

複断面蛇行流路における洪水流の流下形態

広島大学大学院工学研究科環境工学専攻
北海道開発局
広島大学工学部第四類（建設系）

学生会員 ○關浩太郎
正会員 岡部博二
フェロ会員 福岡捷二

1. 序論

我が国の大河川の中下流域では、治水と環境への配慮から河道の横断面形状は主に低水路と高水敷からなる複断面形状が採用されている。また、そこを流れる洪水流はその時間変化が緩やかであることから、一般に流れを準定常とし、最大洪水流量を与えて不等流計算を行い水位、流速を求めている。

本研究では、固定床複断面蛇行流路を用い実河川で起こり得る河道条件、洪水条件を与えて、水深、流速の変化を連続的に計測し、水路の平面形、横断面が洪水流の特性に与える影響を明らかにする。

2. 実験方法

まず、図-1(i)に示す単断面蛇行流路のような単純な横断面形を有する蛇行流路における洪水流の流下形態について基本的な性質を理解し、これと(ii)の複断面蛇行流路の場合を比較することにより複断面形状が洪水流に与える影響を検討している。

また、(iii)に示す富永ら¹⁾による複断面直線流路を用いた非定常実験との比較を行い、低水路平面形の影響を検討している。

本研究では単断面蛇行流路について1ケース、複断面蛇行流路については条件の異なる3ケースについて実験を行っている。与えたハイドログラフを図-2に示し、表-1に実験条件を示す。Case2は水路の縮尺を1/200とした場合に最大流量17,000(m³/s)、高水敷冠水時間13.3(hr)の洪水に相当する。

3. 実験結果

各非定常実験と定常実験を比較するため、それぞれ的水深と流量、及び水深と低水路流速の関係を図-3(i), (ii)に示す。単断面、複断面蛇行流路ともにループを描くが単断面の場合増水期の流量は同じ水深に対して減水期よりも若干大きく、流量と水深の関係はほぼ線形関係をなす。一方、複断面蛇行流路の場合にその関係は単断面と大きく異なり非定常性と断面形の影響が顕著になる。そのループは単断面の場合よりも大きく、増水期と減水期の同じ水深で流量が大きく異なる。しかし、高水敷水深が増大すると、増水期間、及び減水期間は単断面蛇行流れの水深-流量関係に類似の特徴を持つ。

水深と低水路流速の関係について単断面蛇行流路では水深と低水路流速のピークが一致し、増水期と減水期でその関係はほとんど変わらない。しかし、複断面蛇行流路では、定常流の場合低水路満杯水深よりもやや大きい水深(5.5cm)で低水路の流速が一度ピークを示しその後減じ再び水深の増大とともに増大し最大水深で再びピークを示している。非定常流の場合には定常流と同じ水深で更に大きな流速を発生する。そして、非定常複断面蛇行流の特有の大きなループを描く。

(1) 単断面蛇行流路と複断面蛇行流路の比較

単断面蛇行流路実験(Case1)と複断面蛇行流路実験(Case2, 3)の流量、水深、低水路流速について無次元化し、図-4(i), (ii), (iii)で比較を行っている。

洪水が低水路満杯流量から増加を始める時間を0、再び低水路満杯流量に戻るまでの時間を洪水継続時間とし、各時間を洪水継続時間で無次元化している。流量、水深、流速に関しては、基底流量時のそれぞれの値を0とし、それからの増分を最大増分値で無次元化している。

