

地下水位変動のスペクトル特性を考慮した地盤沈下のFEM解析

鳥取大学工学部（正）清水正喜

鳥取市役所（正）○余悟純生

はじめに

鳥取市では年間約1cmの地盤沈下が観測されている。地盤沈下は1964年頃から始まったと推定され¹⁾、1979年には年間9cmの沈下量が観測された。一方、地盤沈下対策の一環として1978年から地下水位の観測が行われている。清水¹⁾は観測された地下水位に基づいて有限要素解析によって地盤沈下のシミュレーションを行った。地下水位変動に起因する地盤沈下の問題に有限要素法を適用する上で、①沖積粘土層構成土の構成関係を仮定すること、②地下水位が観測されていない時期の地下水位を仮定すること、が必要であり、かつ最も難しい点でもある。先の研究では、非観測期間の水位変動を周期一定の三角関数で表現した。本研究では、沖積粘土層下部の砂層の水位変動のスペクトル特性を考慮した有限要素解析を行った。

地下水位変動特性

地下水位観測井は、浅井戸および深井戸で、それぞれ沖積粘土層（厚さ約20m）の上部および下部の砂層（それぞれUs層、Ls層と呼ばれている）にストレーナが設けられている。

図1に、1978年4月5日から1993年12月31日の期間で建設省鳥取工事事務所（鳥取市田園町）で観測されたLs層水位の観測結果を示す。下の曲線h(T.P.m)は観測日水位、 h_{av} は365日間の移動平均、上の曲線 $h-h_{av}$ はそれらの差である。移動平均の時間的变化によって長期変動特性を見ることができる。観測開始時から約2500日間（1984年頃まで）水位が上昇しその後ほぼ一定で推移していることがわかる。一方、日水位と移動平均の差 $(h-h_{av})$ は、長期変動の影響を除外した短期変動特性を表している。

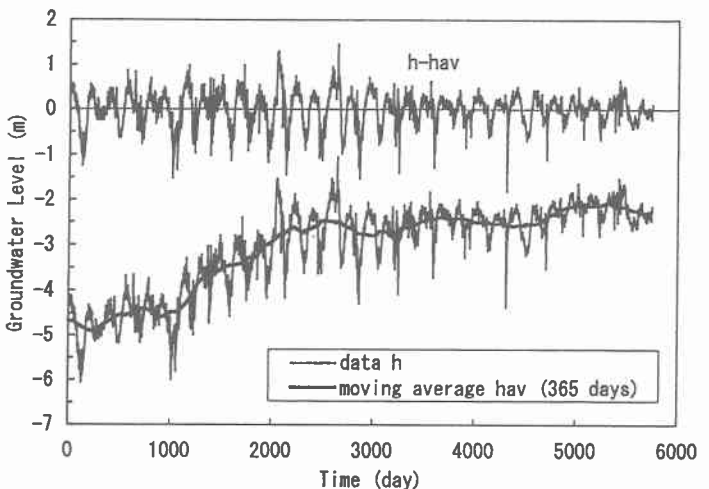


図1：観測地下水位の変動

日水位と移動平均の差 $(h-h_{av})$ のデータに対してフーリエ解析²⁾を行い、フーリエスペクトルを求めた（図2）。周期 $T=180$ 日および7日に明瞭なスペクトルのピークが認められる。 $T=7$ 日のピークは1週間をサイクルとする人間活動の周期と一致している。一方、 $T=180$ 日のピークは気候による影響を表していると考えられる。

地盤沈下の有限要素解析

有限要素解析を行うに当たり、次の仮説を立てた：

- 1) 地盤沈下は1964年1月1日から発生し、そのときからLs層水位が減少した；
- 2) 地盤沈下発生以前は、Us層の水位とLs層の水位が一致していた；
- 3) Us層水位は地盤沈下発生以前も以後も一定であり、現在の値（1.2m T.P.）と等しい；
- 4) 観測以前のLs層水位の短期変動特性は観測開始後の特性と同じである；
- 5) 観測以前のLs層水位の長期変動特性は365日移動平均の直線的減少で表現できる。

