

干拓地の揚水に伴う地下水変動の解析

長崎大学工学部 学生員 ○岡部 義雄
 同 上 大柳 孝志
 同 上 正 員 後藤恵之輔
 同 上 正 員 棚橋 由彦

1. まえがき

地下水の過剰揚水による広域地盤沈下は、多くの沖積平野で問題となっており、関東北部・濃尾・筑後・佐賀平野等は、国の重要施策地域に指定され、観測網も整備され、地下水シミュレーションを含む水理・沈下解析が進められている。一方、長崎県諫早干拓地でも、地下水の揚水に伴う地盤沈下が懸念されている。ここでは、揚水に伴う広域的な地下水変動の解析を行った結果を報告する。

2. モデル地区の概要

モデル地区は、諫早市と森山町の一部を含み、東西を二反田川と本明川支流半造川、南北を多良岳山地と有明海に囲まれた5.8km²の干拓地で造成されている(図-1参照)。地層構成は、表層に埋立土(有明粘土)で滞水層は3層であり、資料(3)によれば、基盤岩(砂岩、頁岩)は、標高-200~-380mに分布する盆状構造をなしている。

3. 解析方法

(1) 準三次元地下水シミュレーション 地下水の運動を滞水層で水平、加圧層で垂直として取扱う準三次元多滞水層系では、1番目の滞水層の地下水流の基本式は、次式で示される¹⁾。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_i \frac{\partial h_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_i \frac{\partial h_i}{\partial y} \right) + \left(\frac{k'}{b'} \right) (h_{i-1} - h_i) + Q_i - S_i \frac{\partial h_i}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 h_i : 地下水頭、 T_i : 透水量係数、 S_i : 貯留係数、 Q_i : 揚水量または 養量、 k' : 加圧層の透水係数、 b' : 加圧層の層厚であり、添字 i は 1 番目の滞水層または、加圧層を表わす。式(1)の近似解を $h = \sum H_i \cdot \phi_i \dots\dots (2)$ とおき、式(1)に Galerkin 法を適用し、近似式を導き、その時間微分項を、後退差分とすると、節点の水頭値を未知数とする連立一次方程式を得る。換言すれば、式(1)は重み付き残差法により、有限要素定式化がなされる²⁾。

(2) 解析モデル $x-y$ 平面のメッシュは、図-1に示す節点172、要素145に分割する。境界条件は、両河川と有明海に接する節点を水頭一定、多良岳の麓と接する節点を不透水境界としている。河川水位変動、潮汐は考慮可能だが、ここでは考慮していない。地盤構成の平面分布は、図-2の埋立地でないハッチ部の領域を降雨浸透領域とした。また鉛直分布は、資料(3)を参考に、盆状構造をシミュレートしている。また、各層の水理パラメーターは観測井A、B、Cの柱状図と圧密試験結果から決定した。

(3) 降雨と揚水 降雨は、気象月報(諫早市)の降雨記録を入力した(図-3(a)参照)。揚水井の平面分布と揚水強度(及び井戸の深度)は、長崎県の地下水利用実態調査表を参考に、メッシュ図にプロットし、隣接する節点に等価配分し、図-2を作成した。揚水量の経時変化は、資

