

## 洪積帯水層からの大量揚水に伴う 地盤環境保全 (第2報)

九州大学工学部 学生会員○田中 一成

正会員 江崎 哲郎

学生会員 鹿田 光一

### 1. 緒言

前報<sup>1)</sup>では、地下水(天然ガスかん水)の揚水に起因する地表沈下現象に対して、被害防止および地盤環境保全の見地からその発生機構と解析法に関する報告を行った。この研究では、有限要素法による浸透流解析と影響円解析法を用いた地盤変動の同時解析法を提案し、その有効性が実証された。しかし、浸透流解析が定常解析であったこと、また、多数の井戸からの汲み上げに対して、その圧力分布の詳細をよく反映したFEMの要素分割ではなかったという問題があった。

本研究では、前報での結果を踏まえ、適当なFEMの要素分割のもとで、非定常浸透流解析を用いた解析システムを提案し、その実用性を検討する。

### 2. 地質構造の概要

解析の対象となる帯水層は、新生代後期の地層群中に存在する2層の砂岩優勢互層で、その規模は地域によって多少異なるが深度は各々200~1,000m、800~1,300m、層厚は平均約90m、270mで、両層ともその上下を泥岩優勢互層で挟まれた構造になっている。また、地層の固結度が高く他のガス田と比較して弾性的である。また、同地層群は、南北にやや長い半楕円状の半盆状を呈し、東に8°前後で緩く傾斜する単斜構造を示している。この天然ガス開発地域には、約10km×10kmの範囲に約50の坑井がおおよそ500mの間隔で掘削されている。ガス田の中心部では、観測井を設けて、年1回の割合で地下水位の計測が行われ、現在の各坑井における平均動水頭値は地表下約-170mである。また、地表沈下については、開発地区とその周辺で路線延長約53km、126地点の水準測量が実施されており、この測量結果は解析処理され、沈下量コンター図(Fig.1)に示されている。現在までの累積最大沈下量は約300mm、年平均沈下量は11mmである。

### 3. 解析方法

本研究は、FEMを用いて準3次元非定常浸透流解析を行い、ガス層内の平面的な水頭分布を求め、その水頭分布から求めるガス層の変形量から影響円解析法を用いて地表沈下量を計算し、その結果と沈下量の実測値データとの比較を行うものである。解析を行う際に重要となる以下の2点について説明を行う。

#### 1) 浸透流解析モデル

作成したモデル(要素分割図)は節点総数1275、要素総数1232であり、地質・揚水井等を3次的に反映できるように、解析対象範囲について平面2次元要素分割を行い、深度方向の水理定数変化を考慮している。しかし、各坑井の揚水が影響を及ぼす範囲(影響限界距離)の決定は、時間とともに坑井の水位や揚水量が変化する場合、非常に困難である。そこで、水準測量による実測データから得られた沈下コンターと前報の解析結果から判断して設定し、水理定数の変化については、対象範囲を6ブロックに分割し、層厚等の変化を考慮

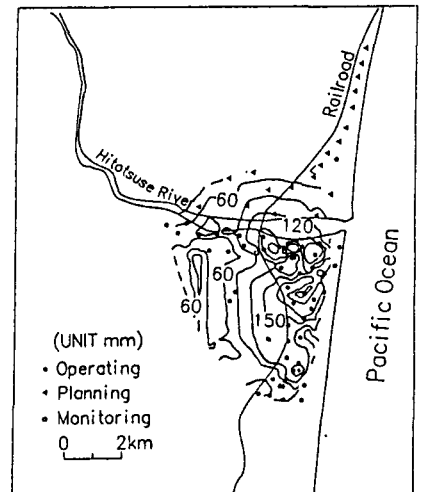


Fig.1 Contour map of subsidence (measured).

