

表面流を伴う浸透層内の流れ構造に関する基礎的検討

京都大学工学部 正 員 中川博次 京都大学工学部 正 員 村上正吾
 京都大学工学部 正 員 清水義彦 京都大学 学生員 〇香西 稔

1. まえがき 一般に実河川は浸透性の河床を有しており、このため河床面を通じての流入・流出や主流部と浸透層部との相互作用の影響を受けるものと考えられる。特に、浸透層内の構造が非常に疎であれば比較的ゆるい動水勾配のもとでも流速の非Darcy化が進み、表面流の存在によって浸透層内に強い乱流場が形成されるものと考えられる。本報告は、水理実験を行なうことにより、表面流を伴う疎な浸透層内の流れの特性を明らかにしようとするものである。

2. 解析方法 浸透層内の流速分布を決定するモデルとしては、表面流が与える浸透性境界面での圧力変動を考慮したもので、Chu ら¹⁾、中川ら²⁾により研究されており、本報告ではこれを用いて考察を進める。浸透層内の流れの基礎式は、Navier-Stokes 式の抵抗項をWardの提案した非線型 Darcy則に置きかえることにより式(1)で示される。ここで浸透層内流速分布を非擾乱流速 U_{s1} (表面流の存在の有無にかかわらず浸透層の場の条件により決定される流速成分) と表面流が存在することによって生ずる境界面圧力変動により誘起される擾乱流速成分 (u_s, v_s) に分ける操作を行い、式(2)～式(5)を得る。これと連続式(式(6))を用い、境界面圧力変動特性を式(7)のように設定(但し、 κ : 角波数、 ω : 角周波数、 p_0 : 変動圧力の振幅) し、式(8)、式(9)がえられる。これらを一波長平均することにより式(10)が得られる。ここで $\overline{u_s v_s}$ は境界面圧力変動によって誘起されるみかけの Reynolds 応力に対応するものと考えられ、これより浸透層内にも活発な運動量交換が生ずるものと推測される。その結果生ずる流速成分(誘導流速)を U_{s2} とすれば、みかけの Reynolds 応力と速度勾配との間に混合距離理論を適用し、式(10)を用いて式(11)のように表わされる。但し、境界条件としては $y = -H_s$ で $U_{s2} = 0$ とした。Reynolds 数 ($R_k = U_{s1} \sqrt{k} / \nu$) の十分大きな浸透層内の流速分布は圧力変動の無次元角周波数 $\omega_+ (= \omega / \alpha_2)$ 及び、無次元角周波数 κH_s のみの関数となり、これらをパラメタとして流速分布を描くと図-1を得る。

3. 実験方法 長さ8m、幅33cmの直線水路を用いて実験を行なった。浸透層には直径1.75cmのガラスビー玉を用い、立方最密充填構造に4層積み上げた。空隙率は上面、下面の効果を考慮して0.346とした。また、透水係数 K 及び非線型抵抗係数 C は透水試験により $K = 6.97 \times 10^{-4}$ (cm²)、 $C = 0.290$ と得られた。表面流の流速測定にはプロペラ流速計を用い、境界面近傍から水面付近まで計測した。浸透流の流速測定には、図-2に示すように塩分濃度計を用い、塩分濃度の出力時間差からトラベルタイムを求め、間接的に測定した。

4. 実験結果及び考察 実験条件を表-1に示す。図-3に実験の流速分布の実測値(〇印)を示す。これより表面流の流速分布と浸透流の流速分布は、なめらかな速度勾配を