流量は各ケースとも、ほぼ相似形であるにもかかわらず、水深、流速の変化特性は単断面と複断面で大きく異なる。

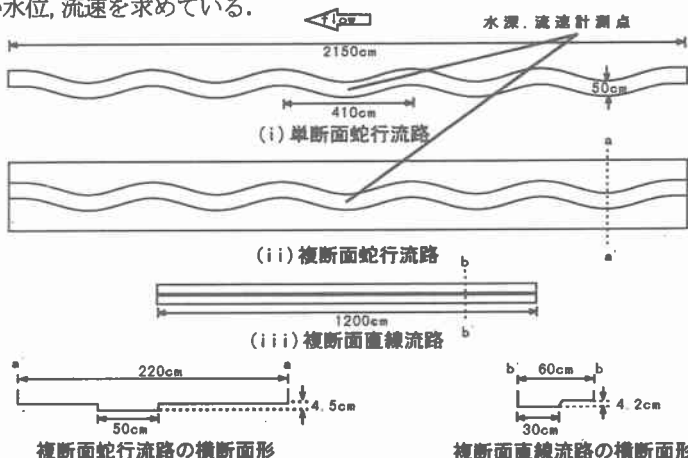


図-1 実験水路、及び水深、流速計測点

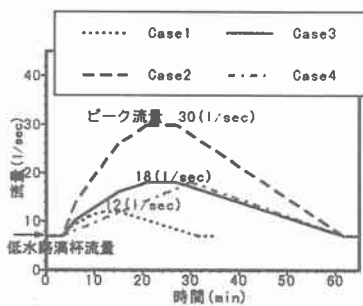


図-2 設定ハイドログラフ

表-1 実験条件

	低水路 満杯流量	最大 流量	最大 水深	勾配
Case1 (単断面蛇行)	7.0 (1/s)	12.0 (1/s)	0	1/500
Case2 (複断面蛇行)		30.0	0.51	1/1000
Case3 (複断面蛇行)		18.0	0.41	
Case4 (複断面蛇行)		18.0	0.40	
富永ら (複断面直線)	5.0	20.0	0.49	

複断面の場合単断面に比べて増水期に水深の上昇が速く、減水期では水深の減少が遅い。すなわち複断面蛇行流路では洪水期間中高い水深が維持され、単断面蛇行流路に比べて貯留効果が高い。

流速について、単断面蛇行流路の場合流量、水深のピークとほぼ一致するのに対し、複断面蛇行流路の場合には高水敷冠水初期にあたる時間で鋭いピークを示している。その後に流量、水深のピークに合わせて値が上昇する。そして高水敷冠水末期において再び小さなピークを示す。この高水敷冠水末期のピークは比較的小さな洪水条件の Case3 の方が顕著である。

(2) 複断面直線流路と

複断面蛇行流路の比較

富永らは複断面直線流路を用いて、非定常流実験を行っている。この非定常複断面直線流路実験とハイドログラフの形状に近い Case4 の非定常複断面蛇行流路実験について、前項と同様の方法で流量、水深、低水路流速に関して無次元化操作を行い両者を比較している。その結果を図-5(i), (ii), (iii) に示す。流速については富永らがこの非定常複断面直線流路実験と同様の流量条件で行った単断面直線流路実験についても検討を加えている。

この直線複断面流路実験では設定ハイドログラフのピーク到達までが 60 秒であり非定常性が非常に大きい実験条件となっているが、両者の水深増加特性は変わらない。しかし、減水期の水深低下が複断面蛇行流路の方が遅く、複断面直線流路よりも高い水深を維持する。

流速について複断面直線流路はピークを一つしか持たない。ただし、このピークは流量、水深のピークより明らかに早く発生している。これに対し、同条件の単断面直線流路実験では流速のピークが流量のピークとほぼ一致する。すなわち、低水路が蛇行する場合と同様に、低水路が直線の場合でも複断面形状を持つことによって流量のピークよりも流速のピークの発生が早くなっている。しかし、複断面蛇行流路の方が複断面直線流路よりも複断面形状の影響によるこの流速の変化特性が顕著に現れている。これは複断面蛇行流路では低水路の蛇行によって低水路と高水敷の流れの交換が行われやすく、複断面直線流路よりも複断面形状の影響を大きく受けるためと考えられる。

