

洪水流の非定常性が複断面河道二次元流解析における逆算粗度係数に与える影響

広島大学大学院工学研究科 正 会 員 渡邊明英

広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 福岡捷二

1. はじめに

複断面河道では高水敷上の洪水流貯留や複断面蛇行に伴う抵抗に起因して、流下と共に流量ハイドログラフの変形とピーク流量逓減が生じる。著者らは、江戸川・円山川の観測で得られた流量と水位縦断分布の時間変化を、非定常二次元解析に基づいて詳細に解析することにより、河道内貯留量とピーク流量逓減を明らかにすると共に、観測誤差や洪水流量を高精度に推算する手法を提言している¹⁾。しかし、現在の河川計画手法では、これらの非定常性の影響は明確に扱われていない。洪水流の非定常性が大きいと流量は流下と共に変化し、水面勾配も時間と共に変化するため、通常行われる定常流解析によってピーク流量と痕跡水位から逆算される粗度係数にはこれらに起因した誤差が含まれることになる。本文では、定常流解析及び非定常流解析から得られた粗度係数を比較することにより、洪水流の非定常性が逆算粗度係数の精度に与える影響について検討を行った。

2. 解析対象及び解析条件

本研究では非定常性が緩やかな江戸川（39km～46km）と非定常の強い円山川（10km～16km）の事例を対象とする。河川の形状¹⁾²⁾はどちらも緩やかな複断面蛇行流路である。江戸川では植生の繁茂が顕著である。ここでは、非定常流解析で得られた粗度係数と樹木群透過係数の値¹⁾を基準値とした。まず、基準とした粗度係数分布を与えて上流端及び下流端における水位を観測時の最高水位に固定して解析し、定常流解析による流量と非定常流解析によるピーク流量の差異を調べた。次に非定常解析から得られている上流端でのピーク流量を境界条件として与え、定常二次元流解析における水面形が痕跡水位と一致する粗度係数の値について検討を行った。痕跡水位は解析対象時間における最高水位の包絡線として定義されている。図-1, 2 に江戸川及び円山川における流量ハイドログラフを示す。江戸川では観測区間上流端及び下流端で流量が観測されている。江戸川の出水期間は長く、現象の変化速度は緩やかである。江戸川では観測開始 20～24 時間後を解析対象としており、この時間帯でほぼ定常状態となっている。円山川の出水は 10 数時間のスケールで生じており、観測開始後 120～240 分後を対象とした。円山川流量は観測区間の中央部で観測されている。解析流量ハイドログラフの場所的变化から流下に伴うピーク流量の減少が確認できる。非定常流解析においては各時刻における解析水面形が観測水面形と一致し、かつ解析流量が洪水逓減期における観測流量と一致するように粗度係数の値を決定している。二次元流に関する数値解析手法に関しては既報¹⁾²⁾を参照されたい。解析ケースを表-1 に示す。ただし、樹木群の透過係数は基準値のまま一定であるとしている。

3. 解析方法の違いによる江戸川と円山川における粗度係数の変化

図-3 に江戸川洪水ピーク期における 20 時、22 時、24 時の左右岸観測水面形と上流端水位固定時の定常流解析水面を示す。江戸川における解析ピーク流量は 2020～2030 m³/s であり、定常流解析における流量はわずかに小さくなる同程度であった。左岸側上流部（43km～46km）において水位が一致していないが、これは非定常流解析においても同様であった。粗度係数を変化させて定常流解析を行い、このような水面形が可能かどうかを検討する。粗度係数分布を変えた解析水面形を図-4 に示す。高水敷粗度係数の値を全体的に 1.1 倍(Case E2)すると左岸側は一致するが右岸側が一致しない。

表-1 二次元定常流解析ケース一覧

江戸川	解析条件	円山川	解析条件
Case E0	非定常流解析時の粗度係数 上流端ピーク水位固定	Case M0	非定常流解析時の粗度係数 上流端ピーク水位固定
Case E1	非定常流解析時の粗度係数 上流端ピーク流量固定	Case M1	非定常流解析時の粗度係数 上流端流量固定
Case E2	Case E1 高水敷粗度係数 両岸 x1.1	Case M2	Case M1 粗度係数 x 0.9
Case E3	Case E1 高水敷粗度係数 左岸 x1.2	Case M3	Case M1 粗度係数 x 0.95
Case E4	Case E1 高水敷粗度係数上流部右岸 x1.25, 左岸 x1.5	Case M4	Case M1 粗度係数 x 1.05

左岸側のみの高水数粗度係数の値を大きく場合(CaseE3)や上流部のみの粗度係数値を大きくすると全体的に一致してくるが、右岸側水位が外れてくる。したがって、このような大きな横断水面勾配は解析上得られない。流量や水位の連続性から考えると22時左岸上流部の水面形は高すぎることから、この区間における水面形の違いは観測上の問題であったと思われる。したがって、江戸川では定常流解析における上流部粗度係数値が大きい可能性もあるが、観測誤差を考慮すると非定常解析時の値と大きな違いはないと考えられる。

一方、円山川では図-5に示す様に、水位固定時の解析において非定常解析時の粗度係数に対して上流端流量が $100\text{ m}^3/\text{s}$ 程減少した。これは水面勾配の時間変化の影響等によるものと考えられる。解析ピーク流量に対して水面形が一致するように全体的に粗度係数を変化させた結果を図-6に示す。粗度係数値を5%~10%小さく(Case M2,M3)すると定常流解析水位が最高観測水面形を表せている。

