

堆積地盤における大深度地下間隙水圧挙動の観測と解析

千葉工業大学大学院 学生会員 ○宇井 仁将
 千葉工業大学 正会員 小宮 一仁
 千葉工業大学 正会員 渡邊 勉
 八重洲コンサルタント(株) 一藤 雪乃

1. はじめに

本研究では、大深度地下間隙水圧観測結果と大深度地下間隙水圧に影響を与える諸要因、特に揚水量データ¹⁾、有限要素法を用いた数値解析等から、環境影響評価に必要な大深度地下水挙動について定量的な考察を行った。

2. 大深度地下間隙水圧の長期観測結果

図-1 に示す千葉工業大学津田沼校地内において、間隙水圧の観測を 10 分間隔で経時的に行っている。

図-2 は 1996 年から 2009 年の G.L.-80m, G.L.-402m の間隙水圧長期観測結果である。図-2 より間隙水圧は毎年夏期に減少し、冬期に上昇していることがわかる。この季節変動は観測した全ての年に表れている。

従来の研究²⁾³⁾において、観測地点の間隙水圧の季節変動の要因は、周辺地域で夏期に行われる農業用揚水であることがわかっている。また、観測地点の間隙水圧に影響を与える揚水地点を特定した結果、観測地点 G.L.-80m の間隙水圧は船橋市と市川市、G.L.-402m は柏市の揚水との相関が高いことがわかった。さらに、観測地点 G.L.-80m と船橋市の揚水深度は同じ清川層⁴⁾、G.L.-402m と柏市の揚水深度は下総層群相当層⁵⁾にあることから、2 市が観測地点に影響を及ぼす揚水地点である可能性が高いことがわかっている。

3. 有限要素法を用いた定常浸透解析

大深度地下間隙水圧観測結果と周辺地域の揚水データ¹⁾を用いて、有限要素法による数値解析を行った。解析には、小宮が開発した三次元定常浸透有限要素法プログラムを使用した。

境界条件として地表面の全水頭を 0m、側面・底面の境界にはその深度の静水圧に相当する位置水頭(m)を与えた。外力として周辺地域で計測された揚水量¹⁾を用いる。式(1)を用い揚水量を水圧に換算し、各市の揚水深度にあたる節点に圧力 p(m)を与えた。

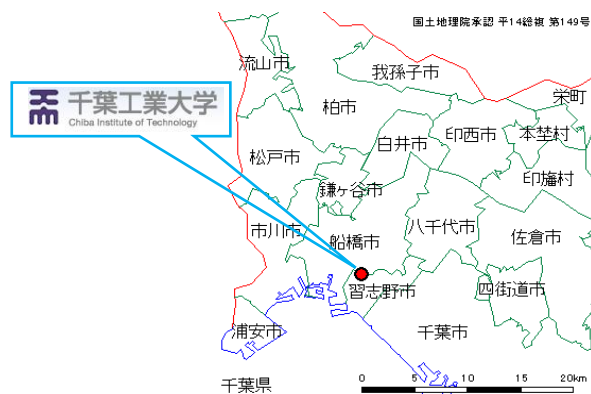
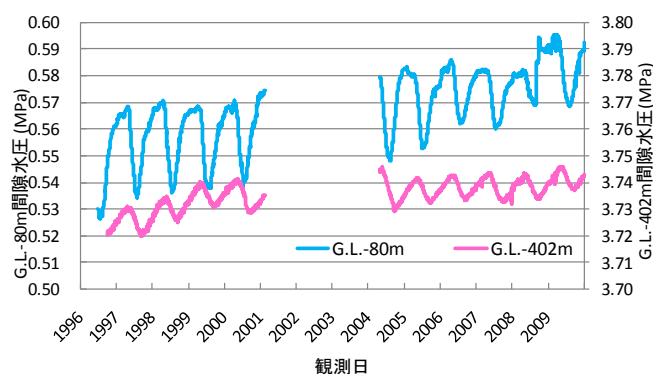


図-1 大深度地下間隙水圧観測地点

図-2 G.L.-80m, G.L.-402m 間隙水圧長期観測結果
ダルシーの法則

$$v = Q/A = k \cdot i \text{ より}$$

$$i = Q/(A \cdot k)$$

$$h - i = p \quad \dots \text{式(1)}$$

v : 流速(m/s) Q : 揚水量¹⁾(m³/s) A : 面積(m²),

k : 透水係数⁶⁾(m/s) i : 動水勾配 h : 揚水深度(m)

解析モデルにおける地層の分布は清川層基底深度分布⁴⁾と下総層群相当層基底深度分布⁵⁾に基づき設定した。なお、透水係数⁶⁾は表-1 に示す値を用いた。

観測地点の間隙水圧と相関が高い揚水地点である船橋市と柏市の夏期(4~8 月)平均農業用揚水量を外力とし、以下の条件で解析を行った。

条件 1: 船橋市と柏市の全面積で揚水が行われたと仮定。

条件 2: 夏期の農業用揚水は主に田で行われることから、

キーワード 大深度地下 間隙水圧 揚水 有限要素法

連絡先 〒275-8588 習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学工学部建築都市環境学科 TEL:047-478-0449

船橋市と柏市の経営耕地面積のうち稲作を行った田の面積⁷⁾を揚水面積と仮定した場合.

