

非定常準二次元解析法を用いた北上川狭窄区間の洪水流解析

中央大学大学院理工学研究科

学生会員

○竹村 吉晴

中央大学研究開発機構

フェロー会員

福岡 捷二

国土交通省岩手河川国道事務所

正会員

若公 崇敏

1. 序論

河道狭窄部における洪水の伝播機構を知ることは、狭窄部のある河道での治水計画を考える上で重要である。河道狭窄部の持つ貯留機能については古くから検討が行われている^{1),2)}。しかし、狭窄部区間での観測データが少ないこと、計算機の利用が十分でなかったこと等から定量的な議論に至っていない。本研究では、北上川の狭窄部区間に非定常準二次元解析を適用し、観測データの少ない狭窄部区間の流量ハイドログラフ等の算出方法について検討を行った。

2. 対象区間の概要と検討方法

北上川は、岩手県岩手郡岩手町御堂に発し、一関市下流の約 26.0km の狭窄部区間を経て宮城県を流下する一級河川である。図-1 は対象区間の航空写真である。図-1 中の○は観測所の位置を示している。各観測所では平成 19 年 9 月洪水において水位観測が行われている。対象区間の河床勾配は約 1/3500 程度であり、低水路の川幅は 100~200m 程度である。検討方法は、まず、対象洪水の痕跡水位を用いて準二次元解析から対象区間の粗度係数と境界混合係数を決定する。次に、求めた抵抗分布を用いて非定常準二次元解析を行い、非定常解析から求めたピーク水位の縦断形と痕跡水位の比較を行う。また、上流側の境界条件に観測水位を用いた場合と観測流量(H-Q 式)を与えた場合とで、得られる流量ハイドログラフや水面形の時間変化にどの程度の違いが現れるのか検討を行う。

3. 準二次元解析による粗度係数・境界混合係数の決定方法

平成 19 年 9 月洪水の痕跡水位縦断形を用い、準二次元解析から粗度係数、境界混合係数を決定する。境界条件には七日町観測所(9.0km)での観測最大水位を用い、流量は諏訪前観測所(16.4km)の観測流量(H-Q 式)の最大値を用いた。準二次元解析は、断面分割法を用いて高水敷と低水路間での流れの混合や樹木群の影響を考慮し、横断方向の流速分布を解くことが可能である。準二次元解析は基本的には一次元解析であるため、急拡部などで計算断面に死水域が含まれる場合、解析から求まる断面平均流速は実際よりも小さくなる。その影響は痕跡水位から逆算される粗度係数や境界混合係数に影響するため、死水域を考慮に入れた解析方法が必要となる。図-2 に解析方法の概念図を示す。まず、河道線形や既往の論文³⁾を参考に死水域を定める。運動方程式は図-2 中の緑色の領域をコントロールボリュームにとる。剥離境界面に働くせん断力 τ は、死水域の流速を 0 と仮定し式(1)から求める。連続式は死水域も含めて計算する。

$$\tau_i = \rho f \delta u_i |\delta u_i| \quad (1)$$

$$\delta u_i = u_{i+1} - u_i \quad (2)$$

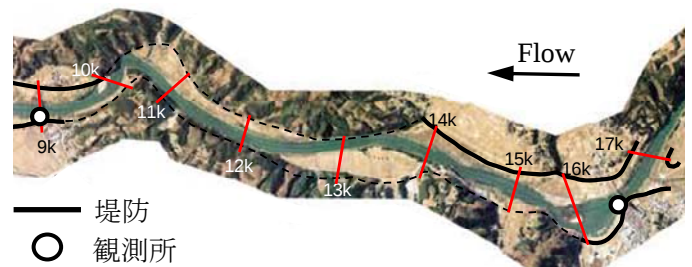
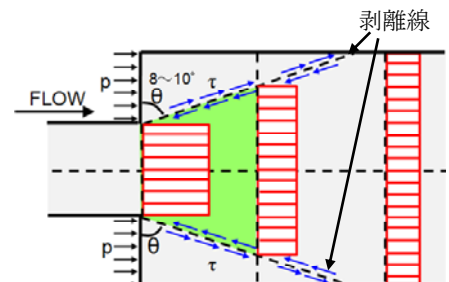
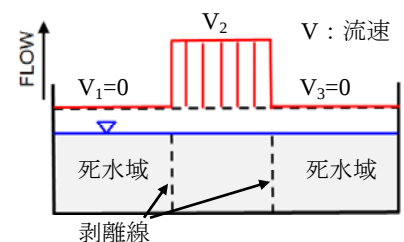


