

## 地盤特性の不確実性を考慮した浸透流解析～堤防内の浸潤面解析を例にして～

中央大学大学院 学生会員 ○福村 直之  
中央大学大学院 学生会員 小石 一宇  
中央大学 フェロー会員 山田 正

### 1. はじめに

地盤は異なる地質的性質を持った複数の地層によって構成されている。地質の複合的性質は、地盤特性であるせん断抵抗力や内部摩擦角、粘着力によって表されるが、各層毎に一定値を与えた均質なものと扱われていることが多い。しかしながら、本来の地盤特性は各層の内部でも均一ではなく、地盤特性のパラメータ値は降雨による水分供給や地質の不均質性によって、時空間的に不確実性を伴っている。また、一般的に不飽和・飽和浸透流の基礎式として用いられる Richards 式は、先に述べたような不確実性は考慮されておらず、適用されているものも多くないように思われる。

そこで本研究では、浸透流解析において基礎方程式の構造やパラメータに不確実性が存在することを考慮し、特に地盤特性による不確実性の影響を鑑み、浸透界面の時空間的な“ムラ”を取り入れた解析手法を構築することを提案する。例として堤防内の浸潤面解析を行なった。また、解析結果より得た水位の値をヒストグラムにのせ、ばらつきの分布概形を解析・考察する。

### 2. 計算概要

#### 1) Edwards-Wilkinson 方程式

不確実性を伴う界面成長を表現するモデル方程式として、Edwards-Wilkinson 方程式(以後、E.W.方程式とする。)と Kardar - Parisi - Zhang 方程式(一般的に、K.P.Z.方程式と呼ばれる。)がある。

E.W.方程式は、「成長する荒れた界面」を表現する方程式の中でも基本的な式であるとされている。K.P.Z.方程式は、E.W.方程式に幾何学的項(非線形項)を加えた式である。例えば、物理現象で言うと表面張力のような曲率を生む効果を指すものである。

本研究では、界面成長を表現する式によって浸透流解析を行なうための第一段階として、基本的な式

である E.W.方程式を用いる。E.W.方程式は、次式のように表される。

$$\frac{\partial h(x,t)}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 h(x,t)}{\partial x^2} + \eta(x,t) \quad (1)$$

$x$ : 基準からの距離[L],  $t$ : 時間[T],  $h(x,t)$ : 界面高さ[L],  $\nu$ : 拡散係数 [L<sup>2</sup>/T],  $\eta$ : 地盤特性によるノイズ [L/T]である。(1)式の左辺は界面の時間変化を表しており、右辺第1項は界面高さ  $h$  の拡散項であり、右辺第2項は地盤特性の影響を考慮した不確実性項となっている。

#### 2) 計算対象・条件

計算対象である堤体情報と河川水位は、下記の表-1に示す通りである。なお、計算時の河川水位は一定とする。

表-1 堤体諸元と河川水位

天端(m)	堤防敷L(m)	堤防高(m)	河川水位h0(m)
4	20	3.2	2

初期条件は、浸潤面水位が河川水位地点より、なだらかに低下するような、以下の条件を与えた。

$$h(x,0) = h_0 * \text{Exp}(-x^2/20) \quad (2)$$

$h_0$  は河川水位[m]であり、

境界条件は、河川水位と堤体の交点、また川裏と  $x$  軸の交点にそれぞれ以下のように与えた。

$$h(0,t) = 0 \quad (3)$$

$$h(L,t) = h_0 \quad (4)$$

計算は、(1)式で示した E.W.方程式を用いる。堤内の浸潤面水位を  $h(x,t)$ (m)とし一時間前の水位データから一時間先の水位  $h$ (m)を陽的数値解析で出力する。

キーワード 浸透流解析, Edwards-Wilkinson 方程式, 地盤特性, 不確実性

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL : 03-3817-1805 E-mail: a14.mf8j@g.chuo-u.ac.jp

