

海面上昇に伴う沿岸域地盤の地下水位変動の予測

茨城大学 学生会員 ○鈴木希美

茨城大学 正会員 村上哲

茨城大学 フェロー 安原一哉

茨城大学 正会員 小峯秀雄

1.はじめに

海面上昇によって、地下水位が上昇すると液状化の危険領域が増大したり、基礎地盤の支持力が低下したりする。図 1 は現在の地下水位での、図 2 は地下水位が 1m 上昇した場合の液状化予測図である¹⁾。地下水位上昇により液状化危険度も高く範囲も広がっていることがわかる。このように地下水位上昇は、液状化の危険性を増す要因であるので、海面上昇に伴う不圧地下水位変動予測を行い、地下水位がどの位上昇するか把握する必要がある。さらに、近年、デジタル化が進んでいる既存のボーリングデータなどの地盤情報を活用し、海面上昇に伴う不圧地下水位変動予測を行う事が出来れば、地下水位上昇に起因する問題を考える上で非常に有効である。本研究では、このような実情を踏まえ、不圧地下水位変動予測手法の構築と、川崎市川崎区沿岸域について不圧地下水位変動予測を行ったのでその結果を報告する。

2.地下水位變動解析手法

x , y 軸を水平面に、 z 軸を鉛直方向にとる。地下水面から不透水性基盤面までの深さを H 、基準面を透水層内にとると、 $H = z - z_0$ と表せる。地下水を流れる微小区間で考える。時刻 t における単位幅

あたりの x 軸方向の流量 $q_x(x, y, t) = \left(k \frac{\partial z}{\partial x} \right) \times (z - z_0)$ と表せ

るので、断面積が $\Delta x \cdot \Delta y$ の角柱を通じて時刻 t での出入りする流量は次式で表す事ができる。

$$\Delta q = \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} \Delta x \right) \Delta y + \left(\frac{\partial q_y}{\partial y} \Delta y \right) \Delta x \quad - (1)$$

(1)式が0の場合、地下水位は一定であることから地下水位の変動はない。(2)式が正の値なら、流入量より流出量が多い事を表しているため、地下水面が下がる。逆に負の値なら、流入量が多いので地下水面は上昇する。よって、流入出量の差で地下水位変動を表すことができ、次式が成り立つ。

$$n_e \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ k(z - z_0) \frac{\partial z}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k(z - z_0) \frac{\partial z}{\partial y} \right\}$$

n_e : 有効間隙率
 k : 透水係数

よって、上式が平面二次元非定常不圧地下水流の基礎方程式²⁾である。

水位の時間的変化がなくなる時、つまり最終的に水位一定になる時は $\partial z / \partial t = 0$ となるので

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ k(z - z_0) \frac{\partial z}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k(z - z_0) \frac{\partial z}{\partial y} \right\} = 0 \quad -(2)$$

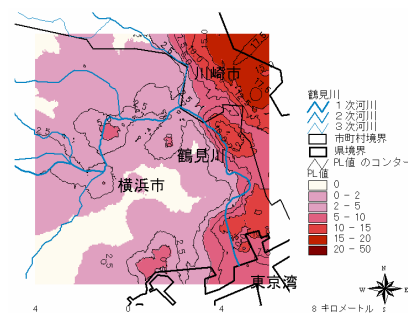


図 1 液状化予測図¹⁾

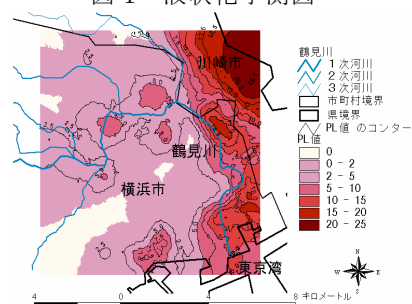


図2 液状化予測図
(地下水位 1.0m 上昇)¹⁾

湿润面 $z = z(x, y)$

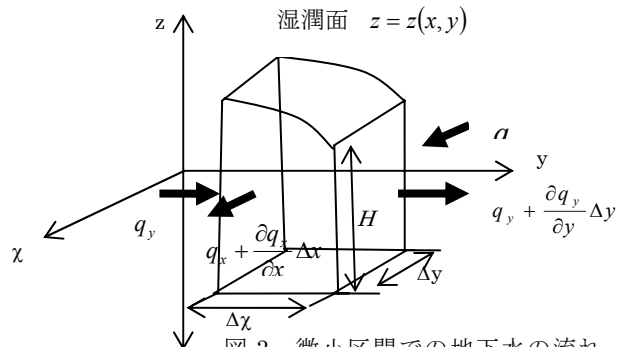


図3 微小区間での地下水の流れ

キーワード: 不圧地下水 地下水位変動 海面上昇 GIS 数値解析 有限要素法

連絡先:〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5177 FAX 0294-38-5268

本研究では(2)式について有限要素法を用いて解き、最終的に地下水位が定常状態の場合について解析を行う。

3.川崎市における地下水位変動シミュレーションの適用

3.1 川崎市における地下水流動解析のための地質構造の把握

既存のボーリングデータより、ボーリングデータベースを構築し、地盤構造モデリングを行うために 3D 地質モデリングシステムを利用して地層構造の把握を行った(図 4 参照)。これより、解析に必要となる不透水性基盤面の位置、透水層の層厚のデータを対象地域における要素ごとにデータの取得を行う³⁾。

