

粗骨材の生成方法の違いによるメゾスケールモデルの再現精度の定量的評価

茨城大学 学生会員 ○中嶋貴将
 茨城大学 学生会員 升井尋斗
 茨城大学 正会員 車谷麻緒

1. 序論

建設材料として広く用いられるコンクリートをメゾスケールで見ると、粗骨材とモルタルの二相から構成される非均質材料である。粗骨材の分布や形状は、コンクリートの破壊挙動や強度特性に関わる重要な要素である。これを数値的に解析するため、高精度で容易なメゾスケールモデル生成手法が必要とされる。制約が存在する実験と違い、複雑な構造を手軽に再現できる応用性があり、有限要素解析を行うことができるためである。また、粗骨材周辺に生じる微小なひび割れを、実験よりも正確に把握することができるためでもある。

既往研究として簡単な形状の粗骨材を反映したメゾスケールモデルの生成手法が提案されている。しかし粗骨材の形状や分布を反映できておらず、コンクリートの非均質性が再現できていない。

そこで本研究では粗骨材の形状と分布を再現した、メゾスケールモデルの作成方法を複数提案する。また、メゾスケールモデルと、条件を揃えて打設したコンクリート片で定量的評価を行うことで、より再現性が高い粗骨材モデルの生成手法について考察する。

2. メゾスケールモデルの生成手法

粗骨材モデルの生成手法として図-1 (a)~(c) のように、ボロノイ分割、加法的重み付きボロノイ分割、マルチフェーズフィールド法¹⁾を使用した。

生成手法ごとに境界部に特徴がある。母点同士の最小距離計算のみの (a) ボロノイ分割と比較し、(b) 加法的重み付きボロノイ分割では、母点ヘランダムに重みを与えることで、母点同士の重み差により境界線が曲がる。(c) マルチフェーズフィールド法では核が成長する過程を、時間発展方程式を解くことで再現する。それぞれ境界線から粗骨材モデルを取り出し、手法ごとのデータベースを作成する。これらは任意で粗骨材モデルのスケールを調整することができる。

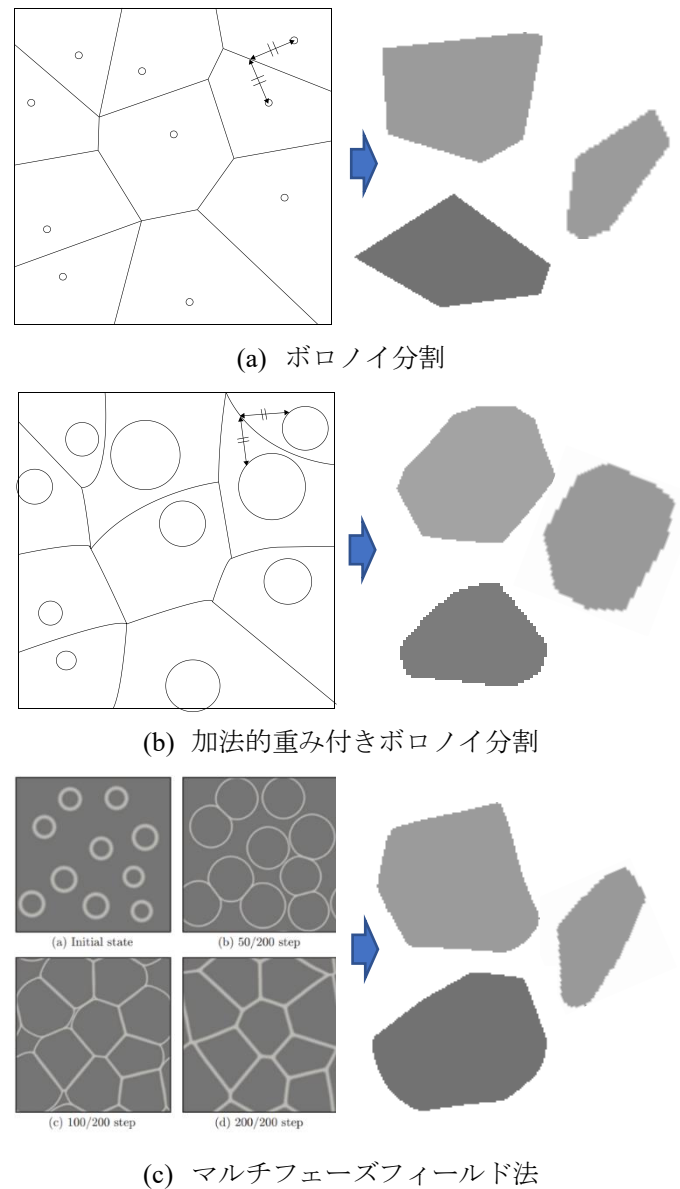


図-1 粗骨材モデルの形状特性

3. 比較検証

コンクリート片において粗骨材の形状や分布情報を得るのは容易ではない。

そこで本研究では、コンクリート片とメゾスケールモデルを切断して得られる断面画像を用いて、粗骨材の面積分布と形状分布で評価を行うこととする。

先述の3手法とコンクリート片の断面画像をそれぞれ

キーワード コンクリート, 粗骨材, マルチフェーズフィールド法, 加法的重み付きボロノイ分割, ボロノイ分割,

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢 4-12-1 茨城大学工学部 TEL : 0294-38-5162 E-mail : 18T5037F@vc.ibaraki.ac.jp

