

埼玉大学工学部 学生員 ○小田部 淳
 " " 小見 行雄
 " 正員 佐藤 邦明

はじめに

地盤沈下は、周知のように構造物の損傷、内水災害等社会的弊害を引き起すが、その原因は、一応地下水の過剰揚水による加圧層（粘土層）の圧密収縮と考えられ、その現象メカニズムは、テルツァギーの圧密理論によって理解されているものの、地層の性格がはっきりとはつかめず、軟弱層以外の沈下も認められ、不明確な点が多い。しかし、実際には何らかの形で、揚水あるいは地下水位と地盤変動との関係を明らかにし、地盤変動予測を行なう必要がある。最近、しばしばシミュレーションによる予測がなされるが、その妥当性について実験的検討がされていないので、今回この点について二・三比較・検討をしたので報告する。

1 実験装置・実験方法

実験装置の平面略図は図-1に示すもので、貯水部と地層モデルより成り、貯水部の水位はオーバーフローによって一定に保つ。被圧地下水モデルの鉛直断面は図-2に示すように、帯水層として砂利層（平均粒径 $d = 3.4\text{ mm}$ 、層厚 10 cm ）、加圧層としてカオリン粘土（層厚 6 cm ）、上載荷重として砂層（ $d = 0.28\text{ mm}$ 、層厚 5 cm ）を用いた。流れは砂利層におこり、加圧層、上載荷重の砂層では流れは生じない。また各相互間はガーゼによって土粒子の相互混合を防いでいる。揚水方法は井戸底部よりパイプによって水をぬき、下流に設けたオーバーフロータンクにより、揚水量を調節した。沈下はダイヤルゲージにより、その配置は揚水による水頭降下が大きい中央付近に集中させ、沈下量の時間的変化を測定した。揚水井戸は5カ所に設けたが、これら沈下計、揚水井、水位観測井の配置は図-1に示す通りである。

実験方法は、上載荷重による加圧層のほぼ圧密終了した後揚水を開始し、揚水量、水頭降下量、沈下量を測定した。なお揚水は中央部の井戸（ W_1 ）よりはじめ、沈下が終了したと思われる3～4日後に順次揚水地点を増し、最終段階では全井戸（5地点）で行なう。

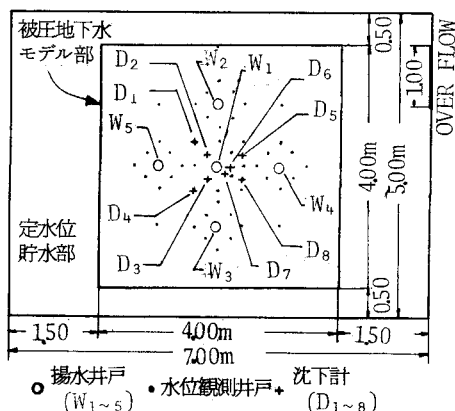


図-1 実験装置の平面略図

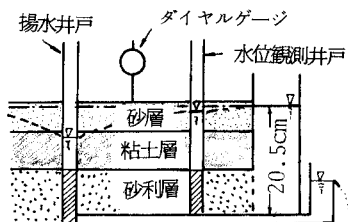


図-2 被圧地下水モデル

2 差分式

被圧地下水の基本式は、 $\nabla^2 \hat{h} = S/T \cdot \partial \hat{h} / \partial t$ 、で表わされADI法によって次の差分化形を使用した。¹⁾

$$\begin{aligned}
 & (\hat{h}_{i-1, j}^k - \hat{h}_{i, j}^k) + (\hat{h}_{j+1, j}^k - \hat{h}_{i, j}^k) + (\hat{h}_{i, j-1}^{k+1/2} - \hat{h}_{i, j}^{k+1/2}) \\
 & + (\hat{h}_{i, j+1}^{k+1/2} - \hat{h}_{i, j}^{k+1/2}) = (\hat{h}_{i, j}^{k+1/2} - \hat{h}_{i, j}^k) (\Delta x)^2 S_s 2/T \cdot \Delta t + S_q/T + Q/T \quad (1)
 \end{aligned}$$

ここで、 T ：平均透水量係数、 $\hat{h}$ ：被圧地下水の水頭、 S_s ：砂利の貯留係数、 Q ：揚水量、 Δx ：計算メッシュの長さであり、 S_q ：粘土の絞り出し量で、水頭変化量を $\Delta \hat{h}$ 、粘土の貯留係数を S_c で表わすと

