

地下水涵養イベントによる局所的地下水位変動の水平伝播に関する研究

Lateral propagation of ground water level fluctuation caused by local recharge event

○山崎琢平 井本博美 西村拓 宮崎毅

Takuhei Yamasaki, Hiromi Imoto, Taku Nishimura and Tsuyoshi Miyazaki

1. はじめに

近年、地下水位の変動に関わる環境問題が数多く報告されており、その解決のためには地下水位の挙動を適切に把握する必要がある。

現場で降雨、灌漑といった地下水涵養イベントによって短期的な地下水位上昇が起こることがしばしば報告されている(Logsdon ら(2009))。一方で、数 km 離れた地点における地下水涵養イベントの寄与と思われる地下水位変動が観察された事例もある(Ibrahimi ら(2010))。

水平面上の自由地下水の地下水位を規定する方程式としては、ブシネスク方程式がある(Bear (1972))。

$$n_e \frac{\partial h}{\partial t} = K \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (1)$$

ここで n_e 、 K はそれぞれ土壌の有効間隙率、飽和透水係数を表し、 h は不透水面から測った地下水位である。

しかし、この式を平野部の自由地下水に適用した研究は少なく、遠隔地の地下水位変動の影響がどの程度の速さ、大きさで伝わってくるのかについての解答は与えられていない。

そこで本研究は小型土槽を用い、土槽の一端において地下水位上昇が生じた際に、水位上昇がどのように伝播していくかを検討する基礎的な実験を行った。

2. 実験方法

供試土として、代表粒径が 1 mm のガラスビーズを用い、含水比 0.01-0.02 g/g、乾燥密度

1.50-1.58 g/cm³ で土槽に充填した。

Fig.1 に実験土槽の概要を示す。内寸 100 cm × 5 cm × 22 cm のアクリル製容器で、多孔板によって土層部と給水部に分かれている。この容器の土層部側に、供試土を均一に充填した。

次に、給水部側に静かに水を注ぎ初期の地下水位を設定した。続いて、多孔板の所で水をせき止めた状態で、給水部側に水を加えて土層部側との間に水位差をつけた。

最後に地下水涵養イベントとして、仕切りを開放して給水部の水を土層部側に流入させた。その時の圧力の変動を奥面から挿し込んだテンシオメータによって測定した。

測定した圧力に、テンシオメータを設置した高さを加えた全水頭を地下水位とした。

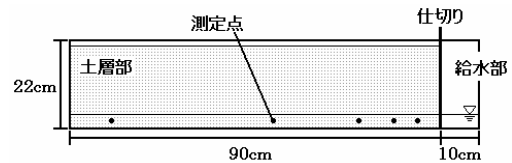


Fig.1 実験土槽概要

3. 結果と考察

地下水涵養イベント後の水位変動を Fig.2 に示す。流入開始と共に、流入地点からの距離によらず全ての点で水位が上昇し始めた。しかし、流入地点に近い所では流入開始初期に大きな水位上昇と水位変動のピークを示したのに対し、下流に行くにつれて水位上昇が緩やかにおこりピークを示さなくなった。この波形は、群馬県で観測した台風通過後の地下水位の時間変動(土屋、萩原(2003))と同様のパターンを示

した。以上のことは、ブシネスク方程式が水位を変数とした拡散方程式として近似されることを反映していると考えられる。

水位が領域内全てで同時に上昇し始めることから、水位がピークを示す時間に着目し、初期条件の違いによってこの時間がどのように変化するかを検討した。

初期条件には、流入開始前の土層部の水槽底面から測った水位である「初期水位」、流入開始直前の土層部と給水部の水位の差で定義される「水位差」の2つを選んだ。

また、流入地点から測定点までの距離を、ピークを示すまでに要した時間で除すことによりピーク伝播速度を算出した。明確なピークを示さなかった下流側の測定点では水位が最大値を示す時間を用いた。

初期水位のみを変数としたときのピーク伝播速度の変化を Fig.3 に示す。ピーク伝播速度は初期水位の平方根に比例して大きくなった。この結果は、潮汐のような波が土壤中を伝播する速さの式(日野 (1983))と同じ特徴を持つ。

一方、初期水位を一定としたときの水位差とピーク伝播速度の関係を Fig.4 に示す。水位差とピーク伝播速度には相関がなかった。

実際の現象では、「初期水位」は地下水涵養イベント前の帯水層の厚さに、「水位差」は地下水涵養イベントの規模の大きさにそれぞれ対応すると考えられる。このことから、地下水涵養イベント前の地下水位の大きさが水位変動の伝播の速さに影響を及ぼし、イベントの規模の大きさ自体は影響がないことが示唆された。

4. 結論

本研究において、地下水涵養イベントに伴う水位変動が飽和土中を非常に速く伝播していく様子が確認された。

水位変動のピークは、初期の地下水位の平方根とピーク伝播速度とが比例関係にある一方、地下水涵養イベントの規模である水位差とピーク伝播速度とは相関がないことが示された。

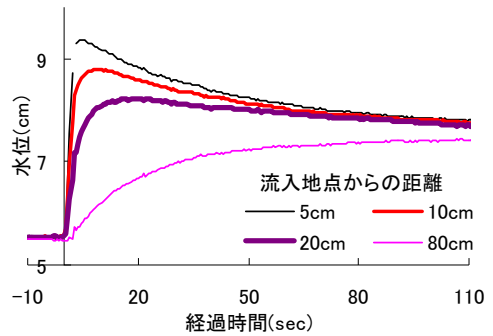


Fig.2 水位変動の経時変化

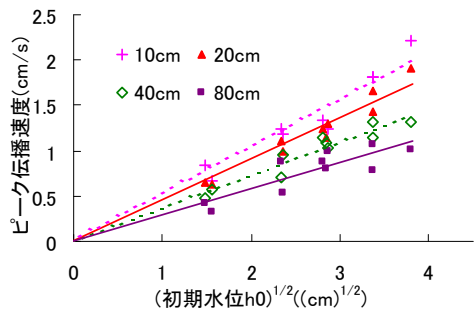


Fig.3 初期水位とピーク伝播速度の関係

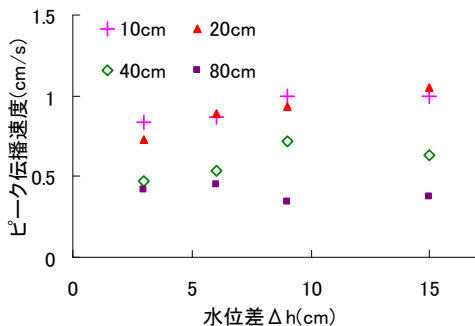


Fig.4 水位差とピーク伝播速度の関係

参考文献

- Bear, J. (1972), Dynamics of fluids in porous media, Dover, NY, USA
- Ibrahimi, M.K.ら(2010), Hydrological Research Letters, 4, 75-79
- Logsdon, S.D.ら(2009), Soil Science Society of America Journal, 73, 1461-1468
- 土屋, 荻原 (2003), 前橋工科大学研究紀要, 7, 7-12
- 日野 (1983), 丸善