

地盤数値解析学特論

Advanced Geotechnical Numerical Analysis

村上 哲
Murakami, Satoshi

現象を捉えるためのツール

- 外力環境の変化にともない地盤がどのように動くのか？
 - 現場施工(実スケール)
 - 模型試験(ミニスケール)
 - 数値解析(数値シミュレーション)

現場施工, 模型試験

- 地表面や地盤内に観測装置をとりつけ地盤の変位, 応力状態を点で知ることができる。
 - 地盤を構成する要素の複雑な挙動表現は不要。
 - 模型試験の場合は, 境界の処理, スケール効果などの問題もある。

数値シミュレーション

- 環境変化による地盤全体の変形や応力状態を把握することができる。
 - 数値解析手法に依存する。
 - 土要素のモデルを必要とする。
 - 仮定したモデル, 解析手法以上の答えは出てこない
 - 例) 弾性解析では破壊現象のシミュレーションはできない

数値シミュレーションの実行

- 対象とする地盤の状態をイメージし、実際の現象にあった解析を行う。
 - 浸透解析？変形解析？
 - 弾性解析？弾塑性解析？連成解析？
 - 土要素のモデルは？
 - 地盤と構造物の境界は？
- 必ずしも、複雑な解析手法がベストではない。

この講義について

- 地盤の安定性を検討する手法の1つにコンピュータを使った有限要素法による数値解析がある。
- この数値解析技術は、従来は重要構造物の照査や、研究ツールとして利用されてきたが、近年では、通常の設計業務でも利用されるようになってきた。
- 有限要素法による数値解析手法は、地盤工学のみならず、構造工学、地震工学など、さまざまな分野で用いられている手法であるが、地盤に関する諸問題を扱う場合には他のそれらと異なる点がいくつかある。
- 圧密現象もその1つである。本講義では、地盤内の水の流れや盛土構築に伴う地盤の変形など、有限要素法を用いた数値解析手法について取り扱い、その基礎理論についての習得を行う。

概要

- 地盤内の地下水の流れや盛土構築に伴う地盤の変形など建設時における地盤の諸問題、また、地盤の防災・環境保全を対象とした各種境界値問題において広く取り扱われている有限要素法を用いた数値解析手法の基礎理論についての習得を行うとともに、実問題への適用について学ぶ。

到達目標

- (1)地盤の変形や地下水の流れなどの地盤に関する物理現象を理論的に説明することができる。
- (2)講義により得た知識を用いて、地盤数値解析に関する科学技術論文をレビューすることができる。
- (3)レビューした科学技術論文について、解こうしている実問題を理解し、解析に用いられている仮定、基礎理論を理解した上で、結果を説明することができる。



拒否反応を起こしていた数式沢山の学術論文を見ても拒否反応を起こさないようになる！

地盤を解析する(1)

- 自然現象 ← 大変複雑
- 現象の解明
 - 現象を理想化したり単純化したりすることによって、**本質的と思われる現象の概念**を導入(モデル化)することによって理解する。
 - Ex. 水や空気の流れを観察して、「流体」。さらに理想化して、「完全流体」という概念を導入する。
- 定量的な答え(評価)
 - 物理現象を支配する物理法則の数学的表現を与える(数理モデル)
 - 初期条件・境界条件を与えて、地盤の変化を予測する。(初期値・境界値問題)
 - 講義の中では、これを単に、“境界値問題”と呼ぶことにします。

地盤を解析する(2)

- 地盤の問題の単純化
 - 浸透問題
 - 地盤内の地下水の流れだけが問題。地盤は変形しない。
 - 飽和地盤？不飽和地盤？
 - 変形問題
 - 地盤の変形だけが問題。地下水の流れは関与しない。
 - 破壊現象を捉えるのか？
 - 地盤支持力に対して小さな荷重を作用させるのか？
 - あるいは、大きな荷重を作用させるのか？
 - 圧密問題
 - 地盤の変形・地下水の流れ、双方が問題
 - 浸透問題・変形問題、双方とも考えることが必要

地盤を解析する(3)

