

被圧地下水圧変動の地盤沈下に及ぼす影響

京都大学防災研究所 正員 村山 朝郎
 同上 正員 八木 則男
 横浜市交通局 正員 森 誠一郎

1. まえがき

被圧地下水圧変動の様子は被圧帯水層の状態によつて異なることがわかっている。したがつて、海に近い地盤の帯水層の状態すなわちその圧縮性、透水性、地下水の供給状態は潮汐変化による被圧地下水圧の変動の様相から推定できると思われる。ここでは実際の現地における被圧帯水層の応力範囲内における砂質土の圧縮特性から現地観測から得られた被圧地下水圧の変動の様相の一部を説明し、さらに地下水の供給の状態、帯水層の圧縮性などを被圧地下水圧の変動特性から調べるための模型実験について述べる。

2. 潮汐変化による地下水圧の変動

潮汐変化による帯水層の水压変動は、帯水層が弾性的で水不、それに隣接する粘土層と不透水層と仮定すると、次式で示される。⁽¹⁾

$$K \frac{\partial \gamma}{\partial t} = R \left\{ \frac{\partial^2 \gamma}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \gamma}{\partial y^2} \right\} + K \frac{\partial (OP)}{\partial t} \quad (1)$$

$$K = \rho g (\alpha + \lambda \beta), \quad \theta = \alpha / (\alpha + \lambda \beta)$$

ここに α は帯水層の圧縮率、 β は流体の圧縮率、 λ は帯水層の間けみ率、 R は帯水層の透水係数、 γ は地下水圧、 P は帯水層へ作用する上載荷重である。

例として図-1のように海へ帯水層が出口をもっている場合を考える。(1)式で $P=0$ とおき、海面の調和振動による境界条件を

$$x=0 \text{ で } \gamma = \gamma_0 \cos \omega t$$

$$x \rightarrow \infty \text{ で } \gamma = 0$$

とすると、解は次式のようになる。

$$\gamma = \gamma_0 \exp(-m x) \cos(\omega t - m x) \quad (2)$$

$$\text{ここに } m = \sqrt{\omega K / 2R} \quad (3)$$

したがつて m の値によつて地下水圧変動の距離に関する減衰性と時間的な位相の遅れが変化することがわかる。すなわち m が大きいとこの変動の距離に関する減衰が大きいとなり、任意の地盤におけるこの変動量が小さくなる。また m が大きいと位相の時間的遅れが大きいことになる。

(3)式より m は ω, K, R の関数で表わされ、帯水層の R は定数と考えてもよいので、 m は ω が一定であるとすれば、 $K = \rho g (\alpha + \lambda \beta)$ の変化に支配される。また β は α に比べて無視できると考えられるので、 $K = \rho g \alpha$ となり、 m は被圧帯水層の圧縮に支配されることになる。この K に帯水層の層厚 b を乗じたものが貯留係数 S と呼ばれるものである。

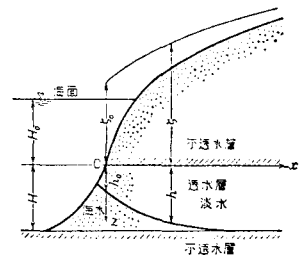


図-1

速水⁽²⁾は堺泉北工業地帯での現場観測から、被圧地下水圧の変動の潮汐変動に対する時間的な位相の遅れが年月とともに大きくなってきているというデータを得ている。これより、揚水の継続により帯水層の圧縮率が大きくなってきていることを示している。

3. 砂層の圧縮特性

上記のごとく被圧帯水層においては揚水の継続、つまり、地下水圧の低下によってその圧縮率が增大する。このことは、一般に地下水圧の低下によって帯水層の有効応力が増加するので、通常の低い応力レベルでは説明できない。しかしある応力範囲では砂質土の圧縮率が有効応力の増加とともに増大することが実験的に確かめられている。これは圧縮による粒子の破砕のために圧縮率が増大すると説明されている。図-2⁽³⁾

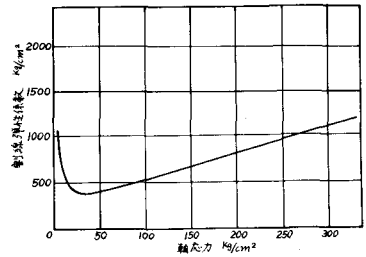


図-2⁽³⁾

はシルト質土の側方拘束圧縮試験から得られた割線弾性係数と圧縮応力の関係を示したものであるが、この図からもある応力範囲では圧縮応力の増大とともに、圧縮率が増大していることがわかる。したがって、ある応力状態にある帯水層より揚水を行なうと水圧低下による有効応力の増加によって圧縮性が増大することもある。しかし、現地盤における帯水層の挙動は複雑であるので、すべての原因が上記のものであるかはめかたないが、原因の一つであると考えられる。

4. 被圧地下水圧の伝播に関する模型実験

図-1からわかるように潮汐の変動による被圧地下水圧の伝播を支配する要素は帯水層の圧縮率、透水係数、地下水の補給量などである。とくに地下水の補給の有無は揚水をした場合の水圧低下の結果地盤沈下にも大きな影響をおよぼす。したがって地下、水の補給の有無またはその量によって水圧変動の様子を詳しく調べるため図-3に示すような装置によって模型実験を行なった。条件としては実際の被圧地下水圧のレベルと一致させることはできないので、地下水の補給量の潮汐の振動数、帯水層が海などの水源に接しているかまたはいないかなどの地形の条件に変化を与えた。この模型実験の結果は講演時に述べる。またこれらの結果より、地盤沈下からみた適合揚水量、揚水の規制法について今後考察する予定である。

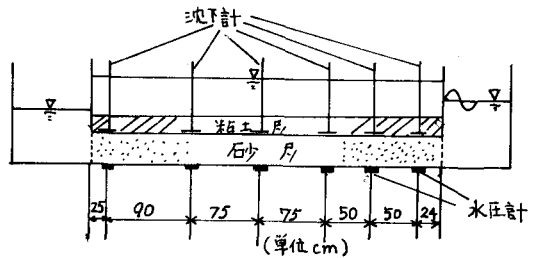


図-3

条件としては実際の被圧地下水圧のレベルと一致させることはできないので、地下水の補給量の潮汐の振動数、帯水層が海などの水源に接しているかまたはいないかなどの地形の条件に変化を与えた。この模型実験の結果は講演時に述べる。またこれらの結果より、地盤沈下からみた適合揚水量、揚水の規制法について今後考察する予定である。

参考文献

- (1) 本間仁, 石原藤次郎: 応用水理学中Ⅱ, 丸善, 1958, pp. 301~335.
- (2) 速水頌一郎: 堺泉北臨海工業地帯, 総合地質調査報告書, 第5章沈下篇, 大阪府, 1967, pp. 49~69.
- (3) Hendron & Davisson; Static and Dynamic Constrained Moduli of Frenchman Flat Soils, Proc. of the Symp. on Soil-Structure Interaction, 1964, pp. 73~77.