

海岸部の不圧透水層内の長周期波動の伝播について

山口大学 学生員 小川真一
 〃 正員 深田三尺
 〃 正員 斎藤 隆

—まえがき— 海岸付近の地下水は潮汐、波浪によってたえず振動して、波浪による短周期の振動によって護岸裏込工の流出、潮汐による長周期の振動による塩水楔の振動に伴う塩害などの被害がみられる。これらの非定常浸透流を扱う場合、波浪などによる短周期振動における透水係数は場所的、時間的に変化するといわれるように、定常状態における透水係数をそのまま用いることに疑問がもたれている。また現在の地下水位の測定技術では短周期水位変動の測定の精度には水位測定円柱内への地下水の流入、流出など疑問が残されている。

著者らは上述の観測から深さ40 cm、平均水深30 cm、幅18 cm、長さ223 cm、平均粒径 $d = 1.0$ mm、 $\alpha = 0.35$ mmのモデル砂層を用い、砂層一端の水位変化を一定に保ち、他方水槽の水位を同周期40～200分の水位振動を3.6 cm～7 cmに変えて実験を行ない、有限深さで、半無限砂層に対する定常振動解と実験結果とを比較検討し、別に定常状態での透水係数を測定した結果とも比較検討したものである。定常振動実験で振幅減衰率から逆算した透水係数は、 $d = 1$ mmの砂では定常状態におけるその値と大体一致し、 $d = 0.35$ mmの砂については定常状態における値よりも1けた大きい値が得られた。

—実験概要—

実験装置の概略図を図1に示す。このモデル砂層内の地下水面の変化は次の方程式によってあらわされる。

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} = - \frac{\partial (h u)}{\partial x} \quad (1)$$

ここで h は地下水面の高さ、 λ は空隙率、 u は鉛直断面内の平均流速をあらわす。上式とDarcy則より次式を得る。

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (h k \frac{\partial h}{\partial x}) \quad (2)$$

この式は非線形な方程式であるが水位変動が小さく砂層が半無限とみなせる場合は次の境界条件のもとで(4)式の定常振動解を得る。

$$\text{境界条件: } h_{x=0} = H + S_0 \cos \sigma t, \quad \sigma = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

$$h = H + S_0 e^{-\alpha x} \cos(\sigma t - \alpha x) \quad (4)$$

ここで T は周期、 S_0 は与えた変動の振幅、 $\alpha = \sqrt{\frac{\lambda \sigma}{2 k H}} = \sqrt{\frac{\pi \lambda}{T k H}}$ である。

(4)式を用いれば間接的に砂層の透水係数を求めることができる。すなわち、砂層内の任意の二点 x_1, x_2 において水位変動の振幅 X_1, X_2 を測れば、 $X_1 = S_0 e^{-\alpha x_1}$ 、 $X_2 = S_0 e^{-\alpha x_2}$ であるからこれより

$$k = \frac{\pi \lambda}{T H} \left(\frac{x_2 - x_1}{\ln X_1 - \ln X_2} \right)^2 \quad (5)$$

を得る。一方位相透水を求めることにより、透水係数を求めることができるが、そのためには各点での水位を連続測定しなければならない。それに較べれば振幅を測えることは比較的簡単で精度もよいと思われる。本実験においては振幅のみに着目し解析を行なった。実験に用いた砂は1.37 mmのふるいとお.75 mmのふるいの間の3割の砂(これを $d = 1$ mmと仰ぶ)、0.75 mmのふるいを通過した砂で図2で示す粒径加積曲線の得られる砂である($d = 0.35$ mmと仰ぶ)

図1 実験装置概略図

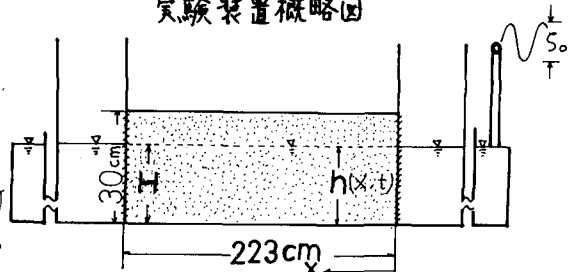
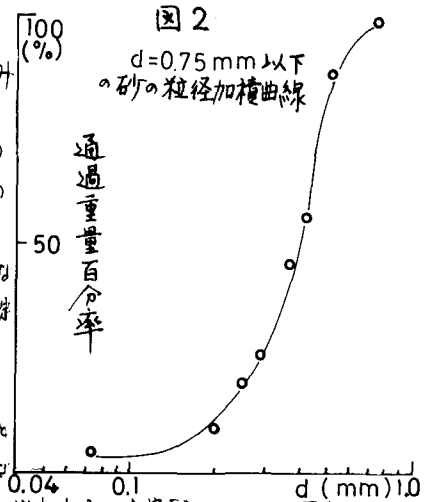


