

II-123 円形水路における自由流出口付近の流れについて

日本大学理工学部 正員 栗津清蔵 正員 の近藤 勉

§.1. まえがき.

円形断面水路の流出口が *free overfall* になっている場合のナツプ(上面)の形状, 出口での水面の曲率やこう配, 圧力分布等について実験を基にして論じる。

§.2. 実験装置とその方法.

実験に用いた円形断面水路は透明なアクリル製パイプで, 粗度係数 0.0079, 直径 5, 7.5, 10 cm, 管長はいずれも 4 m である。

これらの水路を一辺 70 cm の立方体のタンクの鉛直な一面の中心に取り付け, こう配は $i=0 \sim 0.05$ まで 0.01 刻みで 5 種類変えた。

水面形状はポイントゲージにより, 流量はタンクに流入する前にオリフスメーターを設けそれによる, 水路下流端に設けた流量計より求めた。

圧力はピトー管により測定した。このピトー管は上下方向に首が振れるようになっていて, 測定点での流速が最大になる向き(すなわち主流方向)にして圧力を測定した。

§.3. 実験結果とその批判.

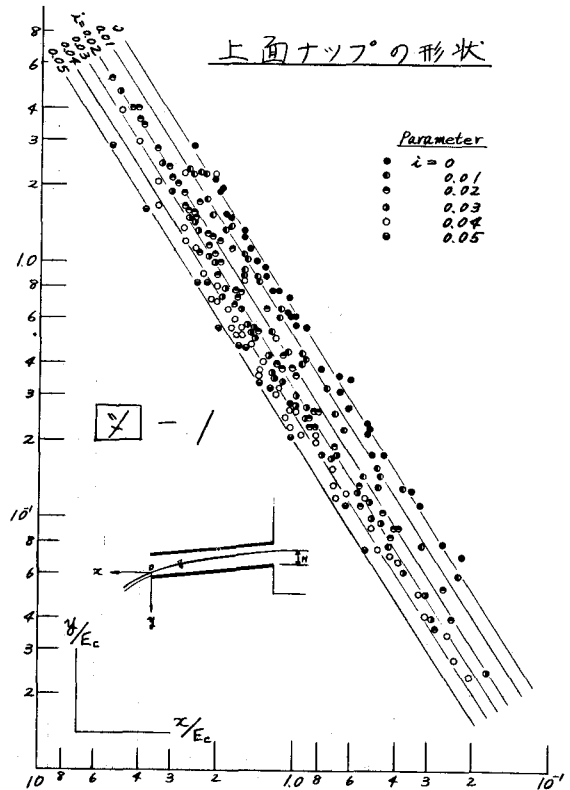
a). 上面ナツプの形状について.

流出口の水面に原点をとり, 鉛直下方に y 軸, 水平左方に x 軸をとり, 水路中央に沿う上面ナツプの座標を限界水深に対応する比エネルギー E_c を用いて無次元化して *plot* したのが図-1 である。

パラッキが矩形水路の刃形ベキや *free overfall* のそれに比較して大きい(1,2)が, i を *parameter* としてほぼ直線関係にあり, 式化すると

$$\frac{y}{E_c} = 0.625 e^{-23.3i} \left(\frac{x}{E_c} \right)^{1.57}$$

パラッキの原因は, タンク内の水深 H の大小に



より種々の *type* の流れがあり, また水流が管の頂点を離れ開水路となる方が流出口近くなると ($i < 0.006$ で $Q^2/905 > 0.8$, Q : 流量, D : 管径, g : 重力加速度) 流れは不安定となる上にその離れ方の影響が流出口まで及ぶからであろう。

b). 流出口での水面の曲率およびこう配について.

先ず, 水路中央に沿うこれらを算出するためのデータは a) と同様の座標を選び, 流出口の上流および下流方向に 1 cm おきに 4 cm までの測定値を用い, 水面形としては原点を通る 4 次曲線を用いて, その方程式より逆算した。

なお, 水面こう配は水路こう配との相対的な

う配(この座標による水面に
う配-水路こう配)である。

これを図に plot すると
図-2, 図-3 が得られた。

どちらも相当ばらついては
いるが(理由は2)と同様),
 γ_t を parameter とし, ほぼ
直線関係にあるようで, 次の
式でそれそれ近似せよ。

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_t = 0.186 \left(\frac{\gamma_t}{D}\right)^{5.03} \\ \times \left(\frac{R^2}{gD^5}\right)^{-1.37}$$

$$\gamma_t K_t = 0.413 + 1.31 \log\left(\frac{\gamma_t}{D}\right) \\ - 0.35 \log\left(\frac{R^2}{gD^5}\right)$$

