

II-91 放物線断面をもつ湾曲流れの実験

神戸大学工学部 正員 松梨順三郎
○ 兵庫県土木部 正員 藤岡隆義
日本工科大学 KK 正員 小谷安蔵

まへにかき 本文は放物線断面固定床の180°湾曲開水路流れの実験報告で、特に半径方向の流速分布および境界掃流力分布の特性と実験的に明らかにすることを目標としている。ここにその大要を報告する。1 実験 図-1はコンクリート製実験水路とす。水路幅450mm、水路中心曲率半径1225mm、放物線断面 $\varepsilon = 1.975 \times 10^{-2} (r - 122.5)^2 \text{ cm}$ 、水路縦断面勾配 $J = 0.008$ 、実験流量 43 l/s 、11.2/6、水路中央等流水深はそれぞれ40.3mm、53.0mmである。対象流れは不等流とし、右流量に1/2の計測水量は流量 Q 、湾曲断面の水面形 $h(r)$ 、湾曲断面の水深に1/2三方向の流速成分、すなわち半径方向 u_r 、接線方向 u_θ 、鉛直方向 u_z 、および湾曲断面の水面面に作用する境界掃流力である。流速分布の測定には図-2に示す直径6mmの5孔ヒート球（理化学工業社製）を用いた。これらの検査曲線をつぎのように作製した。

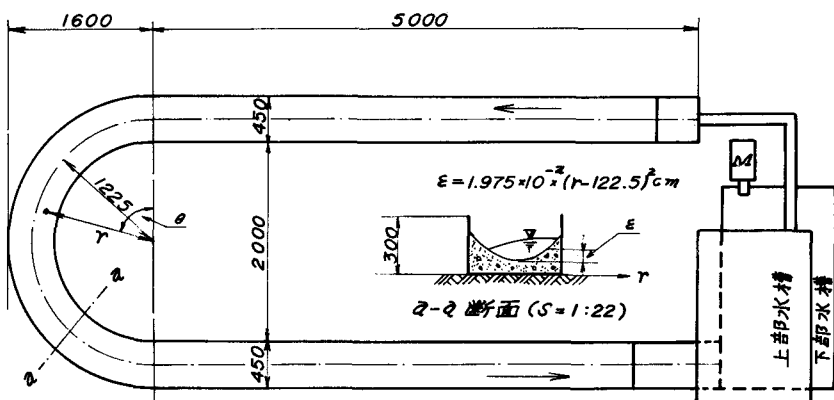


図-1 実験水路 単位 m/m

等流中流れに垂直にヒート球の支柱を支持し、孔 c, d の水頭 h_c, h_d と等しき保持器から支柱の鉛直方向の傾角 δ とする。そのときの右孔の水頭 h_a, h_b, h_c, h_d はヒート球中心の等流速度 u 、静水頭 h_0 とすると、 $h_m = h_0 + k_m (u^2/2g)$ が成立する。 h_m は h_a, h_b, h_c, h_d, h_e の代り、このときの h_m とそれと水の直 h_a, h_b, h_c, h_d, h_e と逆算する。これらの値および $k_m = (h_0 - h_m) / (h_0 - h_a)$ はいづれ δ の関数となる。図-4はその検査曲線である。¹⁾ 任意量の速度 u に対して鉛直面が座標湾曲面の接面となる角 ψ と則り、検査曲線に $\psi = 180^\circ$ あるいは $\psi = 0^\circ$ とすると、速度 u は $u = 141.4 \sin \psi$ 、 $u_0 = 141.4 \cos \psi$ 、 $u_z = 141.4 \sin \psi$ となる。つまり、境界掃流力の測定は図-3に示すヒート管を用い、Preston tube の方

