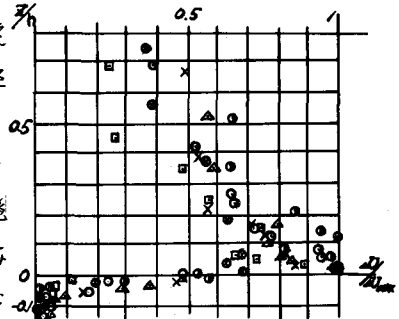


II-78 移動床付近の流れ

神戸大学 学生員 ○ 楠川和男
正員 菅 源亮

開水路移動床付近の流れの状態について実験を行い熱線流速計を用いて流速の測定を行った。移動床には、比重 2.4 直径 $1.00 \sim 2.38 \text{ mm}$ 、中央粒径 $d_{50} = 1.4 \text{ mm}$ のガラスビーズを使用した。開水路は巾 13.1 cm 、動水勾配 $i = 1/600$ 、一定として流量を変化させた。これによる移動床上までの水深 h と、表面流速（境界層外流速） U_s を用いた Re -数の変化は $4,000 \sim 20,000$ であり F_r -数の変化は $0.5 \sim 0.75$ であった。限界掃流は $Re = 13,000$ 付近に見られ、又 $Re = 20,000$ でリップルの発生が見られた。熱線流速計は移動床下の流れの状態を知るために熱線感速部を熱線自体には影響を与えないようアルルダイトで補強したものを使用した。



乱れの強さ 図-1

x $Re = 4,000$ $\Delta Re = 9,570$ $\square Re = 20,000$
 $\circ Re = 4,120$ $\circ Re = 1,220$ $\bullet Re = 8,920$

この結果熱線とそのまき移動床下に挿入しても断線することなく、且つ寿命もいちどるしく大となった。

乱流特性

流れ方向成分の乱れの強さ $\sqrt{u'^2}$ の垂直断面の分布は図-1に示すように移動床の直上において最大となる。移動床下においても乱れた流れは存在するが、深さにともなつて減じ層流（ダーシー流）となる。乱れによる剪断力もこれから推定すれば移動床直上において最大となるものと思われる。移動床付近垂直断面内の各点において乱れの自己相関より乱れ渦の大きさ l を求めて見ると図-2に示すように $l \propto z$ の関係が移動床付近から上部において得られる。移動床下部では l は一定となる。この乱れ渦の大きさ l がアラントルの混合距離に相当するものと考えれば境界層は移動床のわずか下部より始まっていると考えられる。

このことをより明かにするために Space-Time 相関を移動床上の点を固定として移動床上下の点で求め、その包絡線を描くと図-3に示すようになる。これより境界層下部、つまり移動床直下では相関は境界層上部、移動床上部とくらべて減少のしかたが急であり、境界層における Space-Time 相関の特性を示している。

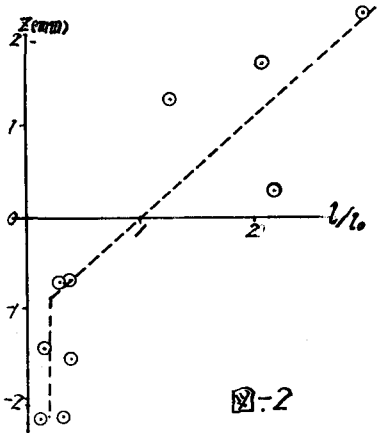
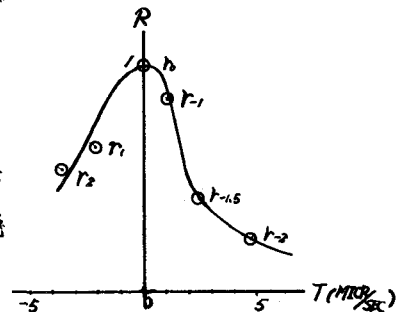


図-2

MIXING LENGTH



平均流速分布

水深方向の平均流速分布は図-4に示すとうりである。移動床下においても流れが存在するため、移動床上の流速は零となる包絡線 図-3

らする値 U_0 をもつ。実験によれば移動床上の流れとその上の境界層外の流速 U_0 との比 U/U_0 は約0.25で一定となる。しかしながらこの値は流下距離により変化するものと考えられる。背高の高い水平な相面を用いて風洞実験を行って見ると上記の比 U/U_0 は図-5に示すようになり、その流下距離による変化は摩擦速度 u_* の変化に類似している。この結果より流下距離が限定された範囲では U/U_0 の比は一定としてもさしつかえない。

