

II-32 開水路弯曲部の二次流に関する研究

北海道大学工学部 正員 工博 岸 力

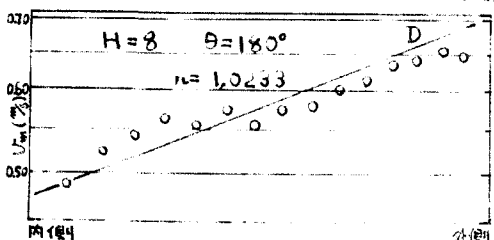
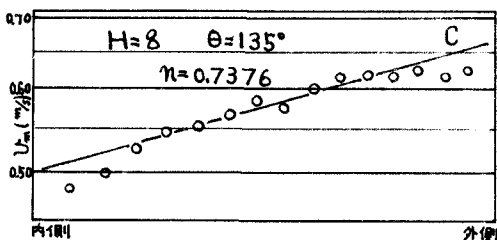
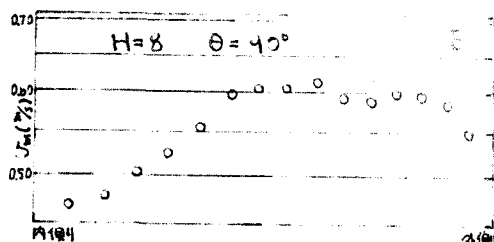
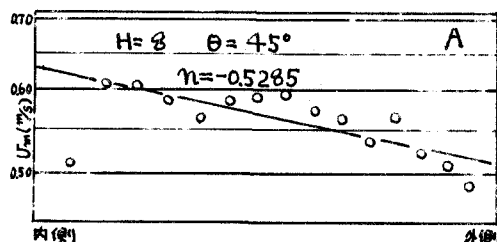
シ 学生員 ○佐伯 浩

日本建設コンサルタント 正員 青木 敬三

I. 弯曲部の流況について.

開水路弯曲部の流れは、五つのパターンに分けられることはすでに発表されたことであるが、それは横断水面形、縦断水面形、横断平均流速分布、河床セリ断力分布などから明らかにされる。今回は横断平均流速分布と河床セリ断力分布からその五つのパターンを分けた。この結果は、すでに発表した水路横断水面形と縦断水面形とから得られたパターンと全く同一であった。

横断平均流速分布 (Fig-1)



$0^\circ < \theta < 30^\circ$ 上流直線部の影響大.

$30^\circ < \theta < 60^\circ$ 自由渦に近い領域.

$60^\circ < \theta < 100^\circ$ 自由渦に近い領域と二流の充分発達した領域の遷移領域.

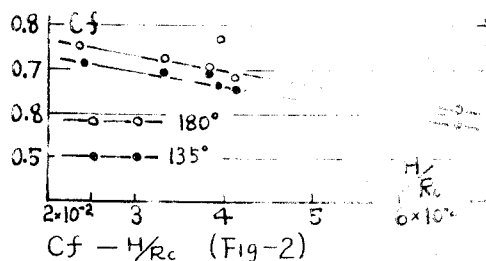
$100^\circ < \theta < 195^\circ$ 二次流の充分発達した領域.

$195^\circ < \theta < 225^\circ$ 下流直線部の影響大

$$V = K Y^n \text{ ----- (1)}$$

$$n = C_f \left(\frac{1}{Y} \right) - 1 \div C_f \left(\frac{1}{Y} \right) - 1 \text{ ----- (2)}$$

二次流の充分発達した領域では n は正となる。また遷移領域では水路中央部と境にして、内側で n が正、外側で負となっている。これは内壁部側から二次流が発達していることを示しているものと思われる。(Fig-1)を参照したら明らかである。横断平均流速分布式(1)の n は(2)で表わされる。(Fig-2)



実験条件は、水路中心半径 $R_c = 2.1\text{m}$ 水路巾 $B = 0.8\text{m}$ 勾配 $S = 1/400$ 河床平均粒径 $d_m = 0.11\text{cm}$ 弯曲角 $\theta_0 = 225^\circ$ (Fig-2) のデ-タの中からは $R_c = 1.5\text{m}$ $B = 0.1\text{m}$ $S = 1/400$ $d_m = 0.11\text{cm}$ $\theta_0 = 225^\circ$

