

京都大学防災研

正員 工修 村本嘉雄

京都大学大学院

学生員

○井上高之

本報告は、弯曲部の水理学的特性についての研究の一環として、球型ピット管による流向測定を行い、弯曲部水流の内部機構についての詳細な現象把握を行い、解釈的取り扱いの方向を決定するための足がかりを求めようとしたものである。

1. 流向測定法と球型ピット管

円筒座標系を用い、主流の方向に θ 軸、横断方向に r 軸、鉛直方向に z 軸をとる。速度ベクトル u の大きさを q とし、これが θ - r 平面および θ - z 平面と交する角をそれぞれ ϕ, δ とすると、速度の θ, r, z 成分 U, V, W はつぎの関係から求められる。

$$U = q \cos \phi \cos \delta, \quad V = q \cos \phi \sin \delta, \quad W = q \sin \phi \quad (1)$$

この式で q, ϕ, δ を求める方法として、Shukryの球型ピット管があり、本研究でもこの型の球型ピット管を製作した。球部には図1に示すように、いずれも5つの孔があり、各孔は $42^\circ - 7^\circ$ をへて 2 メーターに接続される。孔 $I \sim V$ の 2 メーターに埋めこめる圧力水頭をそれぞれ $h_I \sim h_V$ とすれば、 $h_I = h_{II}$ および $h_{IV} = h_V$ の 2 点の偏角と h_{II} を測定することにより、 ϕ, δ, q が求まる。

a. Shukryの球型ピット管 Shukryは図1(a)のような球型ピット管を製作し、 r と基部の軸回転により求め、 ϕ についてはつぎの関係式によって求める。すなわち、平行流と偏角 ϕ_m を有する球面上の任意の圧力水頭 $h_m = \frac{p_0}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} \left(1 - \frac{q}{U} \sin^2 \phi_m\right) = \frac{p_0}{\rho g} + k_m \frac{U^2}{2g}$ にもとづいて、既知の平行流の中心の流速より、 $k_s = \frac{k_{IV} - k_I}{k_{II} - k_I} = \frac{h_{IV} - h_I}{h_{II} - h_I}$ を計算し、弯曲部での測定にこの $k_s \sim \phi$ 曲線を用いてゐる。

b. 球型ピット管(Ⅱ) 図1(a)に示すように、ピット管はShukryと同型でピット管の支柱が鉛直面を回転し、速度 ϕ, δ を求める構造になっている。速度場におけるその流速曲線は図2のとうりである。図からわかるように、 ϕ の測定は良好な特性を示しているが、 δ の測定には球部上流面の圧力分布に対する基部の影響を無視しなくてはならないと考えられる。このことは、水中の基部の最も重要な変化とせざるを得ないことを確認された。

c. 球型ピット管(Ⅲ) 球型ピット管(Ⅱ)の欠点をなく除くため、図1(a)のように基部下流の構造を改めた。この場合の流速曲線は図3のとうりであり、 ϕ の測定に対して基部の影響はほとんどないことがわかる。

2. 弯曲上部部における ϕ の分布

開水路弯曲部の二次流は側壁は近き除いて中心方向の速度成分 V が卓越すると考えられる。前報⁽¹⁾に記した考察より、上部部における主流および二次流の流速分布は

$$V = C_1/r \quad (2) \quad U = \frac{C_2}{r} + \frac{g_i}{3G} r^2 \quad (3)$$

で表わされる。こゝに、 g は重力の加速度、 i は路床の勾配、 C_1, C_2 は積分定数である。

したがって、(1)式より、 σ の分布は

$$\sigma = \tan^{-1} \frac{V}{U} = \tan^{-1} \frac{3C_1^2}{8i^2 + 3C_1C_2} \quad (4)$$

となる。また、 C_1, C_2 の関係として、同一断面内での平均水深が水路中央の水深と一致する。よってこの仮定より導かれる

$$C_1C_2 = \frac{1}{3} 8i^2 B^2 d \sqrt{(d^2 + \frac{1}{40})(d^2 - \frac{1}{4})} \quad (5)$$