さらに, 条件 1, 2 に観測地点周辺で夏期(4~8 月)の農業用揚水量が多い千葉市と八千代市, 我孫子市を加え 5 市の夏期(4~8 月)の平均農業用揚水量を外力とした以下の 2 条件の解析も実施した.

条件 3: 5 市の全体面積で揚水が行われたと仮定.

条件 4: 5 市の経営耕地面積のうち稲作を行った田の面積⁷⁾を揚水面積と仮定した場合.

以上の 4 条件で定常浸透解析を行い, 観測地点の実測値と解析値を比較する. なお各市の揚水深度は, 船橋市 G.L.-80m, 我孫子市 G.L.-100m, 八千代市 G.L.-140m, 千葉市と柏市 G.L.-200m とした.

4. 解析結果

図-3, 図-4 に解析結果と実測値の比較を示す. 実測値は, 2005 年の観測地点 G.L.-80m の 間隙水圧が減少し始める 5 月から最小になる 7 月までの圧力変化量とした. 同様に, 観測地点 G.L.-402m の実測値は間隙水圧が減少し始める 5 月から最小になる 9 月までの圧力変化量とする.

条件 2, 4 は条件 1, 3 に比べ, 揚水面積が小さいため動水勾配が大きくなり, 解析値の圧力変化量も大きくなった. また, 条件 3, 4 において条件 1, 2 よりも揚水地域を広域にすることによって解析値の圧力変化量が大きくなった. しかし, 全ての条件において実測値よりも小さい値を示した. これは, 稲作を行った田の全ての面積で揚水が行われたわけではなく, 外力算出における揚水面積の評価が大きかったためであると考えられる.

5. 結論

本報告では, 従来の研究²⁾³⁾より広域における揚水と大深度地下間隙水圧挙動の関係を明らかにした. また, 観測地点 G.L.-80m の間隙水圧の季節変動は, 船橋市の夏期農業用揚水の影響が大きいことが定量的にも証明された. さらに, 観測地点 G.L.-402m に影響を与える揚水地点は, 従来考えられていた柏市だけでなく, 我孫子市・八千代市・千葉市などであることが明らかになった.

謝辞

本報告は, 科学研究費補助金: 基盤研究(C) (研究代表者: 小宮一仁, 課題番号: 19560548) の交付を受けて行った研究の成果の一部であることを付記する.

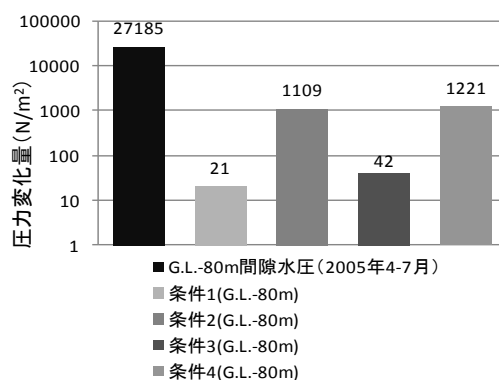


図-3 実測値(G.L.-80m)と解析値(G.L.-80m)の圧力変化量(N/m²)

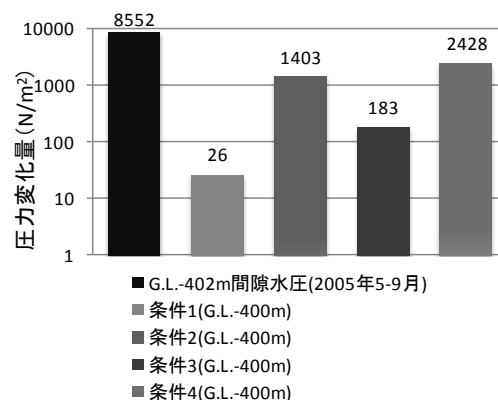


図-4 実測値(G.L.-402m)と解析値(G.L.-402m)の圧力変化量(N/m²)

表-1 解析に用いた透水係数

材料番号	地層名	透水性	透水係数(m/s)
1	—	低位の透水性	1.0×10^{-6}
2	粘土層	非常に低い透水性	1.0×10^{-7}
3	清川層	非常に透水性	1.0×10^{-3}
4	下総層	中位の透水性	1.0×10^{-4}
5	難透水層	不透水性	1.0×10^{-8}

参考文献

- 1)環境省, 全国地盤環境情報ディレクトリ (平成 20 年度版) 千葉県関東平野南部
- 2)一藤, 小宮, 渡邊, 高橋, 第 63 回年次学術講演会, 土木工学会, 仙台, 2008 年 9 月
- 3)一藤, 小宮, 渡邊, 第 64 回年次学術講演会, 土木工学会, 福岡, 2009 年 9 月
- 4)URBAN KUBOTA, No.18 関東堆積盆地, 1980.4
- 5)鈴木宏芳, 防災科学技術研究所研究報告書, 第 63 号, 関東平野の地下地質構造, 2002.6
- 6)土質工学会, 土質基礎工学ライブラリー 4 土質調査試験結果の解釈と適用例, p278
- 7)農林水産省, 2005 年農林業センサス 第一巻都道府県別統計書 12 千葉県