$Sq = Sc \Delta h (\Delta t)^2 \cdot 2 / \Delta t$ となる。また沈下量 S は $S = \sum Sc \Delta h$ で求めた。透水量係数および貯留係数は、実測値をも加味して、実験値より最適値を逆算すると、 $T = 3.9 \text{ cm}^2 / \text{sec}$ 、 $Sc = 1.6 \times 10^{-3}$ 、 $Ss = 7.0 \times 10^{-7}$ となった。計算メッシュ ($20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$) を図-3に示す。

3 実験結果と計算値の検討

図-3に3地点揚水の水頭降下量 (揚水量 $Q_1 = 313.9 \text{ cc/Sec}$ 、 $Q_2 = 158.4 \text{ cc/Sec}$ 、 $Q_3 = 259.1 \text{ cc/Sec}$) の場合を示す。今回の実験で目づまりをさけるために、帯水層に小砂利を用いたが、そのため揚水井付近で乱流となり水面形が計算と一致していない。しかし揚水井よりはなれると、計算値は実測値とほぼ一致しており、他の実験でも同じ傾向が見られた。またここには提示していないが、目づまりによる経時的な水頭降下面積の縮小、水頭勾配の変化、揚水量の減少が各実験に共通して見られた。

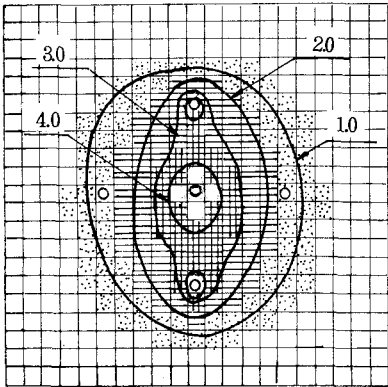
図-4に累積沈下量の経時変化 (5地点) を示す。 W_1 井、 W_1 、 W_2 井・・・と揚水開始に従いがい水頭低下し、この図から明らかに、沈下量が増加することがわかる。今回の計算では、圧密層 (加圧層) の絞り出し量の経時変化を考慮せず、最終沈下量の推定を中心と考えたため、計算値は図中の破線で表わす最終沈下量となっている。しかしある程度オーダー的に近い値をとっていることがわかる。 D_0 の値は計算と実測がかなり違っているが、これは粘土層の打設の不均質性によると考えられるので、さらに多くの実験が必要であると考えている。

4 結 語

今回の実験では、層流域とみなし得る範囲では、水頭降下量、沈下量ともに実験値と計算値がある程度一致した。地下水位のシミュレーションについては、このような計算法が、かなり使えるものという知見を得たが、ただ目づまりによる経時の水頭の変化 (一定揚水下で) の問題が解決されなければならない。また、沈下量については、圧密層の絞り出し時間と最終沈下量予測の考え方に多くの問題を含んでいるように考えられる。今後、実験手法を改良 (井戸の friction 効果) しつつ、研究を進めたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 水収支研究グループ編：地下水資源学
共立出版 (1973)



計算による：□ 0.0～0.9 □ 2.0～2.9 □ 4.0～
水頭降下量：■ 1.0～1.9 ■ 3.0～3.9

実験値：—— (単位 cm)

図-3 水頭降下量 (3地点揚水)

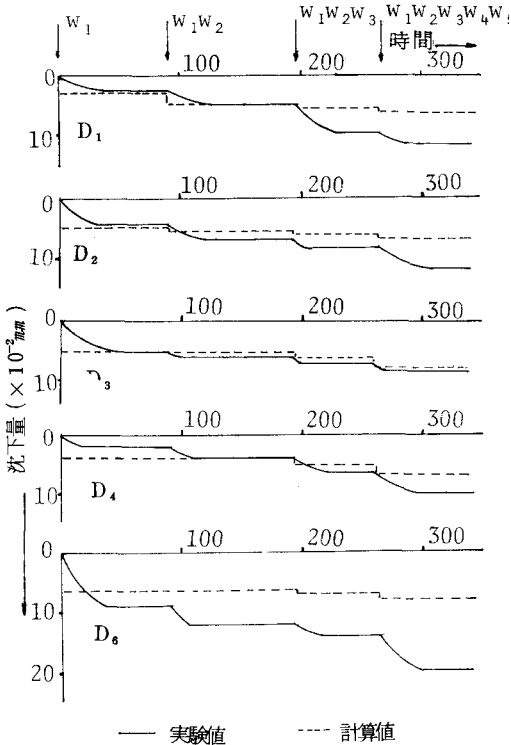


図-4 累積沈下量の経時変化