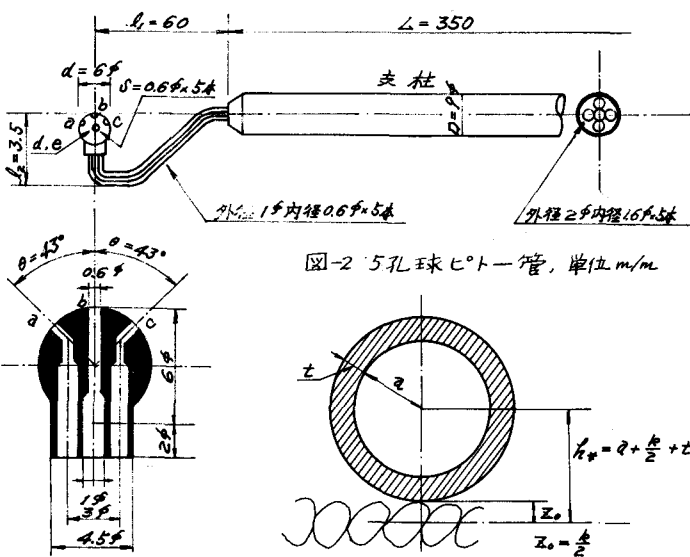


図-2 5孔球ヒート管 単位 m/m

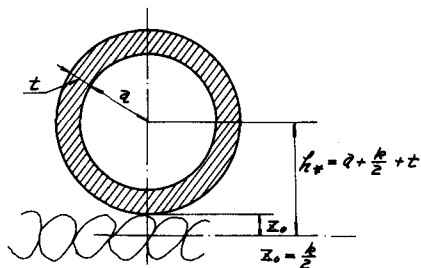


図-3 Preston Tube 断面

section $S = 5:1$

用いた。 $n=0.075$, $t=0.075$ cm, 水路の相対粗度 $k_s=0.337$ cm, $k_* = 0.319$, Preston Tube 指示差圧と $(P-P_0)$ 境界層流
力とすると, $\tau_0 = (P-P_0)/32.08$ とする。 2 実験結果 本文では $Q=438$ l/s の場合のみについて報告する。 図-5 は湾曲断面

$\theta = \text{const.}$ における水面形が θ の増加によってどのように変化するかを示す。 一般に流体が湾曲部に流入すると、流れの
特性は湾曲部端附近で自由渦の状態となり、漸次強制渦に移行することが知られている。 図-5 によると、この移行

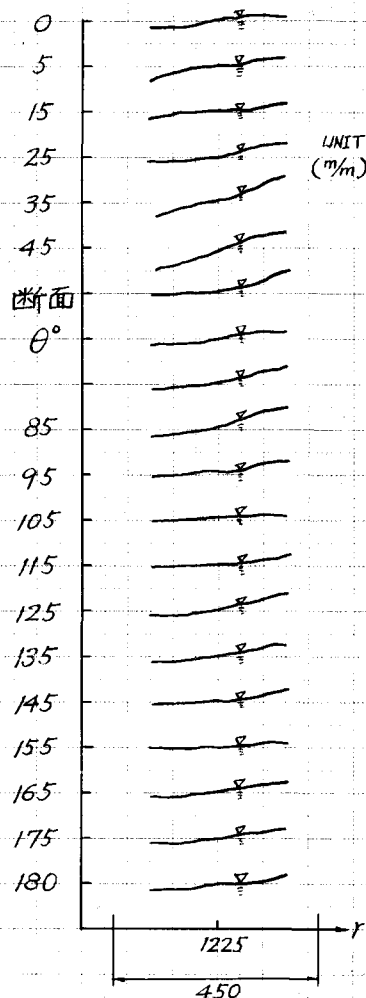


図-5 水面形(水平1/10,鉛直1/4)

過程 $\theta = 0 \sim 60^\circ$ において水面の横断勾配は最大になるようである。 図-6
の (a), (b), (c) はそれぞれ U_r , U_θ , U_z の横断面 $\theta = 35^\circ$ における分布特性を
示す。(a) について、 $U_r=0$ の等値線は外岸側にかなり上昇しており、外岸側の下
部では内岸方向の流速と渦流積が大きくなり、またその大ききと大きいことがわ
かる。(b) について、 U_θ の Peak は水路中央より外岸側にあり、流れの主要力がこの
方向に移動していることがわかる。(c) について、 U_z は内岸側に正で、外岸側に
負となり、外岸端部ではかなり大きい値を示すことがわかる。 図-7 は各横
断面 Peak 流速の位置の移動を示す。(a) は湾曲角度の増加による平