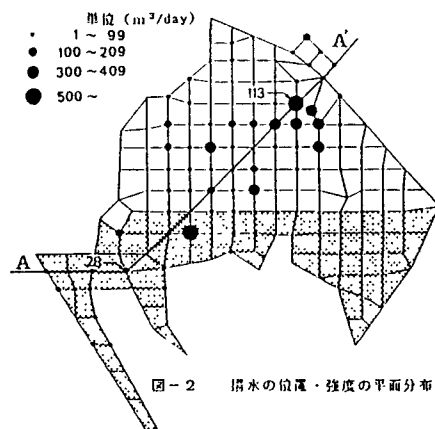


図-2 揚水の位置・強度の平面分布

料がないため各井戸の年間揚水量が取水期の6月～10月の5ヵ月に集中するものと仮定し入力した。

4. 解析結果及び考察

1984年～1987年の4年間の解析結果を図-3～図-5に示す。紙数の都合上、1,2の結果の考察に止める。降雨のみを入力した、観測井A、Bの地下水位変動(図-3(a))から、帯水層の水頭は降雨との時間遅れは小さく、降雨に対して比較的敏感に反応していることが分る。降雨と揚水とも入力した、観測井Aの地下水位変動(図-3(b))の計算値(図中実線)からは、取水期(6月～10月)における揚水に伴い、帯水層の水頭が急激な低下を示し、最大1.5mの変動差が認められる。1986年4月より計測開始された観測井Aの実測値(図中破線)との対応は、実測水頭が取水停止後の回復過程が計算値のそれより緩慢なのを除けば、細部も含め比較的良好と言えよう。

5. あとがき

比較的最近沈下が問題となった地区は、観測資料が乏しく地下水シミュレーションモデル設定の際、多くの困難が伴う。本解析もその例に洩れないにもかかわらず、ほぼ妥当なシミュレーションモデルが構築されたと見えよう。今後とも資料の収集、蓄積により、精度向上に努めるとともに、広域地盤沈下のシミュレーションモデルの作成・予測を急ぐ所存である。計算には、本学総合情報処理センターFACOM 760/30を利用したことを付記する。

謝辞

岡山大学工学部、西垣誠助教授からは、プログラムの提供と教示を賜わった。また、地元の農家の方々には、井戸の所在地、稼働状況のヒアリング調査に快く答えて戴いた。ここに記して謝意を表する次第です。

参考文献

- 1) 佐藤邦明・関陽太郎・坪井澄雄・藤崎克博: 埼玉県平野部における適正地下水揚水量の検討, 土と基礎, Vol.34, No.11, (25-31), 1986.
- 2) 河野伊一郎・西垣誠: 有限要素法による広域地下水の準三次元浸透解析(その手法とプログラム解説)
- 3) 地質調査書: 水理地質図(長崎県諫早・北高地区), 1978.

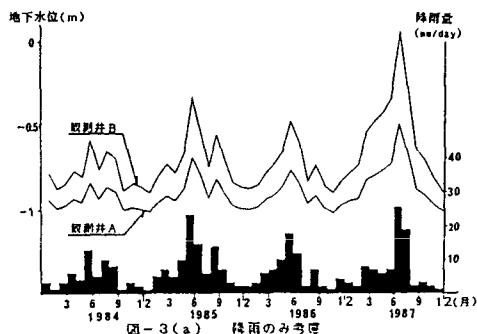


図-3(a) 降雨のみ考慮

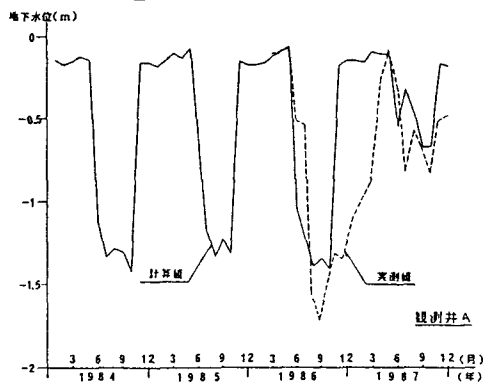


図-3(b) 降雨と揚水考慮

図-3 帯水層の地下水位の経時的変化

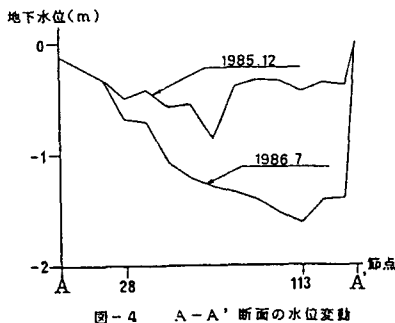


図-4 A-A'断面の水位変動

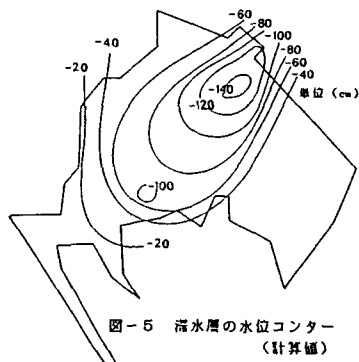


図-5 帯水層の水位コンター (計算値)