

粗骨材の形状と分布を再現したコンクリートのメゾスケールモデリングとその定量的評価

茨城大学 学生会員 ○升井 尋斗

茨城大学 学生会員 那須川 佳祐

茨城大学 正会員 車谷 麻緒

1. はじめに

建設材料として広く用いられているコンクリートは、メゾスケールで見ると、モルタルと粗骨材から構成される二相の非均質材料である。コンクリートに含まれている粗骨材の粒径分布・形状・充填率などの違いは、それぞれがコンクリートの力学特性に影響を及ぼすことが知られており、近年では数値的な検討が複数行われている¹⁾。これらの影響を数値解析により定量的に把握するためには、高精度かつ簡単にメゾスケールモデルを作成する手法が求められる。

車谷らはフェーズフィールド法を用いることで、複雑形状の粗骨材を有するコンクリートのメゾスケールモデリング手法²⁾を開発した。この手法は異なる粒度分布を持つメゾスケールモデルを簡単かつ大量に作成できる点で優れているが、生成した粗骨材モデルの形状や配置が実物と近いか定量的に評価できていない。

よって本研究では、同等の手法を用いて作成したメゾスケールモデルを実際のコンクリートと比較することで、モデリング手法の妥当性を検討する。具体的には、メゾスケールモデルと実物の断面画像から得られる粗骨材形状・充填率・断面積分布による定量的な評価を行う。

2. メゾスケールモデルの作成手法

図-1に示すように、3次元領域をボロノイ分割することによって粗骨材モデルを抽出する。データベース上に保存した粗骨材モデルを参照し、任意領域に粗骨材モデルが重ならないように配置することでメゾスケールモデルを作成する。様々な形状・大きさの粗骨材モデルを作成することで、粒度分布を操作できる。

3. 検証例題

作成したモデルと比較するために、図-2に示すようなコンクリートを作製し、実断面の画像を取得した。また、図-3に示すような同じ寸法のメゾスケールモデル

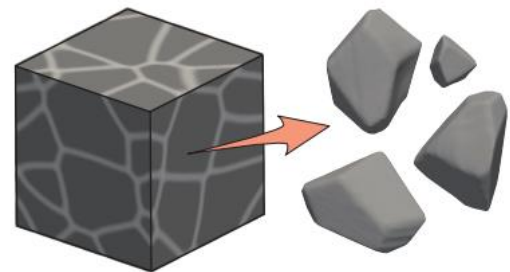


図-1 ボロノイ分割による粗骨材モデルの生成

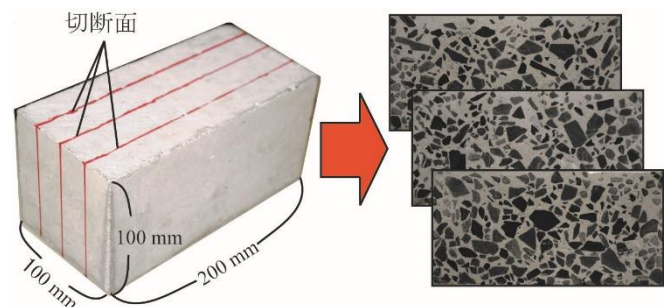


図-2 コンクリートと断面画像

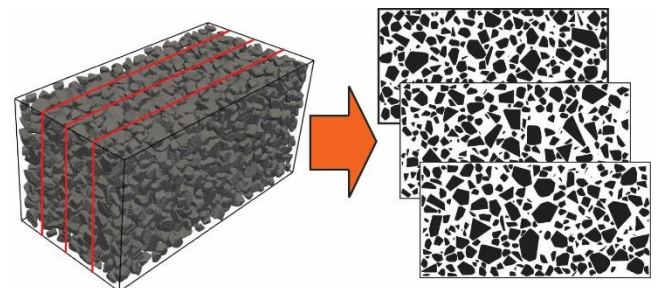


図-3 メゾスケールモデルと断面画像

ルを作成し、断面画像を取得した。コンクリートを作製するにあたって、材料に用いる粗骨材の重量を一粒ずつ測定した。また、測定した重量データを密度で除して体積に変換したデータを参照することで、メゾスケールモデルの内部に配置される粗骨材の大きさを厳密に制御した。実断面画像では二値化処理を行い、両方の画像サイズを1000×500ピクセルに揃えることで断面積分布と形状の評価を行った。