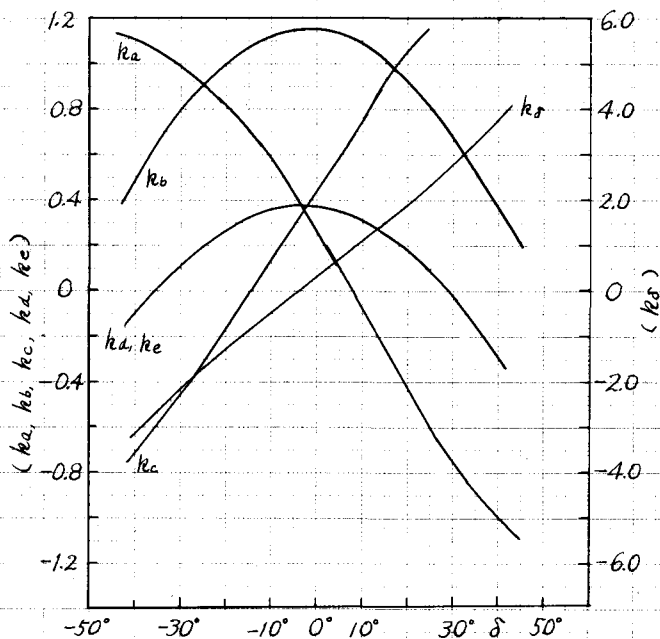


図-4 検定曲線

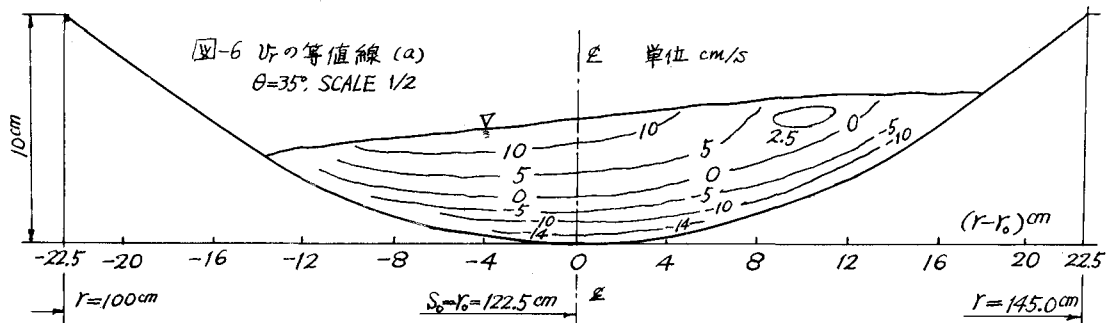
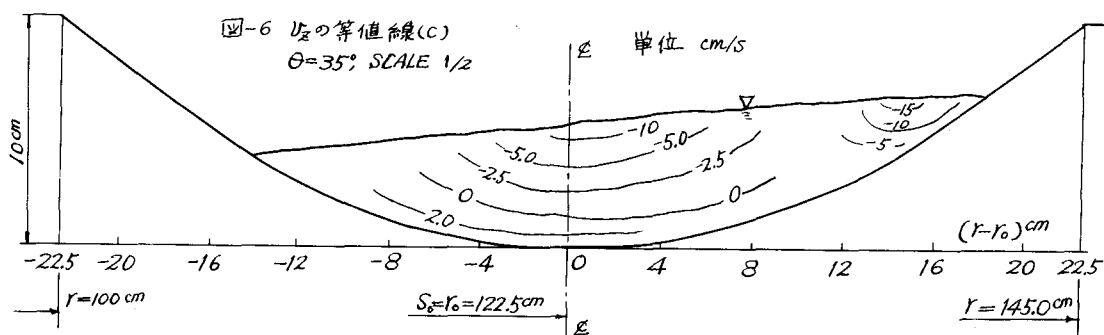
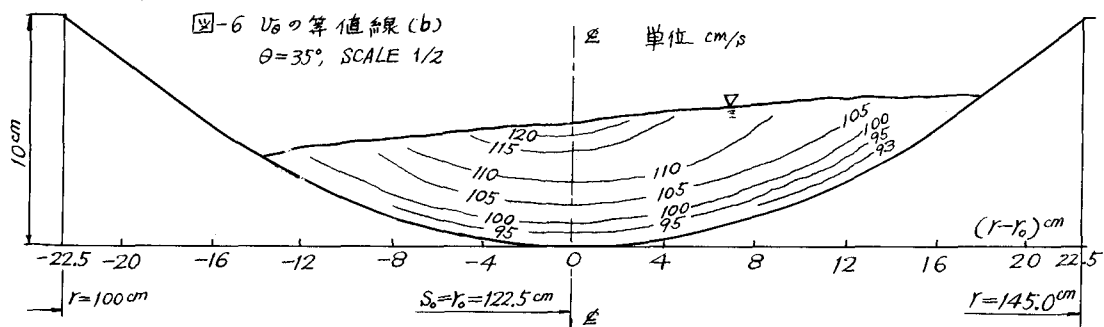


