

III-83

ズーミング手法を用いた浸透流解析

(株) アイコンサルタント 正会員 菱谷 智幸
 岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学工学部 正会員 河野 伊一郎

1. はじめに

不飽和領域が多く非線形性が強い非定常一飽和・不飽和浸透流解析では、解の収束性の悪化や、有限要素メッシュの細かさによる解の差が問題となる。特に斜面への降雨浸透解析では、メッシュサイズにが細かくなるにつれて浸潤面の移動速度が変化する傾向があるため、解析モデル全体のメッシュを細かく分割した解析が望ましい。しかし、浸潤面の移動を追跡するような解析では、モデル全体を数cmオーダーに分割する必要があり、解析に必要な記憶容量およびCPU時間が膨大になるため、実際に解析を行うことが難しい。このため、浸潤面付近のように動水勾配が大きい近傍のメッシュの自動細分割を行うズーミング手法を用いた解析コードの開発を行った。

本報告では、解析領域全体を荒いメッシュと細かいメッシュ分割を行ったモデルの解析結果と本ズーミング手法による解析結果の比較検討を行い、解析精度および解析効率について報告する。

2. ズーミング手法の概略

本ズーミング手法の流れを図-1に示す。解析はオリジナルのメッシュ分割を元に解析を行い、各要素の動水勾配を計算し、許容動水勾配以上の要素についてメッシュの細分割を行い、時間ステップを戻して再計算を行うものである。以下に解析手順を示す。

- 1) 初期メッシュによるFEM解析を行う。
- 2) 動水勾配を計算を行い、許容動水勾配を越える要素および細分割済みの要素で許容動水勾配以下の要素を抽出する。
- 3) 解析時間ステップを戻すため、水頭分布等の初期条件を再度セットする。
- 4) 細分割の対象となった要素に細分割節点を発生させ、デラウニー分割法によるメッシュの細分割を行う。
- 5) 以前の時間ステップで細分割された要素で許容動水勾配以下のものは、要素細分割を取りやめる。
- 6) 解析時間を戻して、再度FEM計算を行う。

上記1)～6)を繰り返して非定常一飽和・不飽和解析を行う。

3. 1次元カラムモデルによる比較検討

図-2に示す1次元カラムモデルを2種類のメッシュ分割による解析を行い、本ズーミング手法による解析結果と比較検討を行った。解析に用いた透水係数は0.0122mm/sec、間隙率0.416、初期圧力水頭値を全域で80mmとした。図-3に水分特性曲線を示す。また、表-1に解析ケース一覧表を示す。CASE-Aでは荒いメッシュ、CASE-Bでは細かいメッシュ、CASE-Cではズーミング手法によるもので、ズーミングによる分割幅はCASE-Bのメッシュ幅と同じとし、許容動水勾配は2に設定した。

図-4に各ケースにおける各時間毎の鉛直方向の圧力水頭分布を示す。CASE-B、Cでは、圧力水頭分布が矩形に分布しており、カラム内の浸潤面の移動をうまくシミュレート出来ている。しかし、CASE-Aでは圧力

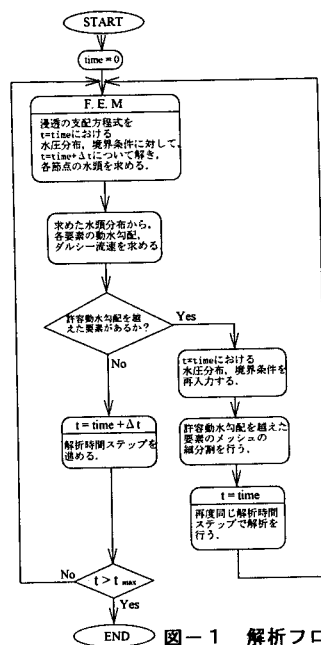


図-1 解析フロー図

表-1 解析ケース一覧

解析モデル	メッシュ分割幅 (mm)	細分割幅 (mm)	解析時間 間隔(sec)
CASE-A	10.0	-	0.036
CASE-B	0.5	-	0.036
CASE-C	10.0	0.5	0.036

