

神戸大学工学部 正員 神田 徹
 神戸大学大学院 学生員 喜久里政宏
 (株)若築建設 正員 ○佐伯武俊

1. まえがき

筆者らは従来、不透水性の滑面および粗面上の薄層流について検討を加えてきた¹⁾。一方、水路床が透水性の場合には、床面を通じた運動量交換や slip velocity の存在などによって、主流(床面上の流れ)と浸透流(床面下の流れ)は相互に影響を及ぼす。本研究は、熱線流速計の改良によって透水性床面下の流速分布を測定し、床面近傍での二・三の特性を解析したものである。

2. 実験装置と測定法

実験水路は、長さ 3.5 m、幅 0.4 m、高さ 0.2 m のアクリル樹脂製の矩形水路で、水路床として厚さ 5 cm の透水性水路床材を敷きつめており、水路勾配は $I=0.0014 \sim 0.021$ である。水路床材は、粒径 25~48 mm、中央径 $D_{50}=3.65$ mm の砂礫で、空隙率は 29.4% である。

水路上流端から 2 m の断面で水路幅の中央の点を測点を選び、水深および床面に対する垂線上の流速を測定した。砂礫層の流速を測定するために、通常の熱線流速計を次のように改良した。まず、受感部のターミナル間にアルミ箔を流し込んで熱線を補強し、つぎに受感部に酸化ケイ素の絶縁被覆を施した。このプローブを砂礫層内で上下することにより流速分布を測定したが、この被覆によってプローブの寿命も長くなり、感度も満足しうな結果が得られた。

3. 流速分布

流速分布の一例を図-1に示す。図において、 y は床面の砂礫頂点を基準面としたときの水深方向距離、 d_0 は透水層の厚さ ($d_0=5$ cm)、 U_{max} は主流の最大流速、 q は単位幅流量である。測定結果から流速分布形を模式的に表わせば、図-2のように主流領域、遷移領域及び浸透流領域に区分できる。砂礫頂点で流速 (slip velocity とよぶ) を持ち、その位置から若干下の層まで流速は減少し、ある位置より下層ではほぼ一様な分布になる。

無次元化した slip velocity, U_0/U_* (U_* : 摩擦速度) を図-3に示す。頂点付近での流速変化が大きいのでデータはばらつくがレイノルズ数: $Re = q/\nu$ (あるいは流量) にほとんど無関係である。

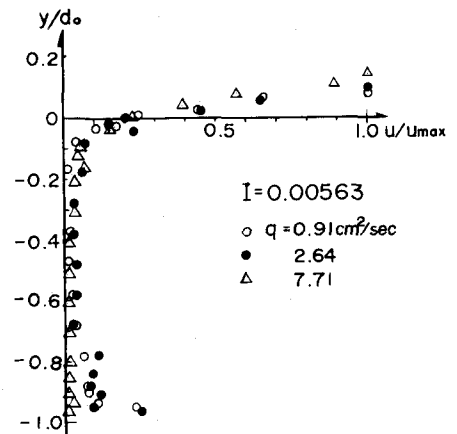


Fig. 1 流速分布

図-2における遷移領域の厚さ dp を示せば図-4のようである。 Re や勾配に関係せず、 $dp/D_{50}=1.5 \sim 2.6$ の値をとる。この遷移領域の流速分布は、図-5(a),(b),(c)のように砂礫頂点近くを除いて指数分布を示す。これは管路で示されている Ruff & Gelhar²⁾による結果と一致する。速度勾配は水路勾配の増加とともに大きくなる傾向がある。また、流量や水路勾配の増加とともに

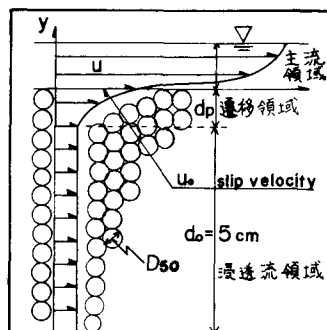


Fig. 2 流速分布の領域区分

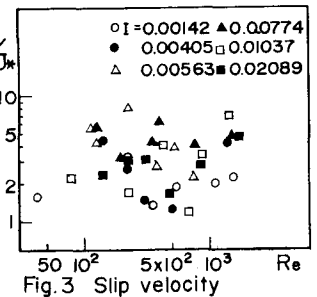


Fig. 3 Slip velocity

に、砂礫頂点付近では slip velocity とあまり変らない流速の領域があらわれ、主流の影響が及んでいると考えられる。

4. 抵抗係数

透水性床面の流れと、平板に同じ砂礫を敷き並べた不透水性床面の流れについて、それぞれの抵抗係数 $f = (\Delta P / \rho U^2) (D_0 / \Delta z)$ を求めた。