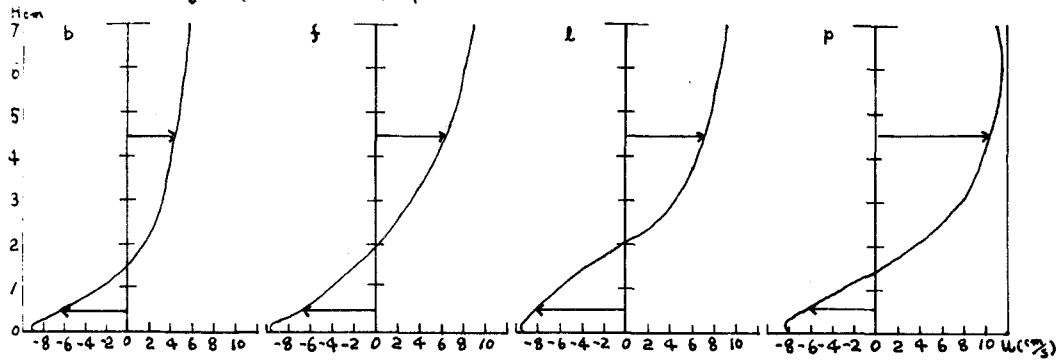
の水路で得られたものも含まれている。Hは平均水深を表し、流量Qは、 $H=8\text{cm}$ で $Q=37.6\text{ l/sec}$
 $H=4\text{ cm}$ で $Q=12\text{ l/sec}$

はCfと H/Rc の関係を示したものである。

II. 半径方向の流れについて

開水路弯曲部においては半径方向の流速が大きく、これを無視することはできない。この半径方向の流速 u を、主流の流速と流向(α°)を実測により求めた。この流向流速の測定には動水圧管を三本持つピトー管を製作し、それにより求めた。流向の偏角 α の検定には、水底付近と水面付近に微小粒体を流して、それをストロボを用いて写真撮影を行い、その流線を読みとれより α を読み、計測した α と比較したところ良好一致をみた。

(Fig-4) u の鉛直分布



(Fig-4)は半径方向の流速 u の鉛直分布で、底から流れの向きが変わる点までが境界層の厚さを表すものである。京大の岩垣教授は弯曲部における u , v の鉛直分布式をBlasiusの $1/\eta$ 乗法則を適用して次の(3)(4)式のとくを示している。

$$U = U_m \left(\frac{z}{\delta} \right)^{1/4} \text{----- (3)}$$

$$u = U_0 \left(\frac{z}{\delta} \right)^{1/4} \left(1 - \frac{z}{\delta} \right) \text{----- (4)}$$

(3)式の分布に近い値を実測値は示しているが、(4)式の分布式は(Fig-4)からもわかるように実測値と異なる。境界層内の u の分布は(Fig-4)に表わされているようにほとんど直線で表わされ、境界層内では $u = U_0 \left(1 - \frac{z}{\delta} \right)$ に近いことがわかった。

III. 弯曲部の河床セリ断力について

開水路弯曲部における河床セリ断力 τ_0 の実測は非常に困難で、理論的解析はそれにもまして困難なことである。今後の理論的解析を容易にするためにも実測値が必要である。弯曲部における τ_0 の計測には、アレストンにより開発されたアレストン管を用いるのが適当なように思われる。アレストンは τ_0 を(5)式のように表わした。

