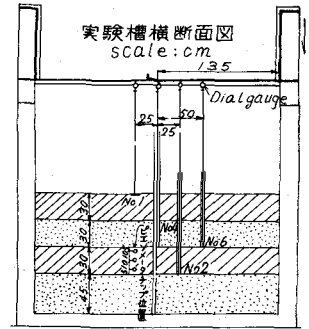


正負 京都大学防災研究所 ○赤井 浩一

准負 京大大学院工学研究科 鈴木 伸彦

地下水の揚水による地下水位の低下と地盤沈下との関係、あるいは地下注水による地下水位の上昇と地盤隆起との関係については、従来もつぱら現地を対象にして観測、測量が行われ、またそれに基づいて理論的考察がなされてきた。しかし現地の地下構造やその物理性質については不明な点が多く、また揚注水実験そのものが種々の制約を受けて満足な実験を行うことは至難であり、地盤沈下防止対策に要求される技術的、具体的な問題処理に対しては手のとどかない点が多い。このため筆者の一人はさきに地下水に関する水理実験施設を完成し、これを用いて被圧帯水層が一層の場合の揚注水実験を行い、弾性帯水層理論の適合性からこの種の水理模型実験の可能性を実証した¹⁾。今回は引き続きより現地の実情に近い帯水層が二層の場合について、水圧及び地層の変動を測定した結果を述べる。

実験施設は長さ5m、幅2.7m、高さ1.5mの鉄筋コンクリート製矩形槽を主体とし、側壁の一方側には地下水に水頭を与える水槽が直結され、実験中絶えず溢流させて一定水頭が保たれている。図-1の断面図に示すように、径2.5mmの篩を通過する川砂を二層に分けて敷きつめ、上方よりそれぞれ第Ⅰ、第Ⅱ帯水層と名付けた。この両帯水層を隔離する粘土質ローム層を第Ⅰ粘土層、地表の被覆層を表層粘土層とし、帯水層に与える被圧水頭は、この実験では揚水の場合第Ⅰ帯水層上面より約20cm、注水の場合同じく約10cmの高さに一定した。揚水用井戸は径



50mmの亜鉛引鉄管で、各帯水層に接する部分にストレーナーを切ったものを用い、帯水層内の水圧変動の測定は8本の観測井と、各所に埋設した20rの水圧測定用ビニール管とを用いて電気抵抗式水位計に導き、前置増幅器、直流増幅器を経て6成分ペンオシログラフで自記せしめた。同時に第Ⅰ粘土層内の間隙水圧を揚注水井から25cm離れた位置に設けたピエゾメーターを用いて測定し、また各帯水層及び粘土層の伸縮変動を図-1の位置に設置したアルミニウム製の沈下板とダイヤルゲージで読み取った。井戸よりの揚水には実験槽の容量を考慮してギアポンプを用い、これに直結した1/16HPの可変速モーターで駆動した。一方井戸への注水には特殊の水頭を持つ水槽よりの定圧注入を行い、水量の測定にはメスシリンダーまたはベンチュリメーターを使用した。

以上の実験装置によってつぎの実験を行った。

- (1) 各帯水層別揚水実験による帯水層常数の決定
- (2) 両帯水層からの同時揚水による水圧並びに地層の変動測定
- (3) 両帯水層への同時注水による水圧並びに地層の変動測定
- (4) 連続繰返し揚水実験による地層の変動測定

これは揚水-揚水回復または揚水-定圧注水の時間比を種々に変えて実験を行った。

いま無限に広がった弾性帯水層から1ヶの井戸によって揚水すると、被圧地下水の水圧は周知のように次式に従って低下する。

$$s = \frac{Q}{4\pi k D} \int_{\lambda}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du, \quad \lambda = \frac{\sigma r^2}{4kt} \quad (1)$$

