

## III-3 非定常浸透流に関する実験

徳島大学工学部 正員 尾島 勝  
徳島大学大学院 学生員 ○荒木一郎

1. まえおき：浸透流の非定常性は、その水理機構の解明の重要な鍵を握るものとして、今日とくに注目を集めている。われわれは、低平地浅層地下水を対象として、非定常性の評価を、その水位変動量と流入・流出量に注目して行なっている。本報告では、地形状態、外水位変動条件など種々の要素が自由地下水の変動と流動に及ぼす影響の定性的ならびに定量的評価を、大型可変こう配浸透流実験水路を用いて行なった実験結果に基づいて述べる。すなわち、砂層・砂元モザルにおいて、不透水層こう配、初期滞水層厚、外水位変動量、初期流れ（初期水面・こう配）の有無、浸透・排水過程など、種々の異なる条件に対する詳細な実験を行ない考察する。

2. 低平地地下水變動に及ぼす諸要因：地下水變動の要因を大別して外的要因および内的要因とよぶことにする。外的要因としては、外水位變動量、初期滞水層厚、初期水面のう配、浸透・排水過程などをその範疇に入れる。外水位變動条件は、自然的条件と人為的条件に別けられ、前者は降水、潮汐、気圧変化などから生じており、後者は揚水、耕地のかんがい、工業用水の大量取水・排水、ダム放流などが考えられる。いずれの場合も、結局は外水位變動に反応して地下水位變動を生じることになる。初期滞水層の厚さは乾期、雨期の地下水變動の遠いに関係するものである。初期水面のう配の有無は、外水位變動に応じて浸透流が生じる場合に、応答の開始以前から定常流が存在しているか否かの違いであって、従来あまり考慮されていなかった要因である。また、外水位と地下水位の相対関係により浸透の排水過程が決まるが、この両過程の相違も水理機構の解明に重要である。

内的要因としては、地形状態および土質条件もあげられる。地形状態として、不透水層の位置およびその配が考えられる。これらすべてに与げた外的要因の初期滞水層厚とも関連するものである。土質条件としては、滞水層の等方・異方性、構成上粒子の粒径、粒度、粗度などによって与えられる。これら土の透水係数、有効間隙率として表現されるが、滞水層の貯留能や浸透流速に影響を与え、地下水位変動および流量変化に密接に関係する重要な要因であることはいうまでもない。しかし、これらを直接的に測定し決定することは實際上困難点も多く、マクロに把握される地下水位変動から流量変化を逆算して求められることも多い。

こゝで述べてきた諸要因の地下水位変動に及ぼす影響は、理論式からもうかがうことができる。図-1(a),(b)に示すような滞水層モデルを考慮する。i 是不透水層に分配, k, n はそれぞれ水透水性係数, 有効間隙率(度),  $\alpha$  は初期水面に分配するとすれば, (a),(b)に対する基礎式は, それぞれ,

$$\frac{\partial \gamma}{\partial t} = \frac{k}{\lambda} \left[ H_0 \frac{\partial^2 \gamma}{\partial x^2} + \gamma \frac{\partial^2 \gamma}{\partial x^2} + (\ell - \lambda)(\alpha - \gamma) \frac{\partial^2 \gamma}{\partial x^2} + (\alpha - \gamma) \frac{\partial \gamma}{\partial x} + \left( \frac{\partial \gamma}{\partial x} \right)^2 + \alpha(\alpha - \gamma) \right] \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{k}{\lambda} \left[ H \cdot \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} - \eta \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \{ (x-l) i - x d \} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + (i-2d) \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} - \left( \frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 + d(d-i) \right] \quad (2)$$

となり、 $d=0$  (タイプ I, II) の場合について線形化近似して解いた水  
位変動量  $\eta$  はこれを水次式のように表わされる。

$$\eta(z \pm) = \eta_0 e^{-\frac{j}{2\pi} (x + \frac{N_A \cdot 1}{2})} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \operatorname{erfc} \left( \frac{2nq + x}{2/\sqrt{N_A \cdot 1} \cdot t} \right) - \operatorname{erfc} \left( \frac{(2n+1)l - x}{2/\sqrt{N_A \cdot 1} \cdot t} \right) \right\} \quad (3)$$

$$\psi(x,t) = \psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar} E_0 (x-1 + \frac{\hbar \omega_0}{2} t)} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \psi_n \left( \frac{2n+1}{2\sqrt{\frac{\hbar}{m\omega_0}}} \right) - \psi_n \left( \frac{2(n+1)}{2\sqrt{\frac{\hbar}{m\omega_0}}} \right) \right\} \quad (4)$$

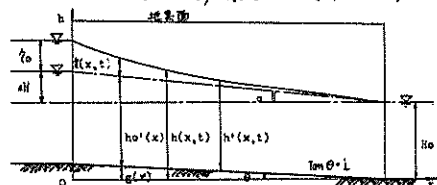


図-1(a) 外水位スラップ上昇の滞水層モデル

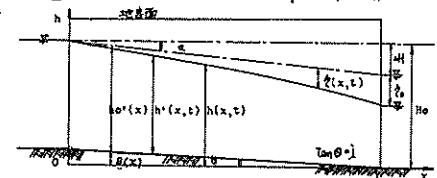


図-1(b) 外水位ステップ下降の滞水層セイル

3. 実験結果： 実験タイアロ，[I]水平初期水面とし，上流端にステア上昇を与える，[II]初期水面に分配を有し，ステア上昇，[III]水平初期水面とし，下流端ステア降下，[IV]αを有し，ステア降下の4種である。水位変

