

高水敷粗度が複断面流れに及ぼす影響について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 石 垣 泰 輔
 東 京 電 力 正員 ○福 本 幸 成

1. はじめに：複断面流れは、高水敷高を境に各種水理量が不連続的に変化する特徴を持つ。また流れが高水敷上に及んだとき、低水路と高水路との境界部において激しい流体の混合が生じる。これらの点から、複断面流れの抵抗特性は、壁面での抵抗と境界部での内部抵抗が複雑に組み合わせられたものと考えられる。更に、複断面流れの高水敷は植生などのために低水路に比べてその粗度係数は大きい。したがって、複断面流れの内部流況を探るとき、その断面形状だけではなく高水敷上の粗度が流れに与える影響を調べることも重要である。本研究では、まず滑面の高水敷を有する流れ（Case S）と極めて粗な高水敷を有する流れ（Case R）について、H-Q 曲線から流れの抵抗特性を比較した。そしてその抵抗特性の違いを説明するために、流れの平均特性として主流速分布を測定した。また、低水路流れと高水路流れとの混合機構を調べるために横断面内の可視化を行いその混合機構の差異と抵抗特性との関連について検討した。

2. 実験結果および解析：実験水路は水路の片側に高水敷を設置したもので、Case Rでは粗度要素として高水敷上に金属製の棒（棒状粗度）を並べた。棒状粗度の粗度係数は0.04であった。

図-1の○印はそれぞれのCaseについての水深と流量の測定結果である。また実線は単断面法、断面分割法および井田法の計算結果である。図より断面分割法による計算結果が流量をやや過大に評価することがわかる。境界部における低水路流れと高水路流れとの混合による抵抗増加がこの原因である。

図-2はLDA で測定した主流速のコンターと高水路半水深における横断分布である。一見してCase Rの等流速線はCase Sのものよりも密であり、低水路流れと高水路流れとの速度差が大きいことがわかる。また、Case Sの横断分布には、境界面（ $z=0$ ）の左右に流速の極小値と極大値を見いだすことができる。Case Rにはそのような流速の極値はなく、棒状粗度後方の流速の落ち込みが見出されるだけである。

既報^{1)~3)}で述べたように滑面の高水敷を有する複断面流れの境界部には、斜昇流と呼ばれる2次流が存在する。そのため、境界部における低水路流れと高水路流れとの混合には、両水路の速度差に起因する横断方向の混合と、斜昇流による3次元的な混合の2種類が存在する。図-3の流速の極値は3次元的な混合の結果生じるものと考えられる。

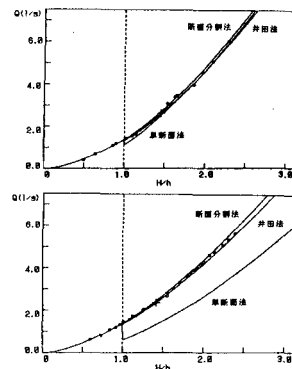


図-1 水深・流量曲線

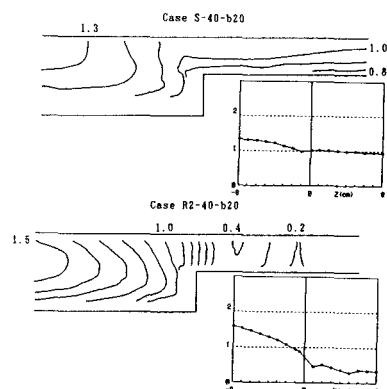


図-2 主流速のコンターおよび高水路半水深における横断分布

境界部における混合機構とその経時変化を調べるために、本研究では水素気泡法による流れの可視化を行った。白金線を高水敷先端から低水路と高水路へ2cm ピッチで鉛直に設置し、0.2 秒毎に発生させた水素気泡のタイムラインをビデオカメラで撮影した。高水敷先端の白金線から出るタイムラインは、境界部における流れの状態を特に顕著に表わしていると考えられる。したがって解析には高水敷先端のタイムラインに注目することにした。可視化結果より、高水敷先端のタイムラインは図-3のような4つのパターンに分類される。AおよびBは低水路流れと高水路流れとの流速差に起因する横断方向の2次元的な混合を表わしている。CおよびDは斜昇流によって誘起された縦渦に起因するものであり、3次元的な混合を表わしている。

混合機構の経時変化を調べるために、可視化結果を100 秒間にわたって0.1 秒毎にA～Dパターンに分類したものが図-4であり、棒グラフはその生起割合である。Case SではA+BおよびC+Dの生起割合はほぼ同じであるが、Case RではA+Bの生起割合が6割以上である。A+Bが境界部における横断方向の2次元的な混合を表わし、C+Dが3次元的な混合を表わすことを考慮すると、Case Sでは斜昇流による3次元的な混合が無視し得ず、Case Rでは写真-1に示すような横断方向の2次元的な混合の影響が大きい。

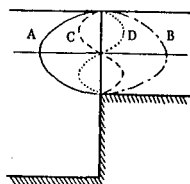


図-3 境界面の流れのパターン

3. 結論：主な結論を以下に列挙する。

1) 断面分割法による計算結果はCase S、Case R共に流量を過大評価する。境界部における低水路流れと高水路流れとの混合による抵抗の増加を考慮していないのがその原因である。

2) Case Rの低水路流れと高水路流れとの流速差はCase Sに比べて大きい。Case Sでは境界部において流速の極大値と極小値が存在する。境界部においては横断方向の2次元的な混合だけではなく、3次元的な混合の影響も無視し得ない。

3) 高水敷先端上の白金線から出る水素気泡のタイムラインから、Case Sでは斜昇流による3次元的な混合の影響が無視できない。Case Rでは横断方向の2次元的な混合の生起割合が大きく、Case Sに比べ3次元的な混合の影響は小さい。

4) 2種の混合機構の生起割合の結果と、流速分布から予想される混合機構はよく合致している。高水敷上が滑面のCase Sでは3次元的な混合の生起割合が大きくその影響は平均特性である流速分布にも表われている。一方、高水敷上が極めて粗なCase Rでは3次元的な混合の影響は比較的小さい。

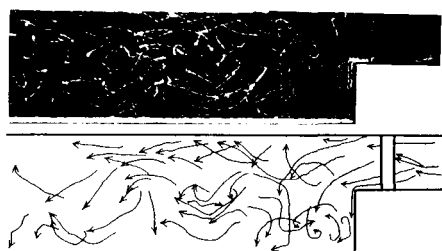


写真-1 Case Rにおける2次元的な混合

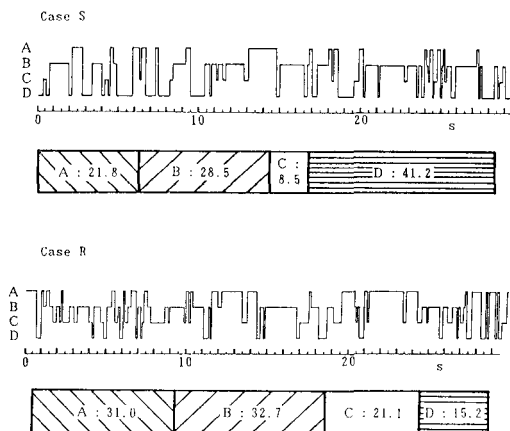


図-4 A～Dパターンの経時変化と生起割合

参考文献：1) 今本ら：関西支部年講，1990、2) 石垣ら：全国大会，1990、3) 石垣ら：全国大会，1991。