

複断面河道における合成粗度係数の逆算に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○山下 千智

中央大学大学院 正会員

本永 良樹

中央大学大学院 学生員 Maritess Quimpo

中央大学理工学部 フェロー会員

山田 正

1. はじめに

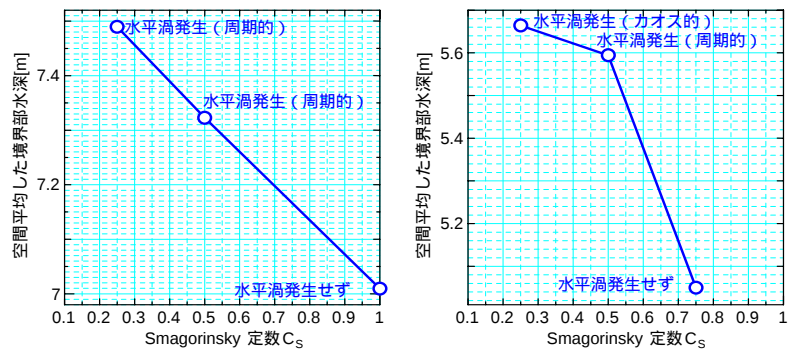
河川計画における計画高水流量、計画高水位を求める際には、洪水時における河道の抵抗特性を知る必要がある。方法としては洪水痕跡と流量の実測値から一次元計算により粗度係数を逆算することが主流である。特に我が国の河道は低水路・高水敷を有する複断面形状を示すことが多く、この場合には低水路・高水敷間の流速差により低水路・高水敷境界付近に大規模な水平渦が発生し、流れに抵抗として働くことが知られている。一次元計算の場合、この水平渦の存在についての考慮はなされない。著者らはこれまでに Smagorinsky model を用いた二次元不定流解析により同一流れ場にあっても、水平渦を再現できる場合とできない場合とで水位が大きく異なることを示した(図-1)。このため水平渦の存在に対する考慮の有無が河川流況再現計算の結果に与える影響について検討し、得られる河道の抵抗特性に現れる差について研究する必要がある。本研究では室内実験において複断面流れの水深と流速から合成粗度係数を逆算した。また、室内複断面開水路流れにおいて一次元の再現計算を行い合成粗度係数を逆算した。その結果を実験値と比較し水平渦による流れの抵抗を調べた。

2. 実験と再現計算

2-1. 実験概要

実験水路の諸元は表-1 に示すような勾配可変式直線水路である。高水敷の粗度には人工芝により鋼材の低水路よりも大きな粗度を与えている。水理実験の方法として流下方向に 0.5m 間隔で水深の測定を行い、水深がほぼ一定の区間を等流と近似しその断面で横断方向に 10cm 間隔、鉛直方向にも密な間隔で流速の測定を行い粗度係数を一次元計算、準二次元計算より逆算した。測定したのは、水深が 12.6cm、13.9cm、15.7cm、18.3cm となるように流量を一定で与えた 4 ケース(表-2)である。なお、水路床勾配は 1/1000 とし、水路の最大流量の制限から水深が 18.3cm のときのみ勾配を 1/3000 と設定した。

キーワード 複断面開水路、水平渦、合成粗度係数



低水路幅 15m，高水敷幅 15m 低水路幅 90m，高水敷幅 60m

図-1 水平渦再現の有無と再現される水位の関係
(両側複断面開水路の場合)

表-1 水路の諸元

水路延長	15m
全水路幅	1.8m
低水路幅	0.9m
高水敷高	10.7cm
Nmc	0.008
Nfp	0.02

表-2 case詳細

	水深(cm)	流量(m ³ /s)	勾配
case1	12.6	0.083	1/1000
case2	13.9	0.098	1/1000
case3	15.6	0.116	1/1000
case4	18.3	0.122	1/3000

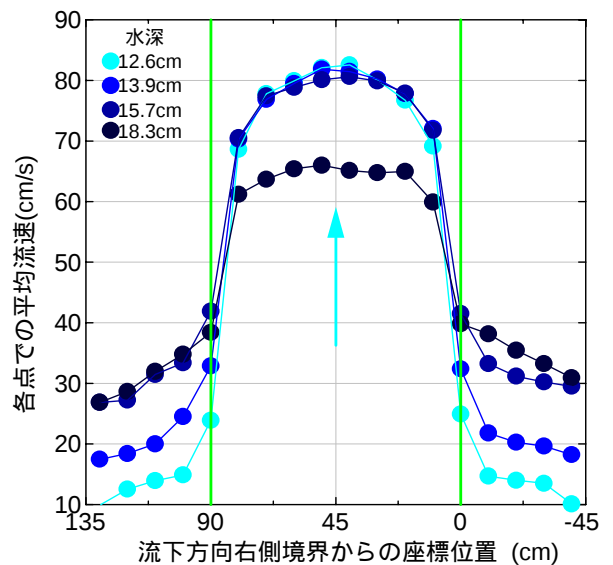


図-2 異なる水深での水深平均流速の横断分布

2-2. 実験値から粗度係数の逆算方法に関して

本研究では、実測の流速を面積法により流量に換算して(1)式より逆算した粗度係数を実測値とした。一次元計算では実験値で得られた水深、低水路と高水敷の粗度係数から断面分割法で逆算した、準二次元計算では、高水敷と低水路間の運動量の輸送を表現する境界混合係数を考慮した方法から逆算した。また、低水路と高水敷の境界付近の流速の時間変化を測定し、そのアンサンブル平均から低水路と高水敷の境界の見かけのせん断力を算出し、その値から(2)式より境界混合係数を決定した。

$$N_c = \frac{A_{mc} + 2A_{fp}}{Q} \cdot R_c^{\frac{2}{3}} \cdot I_b^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\tau = \rho f (u_{mc} - u_{fp})^2 \quad (2)$$