図-6 U_r の等値線 (a)
 $\theta = 35^\circ$, SCALE 1/2



面的移行を表れ、(b)はその相

対的深さ $\eta = \bar{z}/h$ の変化を示す。

==に亘る η は流速の peak point の水面からの高さ、

その位置の水深を表す。 $\theta =$

$0^\circ \sim 55^\circ$ 付近までは peak point はほぼ水面附近に位置し、

外岸よりであるが、 $\theta = 65^\circ \sim 125^\circ$

付近では外岸側に移行すると

同時にかなり低下するところ

がある。そして $\theta = 125^\circ \sim 180^\circ$

ではより外岸側に移行するとともに相対

的高さは回復していく。このような移行は

自由渦から強制渦への移行および二次流の

発達過程に対応していると考えられる。図

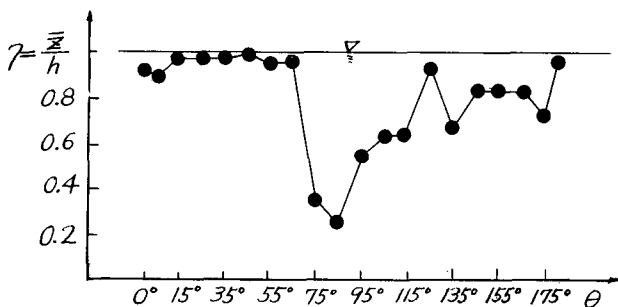
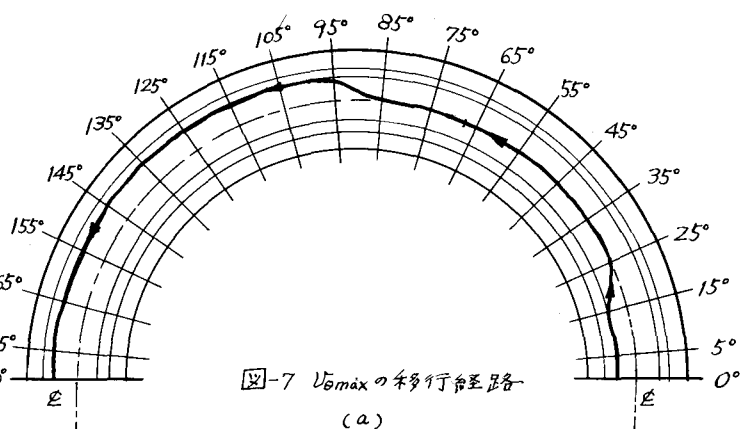
-8は右横断面水路中央における U_θ の鉛直分

