

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○外木場 康将
大阪大学大学院工学研究科 正会員 川崎 浩司
大阪大学大学院工学研究科 正会員 中辻 啓二

1. はじめに

熱帯性モンスーン気候に属する東南アジアの平野部では、年間降水量の約 85 パーセントが集中する雨季に洪水氾濫が頻発している。さらに、非常に平坦な地形であるために、一度河川水が氾濫すると 1 ～4 ヶ月といった長期間にわたり氾濫水が滞水する。このため、氾濫水の地下浸透に伴う地下水流動特性を検討する必要があると考えられる。本研究では、東南アジアの平野部における長期間の氾濫現象を再現することを目的に、河川氾濫流のみならず地下水流動も同時に計算できる数値モデルの構築を行う。

2. モデルの概要

構築した数値モデルは、氾濫流動の面的特性を把握するための平面 2 次元氾濫流モデルと U.S. Geological Survey(2000)が開発した 3 次元地下水モデル MODFLOW-2000 から構成される。氾濫流と地下水流の相互干渉を表現するために、まず氾濫流モデルから算定された地表面での水位を境界条件として、地下水の流動計算を行う。このとき、氾濫水の地下浸透量も同時に算出することができる。次に、地下への浸透量を地表面水位に換算することにより、新たな氾濫水位を算出する。上述した一連の計算過程を時間ステップごとに繰り返し計算することにより、氾濫流現象と地下水流動現象を同時に計算することができる。なお、地下水流の物理現象は氾濫流と比較して一般に時間応答が遅いことから、氾濫流計算と地下水流計算を連結する時間間隔を調整することにより、全体の計算時間の高速化を図った。

3. 降水位透水試験によるモデル検証

降水位透水試験による理論と比較することにより、構築した数値モデルを検証する。図-1 に示す地形に対して、降水位透水試験による理論式は式(1)で表現される。なお、式中の記号は図-1 に示すとおりである。

$$h_2(t) = h_1(t) \times 10^{-\frac{k(t_2-t_1)}{2.3L}} \quad (1)$$

表-1 に示す計算ケースに対して、3 日間 (259200s) の数値計算を行った。図-2 は Case1-2 の場合の理論値と計算値を比較したものである。計算値は理論値とほぼ一致していることが認められる。このことから、氾濫流計算と地下水流計算の連結では、水理量の交換が精度よく行われていることが確認できる。また、Case1-1、2-1、3-1、4-1 の 4 つの計算ケースは、表-1 に示すように氾濫流計算と地下水流計算の連結時間間隔のみを変化させた場合である。図-3 に、計算結果と理論結果の比較を示す。同図より、全ケースにおいて、計算結果は

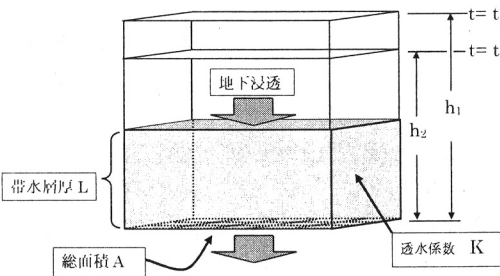


図-1 検証のための透水試験地形モデル

表-1 計算ケース

	連結時間間隔	初期水深 h_1	層厚 L	透水係数 K
Case1-1	15min	5m	1m	$1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$
Case1-2	15min	5m	1m	$1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$
Case2-1	30min	5m	1m	$1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$
Case3-1	45min	5m	1m	$1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$
Case4-1	60min	5m	1m	$1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$

理論値をほぼ再現していることがわかる。さらに、氾濫流計算と地下水流動計算の連結時間間隔の違いによる計算結果の差異は全く認められない。つまり、両計算モデルの連結時間間隔を大きくとることにより、計算時間の短縮を図ることができると考えられる。これは今回の計算で設定したような小さい透水係数の場合には有効であるといえる。しかし、大きな透水係数を有する地域を対象に計算を行う場合には、連結時間間隔を短く設定する必要がある。