を用いる。このとき、 B は水路幅、 $d = r_c/B$ であり、 r_c は水路中心の曲率半径である。

3. 実験結果と考察

実験水路は、幅 50 cm、水深 30 cm の長方形断面の 2 次元ノット型水路で、曲率半径 150 cm、偏角 180° の弯曲部が挿入されている。弯曲部の上下流直線部の長さとはそれぞれ 10 m であり、この配は 1/500 である。U(r) の測定結果より、一様流と見做せる測定断面 ($\theta = 120^\circ \sim 180^\circ$) における σ の測定値と、(4) 式との比較を行った。 $g = 980 \text{ cm/sec}^2$ 、 $i = 0.002$ 、 $B = 50 \text{ cm}$ 、 $d = 3$ 、および U(r) の測定値 ($Q = 10 \text{ l/sec}$) を用いて (3)、(5) 式から C_1, C_2 を求めると、150° 弯曲部で $C_1 \approx 620$ 、 $C_2 \approx 3500$ となり、この値を用いて (4) 式と測定値とを比較した場合に示したのが図 4 である。この図から明らかなに、外壁に向かうにつれて σ の値が減少してゆく傾向がうかがわれるが、計測値の離れは標準的な値が、測定値は若干のばらつきを示している。

以上、球型ノット管の特性と弯曲部に与える流向測定の一例を示したが、(4) のノット管でも若干の製作に誤差があるため、これを改良することとし、流況の測定精度を上げるために、石川氏の微差計 (0 ~ 23/cm) を採用した。この結果については諸報に報告する。

※ 第 19 回年次学会、昭和 39 年 5 月

開水路弯曲部の水理学的特性に関する研究 (第 4)

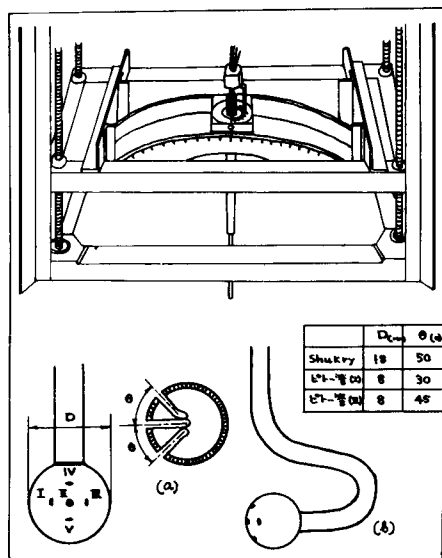


図 1. 球型ノット管の比較とノット管 (I), (II) の実験機

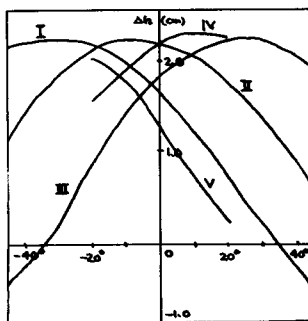


図 2. 球型ノット管 (I) 速度曲線

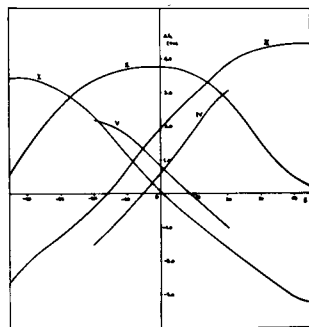


図 3. 球型ノット管 (II) 速度曲線

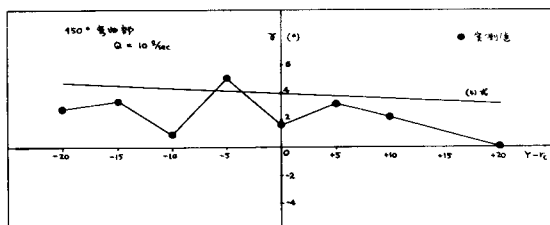


図 4. 150° 弯曲部 σ 分布の比較