### 3. 結果・考察

計算結果は、ある1つのケースを50時間分計算した図-1と、同じ条件で各々10時間を100ケース計算した図-2ようになった。

図-1について、横軸は堤防の横断距離(グラフではx軸)、縦軸は堤防の鉛直上向き高さ(グラフではy軸)となっている。なお、点線の横軸間隔は5.0m、縦軸間隔は1.0mである。計算期間は50時間分行ない、赤線は初期条件、青線は浸潤面高さの時系列データを示している。また、青線が薄くなるにつれて時間が経過した時の水位を表している。

図-1の結果より、時間経過に伴いx軸方向約2.5mの地点を境に、2.5m以下地点では水位は減少し、以上地点では水位は上昇している。つまり、拡散効果が働き、より平らになろうとする影響を受けていることがわかる。

図-2について、横軸は堤防の浸潤面水位、縦軸は頻度となっている。グラフの色の違いは、同じ初期・境界条件で計算した100ケースの計算結果をプロットしている。

図-2の結果より、外れている場合もあるが概ね右寄りの分布になっていることがわかった。

### 4. まとめ

本研究では、地盤特性による不確実性の影響を鑑み、浸透界面の時空間的な不確実性を取り入れた解析手法を提案した。例として堤防内の浸潤面解析を行ない、解析結果より得た水位の値をヒストグラムにのせ、ばらつきの分布概形を解析・考察した。

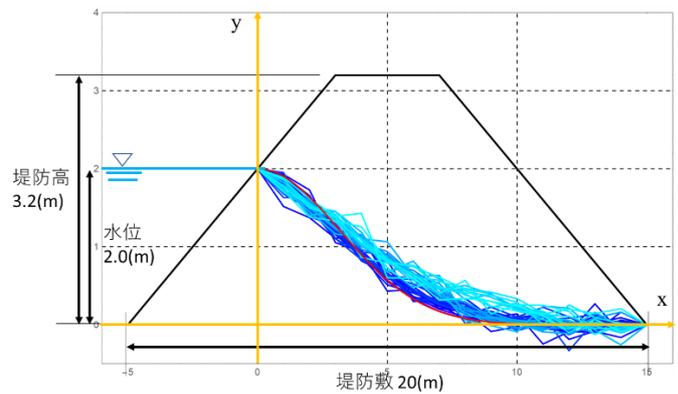


図-1 堤体内の浸潤面の時系列データ(線本数:50本)  
青色の濃淡が薄くなるほど、時間が経過している  
(オレンジ:座標, 赤線:初期条件)

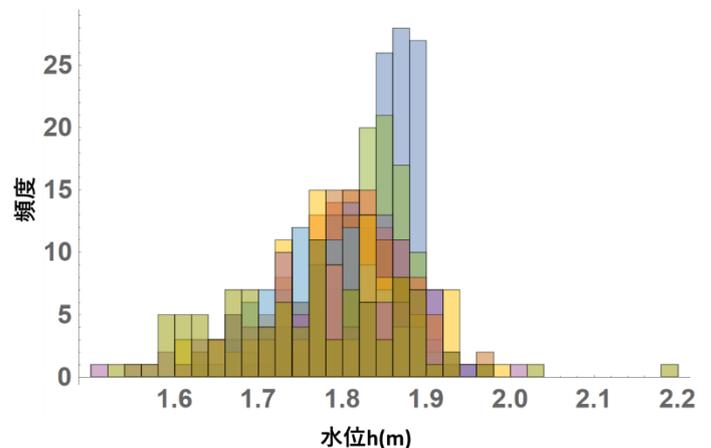


図-2 堤体内の浸潤面水位(m)のヒストグラム例  
(1~15hourを100ケース;  
堤防横断方向1.0mにおける水位のヒストグラム)

### 参考文献

- 1) 齋藤雅彦, 川谷健: 透水係数の空間分布に関する理論的考察, 土木学会論文集, No.645, 2000, III-50, pp103~114
- 2) 松山貴, 本田勝成, 三井斌友: Edwards-Wilkinson方程式の解の分散について, 日本応用数理学会論文誌, Vol.11, No.2, 2001, pp87~102