

福岡の式の適用による河川改修断面形・河幅等の決め方

中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

1. 望ましい河幅等の範囲の決め方： 個々の河川が本来持つ望ましい断面形，河幅はどのようなものか，改修途上河川の河幅，断面形はどのように決まり，治水的，環境的に見て問題ないのか等を判断する指標を持つことは，技術的のみならず，地域住民への説明のためにも重要である．福岡は，沖積地河川の望ましい河幅，断面形は，自然に近い川で，治水と環境が調和した断面，河幅を持つものであると定義した．この定義に基づいて，無次元河幅，無次元水深は，式 (1)，式 (2) (福岡の式) で表現できることを示した¹⁾．

$$\frac{B}{d_r} = 4.25 \left(\frac{Q}{\sqrt{gId_r^5}} \right)^{0.40} \quad (1) \quad \frac{h}{d_r} = 0.13 \left(\frac{Q}{\sqrt{gId_r^5}} \right)^{0.38} \quad (2)$$

ここで， Q は，河道形成流量， I は水面勾配またはエネルギー勾配， d_r は河床構成材料の代表粒径で 60% 粒径を用いる．式 (1)，式 (2) の右辺の無次元量は，無次元流量と呼ぶ．

河道設計に式(1)，式(2)を用いるとき，河道形成流量としてどの程度の規模の流量を用いるか決めなければならない．我が国の河川計画は河川整備基本方針に基づくが，一級河川の基準点は，ほぼ基本方針河道断面で出来ており，そこでは既に 80%以上の河川が，計画高水流量の 80%以上にも達する大洪水を経験している¹⁾．

このことは河道形成流量には計画高水流量を，計画河床勾配，計画河床材料には現在の河道における数値を使えばよいことを示している．このような考えのもとで，一級河川 109 水系の基準地点における無次元河幅，無次元水深が，無次元計画高水流量を用いて，それぞれ式 (1)，式 (2) でほぼ表現できることを示した¹⁾．なお，検討に用いたデータは単断面河道，複断面河道からなり，それぞれの河道断面形について平均的な式が決められている²⁾．河川の望ましい無次元河幅は，複断面河道の平均値を与える式を上限，単断面河道の平均値を下限とし，無次元水深は，単断面河道の平均値を上限，複断面河道の平均値を下限とするようにそれぞれの範囲を選べば良い．式(1)，式(2)は，それぞれの範囲の平均的な値を与えていると考えればよい．

2. 改修途上河川への福岡の式の適用

我が国の河川は整備途上の段階にあり，基本方針河道を目標に段階的に整備を進めている．整備途上河川は，一般的に基本方針河道断面形になっていないために，そのほとんどは計画高水位内で計画高水流量を流下させることが出来ない．ここでは，河川整備計画の河道断面に対して整備計画流量が流れる場合と，現況河道を洪水が流れる場合の 2 つのケースについて福岡の式の適用とその意味を検討する．

2. 1 河川整備計画河道： まずは，準二次元不等流計算により，検討対象河道が整備計画流量を計画高水位以下の水位で流すことが可能な断面を有しているかを調べ，水位が計画高水位を超える区間では，整備計画流量が計画高水位以下で流れるように河道の拡幅や掘削によって，河道断面形を設定する．次に，整備計画流量について準二次元不等流計算を行って得た水位と水面勾配を用いて式 (1)，式 (2) を計算する．計算水面勾配の値をそのまま断面値として用いることには注意が必要である．不等流計算で得られた水位と平均河床高を河道の縦断面図に描き，河道平面形との関係で各区間の水面形と河床勾配の特徴を把握する．河床勾配がほぼ一定の区間について支川からの流入がなければ整備計画流量に縦断的な差がなく，計算水面勾配もほぼ同じ値を有する．ここでは河床の代表粒径もほぼ同一である．その結果，これらのデータをそのまま式 (1)，式 (2) に用いると，図一1 の●が示すように横軸の無次元流量がほぼ一定値をとるのに対して，縦軸の無次元水面幅，無次元水深が断面ごとに変化する値をもつ．これは，断面形の変化に起因する水面形の変化を適切に考慮していないことによる．河道平面形が大きく広がる区間の上流およびその区間内では，水位の堰上げによる水面形の緩勾配化が起こること，また狭まる区間の上流では緩勾配化，その区間内および下流では急勾配化がおこることを認識し，水面形が異なる区間の代表的な水面勾配の値を採用する．平面形が大きく変化しない河道区間では，計算水面形を移動平均をとり各区間の代表水面勾配を求め，また不等流性が強いところは，水面勾配に代えてエネルギー勾配を用いること等が必要である．このとき無次元流量の値は変化し，図一1 の○のようになる．以下のように解釈することが出来る．

キーワード 現地実験，流砂量観測，掃流砂量式，福岡の式

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

①無次元流量に対する無次元河幅の値が、式(1)の上限と下限の中に入れば、整備計画流量に対し余裕のある河幅、断面形をもつ。

②無次元河幅の値が式(1)の下限よりも小さく、無次元水深が式(2)の上限よりも大きい場合、整備計画流量に対して、治水と環境からみて望まし河道断面形とは言えない。この場合、無次元河幅、水深を式(1)、式(2)で近似出来るような船底形断面形に改修することが望まれる。