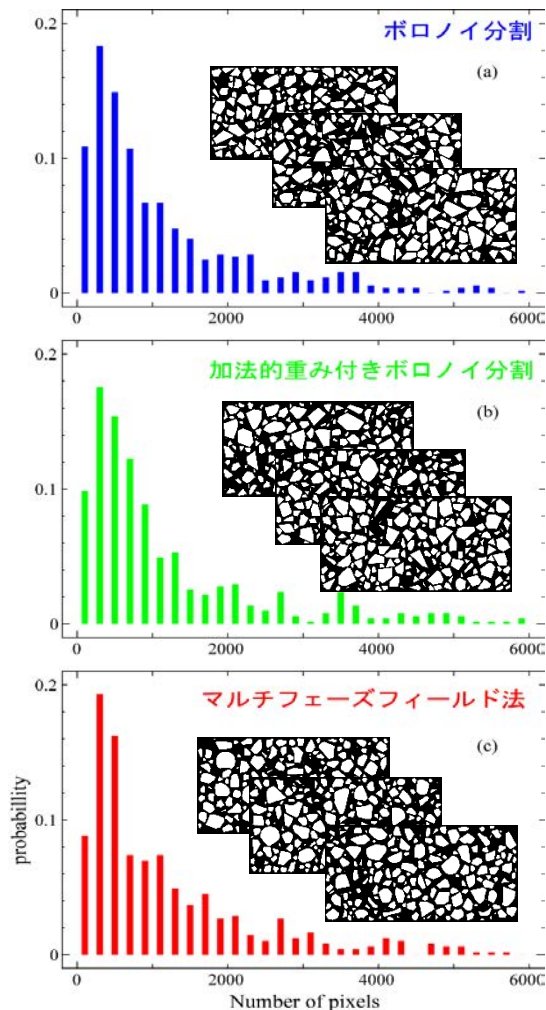


図-2 粗骨材の面積分布と断面画像

れ3枚ずつ用意する。これらすべてを 1000×500 ピクセルに統一し、全て同様の画像処理を行う。粗骨材の面積分布について、図-2 (a)~(c) は各粗骨材の面積についてのヒストグラムであり、縦軸は出現確率である。次に、形状分布の評価には、粒子解析で広く用いられる扁平率 $f(1)$ と細長比 $\lambda(2)$ を用いた。

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (1)$$

(1)について、粗骨材を楕円近似した際の、 a が長軸で b が短軸である。0~1 の値をとり、0 が真円である。

$$\lambda = \frac{\sqrt{S}}{d_{\max}} \quad (2)$$

(2)について、 d_{\max} は粗骨材の最大のユークリッド距離で、 S が粗骨材の面積である。ここで細長比は、形状が円に近いほど大きくなる値である。

図-3(a)~(c)は扁平率と細長比のヒストグラムであり、縦軸は区間内の粗骨材の出現確率である。距離計算による境界線を持つポロノイ分割と比較し、核の成長を表現して境界を得るマルチフェーズフィールド法は丸

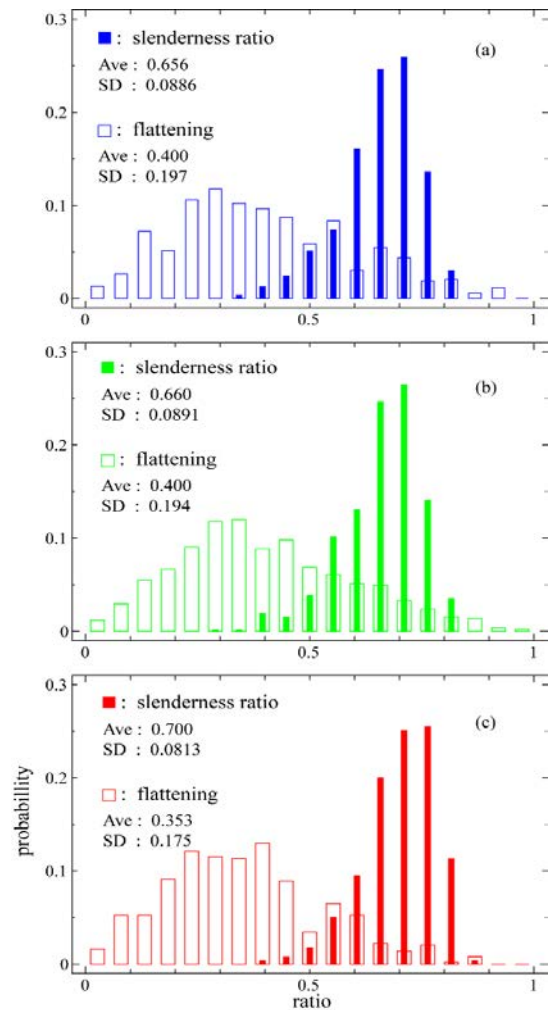


図-3 粗骨材の形状分布

い傾向にある、加えて標準偏差が低いことから、似た形状が他手法と比較して多いことが分かる。

4. 結論

3種類の粗骨材モデル生成手法を適用して、実物への再現性について定量的な評価を行った。

今後の研究として本研究の目的である、コンクリート片の断面画像と比較を行い、優れた粗骨材モデルの生成手法について考察する。また、断面画像のみで比較するところを、CTによる3次元評価も検討する。

参考文献

- 1) 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のメソスケールモデルの作成とその数値実験への適用, 日本計算工学会論文集, Vol.2020, pp. 20200008
- 2) 升井尋斗, 那須川佳祐, 車谷麻緒: 粗骨材の形状と分布を反映したコンクリートのメソスケールモデリングとその定量的評価, 土木学会論文集 A2, 応用力学, Vol.78, No.2, 印刷中