4. おわりに

ピーク時にはほぼ定常状態となる江戸川では非定常流解析と定常流解析の粗度係数値に違いはないと判断される。一方、洪水流が観測区間を流下する時間内に流量と水面勾配が変化する円山川では、短区間でも定常流解析の粗度係数値の方が1割程度小さく見積もられた。ただし、これには樹木群透過係数は含まれていない。非定常性の影響が大きい場合には定常流解析で粗度係数を低く見積もられる可能性が示されたが、実際には流量の影響も大きい。円山川の例では上流端流量で粗度係数を検討したが、検討するピーク流量をどの位置の値にするかによって結果は異なり、中流部ピーク流量($2360\text{ m}^3/\text{s}$)を用いると粗度係数の違いは小さくなる。したがって、流量が流下逓減する河川では定常流解析における水面形の緩勾配化の他に、流量の逓減や観測誤差が粗度係数に誤差を与えている可能性が高く、縦断的な流量変化を捉えることが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 渡邊明英, 原俊彦, 秋山正人: 水面形の時間変化と非定常二次元解析を用いた洪水流量ハイドログラフと貯留量の高精度推算(土木学会論文集掲載決定), 2004.5.
- 2) 渡邊明英, 福岡捷二, Alex George Mutasingwa, 太田勝: 複断面蛇行河道におけるハイドログラフの変形と河道内貯留の非定常2次元解析, 水工学論文集, 第46巻, pp.427-432, 2002.

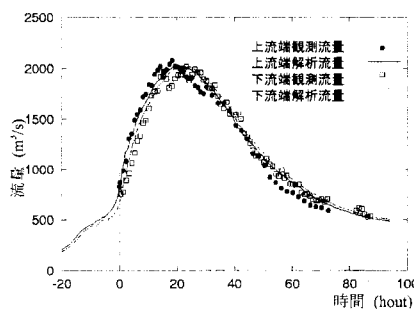


図-1 江戸川流量ハイドログラフ

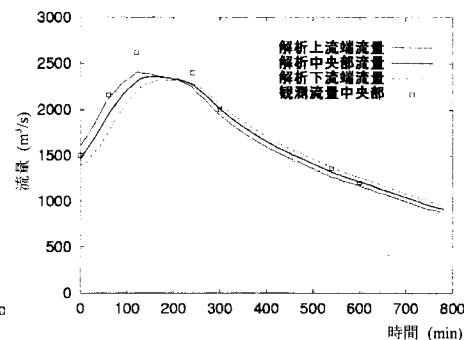


図-2 円山川流量ハイドログラフ

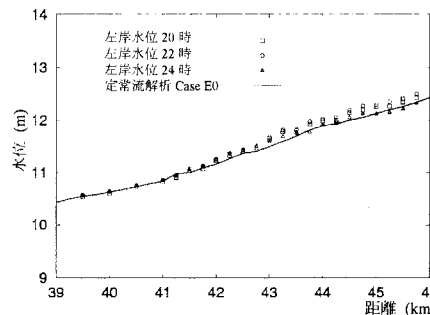


図-3 江戸川定常流解析水位(境界条件:水位)及びピーク時観測水位

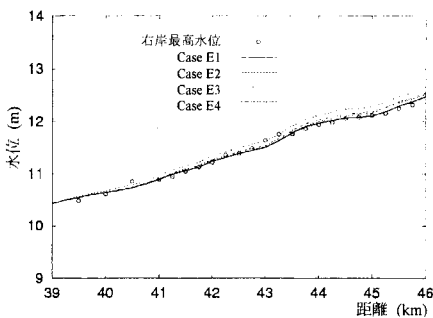
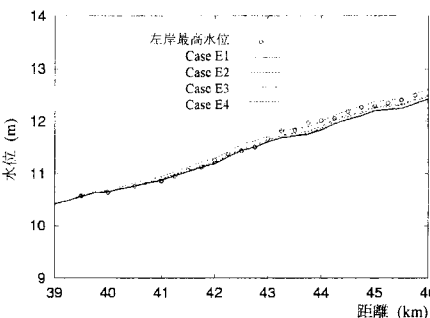
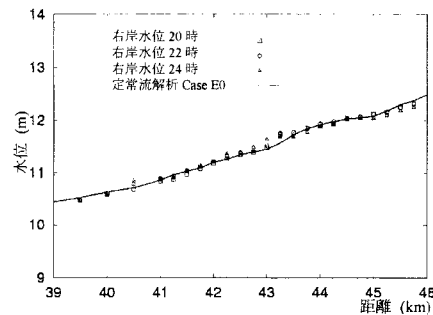


図-4 粗度係数を変化させた定常流解析水位及び最高水位分布(江戸川)

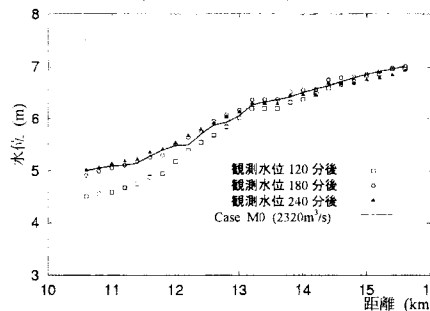


図-5 円山定常解析水位(境界条件:水位)及びピーク時観測水位

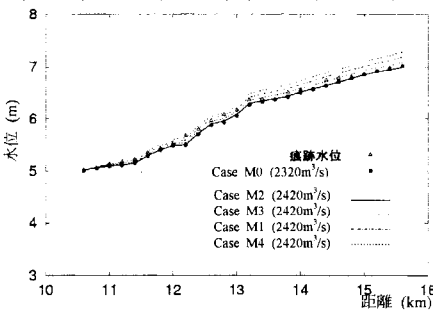


図-6 粗度係数を変化させた定常流解析水位及び最高水位(円山川)