

徳島県東部沖積平野における地下水挙動の解析

建設省中国地方建設局 正会員 ○藤井 泰宏
福山大学工学部 フェロー 尾島 勝

1. はじめに

本研究の対象域は徳島県東部の那賀川下流沖積平野である。那賀川流域は、地下水が豊富で昔から種々の用途に利用されてきたが、近年工業化や都市化による都市用水の利用量の増大、養魚用水としての地下水利用量の増大、水文気象条件の変化などによって、地下水位が低下し地下水の塩水化がみられるようになった。

そこで、本研究は既往の地下水観測資料の分析と河川水位と不圧地下水位の応答解析、さらに有限要素法を使用したプログラムによる地下水位の変動解析を行うものである。

2. 河川水位応答解析

1 次元非定常流の基礎方程式を次式に示す。

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad \begin{array}{l} T: \text{透水量係数} \\ S: \text{貯留係数} \end{array}$$

上式を解くと初期条件、境界条件を与え、解くと

$$h(x,t) = \sum_{i=1}^N [(C_i - C_{i-1})(t - T_i) 4i^2 \operatorname{erfc}(u_i)]$$

ここで $u_i = x/\sqrt{4\sigma(t - T_i)}$ 、 C_i は河川水位変化 $F(t)$ の傾きである。

上式を用いて水位応答解析を行う。具体的な条件として平成 10 年 5 月、9～10 月、平成 11 年 3 月、4 月の河川水位データから $F(t)$ を与える。次に透水係数(k)は 0.1(cm/s)、0.25(cm/s)、0.5 (cm/s)、1.0(cm/s)の 4 パターンを、貯留係数(S)は 0.1 を用いて計算を行う。層厚は全層で一定と考え 15m とした。検証地点は図 1 に示す G、H、J である。河道までの垂直距離はそれぞれ 830m、400m、330m である。ここで与える水位は古庄河川水位観測地点の水位である。



図 1 解析対象域と対象井戸位置

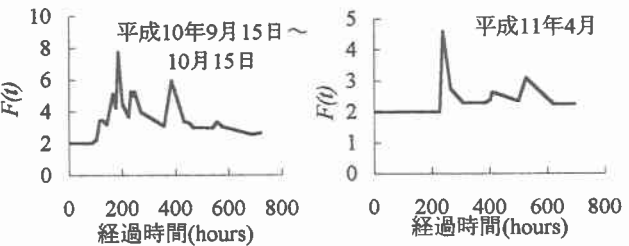


図 2 河川水位変化 $F(t)$

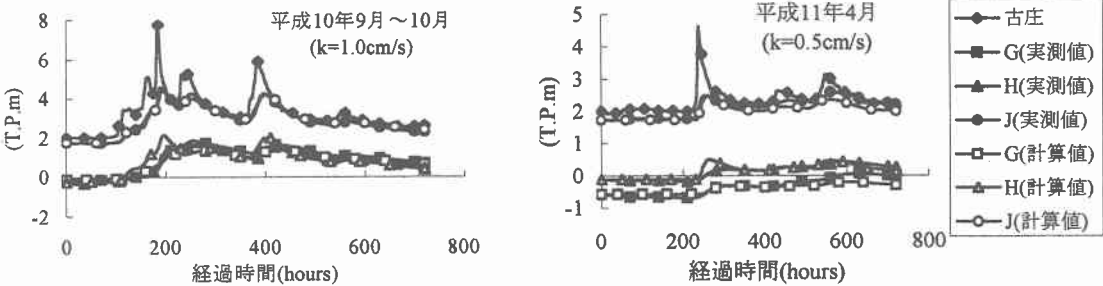


図 3 河川水位応答解析結果

解析結果の例として図2に示した $F(t)$ に基づき、平成10年9月～10月($k=1.0\text{cm/s}$)と平成11年4月($k=0.5\text{cm/s}$)の解析結果を図3に示す。何らかの減衰作用が働いていると考えられるHを除けば平成10年9～10月では $k=1.0\text{cm/s}$ 、平成11年4月では $k=0.5\text{cm/s}$ のとき合致度が最も高くなった。最適な透水係数が異なるのは、地盤を理想化したことや揚水や涵養の影響を考慮しなかったためであると考ええる。