こゝに Q は単位時間当りの揚水量、 D は帯水層の厚さ、 k は透水係数、 σ は圧縮率、 r は揚水井戸より観測点までの水平距離、 t は時間を表わす。

各帯水層別揚水による本模型実験の場合について、周囲の固定壁による映像井戸の効果を補正し、かつ揚水開始より充分時間が経過した後について考えると次式が成立する。

$$\begin{aligned} s &= \frac{2.303}{4\pi k D} \left(\sum Q_i \log \frac{t}{t_i} - \sum Q_i \log \frac{\sigma}{2.25k} \right) \\ &= \frac{2.303}{4\pi k D} \left(\sum Q_i \log t - \sum Q_i \log \frac{\sigma}{2.25k} - \sum 2Q_i \log t_i \right) \quad (2) \end{aligned}$$

こゝに Q_i は絶対値を等しく、揚水の場合には正、注水の場合には負とする。従って実測の水圧低下量をも半対数紙上で時間 t に対してプロットすれば、揚水あるいは注水開始より充分時間が経過した後には、両者の関係は直線になる。この関係を用いて実験(1)よりつぎの結果を得た。

	第I帯水層	第II帯水層
透水係数 (cm/sec)	1.06×10^{-1}	4.65×10^{-2}
揚水時の圧縮率 (cm ⁻¹)	9.00×10^{-5}	8.23×10^{-5}
回復時の圧縮率 (cm ⁻¹)	8.45×10^{-5}	7.21×10^{-5}

これより両帯水層とも水圧変化に対してほぼ弾性的な挙動を示すが、回復時の水圧上昇期間の圧縮率は揚水時の水圧低下期間のそれよりも小さく、揚水-揚水停止のサイクルの間に帯水層内に残留圧縮を生ずることが予想される。

図-2はこの現象を実験(2)について実測した一例であって、地層の圧縮は水圧変動と同様の挙動を示すが、前者が短時間に回復するのに対し、後者では相当長時間後もなおかなりの圧縮量が残留していることが明らかである。図-3、4は実験(4)の連続繰返し揚水実験の場合の地層の変動を示すもので、図-3より繰返し揚水による残留圧縮量の累積と、図-4よりその防止対策としての注水の効果が見られる。

1) 速水碩一郎、赤井浩一(1955): 被圧地下水変動と地盤沈下に関する模型実験(土木学会関西支部講演会)

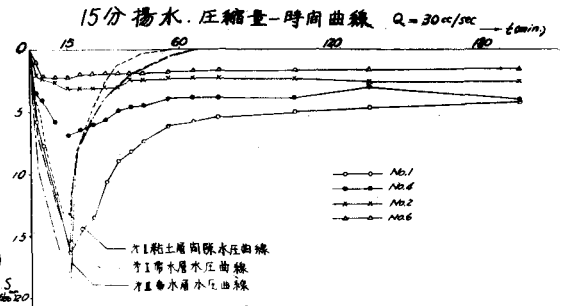
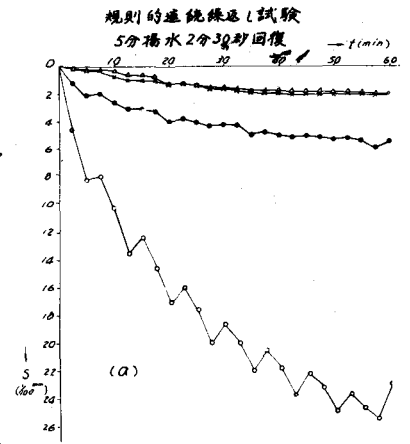


図-2



(a)

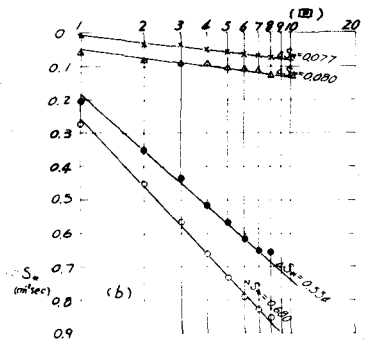


図-3

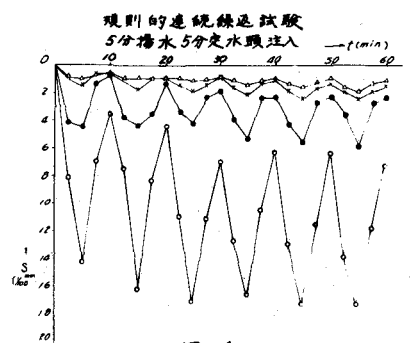


図-4