

II-131

複断面粗面開水路流れの壁面せん断応力特性

福井大学工学部 正員 福原輝幸

大阪大学工学部 正員 室田 明

建設省 正員 勢田昌功

大阪府 正員 高岡和久

1. まえがき 複断面開水路流れは断面形状の変化や粗度係数の非一様性によって、その様相を異にする。最近、複断面流れにも乱流モデルを使ったシミュレーションが行なわれているが¹⁾、極めて限られた範囲の議論に留まっているようで、モデルの適用性と汎用性については十分な検討が必要と考えられる。一方で、高水数と低水路の接合部における大規模渦や見かけのせん断応力に関する研究もなされているが²⁾、そこから直接抵抗の予測まで結びついた研究は少ないようである。従って、上述したような水理学的条件の変化によって流れの構造がいかに変化するかを把握することが基本的かつ重要となる。

本研究では特に壁面せん断応力に注目し、断面形状や高水数の粗度係数の変化がその分布形状にいかなる影響を及ぼすのかを実験的に明らかにする。

2. 実験装置および実験方法 実験には長さ20m、幅0.7m、高さ0.25mの亚克力樹脂製大型水路を使用した。低水路は滑面とし高水数は低水路と同じ滑面(Type-S)と粗面(Type-R)の2種類とした。粗度要素は断面5mm×5mmの亚克力棒による横型棧粗度とした。流速の測定には直径3mmのプロペラ式流速計と一方向用ホットフィルム流速計を併用した。本文中に用いた記号の説明を図-1に、実験条件は表-1に示す通りで低水路幅 B_m 、高水数幅 B_f 、高水数高さ D および水深 H を系統的に変化させた。なお、表中には各ケースの最大、最小流量と水深 Q_{max} 、 Q_{min} 、 H_{max} 、 H_{min} を示している。水路勾配は全ケースを通じて 6×10^{-3} とした。壁面せん断応力 τ_w は粗面、滑面とも対数則法から算出した。隅角部では特に壁面近傍の流速を使用し、値の妥当性は潤辺にわたって積分して得られる全壁面せん断力と水路勾配から決定されるそれとの整合性から判断した。その結果が図-2であり、誤差は全ケースを通じて $\pm 5\%$ 以内に収まった。

3. 壁面せん断応力分布特性 一連の壁面せん断応力分布を図-3に示す。結果の整理は4つの因子(相対水深 H/D 、高水数粗度、低水路幅・高水数幅、高水数高さ)毎に行なった。以下に結果を列挙する。

3.1 相対水深の影響(図(a)と(b)を比較参照) (1)高水数上の τ_w は H/D が小さいとき、側壁から接合部へ向かっての τ_w の増加は接合部付近で著しい。逆に H/D が大きい場合、 τ_w は側壁から離れるに従って急激に増大し、その後接合部に近づくにつれて増加は鈍化する。この特性はType-Sに限りRajaratnumとAhmadi³⁾やGhoshとJena⁴⁾の結果にも認められる。(2)Type-Sの低水路側壁上の τ_w 分布に注目すると、 H/D が小さいときは τ_w の最大値は高水数高さの1/2付近に現われる。ところが H/D が大きい場合は τ_w は底面から離れるに従って増大し、高水数高さ付近で最大となる。これについてもRajaratnumとAhmadi³⁾やGhoshとJena⁴⁾の結果と一致する。(3)高水数側壁を含め高水数上の $\tau_w/\bar{\tau}$ ($\bar{\tau}$:平均壁面せん断応力)は H/D の増大につれて大きくなる。 $\tau_w/\bar{\tau}$ の値は H/D が小さいときはType-SとType-Rで差がないものの、 H/D が大きいとType-Sの方で相対的に $\tau_w/\bar{\tau}$ が大きくなる。この傾向は他の断面形状でも認められる。

3.2 高水数粗度の影響(図(a)~(d)を比較参照) (1)高水数上の $\tau_w/\bar{\tau}$ はType-Rの方がType-Sに比べて大きくなるのに対して、低水路上のそれは逆にType-Sの方が相対的に大きくなる。(2) H/D が大きいとき高水数上の τ_w の最大値はType-Rでは接合部付近で現われるが、Type-Sでは接合部よりも少し高水数側壁側に位置する。この位置は高水数上に存在する高流速域の中心にほぼ対応し、興味深い。(3)低水路の側壁上の $\tau_w/\bar{\tau}$ はType-Sの方がType-Rよりも大きい。特に、 H/D の大きいときの低水路の側壁上の $\tau_w/\bar{\tau}$ はType-Rではその最大値が高水数高さの1/2付近に位置するのに対して、Type-Sでは高水数高さ付近となり、分布を異にする。

3.3 低水路幅と高水敷幅の影響(図(b),(c)と(d)を比較参照) (1) B_f/B が大きくなる程、高水敷での τ_w の変化(側壁から接合部に向かうにつれての τ_w の増大)は緩慢となる。(2) 逆に、低水路では B_m/B が小さい程、側壁から離れるにつれて τ_w は急激に増大する。