4. 結論

1. 非定常単断面蛇行流では、水深-流量曲線が増水期、減水期でその差は小さくほぼ線形となる。また、最大流速は流量、水深のピークとほぼ一致する。しかし、水路横断面が複断面形状である非定常複断面蛇行流では同一水深に対して増水期と減水期で流量が大きく異なる。また、低水路の最大流速は高水敷冠水初期に発生し、同水深の定常流の場合よりも大きい値を示す。そして低水路の最大流速は流量、水深のピークと重ならない。
2. 富永らの複断面直線流路を用いた非定常実験においても、低水路の最大流速は流量、水深のピークよりも早く発生しているが、低水路が蛇行する本実験 Case2, 3 ほど明確なピークを示さない。これから、非定常複断面蛇行流では低水路の蛇行により高水敷と低水路の流れの交換が行われやすく、低水路が直線の場合より複断面形状の影響を大きく受ける。

参考文献 1) 富永ら：複断面水路を通過する洪水波の水利特性，水工学論文集第 38 巻，pp. 443-448，1994。

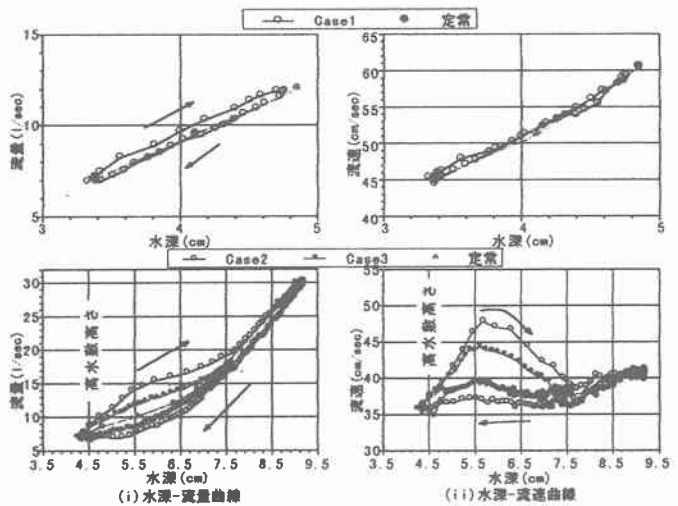


図-3 水深-流量、及び水深流速曲線

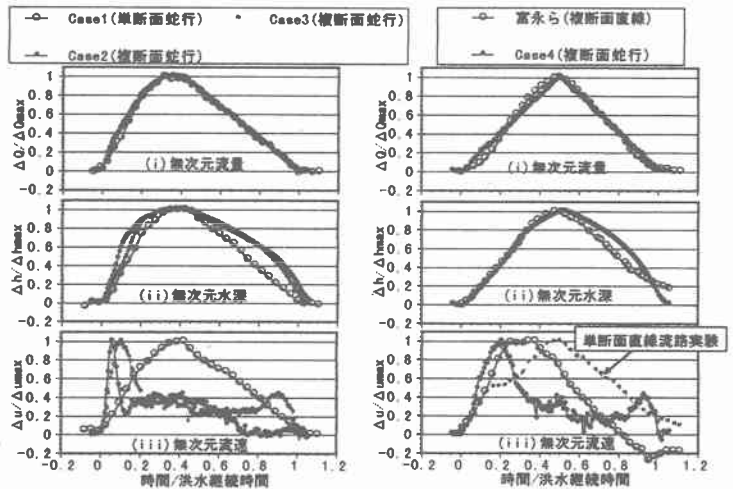


図-4 複断面蛇行流路と単断面蛇行流路の洪水流下特性

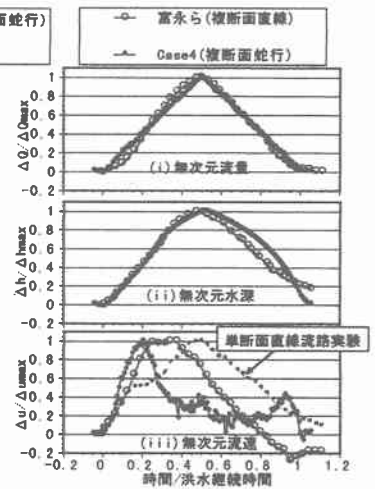


図-5 複断面蛇行流路と直線複断面流路の洪水流下特性