図2



砂の透水率は空隙率によって大きく影響をうけると思われるが本実験においては締め固めはしなかった。非定常状態における透水を調べるのを目的としているため、比較のため上の砂を用いて定水位透水試験を行った。また定水位試験においては空隙率が変わる恐れもあるため、定常振動実験に入る前に同じモデル砂層を用いて定常な状態で水を流し、透水係数を求めておいた。その結果を表1に示しておく。水位変動は鉛直にたてたマ/メーターによって2.5分おきに読みとった。このマ/メーターは水位変動の比較的大まき1mまでは10cmおきにそれから2mまでは20cmおきに設置してある。定常な振動状態を早く得るために砂層内と平均水位に1においてから振動を与えたが数分~10数分で定常状態に達した。

一実験結果について一 透水層の一端に正弦的な水位変動を与えた時の各振動の振中の実測値を図3a, 3bに示した。図3aには $d=1mm$ の砂において周期を一定にし、振中の異った正弦振動を与えた時の結果が示されており図3bには振中も一定にし周期を変えた時の結果が示されている。また定水位試験で求めた透水係数を用いて(4)に従う理論曲線の実線が引いてある。 $d=1mm$ の砂において1mm以上離れた透水層内においては振中は指数的に減衰していないこれは透水層の一端で水位を一定にしていることによる影響である。(4)式を導いた仮定を考えると周期が短い程与えて与えた振中が小さい程実測値は(4)に従って減衰するとはずである1mmの砂についてはこのことをよく示しており、実際1mまでの領域における振中の減衰率から透水係数を逆算したものは定水位透水試験や、定常状態において求めた透水係数とオーダー的に一致した値が得られている。ところが $d=0.35mm$ の砂についてはこれと全く異なる傾向がみられる。定水位試験や定常状態における試験の結果から明らかにこの砂の透水係数は1mmの砂に較べて1/4くらい小さい。すなわち水を通にくい。このことは1mmの砂と同じ実験条件を与えた時更に厳密に(4)に従って振中は減衰しなくてはならないはずであるが図3bで示すように1mmの砂と同程度で水が浸透していることがわかる。1mまでの領域ではほぼ指数的に減衰していると思われるので(5)式に従って透水係数を求めてみた。この結果やはり1mmの砂と同程度の透水係数が求まった。データが少なくてはっきりしたことは言えないが

与える振中が小さい程(4)に従うことは1mmの砂と同様のものであるが、これは周期が短い程よく水が浸透していくという結果が得られた(図5)

参考文献 猪 東一郎 水理学Ⅱ P.254 森北出版

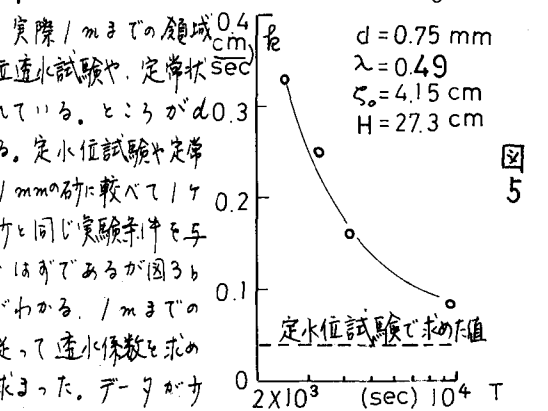
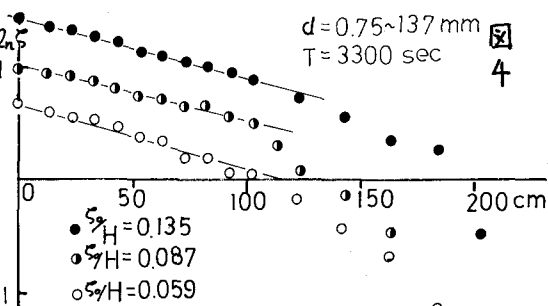
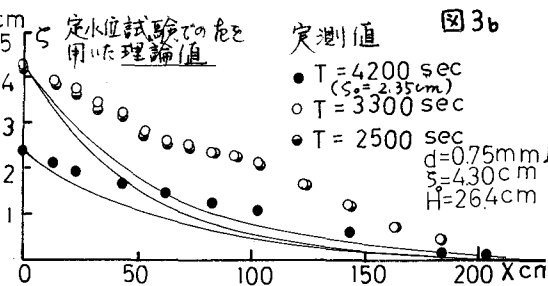
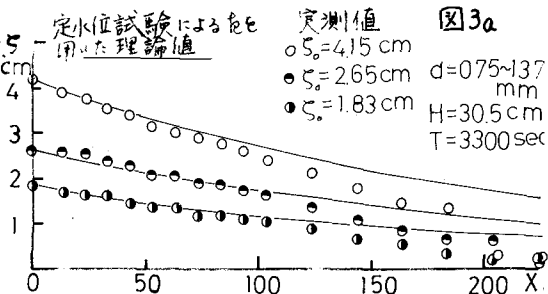


Table 1

砂の種類	実験水槽で求めた値	定水位透水試験の値	(5)式によって求めた値
粒径 1.37 mm ~ 0.75 mm	$8.50 \times 10^{-1} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	$5.45 \times 10^{-1} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	$5.00 \times 10^{-1} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$
粒径 0.75 mm 以下の砂	$6.00 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	$3.77 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$	$3.70 \times 10^{-1} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$