

粒状体力学は土質力学の教科書を書き換えられるか

How Can 'Granular Mechanics' Innovate Soil Mechanics Textbook?

松島 亘 志 (まつしま たかし)
筑波大学 システム情報系 教授

1. はじめに

第53回地盤工学研究発表会(高松大会)において、標記の突飛なタイトルで展望講演をさせていただいた。最上編著「土質力学」以来、土質力学を粒状体力学から読み解く試みには長い歴史があり、筆者もこれまで、その流れで研究を行ってきたが、常に土質力学の「傍流」としての地位から抜け出せないでいる現状を感じている。一方で、土質力学を学ぼうとする他分野の研究者から受ける「どうして間隙比と圧力の log をバイリニアでモデル化するんですか」といった素朴な問いに対して、「実験事実だから」といった答えしか持っていない現状の土質力学は、やはり力学体系として十分整備されているとは言えないとも感じている。そして、そのような問いに対する答えが、土を連続体として見ているだけでは決して得られないことを考えると、粒状体力学は、もっと土質力学をしっかりと支えないといけない立場にあるべきである。そのような強い思いから、標記のような講演タイトルをつけさせていただいた次第である。

2. 現状の教科書の問題点と、粒状体力学ベースの新しい教科書の構造の提案

現在までに出版されている標準的な土質力学の教科書は、まず1章で土が土粒子の集合体(つまり粒状体)であることを示し、土粒子の性質(粒度や粒子形状など)やその堆積の仕方が土の力学的性質に影響を及ぼすと述べている。ところが、2章以降の記述では、透水係数と粒径の関係、有効応力の記述、ダイレイタンスの定性的説明などの例外を除いては、そのような土粒子に関わる記述はほとんど見られなくなり、透水、応力場、圧密、土の破壊、極限解析と、地盤を連続体として解析する方法が述べられる。しかしながら、そこで説明される事柄のほとんどは、材料が土質材料でなくても成立する、いわゆる「連続体力学」に属するものである。土-水連成解析であっても、2相の相互作用を含む支配方程式を導いた時点で土質材料としての説明は終わり、後はどうやってそれを解くかだけの問題である。もちろん、そのような連続体としての解析が、現在の地盤工学の実務の基礎となっていることは確かであるが、「教科書」は実務の手続きを学ぶ「実用書」ではなく、土質材料の本質、すなわち「なぜそのように振る舞うのか?」という問いに對

する答えを系統立てて学べるものであるべきであろう。

一方で、土粒子スケールの力学を体系化するときに障壁となるのは、自然材料としての土粒子の多様性である。特に粘土に関しては、様々な粘土の化学組成と結晶構造が粘土粒子の特性を決める、といういわば「土質材料学」の複雑さが、シンプルな粒状体力学の適用を難しくしている。しかしながら、この複雑さは、「粒子より小さいスケールの現象はスケール分離して単純なモデルで扱う」という原則を強調すれば避けられるものである。すなわち、砂粒子表面のラフネスを摩擦係数に押し込めるのと同様、粘土の多様な結晶構造の影響は粒子間付着力モデルに押し込める、といった操作によって、粒子スケールの力学としての体系を整えることができる。

以上の点を踏まえて、現状の土質力学の教科書の構造(図-1)を、粒状体力学を含めた新しい構造(図-2)に移行させたい、というのが筆者の野望である。

3. おわりに

図-2の土質力学部分の具体的な内容については、1ページではとても収まらない。展望講演スライドをウェブサイト(<http://granular.kz.tsukuba.ac.jp/basics/>)に置いているので、是非ご参照いただきたい。

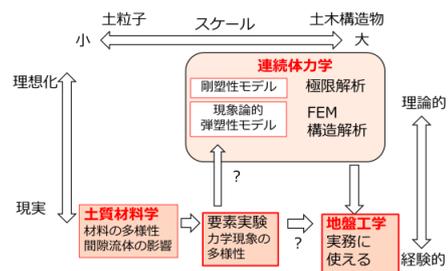


図-1 従来の「土質力学」教科書の構造

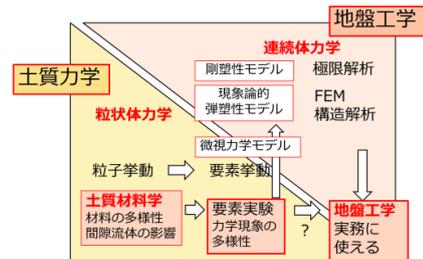


図-2 「土質力学」教科書の新しい構造の提案

(原稿受理 2018. 8. 29)