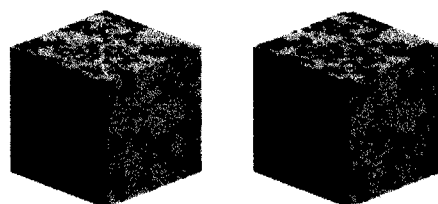


図-5 3次元可視化例

図-5から選んだ数値の違いにより画像において大きな差異がでることから、数値データの選択は慎重に行うと共にさらなる検討が必要である。

4. 画像処理

前節までに3次元の画像データを得ることが可能となったが、さらに骨材を正確に表現するために画像処理技術（平均化処理および、線形補間³⁾）を用いる必要がある。ここで行った平均化処理は、先に行った2値化処理



処理前

処理後

図-6 平均化処理

において骨材内部にアスファルト混合物が混じっていたり、非常に細かい骨材が存在する場合にその部分をまわりになじませる方法である。図-6に平均化処理前、処理後の結果を示す。なおここで示した図-6は線形補間が施されている、またここでは数値データとして0-3をアスファルトモルタルとした場合を示している。ここではX線CTによって得られた画像がXY平面上では0.3mm毎のデータがあるが、Z軸方向に関しては1mm毎のデータしかないために線形補間を行っている。ここでは各層毎に上下面の2値化されたデータの差をとり、それを距離に関して線形補間を行うことでZ方向に関して0.3mm毎のデータを得ることが可能となる。

5. おわりに

本報告ではX線CTを用いてアスファルト混合物の画像データを取り、また画像処理を行うことで正確な内部微視構造をモデリングできる手法について提案し、次の結論を得た。

X線CTを用いることにより、従来難しかったアスファルト混合物の内部構造の可視化が可能となった。またピクセル単位で微視構造の材料に関する情報を得ることが可能となり、数値計算における有効なデータとなることが分かった。また簡単な画像処理を施すことで骨材を正確に表現でき、今後さらに画像処理を進めることでより正確なモデリングが可能と考えられる。しかしながら、アスファルト混合物のように各内部物質の密度が非常に近い場合、そのデータ処理には十分な検討を重ねる必要がある。

謝辞：本研究を行うに当たり、鹿島道路（株）には資料提供及び有益なご助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 宇尾朋之、樫山和男：内部構造を考慮したアスファルト混合物の粘弾性解析第41回日本学術会議材料研究連合講演会前刷集,p143-144,1997
- 2) K.Sugawara,Y.Obara,K.Kaneko,K.Koike : Visualization of three-dimensional structure of rocks using X-ray CT method ,Proc. of the 1st ARMS, Vol.2 Souel Korea,pp.769-774
- 3) 谷口慶治:画像処理工学-基礎編一, 共立出版, 1996