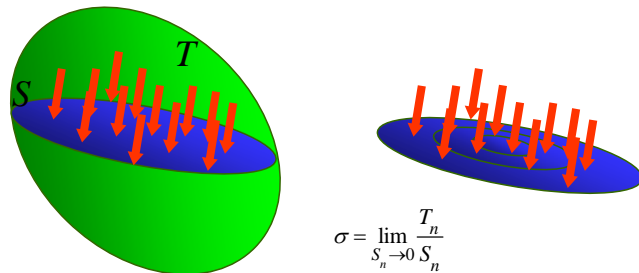
- 基礎知識
 - 数学
 - 線形代数、ベクトル解析、テンソル解析など
 - 微分・積分
 - 力学
 - 質点系の力学
 - 連続体の力学

地盤を解析する(4)

- 連続体(continuum)
 - “実数の集合”として数学の世界で定義されるもの
- 連続体の力学(continuum mechanics)
 - 空間内を占有する物質に対し、その物質を連続体の数学的概念に適合させて、物理現象を数学的に記述した力学体系
 - 流体力学
 - 水理学
 - 空気力学
 - 固体力学
 - 弾性力学
 - 塑性力学
 - 弾塑性力学
 - 地盤工学だけでなく、構造工学、水理学(河川工学や海岸工学も含む)の土木工学の広い範囲で利用されている。
 - 学部の講義では、あまり意識せずにみんなが使っている。

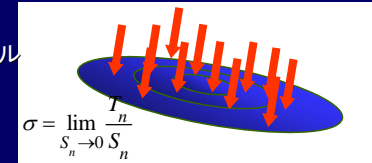
地盤を解析する(5)

- 連続体の力学 (continuum mechanics)
 - 例えば、金属内の断面に作用する力 応力



地盤を解析する(6)

- 連続体の力学 (continuum mechanics)
 - 土の場合
 - 面積を小さくすると土粒子より小さくなる。結果、連続性を満足しない。
 - 扱う領域のサイズを適切に設定することによって、連続性を保障する (平滑化 smoothing)
 - 地盤力学で取り扱う有効応力の概念もこの考え方による。
 - 金属でも、水でも
 - 結晶構造や分子レベルまでいくと同じこと



授業の流れ

基礎理論の習得

数学の基礎知識 力学の基礎知識
物質が満たすべき共通関係式の理解
地盤材料とした場合の特別な式の理解



数値解析による地盤挙動の理解

浸透問題 変形問題 圧密問題
実問題への適用に関する理解

授業計画

1. はじめに
2. 地盤挙動を解析するための基礎
3. 地盤挙動を把握するための基礎
4. 地盤が満たすべき諸関係式
5. 有限要素法
6. 地盤の浸透問題
7. 地盤の変形問題
8. 地盤の圧密問題
9. 科学技術論文のレビューと発表
10. 終わりに

成績評価の方法

- 講義において課すレポートと発表により成績を評価します。具体的には、
 - 地盤挙動を解析・把握するための知識に関する理解度をレポートにより評価[10%程度]
 - 地盤を構成する土の挙動に関する理解度をレポートにより評価[10%程度]
 - 有限要素法を用いた数値解析と地盤工学における境界値問題に関する理解度をレポートにより評価[20%程度]
 - 講義に関連した科学技術論文をレビューし、そのプレゼンテーション内容で実問題への応用力を評価[60%程度]
- です。以上を総合して、最終成績を評価します。

履修上の注意

- 講義で使用する配布資料により予習・復習をすること。
- 遅刻は厳禁。
- オフィスアワー
 - 前期：毎週月曜日5講時(16:00-17:30)
- 途中で受講をやめる場合は、必ず申し出る。

教科書・参考書

- 教科書：別途準備します。
- 参考書：「地盤工学・基礎理論シリーズ1 地盤の変形解析—基礎から応用まで—」、地盤工学会地盤の変形解析編集委員会、地盤工学会、2,700円

授業Web

- 以下のWebサイトより、授業関係の資料、課題を入手する。

www.geo.civil.ibaraki.ac.jp/murakami/class