

透水性壁面を有する平板内の流れについて (平均流速分布特性)

安倍工業所 正員 吉田幹雄
森本組 正員 青木宏文
山口大学 正員 深田三夫

1. まえがき 本報告は粗度の異なる平行な平板内の流れにおいて、平均速度分布と圧力～流量特性についての実験結果に関するものである。Josephらは、流れが層流の場合について浸透層境界面上でのslip速度を仮定し速度分布式を導いた。この式によれば同一圧力勾配のもとでは通常のPoiseuille flowよりも流量は増える。またHanjalic, Launder⁽²⁾は一面が粗度をもつ平板内の流れについて平均速度分布、及びレイノルズ応力の測定を行ない平均流速の最大値点(図1の y_m)と粗れによるせん断応力が零の点 y_0 とは異なることを示し、平板内の流れが混合距離理論によるモデル、 $\tau_y = \epsilon_m \frac{dU}{dy} = k_m^2 \frac{dU}{dy} \frac{dU}{dy}$ では表わされないことを見出した。本実験では一面が砂層、及び浸透層モデルとして粗を三層にして主流部の平均流速分布および圧力～流量関係をもとめ、両面が滑面で不透水性壁面の場合と比較した。なお実験条件は本講演中の「不透水性壁面を有する平板内の流れについて」(浸透層の流量特性)にまよって示されている。

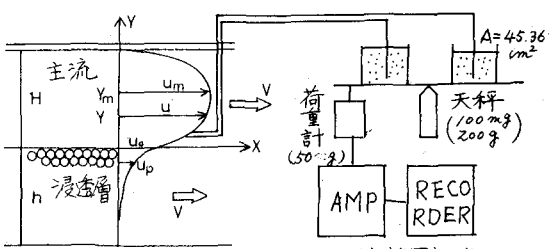


図1. 測定装置概略

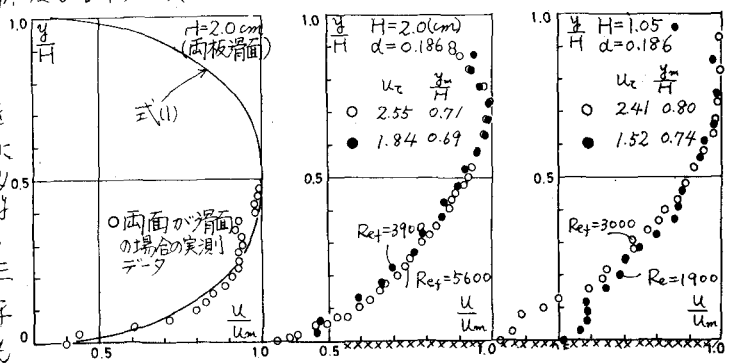
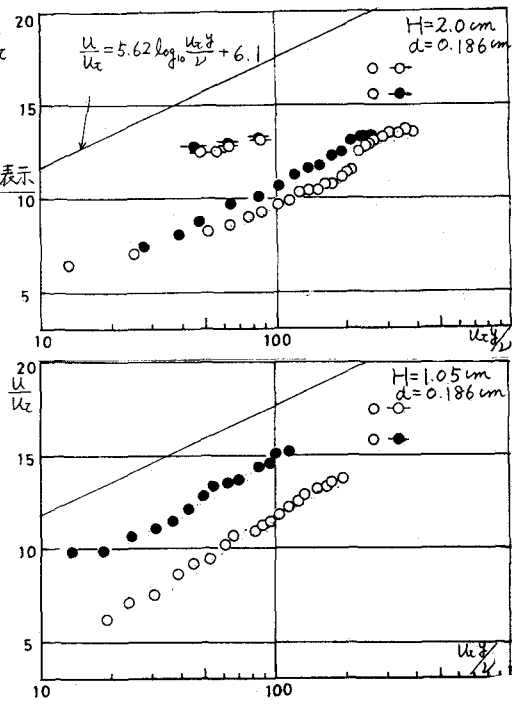