布を示す。 $\theta = 0^\circ$ 断面では U_θ は鉛直断面を

通して内岸方向でありほぼ一定の値をと

っている。 $\theta = 25^\circ$ 断面にすむと上流域にお

ける外岸方向の流速が急激に発達するところ



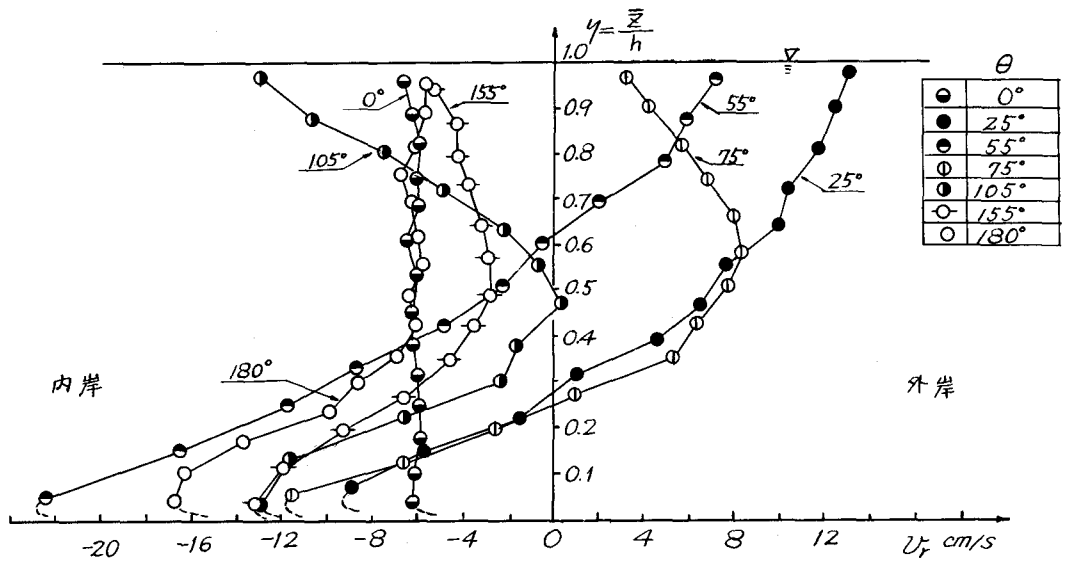


図-8 水路中央 u 分布の断面 θ による変化

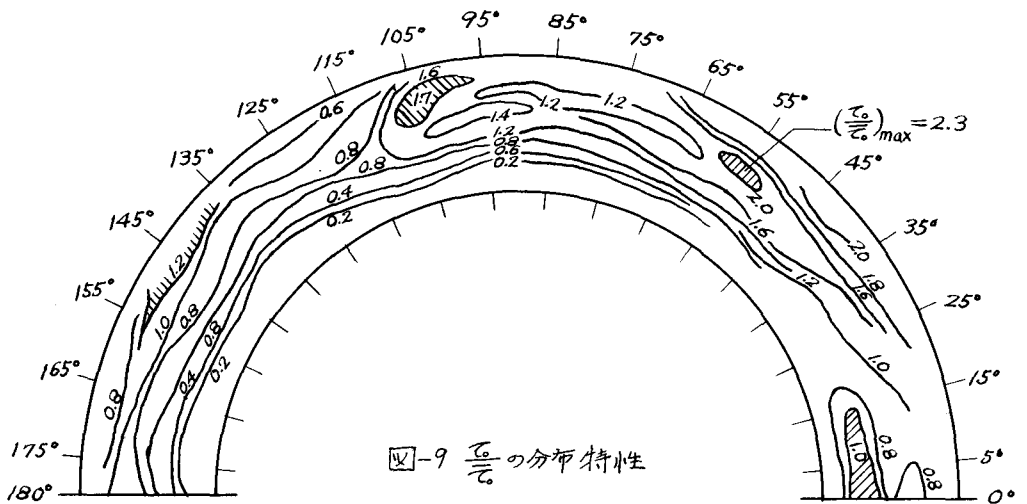


図-9 $\frac{T_0}{T_c}$ の分布特性

わかる。 $\theta=55^\circ \sim 75^\circ$ 断面に示されるように極大的な最大スケールの流れを経た、 $\theta=105^\circ$ になると、両ひねり直断面と図12内岸方向の値と一致する。さらに $\theta=155^\circ \sim 180^\circ$ になると、下流域における内岸方向の流れの発達が見られる。図-9は湾曲部境界層流れを等流域横断面平均境界層流れと比べたもので、その分布特性と一致したものである。等値線のループはその値の局所的な最大または最小を示すわけであるが、湾曲始端断面内岸より、および $\theta=55^\circ, 105^\circ, 145^\circ$ の外岸よりそれぞれ局所的 peak となることがわかる。これらの位置は流れの状態による局所的流れ線の剥離と関連しており、各種の流れの状態についてこの検討が必要である。

- 1) Ahmed Shukry; Flow Around Bends in an Open Flume, paper No. 2411, Transaction of ASCE.
- 2) E.M. Laursen, Li-San Hwang; Extension of Preston's Shear Measurement Technique to Rough Boundary, Tech. Report No.1, NSF G-7409, N.S.F. Washington D.C.
- 3) 松梨順二郎; 南水路湾曲部の流れの研究, 土木学会第25回年次学術講演概要 II-128.