

II-173

非定常開水路流の乱流特性

群馬大学工学部 正 員 富永 晃宏

群馬大学工学部 正 員 小葉竹重機

佐田 建設

山形 勝弘

1. まえがき

洪水時の流れの乱流構造に関しては一般に非定常性の効果は考慮されず疑似定常とみなされているが、比較的急激な流量変化を伴う流れ場ではこの影響を考慮する必要があると考えられる。このような非定常流の乱流計測の例は少なく、最近になって林・大島^{1), 2)}によって行なわれている。本研究では再現性のある非定常流発生装置を用いて同一波形の非定常流を繰り返し発生させ、乱流計測を行ない、非定常流の乱流構造の特性を明らかにしようとするものである。

2. 実験装置及びデータ解析方法

実験水路は長さ12m、幅30cmの塩ビ製水路で、この上流端に非定常流発生用の水槽を設置し、バルブを急激に解放することによって非定常流を発生させた。流速計としてはピトー静圧管とx型ホットフィルムを用い、水路上流端より4.5m下流の位置に水路中央をはさんで対称に2cm間隔で設置した。この上下流50cmの位置及び下流端の三角堰にサーボ式水位計を設置した。実験条件は基底流量を2種類とし、表1のような条件を設定した。データはサンプリング周波数100HzでAD変換し80秒間で8000個のデータを得、パーソナルコンピュータで統計処理を行なった。平均流速についてはピトー管のデータを用い、乱れについてはホットフィルムのデータを用いた。乱れ変動成分は1秒間の移動平均値を瞬間値から引くことによって分離した。またこれらの時系列は流速の立ち上がり時間をそろえて整理した。

表1 実験条件

	CASE 1	CASE 2
河床勾配	1/750	1/750
基底流量	2895 cm ³ /s	4620 cm ³ /s
基底水深	2.84 cm	3.74 cm
平均流速	33.98 cm/s	41.18 cm/s
フルード数	0.644	0.680
レイノルズ数	8725	13924
ピーク流量	7082 cm ³ /s	8400 cm ³ /s
ピーク水深	4.65 cm	5.36 cm

3. 平均流速分布特性

平均流速は立ち上がり点から前5秒の平均を定常時の値とし、これより5秒間隔の平均値の時間的変化を検討した。図1はその片対数プロットであり図中の直線は対数則を示している。非定常時には参考として定常時の対数則分布も示している。多少のばらつきはみられるが、非定常時においても対数則がほぼ成立しているといえる。したがって摩擦速度の時間的変化が重要となり、これを水深変化、流量変化とともに示したのが図2である。これによると摩擦速度がまずピークに達し、次に流量が、最後に水深がピークに達しているのがわかる。減水期の後半では水深・流量とも定常時より大きいにも関わらず u_{*} は定常時より小さくなっている点が注目される。ところで非定常流の運動方程式から、

$$u_*^2 = gh(i - dh/dx) - h(\partial U/\partial t) - (h/2)(\partial U^2/\partial x) \quad (1)$$

と表わすことができ、この右辺の第3、4項を無視して水面勾配のみから u_{*} を

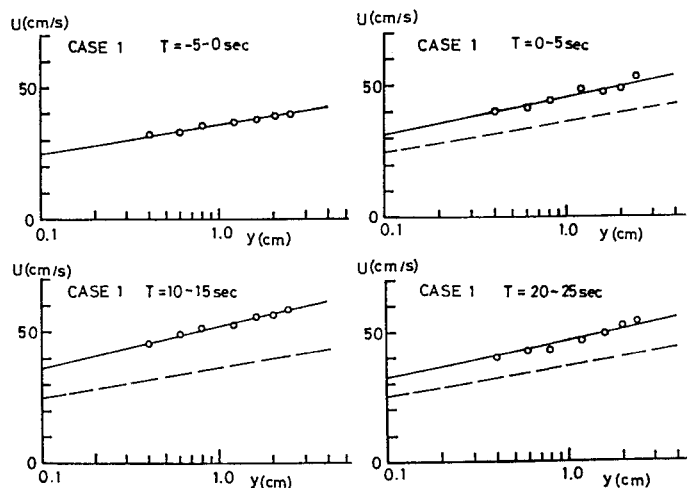


図1 非定常時の流速分布(片対数プロット)

計算した結果を図3に示す。これは実際の U_x に比べて増水期に大きく減水期に小さくなり、式(1)の第3、4項が大きいがわかり、実際これらの項の概算値を加えると U_x の分布に近づく。