3.2 有限要素モデル化

対象領域を 255 の要素、295 の節点数で分割した。透水層は砂層より地盤物性値の代表的な値を用い、透水係数 0.864m/day、有効間隙率 0.3 とした⁴⁾。境界条件として対象領域は海や川に囲まれているためすべて水位一定境界面とし、上流側以外の領域は海面と同じ水位とし(図 5 参照)、現状での地下水位を知るために上流側と海面との水位差を 2m とし、海面上昇を想定し海面の水位のみ 1m 上昇させた解析を行う。

3.3 地下水位変動予測の結果

現状での海水面を基準として結果を地下水位分布図で示す。現状および海面のみ 1m 上昇させた場合の地下水位分布は上流側での地下水位分布が急で下流側に向かって緩やかになっている(図 5、6 参照)。しかし、図 5 の丸で囲んで部分に関しては地下水位分布をうまく表現できていないが、領域の中央部分では川や海に囲まれた領域についての地下水位を表現できている。図 7 は海面上昇に伴う地下水位上昇量である。海面付近では地下水位の上昇量が大きく、上流側に向かうにつれて上昇量は小さくなっているのがわかる。すなわち、海面上昇に伴う沿岸域地盤の地下水位上昇量は一様ではなく、海岸線や河口付近に近いほど地下水位上昇量は大きいことがわかる。

4.結論

地下水位変動予測の結果より、地下水位上昇量は一様ではなく海岸線や河口付近に近いほど大きく、これにより危険性も大きくなることがわかる。よって、海面上昇に伴う地下水位上昇による様々な問題を考える上で、地下水位変動予測を行い地下水位上昇量など地下水流動について把握することが重要である。

〈謝辞〉 本研究を進めるにあたり川崎市環境局公害部環境対策課のご協力を頂きました。また、本研究の一部は実吉奨学会の研究助成を戴いて行ったものです。ここに付記して謝意を表します。

《参考・引用文献》 1) K. Yasuhara, S. Murakami and T. Fukuda:GIS application for prediction of liquefaction potential caused by rising groundwater level,Engineering

Practice and Performance of Soft Deposits,IS-OSAKA2004,ISBN

4-88644-812-7,p.437,2004. 2)地下水入門編集委員会:地下水入門,土質工学会,pp.68-71,1983. 3)鈴木希美 村上哲 安原一哉 小峯秀雄:

沿岸域における不圧地下水位変動予測のための地盤構成 3次元可視化,第 40 回地盤工学研究発表会投稿中 4)河野伊一郎:地下水工学,鹿島出版会,p.12,p.17,1997.

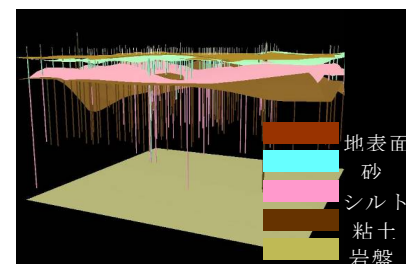


図 4 川崎市の地層構造

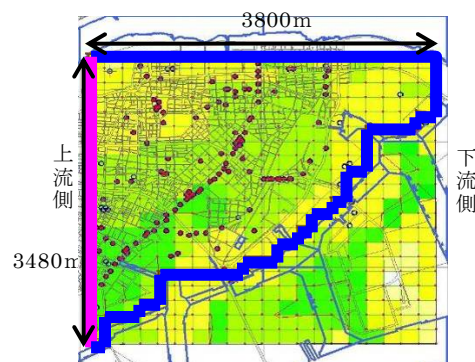


図 5 解析地域

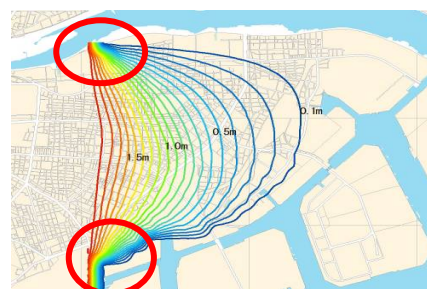


図 6 海面上昇前の地下水位分布図

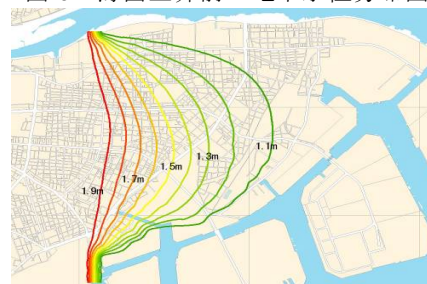


図 7 海面 1m 上昇後の地下水位分布図

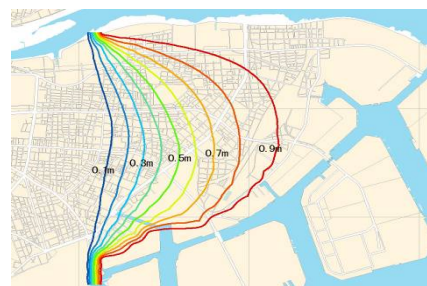


図 8 地下水位上昇量