これらの仮説に基づいて1964年から観測開始までの水位変動を仮定した(図3参照)

仮定した水位と観測した水位を間隙水圧の境界条件として入力し、地盤沈下をFEM解析した。地盤材料の構成関係は先の研究¹⁾と同じである。1日(24時間)毎のデータを直線で表しそれを20等分して、時間増分1/20(日)で計算した。微小変形を仮定しないで有限変形解析を行った。各時間増分に対して反復計算を行っている。有限変形有限要素解析の定式化の詳細は文献³⁾に示した。

解析結果を図3に示す。地盤沈下は、短期的変動によってわずかに変動しているが、沈下傾向は地下水位の長期変動傾向と一致している。

おわりに

地下水位変動に起因する地盤沈下挙動を有限要素解析した。地下水位が観測されていない期間の水位を、観測水位の変動特性を考慮して仮定した。

地盤沈下が生じている地域で地下水位が観測されている場合が多いが、観測データを利用して地盤沈下を定量的に評価した例は多くない。本研究で用いたようなFEM解析は一つの評価方法であるが、水位の変動特性をどのように評価するかによって解析結果が変わることが予想される。今後の課題としたい。

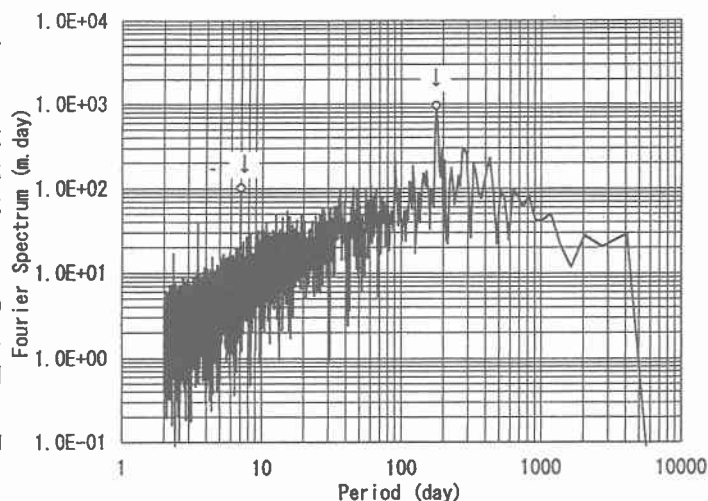


図2：地下水位変動のフーリエスペクトル

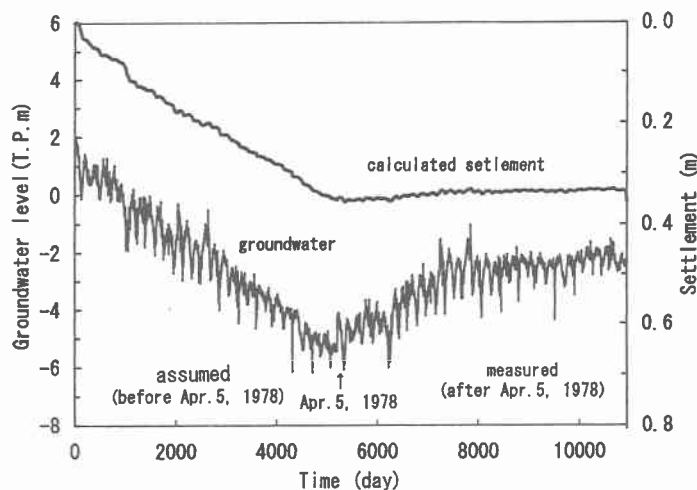


図3：仮定した水位変動と地盤沈下(有限要素解析結果)

参考文献

- 1)清水(1992): 地下水位の変動による地盤沈下挙動の有限要素解析—実用的モデル化と解析例—, 地盤工学会中国支部論文報告集, 「地盤と建設」, Vol. 10, No. 1, pp. 43-54
- 2)大崎(1976): 地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版
- 3)Shimizu, M. (1994): Formulation for finite deformation FE analysis of one-dimensional consolidation of saturated soils, Reports of the Faculty of Engineering, Tottori University, Vol. 25, No. 1, pp. 187-198