

II-14 浸透性水路の水理学的性状に関する研究

京都大学工学部 正員 工博 石原 藤次郎
 京都大学工学部 正員 工博 岩佐 義朗
 建設省東北地建 正員 工修 ○松尾 和幸

浸透性水路の流れ、横越流せきをもつ主流の流れ、ボトム・インターク上の流れなどは、いわゆる流量が場所的に変化する流れとして水理学的に分類されるものである。著者はこうした流れの水理学的性状について研究をすすめるべきに、その方法を要約すれば、流入あるいは流出する量をもつ主流の水面形方程式の示す水理学的特性と特異点の方法によって分類し、その意義を明らかにすることによってこうした流れのもつ水理学的性状を定量化するといふものである。

とこゝでこうした解析法を用いる場合に問題となるのは、その基礎方程式の示す物理現象の表現性である。とくにここで取り扱っている、流量が場所的に変化する流れでは、流入あるいは流出水のもつ流れの力学的機構である。従来よりこの種の問題は多くの研究者によってエネルギー的に、あるいは運動量的に取り扱われてきたが、その両者の方法のいずれがよりよく現象を表わしうるか、あるいはさらに流出入水の力学的機構はどのように流れの水理学的性状に影響するかについてよくわかっていないのが現状である。

この研究は、こうした意味において、流出水の示す物理的意義が比較的単純であると思われる一様な浸透性水路における流れの水理学的性状を理論的に考察するとともに実験によってそれがどのように表わされているかを定量化しようとしたものである。

流量が場所的に変化する流れの基礎方程式は一般にエネルギー保存則あるいは運動量保存則を巨視的に適用して与えられている。この場合、流出入水のもつエネルギーあるいは運動量的影響をどのように導入するかが常に問題となり、また多くの場合、これを無視している。水路が一樣で、その幾何学的形状が簡単であれば運動量方程式の方がその誘導に含まれる仮定も少なく、また多くの実験によってそのエネルギー方程式に対する優位性が確かめられているようである。とこゝが、流出入水のもつ力学的機構はいずれにしても十分明確な表現が与えられていない。たとえば、一様な長方形断面水路をもつ浸透性水路における水面方程式も、ある流体塊について運動方程式と共に Green-Gauss の定理を用いて面積積分になおして極限をとれば、つぎのように表わされる。

$$\frac{dh}{dx} = \frac{\sin\theta - \frac{\pi^2 Q^2}{b^2 h^3} \left(1 + \frac{2h}{b}\right)^{\frac{4}{3}} + \frac{2\beta g Q}{g b^2 h^2} \left(1 - \frac{\bar{u}_b b h}{\beta Q}\right)}{\cos\theta - \frac{\beta Q^2}{g b^2 h^3}}, \quad (1)$$

ここに、 h は水深、 x は流下距離、 Q は流量、 b は水路中、 π は Manning の粗度係数、 β は単位中当りの浸透量、 β は Coriolis の運動量補正係数、 g は重力の加速度、 θ は水路傾斜角である。また $\bar{u}_b$ は境界附近の x 軸方向の速度である。

(1) 式において問題になるのは右辺分子の第3項における $\bar{u}_b$ である。これは流体力学について運動量方程式を作るときあらわれるものであるが、境界面附近の流速とは何かという事がわからない。ところがこの量によって流れの水理学的性態が変わるのである、

(1) 式の示す特異点の種類領域を図示した図-1をみるとわかる。図-1の領域(1)および(2)のうち、(1)は $\bar{u}_b$ を無視した場合に鞍形点2個および結節点1個があらわれる

領域で、この外部領域では鞍形点1個があらわれる。ところが $(\bar{u}_b h / \beta Q) = 0.5$ ($\bar{u}_b$ がほぼ断面平均流速の半分に等しい)という場合には領域(1)が(2)と変化する。さらに $\bar{u}_b \approx \mu_m$ となれば分子第3項は消えて、水面形方程式(1)は流量が一定な一樣長方形水路におけるものと同様になり、連続方程式だけが変化するということになる。したがって図-1に示すような特異点はもはや有限領域にはあらわれない。

実際にはあらわれる各種の水面形状はこれらのいずれの場合においても変化するものではないが、それぞれの水路の示す水理学的性態は大部分ことなるものがある。

こうした基礎方程式のもつ物理的意義をさらに明確にするため、 η 40 cm、高さ 90 cm 長さ 300 cm の水路に砂としいた浸透層を作り実験的に浸透性水路の水理学的性態を考察した。浸透量を測定するため、砂層を6区分に分けて行なう。だが、その結果は定常飽和浸透の場合に等しい浸透であるとみなされた。ところが、水路中の流れについては以上の述べた性態の相異による結果が現在までのところ明らかになることができなかった。これは $\bar{u}_b$ が直接的に評価されないため、間接的にその挙動を明らかにしなければならぬためと思われる。

現在砂層構成材と変えて浸透量に変化を与え、また水路床こう配、あるいは流量をかえて実験を行なっているが、これらの実験結果およびそれより示される各種の水理学的性態は理論的な成果とともに講演時に詳細を報告する予定である。

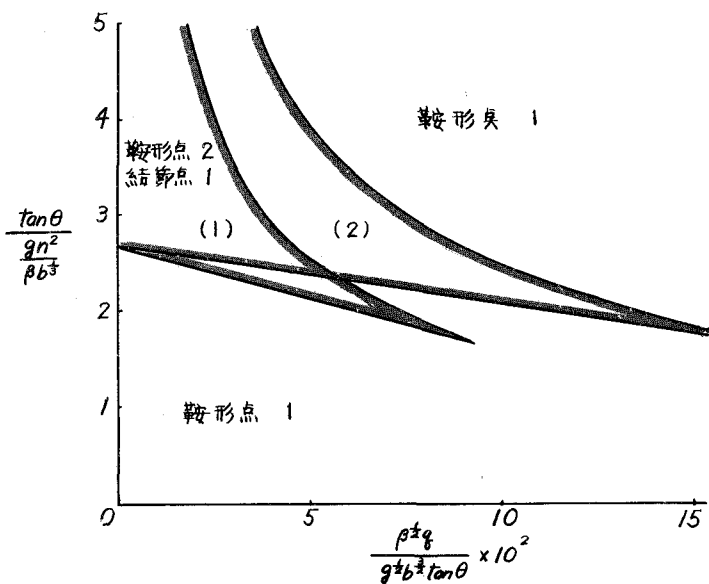


図-1