図2. 左中右 主流部平均速度分布について
図3. 図2の片対数表示



2. 実験方法について 実験に使用した水槽は浸透部の長さが260 cm、巾17 cm、層厚12.5 cm(自然砂 $d=0.186$ 粗骨材 $d=0.620$ cm)と長さ200 cm、巾22 cm、層厚2.5 cm(粗0.50 cm)で上下流端の水頭を一定に調整した後、読み取り顕微鏡にて主流部、浸透部の圧力分布を測定し、同時に流量を測定した。入口から約3/4の点においてピトー静圧管を挿入し平均速度の測定を行なった。差圧は天秤を用い荷重計(50g)によって重量を読み取った。なおy方向の座標原点は砂上面および粗上面に上った。

3. 主流部の平均速度分布特性について 図2左は両面がアクリル板で滑面とみなせる場合の速度分布の実測値と理論曲線を示す。片対数表示したものは図3.5内で

示してある。

$$\begin{cases} \bar{U}/U_c = 2.44 \ln(Re_c y/H) + 6.1 & (12.2/Re_c \leq y/H \leq 0.143) \\ \bar{U}/U_c = 2.44 \ln(Re_c) + 4.41 - 23.82 [1/4 - y/H + (y/H)^2] & (0.143 \leq y/H \leq 1/2) \\ U_c = (g H I / 2)^{1/2} \\ Re_c = U_c H / \nu \end{cases}$$

次に一面が自然砂($d=0.186\text{ cm}$)で構成された場合について図2.中右に示してある。それぞれすきま巾 2 cm と 1 cm の場合である。また $d=0.62\text{ cm}$ については図4に示されている。いずれも上下面の粗度が異なるために速度分布も偏っている。最大流速点 y/H も同時に示しておいた $d=0.186\text{ cm}$ の場合は最大流速点はすきま巾が 1 cm になると背面の方へ移行していく傾向を示すが $d=0.62\text{ cm}$ の場合はこの位置はほぼ一定で浸透層上面から約8割の位置である。むしろこの最大流速点の変化は主流のレイノルズ数に大きく影響を受けると考えられる。このように一面が粗度を異にする場合、背面の速度分布と比較して粗面側に速度欠損を引き起こすが、このことは片対数グラフから明らかである。図中の実線は背面の理論曲線 Φ であって、 $U_c = (g H I / 2)^{1/2}$ より求めたものであって粗度が異なる場合は壁面摩擦力の合力の平均値である。すなわちある圧力勾配 I のもとでの背面部の壁面摩擦を τ 、粗面(浸透層部)のそれを τ_0 とすれば $\tau + \tau_0 = \rho g H I$ 、この時 U_c は $U_c = \{(\tau + \tau_0) / 2 \rho\}^{1/2}$ で定義される。片対数表示はいずれもこの U_c を用いていることになる。

4. 主流部の圧力～流量特性について 上の速度欠損は主流部の流量変化となって表われてくるが図6にまとめて主流部の圧力～流量特性を示す。粗度 d とすきま巾 H で分類してみるとその特性がはっきりする。図中の実線は平板間の Poiseuille flow から求められる平均流速公式であるがすきま巾 0.42 cm をのぞいて流れはほとんど乱流と考えてよい。 H は粗度上面からの距離であるが主流の有効断面積(両面が背面の場合と比較すれば大きい)が同一圧力勾配では粗度が大きくなるほど流量が減っている。すなわち抵抗係数が大きくなっている。これは粗度に帰因するおそれの影響と考えられるが平均流速分布からもそのことはうかがえる。

参考文献

- (1) G. S. Bearers and D. D. Joseph, J.F.M. 1967
- (2) K. Hanjalic and B. E. Launder J.F.M 1972
- (3) P. C. Lu "Introduction to the Mechanics of viscous fluids" McGraw-Hill p.272より

図6 主流の圧力～流量特性