図-4及び図-5に、メゾスケールモデル断面と実断面画像各3枚における粗骨材それぞれのピクセル数のヒストグラムを示す。比較的小さい粗骨材が多く、6000

キーワード コンクリート、メゾスケール、粗骨材

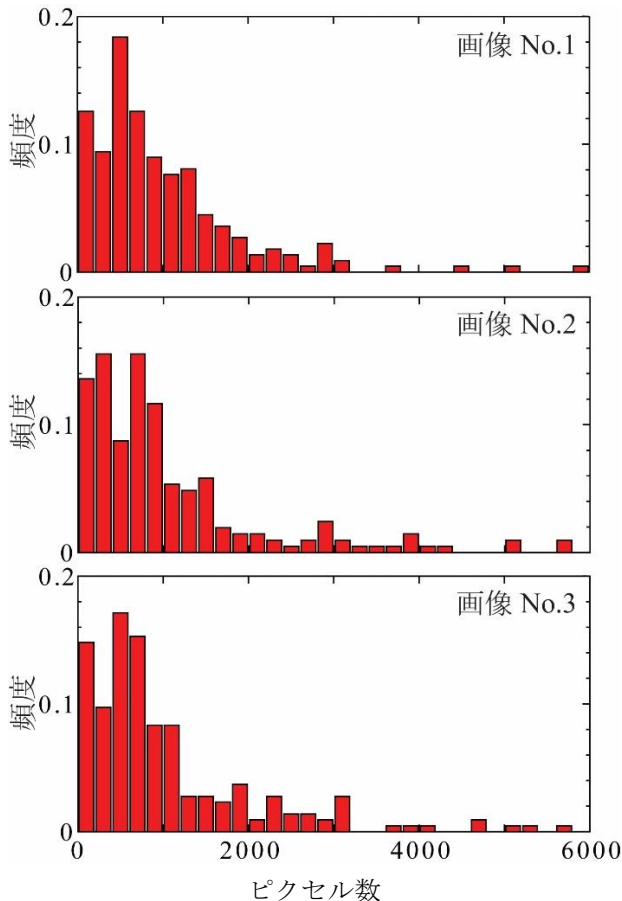


図-4 作成モデルの粗骨材面積ヒストグラム

ピクセルまでの大きな骨材がまばらに存在するという傾向が一致している．このことから作成モデルの粒度分布及び配置は実物を精度よく再現しているといえる．

次に，粗骨材の形状を評価するために，形状評価値として細長比 L を次式で定義する．

$$L = \frac{\sqrt{S}}{d_{\max}} \quad (1)$$

ここで， S は各粗骨材のピクセル数， $d_{\max}$ は各粗骨材での最大ユークリッド距離である．細長比は粗骨材形状が円に近いほど大きくなる値であり，骨材の尖り具合を評価できる．メゾスケールモデル断面と実断面計 6 枚における粗骨材を，細長比を用いて評価する．図-6 に，各断面で得られた細長比の確率密度分布を示す．細長比の平均の誤差は 6.4 % であり，ほぼ等しいといえる．

4. おわりに

断面画像を比較することで，コンクリートのメゾスケールモデリング手法の妥当性を示した．今後の展望として，サンプル数を増やすことによって，より正確な評価を行うことが挙げられる．

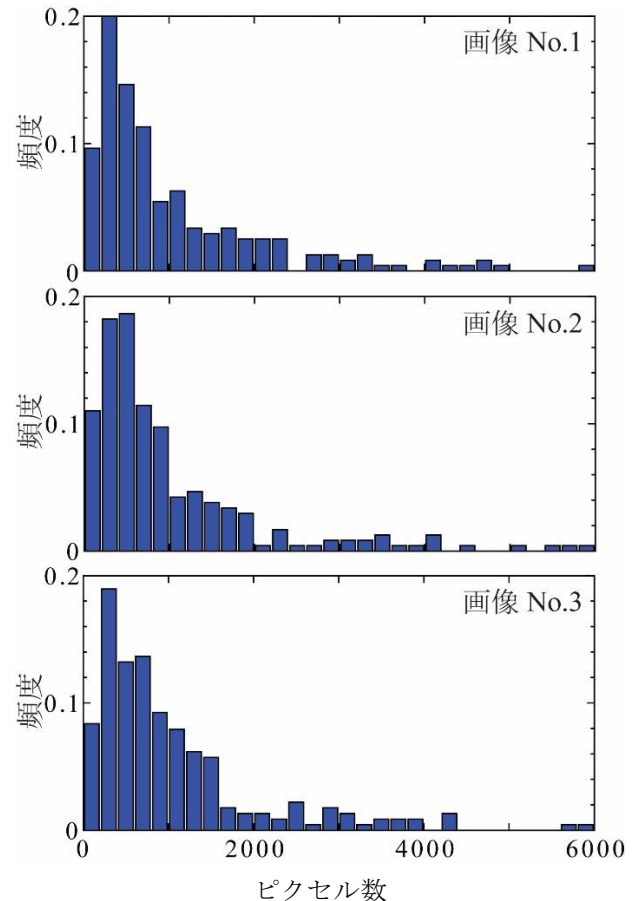


図-5 実断面の粗骨材面積ヒストグラム

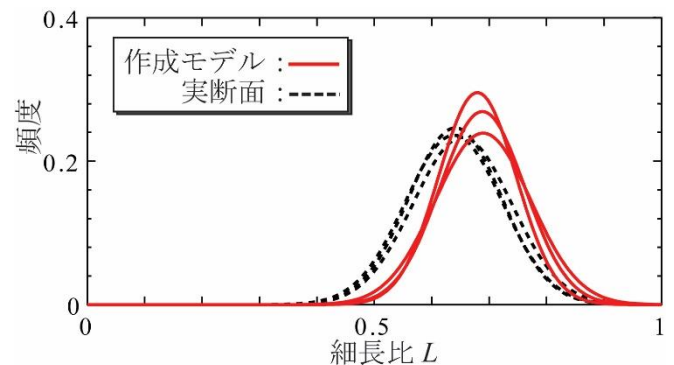


図-6 各断面における細長比の分布

参考文献

- 1) Wang X., Zhang M., Jivkov A.P. : Computational technology for analysis of 3D meso-structure effects on damage and failure of concrete, *Int. J. Solids Struct.*, 47, 2010, pp. 957-968.
- 2) 車谷麻緒, 加藤匠, 村松眞由 : フェーズフィールド法によるコンクリートモデルの作成とその数値実験への応用, 日本計算工学会論文集, vol.2020, pp.20200008, 2020.