した。データとしては、現存する44生産井において、開発以後15年にわたって計測された水位低下量、計測時間を関数として与えている。このガス層は実際には傾斜しているが、8°前後の緩い傾斜なので解析では水平層として取り扱っている。また、解析の対象となるガス層の上下層が泥岩優勢互層であること及び、かん水はほぼ完全な化石水であることから、降雨、河川による天水の影響はないといえる。用いた透水係数・貯留係数は、各坑井のボーリングコアなどを用いた室内透水試験結果や各坑井の水位回復を計測した現場試験結果に基づいて設定し、モデルの同定において補正を繰り返している。

## 2) 沈下解析

ガス層は、揚水に伴う水頭の低下ひいては有効応力の増加により変形を生じる。このガス層の変形量は、一般化されたフックの法則より導かれた次式で表される。

$$D=m/E\cdot(1-2\nu)\cdot\gamma_g\cdot\Delta h\quad\cdots\cdots(1)$$

ここで D:変形量 m:層の有効層厚  
E:層のヤング率 ν:層のポアソン比  
γ<sub>g</sub>:天然ガスかん水の単位体積重量  
Δh:水頭低下量

上記の変形量によって生じる地盤変動量は影響円解析法により算定される。この影響円解析法は、複雑な分布形態を持つ地盤内変形量による地表での影響を求める場合に有利である。手順としては、デジタイザーを用いて水頭分布を読み取り、パソコンのグラフィック画面に表示して影響円を重ね合わせ、各コンターでの沈下量を合計して各点での沈下量を求める事ができる。結果はXYプロッタを用いて出力した。

## 4. 解析結果

浸透流解析によって得られる流速ベクトルをFig.2に示す。分布した坑井での揚水による帯水層内の地下水流動の様子、範囲が図示されている。また、本解析システムで得られた沈下量コンター図をFig.3に示す。

## 5. 結言

本研究では、非定常浸透流解析と従来から著者らが開発、利用を行っている影響円解析法による広域地下水の揚水に伴う沈下同時解析法を提示した。しかし、モデルの同定においては十分とは言えず、坑井周辺での水頭低下の形態、計算時間ステップ、境界条件等について検討を重ねることが必要である。

最後にFEM浸透流解析プログラムをご提供頂きました岡山大学西垣誠先生に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1)江崎哲郎他:平成元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集,498-499,(1990)
- 2)江崎哲郎他:第7回岩の力学国内シンポジウム講演論文集,413-418,(1987)

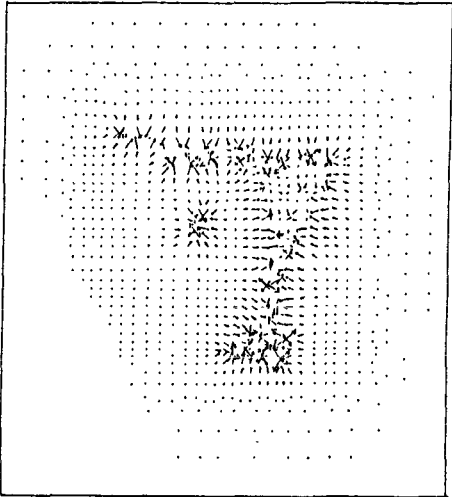


Fig.2 Field of seepage velocities.

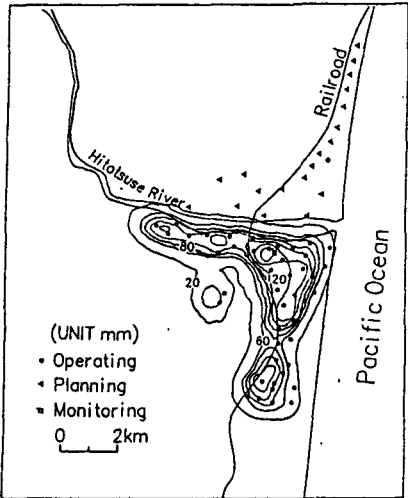


Fig.3 Contour map of subsidence (calculated).