$$\tau_0 = C(P_t - P) \text{----- (5)}$$

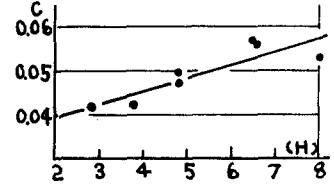
$P_t - P$: 動水圧

C : 河床状態とアレストン管の管径等に関する係数

この係数 C については、Li-San Hwangにより理論的研究がなされている。この理論により C を計

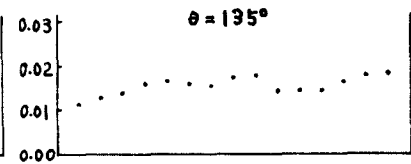
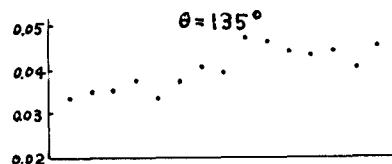
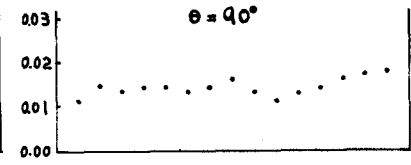
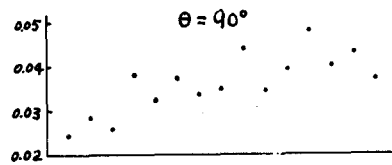
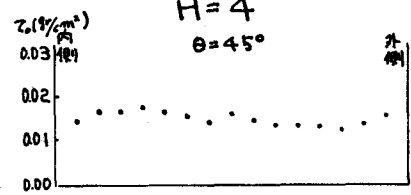
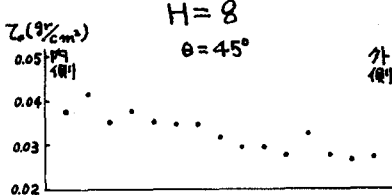
算してみると $C=0.0233$ となる。また弯曲水路と同じ河床状態の直線水路で C を求めると (Fig-5) に示したようになる。実験から求めた C

(Fig-5)



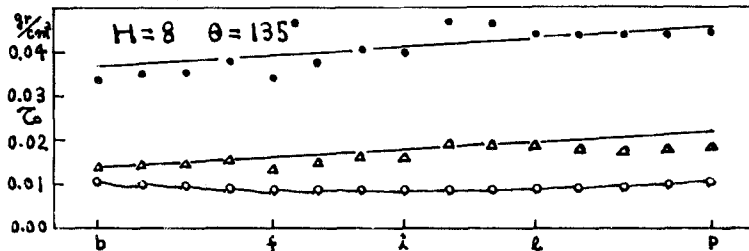
求めた理論解 (6)・(7) 式で計算された C も比較したものが (Fig-7) である。実測 C を使った C 横断方向せん断力分析 (Fig-6)

の値は他の二つに比べて大きい。しかし岩垣氏の示した限界掃流力と d (砂粒径) の関係から、実測で得られた C より d を求め、その砂を水路に置くと明らかに移動することがみられたので、実測 C を使って求められた C の値は決して大きくないように思われる。



Li-San Hwang より C

(Fig-7) C の比較



- 実測値 $C=0.0575$
- ▲ Li-San Hwang 実測値 $C=0.0233$
- 岸・小川の理論

を導くに当たってはプレストン管に入る流速分布を対数分布としているが、突如にば対数分布をしていない事からこの C には未だ問題が残る。岸は Blasius の $1/7$ 乗法則が成り立つものとして C を求めた。これは (6)・(7) 式で示される。

$$C_r = 0.0225 \cdot g \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{1}{4}} \cdot V^{\frac{3}{4}} \cdot U_0 = 0.0225 \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot b^{\frac{36n-4}{20}} \cdot K^{\frac{1}{4}} \cdot x^{\frac{2}{4}} \cdot (1-x)^{\frac{2}{4}} \cdot g(\infty) D \alpha^{\frac{1}{4}} \quad (6)$$

$$C_0 = 0.0225 \cdot g \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{1}{4}} \cdot V^{\frac{3}{4}} = 0.0225 \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot b^{\frac{36n-4}{20}} \cdot K^{\frac{1}{4}} \cdot x^{\frac{1}{10}} \cdot (1-x)^{\frac{7}{10}} \cdot D \alpha^{\frac{1}{4}} \quad (7)$$

$$U_0 = K b^n \alpha^{\frac{1}{2}} g(\infty) D \alpha^{\frac{1}{4}} \quad (8) \quad C_0 = (C_r^2 + C_0^2)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

(6)・(7) 式で求められた値も実測値に較べて小さい。また実測値を直接 (6) 式に入れてみても C は実測値に較べて小さい。Blasius の $1/7$ 乗法則は突如の弯曲部の流速分布とは異なっているのである。理論値が小さい値を示すのもその辺りに問題があると思われる。筆者等はその点についても考察をすすめている。弯曲部の流れは非常に複雑であり、理論的に取り扱うには困難が多い。これらについての数多い実験が望まれる。