



平均値法による流量算定式について

(土木学会誌 第 38 卷 第 7 号所載)

正 員 安 東 功

安芸駿一博士が1点法, 2点法, 3点法のうち2点法が最良の結果を得ることを実験により実証したものに對し, これを理論的に証明せられたことは非常に面白く思われる。

さて, 結語(5)で“垂直流速曲線法は無意味である”なる条項は「場合により無駄である」であつて無意味ではないと思う。と云うのは同文中に“誤差がともなうから”の誤差は定差(僅少)のことで流量測定で主なる誤差は偶差であるから, 多数点をとる垂直流速曲線法は捨てにくいものと思う。もつとも垂直流速曲

線法で定差の起り得る場合はシンプソンのルール使用の場合に n が偶数(間隔が偶数)であることと, 表面及び河底の流速を仮定すること等であるが, 後者に対してはその附近を密に取ればよい。

なお流量の絶対値はいかにしてこれを求めるか, および流速測定場所の形状(特に流れの方向に対する河底の縦断的形状), 測定値に対する定差と偶差との比率, 流速計の種類等について実例的の御説明を願いたい。

著 者 春 日 屋 伸 昌

御討議に対して回答する前に, いま一度, 拙論の趣旨を申し上げると同時に, 拙論の足らなかつた点を補足しておきたいと思う。

拙論の趣旨は, いままでの流量測定の方法が不合理(非合理的ではない)であつたのを合理的にしようというところにある。いままでの方法は, 御存じのように, 測定地点(これを gauging station とよぶことにする)を適当に選び(その地点の上下流に彎曲部がなく, 流れが整正で流れの方向が横断面に対して垂直であり, かつ, 測定に便利な地点), 水路巾をいくつか区分して測定点(これを gauging point とよぶことにする)を定め, その各測定点下の平均流速を定めるために, あるいは1点, あるいは2点, さらに3点に流速計を挿入して(このように流速計を挿入すべき点を measuring point とよぶことにする), それらの点の流速を求め, これらを与えられた式に入れて平均流速を算定する。このようにして求められた各 gauging point での平均流速と, それら gauging point での水深とから, Stevens の公式(河底および横断流速曲線を各小区間内で直線的に変化すると仮定したもの)または Herlacher の図法などから, 全流量を求めるのである。

以上の方法は, 決して非合理的ではないが, gauging point と measuring point との選定には合理性が認められないと思う(2点法から measuring point を

定める場合を除く)。また, Stevens の公式は相当 primitive なもので, 計算も繁雑であるし, Harlacher の図法はそれ以上に時間を要する。

そこで, 筆者の意向は, (1) 非合理的であつた gauging point と measuring point との選定を合理的とすること, (2) 断面全体での measuring point の数をなるべく少なくして, 測定時間を縮小すると同時に精度を上げること, (3) 測定値から流量を求める際の計算公式を単純化すること, などがその主なるものである。measuring point の数を少なくすることは, 測定時間を短縮すると同時に精度を上げることにもなる。なぜかという, 流れがいかに定常であるといつても, 実際には, ある程度の pulsation と fluctuation とがある。したがつて, 測定は相当速やかに終了すべきであるから, measuring point の数を少なくすることが, 同時に精度を上げることになるのである。しかし, 従来の方法で measuring point の数を減らすと, 相当大きな誤差が生じることは当然であるから, 上の目的に沿うためには, 全く別の方法によらざるをえない。そこで筆者は, 平均値法を応用して, measuring point の数を減らす(gauging point の数を減らすから同じ2点法を採用しても, 断面全体での measuring point の数は減るわけ)と同時に, gauging point と measuring point との選定に合理性を与え, 流量算定式も合理的でかつ簡単化すること

ができたと思う。

ところで、拙論における算定式を用いて高い精度をうるためには、測定技術が優秀で流速計の性能が高くなければならないということは論ずるまでもないことであるが、技術と流速計とが同一であると仮定しても、gauging station における河底曲線の次数によつて、その精度が左右される。河底曲線に相当凹凸があれば滑らかなものよりも、gauging point の数を増やさなければならず(次数が2つ増せば gauging point の数は1つ増す)、したがつて、measuring point の数が増して、測定時間が延長され、そのために精度が落ちてくる。ゆえに、gauging station としては、河底の横断的性状がなるべく滑らかな地点を選ぶべきである。御質問にある、河底の縦断的形状は関係ないし、また、流速計の種類について論ずるのは、拙論の趣旨ではない。

