

透水層内の噴流に関する研究

神戸大学工学部 正員 寛 稜亮
京都大学大学院 学生員 O久保田英之

1. まえがき

従来の流速計では透水層内の微速流を測定することはむずかしく、透水層内の流速分布を測定した例は見られない。筆者らは定温性熱線流速計を透水層内へ応用した。熱線は流水に用いるため酸化クロム被覆を行い、さらに熱線保護のため金鋼のキャップをかぶせ測定を行った。

透水層内に point source を設けると、流れがゆるく乱れがないときは Darcy の法則に基く吹出し流れとなる。次に抽水こう配をあげ限界抽水こう配以上になると、いわゆるクイックサンド現象をおこす。この場合クイックサンド領域では流れは噴流に近いものとなり、そうでない領域では Darcy の法則が近似的に成立するであろう。本研究は透水層内の point source 流れの流速分布をとりあげ、若干の考察を行ったものである。

2. 実験装置

実験装置は Fig.1 に示すようなもので、断面 20×18 cm のアクリル樹脂の水そうの下に幅 1.2 mm のスリットを設け、透水物質としてガラスビーズ ($d=1.00\sim 2.38^{mm}$) を用いた。さらに越流式のヘッドタンクによって給水を行う。透水層厚は 25 cm とした。なお座標のとり方は Fig.1 のとおりとする。

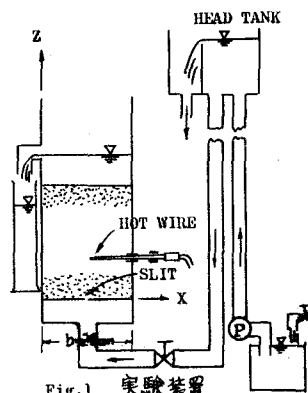


Fig.1 実験装置

3. 実験結果と考察

(1) CASE I ……水頭が最も低く ($H=20\text{cm}$) クイックサンド現象を伴わない場合。

速度ポテンシャル $\phi = \frac{k}{\mu} (P + \rho g z)$ の実測値と、Darcy の法則に基く吹出し流れとした理論値 $\phi = -\frac{Q}{2\pi} \ln(\cosh^2 \frac{\pi}{b} z - \sin^2 \frac{\pi}{b} x)$ とはよく一致すること認められた。さらに z 方向の流速 W と理論値 $W = \frac{Q}{2b} \times \frac{\sinh \frac{\pi}{b} z}{\cosh^2 \frac{\pi}{b} z - \sin^2 \frac{\pi}{b} x}$ との比較を Fig.2 に示す。これによると $z=1, 3$ の範囲では無限小とした point source と有限幅のスリットの違いによる影響のため、理論値と実測値は差異があるが、 $z=5, 7, 9$ では両者は比較的一致していることが認められる。またこの場合、乱流値 $\Delta W/W$ はほとんど零を示し流れに乱れがないことが認められ、CASE I は Darcy の法則に基く吹

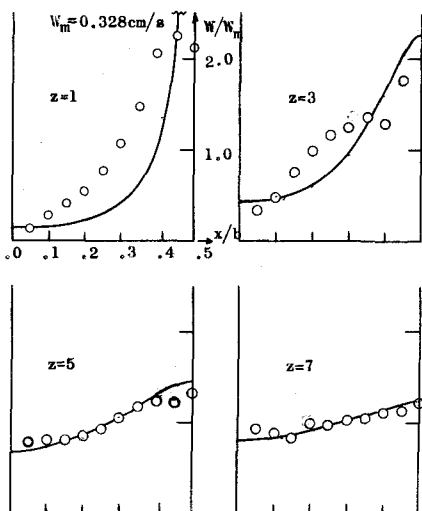


Fig.2 流速分布 (CASE I)

出し流れといえる。

(2) CASE II ……水頭をあげ限界動水こう配以上になると、スリットの近傍の長円形の領域でフイックサンドを起す場合 ($H=40\text{ cm}$)。

この場合、流速分布において、フイックサンド層（流動層）と透水層（充てん層）の境界付近に山ができていくことが観察された。これは熱線保護の金網の影響が透水層ではほとんどなかったが、フイックサンド層において初いてきたものと考えられる。したがってフイックサンド層の流速を測定するにはこの保護方法けあまり適当でないと考える。またこの場合乱流値は両層の間において急激に変化することが観察された。

(3) CASE III ……フイックサンドを完全に行った場合 ($H=42\text{ cm}$)。

この場合の流速分布を Fig. 3 に示す。また $x=10\text{ cm}$ (中心) の速度 $W_{\max}$ の z 方向の変化は $z^{\frac{1}{2}}$ に比例することが認められた (Fig. 4)。これは 2 次元乱流噴流の理論解 $W_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{K_0}{z}}$ の関係を満足する。ただし金網の影響があるため速度の絶対値としては誤差があると考えられる。

また $\frac{\partial W}{\partial z}$ は CASE I に比べて 1 オーダー大きくなり、 $\frac{\partial P}{\partial z}$ は減少していることが認められた。したがってこの場合、フイックサンド領域において流れは 2 次元乱流噴流の性格が強い。次に Fig. 5 に乱流値の変化を示す。CASE II 同様、フイックサンド層と透水層の間において乱流は急激な変化をしている。特にスリット近傍では大きな値を示す。

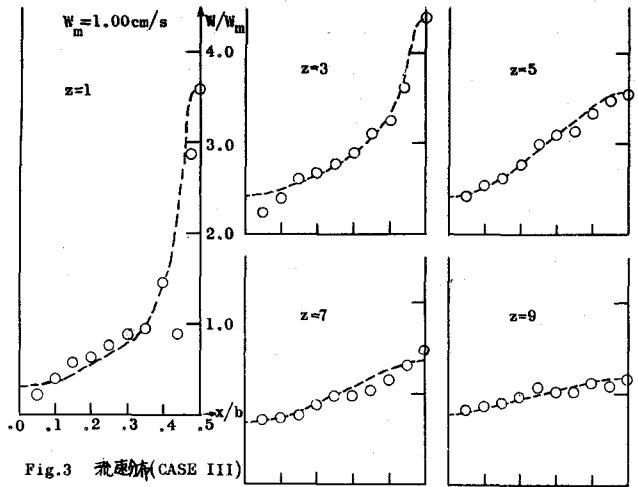


Fig. 3 流速分布 (CASE III)

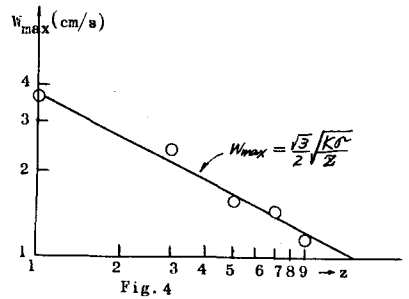


Fig. 4

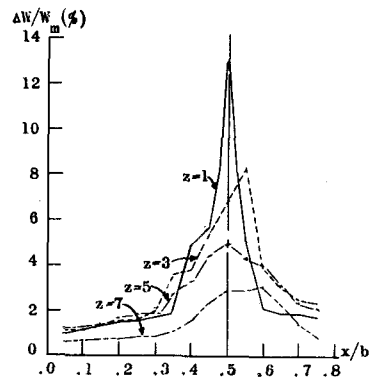


Fig. 5 Turbulence (CASE III)

〔参考文献〕

Scheidegger, E : The Physics of Flow Through Porous Media