

不等質地盤の確率有限要素解析における モデル化について

神戸大学大学院 学 ○溜 幸生
同 矢野佳史
神戸大学工学部 正 桜井春輔

1. はしがき

最近、地盤工学に係わる構造物の設計において数値解析は欠かすことのできない重要な手法となりつつある。その中でも有限要素法が多く用いられているが、最近では、地盤の持つばらつきを考慮した確率有限要素法が注目されている。しかし、この手法のインプットデータとなる力学定数はそのばらつきの意味が不明確なため、解析結果の評価は十分に注意しなければならない。ばらつきの要因としては、空間的な材料の不等質性によるもの、試料採取方法や測定方法によるもの、計測誤差によるものなどが考えられるが、確率有限要素法は一般には空間的ばらつきを対象にしている場合が多いように思われる。本報告では、ばらつきの原因を空間的なばらつきとしてとらえて数値シミュレーションを行い、確率有限要素法のモデル化について検討する。

2. 確率有限要素法のモデル化

地盤中の違った場所から供試体を取り出し試験することによって、力学定数の平均値及び分散を求めることができる。そしてこれを確率有限要素法のインプットデータとするならば、アウトプットとして変位、応力、ひずみなどの平均、分散が求められる。このような空間的にばらついた力学定数をインプットデータとして、この手法では以下の二つのモデル化が考えられる。一つは、材料の力学的性質の空間的ばらつきを考慮しながらも解析には全体に一樣の材料定数を与える等質モデルである。この方法をシミュレートするためには、図-1(a)のモデル(平面ひずみ)を用いて解析する。もう一つは、力学定数の空間的ばらつきを考慮したモデルである。これは、全体をいくつかの正方形ブロックに分割して行うもので図-1(b)のモデル(平面ひずみ)を用いて解析する。

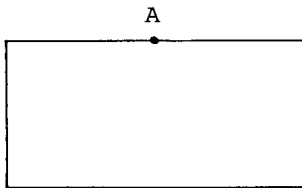


図-1(a) 等質モデル

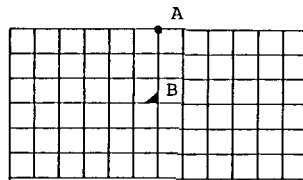


図-1(b) ばらつきを考慮したモデル

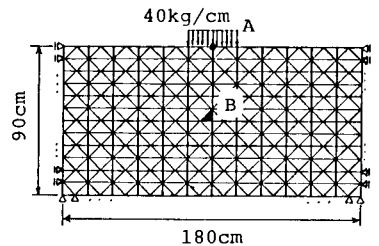


図-1(c) 解析モデル

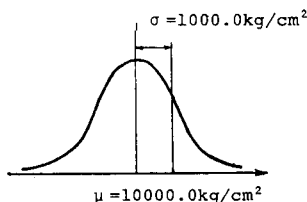


図-2 弾性係数の分布

力学定数の空間的ばらつきを考慮するモデルでは、分割を1、2、8、18、72と変えて解析する。分割が1というのは等質モデルである。なお、各ブロックの中で力学定数は一定とし、各ブロック間では完全独立とする。ただしこのブロックは不等質性をあらわす材料特性としてのものであり、解析上で用いる有限要素とは異なるものである。

3. 解析結果

解析に用いた有限要素モデルは図-1(c)に示す。ここで用いるインプットデータとしての弾性係数は平均値 $\mu_E = 10000.0 \text{ kg/cm}^2$ 、変動係数 $= 0.1$ の正規分布としその他の力学定数は確定値とする。弾性係数は図-2に示す分布を持つものである。確率有限要素法としては、モンテカルロ法及び線形一次近似法の二通りを用いた。解析結果の一例としてそれぞれのA点の変位のばらつきを図-3、図-4に示す。これらを比較すると、明らかに前者の標準偏差は大きくなっていることがわかる。

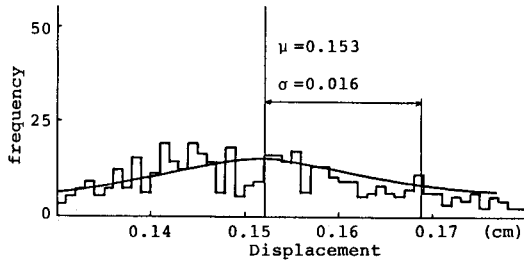


図-3 等質モデルの結果

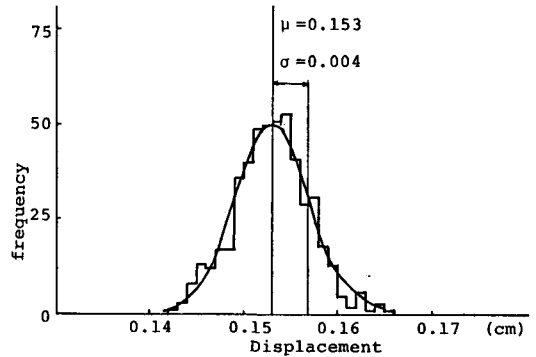


図-4 ばらつきを考慮したモデルの結果

また、この不等質性を表すブロックの数を変化させた場合の、A点の変位の平均値及び変動係数をブロックの数(数が大きいほど一つのブロックは小さくなる)との関係で表わすと図-5(a)(b)のようになる。前に述べた等質モデルは、分割数が1である場合に相当する。これら図から平均値はブロックの大きさとは無関係であるが、変動係数はブロックの大きさによって変化することがわかる。

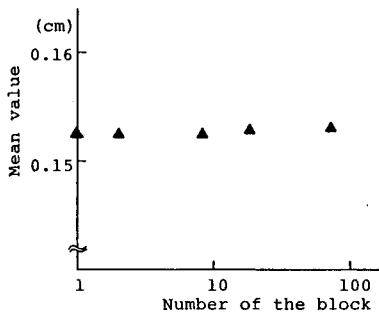


図-5(a) 平均値

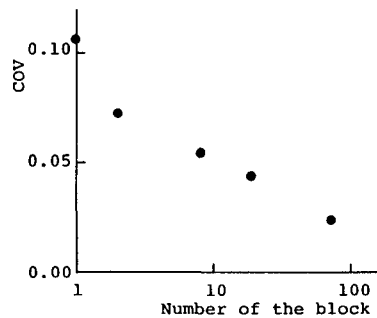


図-5(b) 変動係数

4. むすび

1. これまでのシミュレーションで、空間的ばらつきをあらわしたモデルでは、ブロックの大きさによって違った解が得られることがわかった
2. 等質モデルを使用するのであれば、それは計測においてばらつきを得たとか、過去に得られた同じ種類の地盤の材料定数の分布を用いて解析する場合である。

参考文献

- 1) 宇田隆彦：岩盤力学における確率有限要素法に関する研究、神戸大学大学院修士論文、1985、pp.19-25.
- 2) 矢野佳史：非均質性岩盤の確率有限要素解析に関する研究、神戸大学工学部土木工学科卒業研究、1985、pp.17-26.