2-3. 再現計算について

再現計算において、一次元計算には連続式とサン・ヴナンの式を使用した。断面形状、低水路と高水敷の粗度係数は実験水路と同条件に設定し、河道長は下流端境界条件の影響を受けにくいよう300mとした。計算条件は時間差分間隔 $\Delta t = 0.1s$ 、空間差分間隔 $\Delta x = \Delta y = 0.3m$ とし初期条件、境界条件には4ケースの実験で得られた実測の水深を用いて、断面分割法より算出した流量を与えた。定常状態に落ち着いたときの水深からもう一度断面分割法を用い流量を逆算し、合成粗度係数を逆算した。

3. 結果の比較・考察

求めた結果を図-4に示す。一次元再現計算と断面分割法で逆算した合成粗度係数は近い値をとっていることがわかる。しかしながら、それらと実測値の合成粗度係数とは大きく異なり一次元計算では複断面直線開水路の合成粗度係数は評価できていないと言える。また、境界混合を考慮し逆算した合成粗度係数も実測値を再現しきれていなく合成粗度係数を過小評価する結果となった。今回の実験においては水深が異なる4ケースにおいて染料を水路に流し、水平渦を目視で確認する作業を行った。case4 以外の場合は水平渦を目視で確認できたが、実測値が一次元計算とあまり差が見られないcase4 のときにははっきりと水平渦を確認することが出来なかった。また図-2に示すように、case4 の場合は低水路と高水敷との流速差が小さく運動量輸送のやり取りが他のケースより小さくなっていることが考えられる。このことより case4 には水平渦の影響が小さいと予想され、この水深のときに境界混合係数を考慮した逆算方法を使用すると、逆算される合成粗度係数は過小評価される可能性があることがわかる。

4. まとめ

本研究により得られた知見を以下にまとめる。1) 断面分割法により逆算される合成粗度係数と、一次元の再現計算から逆算される粗度係数はおおむね一致することがわかった。2) 本研究の実験で境界混合を考慮した逆算方法において、実測値と計算値がよく合うように定めた境界混合係数ではなく、境界付近の流速の時系列からアンサンブル平均で定めた境界混合係数を使用した合成粗度係数の逆算結果は、実測値よりも小さい値を示した。

参考文献

- 1) 福岡捷二・藤田光一：複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用，土木学会論文集，No.411/ -30，p63-72
- 2) 本永良樹・山田正：複断面河道における大規模水平渦が流れの抵抗に与える影響，第34回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集， -87，2007.

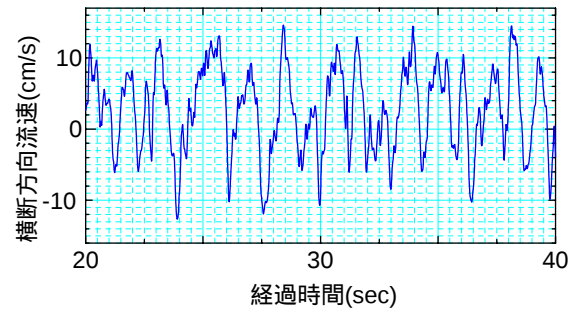


図-3 境界付近で測定した横断方向流速の時系列分布の一例

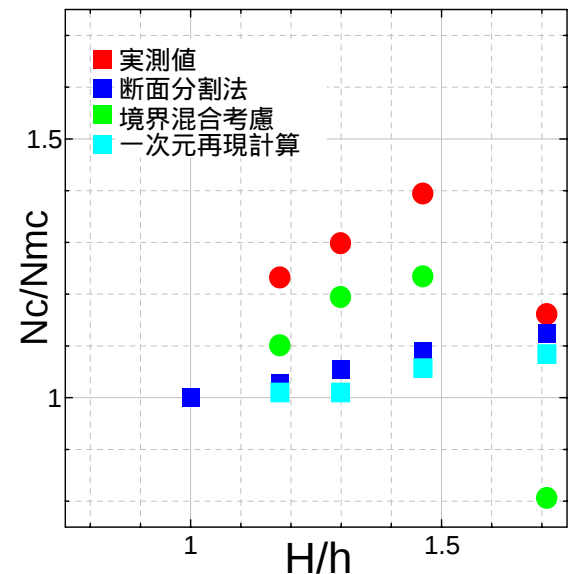


図-4 合成粗度係数と水深の関係