表-2 解析効率一覧表

解析モデル	CPU TIME (sec)	係数マトリクス記憶容量 (bytes)
CASE-A	132	944
CASE-B	2865	17944
CASE-C	582	944 ~ 3960

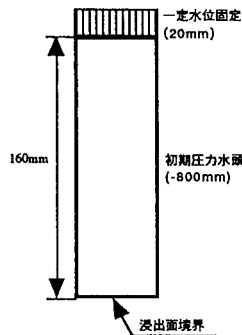


図-2 1次元カラムモデル

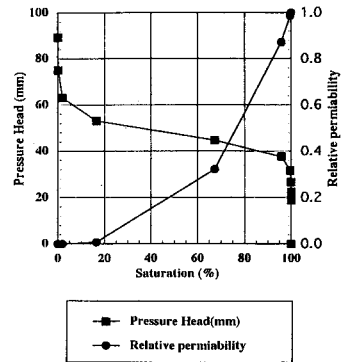


図-3 水分特性曲線

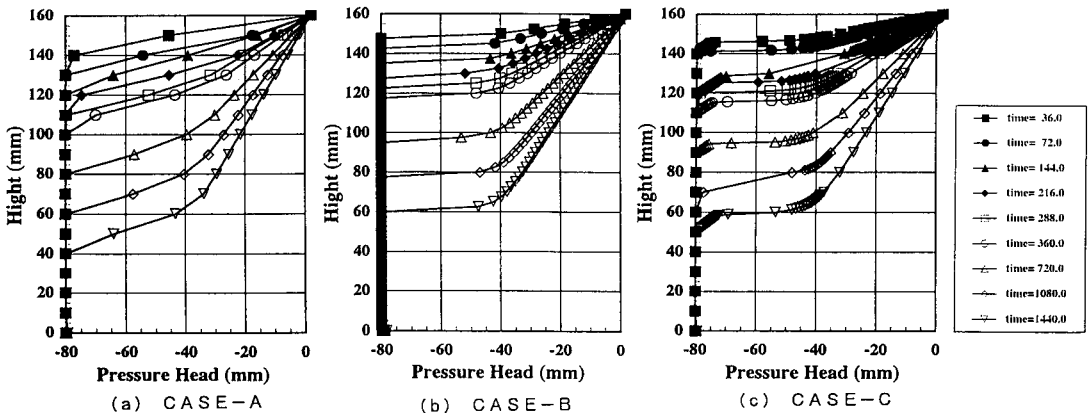


図-4 圧力水頭分布図

水頭分布にシャープさがなく、浸潤面も他のケースと比べて早く下降している。これは、メッシュの間隔が荒く、水分特性曲線の非線形カーブに追従出来ず、浸潤面近傍の要素の不飽和透水係数分布が飽和部に引きずられて高めに評価されているためだと考えられる。次に表-2に各ケースにおける計算時間と係数マトリクスに必要な記憶容量を示す。スミシング手法を用いたCASE-CではCASE-Bと比較して、計算時間および記憶容量で約1/5と解析効率が良い結果となっている。また、解析結果をみるとCASE-B, Cではほとんど違いが見られないことから、本ブーミング手法は、解析精度および解析効率において実用的な手法であると考えられる。

4. おわりに

本ブーミング手法を用いることで、効率良く精度の高い非定常一飽和・不飽和浸透流解析が行えることが示された。また、本手法をうまく利用することで、メッシュ分割の簡略化も可能になると考えられる。

現状ではメッシュ分割の開始基準を動水勾配を用いているが、この許容動水勾配値が解析精度に影響を与えられるので今後の検討課題としたい。

参考文献

梅田美彦：地盤浅層部における土中水の移動の定量的評価とその制御手法に関する研究，岡山大学博士論文，1993