

モルタル-粗骨材 2 相複合材料としてのコンクリートの数値解析法

琉球大学 学生会員 松原 仁・琉球大学 正会員 伊良波 繁雄
 琉球大学 正会員 富山 潤・アドバンス（株） 稲葉 正和
 東京大学 矢川 元基

1. 目的

コンクリートの数値解析を行う場合、一般に、コンクリート内部を均質化し、粗骨材の影響は間接的に考慮する場合が多い。実際のコンクリートはモルタルと粗骨材の 2 相複合材料であるから、コンクリート内部の詳細な力学的挙動を解明するためには、粗骨材の形状を考慮した解析が必要不可欠である。しかし、コンクリート中の粗骨材全てを要素分割し三次元有限要素解析を行うのは非常に困難である。このため、本研究では詳細に把握したい箇所付近の粗骨材のみを要素分割しそれ以外の粗骨材は簡易的に考慮して 3 次元解析手法を行う方法を提案する。

2. モルタル-粗骨材 2 相複合材料モデル

筆者らは実際の粗骨材のデジタル画像から図-1 に示すような粗骨材形状データを作成しひび割れ進展解析を行う方法を示した¹⁾。その研究では、解析対象物内の粗骨材の配置は乱数を用いて配置位置と向きを決め、粗骨材の大きさは粒度分布曲線に基づいて図-2 の(a)のようなモルタル-粗骨材 2 相複合材料としてのコンクリートモデルを作成する方法を提案した。本モデルは有限要素法(FEM)、フリーメッシュ法(FMM)で利用可能であり、解析領域全体で直接、要素分割するのが最も望ましい。しかし、図-2 の(a)のように粗骨材数が多くなってくると、モルタル部分の要素分割は、粗骨材が接近しているため要素分割は困難である。このため、本研究では図-3 に示すように詳細に把握したい箇所については、完全に粗骨材を要素分割し、その以外の部分は剛性マトリックスを作成する段階で簡易的に点ベース²⁾で粗骨材を考慮する混合型の解析モデルを用いた。例えば、割裂試験を対象とする場合は図-2 の(b)のように解析モデル中央付近の内部応力状態を詳しく知るために、中央付近の粗骨材だけを抽出し要素分割を行い、それ以外の領域では、剛性マトリックスを作成する段階で簡易的に粗骨材を考慮する。以上のような方法により、極めて困難な要素分割を回避し、解析

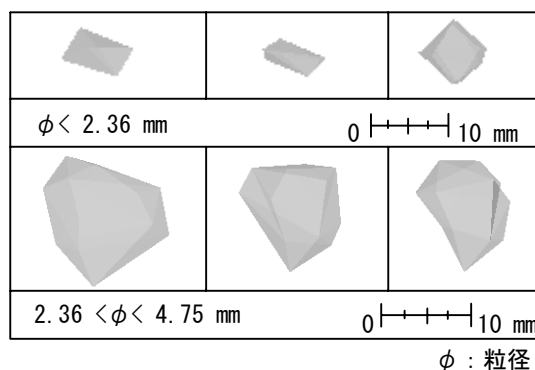


図-1 粗骨材形状モデル

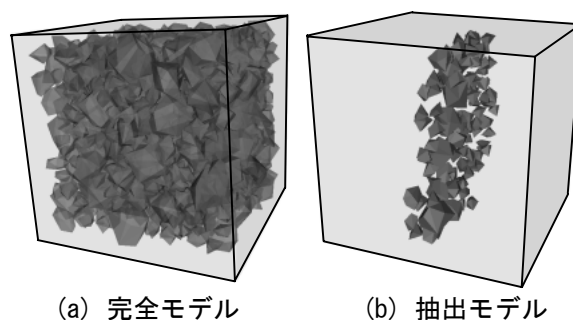


図-2 モルタル-粗骨材 2 相コンクリートモデル

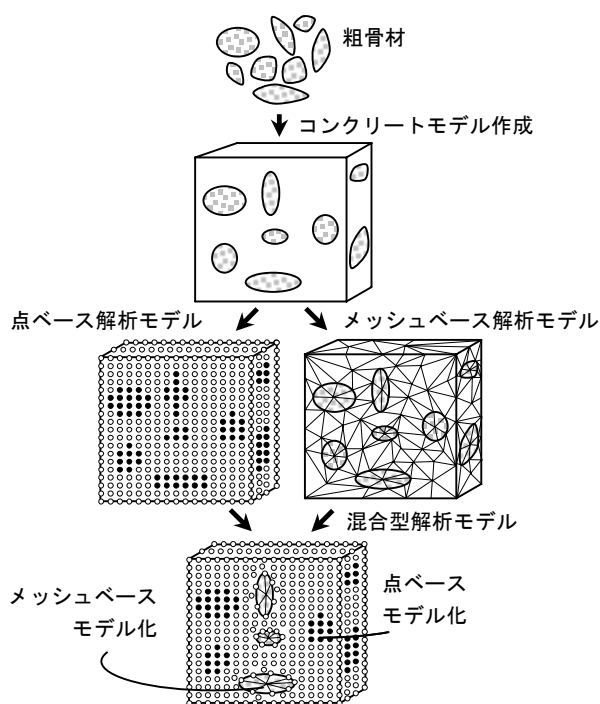


図-3 解析手法の提案

キーワード 2 相複合材料モデル、コンクリート、混合型モデル、フリーメッシュ法

連絡先 〒903-0129 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 番地 琉球大学工学部環境建設工学科 TEL 098-895-8663