図-1 対象区間の航空写真
(岩手河川国道事務所ホームページより引用)



(平面図)



(横断図)

図-2 解析方法の概念図

表-1 低水路粗度係数・高水敷粗度係数

低水路	左岸高水敷	右岸高水敷
0.032	0.04	0.04

表-2 境界混合係数

混合現象の区別	境界混合係数
低水路流れと高水敷流れとの混合	0.17
河岸に接している樹木群と主流部との混合	0.03
二つの流れにはさまれた樹木群と主流部との混合	0.1

キーワード 河道狭窄部, 河道貯留, 洪水波形, 観測水位, 準二次元解析

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1611

ここに、式中の記号は、 τ : 各分割断面の境界に働くせん断力、 ρ : 密度、 u : 各分割断面の平均流速、 Δu : 隣り合う断面間の流速差、 f : 境界混合係数、を表す。また、添え字 i は分割断面を表している。対象区間の粗度係数は、水制が設置されている 14.4km 付近と、急湾曲部にあたる 10.6~10.4km で低水路の粗度係数を大きめに設定し、それ以外の区間は表-1 のように設定した。境界混合係数は、死水域との境界を除いて表-2 のように与えた。対象洪水では高水敷水深が全体的に小さいため、16.2~16.0km の急拡部に加え、水深に比べ高水敷幅が広い断面では河道線形から判断して死水域を設けている。

4. 洪水流の非定常性および境界条件の与え方が流量ハイドログラフ・水面形の時間変化に及ぼす影響

準二次元解析から得られた抵抗分布を用い、対象区間において非定常準二次元解析を行った。上流側の境界条件には、平成 19 年 9 月洪水の諏訪前観測所(16.4km)での観測水位を与える場合(CASE1)と観測流量(H-Q 式)を与える場合(CASE2)の 2CASE を考えた。下流側の境界条件は CASE1, CASE2 とともに七日町観測所(9.0km)での観測水位を与えた。図-3 に準二次元解析(定常流解析)から求めたピーク水位の縦断形と、CASE1, CASE2 のピーク水位の縦断形を示す。図-3 中のプロットは痕跡水位を示す。図-3 から、CASE1, CASE2 のピーク水位の縦断形は、定常流解析から求まるピーク水位の縦断形とほぼ一致していることが分かる。平成 19 年 9 月洪水では、ピーク付近の流れは非定常性が小さいものと考えられる。しかし、河川毎、洪水毎にその影響は違ってくるので、河道の抵抗分布を痕跡水位と定常流解析だけで決定するのではなく、非定常解析の結果も反映させて考えていく必要がある。図-4 は、諏訪前観測所(16.4km)と七日町観測所(9.0km)での、CASE1 の流量ハイドログラフと観測流量(H-Q 式)の比較である。増水期からピークにかけて両者に大きな違いは見られず、特にピーク付近では近い値をとっているのが分かる。一方、減水期においては、CASE1 の流量ハイドログラフは観測流量(H-Q 式)に比べて小さくなっている。図-5 に CASE1 と CASE2 での水面形の時間変化を示す。実線は増水期、点線は減水期を示している。CASE1 では増水期と減水期で水面形の傾向が異なり非定常性の強い流れであることが分かる。それに対し、CASE2 では増水期と減水期で水面形にほとんど違いが見られない。このことは、対象区間のような観測データの少ない区間においても、観測水位を境界条件として洪水流解析を行うことの有用性を示している。