2. 2 現況河道： 図-2は、平成19年利根川洪水と平成19年多摩川洪水における観測洪水流量・水位ハイドログラフデータを用いて、計算した結果と式(1)、式(2)の関係を示す。複断面河道である利根川、多摩川では、高水敷高より水位が高い流量になると、水面は堤防に達し、それ以上流量が増加し最終的に計画高水流量に達しても水面幅はそれほど大きくは変わらない。利根川、多摩川の基準地点の河幅は、計画の河幅となっていることから、観測された洪水のそれぞれの時間での無次元流量に対し、無次元水面幅は数値的に式(1)よりも大きい側に、無次元水深は式(2)より小さい側に出ている。無次元流量の値の増加よりも無次元水面幅、水深の増加が緩やかなために、流量の増加とともに福岡の式に接近または交差するようになる。一方、高度な土地利用のために河道断面が狭い都市河川や整備率の低い河川では、本来備わるべき治水安全度を満足する河幅

に比して、現在の河幅が小さい。このような河川では、無次元河幅は、式(1)に比して著しく小さく、逆に、無次元水深は式(2)より大きい値を持つ。無次元流量の変化に対応する無次元水面幅の関係を図-3に模式的に示す。d河川、e河川は、現況河道においても計画流量を流下させることが可能で、船底形の断面をもつ自然河道に近い断面を有する河川である。c河川は、河川改修を行うことによって、計画高水流量が流れることが可能になるレベルの治水安全度を有する河川である。一方、a、b河川は、無次元河幅が式(1)よりもかなり小さい治水安全度の低い河川であり³⁾、川づくりと街づくりが一体となって河川改修を進め、治水安全度の向上を図るべき河川である。

あとがき： 河川の改修や計画の検討に福岡の式が使われているが、式の使い方、結果の解釈に不十分さが見られることから、式の適用方法と適用結果を示し、河道改修断面形、河幅等を定める際の考え方と留意事項を述べた。

参考文献： 1) 福岡捷二：土木学会論文集 F, Vol. 66, No. 4, 471-489, 2010. 2) 福岡捷二，河川，66 巻，第3号，pp. 3-9, 2010. 3) 坂口達哉，福岡捷二：第38回土木学会関東支部技術研究発表会，2011.

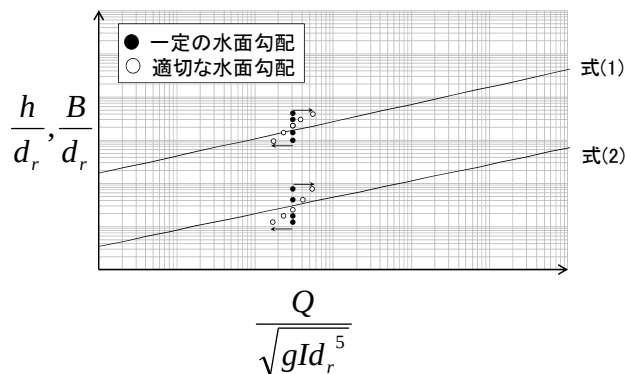


図-1 整備計画河道における福岡の式の適用方法

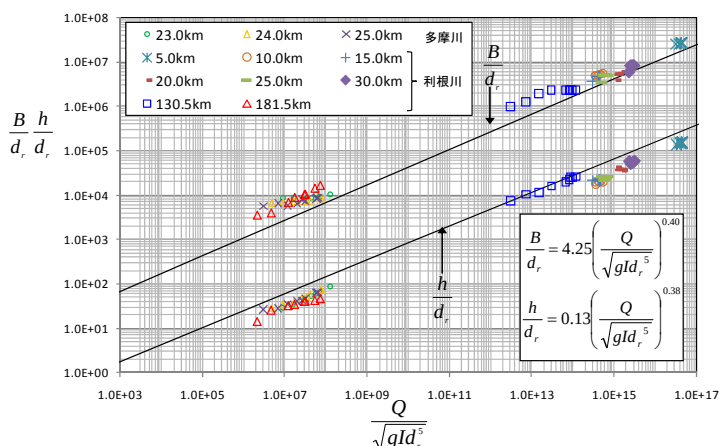


図-2 現況断面における実績洪水時の無次元量の関係

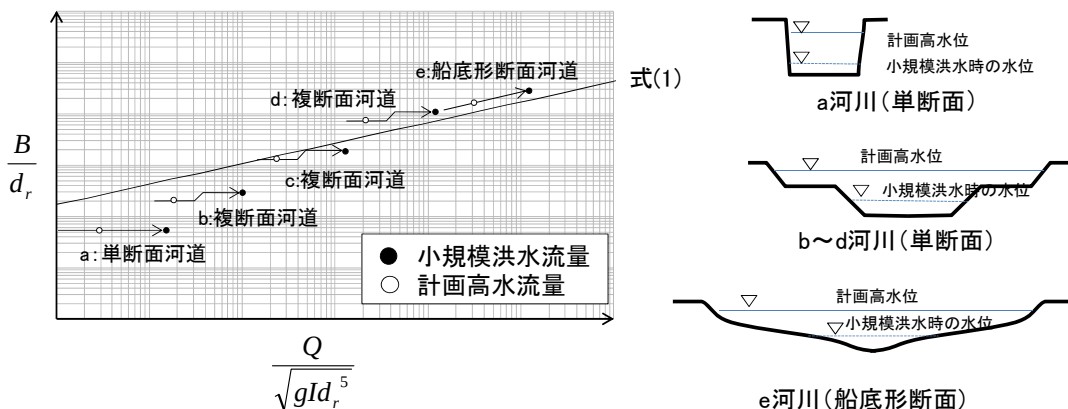


図-3 治水的に望ましい河道断面の判断基準