4. 単純河川氾濫域へのモデルの適用

図-4 に示す単純河川氾濫地形に、構築したモデルを適用する。透水係数は河川部と氾濫域とも $1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$ と設定した。境界条件は、強制的に洪水氾濫状態を作り上げるために上流端流入量を $50 \text{m}^3/\text{s}$ 、下流端流出量を $0 \text{m}^3/\text{s}$ とした。地表面氾濫状況と第2 帯水層の水頭分布の経時変化を図-5 に示す。同図より、氾濫状況に伴い地下水位は変化していること、また地下水位の変動は氾濫水と比べて時間遅れが認められることがわかる。

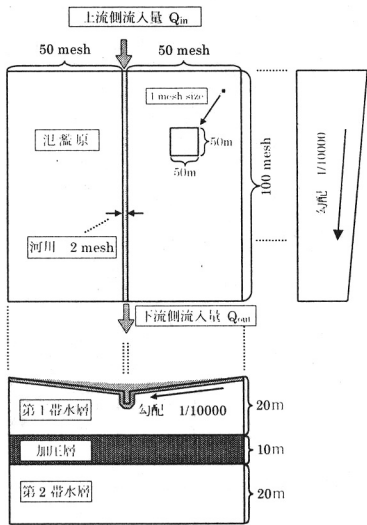


図-4 単純河川氾濫地形モデル

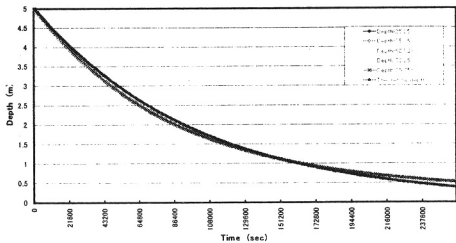


図-2 理論値と計算値の比較 (Case1-2)

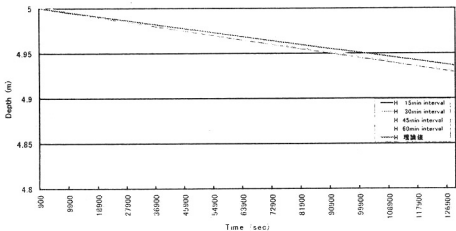


図-3 理論値と計算値の比較 (Case1-1～4-1)

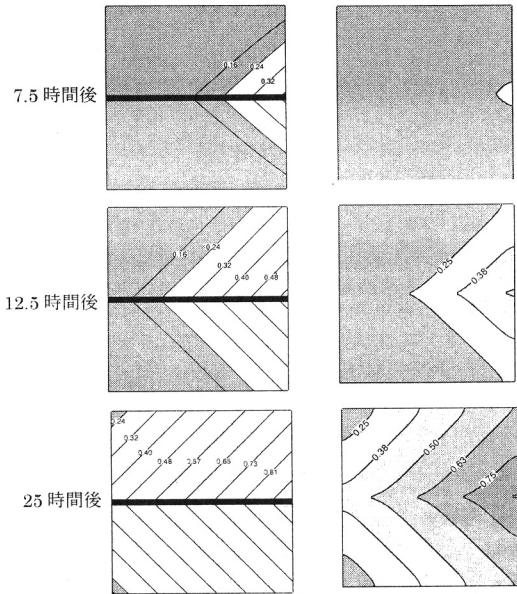


図-5 氾濫状況(左図)と第2帯水層水頭分布(右図)の経時変化

5. おわりに

本研究では、氾濫流と地下水流を同時に解析できる数値モデルを構築するとともに、降水位透水試験による理論との比較より、数値モデルの妥当性を検証した。今後、構築した数値モデルを東南アジアの平野部に適用し、長期間にわたる洪水氾濫、地下水流動特性について検討する予定である。

参考文献

Arlen W. Harbaugh, Edward R. Banta, Mary C. Hill, and Michael G. McDonald: MODFLOW-2000, U.S. Geological Survey , Open-File Report 00-92.