

# マイクロメカニクスに基づく連続体理論の岩盤構造物への適用

## APPLICATION OF MICROMECHANICS-BASED CONTINUUM THEORY TO ROCK STRUCTURES

吉田 秀典<sup>1)</sup>, 堀井 秀之<sup>2)</sup>, 加藤 和之<sup>3)</sup>

Hidenori YOSHIDA, Hideyuki HORII and Kazuyuki KATO

- 1) 香川大学工学部 (〒761-0396 高松市林町 2217-10, E-mail: yoshida@eng.kagawa-u.ac.jp)  
 2) 東京大学大学院工学系研究科 (〒113-8656 文京区本郷 7-3-1, E-mail: horii@ohriki.t.u-tokyo.ac.jp)  
 3) 東京電力(株)技術開発本部 (〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎 4-1, E-mail: Kato.Kazuyuki@tepcoco.jp)

Mechanical behaviors of a rock mass are governed by the existences of included microstructures. The number of the microstructures is, however, so enormous that it is impossible to deal with them individually. Thus, it is necessary to replace a rock mass with an equivalent continuum so as to reflect their behaviors to an analysis. 'Micromechanics-based Continuum (MBC) Modeling' provides a constitutive equation in the equivalent continuum problem by taking average of strain and stress over a representative volume element. This article introduces some examples of the application of the MBC modeling to rock structures in arbitrary conditions and notes its necessity for their designs.

**Key Words:** Micromechanics, Equivalent Continuum Model, Rock Structures

### 1. 緒言

我々の扱う材料には、微視構造物を多数含む材料が複雑に混ざり合うものが多く存在し、全体構造物の力学挙動を複雑なものにしている。構造物の安定評価の際には、こうした微視構造物を含む材料の挙動を巨視的レベルで評価し、設計などに用いることが多く、また、その評価は室内試験などを通して行われる。しかしながら、室内試験の供試体と実構造物の中に介在する微視構造要素の寸法を考えると、室内試験のスケールで評価された巨視的物性で構造物スケールの挙動を的確に評価できるとは限らないことは明白である。構造物スケールの微視構造物は、数 cm, 数 m, そして場合によっては、数 km のオーダーとなり、構造物の挙動を再現するには、こうした「寸法効果」を念頭に入れた数値解析手法が必要となる。

マイクロメカニクスに基づく連続体理論<sup>(1)(2)</sup>は、マイクロクラック、不均一介在物などの微視構造要素の存在、あるいはその発生・成長に支配された物体の力学的挙動に対する連続体理論である。定式化にあたっては個々の微視構造要素をモデル化し、その挙動に基づき平均化操作を行うことにより、等価な連続体としての挙動、すなわち構成式が導かれる。導かれた構成式を有限要素解析プログラムなどに組み込むことにより、任意の構造物の力学挙動の解析が可能となる。

岩盤構造物においては、構造物の大きさによって挙動を支

配する不連続面のサイズは異なるものの大小様々な不連続面が存在し、かつ、こうした不連続面が構造物の全体挙動を支配することが多いため、構造物の挙動予測を難しくしている。そこで本研究では、マイクロメカニクスに基づく連続体理論を岩盤構造物に適用し、様々な寸法の構造物に対してそのパフォーマンスを検証する。

### 2. マイクロメカニクスに基づく連続体理論

マイクロメカニクスに基づく連続体モデルは微視構造要素の存在あるいはその発生・成長に支配された材料に対する連続体理論であるが、対象となる微視構造はどのようなものであっても構わない。まず、Fig.1 に示すような不連続面を含む材料を考え、不連続面を有する材料を等価な連続体に置き換える。次に、材料の任意の点に着目し、その点を含む部分領域である代表要素 (Representative Volume Element, R.V.E) を考える。その領域は微視構造要素の寸法に比べて十分大きく、かつ物体の代表寸法に比べて十分小さい。したがって、考えるべき R.V.E の大きさは問題によって異なる点に注意されたい。R.V.E における平均応力と平均ひずみの関係、すなわち巨視的な構成式を求め、この構成式が等価な連続体の一点における材料の挙動を与えるものとして連続体の解析を行う。なお、R.V.E における平均応力と平均ひずみの関係は、内在する不連続面の物性および幾何学的分布に依存し、その結果、材料は異方的な挙動を強く呈する。