

中央大学 理工学部 正会員 春日屋 伸昌
東京電機大学 理工学部 正会員 ○近津 博文

1. まえがき

自然河川での流量を求めるには、従来水面幅をいくつかに分割し、各区間の断面積を求め、次に、各区間における平均流速を測定して、これをその区間の断面積に乗じて部分流量とし、この総和をもって流量としている。これらの従来の方法は、水面幅に沿って取る垂直線の数が多く、測定に長い時間が必要である。このことは水流の脈動などを考えると、測定結果を却って不正確にするため、最小の所要時間で流量測定を完了させることが最も大切である。ここでは、平均値法を応用して流量測定を行なう際の垂直線の数と河底（横断）曲線の粗滑度との関連性を考えたとともに、河底曲線の定義について論及する。

2. 河底曲線の定義と最小垂直線数

平均値法によ、求める流量測定のための必要かつ十分な垂直線の数は河底曲線の粗滑度によって影響を受ける。垂直線の数と河底曲線の粗滑度との関連性を検討するため、昭和40年1月6日より昭和42年10月25日に至る3年間、建設省関東地方建設局利根川上流工事事務所が栗橋地区の低水流量観測箇所において実施した、107個の資料を使用した。これらの資料に記載されている5mおきの深淺測量の結果に基づいて、河底曲線を有理多項式で近似させ、これを水面幅にわた、数値積分した値と、深淺測量の結果から求まる流水断面積との差の絶対値が3%以内に入る時の有理多項式の次数を河底の粗滑度と定義し、河底の凹凸の状態を表わすものとする。河底曲線の粗滑度を求めるにあたり、種々な方法で検討してみた結果によると、この資料では兩岸の水際に水深が0となるような河底曲線の多項式近似は誤差が許容範囲に入らなことが実証された。したが、ここで定義する河底曲線とは、河床横断面図上、一般に兩岸近くに存在する2つの急勾配箇所の内側とし、その河底曲線について、上記の誤差の絶対値が3%以内に入る時の次数をその粗滑度とするのが妥当である。次に、十分な精度で流量を測定しうるために必要な最小垂直線の数は横断流量曲線を有理多項式で展開し、水面幅にわた、数値積分した値と、流速測定の結果から求めた流量との差の絶対値が3%以内に入る時の有理多項式の次数から求めることができる。この計算を実施するに当り2は3次から17次までの次数、すなわち粗滑度を定める数値積分公式を使用した。したが、その結果から求まる最小垂直線数は2本ないし8本である。

3. 河底曲線の粗滑度と最小垂直線数との関連性

一般に低水流量時の河底曲線の粗滑度は5次～9次であり、洪水が発生したあとの粗滑度は3次にまで低下し、河底はほぼ放物線形に近い形状を呈し、しばらくの間、粗滑度および垂直線の数は安定している。図-1～4は粗滑度 $N = 3 \sim 9$ および最小垂直線数 $n = 2 \sim 5$ の場合の代表的な河底曲線の形状およびその時の横断流量曲線を示したものである。これらの図から、次のことが観測される。すなわち $N = 3$ 、 $n = 2$ は兩岸より水深が漸次深くな、流れの中央部に最大水深がある場合（図1）、 $N = 5$ 、 $n = 3$ は一方の岸に深みが発達しつつある場合と、中央に中洲とその両側に深部が形成されつつある場合（図2）、 $N = 7$ 、 $n = 4$ は中央に中洲、その両側に深部ができている場合（図3）、 $N = 9$ 、 $n = 5$ は洪水の場合で河底が複雑な時である（図4）。他の資料もこのような河底曲線の粗滑度により大体最小垂直線数が決まる。7～9月の出水時は粗滑度は3～5次であり、その時の最小垂直線数は2～3本である。次に10～12月は夏季に大きな出水があったか否かによって粗滑度および最小垂直線数は異なり、出水のあった時には $N = 3$ 、 $n = 2 \sim 3$ である。一方出水のなかった時は、砂礫の沈殿が進行して $N = 5$ 、 $n = 3$ となる。1～3月期り10～12月期と同様、前年の出水の有無によ、異なり、前年に出水のなかった年は、沈殿・洗掘が進み $N = 5 \sim 7$ 、 $n = 3 \sim 5$ である。また前年に出水があった年のこ

の時期の河底曲線は、洗掘された箇所には沈殿が進み滑らかな河底を保ち $N = 3 \sim 5$, $n = 2 \sim 3$ である。4 ~ 6 月期に入ると、滑らかな河底に再び洗掘・沈殿が始まり $N = 5 \sim 7$, $n = 3 \sim 4$ となり、粗滑度および最小垂直線数ともに短い周期で変動を繰返す。このような一年間の粗滑度の変動は明らかに砂礫の沈殿および河底の洗掘の影響であり、夏季の出水によって河底は削られ、最も単純な放物線形を呈し、1 ~ 3 月頃にかけて凹凸のある河底も滑らかになり、河底曲線としては安定した時期を迎え（しかし、夏季に大きな出水を蒙らなかつた年は、同時期であり、ても、河底には砂礫の沈殿が早くから進んでおり、出水のあった年の5月頃の河底曲線と類似な状況を示している。）、そして再び出水期を迎えるという循環を繰返すのである。

一方、最小垂直線数は流量にはあまり左右されず粗滑度によって決定される。例えば昭和40年5月6日の流量は $358.20 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、昭和41年5月7日の流量は $170.02 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、粗滑度および最小垂直線数はともに $N = 5$, $n = 3$ である。すなわち流量が増減しても、それが河底曲線の粗滑度に影響を与えないう限り、最小垂直線数は変化しない。また、前年に出水のなかつた年の夏季は、河底曲線が長い時間をかけて沈殿・洗掘を受け、複雑になっているので $1,000 \sim 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の出水では却って、河底が部分的に洗掘されて粗滑度および最小垂直線数が増し ($N = 5 + 7$, $n = 3 + 4$)、前年に大きな出水のあった年の夏季は、同程度の出水でも河底は削られて滑らかになり粗滑度および最小垂直線の数は減る ($N = 7 + 5$, $n = 3 + 2$)。上に述べた結果は利根川についてのものであり、粗滑度は大抵3~7次の範囲に入り（全資料の93%）、流量測定に必要な最小垂直線数は3本で十分であると思われる（全資料の92%）。

おわりに、この研究を行うにあたって貴重な資料を貸与して下さった建設省関東地方建設局利根川上流工事事務所の多大なご援助に厚く謝意を表わ可いである。参考文献 (1) 春日屋伸昌：新しい平均値法公式およびそれに基づく流量算定の誘導。土木学会論文集55号 (2) 春日屋伸昌：流量算定の精度と測定式の提唱。土木学会論文集57号。 (3) 春日屋伸昌：河底曲線の年間変動。昭和41年稿。