3.4 高水敷高さの影響(図(b)と(e)を比較参照) τ_w 分布に及ぼす高水敷高さの影響は識別し難い。

4. 結論 複断面開水路流れの壁面せん断応力に及ぼす要因として4つ取り上げてその変化を調べた。その結果、特に相対水深と高水敷粗度が壁面せん断応力の分布形だけでなく、高水敷と低水路上のせん断力が全せん断力に対して受け持つ割合にも大きな影響を与えることが判った。

[参考文献] (1)例えば、Bommanna et al.:ASCE,112, HY4(1985) (2)例えば、Peter et al.:ASCE,108, HY9, 1981 (3)Rajaratnam&Ahmadi:Jour.Hydr.Res.,19,1981 (4)Ghosh&Jena:Proc.Inst.Civil Eng.,49,1971 (5) 高岡和久、大阪大学卒業論文、1988

表-1 実験ケースと実験条件

CASE	$B_f(m)$	$B_m(m)$	$D(m)$	$H_{m1}(m)$	$H_{m2}(m)$	$Q_{m1}(cc/s)$	$Q_{m2}(cc/s)$	$n_f(m^2/s)$	$n_s(m^2/s)$
R-15-40-3	0.146	0.4	0.029	0.0745	0.0348	10700	2300	0.023	0.01
R-20-30-3	0.196	0.3	0.029	0.0898	0.0341	9230	1850	0.022	0.01
R-25-20-3	0.246	0.2	0.029	0.0718	0.0380	5600	1550	0.023	0.01
R-15-40-5	0.146	0.4	0.049	0.0995	0.0588	15700	5930	0.023	0.01
R-20-30-5	0.196	0.3	0.049	0.0989	0.0584	12500	4180	0.023	0.01
R-25-20-5	0.246	0.2	0.049	0.0923	0.0530	7170	2510	0.023	0.01
R-15-40-7	0.146	0.4	0.070	0.1315	0.0839	21190	9440	0.023	0.01
R-20-30-7	0.196	0.3	0.070	0.1283	0.0840	12070	4060	0.023	0.01
R-25-20-7	0.246	0.2	0.070	0.1278	0.0847	16220	7170	0.023	0.01
S-15-40-5	0.150	0.4	0.047	0.0937	0.0572	18000	6300	0.010	0.01
S-20-30-5	0.200	0.3	0.047	0.0947	0.0571	15550	4880	0.010	0.01
S-25-20-5	0.250	0.2	0.047	0.0937	0.0558	12030	3280	0.010	0.01

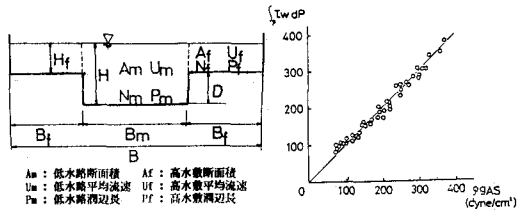


図-1 記号の説明 図-2 τ_w 分布の精度の検討

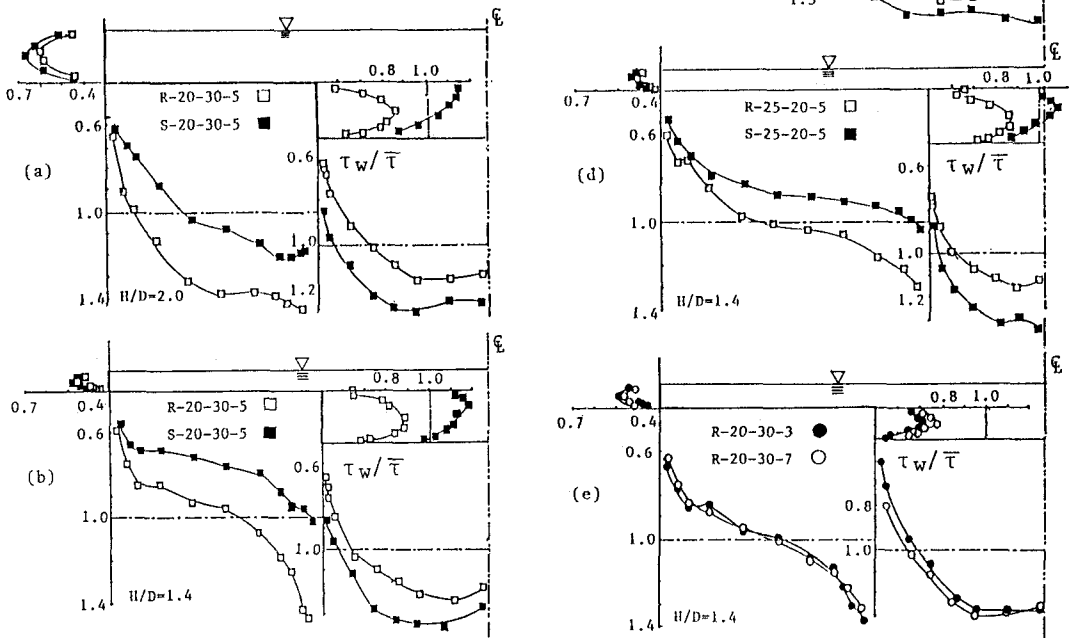


図-3 壁面せん断応力分布(Type-RとType-Sの比較)