

「均質化法入門」の紹介

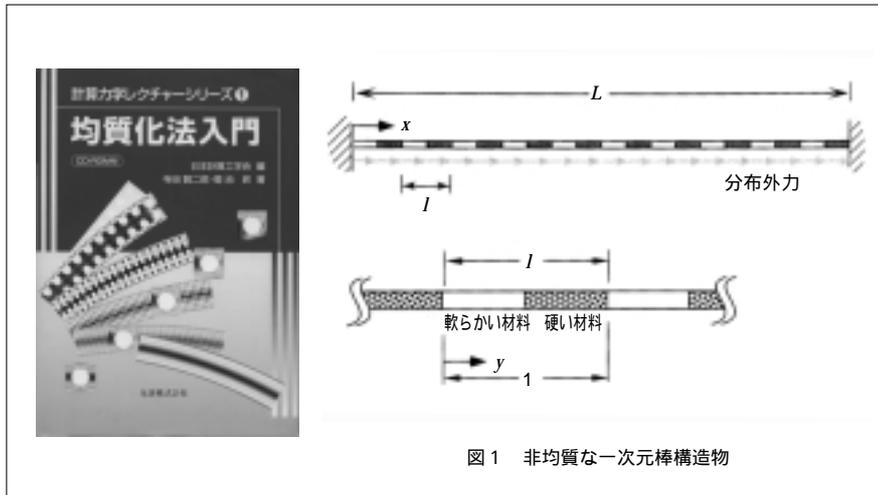


図1 非均質な一次元棒構造物

はじめに

有限要素法などの数値解析手法の発達とともに、均質化法が複合材料の巨視的な材料特性の評価や構造物の力学的条件を満たす位相（トポロジー）を求める最適設計の分野に適用されはじめて十数年が経とうとしているが、工学者のための入門書は皆無だったと言えるだろう。ここで紹介する計算力学レクチャーシリーズ第1巻「均質化法入門」は、日本計算工学会が均質化法の入門書として編さんしたものであり、2003年7月、丸善株式会社より発行された⁽¹⁾。

均質化法とは

数学的均質化法の誕生の節より引用すると、「解析対象領域が、ある“微視構造”を単位として規則的に繰り返されることによって構成され、その繰り返し度合いが非常に密なために直接有限要素法などで領域を離散化できない場合、解析対象を（等方的とは限らないが局所的な）均質な等価モデルで代用して全体を解析し、その解析結果を任意の点での微視構造に戻すことによって微視構造自身の変形を近似的に求めるための数理モデル化（マルチスケールモデリング）の一手法」とある。

また、周期的な微視（ミクロ）構造の非均質体を等価な均質体で置き換え

るモデル化を均質化、巨視（マクロ）構造の解析結果を与え、ミクロ構造内の力学応答（変形状態）を求めることを局所化と定義している。

内容と構成

序章では、ミクロ構造とマクロ構造の物理現象を橋渡しするためのミクロとマクロの空間スケールを導入し、均質化法の定式化の指針や表記上の規則を与えている。

2章では、図1に示すような軟らかい材料と硬い材料がある構造単位（長さ l ）で周期的に繰り返されている非均質な一次元棒構造物（長さ L ）の静的つり合い問題を例にして、均質化法の定式化（力学的考察に基づく方法と二つの空間スケールを用いた漸近展開法による方法）、均質化と局所化の過程について解説している。

3章は、前章の定式化、均質化、局所化を多次元問題に拡張している。

4章では、前章の非均質弾性問題について、均質化と局所化の解析に有限要素法を適用するための定式化とプログラミングを解説している。定式化ではミクロ構造であるユニットセルを離散化して、各要素の剛性方程式を導き、それを重ね合わせて全体系の剛性方程式をつくる過程を述べている。プログラミングでは、付属のCD-ROMに収録

されているFORTRAN言語のソースプログラムについて説明している。均質化と局所化の解析について、プログラムの構造、例題の入力データおよび変数や配列の説明がある。また、CD-ROMの中にはUNIX環境下で動作させるため、プログラムの詳細なコンパイル・実行方法が記述されている。

5章では、非均質弾性問題以外の三つの物理問題（1. 熱伝導（拡散）問題、2. 多孔質体中の流れ問題、3. はりの曲げ問題）を挙げ、前章までのモデル化手順で均質化、局所化の問題を導いている。

6章では、均質化法を適用した数値解析例を紹介している。その中で、均質化法の解と参照解との比較・考察を行っている。参照解としては、ミクロ構造での非均質性を直接離散化して得られる解と一方向繊維強化複合材の理論解を挙げている。また、複雑なミクロ構造を持つ場合の均質化では、デジタルイメージの画素を有限要素メッシュに置き換えて解析を行うボクセル有限要素法を紹介している。その事例として、熱伝導係数を求める付属プログラムとファインセラミックスの三次元解析例を説明している。

付録には、非均質な物理領域をミクロとマクロのそれぞれのスケールに対応して分離する際の考え方と、均質化法に関わる理論と工学的応用に至る歴史の紹介がある。

おわりに

本書は工学者向けの均質化法のよき教科書となり得るであろう。また、今後は非線形問題への適用や応用事例についてのまとめを期待したい。

（原稿受付 2003年11月10日）

〔青木雅司 豊田合成（株）〕

文献

(1) 寺田賢二郎・菊池 昇、日本計算工学会編、均質化法入門、(2003)、丸善。