ただし、透水性床の場合は主流のみの流量を用いて f を算出した。

水深の基準面を砂礫頂点として透水性床の f を求めた結果が図-6 である。層流の抵抗則: $f = 6/Re$ より小さい f の値が生ずることから水深の基準面を砂礫頂点より下の位置に採るべきことがわかるが、この補正を行えば $I = 0.00142, 0.00774$ では $Re \leq 300$, $I = 0.02089$ では $Re \leq 140$ の Re 数について $f = 6/Re$ 直線と平行になり、乱れの測定からも流目が層流であることが確認された。一方、不透水性床の抵抗係数 f' を、幾何学的基準面を用いて求めた結果が図-7 である。 $I = 0.00142$ の場合だけ流れは層流で他の勾配では流れは乱れる。水深基準面を同じ位置にとり、両者の抵抗係数を比較すると、 $f < f'$ となり、水深の大きい間水路流れについて報告されている結果とは逆の結果を与える。薄層流の場合は不透水性床の方が明らかに流れの乱れで、水面の波立ちが著しいことから、 f に関してこのような特性を生ずるものと考えられる。

5. あとがき

遷移領域の層厚および層内での流速分布が測定された。層厚が砂の粒径の (1.5 ~ 2.6) 倍程度であるため、流速分布自体は不透水性床の分布とほぼ変わらない。しかし、抵抗係数は透水性床の場合が大きい結果を示すことは興味深い。

おわりに、本研究において有益な御助言を賜った神戸大学工学部、荒瀬亮教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 神田・喜久里：粗面上の薄層流の抵抗則，土木学会第33回年次学術講演概集，昭和53年。
- 2) Ruff, J.F. and L.W. Gelhar: Turbulent Flow in Porous Boundary, ASCE, EM, 1972
- 3) Zagni, A.F.E., and K.V.H. Smith: Channel Flow over Permeable Beds of Graded Spheres, ASCE, EM, 1976.

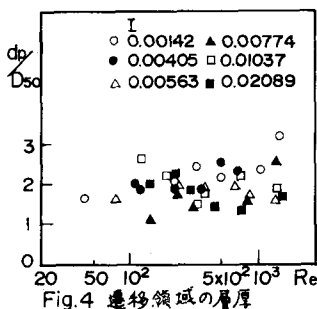


Fig. 4 遷移領域の層厚

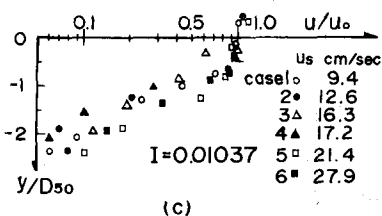
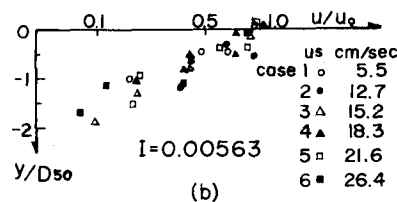
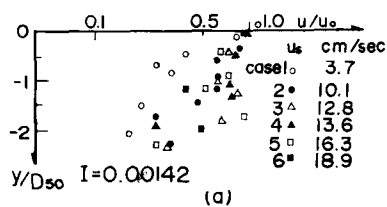


Fig. 5 遷移領域の流速分布

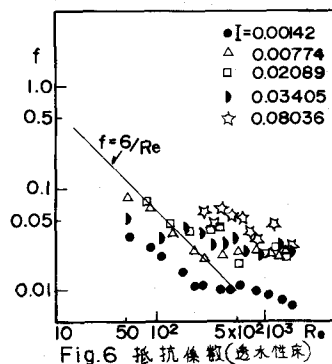


Fig. 6 抵抗係数(透水性床)

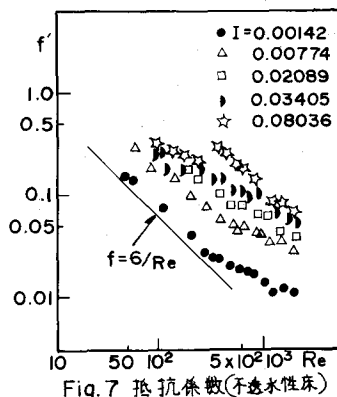


Fig. 7 抵抗係数(不透水性床)