動量による考察は、種々の異なる条件に対するデータを、図中に示す比で表わすことにより行なった。不透水層にう配し、初期流入の有無(ΔHの有無)、初期滞水層厚 $H_0$ 、外水位変動量 $z$ の影響を、それぞれ図2、図3、図4、図5に示す。また、流入流出量による考察は、単位時間流量 $(\frac{dQ}{dt})$ と定常流量 $(Q)$ の比 $\frac{dQ}{Q}$ を用いて行なった。図6に流量比較の一例として、外水位変動量が異なる場合について示す。ところで、式(3)(4)は式(1)(2)中、 $H_0 \frac{d^2z}{dt^2}$ と $(i-z)\frac{d^2z}{dt^2}$ の二項についてのみ考慮した線形化近似解である。したがって、図7に口ここの解の妥当性をみるため、実験値より算出した式(2)中の各項の値を示した。これらに関する詳細な考察結果については、講演時に述べる。

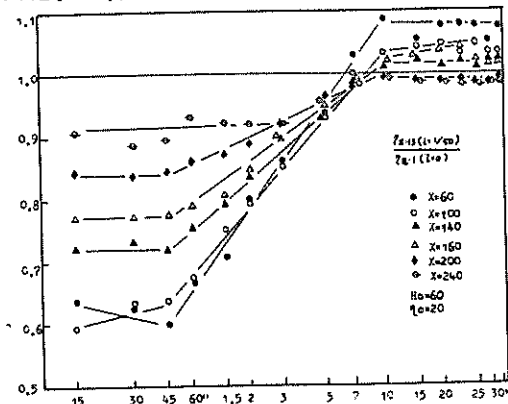


図-2 不透水層にう配の影響 (TYPE III)

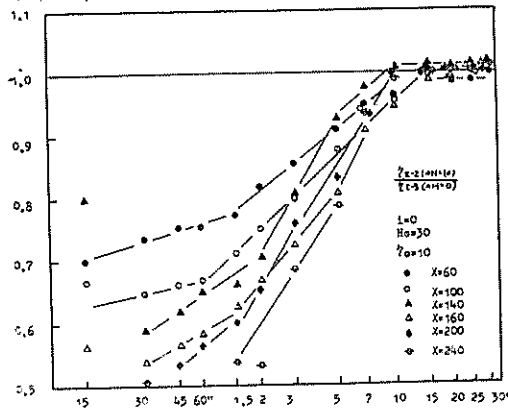


図-3 初期流入の有無による影響 (ス7.7上昇)

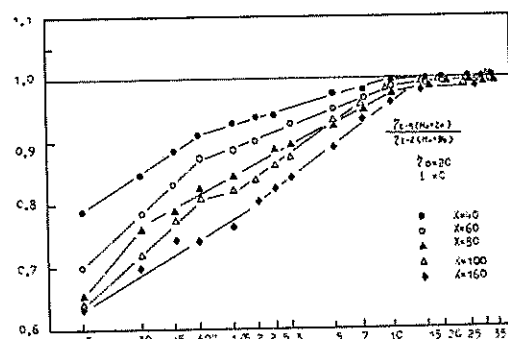


図-4 初期滞水層厚の影響 (TYPE I)

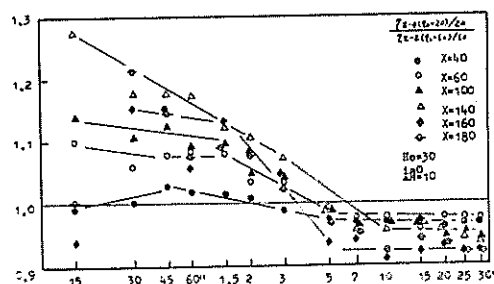


図-5 外水位変動量の影響 (TYPE II)

4. あとがき: 以上の結果、水位変動において、各要因が非定常時に強く影響し、定常時にロイの影響が弱く、また変動端より3の地点で最も大きく影響することがわかった。流量変動においては、定常状態への移行の速さが明確となった。一方、式(3)(4)について、線形化近似は充分とはいえないが、定性的には実験結果と傾向が一致する。

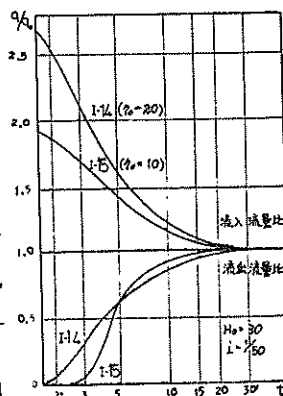


図-6 外水位変動の影響 (TYPE I)

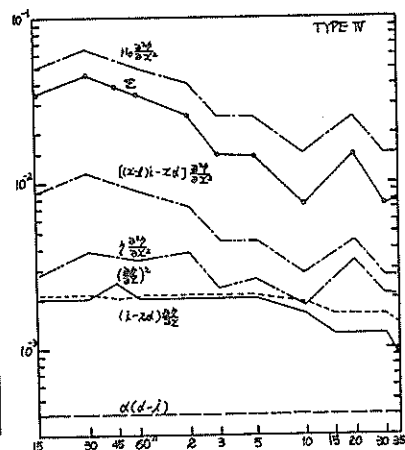


図-7  $\frac{dQ}{Q} = \frac{1}{15}$  による式(2)の項別比較

今後、上述の結果をもとに河川相互干涉による地下水挙動を差えたい。

参考文献 1) 尾島・荒木・荒木: 非定常浸透流に関する実験, 昭和48年度年度学術報告集(II-178) 昭48.10