3. 有限要素法(FEM)による地下水流況解析

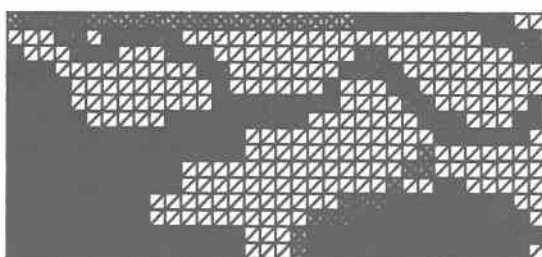
本研究では有限要素法(FEM)による非定常解析を行った。解析領域は那賀川左岸をブロックⅠ、右岸の那賀川と桑野川で挟まれた領域をブロックⅡ、桑野川より南をブロックⅢとした。メッシュは1辺250mの正方形メッシュで、その正方形メッシュを平面3角形要素に分割した。解析は不圧帯水層、被圧帯水層の両層で行った。ここでは図4に示す有限要素分割によるブロックⅡの解析についてのみ述べる。

不圧帯水層の解析条件は、境界条件として山地要素の節点、河川要素の節点、海要素の節点に灌漑期、非灌漑期の平均水位を指定水位で与えた。揚水量はA層で日量約8.1万t、C層で日量約18.5万tを与える。なお、A層では降水量、C層ではA層からの漏水を涵養量として考慮した。A層での透水係数は河川水位応答解析結果を考慮して旧河道部と一般帯水層に分けて5ケースの数値設定を行った。層厚は地質柱状図を元に各要素で設定した。貯留係数は0.1である。水位計算にあたり、まず揚水を行わないで定常状態に達した水位を初期条件とし、その後揚水を与え、10日後、30日後、90日後の水位を求めた。C層の解析条件は河川の考慮なし、層厚30m一定、透水係数 1.0cm/s 、貯留係数 10^{-3} である。

図5に解析結果から得た揚水による水位低下量を示す。最大水位低下量はA層で1.07m、C層で1.58mになり、岡川に沿って低下がみられた。C層の水位低下の影響範囲はブロックⅠにも及んでいると推測される。水位低下の影響はA層よりも大きくなった。

4. まとめ

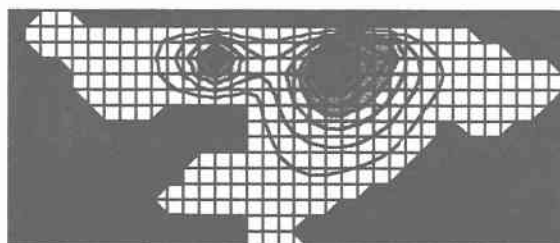
那賀川下流域では地下水を多量に揚水し利用している。そのため地下水位が低下し、地下水障害を起こすようになった。河川水位応答解析は、河川水位の変動が不圧地下水位に与える影響を把握するために行った。この解析によって、河川水位と地下水位の関係をほぼ把握できたといえよう。さらに、地下水挙動の実態を再現するためには、揚水や涵養を考慮した解析を行わなければならない。さらに有限要素法によって平面2次元解析を行ったが、実際の現象に近づけるためには、より精度の高い透水係数の測定、位置的、量的、時間的に正確な揚水量の把握、境界条件の見直しなどが必要不可欠である。



■ 山地要素 ■ 海要素 ■ 河川要素 ■ 旧河道

図4 対象域の有限要素分割(ブロックⅡ)

A層 灌漑期 case4 揚水90日後



C層 灌漑期 揚水90日後

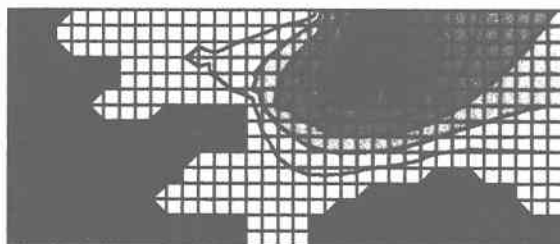


図5 FEMによる解析結果