さて、流量の絶対的に正しい値は、どのようにして求められるかとの御質問であるが、他の実験や実測と同じように、絶対的に正しい値というものはいくらもないのが当然で、問題は、いかにして精度の高い値をうるかという点にあると思う。これに対しては、前に述べたところで明らかなように、平均値法によれば、測定に当然ともなる誤差以外の誤差は、理論的には存在しないのである。このようにいうと、つぎのような疑問が生ずると思う。それは、「平均値法による結果は、河底曲線と平均流速曲線とがともに有理整式で表わされるとの仮定のもとでは、理論的には誤差をとまなわないかも知れないが、従来の方法にしたがつて、河底曲線と横断流量曲線を画いてみると、相当凹凸のある不連続曲線となるから、有理整式でこれらを表わすことはできないのではないか」ということである。しかし、これに対しては、安芸皎一博士が「流量測定法」の中で指摘しておられるように、各 gauging point で測定した水深を図面上に plot して横断図を画くときに、これら諸点を順次結びつけることはかえつて合理的でなく、これら諸点の近傍を通る滑らかな連続曲線で表わすのが合理的であるから、もしこの考えを是認すると、河底曲線を有理整式で表わすのがむしろよいのではないかと考える。平均流速曲線もこれと全く同じであるから、横断流量曲線は有理整式で表わされ、したがつて、平均値法によれば、理論的には誤差をとまなわない。

そこで、平均値法による算定式を使用するとき注意すべきことは、gauging point の数をいくつにすればよいかということであつて、横断流量曲線の次数が2 n

-1 ならば、必要にして十分な gauging point の数は n となるから、 n 個よりも少ない個数を採用すると理論的な誤差をとまなう。そこで、算定式によつて計算した流量が正しいかどうかを check するには、拙論「開水路における垂直流速曲線について」(土木学会誌、第38巻、第9号所載)の2で述べたと同じ理論によつて流量に対する算定補助式を誘導し、その結果と比較してみ、それら2つの値の間に、測定誤差以上の誤差がないと認められるときには、算定式による結果は正確であり、したがつて、その際に選んだ gauging point の数 n は十分なものであつたことがわかるわけである。しかし、この方法を毎回の測定において採用するのは手数に要するし、gauging station は常に同一の地点を選ぶのが普通であるから、一度、必要にして十分な n の値を定めておけば、洪水や高水のために河底曲線の次数が増大して、従来の n の値では不十分であると考えられる場合のほかは、毎回同一の n の値を採用して十分であると考えられる。

以上、不十分な説明ながら、測定値には定差を含まず、含まれるのは偶差のみであることが明らかになつたのではないかと思う。

さて、第一の御質問に移ろう。筆者が「垂直流速曲線法は無意味である」といつたのは、流量を測定しようという実際的な目的のためには無意味であるということ、垂直流速曲線法を採用して measuring point の数を増すことは、上に述べたところから、かえつて不利であるし、平均流速の正確な値は2点法かあるいは平均値法による3点法かによればえられるからである。ただし、垂直流速曲線の形状がどうであるか、最大流速や平均流速の位置はどこにあるか、というような研究的な目的のためには、無意味であるどころか、これによらなければ知りえないことは明らかである。

それから、安東氏の御文章では、筆者は、「垂直流速曲線法が無意味だというのは、誤差がともなうからである」と述べているようにお書きになつておられるが、拙論にはつぎのようになつてゐる。従来用いられている各種の平均流速算定法のなかでは、2点法がよい。3点法、4点法には誤差がともなうからこれを選ばず、平均値法の3点法による。垂直流速曲線法、成全法は無意味である」すなわち、従来の3点法、4点法には誤差がともなうというのであつて、垂直流速曲線法に誤差がともなうというのではない。

なお、従来の3点法、4点法にどれだけの誤差が生ずるかの検討は、本論文では触れていない。それについては、近々本学会誌上で述べるつもりである。