ここで, γ : 水深, K : 水面の曲率, 添字 t は流出口での値を示す。

① 流出口の圧力分布および全圧力について
水路中央での圧力分布の流出口から 2 cm おきの断面の実験結果の一例を図-4に示す。

これより, 流出口よりわずが上流ではほぼ静圧分布を示していて, 実験の結果約 $3\gamma_t \sim 5\gamma_t$ 以上上流ではこれに關係なく静圧分布であった。

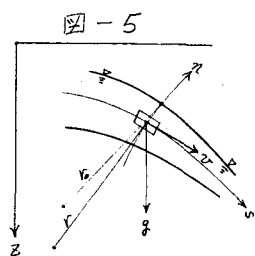
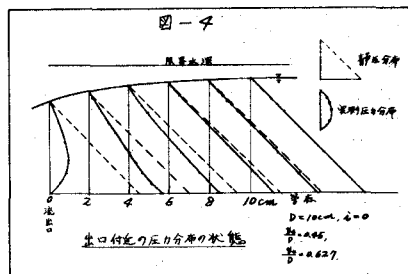
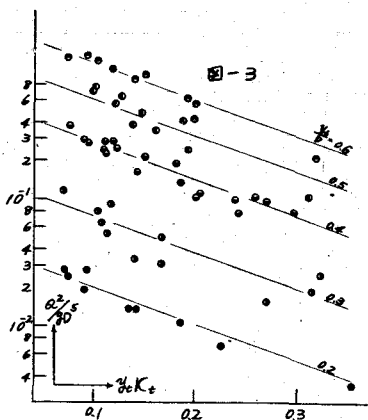
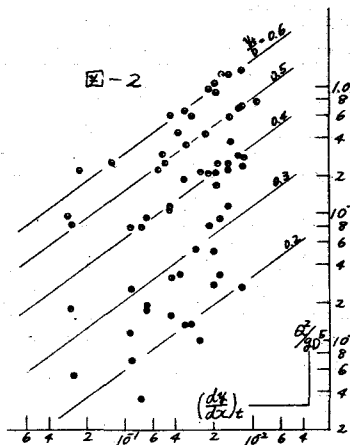
流出口でのこの静圧分布からの deviation はここでは流線の曲りが著しいので, 遠心力の影響を受けて生ずる。

図-5のような二次元流れにおいて, 流体の微小部分の流線 S に垂直な方向の釣合いを考えると

$$\frac{P}{w} - Z = \frac{1}{g} \left(\frac{v^2}{r} \right) dn + \text{const.}$$

w : 水の単位重量, P : 圧力, r : 曲率半径,
 r_0 : 上面の曲率半径, v : 流速。

ここで, この式の右辺を上面での遠心力(流速は平均流速 $\bar{v}$) $\frac{\bar{v}^2}{g r_0}$ の関数とすると, 左辺は静水



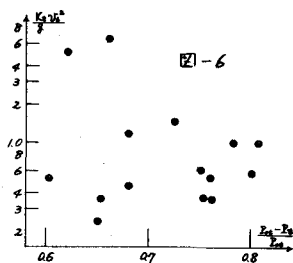
圧からの deviation

と見なせるから, この deviation は $\frac{\bar{v}^2}{g r_0}$ の関数と考えられるだろう。

これも円形断面水路の流出口に応用し断面内の圧力は水平

方向には中央でのそれに等しいとして plot したのが図-6であるが, 相関性を見出すのは無理であろう。

v_t : 流出口の平均流速, P_t : 流出口の全圧力,
 P_{0t} : 静水圧分布を仮定した時の流出口の全圧力
 P_t/P_{0t} の値は 0.2~0.4 の間で変化していて, その平均は 0.27 であった。



- 1) 応用水理学中工 (丸善)
- 2) 岩山喬: 傾流水流の水理現象に関する実験的考察, 土木学会誌, 1953.
- 3) 栗津道雄: 円形断面水路の自由流出について, 年報 第20~第23回
- 4) C.D. Smith: Brink Depth for a Circular Channel, Proc. of ASCE, 1962.