5. 結論

北上川の狭窄部区間において非定常準二次元解析を行った結果、準二次元解析から求めたピーク水位の縦断形と非定常準二次元解析から求めたピーク水位の縦断形に大きな違いは見られなかった。また、上流側の境界条件に観測水位を与えた場合と観測流量(H-Q 式)を与えた場合では、流量ハイドログラフ、水面形の時間変化に違いが見られ、対象区間においても、境界条件に観測水位を用いることの有用性が確認できた。

参考文献

- 1) 玉井信行, 河西 基: 河道狭窄部が洪水波形に及ぼす影響について, 水理講演会論文集, 第 22 巻, pp.239-244, 1978.
- 2) 山田啓一, 高橋 裕: 洪水波の不連続現象とその発生機構について, 水理講演会論文集, 第 24 巻, pp.375-380, 1980.
- 3) 芦田和夫: 開水路断面急拡部の水理とその適用に関する研究, 京都大学防災研究所 5 号, pp.223-251, 1962.

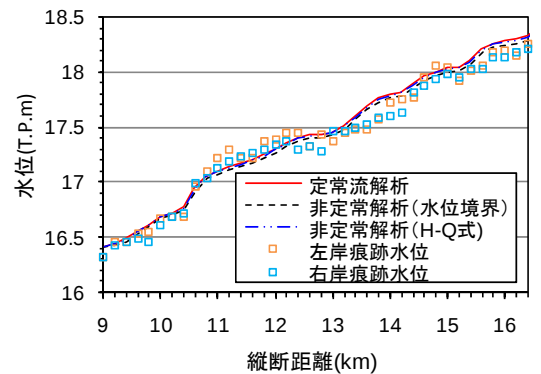


図-3 ピーク水位の縦断形状の比較

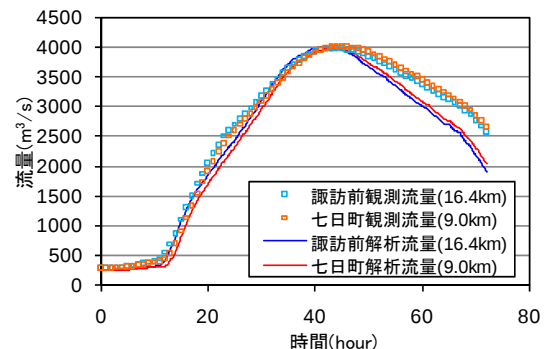
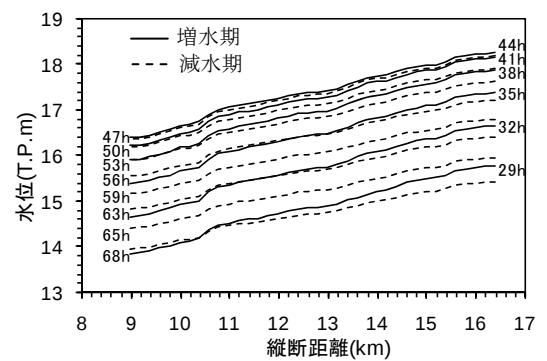
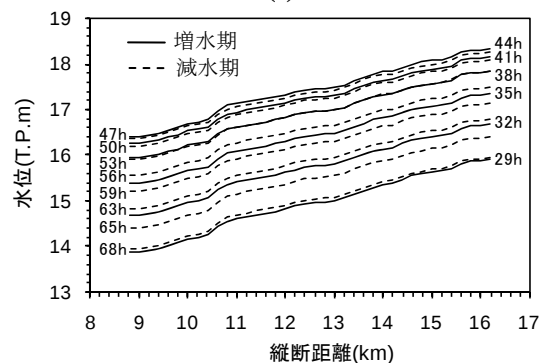


図-4 CASE1 の解析流量と観測流量(H-Q 式)の比較



(a):CASE1



(b):CASE2

図-5 水面形の時間変化(a):CASE1, (b):CASE2