を進めることができる．なお，本論文の解析手法として FMM を用いている．このために，粗骨材形状を完全に考慮する場合，その粗骨材と母材との境界面にある共通節点では，ひずみ・応力などをそれぞれ別個に評価する必要がある．本研究では，各節点に対して，粗骨材と母材に関する 2 つの物理量を持たせることにした．

3. フリーメッシュ法³⁾

FMM は，図-4 に示すように解析領域内に配置された各節点（中心節点）毎に，その付近の節点（衛星節点）を集めてローカルな領域で一時的に四面体要素を作成する．これらの一時的な四面体要素の要素剛性マトリックスから中心節点に寄与する行成分のみを全体剛性マトリックスに足し合わせる．これを全ての節点で行い，全体剛性マトリックスを作成し，連立一次方程式を解く．このように FMM はローカルな要素生成，全体剛性マトリックスの作成及び求解までをシームレスに行うことができる．

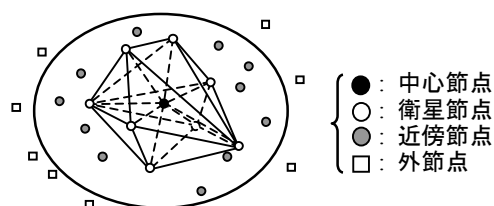


図-4 ローカル要素概念図

4. 数値解析例

ここでは，図-5 に示すような上端中央部に線荷重を受ける割裂問題を解析対象とし，点ベースで粗骨材を考慮する方法と混合型で粗骨材を考慮する方法の2ケースの解を比較検討する．混合型で粗骨材を考慮する場合は図-2 の (b) に示す粗骨材のみを要素分割し，他の部分の粗骨材は点ベースで解析を行った．表-1 に粗骨材とモルタルの材料係数を示し，図-6 は x - z 面に平行な中央断面の x 方向応力を示した．

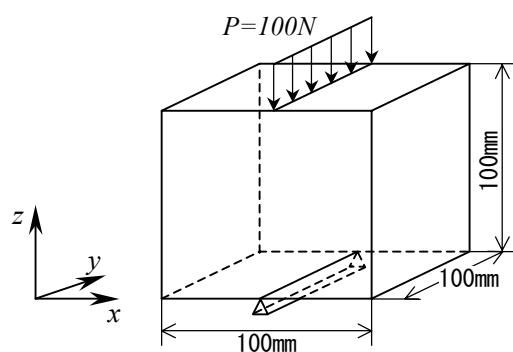


図-5 荷重・境界条件

表-1 粗骨材とモルタルの材料係数

	ヤング率 (N/mm ²)	ポアソン比
粗骨材	56122.45	0.15
モルタル	20000.00	0.21

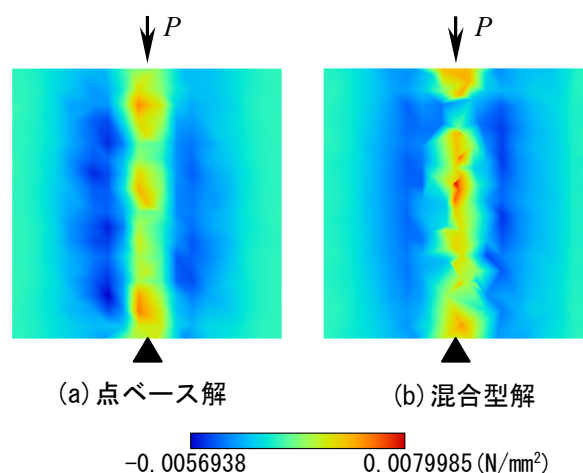


図-6 x - z 面に平行な中央断面の x 方向応力

図-5 の試験体に内接する円柱の試験体が同図のような分布荷重を受けた時の x 方向応力の理論値は 0.0063 N/mm^2 ($2P/\pi dl=0.0063$, $d=l=100\text{mm}$) であり，粗骨材のある場所は理論値よりも応力が高くなる．同図より，混合型による解は点ベースによる解に比べて，個々の粗骨材の応力を鮮明に評価していることが分かる．これは，混合型では応力が集中すると考えられる部分の粗骨材形状を考慮し解析を行っているためである．なお，本解析で用いた節点数は両者とも約 5000 である．

4. まとめ

コンクリート内の全ての粗骨材形状を考慮して要素分割し解析することは非常に困難である．このため，本論文ではコンクリート内部の粗骨材を，詳細に知りたい部分は骨材形状を考慮して要素分割し，他の部分は点ベースで剛性マトリックスを作成する段階で考慮する方法を提案した．このような解析方法はアルカリ骨材反応によるひび割れ解析にも適用可能であり今後検討する予定である．

参考文献

- 1) 松原仁，伊良波繁雄，富山潤，矢川元基：フリーメッシュ法による骨材とモルタル 2 相モデル化したコンクリートのひび割れ解析，平成 14 年度土木学会西部支部研究発表会，2003
- 2) 安和 守史，伊良波 繁雄，富山 潤，矢川 元基：3次元フリーメッシュ法を用いたコンクリートの破壊解析手法に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，CD-ROM，2002
- 3) 矢川 元基，細川 孝之：フリーメッシュ法（一種のメッシュレス法）の三次元問題への適用，日本機械学会論文集（A 編），Vol.63，614，1997