先に述べたように、移動床直上において流速 U が存在することから、移動床付近より上の流速分布について対数法則を適用して示すならば

$$u = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z+d}{z_0}$$

であらえられる。ここで z は移動床直上から上方に正にとった垂直方向の距離をあらわす。距離 d は移動床直上 $z=0$ において $u=U_0$ であることより、 $U_0 = \frac{u_*}{k} \ln \frac{d}{z_0}$ で定義される値である。

実験の測定データを基として d 、 z_0 、 u_* を求め図-4のデータを整理すると移動床上下の境界層内の流速分布は図-6に示すように対数法則を満足する。又 z_0 と d の値は図-7に示すように Re -数に従って変化する。移動床下の流速が減じ等流に変化する部分の流れについては、図-2の混合距離がほぼ一定と見なせる。 l =一定とおけばここでは植生あるいは人工相度について行われた井上あるいは筆者等の一人の研究のように流速分布はEXP型となる。

移動床上の平均流速 $\bar{u}$ を $z=0$ から δ までの間まで求めると

$$\frac{\bar{u}}{U_0} = \frac{1}{k} \left[\ln \frac{\delta+d}{z_0} + f\left(\frac{u_*}{U_0}\right) \right]$$

となる。又抵抗係数 C_f は $C_f = 2\left(\frac{u_*}{U_0}\right)^2$

$$C_f = \left[\frac{1}{k} \left(\ln \frac{\delta+d}{z_0} + f\left(\frac{u_*}{U_0}\right) \right) \right]^2$$

となりこれらとともに Re -数により変化する d と z_0 をふくむたの平均流速も抵抗係数も水深を長さとした Re -数により変化することになる。岩佐教授他による研究によれば Fr -数によっても乱流の状態が変わることが指摘されているので当然 Fr -数によっても上記の諸元は影響を受けるものと考えるがこの研究では Fr -数の範囲が小さく明らかでなかった。今後引きつづき研究を進める予定である。

参考文献 岩佐・寛見；開水路流れの乱れ特性について

関西学術報告(S.45)

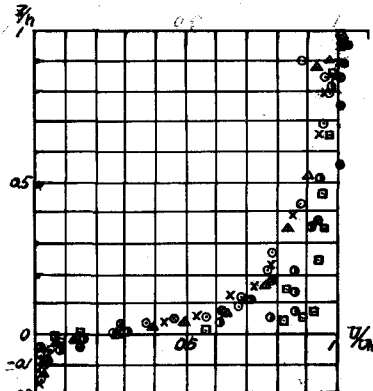
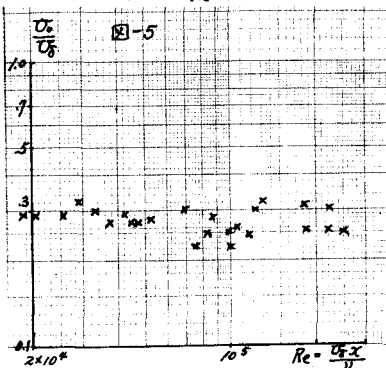


図-4 平均流速分布

x $Re=4,000$ $\Delta Re=9,570$ $\square Re=20,000$
 $\circ Re=4,120$ $\diamond Re=1,200$ $* Re=8,230$



* $Re=9,000$ $\circ Re=4,000$
 $\Delta 7,570$ $\square 11,200$
 $\diamond 8,230$ $\diamond 20,200$
 $\square 4,120$ $* 9,230$

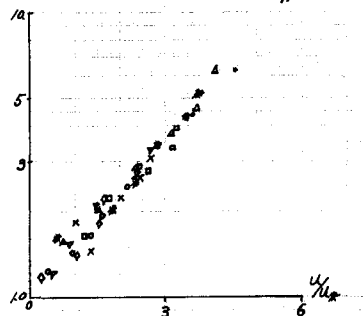


図-6

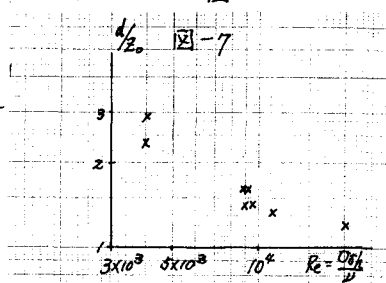


図-7