4. 乱れ特性 図4は立ち上がりから5秒間隔の乱れ強度 u' の各高さにおける時間変化を示したものである。 u' は増水するにしたがって増大し、減水するにしたがって減少しているが、減水期の後半では定常時より小さな値となっている。図5は u' の各時間における u' の鉛直分布を示したもので、縦軸を y/h としている。定常時には欄津の普遍分布式 $u'/U_x = 2.3 \exp(-y/h)$ にほぼ従っている。図中の実線は定常時の分布式を点線は非定常時の U_x を用いた分布式を示している。非定常時には水深の増大に伴って計測点の相対位置が小さくなることもあって、乱れ強度の増加が顕著でなくなる。したがって非定常流れでは U_x に関係付けられる乱れ強度の普遍分布が成立しなくなるといえる。次に図6はレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の時間変化を示したものである。底面近くでは増水するにしたがって急激に増大し、 U_x のピークより遅れてピークをとり、減水するにしたがって急激に減少しているが、底面から離れたところではこの増水・減水にともなう変化が顕著でない。図7は $-\overline{uv}$ の各時間における $-\overline{uv}$ の鉛直分布を示す。図中の直線は理論式 $-\overline{uv} = U_x^2 (1-y/h)$ であり、定常時ではこれより若干小さいがほぼこれに近い分布を示している。点線は非定常時の U_x を用いた分布式を示し、底面近くの値はこれに近づく傾向にあるが、底面から少し離れると急激に減少し定常時の分布からあまり変化しない。

5. あとがき 非定常開水路流の乱流特性を実験的に検討した結果、非定常時においても対数則が成立すること（増水中の水面近傍は不明）、乱れ強度は平均流速の増加にともなう摩擦速度の増加に比べて増加が小さく、普遍分布式が成立しなくなることがわかった。＜参考文献＞1)林、大島：土木学会第42回年講(1987)、2)林、大島：第32回水理講演会(1988)

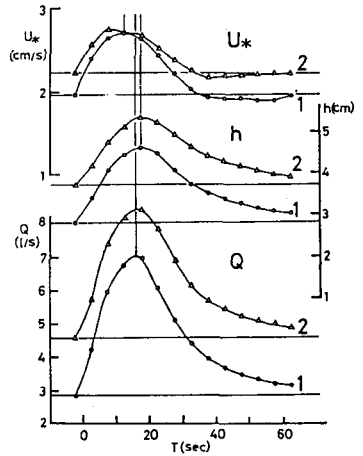


図2 摩擦速度、水深、流量の時間変化

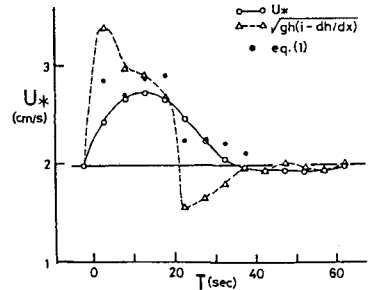


図3 運動方程式に基づく摩擦速度の構造

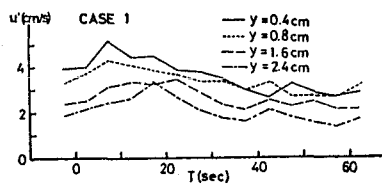


図4 乱れ強度 u' の時間変化

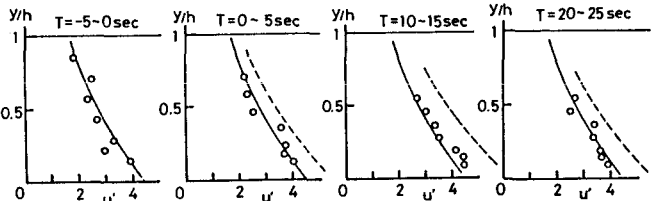


図5 乱れ強度 u' の鉛直分布の時間変化

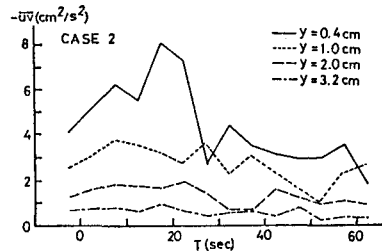


図6 レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の時間変化

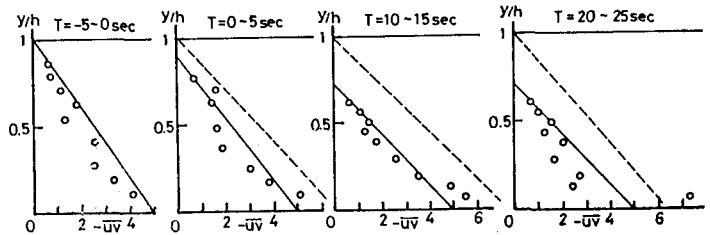


図7 レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の鉛直分布の時間変化